



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

ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN LÍPIDICA DE SEIS ESPECIES DE
MOLUSCOS BIVALVOS PROVENIENTES DE GUAYACÁN, PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS
CROMATOGRÁFICAS Y RMN DE ^{13}C
(Modalidad: Investigación)

JEAN PAÚL GONZÁLEZ GUTIÉRREZ

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

CUMANÁ, 2010

ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN LÍPIDICA DE SEIS ESPECIES DE
MOLUSCOS BIVALVOS PROVENIENTES DE GUAYACÁN, PENÍNSULA DE
ARAYA, ESTADO SUCRE, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS
CROMATOGRÁFICAS Y RMN DE ¹³ C

APROBADO POR:

Haydelba D'Armas Ph.D.

Asesora

William Henriquez Ph.D.

Jurado

Hernando Herrera M.Sc.

Jurado

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN	1
1. Triacilgliceroles.....	2
2. Fosfolípidos.....	3
3. Colesterol y ésteres de colesterol	4
4. Ácidos grasos y sus propiedades.....	5
Proteínas.....	9
Carbohidratos	12
METODOLOGÍA	19
1. Recolección de las muestras.....	19
2. Obtención de los extractos lipídicos (30).....	20
3. Aislamiento y cuantificación de los diferentes lípidos	20
4. Esterificación de los ácidos grasos (33)	21
5. Identificación y cuantificación de los ácidos grasos.....	21
6. Caracterización de los lípidos por resonancia magnética nuclear.....	22
7. Evaluación comparativa del contenido lipídico	22
8. Determinación cuantitativa de proteínas totales	23
9. Determinación cuantitativa de glucógeno.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
1. Determinación cuantitativa de lípidos totales	25
2. Análisis del contenido lipídico.....	28
2.1 Caracterización y cuantificación de los lípidos mediante CCFP	28

2.2 Identificación de los lípidos por la técnica de RMN de ^{13}C	32
3. Análisis de los ácidos grasos.....	38
4. Determinación de proteínas totales.....	49
5. Determinación de glucógeno.....	53
CONCLUSIONES	57
LISTA DE ABREVIATURAS	59
BIBLIOGRAFÍA	60
APÉNDICES.....	64
HOJA DE METADATOS	73

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por todos los días de este maravilloso regalo que se llama vida.

A la memoria de mi padre, León González Dona, por darme la vida y por sus consejos en este camino de estudiar una carrera científica.

A mí Madre, Rosa Isabel Gutiérrez Maza, por ser la responsable de mis días de existencia, por su paciencia y apoyo durante todos estos años.

Mis hermanos, Andrea Paola, Oriana Esther, Leonel José, Moisés Daniel y Victoria Celeste, por su compañía en este largo y tortuoso camino.

Mi abuela, Carmen Maza, por ser una segunda madre.

Mi abuela, Esther Dona, por siempre apoyarme.

A mis tíos, Xiomara, Luisa Carmen, Ninfa, Margarita, Ángel José, Fidel, Oswaldo, Nohemí, Jesús, Cilio y José Alberto, por todo el apoyo prestado a mis padres y a mí en particular para llegar a donde estoy.

A mis primos, René, Xiomara, Lilian, Luisa Emperatriz, Daniel, Ernesto, por ser como hermanos, apoyarme y sobre todo ayudarme en todos estos años.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme estar donde estoy con esfuerzo constancia, dedicación y sobre todo mucha paciencia. La Universidad De Oriente y al Departamento de Química por brindarme la educación y formación profesional, que me permitió realizar este trabajo de investigación. Mi asesora, la Dra. Haydelba D' Armas, quien me recibió en su laboratorio con los brazos abiertos para llevar a cabo todo lo relacionado a la parte experimental de mi tesis y el desarrollo del trabajo escrito. Mi amigo y hermano, Julio Cesar Cabeza, por todo su apoyo y compañía durante todo el tiempo que tenemos conociéndonos. Mis amigas, María Fernanda, Gabriela, Pilar, Penélope y María de los Ángeles, por todo el apoyo durante el tiempo que compartimos juntos en la universidad. Mis amigos y compañeros de clases Larennys, Luis Fernando, Rafael, Fabiola, Aníbal, Freddy, Moisés y Jesús Fernando, por toda la ayuda prestada durante el tiempo que compartimos dentro y fuera de las aulas y los laboratorios. Mis compañeros de laboratorio Victoria, Nirosqui, Adriana, Alexis, Marilín, Raul, Fátima, Carmen, Yetsi, Laurenys. Los profesores, Maj Britt Mostue, Doris Bruzco, Francisco López, Hernando Herrera, Luisa Rojas, entre otros, por que sus conocimientos fueron la base de mi formación profesional. Los técnicos Simón, Roseline, Lirismar, Moraima, Hernán, Luis y Yoselin, por todas sus orientaciones en los laboratorios. La Msc. Sara Pekerar, del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, por toda la colaboración prestado 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. Al personal del laboratorio de Cromatografía de gases-espectrometría de masa del Departamento de Química de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales ácidos grasos encontrados en plantas y animales.....	8
Tabla 2. Principales clases de lipoproteínas.....	9
Tabla 3. Porcentaje de lípidos totales de las seis especies de moluscos estudiadas....	26
Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de lípidos totales de los moluscos estudiados.....	26
Tabla 5. Porcentajes de los diferentes tipos de lípidos en cada una de las especies en estudio.	29
Tabla 6. Desplazamientos químicos (δ_c) ^a y asignaciones RMN ¹³ C del extracto lipídico de los bivalvos <i>A. notabilis</i> , <i>D. denticulatus</i> y <i>D. striatus</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	33
Tabla 7. Desplazamientos químicos (δ_c) ^a y asignaciones RMN ¹³ C del extracto lipídico de los bivalvos <i>A. seminuda</i> , <i>A. zebra</i> y <i>P. viridis</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.....	34
Tabla 8. Composición porcentual de los ácidos grasos saturados en los lípidos totales de <i>A. notabilis</i> , <i>A. seminuda</i> , <i>A. zebra</i> , <i>D. denticulatus</i> , <i>D. striatus</i> y <i>P. viridis</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	40
Tabla 9. Composición porcentual de los ácidos grasos monoinsaturados en los lípidos totales de <i>A. notabilis</i> , <i>A. seminuda</i> , <i>A. zebra</i> , <i>D. denticulatus</i> , <i>D. striatus</i> y <i>P. viridis</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	43
Tabla 10. Composición porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos totales de <i>A. notabilis</i> , <i>A. seminuda</i> , <i>A. zebra</i> , <i>D. denticulatus</i> , <i>D. striatus</i> y <i>P. viridis</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	45
Tabla 11. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S _x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de proteínas (mg/g de muestra) de las especies en estudio.	51

Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de proteínas (mg/g de muestra) de los moluscos estudiados.....	52
Tabla 13. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de glucógeno (mg/g de muestra) de las especies en estudio.....	54
Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de glucógeno (mg/g de muestra) de los moluscos estudiados.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Molécula de triacilglicerol.....	2
Figura 2. Fórmula general de los fosfolípidos.	3
Figura 3. Molécula de fosfatidilcolina o lecitina.	4
Figura 4. Estructura del colesterol.	5
Figura 5. Ácidos grasos saturado, monoinsaturado y poliinsaturado.....	6
Figura 6. Elongación y desaturación del ácido linolénico.	7
Figura 7. Estructura de formación de complejo entre ión Cu^{2+} y dos cadenas polipeptídicas continuas.....	12
Figura 8. Estructura dicotómica de una molécula de glucógeno.	13
Figura 9. <i>Anadara notabilis</i>	15
Figura 10. <i>Atrina seminuda</i>	15
Figura 11. <i>Arca zebra</i>	15
Figura 12. <i>Donax denticulatus</i>	16
Figura 13. <i>Donax striatus</i>	16
Figura 14. <i>Perna viridis</i>	17
Figura 15. Zona de muestreo, Guayacán de la Península de Araya, estado Sucre.....	19
Figura 16. Contenido de fosfolípidos, ácidos grasos libres, triacilgliceroles, colesterol y ésteres de colesterol en % m/m, presentes en las especies <i>Perna viridis</i> , <i>Donax striatus</i> , <i>Donax denticulatus</i> , <i>Atrina seminuda</i> , <i>Anadara notabilis</i> y <i>Arca zebra</i>	30
Figura 17. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linolénico (18:2 ω -6).	32
Figura 18. Estructuras de los ácidos linolénico (18:3 ω -3) y esteárico (18:0).	35
Figura 19. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linolénico (18:2 ω -6).	35
Figura 20. Estructura de ácido oleico (18:1 ω -3).	36
Figura 21. Estructura de un triacilglicerol.....	36
Figura 22. Estructura de la molécula de colesterol.	37

Figura 23. Estructura del ácido linolénico.	37
Figura 24. Estructura del ácido esteárico (18:0).	37
Figura 25. Porcentajes de AGS más importantes en <i>A. notabilis</i>	40
Figura 26. Porcentajes de AGS más importantes en <i>A. seminuda</i>	41
Figura 27. Porcentajes de AGS más importantes en <i>A. zebra</i>	41
Figura 28. Porcentajes de AGS más importantes en <i>D. denticulatus</i>	41
Figura 29. Porcentajes de AGS más importantes en <i>D. striatus</i>	42
Figura 30. Porcentajes de AGS más importantes en <i>P. viridis</i>	42
Figura 31. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Anadara notabilis</i>	46
Figura 32. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Atrina seminuda</i>	46
Figura 33. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Arca zebra</i>	47
Figura 34. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Donax denticulatus</i>	47
Figura 35. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Donax striatus</i>	48
Figura 36. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>Perna viridis</i>	48
Figura 37. Curva de calibración para la determinación de las proteínas totales en cada una de las especies en estudio.	50
Figura 38. Curva de calibración para la determinación de glucógeno en cada una de las especies en estudio.	53

RESUMEN

La determinación del contenido lipídico de las especies de moluscos bivalvos: *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis* provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, arrojó una mayor concentración para la especie *A. zebra* (1,69% m/m). El porcentaje más alto de este contenido lipídico, lo representan los fosfolípidos, encontrándose por encima del 75% en todos los casos, lo cual fue comprobado mediante la técnica de cromatografía de capa fina preparativa. El RMN de ^{13}C permitió corroborar la presencia de los diferentes tipos de lípidos en las seis especies, en especial de colesterol solamente para el molusco *A. zebra*. En los extractos de lípidos totales, los ácidos grasos saturados representan más del 70%, a excepción de la especie *A. notabilis*; siendo los más abundantes los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0); y en menor proporción los ácidos grasos poliinsaturados, entre los cuales resaltaron los ácidos linolénico (ALA, 18:3 ω -3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3). La concentración de proteínas en mayor proporción fue para *A. zebra*, con un contenido de 35,27 mg/g; mientras que el mayor contenido de glucógeno lo tiene *P. viridis*, con un 1,35 mg/g (Se recomienda el consumo de estas especies, por su alto valor energético y nutricional).

Palabras o Frases Claves: Moluscos, lípidos, proteínas.

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de composición lipídica, lo primero que viene a la mente es algo pesado, grasoso y nada beneficioso para la salud humana. El término lípido (del griego *lípos*, “grasa”) se refiere a cualquier sustancia apolar natural que sea en parte o del todo insoluble en agua pero soluble en disolventes apolares como cloroformo, disulfuro de carbono, éter, metanol, benceno o hexano (1,2). Además, constituyen una clase bien definida de biomoléculas, aunque también se presentan combinados covalentemente o mediante enlaces débiles con miembros de otras clases de biomoléculas, constituyendo moléculas híbridas tales como los glucolípidos, los cuales contienen lípidos y glúcidos, y las lipoproteínas, que están formadas por lípidos y proteínas (3).

Los lípidos se clasifican en dos grandes grupos, según posean en su estructura ácidos grasos (lípidos saponificables), o no los posean (lípidos insaponificables) (4). 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.

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 (5). Los lípidos insaponificables se caracterizan

por no tener ácidos grasos, entre los cuales se encuentran los terpenos, esteroides y prostaglandinas (6), los cuales constituyen un grupo muy heterogéneo en términos de estructura y función entre los llamados lípidos derivados y solo se asemejan por el hecho de que su biosíntesis puede rastrearse hasta los átomos de carbono derivados de ácidos grasos (1).

Para conocer un poco más sobre los diferentes tipos de lípidos se requiere una explicación más detallada sobre estos, 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:

1. Triacilgliceroles

Los triacilgliceroles (Figura 1) son moléculas orgánicas que se forman mediante la unión de los ácidos grasos con un alcohol, el glicerol, por medio de enlaces de ésteres (7).

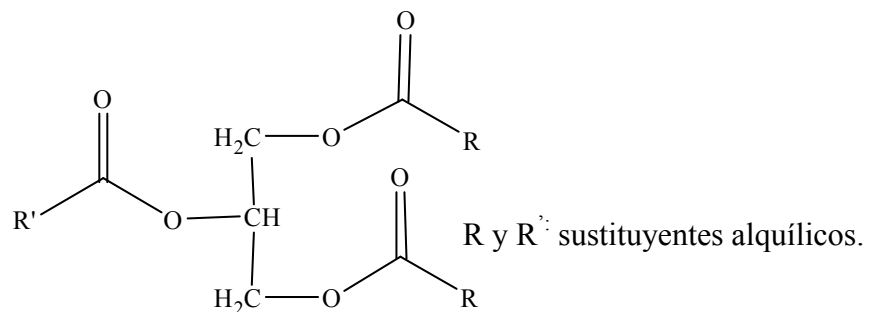


Figura1. Molécula de triacilglicerol.

Los triacilgliceroles son los lípidos más abundantes, cumplen funciones de almacenamiento de grasa en células animales y vegetales; las cuales constituyen una de las reservas alimenticias más importantes del organismo (8). Los triacilgliceroles

pueden formarse a partir del exceso de carbohidratos, proteínas o lípidos en las células o tejidos, además, presentan la característica de ser sólidos a temperatura ambiente conociéndose como grasas, y líquidos como aceites. Su punto de fusión depende de la longitud de la cadena de los ácidos grasos constituyentes y, especialmente, de su grado de insaturación. La oxidación de las grasas produce más del doble de energía que los carbohidratos o proteínas, porque es muy bajo el estado total de oxidación de ácidos grasos (9). Por otra parte, es necesario recalcar que los triacilglicérolos en las células pueden ser hidrolizados a ácidos grasos y glicerol, teniendo como intermediarios diglicéridos y monoglicéridos, que también son lípidos saponificables.

2. Fosfolípidos

Los fosfolípidos (Figura 2) se hallan en las membranas de todas las células, y son un elemento estructural básico de los organismos vivos. Esta función vital depende claramente de sus propiedades físicas (8).

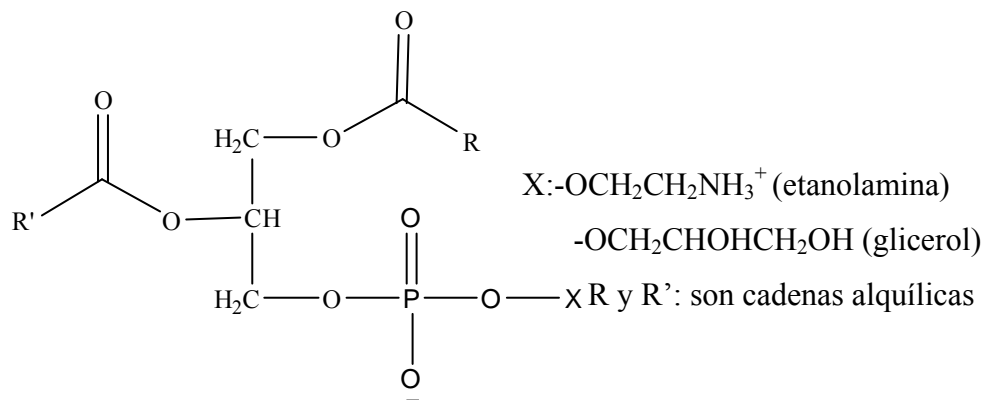


Figura 2. Fórmula general de los fosfolípidos.

La fosfatidilcolina (Figura 3), comúnmente denominada lecitina, es la más frecuentemente encontrada de los fosfolípidos de los tejidos animales. La presencia

de ácidos grasos saturados en la posición 1, así como la de todos los ácidos grasos poliinsaturados de 18, 20 y 22 átomos de carbono en la posición 2; ocurre casi siempre en los fosfatidilcolina de origen animal (5).

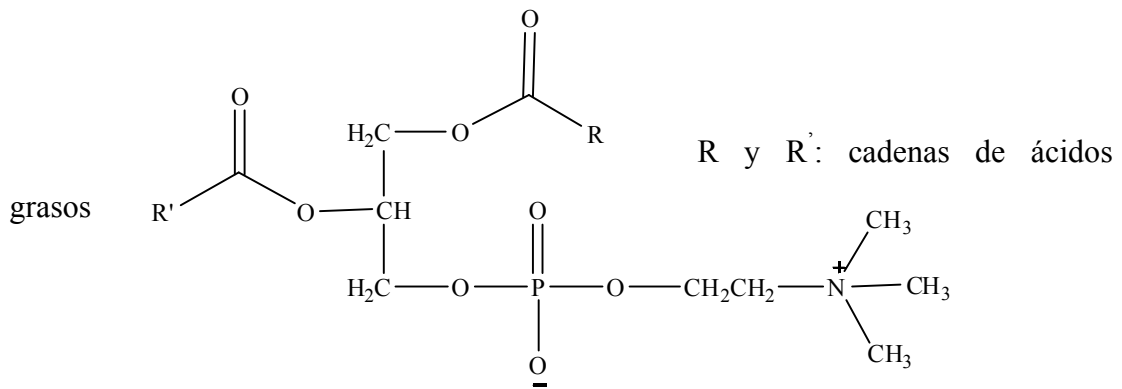
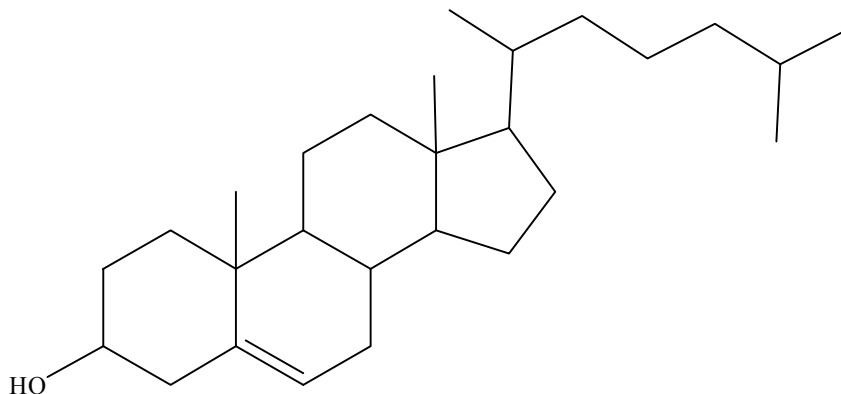


Figura 3. Molécula de fosfatidilcolina o lecitina.

3. Colesterol y ésteres de colesterol

El colesterol (Figura 4) es el componente más común de un grupo de esteroides que poseen un sistema de cuatro anillos, y en los tejidos animales está presente en estado libre en asociación con lípidos esterificados en la membrana celular y lipoproteínas plasmáticas. El colesterol, también, se encuentra combinado con los ácidos grasos formando los ésteres de colesterol (Figura 4). Los alimentos que derivan de productos animales contienen colesterol.

En los procesos patológicos, el colesterol cumple una importante función, siendo un factor en la génesis de la aterosclerosis de las arterias vitales, causando enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (10,11). Además, en los tejidos animales el colesterol es el precursor de todos los demás esteroides del organismo, como ácidos biliares (necesario para la absorción de las grasas), hormonas sexuales masculinas y femeninas y vitamina D (12).



Nota: Cuando el grupo -OH se sustituye por $\text{-OCO(CH}_2\text{)}_{14}\text{CH}_3$, se estará en presencia de un palmitato de colesteroilo (éster de colesteroil).

Figura 4. Estructura del colesteroil.

Los ésteres de colesteroil son formas de almacenamientos del colesteroil. La mayor parte del colesteroil que se acumula en la parte interna de las arterias en la aterosclerosis, es esterificado y asociado a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (10,11).

4. Ácidos grasos y sus propiedades

Los ácidos grasos son una parte fundamental de los lípidos, los cuales le confieren a estos últimos su carácter apolar y, además, cumplen varias funciones en el cuerpo (13). Se caracterizan por ser ácidos carboxílicos alifáticos de cadena larga. La mayoría de ellos, o por lo menos los más importantes, son ácidos monocarboxílicos que contienen cadenas lineales de hidrocarburos con un número par de átomos de carbono, por lo general en el intervalo de C_{12} a C_{20} .

En los ácidos grasos es común que existan insaturaciones, aunque se confina sobre todo a ácidos de cadenas largas (C_{12} - C_{20}). Cuando existen dos o más dobles enlaces, estos están separados casi siempre por un solo grupo metileno (1). Los ácidos

grasos insaturados pueden poseer una insaturación (monoinsaturados o monoenoicos) o más de una insaturación (poliinsaturados o polienoicos).

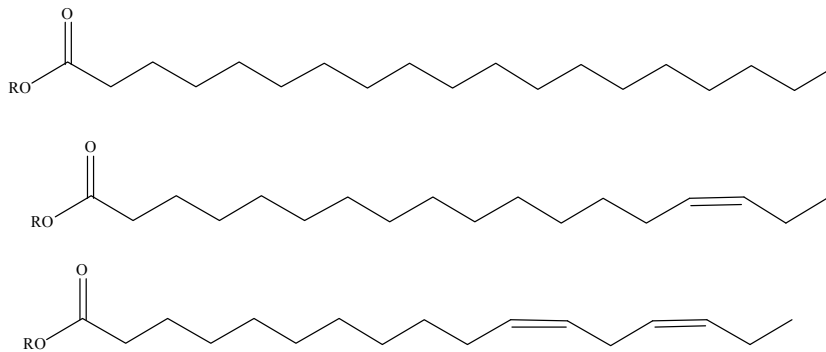


Figura 5. Ácidos grasos saturado, monoinsaturado y poliinsaturado.

Para el caso de los ácidos grasos poliinsaturados, existen los ácidos grasos ω , los cuales deben su nombre a un tipo de nomenclatura donde se toma en cuenta la posición del primer doble enlace a partir del extremo ω , que es el extremo opuesto al extremo carboxílico. De allí, por ejemplo, si el primer doble enlace a partir del extremo ω se encuentra en la posición 6 del ácido graso polienoico, entonces se denominará ácido graso ω -6, y lo mismo sucederá para otros casos que presenten las mismas características.

Las tres principales familias de ácidos grasos ω son las siguientes: La familia del ácido oleico (18:1 ω -9), la del ácido linoleico (18:2 ω -6) y la del linolénico (18:3 ω -3). Todos los miembros de una familia pueden sintetizarse a partir del ácido graso principal. Por ejemplo, el ácido araquidónico (20:4 ω -6) se sintetiza a partir del ácido graso principal de esta familia, el ácido linoleico (18:2 ω -6). Un ácido graso de una familia no puede ser transformado en otro de distinta familia; es decir, ningún miembro de la familia ω -9 puede ser convertido a la familia ω -6 u ω -3 (10).

Los ácidos grasos de la familia ω -3 y ω -6 son denominados esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por los mamíferos, pero sí por las plantas y deben ser obtenidos de la dieta, y los cuales desempeñan importantes funciones biológicas (14). En el caso de los ácidos grasos de la familia ω -3, son esenciales en las especies marinas, pero no tan esenciales en los mamíferos. El ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y el ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3), en particular, se encuentran en los tejidos animales como componentes principales de los lípidos complejos y, también, se encuentran en gran proporción en los aceites de las especies marinas (15, 16). Se derivan de la elongación y desaturación del ácido linolénico (ALA, 18:3 ω -3), proceso que se presenta en la figura 6 (17).

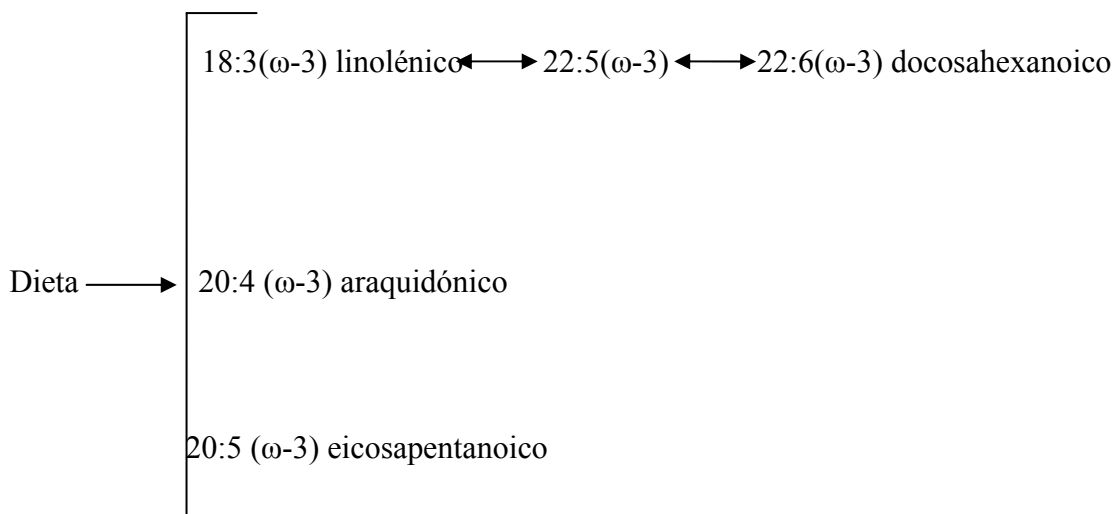


Figura 6. Elongación y desaturación del ácido linolénico.

La Tabla 1 contiene una lista de los ácidos grasos saturados e insaturados más importantes encontrados en los animales y plantas (18).

Tabla 1. Principales ácidos grasos encontrados en plantas y animales.

Nombre sistemático	Nombre común	Átomos de carbono	Dobles enlaces	Familia
Tetradecanoico	Mirístico	14	0	-
Hexadecanoico	Palmítico	16	0	-
Octadecanoico	Estearico	18	0	-
Octadecenoico	Oleico	18	1	ω -3
Octadecadienoico	Linoleico	18	2	ω -6
Octadecatrienoico	Linolénico	18	3	ω -3
Eicosatetraenoico	Araquidónico	20	4	ω -6
Eicosapentaenoico	-	20	5	ω -3
Docosahexaenoico	-	22	6	ω -3

Los ácidos grasos omega 3 (ω -3), particularmente C18:3 ALA; C20:5 EPA y C22:6 DHA, aportan muchos beneficios a la salud humana, ya que juegan un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon y enfermedades inmunológicas, y son de vital importancia en el desarrollo del cerebro y la retina. Los principales alimentos en los que se puede encontrar una mayor cantidad de ácidos grasos ω -3 (EPA y DHA) son los pescados, moluscos, crustáceos y algas. Expertos en producción pecuaria están enfocando su atención al enriquecimiento, con ácidos grasos ω -3, de productos como huevo, leche y carne, con el fin de hacer llegar a la mayor parte de la población los beneficios de estos nutrimentos (4).

Los lípidos son conducidos al plasma en asociación con proteínas específicas (apoproteínas) en forma de microemulsiones denominadas lipoproteínas plasmáticas, las cuales sirven de transporte de los lípidos debidos a que estos son insolubles en el plasma (10). Las lipoproteínas de baja densidad (LDL), son las que poseen el contenido más alto de colesterol y son las responsables del colesterol depositado en la

pared arterial, por lo tanto la participación de las LDL constituyen un factor siempre presente en los procesos de aterogénesis y son las precursoras de las enfermedades coronarias prematuras (19, 20). En la tabla 2, aparecen las principales clases de lipoproteínas, clasificadas en base a su contenido de lípidos y proteínas (21).

Tabla 2. Principales clases de lipoproteínas

Lipoproteínas	Lípidos principales	% de proteínas
Quilomicrones	Triacilglicerol (85-95 %)	2 %
Muy baja densidad (VLDL)	Triacilglicerol (50-65 %)	9 %
Baja densidad (LDL)	Ésteres de colesterol (45-50 %)	21 %
Alta densidad (HDL)	Fosfolípidos (26-32 %)	50 %

Proteínas

La función energética de los lípidos, se complementa con la existencia de compuestos químicos llamados proteínas, cuyo nombre proviene del griego *proteios*, que significa *lo primero*. Entre todos los compuestos químicos, ciertamente se puede considerar a las proteínas como los más importantes, puesto que son las sustancias de la vida .Las proteínas constituyen gran parte del cuerpo animal: lo mantienen como unidad y lo hacen funcionar. Se les encuentra en toda célula viva. Son el material principal de la piel, los músculos, tendones, nervios y la sangre, enzimas, anticuerpos y muchas hormonas (solo los ácidos nucleicos que controlan la herencia pueden desafiar la posición de las proteínas, debido a que ellos dirigen la síntesis de éstas) (7). En las especies marinas, las proteínas constituyen los tejidos blandos y, además, los cientos de enzimas necesarias para que ocurran las reacciones químicas en un

organismo. Las proteínas son constantemente degradadas y sustituidas por otras, algunas más rápidamente que otras (22).

Desde un punto de vista químico, las proteínas son polímeros grandes. Son poliamidas y los monómeros de los cuales se derivan son los ácidos α -aminocarboxílicos. Una sola molécula de proteínas contiene cientos, e incluso miles, de unidades de aminoácidos, que pueden ser de unos 20 tipos diferentes. El número de combinaciones distintas, es decir, el número de moléculas proteínicas que pueden existir, es casi infinito. Es probable que se necesite decenas de miles de proteínas diferentes para formar y hacer funcionar un organismo animal. Este conjunto de proteínas no es idéntico para un animal de tipo distinto.

Las proteínas se dividen en dos grandes grupos: proteínas fibrosas, que son insolubles en agua, y globulares, que son solubles en agua o en soluciones acuosas de ácidos, bases o sales (estas son soluciones coloidales debido al gran tamaño de las moléculas proteínicas). La diferencia en solubilidad entre ambos grupos tiene relación con la forma molecular diferente, que se refleja aproximadamente en sus nombres.

Las moléculas de proteínas fibrosas son largas y en forma de hilos, y tienden a juntarse para dar fibras. En algunos casos, se mantiene unidas en muchos puntos por puentes de hidrógeno, en consecuencia las fuerzas intermoleculares que debe vencer el disolvente son muy fuertes.

Las moléculas de proteínas globulares están dobladas, de modo que forman unidades compactas que a menudo se aproximan a una forma esferoide. Estos dobleces se producen de manera que las partes lipófilas quedan en el interior, apuntándose entre sí y alejadas del agua; en cambio, las partes hidrófilas, por ejemplo, como grupos cargados, tienden a pararse cerca de la superficie, donde se encuentran con el agua. Los puentes de hidrógeno son principalmente

intramoleculares. Las áreas de contacto entre las moléculas son pequeñas, por lo que las fuerzas intermoleculares son relativamente débiles.

La estructura molecular y la intermolecular no solo determinan la solubilidad de una proteína, sino también el tipo general de función que desempeña. Las proteínas fibrosas sirven como materiales estructurales principales de los tejidos animales, una función para la que se prestan, dada su insolubilidad y tendencia a la formación de fibras. Las integran: *queratina*, en la piel, pelo, uñas, lana, cuernos y plumas; *colágeno*, en tendones; *miosina*, en músculos; *fibroina*, en la seda.

Las proteínas globulares tienen varias funciones relacionadas con la manutención y regulación del proceso de la vida, funciones que precisan de movilidad y, por tanto, de solubilidad. Las integran todas las enzimas; muchas hormonas, como *insulina* (del páncreas), *tiroglobulina* (de las glándulas tiroideas), adrenocorticotropa (*ACTH* de la pituitaria); anticuerpos, responsables de las alergias y de la defensa contra organismos foráneos; *albumina*, en huevos; *hemoglobina*, que transporta oxígeno de los pulmones a los tejidos; *fibrinógeno*, que se convierte en la proteína fibrosa e insoluble *fibrina*, con lo que se produce la coagulación de la sangre (7).

Para la determinación de proteínas totales en las especies animales, se utiliza el método de Biuret, el cual se basa en la formación de complejos entre el ion cobre (II) y dos cadenas polipeptídicas continuas que tengan al menos dos enlaces peptídicos sucesivos en solución alcalina, dando una coloración entre azul y púrpura dependiendo del entorno proteico que rodea a estos complejos (figura 6) (23).

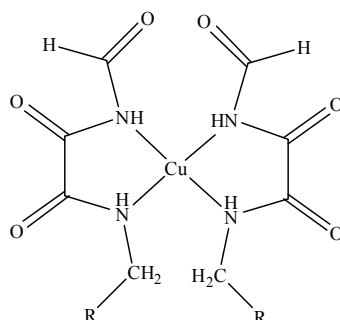


Figura 7. Estructura de formación de complejo entre ión Cu^{2+} y dos cadenas polipeptídicas continuas.

Carbohidratos

Los carbohidratos son polihidroaldehydos, polihidroicetonas o compuestos que, por hidrólisis, se convierten en aquellos. Un carbohidrato que no es hidrolizable a compuestos más simples se denomina monosacárido. Un carbohidrato que por hidrólisis da dos moléculas de monosacárido se conoce como polisacárido.

Un monosacárido se puede clasificar más aun: si contiene un grupo aldehído, es una aldosa; si contiene una función cetona, es una cetosa. Según el número de átomos de carbono que contenga, el monosacárido se conoce como triosa, tetrosa, pentosa, hexosa, y así sucesivamente. Una aldohexosa, por ejemplo, es un monosacárido de seis carbonos con una función aldehído, mientras que cetopentosa es un monosacárido de cinco carbonos con un grupo cetónico. La mayoría de los monosacáridos naturales son pentosas y hexosas.

Los carbohidratos que reducen los reactivos de Fehling (o Benedict) o Tollens, se conocen como azúcares reductores. Todos los monosacáridos, sean aldosas o cetosas, son azúcares reductores, como lo son también la mayoría de los disacáridos,

siendo una excepción importante la sacarosa (azúcar común de mesa), que no es reductora (7).

El glucógeno es un polisacárido de reserva de los animales que se degrada con mucha facilidad cuando el requerimiento de glucosa aumenta en el hígado, sirviendo de reserva energética para las 24 horas de ayuno, y en caso de exceso considerable de glucosa, termina como grasas acumuladas en los tejidos adiposos; lo cual podría acarrear enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, siendo necesario tener control significativo en el consumo de azúcares (24).

El glucógeno puede aislarse de los tejidos animales con soluciones de KOH y etanol como agente deshidratante en baño de María. La oxidación se efectúa de manera selectiva en la glucosa, rompiendo las cadenas hidrocarbonadas entre carbonos continuos que tengan grupos alcoholicos, originando sobre el glucógeno una proliferación de grupos aldehídos a lo largo de toda la cadena de glucosa unida en enlaces 1-4. La estructura de la molécula de glucógeno es de tipo dicótomo (Figura 8), con un solo extremo reductor 1 y tantos puntos de ramificación como enlaces 1-6 hay en la moléculas (23).

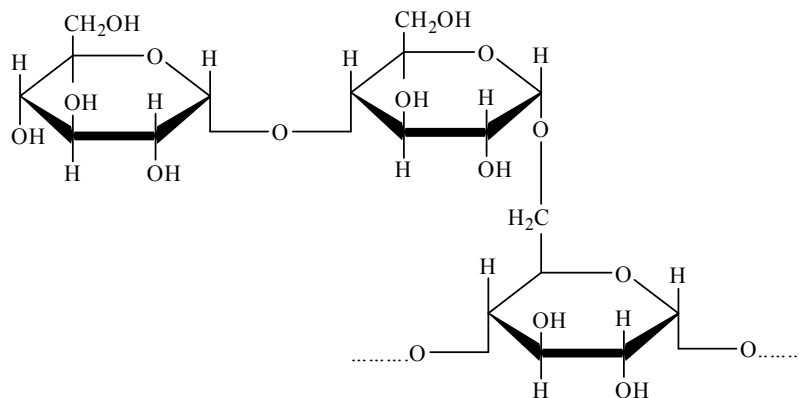


Figura 8. Estructura dicotómica de una molécula de glucógeno.

En las especies marinas, los lípidos constituyen una fuente importante de energía metabólica para su crecimiento, reproducción, homeostasis y, por ende, para mantener la estructura integral de las membranas celulares (25); pero, a pesar de su gran importancia, se han realizado pocos estudios sobre el contenido lipídico en los organismos marinos (26,27). En el caso de los invertebrados, los moluscos constituyen el phylum más grande, después de los artrópodos. Deben su nombre a la palabra latina *molluscum*, que significa blando y que describe de manera adecuada la impresión que se tiene de la carne de la mayor parte del animal, contenida, generalmente, dentro de una concha dura en la que el carbonato de calcio es el componente principal (28).

Entre las especies con mayor contenido lipídico destacan los moluscos bivalvos, que reciben ese nombre, ya que poseen una concha, de naturaleza calcárea, formada por dos cubiertas o valvas en forma de tapas, unidas por ligamentos que se cierran por la acción del animal (25).

Las seis especies bivalvias *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis*, se encuentran en las costas nororientales de Venezuela y forman parte de la dieta alimenticia de gran parte de la población que habita esa zona del país. Para conocer un poco más sobre el tema, se presenta una breve descripción de cada una de las especies de moluscos estudiadas:

Anadara notabilis (Figura 9, cuyo nombre vulgar abarca los términos “pepitona roja” y “gallito”), pertenece a la familia Arcidae y género *Anadara*, es una especie grande que mide entre los 50-70 cm.



Figura 9. *Anadara notabilis*.

Atrina seminuda (Figura 10, cuyo nombre vulgar está entre “hacha”, “rompechinchorro” o “concha abanico”), pertenece a la familia Pinnidae y género *Atrina*, es una especie grande, 200 mm.



Figura 10. *Atrina seminuda*.

El molusco bivalvo, *Arca zebra* (Figura 11, conocido como “pepitona” o “pata é cabra”), pertenece a la familia Arcidae, género *Arca*. Se caracteriza por ser una especie de 50-80 mm.



Figura 11. *Arca zebra*.

Donax denticulatus (Figura 12, su nombre vulgar es “chipichipi”), pertenece a la familia Donacidae, género *Donax*, es una especie pequeña, hasta 30 mm. Posee una concha fuerte y gruesa.



Figura 12. *Donax denticulatus*.

Donax striatus (Figura 13, otra especie de “chipichipi”), pertenece a la familia Donacidae, género *Donax*. Similar a *Donax denticulatus*, pero distinguible por tener la porción posterior más aplanada y no posee las estrías en forma de ziczac.



Figura 13. *Donax striatus*.

Perna viridis (Figura 14, “mejillón verde”), pertenece a la familia Mytilidae y género *Perna*. Este bivalvo mide hasta 200 mm (28).



Figura 14. *Perna viridis*.

Sobre estas seis especies de bivalvos, que se encuentran en Guayacán de la península de Araya, del estado Sucre, se han realizado pocos estudios en cuanto al contenido lipídico de los mismos y su valor nutricional. Se conocen solamente algunos estudios muy generales sobre condición fisiológica, desarrollo gonadal de algunas de estas especies y una investigación realizada en lípidos de *Perna viridis* recolectada en el golfo de Paria (27).

Las enfermedades cardiovasculares o cerebrovasculares se reducen con la ingesta de pescados, moluscos bivalvos y vegetales, debido a que son ricos en ácidos grasos poliinsaturados que disminuyen la concentración de triacilglicerol o colesterol en el plasma humano y en antiaterogénicos (29).

En la actualidad, la importancia de los moluscos ha traspasado el valor escénico que ocupaba en tiempos pasados, ya que, además de la importancia vital de formar parte de la trama trófica de los ecosistemas, muchas de las especies están siendo utilizadas como recurso alimenticio, indicadores de contaminación y de estrés funcional en ecosistemas costeros. Por otra parte, a los moluscos se les han asignado múltiples usos, desde su utilización como moneda, bisutería, joyería y hasta propiedades afrodisíacas; y están, actualmente, en programas de turismo.

Las costas nororientales de Venezuela son una de las regiones del Mar Caribe en la que la vida de sus habitantes está estrechamente ligada a los moluscos, particularmente a los bivalvos. Ya en tiempos precolombinos, la recolección de moluscos a lo largo de estas costas por parte de los aborígenes para alimentarse y fabricar con las conchas instrumentos y ornamentos era una actividad extendida y habitual. La “costa de las perlas”, como la bautizó el conquistador Alonso de Ojeda en los albores del siglo XVI, es, sin duda, el apelativo más apropiado de estas costas, que durante casi cinco siglos fueron el escenario más importante en la pesquería de ostras perlíferas (*Pinctada imbricata*) de todo el Caribe y el Atlántico (28).

En Venezuela, los bivalvos constituyen un grupo importante desde el punto de vista económico, porque algunas especies sostienen pesquerías de primer orden e importancia. Cabe destacar que la pesquería de pepitona (*Arca zebra*) ocupa el segundo rubro, después de la sardina, en lo referente a la producción por pesca artesanal. Otras especies como, por ejemplo, los chipichipis representados por las especies *Donax denticulatus* y *Donax striatus*, y el mejillón verde *Perna viridis*, soportan pesquerías de gran importancia socioeconómica. Algunas de estas especies, también, han sido cultivadas sosteniendo producciones comerciales, lo cual las hace considerar como potenciales para el aumento de su producción por acuicultura.

Precisamente, todos estos argumentos reflejan la importancia, y la necesidad de desarrollar un proyecto de investigación que proporcione información sobre el aspecto lipídico y nutricional de estas seis especies de moluscos bivalvos, que se encuentran en las costas nororientales de Venezuela, específicamente en la población de Guayacán, península de Araya, estado Sucre. Existen razones para el consumo de estos moluscos, no solo económicas, sino también nutricionales tanto para los pobladores de esta zona, que son los primeros en consumirlos, como para el resto del país a los cuales les llega el producto a su mesa gracias al comercio nacional de alimentos marinos.

METODOLOGÍA

1. Recolección de las muestras

Las especies de moluscos bivalvos: *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis*, fueron recolectadas en la región costera de Guayacán, ubicada al norte de la península de Araya, municipio Cruz Salmerón Acosta, estado Sucre (Figura 15). En una única recolección, se obtuvieron alrededor de doce (12) organismos de cada especie.

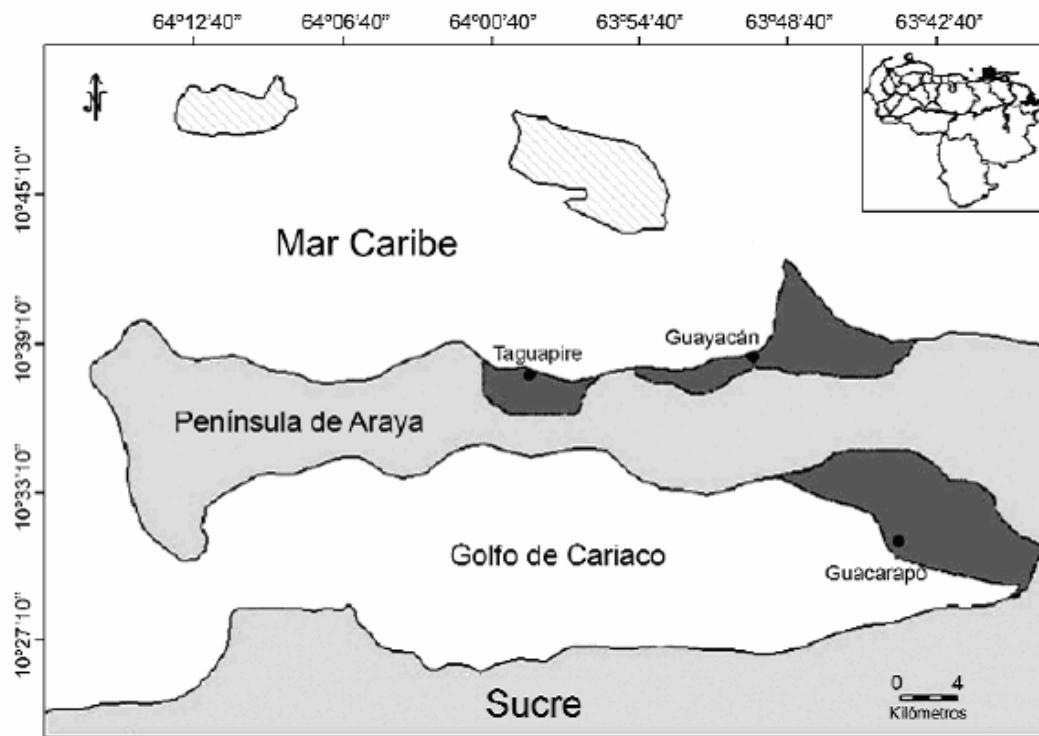


Figura 15. Zona de muestreo, Guayacán de la Península de Araya, estado Sucre.

2. Obtención de los extractos lipídicos (30)

Para la extracción de los lípidos totales de cada muestra, se pesó 1,50 g de muestra, a la cual, además, se le agregó una mezcla de cloroformo:metanol (2:1 V/V). Luego, la mezcla obtenida se colocó en agitación por el lapso de una hora, se filtró y el residuo se reextrajo nuevamente. Al filtrado combinado se le añadió una solución de NaCl saturado y se refrigeró por 16 horas, aproximadamente. Luego, la capa orgánica se separó y se recogió en un *beaker* que contenía Na₂SO₄ anhidro. Después, se filtró y la solución se llevó a un rotaevaporador, para eliminar el solvente. Se transfirió posteriormente a un vial previamente pesado; se le burbujeó nitrógeno para eliminar todo el solvente e impedir que la muestra se oxide. El producto obtenido fueron los lípidos totales de cada muestra. Este procedimiento se realizó por triplicado.

3. Aislamiento y cuantificación de los diferentes lípidos

Los ésteres de colesterol, el colesterol, los triacilgliceroles y los fosfolípidos presentes en los extractos de los lípidos totales, se separaron utilizando la técnica de cromatografía de capa fina preparativa (CCFP). Para ello, se utilizó como adsorbente sílica gel 60 DG en capas de 1,0 mm de espesor sobre placas de 20x20 cm² y como solvente eluyente una mezcla de éter de petróleo:éterdietílico:ácido acético (87:12:1 V/V). Primeramente, se realizó un cromatograma con estándares de lípidos conocidos y se determinaron sus R_f, con la finalidad de utilizarlo como patrones en la separación e identificación de los lípidos presentes en cada una de las muestras de moluscos bivalvos. Después de haberse colocado una masa conocida de cada una de las muestras en las placas y de haber separado las bandas de cada componente de los extractos lipídicos en las placas correspondientes, los triacilgliceroles y los fosfolípidos se extrajeron con éter dietílico y metanol, respectivamente; y los ésteres de colesterol y el colesterol con cloroformo (31, 32). Posteriormente, se evaporó el

solvente, se transfirió a un vial previamente pesado y se llevó a sequedad con corriente de nitrógeno gaseoso. Luego, se pesaron en una balanza marca Denver Instrument Company, modelo TR-204. Cada uno de los tipos de lípidos obtenidos se cuantificó por gravimetría.

4. Esterificación de los ácidos grasos (33)

La conversión de los ácidos grasos presentes en los lípidos totales a ésteres metílicos, se realizó por el método de Brokerchhoff (33), 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 eter 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 y el producto que se obtuvo fueron los ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos totales.

5. Identificación y cuantificación de los ácidos grasos

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

6. Caracterización de los lípidos por resonancia magnética nuclear

Para la identificación de los lípidos, se utilizó la resonancia magnética nuclear (RMN) de ^{13}C . Se tomaron, aproximadamente, 50 mg de cada uno de los extractos lipídicos totales, se disolvieron en cloroformo deuterado (CDCl_3) con una pequeña cantidad de tetrametilsilano (TMS) como referencia y se colocaron en tubos de resonancia magnética nuclear.

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 δc obtenidos se compararon con aquellos reportados en la literatura para determinar la presencia de colesterol, ácidos grasos saturados e insaturados, triacilgliceroles y fosfolípidos. Es de hacer notar que RMN es una técnica muy versátil, no destructiva, que suministra una información completa de los desplazamientos químicos de los núcleos atómicos de las estructuras de los compuestos orgánicos.

7. Evaluación comparativa del contenido lipídico

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores (factor 1: porcentaje de lípidos totales-concentraciones de los diferentes tipos de lípidos y factor 2: especies). Esto se realizó con base en el contenido de lípidos totales-las diferentes concentraciones de los distintos tipos de lípidos obtenidos y las especies estudiadas. 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.

8. Determinación cuantitativa de proteínas totales

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 (23), el cual se basó en tomar 0,6 ml del sobrenadante, se le agregó reactivo de Biuret (1,50 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 6,0 g de $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 500 ml de agua destilada, 300 ml de NaOH 10 % m/V recién preparado y 2 g de ioduro 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 en la cual se observa una coloración purpura, producto de la formación del complejo entre el ion cobre (II) y dos cadenas polipeptídicas continuas. La concentración fue calculada a partir de una curva de calibración de albúmina de suero bovino (BSA: 10 mg/ml).

9. Determinación cuantitativa de glucógeno

La extracción de glucógeno se realizó mediante el método de Hassid y Abrahan (1957). Se colocó 1 g del tejido macerado en un tubo de ensayo conteniendo 2 ml KOH 30 %, seguido por una incubación en un baño de María por espacio de 30 minutos. La solución resultante se enfrió a temperatura ambiente, se le añadió 5 ml de etanol 95% para precipitar el glucógeno; el contenido del tubo se agitó mediante un mezclador. La mezcla alcohólica se sometió a ebullición breve, seguidamente, se dejó enfriar a 26 °C. La preparación se centrifugó a 4000 rpm por 15 minutos en una centrifuga clínica a temperatura ambiente. El líquido se decantó y el precipitado se disolvió en 2 ml de agua destilada.

La cuantificación de glucógeno se llevó a cabo a través de la reacción con la antrona (34). Se tomó 0,1 ml de la solución de glucógeno, se le agregó agua destilada y 4 ml de reactivo de antrona (0,2 % en H₂SO₄) e, inmediatamente, se sometió a ebullición en un baño de María por espacio de 15 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente y luego se leyó la absorbancia espectrofotométricamente a 620 nm. La concentración fue calculada a partir de una curva de calibración, utilizando una serie de soluciones patrones preparadas a partir de un patrón primario de glucosa (0,1 mg/ml), con lo cual se lleva a cabo la representación grafica: Absorbancia vs. Concentración de glucosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, se caracterizó y cuantificó el contenido lipídico y de los ácidos grasos presentes en los tejidos de las especies de bivalvos *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis*, provenientes de la zona de Guayacán (estado Sucre). Además, se determinó el contenido de proteínas y glucógeno total. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación, desglosados a través del uso de recursos como tablas, figuras (graficos y/o moléculas), con lo cual se pretenden establecer las respectivas discusiones.

1. Determinación cuantitativa de lípidos totales

En la tabla 3, se aprecian las concentraciones de lípidos totales de *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis*, provenientes de la zona de muestreo. Se observa que la especie con mayor concentración de lípidos es *Arca zebra*, con un valor de 1,69% m/m, mientras que la especie con menor contenido de lípidos fue *Donax striatus*, con un valor de 0,88% m/m. El análisis de varianza realizado (Tabla 4), 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 tres grupos homogéneos de las especies estudiadas, conformados por X_a (*D. striatus* y *A. seminuda*), X_b (*A. seminuda*, *D. denticulatus* y *A. notabilis*) y X_c (*A. notabilis*, *P. viridis* y *A. zebra*).

Esta última situación sugiere semejanzas entre los valores de algunas réplicas de una especie con los valores de algunas réplicas de otra especie. Por ejemplo, las

tres replicas de la especie *D. striatus*, son similares al primer valor de *A. seminuda*, por lo tanto, conforman un grupo homogéneo. Sin embargo, al comparar el contenido lipídico de *D. striatus* con los de *D. denticulatus*, perteneciente a su mismo género, 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 3. Porcentaje de lípidos totales de las seis especies de moluscos estudiadas.

Especie	Réplicas % Lípidos	\bar{X}	S	Sx	Grupo Homogéneo (GH)
<i>Donax striatus</i>	0,90	0,88	0,01	0,13	X _a
	0,98				
	0,75				
<i>Atrina seminuda</i>	0,96	1,11	0,03	0,13	X _a X _b
	1,29				
	1,08				
<i>Donax denticulatus</i>	1,52	1,38	0,01	0,13	X _b X _c
	1,34				
	1,29				
<i>Anadara notabilis</i>	1,20	1,39	0,03	0,13	X _b X _c
	1,44				
	1,54				
<i>Perna viridis</i>	1,82	1,55	0,11	0,13	X _c
	1,18				
	1,65				
<i>Arca zebra</i>	1,60	1,69	0,12	0,13	X _c
	2,07				
	1,41				

\bar{X} : Media; S: desviación estándar; Sx: error estándar.

Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de lípidos totales de los moluscos estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	1,32318	5	0,26464	5,09	0,0098
Dentro de grupos	0,62407	12	0,05201		
Total	1,94724	17			

Los resultados obtenidos mediante la extracción de lípidos totales a las seis especies de moluscos bivalvos, revelan que la especie *A. zebra* es la que posee mayor potencial energético en comparación con las otras cinco especies de moluscos, y la especie *D. striatus* posee el menor potencial energético; por lo tanto, se puede inferir que el consumo de *A. zebra* es recomendable punto de vista energético. Por otra parte, cabe destacar la diferencia entre las dos especies del género *Donax*, en la cual el contenido de lípidos totales en *Donax denticulatus* es mayor (1,38% m/m), mientras que en el caso de *D. striatus* es menor (0,88% m/m).

Cuando se comparan estos resultados con los reportados en otras investigaciones sobre contenido lipídico en moluscos, se observa que están muy por debajo a los reportados en un estudio de la ostra de mangle *C. rhizophorae* en las Lagunas de Chacopata y La Restinga, y el Pantano Caroní, en las cuales la vegetación predominante está representada por manglares, acompañadas de vientos moderados y altas temperaturas, creando condiciones para el crecimiento y engorde de las ostras, presentando porcentajes de lípidos totales de 7,55; 2,71 y 3,69% m/m, respectivamente (26). Caso contrario ocurre para las muestras del presente estudio, las cuales provienen de aguas de mar abierto.

Para el caso de la especie *P. viridis*, se encontró un contenido de lípidos totales de 1,55% m/m, siendo la segunda especie con mayor potencial energético. Este resultado está por debajo de los presentados en una investigación donde se determinó el contenido lipídico del mejillón verde *P. viridis*, presente en distintas localidades del oriente venezolano, donde la salinidad promedio es de 36%, y la Costa Oeste de la Isla de Trinidad, con una salinidad promedio de 20%. En este caso, el menor porcentaje que se observó fue 6,08% m/m, correspondiente a la especie de la zona de La Restinga (oriente venezolano), y 7,92% m/m en la zona de Los Cedros (Costa Oeste de Trinidad) (27).

2. 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 ^{13}C . Mediante cromatografía de capa fina preparativa (CCFP) se cuantificaron los mismos, y además se identificaron y cuantificaron los ésteres metílicos de los ácidos grasos presentes en los lípidos totales de cada muestra, utilizando cromatografía de gas-líquido (CGL).

2.1 Caracterización y cuantificación de los lípidos mediante CCFP

A través de dicho método, se caracterizaron y cuantificaron (gravimétricamente) los diferentes tipos de lípidos presentes en las especies en estudio, obteniéndose los resultados en porcentaje (m/m) de cada uno de los lípidos. Las muestras analizadas mostraron el mismo patrón cromatográfico (bandas correspondientes a los fosfolípidos (FL), ácidos grasos libres (AGL), colesterol (COL), triacilgliceroles (TG) y ésteres de colesterol (EST)), las cuales se presentaron siguiendo un patrón de polaridad decreciente (FL>AGL>COL>TG>EST), donde la presencia de fosfolípidos se obtuvo en más del 75% en todas las especies; los ácidos grasos libres en forma general no bajaron de 8%, el contenido de triacilgliceroles mostró un valor máximo de 12,44% para la especie *D. denticulatus*. Adicionalmente, se detectó la presencia de colesterol y ésteres de colesterol sólo en la especie *Arca zebra*, con valores de 2,95 y 3,22%, respectivamente.

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje (m/m) de fosfolípidos, ácidos grasos libres, triacilgliceroles, colesterol y ésteres de colesterol, para cada uno de los moluscos analizados.

Tabla 5. Porcentajes de los diferentes tipos de lípidos en cada una de las especies en estudio.

Especie	Fosfolípidos	AGL	Triacilgliceroles	Colesterol	Ésteres de colesterol
<i>Arca zebra</i>	78,02	9,12	5,01	2,95	3,22
<i>Anadara notabilis</i>	78,26	11,08	8,35	ND	ND
<i>Atrina seminuda</i>	85,28	14,72	ND	ND	ND
<i>Donax denticulatus</i>	78,22	8,44	12,44	ND	ND
<i>Donax striatus</i>	81,63	14,29	4,08	ND	ND
<i>Perna viridis</i>	88,77	9,42	1,81	ND	ND

AGL: Ácidos Grasos Libres; ND: No Detectado.

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 moluscos, y entre las especies, se muestran mediante un gráfico de columnas representado en la figura N° 16:

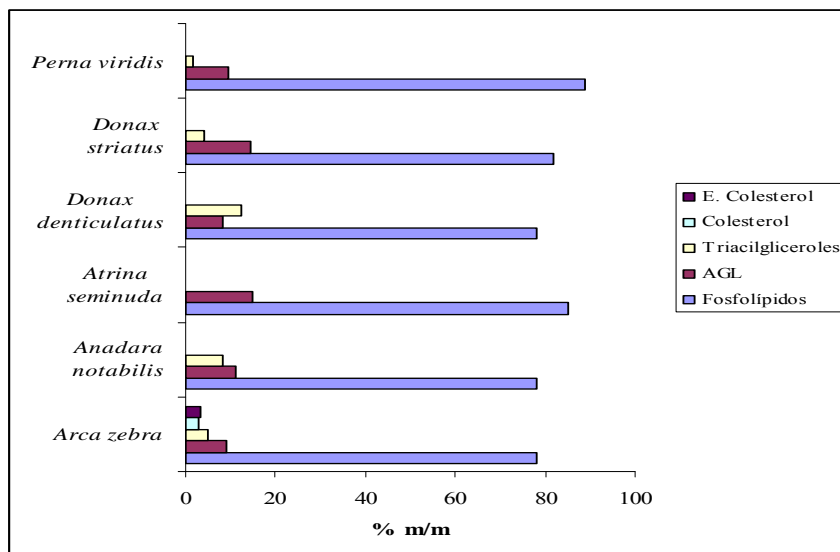


Figura 16. Contenido de fosfolípidos, ácidos grasos libres, triacilgliceroles, colesterol y ésteres de colesterol en % m/m, presentes en las especies *Perna viridis*, *Donax striatus*, *Donax denticulatus*, *Atrina seminuda*, *Anadara notabilis* y *Arca zebra*.

La presencia de fosfolípidos en las seis especies de moluscos supera enormemente a los demás tipos de lípidos, presentando concentraciones que llegan al 78,02% en *A. zebra*, y 88,77% en la especie *P. viridis*. En el caso de esta última especie, el resultado es similar al reportado en la literatura (27), donde se determinó una concentración promedio de fosfolípidos en la especie *P. viridis* igual a 88,71% colectada en la zona de la Esmeralda (ubicada en la Península de Paria). Todo esto demuestra que las especies *A. zebra* y *P. viridis* son las que poseen mayor potencial energético, lo cual concide con los resultados obtenidos en la parte anterior sobre determinación de lípidos totales..

Para explicar las altas concentraciones de ácidos grasos libres en las seis especies de moluscos bivalvos, 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, la presencia de fosfolípidos en asociación con las proteínas y otros lípidos, formando parte de las lipoproteínas que constituyen la matriz de las paredes de las membranas celulares (35). Otra razón puede deberse, a que los fosfolípidos actúan en algunos casos como catalizadores de las oxidaciones biológicas, por lo cual favorecen la autooxidación que sufren los ácidos grasos encontrados en su estructura (36).

La presencia de ácidos grasos libres (AGL) en las seis especies se observa por encima de 8%, que es el porcentaje más bajo, específicamente para *D. denticulatus*. Sin embargo, esto se comprueba desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo a través de la técnica de cromatografía de gases (CG) que se explica más adelante, con la cual se determinan los tipos de ácidos grasos libres que forman parte de los triacilgliceroles y fosfolípidos, que abundan en cada especie.

Las bajas concentraciones de triacilgliceroles en las muestras en estudio pueden deberse a la síntesis de éstos a partir de los ácidos grasos que se sintetizan de los carbohidratos y las proteínas o al almacenamiento de triacilgliceroles proveniente de la alimentación que posee la especie.

Al observar los resultados de los porcentajes de fosfolípidos y triacilgliceroles en cada especie (Tabla 5), se puede notar el elevado contenido de fosfolípidos y de manera inversa el descenso en el contenido de triacilgliceroles, en todos los casos. Esto pudo deberse a que los triacilgliceroles fueron transformados en el hepatopáncreas de las especies por la acción de enzimas hidrolíticas presentes en el tejido de cada molusco, 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 moluscos (37).

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

La identificación de los lípidos presentes en las especies de moluscos estudiadas, se llevó a cabo mediante RMN de ^{13}C , cuyos resultados de los desplazamientos químicos (δ_c) obtenidos a partir de los respectivos espectros (Figuras A1-A12-Apéndice A), fueron comparados con los reportados para ésteres de ácidos grasos en estudios previos.

A continuación se presentan los δ_c y sus respectivas asignaciones para las especies *A. notabilis*, *D. denticulatus* y *D. striatus* en la tabla 6, y para las especies *A. seminuda*, *A. zebra* y *P. viridis* en la tabla 7.

La señal a δ_c 14,1 se infiere que pertenece a los metilos terminales de los ácidos grasos constituyentes del triacilglicerol, a δ_c 22,7 se puede deber al metileno penúltimo en ácidos grasos, mientras que el δ_c a 24,8 en la especie *A. notabilis* y δ_c 24,7 ppm en las especies *D. denticulatus* y *D. striatus*, pueden corresponder al C-3 en ácidos grasos. En el caso de las dos primeras especies, éstas registraron señales a δ_c 25,6 y δ_c 27,2 las cuales se presume que se originan por la resonancia de los metilenos intercalados entre dos dobles enlaces y a los metilenos vecinos a dobles enlaces, respectivamente, cuyas intensidades indican el nivel de insaturaciones de los ácidos grasos en los triacilgliceroles (Figura 17), según los datos reportados en las bibliografías (38,39).

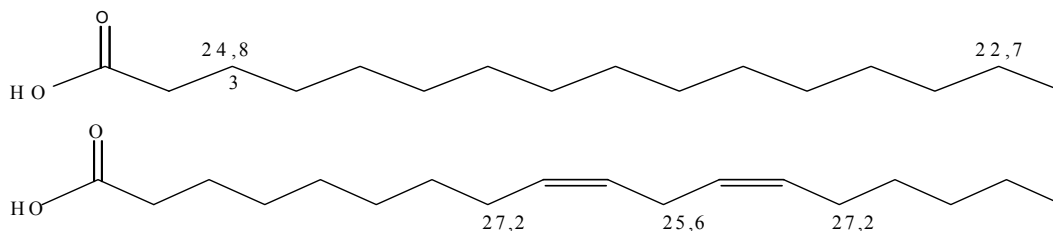


Figura 17. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linoléico (18:2 ω -6).

Tabla 6. Desplazamientos químicos (δ_c)^a y asignaciones RMN ¹³C del extracto lipídico de los bivalvos *A. notabilis*, *D. denticulatus* y *D. striatus*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Señal	<i>Anadara notabilis</i>	<i>Donax denticulatus</i>	<i>Donax Striatus</i>	Asignaciones ^b
1	14,1	14,1	14,1	-CH ₃ , metilos terminales, en cadena de ésteres de ácidos grasos
2	22,7	22,7	22,7	-CH ₂ , metileno penúltimo en cadena de ácidos grasos.
3	24,8	24,7	24,7	-CH ₂ , C-3 en cadena de ácidos grasos.
4	25,6	25,6	NO	-CH ₂ , metileno vecino entre dos dobles enlaces en ácidos grasos insaturados.
5	27,2	27,2	NO	-CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
6	28,1	NO	NO	-CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
7	29,7	29,6	29,6	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
8	31,9	31,9	NO	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
9	NO	NO	33,8	-CH ₂ COO-, metileno vecino al grupo carboxílico en ésteres de ácidos grasos.
10	129,1	130,4	NO	-CH=CH, carbonos olefínicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
11	NO	178,2	178,4	-COO-, carbonos carboxílicos en ácidos grasos libres.

a: Espectros realizados a 75 MHz en solución de CDCl₃. Los δ_c están expresados en ppm en relación al TMS. b: Asignaciones realizadas según valores reportados en la literatura D'Armas, H. y Ramirez, J (38,39). NO: no observado.

Además, las especies *A. notabilis* y *D. denticulatus* presentan valores de δ_c a 129,1 y δ_c 130,4 que pueden ser debido a carbonos olefínicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos; mientras que las señales a δ_c 178,2 y δ_c 178,4 en las especies *D. denticulatus* y *D. striatus*, se presume su origen a los carbonos carboxílicos en ácidos grasos libres (Figura 18).

Tabla 7. Desplazamientos químicos (δ_c)^a y asignaciones RMN ¹³C del extracto lipídico de los bivalvos *A. seminuda*, *A. zebra* y *P. viridis*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Señal	<i>Perna viridis</i>	<i>Atrina seminuda</i>	<i>Arca zebra</i>	Asignaciones ^b
1	14,1	14,2	14,1	-CH ₃ , metilos terminales en cadena de ésteres de ácidos grasos.
2	NO	20,5	NO	-CH ₂ , metilenos penúltimos en cadena de ácidos grasos del tipo ω -3.
3	22,7	22,7	22,7	-CH ₂ , metileno penúltimo en cadena de ácidos grasos.
4	24,8	24,8	24,8	-CH ₂ , C-3 en cadena de ácidos grasos.
5	NO	25,6	NO	-CH ₂ , metileno vecino entre dos dobles enlaces en ácidos grasos insaturados.
6	27,2	27,2	27,2	-CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
7	28,1	28,1	28,1	-CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
8	29,7	29,7	29,7	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
9	31,9	31,9	31,9	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
10	34,0	33,7	34,0	-CH ₂ COO-, metileno vecino al grupo carboxílico en ésteres de ácidos grasos.
11	62,1	NO	62,1	-CH ₂ -O-, C-1 y C-3 del glicerol en triacilgliceroles.
12	68,9	NO	68,9	-CH-O-, C-2 del glicerol en los triacilgliceroles.
13	NO	NO	71,8	-CH-O-, C-3 en colesterol.
14	NO	128,3	NO	-CH=CH, carbonos olefínicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
15	129,1	129,1	129,1	CH=CH, carbonos olefínicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
16	NO	130,0	NO	CH=CH, carbonos olefínicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
17	178,6	178,9	178,6	-COO-, carbonos carboxílicos en ácidos grasos.

a: Espectros realizados a 75 MHz en solución de CDCl₃. Los desplazamientos químicos están expresados en ppm en relación al TMS. b: Asignaciones realizadas según valores reportados en la literatura D'Armas, H. y Ramírez, J (38,39). NO: no observado

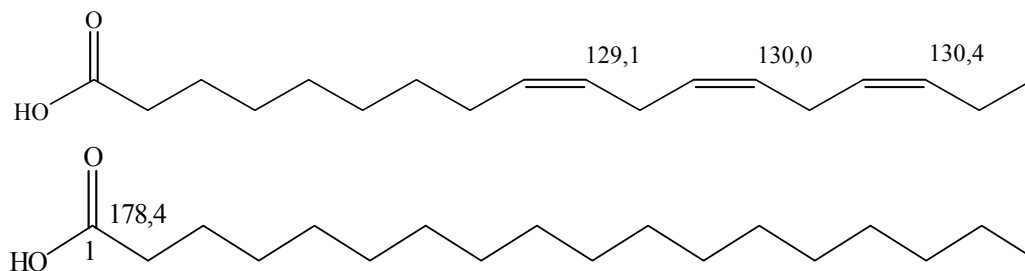


Figura 18. Estructuras de los ácidos linolénico (18:3 ω-3) y esteárico (18:0).

La señal δ_c a 14,1 en las especies *P. viridis* y *A. zebra*, y δ_c 14,2 en la especie *A. seminuda* pueden explicarse, según los reportes bibliográficos (38,39), a los metilos terminales de los ácidos grasos constituyentes del triacilglicerol. La presencia de ácidos grasos del tipo ω-3 en la especie *A. seminuda*, se infiere por el δ_c a 20,5 que se registra para esta especie.

Las señales de δ_c 22,7 y δ_c 24,8 corresponden al metileno penúltimo en ácidos grasos y al C-3, respectivamente, en la misma cadena carbonada (Figura 19), mientras que a δ_c 25,6 la especie *A. seminuda* registra un δ_c que se origina por la resonancia de los metilenos intercalados entre dos dobles enlaces y que por su intensidad indica el nivel de insaturaciones de los ácidos grasos en el triacilglicerol (Figura A9-Apéndice A).

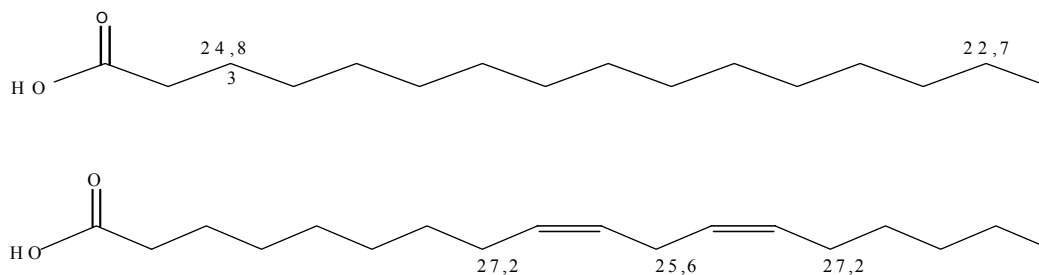


Figura 19. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linolénico (18:2 ω-6).

A δ_c 27,2 , la señal pertenece a los metilenos vecinos adyacentes a dobles enlaces, la cual varía su intensidad según la cantidad de insaturaciones presentes en los ácidos grasos constituyentes del triacilglicerol. Por otra parte, la presencia de ésteres de ácidos grasos se presume por la señales de δ_c como: 29,6; 31,9; 33,7 y 34,0 ppm (38,39).

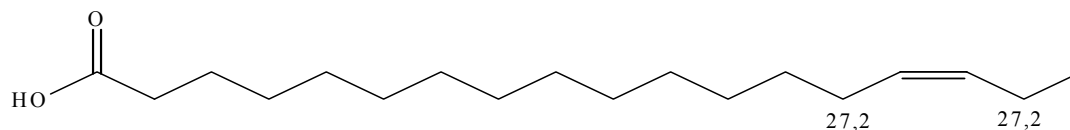


Figura 20. Estructura de ácido oleico (18:1 ω -3).

Otras señales características del triacilglicerol son δ_c 62,1 y δ_c 68,9, las cuales son observadas en las especies *A. zebra* y *P. viridis*, y estas corresponden a los C-1 y C-3, y el C-2 del glicerol, respectivamente, tal como se puede observar en la siguiente estructura:

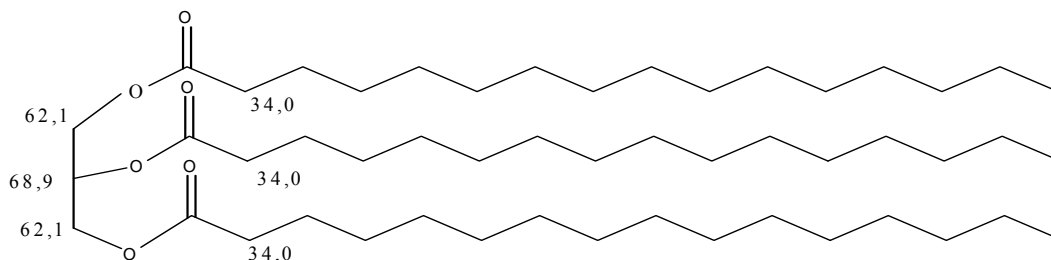


Figura 21. Estructura de un triacilglicerol.

La especie *A. zebra* , registró una señal a δ_c 71,8 que puede corresponder al C-3 en la molécula de colesterol según reportes en la literatura (38,39), al cual se encuentra unido un grupo OH. La presencia de este esteroil concuerda con lo observado en los resultados obtenidos por CCFP, en la cual esta especie arrojó un contenido de 2,95 % para colesterol y un 3,22 % para ésteres de colesterol.

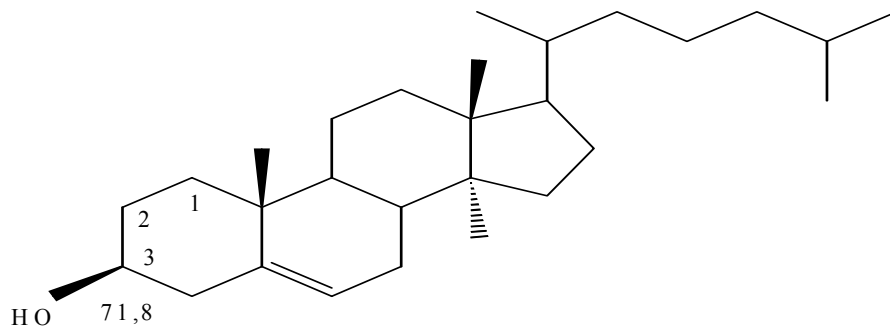


Figura 22. Estructura de la molécula de colesterol.

Entre δ_c 128,3 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.

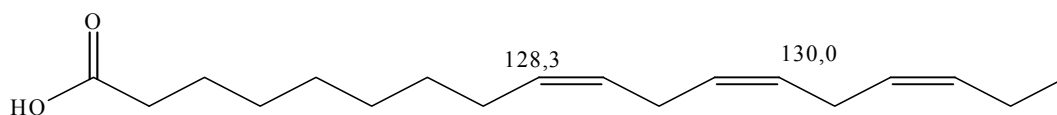


Figura 23. Estructura del ácido linolénico.

Las señales a campo más bajo δ_c 178,6 y δ_c 178,9 , según los reportes bibliográficos (38,39) se asignan 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 infiere la presencia de este tipo de lípido en todas las especies analizadas, ya que los AGL se encontraron entre un 8,44-14,72 % en todos los resultados obtenidos mediante CCFP.

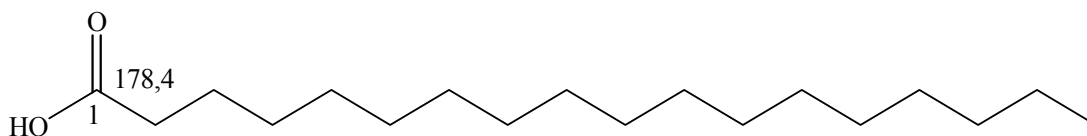


Figura 24. Estructura del ácido esteárico (18:0).

Debido a los datos bibliográficos (38,39), todas las señales antes mencionadas permiten suponer la presencia de ácidos grasos libres, fosfolípidos, triacilgliceroles en las seis especies de moluscos, y la determinación de colesterol y ésteres de colesterol, sólo en la especie *A. zebra*. Además, se pudo observar que las especies del mismo género, *D. striatus* y *D. denticulatus*, presentan similitud en sus δ_c con relación a la especie *A. notabilis*, mientras que las especies *A. seminuda*, *A. zebra* y *P. viridis* presentan mayor número de δ_c muy similares entre ellas.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos mediante CCFP, con la cual se pudieron aislar e identificar, por comparación con los R_f de patrones lipídicos, los diferentes tipos de lípidos presentes en las seis especies estudiadas, resultado que demuestra la veracidad de ambas técnicas utilizadas y, además, del contenido energético de las especies en estudio.

3. Análisis de los ácidos grasos

Para llevar a cabo la identificación y cuantificación de ácidos grasos en las seis especies de moluscos, las muestras fueron tratadas con KOH/CH₃OH y convertidas en ésteres 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), mediante la cual se obtuvieron los cromatogramas representados en las Figuras B1-B6 (Apéndice B).

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 moluscos, arrojaron resultados presentados en las tablas 8-10, respectivamente. Para el caso de la especie *A. notabilis*, los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) representan la mayor proporción, siendo el 59,78%,

mientras que en las especies *A. seminuda* y *A. zebra* contienen ácidos grasos saturados (AGS) en proporción de 80,36 y 75,12%, respectivamente.

Los resultados para las especies *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis* arrojaron porcentajes de ácidos grasos saturados en proporciones de 83,17; 73,58 y 84,76% respectivamente. El porcentaje de ácidos grasos polinsaturados (AGPI) resultó ser el más bajo en el caso de las seis especies, donde el máximo valor lo obtuvo *A. seminuda* con un 10,76% y el valor mínimo fue para *A. zebra* con un 3,42%, situación que difiere con lo que se ha observado en otros casos, como los reportados en el estudio de la ostra de mangle *C. rhizophorae* en las lagunas de Chacopata y La Restinga, y el pantano Caroní, en la cual el porcentaje de ácidos grasos polinsaturados mas bajo obtenido fue de 49,0% , para la muestra recolectada en La Restinga (26).

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 8, 9 y 10, respectivamente, seguidos de un análisis en cada caso:

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 *A. notabilis* (figura 25), *A. seminuda* (figura 26), *A. zebra* (figura 27), *D. denticulatus* (figura 28), *D. striatus* (figura 29) , *P. viridis* (figura 30) tomando en cuenta el 100 % de los ácidos grasos totales presentes en cada una , con lo cual se pretende observar las diferencias entre los moluscos 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.

Tabla 8. Composición porcentual de los ácidos grasos saturados en los lípidos totales de *A. notabilis*, *A. seminuda*, *A. zebra*, *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>Anadara notabilis</i>	<i>Atrina seminuda</i>	<i>Arca zebra</i>	<i>Donax denticulatus</i>	<i>Donax striatus</i>	<i>Perna viridis</i>
C12:0	0,00	0,00	0,54	1,00	0,92	0,67
C13:0	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
C14:0	11,60	10,54	8,75	20,67	17,42	21,99
C15:0	0,40	1,21	0,79	1,46	1,75	1,47
C16:0	1,04	51,62	45,09	45,64	41,81	48,69
C17:0	2,91	2,55	3,14	1,34	1,37	1,64
C18:0	18,05	13,21	16,33	11,52	10,31	9,22
C20:0	0,00	0,21	0,16	0,89	0,00	0,58
C21:0	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
C22:0	0,00	0,32	0,15	0,19	0,00	0,21
C23:0	0,00	0,12	0,09	0,32	0,00	0,14
C24:0	0,41	0,40	0,02	0,14	0,00	0,15
TOTAL	34,41	80,36	75,12	83,17	73,58	84,76
AGS						

AGS: ácidos grasos saturados.

A continuación, se presentan las distintas distribuciones gráficas:

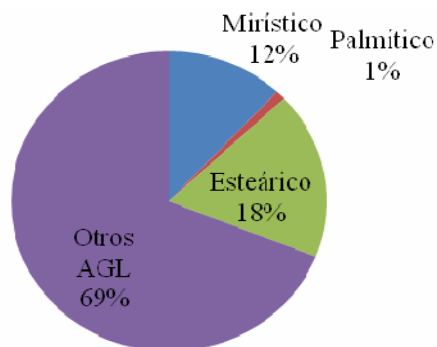


Figura 25. Porcentajes de AGS más importantes en *A. notabilis*.

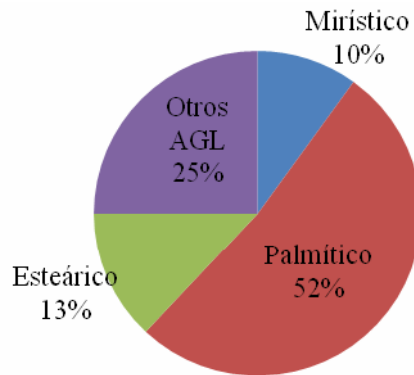


Figura 26. Porcentajes de AGS más importantes en *A. seminuda*.

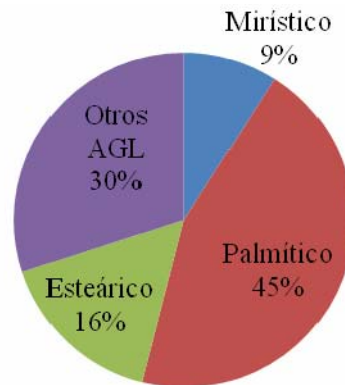


Figura 27. Porcentajes de AGS más importantes en *A. zebra*.

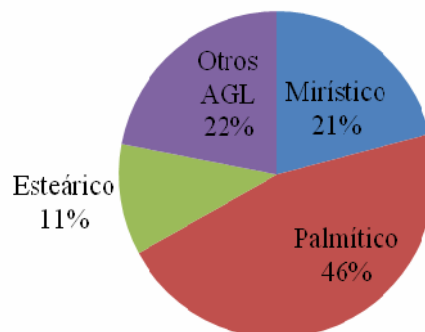


Figura 28. Porcentajes de AGS más importantes en *D. denticulatus*.

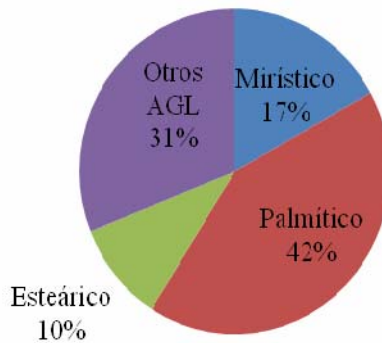


Figura 29. Porcentajes de AGS más importantes en *D. striatus*.

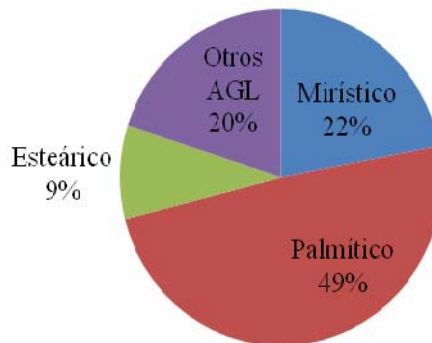


Figura 30. Porcentajes de AGS más importantes en *P. viridis*.

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 70% de los ácidos grasos presentes en las especies: *A. seminuda*, *A. zebra*, *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis*, siendo el ácido palmítico (C16:0) el más abundante, con porcentajes entre 41,81-51,62%. Sin embargo, la especie *A. notabilis* fue la excepción, por tener el menor contenido de grasas saturadas con un 34,41%, donde el ácido esteárico (C18:0) representa un 18,05% y el ácido palmítico más del 1%.

Las especies *D. striatus* y *D. denticulatus* mostraron porcentajes similares en cuanto al contenido de ácidos grasos saturados, especialmente de los ácidos:

palmítico (16:0) y esteárico (18:0) donde las diferencias entre las dos especies es de 1% para ambos casos.

Tabla 9. Composición porcentual de los ácidos grasos monoinsaturados en los lípidos totales de *A. notabilis*, *A. seminuda*, *A. zebra*, *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>Anadara notabilis</i>	<i>Atrina seminuda</i>	<i>Arca zebra</i>	<i>Donax denticulatus</i>	<i>Donax striatus</i>	<i>Perna viridis</i>
C16:1 ω-7	6,55	1,31	7,00	4,53	6,90	3,47
C16:1 ω-9	44,13	2,28	1,84	0,15	0,00	0,00
C17:1 ω-8	0,42	0,12	0,08	0,00	0,00	0,00
C18:1 ω-5	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,26
C18:1 ω-7	2,56	0,20	2,79	1,22	2,20	0,76
C18:1 ω-9	2,02	2,15	2,79	1,79	4,26	0,41
C20:1 ω-7	0,17	0,00	3,25	0,00	0,00	0,00
C20:1 ω-9	1,11	0,25	0,00	0,00	0,00	0,26
C20:1 ω-11	1,74	1,77	2,67	0,89	2,51	0,48
C22:1 ω-9	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	2,33
C22:1 ω-11	0,46	0,27	0,56	0,00	0,84	0,52
C24:1 ω-9	0,06	0,00	0,15	0,30	0,62	0,00
TOTAL	59,78	8,35	21,22	9,44	17,33	8,49
AGMI						

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados

Al comparar estos resultados con los obtenidos por otros investigadores, quienes analizaron la composición de ácidos grasos de los caracoles marinos *Phyllonotus pomum* y *Chicoreus brevifrons* (Gastropoda: Muricidae) recolectadas en las costas sucrenses, se observaron valores similares a los reportados (40). En dicha

investigación, las dos especies de moluscos mostraron un contenido de AGS entre 20,33 y 33,39%, correspondiendo ambos valores al caracol *C. brevifrons* recolectado en el periodo de lluvia y transición respectivamente, en donde la presencia mayoritaria fue de los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0) y lignocérico (24:0). En la presente investigación, los tres primeros AGS antes mencionados son los que representan la mayor parte de los ácidos grasos en general para todos los bivalvos, aunque con valores mayores en este caso.

Por otra parte, es importante recalcar que las concentraciones elevadas de ácidos grasos saturados incrementan la agregación plaquetaria y acelera el proceso de trombosis (41), por lo cual se podría decir que una dieta rica en estas especies de moluscos estudiadas, podría traer consecuencias a la salud.

Los ácidos grasos monoinsaturados estuvieron presentes en mayor proporción en la especie *A. notabilis* con un 59,78%, mientras que las especies *A. seminuda*, *Arca zebra*, *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis*, mostraron concentraciones entre 8,35-21,22%. En ninguno de los casos, se registró la presencia del ácido oleico (18:1 ω -3). Estos resultados difieren de los obtenidos en otra investigación (26) en la que se obtuvieron concentraciones de AGMI en lípidos totales para la ostra de mangle *C. rhizophorae*, por el orden de 3,0-5,5%, y en los cuales si se comprobó la presencia de ácido oleico (18:1 ω -3) en porcentajes no mayores a 1,2; en el mejor de los casos para la muestra recolectada en La Restinga. Sin embargo, para el caso de *P. viridis* el contenido de ácidos grasos monoinsaturados está muy cercano al determinado en otra investigación en la localidad de La Esmeralda (27).

Tabla 10. Composición porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos totales de *A. notabilis*, *A. seminuda*, *A. zebra*, *D. denticulatus*, *D. striatus* y *P. viridis*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>Anadara notabilis</i>	<i>Atrina seminuda</i>	<i>Arca zebra</i>	<i>Donax denticulatus</i>	<i>Donax striatus</i>	<i>Perna viridis</i>
C18:2 ω-6	0,16	0,18	0,47	0,00	0,41	0,00
C18:3 ω-6	0,35	0,29	0,34	4,71	4,92	3,85
C18:3 ω-3	2,05	5,39	1,37	0,74	0,58	0,31
C18:4 ω-3	0,24	0,13	0,30	0,45	0,00	0,53
C20:2 ω-6	0,35	0,51	0,18	0,73	0,69	1,16
C20:3 ω-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C20:3 ω-6	0,21	0,27	0,09	0,16	0,50	0,26
C20:4 ω-6	0,21	0,15	0,18	0,00	0,45	0,00
C20:5 ω-3	0,27	0,07	0,05	0,12	0,00	0,00
C21:4 ω-6	1,38	2,67	0,21	0,33	1,06	0,00
C22:2 ω-6	0,22	0,48	0,05	0,00	0,00	0,00
C22:4 ω-6	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00
C22:5 ω-3	0,06	0,13	0,23	0,00	0,00	0,00
C22:5 ω-6	0,10	0,17	0,07	0,18	0,00	0,41
C22:6 ω-3	0,21	0,24	0,09	0,00	0,48	0,22
TOTAL	5,81	10,76	3,42	7,42	9,09	6,74

AGPI

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

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 (4, 9). Para ello, se presentan

mediante gráficos (figuras 31-36), el porcentaje de ácidos grasos ω -3: ALA, EPA y DHA en las diferentes especies en estudio:

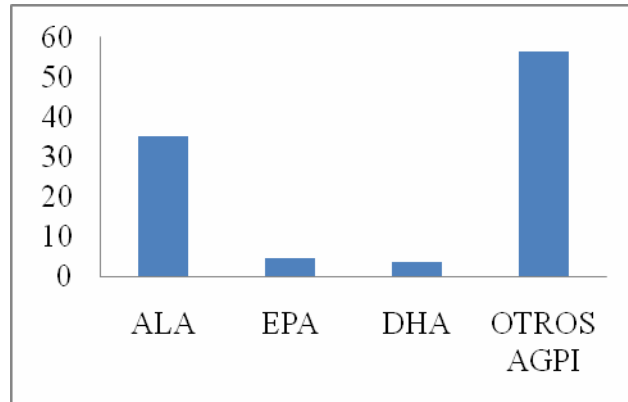


Figura 31. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Anadara notabilis*.

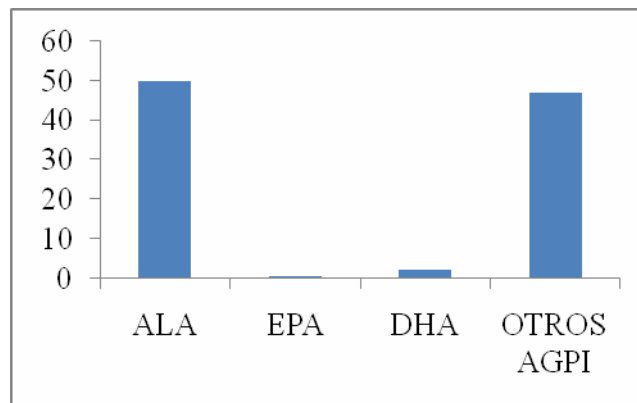


Figura 32. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Atrina seminuda*.

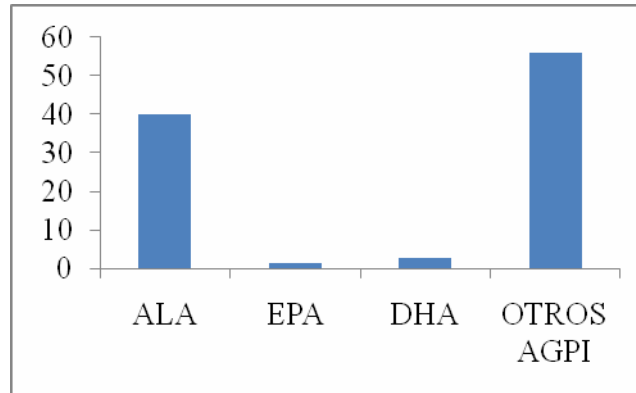


Figura 33. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Arca zebra*.

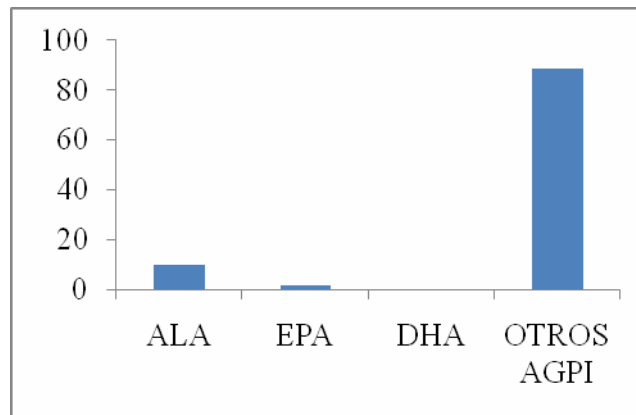


Figura 34. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Donax denticulatus*.

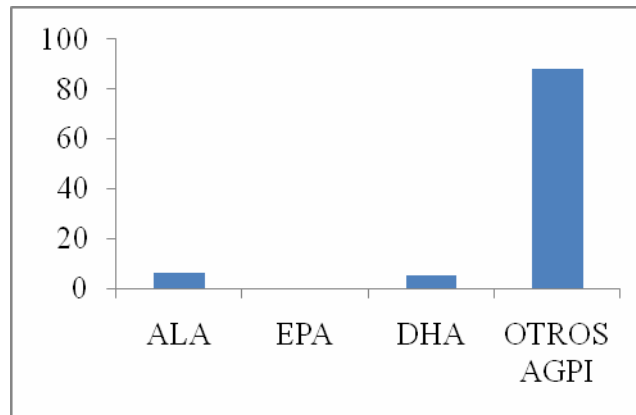


Figura 35. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Donax striatus*.

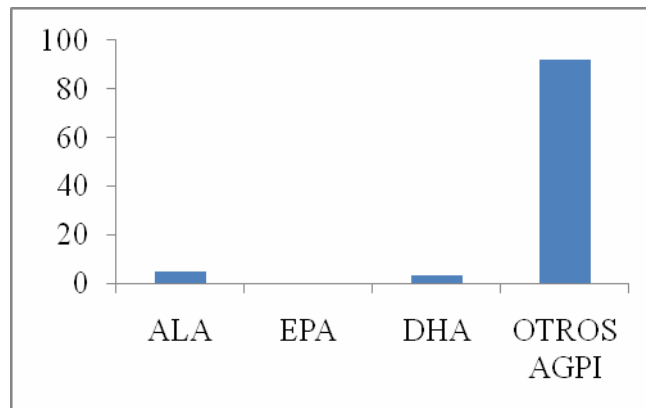


Figura 36. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *Perna viridis*.

Los ácidos grasos poliinsaturados representan la menor parte en las especies de moluscos con porcentajes entre 3,42-10,76%, en los cuales esta incluidos los ácidos grasos del tipo ω -3, siendo el ácido linolénico ($18:3 \omega$ -3) el de mayor porcentaje en todos los casos, con valores entre 2,05-5,39%, 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).

El contenido de los ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3) es bajo, como se pudo observar en los gráficos anteriores (Figuras 31-36); en comparación a los resultados reportados en la literatura (26,35), quienes encontraron ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3) : para la ostra de mangle *C. rhizophorae* en el orden de 3,6% para el EPA y 1,7% como valor máximo para el DHA; para el mejillón *P. viridis* proveniente del Golfo de Paria y la Isla de Trinidad, con valores máximos de 3,34 y 2,79% para el EPA respectivamente.

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 (42), 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 (41).

4. 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 (23). Para esto se realizó una curva de calibración (BSA: 10 mg/ml), representada en la figura 37, la cual se utilizó para la determinación de las proteínas. Se obtuvo una pendiente ($m= 0,0343$); este parámetro se utilizó para determinar las concentraciones de proteínas, y un coeficiente de correlación ($r=0,9876$), que señaló la linealidad presentada por la curva de calibración.

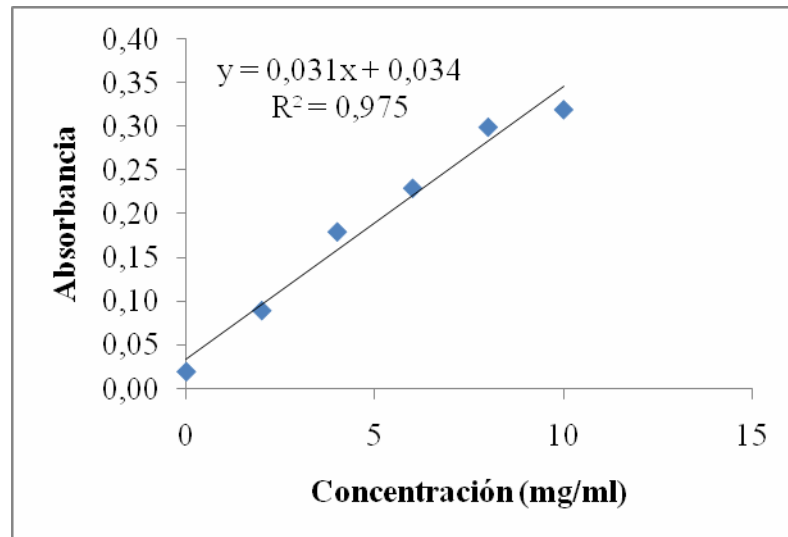


Figura 37. Curva de calibración para la determinación de las proteínas totales en cada una de las especies en estudio.

Los resultados obtenidos en cuanto a las concentraciones de proteínas (mg/g de muestra) , de cada una de las especies de moluscos en estudio, se muestran en la tabla 11, en la cual se observan los valores para cada especie por duplicado. En el caso del molusco *D. striatus*, se reporta con la menor concentración de proteínas con un valor promedio de 9,64 mg/g, donde la desviación estandar (S) es baja 1,40 y eso demuestra poca diferencia entre las dos réplicas. Las especies *A. seminuda*, *D. denticulatus* y *P. viridis*, presentan concentraciones más altas de proteínas con valores promedios de 29,42; 32,44 y 33,59 respectivamente; sin embargo, se observan las S para los casos de *A. seminuda* y *P. viridis* en 8,17 y 12,23, lo cual se debe a diferencias entre las dos réplicas. Esto pudo deberse a errores de medición debido a la poca precisión del spectronic utilizado para medir la absorbancia, por lo cual incide en una incorrecta determinación de las concentraciones de proteínas (mg/g) ; o en su defecto a cualquier otro tipo de irregularidad.

Por otra parte, *A. notabilis* contiene un promedio de 33,71 mg de proteínas por cada gramo de muestra, según los resultados obtenidos, y además, la desviación

estándar refleja mucha similitud entre sus réplicas. La especie con mayor concentración de proteínas es *A. zebra*, conteniendo un promedio de 35,27 mg/g de proteínas, y el valor de S para este caso fue de 0,23, lo cual significa que las réplicas solo difieren en pocas décimas.

Tabla 11. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de proteínas (mg/g de muestra) de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas (mg/g)	\bar{X}	S	(GH)	S_x
<i>D. striatus</i>	8,13	9,64	1,40	X _a	4,31
	11,14				
<i>A. seminuda</i>	35,20	29,42	8,17	X _b	4,31
	23,64				
<i>D. denticulatus</i>	33,43	32,44	2,12	X _b	4,31
	31,45				
<i>P. viridis</i>	24,94	33,59	12,23	X _b	4,31
	42,24				
<i>A. notabilis</i>	34,04	33,71	0,47	X _b	4,31
	33,37				
<i>A. zebra</i>	35,43	35,27	0,23	X _b	4,31
	35,10				

A estos resultados se le aplicó el respectivo análisis de varianza (ANDEVA ;Tabla 12), 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 11), la cual indicó la formación de dos grupos homogéneos, uno formado por la especie *D. striatus* (9,64 mg/g de proteínas), y el otro formado por las otras cinco especies, las cuales superan los 29 mg/g de proteínas,

lo cual significa ninguna de las replicas de *D. striatus* es cercana a los valores de otras especie, especialmente *D. denticulatus* que pertenece a su mismo género, sin embargo contiene mayor cantidad de proteínas por cada gramo de muestra. Esta situación de disparidad en los resultados de las dos especies del género *Donax* se ha presentado en toda la investigación.

Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de proteínas (mg/g de muestra) de los moluscos estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	938,936	5	187,787	5,05	0,0369
Dentro de grupos	223,231	6	37,205		
Total	1162,170	11			

Una posible explicación a la elevada concentración de proteínas observada en las especies *A. seminuda*, *D. denticulatus*, *P. viridis*, *A. notabilis* y *A. zebra*, 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 *D. striatus*, puede deberse a diferencias en la biosíntesis de proteínas con respecto a las otras cinco especies.

Los resultados obtenidos en esta investigación se pueden comparar con los obtenidos en otra investigación para la ostra *C. rhizophorae* (26), donde se observó que el contenido promedio de proteínas fue alto e igual 41,36 mg/g en las muestras de laguna de Chacopata, valor cercano al máximo obtenido para la especie *A. zebra* (35,27 mg/g), en la presente investigación.

Sin embargo, en el caso de la especie *D. striatus*, la concentración promedio de proteínas, cuyo valor fue 9,64%, es semejante al resultado reportado para la especie

C. virginia recolectada en la zona de Guariquén (estado Sucre), la cual presentó concentraciones promedios de proteínas de 9,71% (43). También, se podrían citar las investigaciones realizadas con la especie *C. rhizophorae* procedente de Laguna Grande, Bahía de Mochima y Laguna Las Maritas, cuya concentración promedio de proteínas fue de 9,15; 8,68 y 9,40% respectivamente (44, 45).

5. Determinación de glucógeno

El glucógeno es un polisacárido de reserva de los animales que se degrada con mucha facilidad cuando el requerimiento de glucosa aumenta en el hígado, sirviendo de reserva energética para las 24 horas de ayuno. La determinación de glucógeno se realizó mediante el método de Hassid y Abraham (34). Se hizo una curva de calibración (glucosa: 0,1 mg/ml) representada en la figura 38, con la cual se determinó el contenido de glucógeno para cada muestra. Se obtuvo una pendiente ($m=3,464$), siendo este parámetro utilizado para determinar las concentraciones de glucógeno, y un coeficiente de correlación ($r=0,9750$), que señaló la linealidad presentada por la curva.

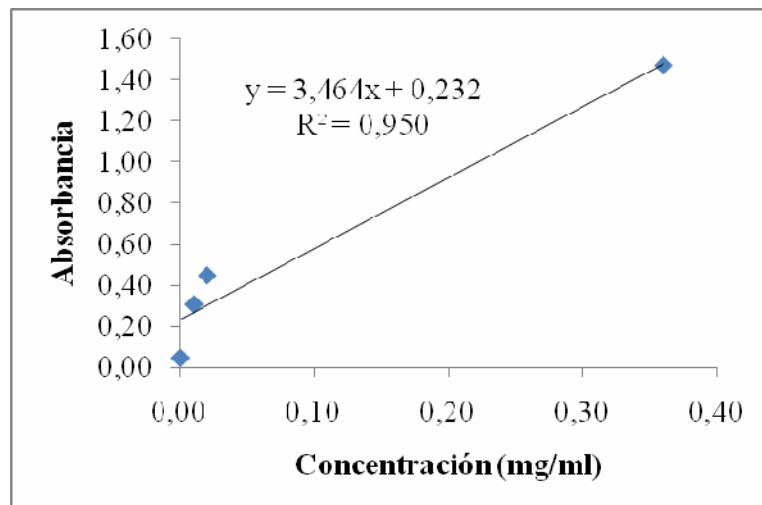


Figura 38. Curva de calibración para la determinación de glucógeno en cada una de las especies en estudio.

En la tabla 13, se pueden observar los resultados en las concentraciones de glucógeno (mg/g de muestra). La especie *D. denticulatus* fue la que reportó el menor valor y al igual que *D. striatus*, *A. seminuda*, *A. zebra* y *A. notabilis* no sobrepasó 1 mg/g, específicamente 0,40 mg/g, con una desviación estándar (S) de 0,00, lo que demuestra la similitud entre las dos réplicas obtenidas. Por otra parte, *P. viridis* reportó el mayor contenido de glucógeno, exhibiendo 1,35 mg por cada gramo de muestra, con un valor de S de 0,02.

Tabla 13. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de glucógeno (mg/g de muestra) de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas (mg/g)	\bar{X}	S	GH	S_x
<i>D. denticulatus</i>	0,03 0,04	0,04	0,00	X _a	0,02
<i>D. striatus</i>	0,23 0,25	0,24	0,01	X _b	0,02
<i>A. seminuda</i>	0,68 0,66	0,67	0,01	X _c	0,02
<i>A. zebra</i>	0,80 0,78	0,79	0,01	X _d	0,02
<i>A. notabilis</i>	0,85 0,94	0,90	0,06	X _e	0,02
<i>P. viridis</i>	1,36 1,33	1,35	0,02	X _f	0,02

La aplicación del análisis de varianza (ANDEVA) para este caso (Tabla 14) arrojó diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en el contenido de glucógeno en las especies de moluscos bivalvos, situación que se comprobó a través de la prueba *a posteriori* LSD (Tabla 13), en la cual se pudo observar la formación de seis grupos homogéneos representados por cada una de las especies y designados X_a→X_f, lo cual

demuestra que los valores obtenidos para las especies no guardan relación entre ellos desde ese punto de vista.

En el caso de los moluscos bivalvos *D. striatus* y *D. denticulatus*, la diferencia entre sus valores es tal que ningún estos se relaciona, como sucede con las demás especies. Adicionalmente hay que recalcar la precisión en los dos resultados obtenidos para el caso de *D. denticulatus*, debido al valor cero en su desviación estándar; situación que no ocurrió para los otros moluscos. Esto demuestra las grandísimas diferencias entre moluscos que a pesar de pertenecer a la misma especie, sus géneros son distintos por cual la biosíntesis también lo es; y esto trae como consecuencia concentraciones de glucógeno que distan muchísimos en cuanto a sus valores, lo cual se ha reflejado mediante la aplicación del método de Hassid y Abrahan (34).

Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de glucógeno (mg/g de muestra) de los moluscos estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	2,21688	5	0,44338	516,55	0,0000
Dentro de grupos	0,00515	6	0,00086		
Total	2,22203	11			

Las bajas concentraciones de glucógeno observadas en las especies de moluscos analizadas, pudieron haberse debido, a la utilización del mismo como fuente de energía adicional en el proceso de proliferación de nuevos gametos o reproducción (46). Además, podrían indicar que la dieta de los moluscos es baja en carbohidratos, específicamente de glucógeno por carecer de hígado; por lo cual la reserva de éstos es baja (47). Por otra parte, se dice que los moluscos poseen una gran habilidad para degradar carbohidratos en comparación con otras clases de invertebrados (48).

Todos estos resultados difieren mucho a los reportados por otros autores, que encontraron valores de glucógeno con porcentajes de 15,84 y 5,68% en la ostra de mangle *C. rhizophorae* proveniente de Laguna Grande y Las Maritas (42). Sin embargo, otra investigación realizada con la misma especie proveniente de la laguna de La Restinga y pantano de Caroní, se detectó glucógeno en el orden de 0,40 y 0,35% respectivamente; estos valores se asemejan a los obtenidos en la presente investigación (26).

CONCLUSIONES

El molusco bivalvo *A. zebra* posee mayor potencial energético frente a las demás especies, debido a que presentó el mayor porcentaje de lípidos totales.

Los espectros de RMN ^{13}C , confirmaron la presencia de diferentes tipos de lípidos en las seis especies de moluscos bivalvos en los extractos de lípidos totales, permitiendo detectar colesterol exclusivamente en la especie *A. zebra*.

Los ácidos grasos saturados se encuentran en mayor proporción en los extractos de lípidos totales de cinco especies, a excepción de *A. notabilis*, representando más del 80 % en varios casos, siendo los más abundantes los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0).

En cuanto a la presencia de ácidos grasos polinsaturados, éstos representan porcentajes por debajo del 10 % en la mayoría de las especies; sin embargo entre estos dominaron los ácidos linolénico (ALA, 18:3 ω -3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3).

A través de CCFP se pudo determinar que la presencia de fosfolípidos sobrepasa el 75 % en los extractos lipídicos de las seis especies de moluscos bivalvos; mientras que el colesterol y ésteres de colesterol, solamente fueron detectados para *A. zebra*, lo cual concuerda con lo determinado mediante RMN ^{13}C .

Mediante la determinación de proteínas totales, se pudo comprobar lo beneficioso que es el consumo de *A. zebra*, no solo por su potencial energético, sino también por el alto contenido proteico (35,27 mg/g).

En general, el contenido de glucógeno fue bajo en todos los bivalvos analizados.

LISTA DE ABREVIATURAS

ACTH: Glándulas pituitarias.
AGL: Ácidos Grasos Libres.
AGS: Ácidos Grasos Saturados.
AGMI: Ácidos Grasos Monoinsaturados.
ALA: Acido linolénico.
ANDEVA: Análisis de varianza.
AGPI: Ácidos Grasos Poliinsaturados.
BSA: Albumina de Suero Bovino.
CCFP= Cromatografía de Capa Fina Preparativa
CG-L= Cromatografía de Gas – Líquido.
DHA: Acido docosohexaenoico.
EPA: Acido eicosapentaenoico.
ND: No detectado.
NI: No identificado.
RMN de ¹³C: Resonancia Magnética Nuclear de Carbono
TMS: Trimetilsilano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bohinski, B. 1991. *Bioquímica*. Quinta Edición. Addison-Wesley Iberoamericana. Wilmington, E.U.A.
2. “Lípidos”. Enciclopedia Hispánica. 1990. Enciclopedia Británica ed.
3. Lechninger, A. 1998. *Bioquímica, las bases moleculares de la estructura y función celular*. Segunda Edición. Omega, S.A. Barcelona, España.
4. <http://www.lafacu.com/apuntes/biologia/lipidos/default.htm> (14/07/2008)
5. Christie, W. 1973. *Lipids analysis*. Pergamon Press. New York.
6. Overturf, M. y Dryer, R. 1967. *Experiments in physiology and biochemistry*. 2. Academic Press. New York.
7. Mayes, P.; Murria, R.; Granner, D. y Rodwell, V. 1988. *Bioquímica de Harper*. Editorial el Manual Moderno, Undecima Edición S.A., Mexico, D.F.
8. Morrison, R. y Boyd, R. 1998. *Química Orgánica*. Quinta Edición. Addison Wesley Longman de México, S.A., Naucalpan de Juárez, Edo. De México.
9. Charlotte, A. 1989. *Biología Celular*. Tomo II. Segunda Edición. Grupo Editorial Iberoamericana, S.A.
10. Montgomery, R.; Dryer, R.; Conway, T. y Spector, A. 1982. *Bioquímica Médica*. Salvat Editores, S.A., Segunda Edición, Barcelona, España.
11. Ivone, E.; Mosso, H.; Mollerach, M.; Martinez, M. e Ibarra, R. 1985. *Aterosclerosis*. Editorial Aries. Primera Edición. España.
12. Yeagle, P. Modulation of Membrane Function by Cholesterol. *Biochimie* 73: 1303-1310.
13. [http:// es. Wikipedia. Org/wiki/Molusco](http://es.Wikipedia.Org/wiki/Molusco) (16/07/2008)
14. Satue, M.; López, M. y Agramont, A. 1994. Fatty acid composition of trout oil. *Food Chemistry*, 50: 363-365.

15. Chang, N. y Huang, C. 1990. Effects of dietary monounsaturated fatty acids on plasma lipids in humans. *Journal of Lipid Research*, 31: 2141-2147.
16. Harris, W. 1989. Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. *Journal of Lipid Research*, 30: 785-807.
17. Kinsella, J. 1986. Dietary Fish Oils. *Nutrition Today*, 21(6): 5-14.
18. Lehninger, A. 1984. *Bioquímica*. Segunda Edición. Omega, S.A. Barcelona, España.
19. Abbey, M.; Clifton, M.; McMurchie, J. y Nestel, J. 1990. Effect of a high fat cholesterol diet with or without eicosapentanoic acid on plasma lipids, lipoproteins and lipid transfer protein activity in the marmoset. *Atherosclerosis*, 81: 163-174.
20. Roberts, C. 1992. Atherosclerotic risk factors are there ten, or is there only one. *Atherosclerosis*, 97: S5-S9.
21. 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, Cumaná, Venezuela.
22. Mostue, M. 2001. Guía Práctica de Bioquímica. Trabajo de Ascenso. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
23. Alemany, M. y Font, S. 1982. *Prácticas de Bioquímica*. Alhambra. España
24. Lemus, M. 1987. Variaciones Energéticas en los Principales Tejidos de Reserva Durante el Ciclo Reproductivo de *A. Rhomboidalis* L. (Pices Sparidae). Tesis de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná.
25. "Moluscos". Enciclopedia Hispánica. 1990. Enciclopedia Británica ed.
26. Milano, J. 2003. Estudio comparativo del contenido lipídico, proteico y de glucógeno en la *Crassostrea rhizophorae* (ostra de mangles) provenientes de la laguna de Chacopata, La Restinga y Caroní Swamp. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
27. Koftayan, T. 2004. Estudio comparativo del contenido lipídico del Mejillón Verde *Perna viridis*, presente en distintas localidades del Oriente Venezolano y la Costa Oeste de la Isla de Trinidad. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

28. Lodeiros C.; Marín, B. y Prieto, A. 1999. *Catálogo de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela: Clase Bivalvia*. Edición Apudons.
29. Pieter, D.; Rietveld, C. y Swart, R. 1994. Effect of dietary fish oil on blood levels of free fatty acids, ketone bodies and triacylglycerol in humans. *Lipids*, 29: 41-45.
30. Carter, L. 1993. *Analysis of triglycerides*. Academic Press. New York.
31. Lichfield, C. 1972. *Analysis of triglycerides*. Academic Press. New York.
32. Ackman, R. 1982. Flame ionization detection applied to thin layer chromatography on coated quartz rods. *Methods Enzymol*, 72: 205-253.
33. Coristie, W. 1973. *Lipids Analysis*. Pergamon Press. New York.
34. 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.
35. Ciarfella, A. 1986. *Temas de Actualización Sobre Colesterol, Lipoproteínas y Aterosclerosis*. Laboratorios Servir, S. A. Argentina.
36. Delvin, T. 1991. *Bioquímica*. Segunda Edición. Tomo 1. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España.
37. Brea, J. 1986. Variaciones estacionales en la composición bioquímica de *Pecten ziczac*. (Linn. 1753) en relación al metabolismo energético, crecimiento y reproducción. Trabajo de pregrado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
38. D'Armas, H. 1993. Aplicación de la Resonancia Magnética Nuclear de ^{13}C y 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, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
39. Ramirez, J. 1985. Aplicación de la Resonancia Magnética Nuclear de ^{13}C en el Estudio de Tejido de Peces. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
40. D'Armas, H.; Yáñez, D.; Reyes, D. y Salazar, G. 2006. Composición de ácidos grasos de los caracoles marinos *Phyllonotus pomum* y *Chicoreus brevifrons*

(Gastropoda: Muricidae). Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

41. Cardona, R. y Soltero, Y. 1987. Aterosclerosis al día. *Tribuna Médica Venezolana C. A.*, 1:578.

42. 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.

43. Rosario, L. 1973. Variación Mensual en la composición Química de la ostra *Crassostrea virginia* (Gmelin, 1970) de la zona de Guariquén. Tesis de Pregrado. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.

44. Bonilla, J.; Benítez, J. y Okuda, T. 1969. Variación estacional de la composición química del ostión *C. rhizophorae* (Guilding) en Laguna Grande y la Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. Universidad de Oriente*, 8 (1 y 2):46-52.

45. Bonilla, J. 1972. Variación mensual del compuesto químico en el ostión de mangle y el ostión cultivado. *Bol. Inst. Oceanogr. Universidad de Oriente*, 11 (2): 115-120.

46. Walne, P. 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis*. *Fish Invest*, 26 (3): 1-35.

47. Bioseat, P.; Wang, S.; Perry, H. y Trigg, C. 1999. Organic reserves in the midgut gland and the giant deep-sea isopod *Bathynomus giganteus*. *J. Crustacean Biol*, 18 (4) : 680-685.

48. Glass, H. y Stark, J. 1995. Carbohydrate digestion in the European lobster *Homarus gammarus* (L.). *J. Crustacean Biol*, 15 (3) : 424-433.

APÉNDICES

APENDICE A. ESPECTROS DE RMN ¹³C DE LOS EXTRACTOS LIPÍDICOS

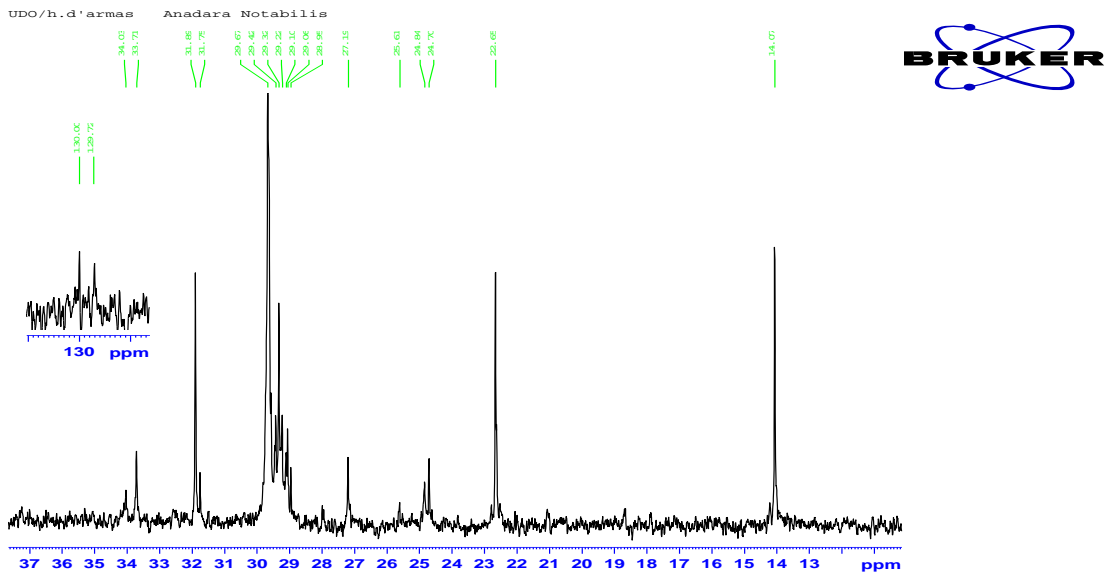


Figura A1. Espectro de RMN ¹³C del extracto lipídico de *A. notabilis* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto)

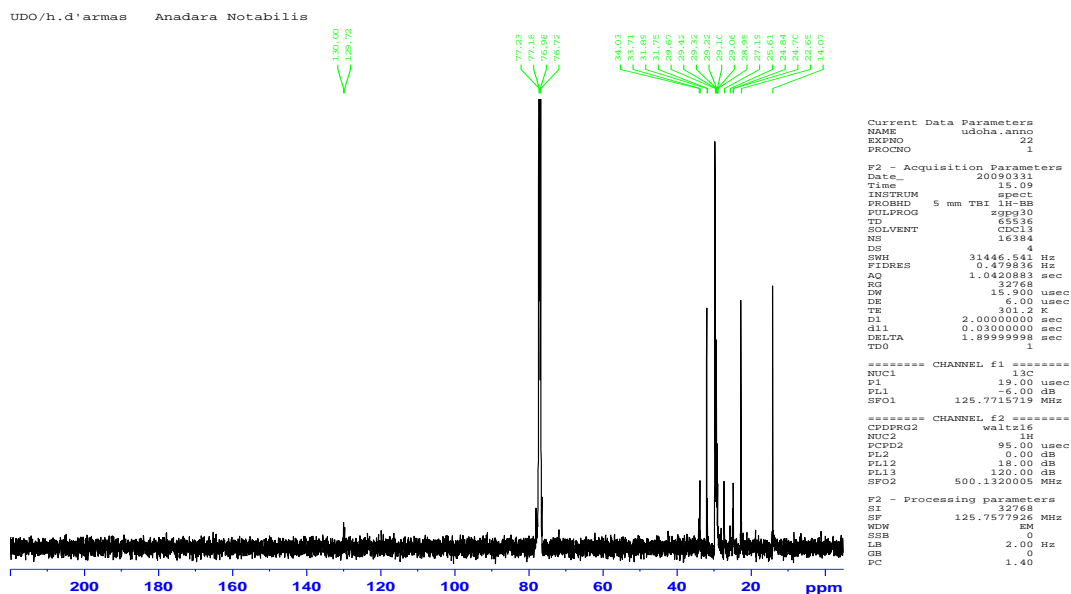


Figura A2. Espectro de RMN ¹³C del extracto lipídico de *A. notabilis* proveniente de Guayacán, estado Sucre (Zona a campo bajo).

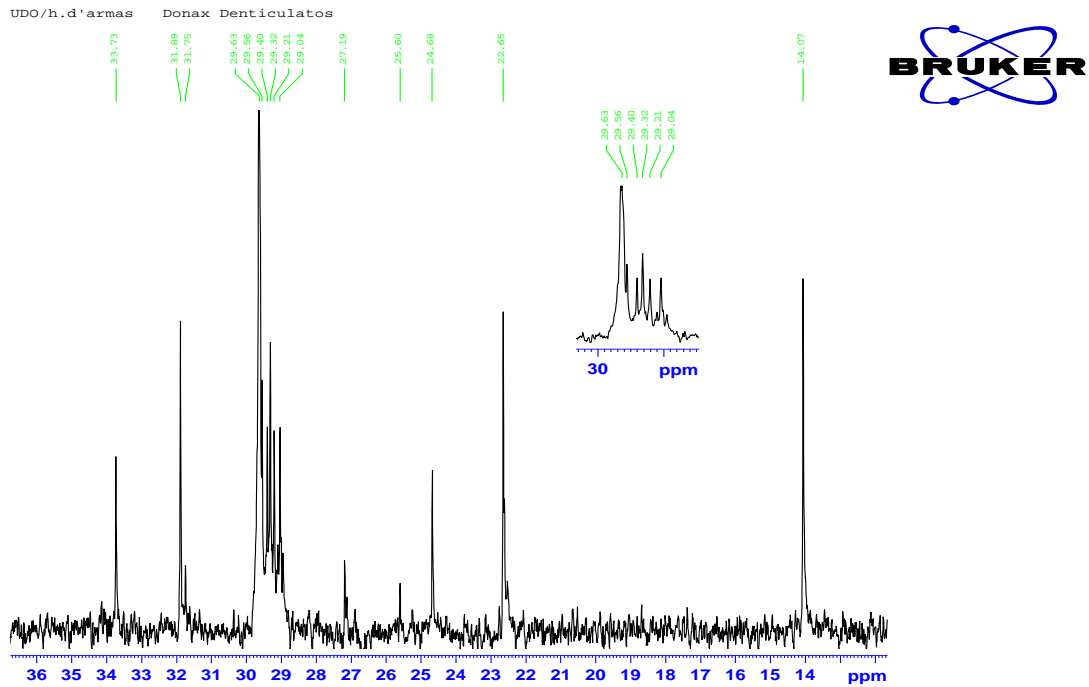


Figura A3. Espectro de RMN ¹³C del extracto lipídico de *D. denticulatus* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

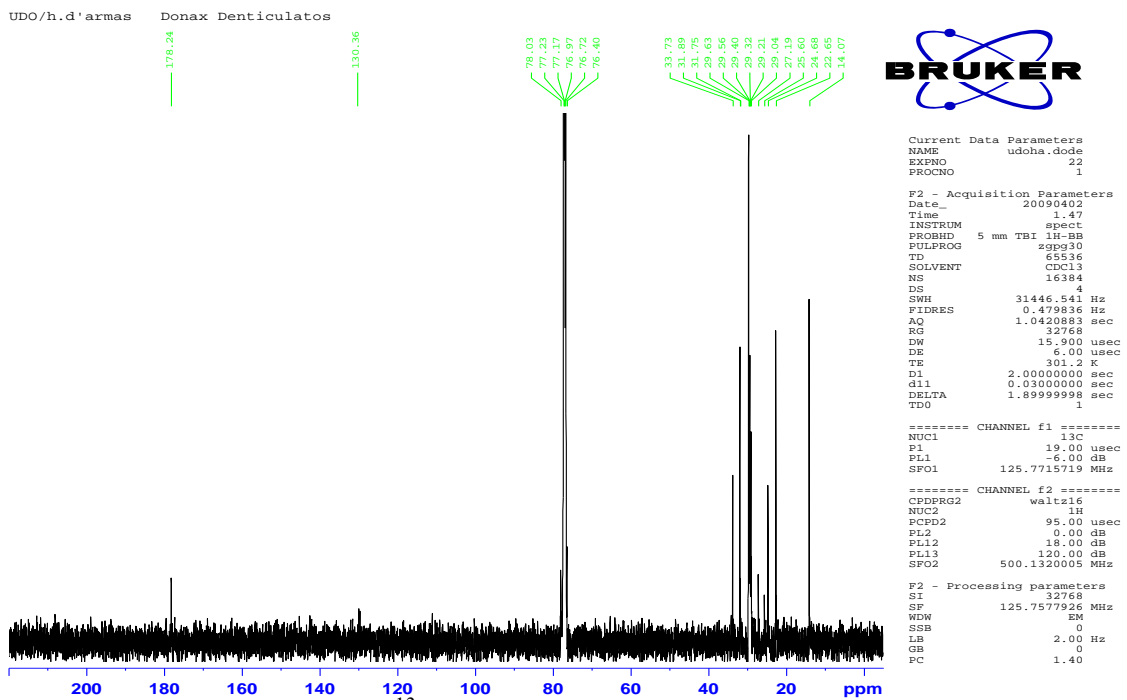


Figura A4. Espectro de RMN ¹³C del extracto lipídico de *D. denticulatus* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo bajo)

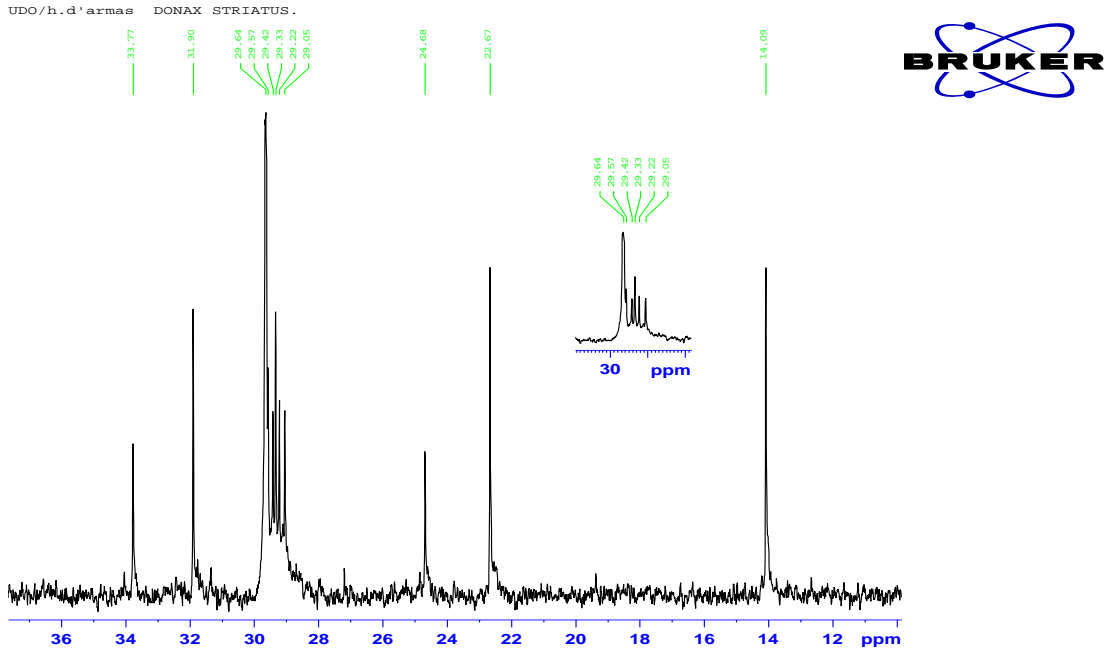


Figura A5. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *D. striatus* proveniente de Guayaquán, estado Sucre (zona a campo alto).

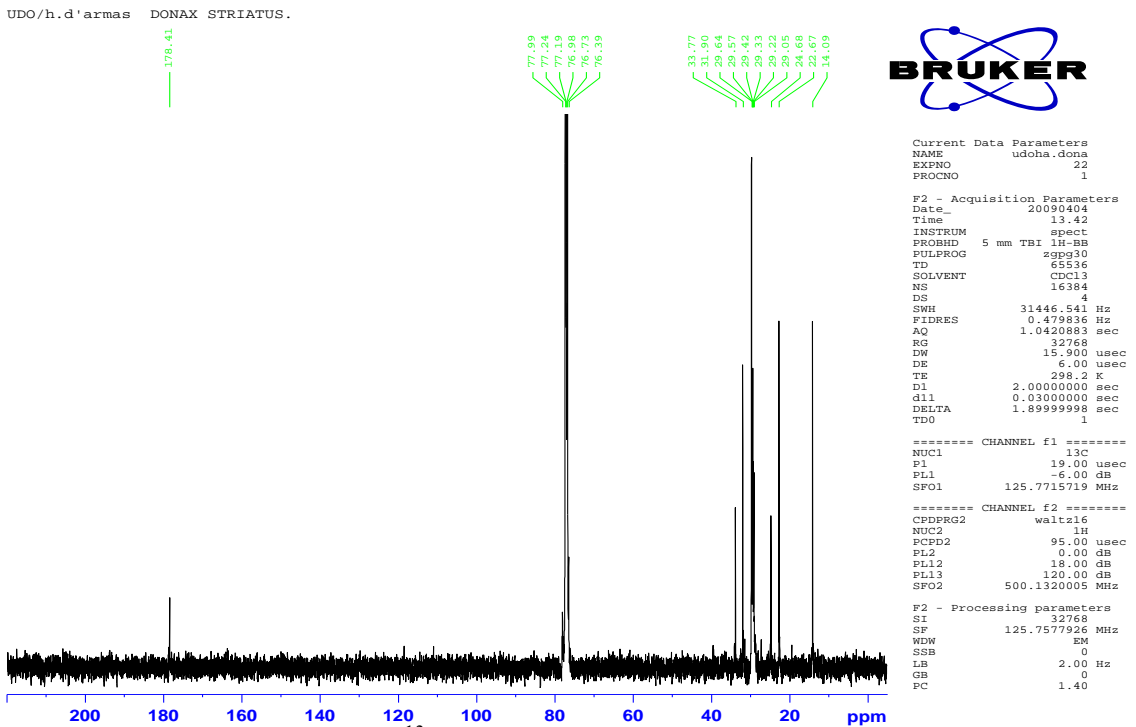


Figura A6. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *D. striatus* proveniente de Guayaquán, estado Sucre (zona a campo bajo).

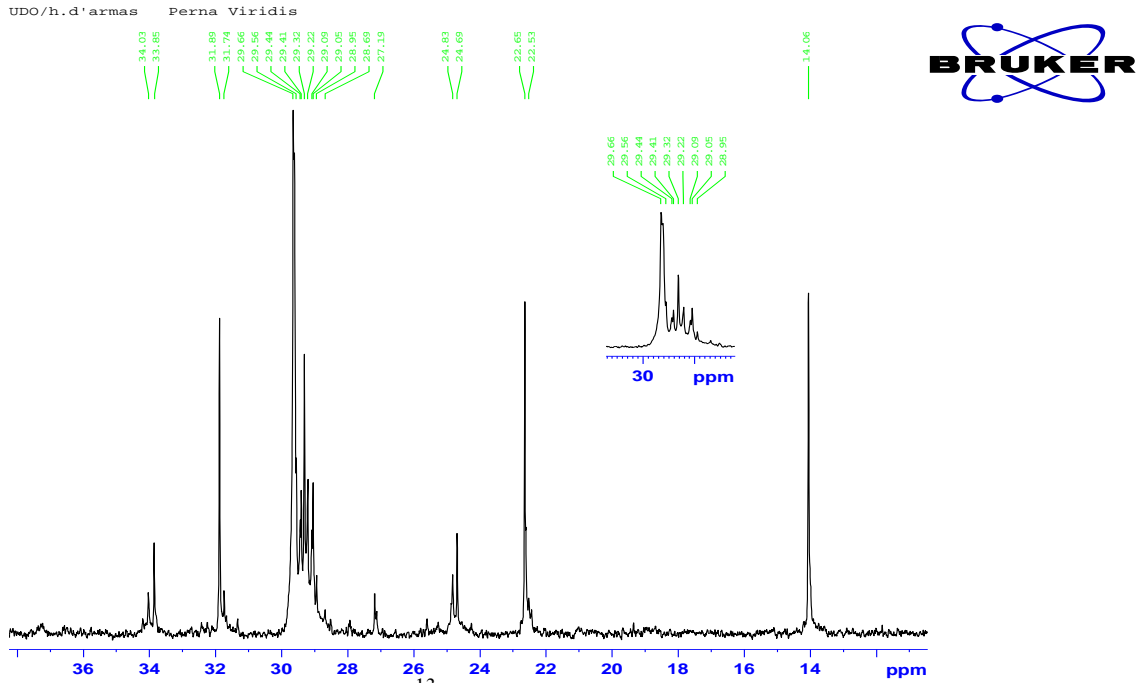


Figura A7. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *P. viridis* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

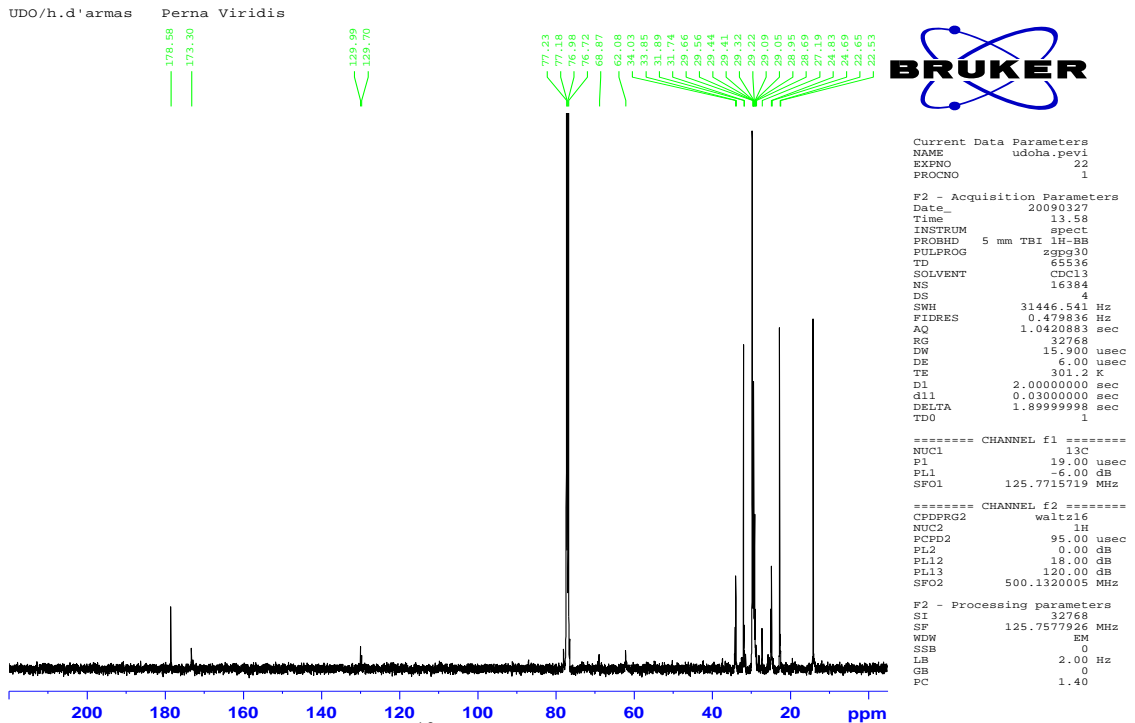


Figura A8. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *P. viridis* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo bajo).

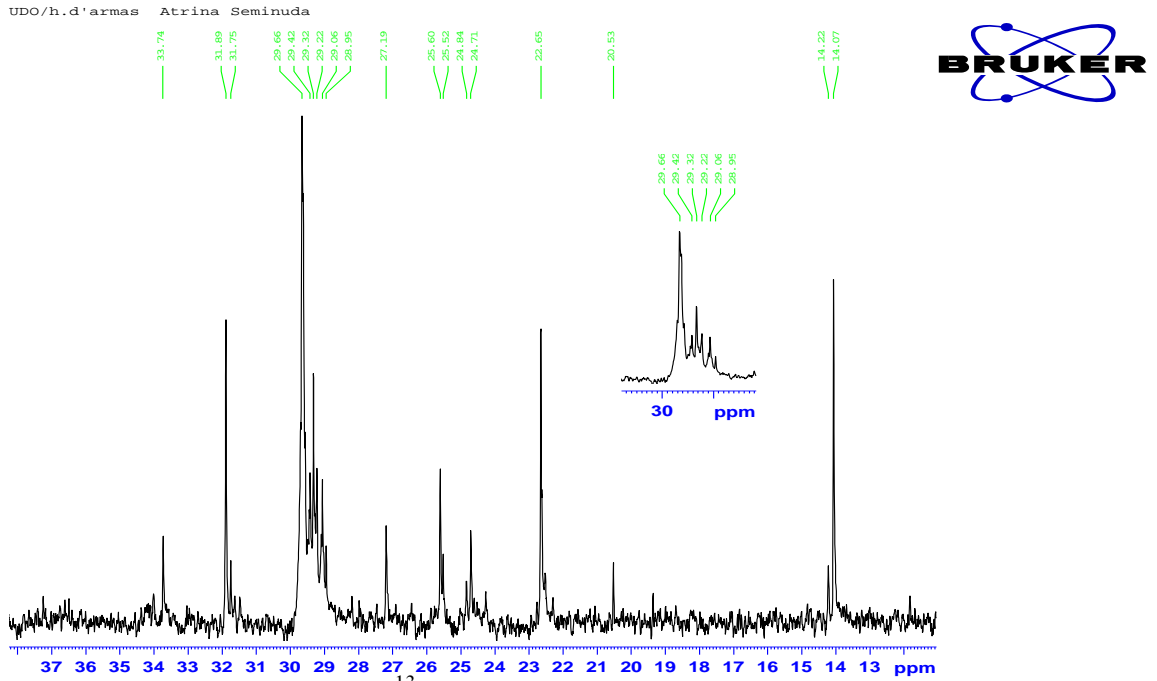


Figura A9. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *A. seminuda* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

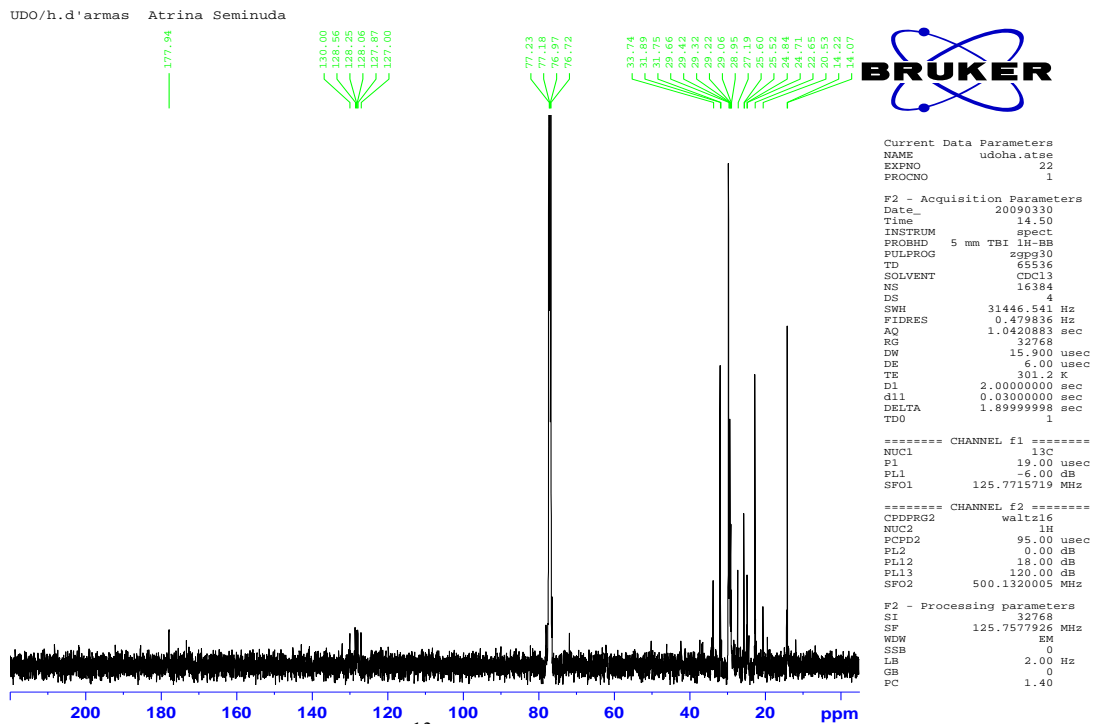


Figura A10. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *A. seminuda* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo bajo).

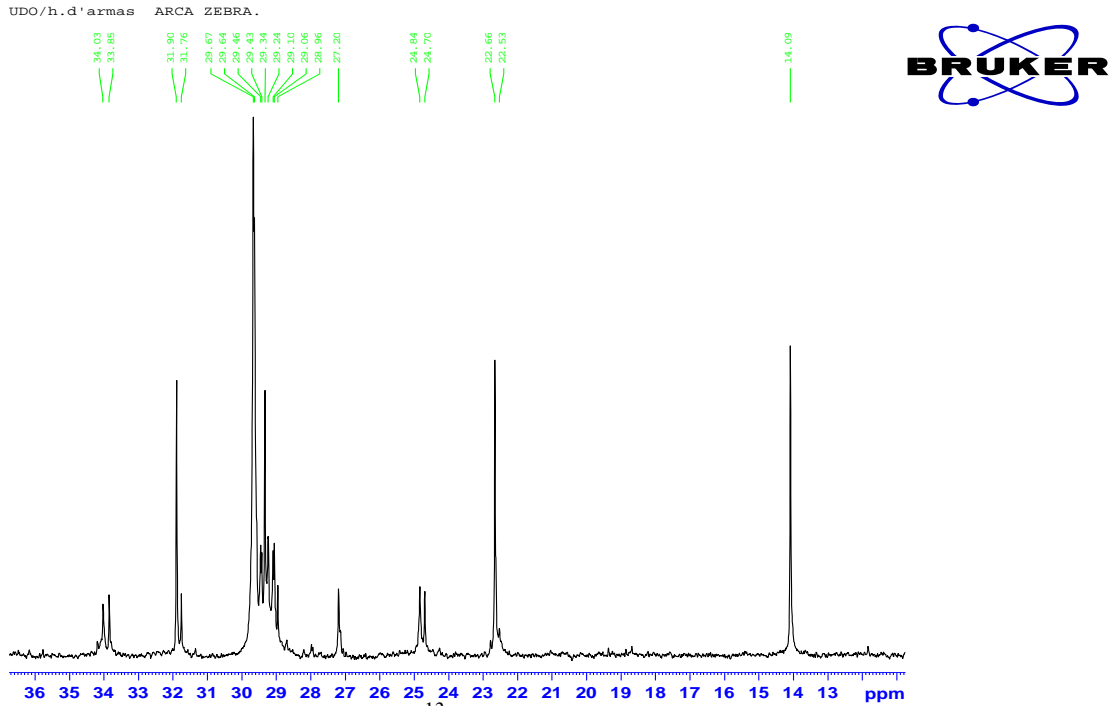


Figura A11. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *A. zebra* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo bajo).

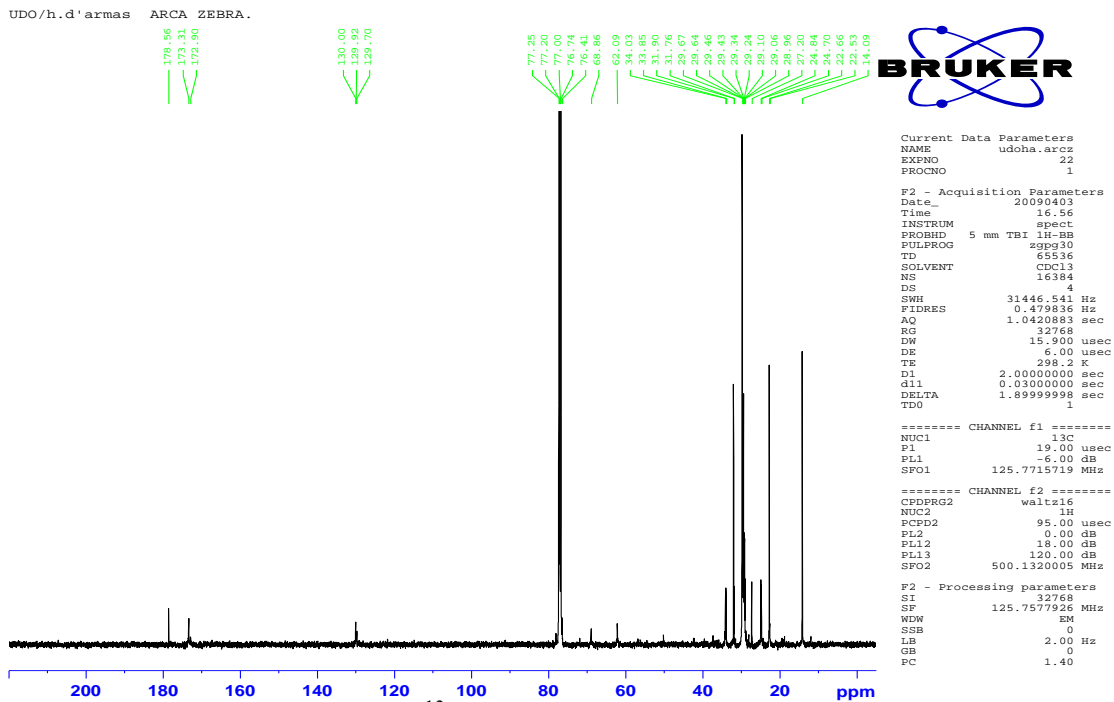


Figura A12. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *A. zebra* proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

APÉNDICE B. CROMATOGRAMAS DE GASES DE LOS EXTRACTOS LIPÍDICOS

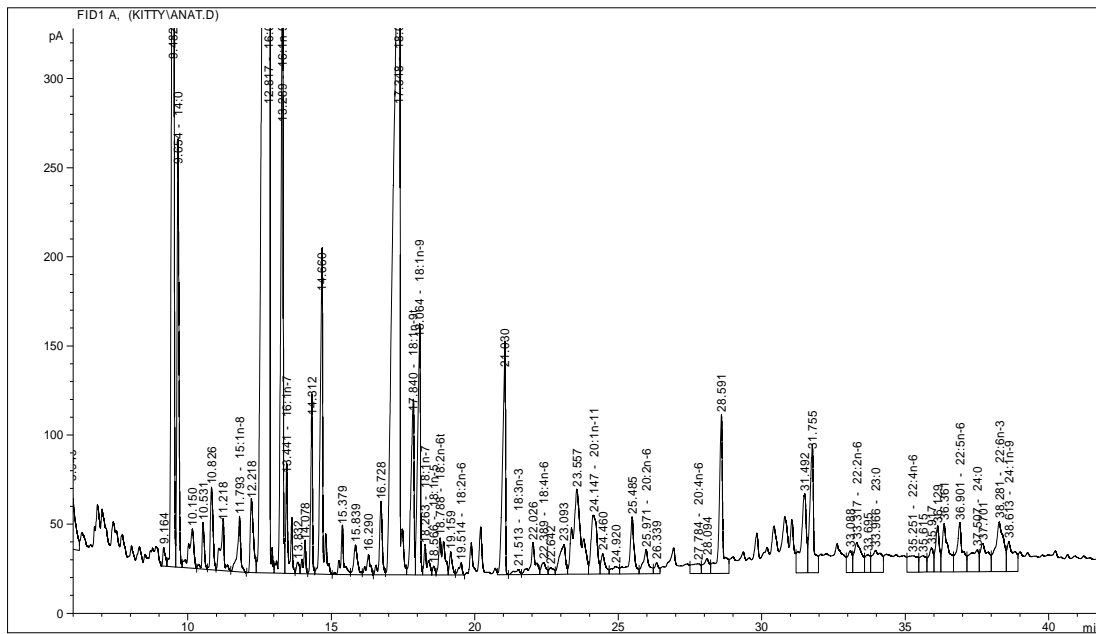


Figura B1. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *A. notabilis*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

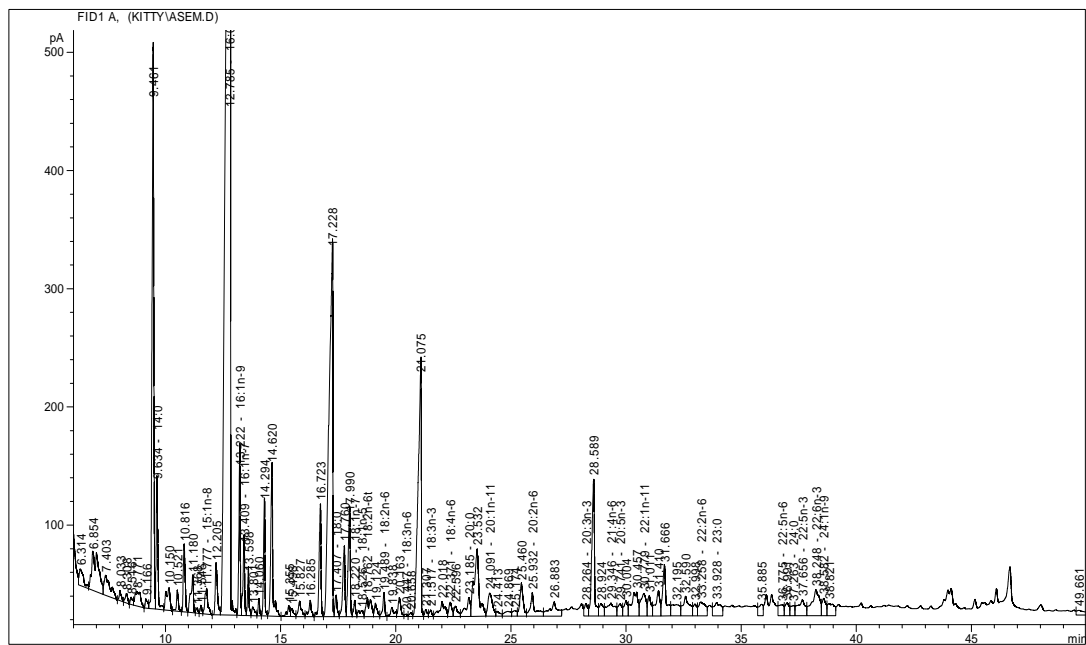


Figura B2. Cromatograma del extracto lipídico de *A. seminuda* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

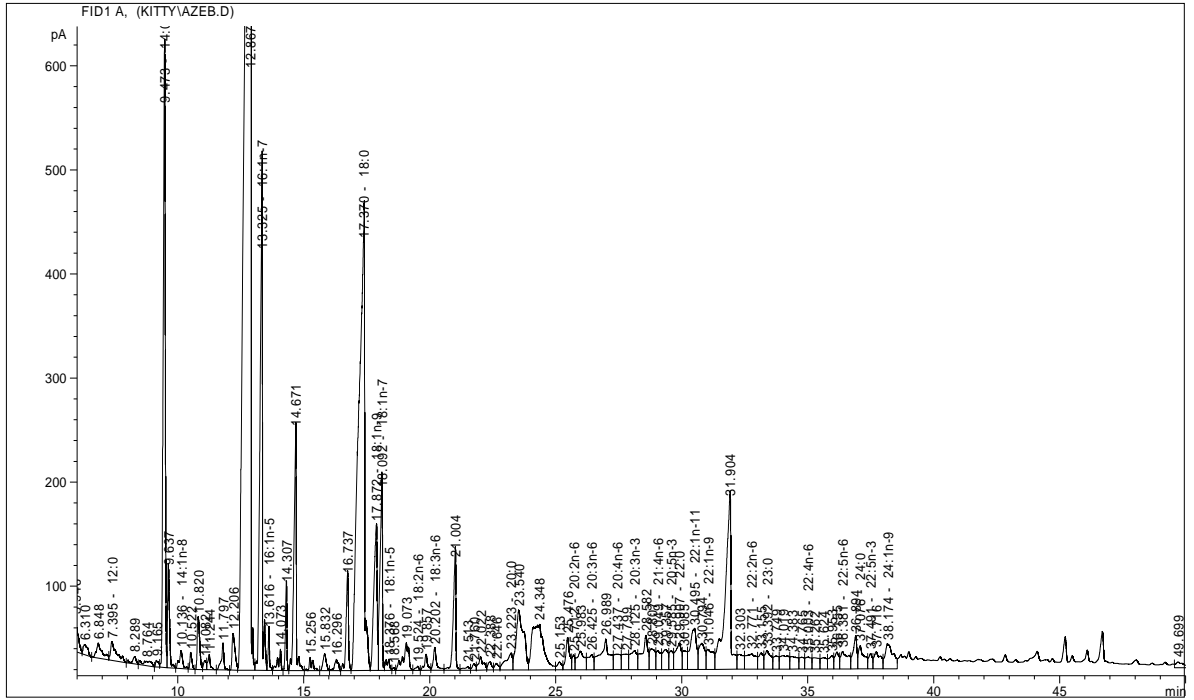


Figura B3. Cromatograma del extracto lipídico de *A. zebra* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

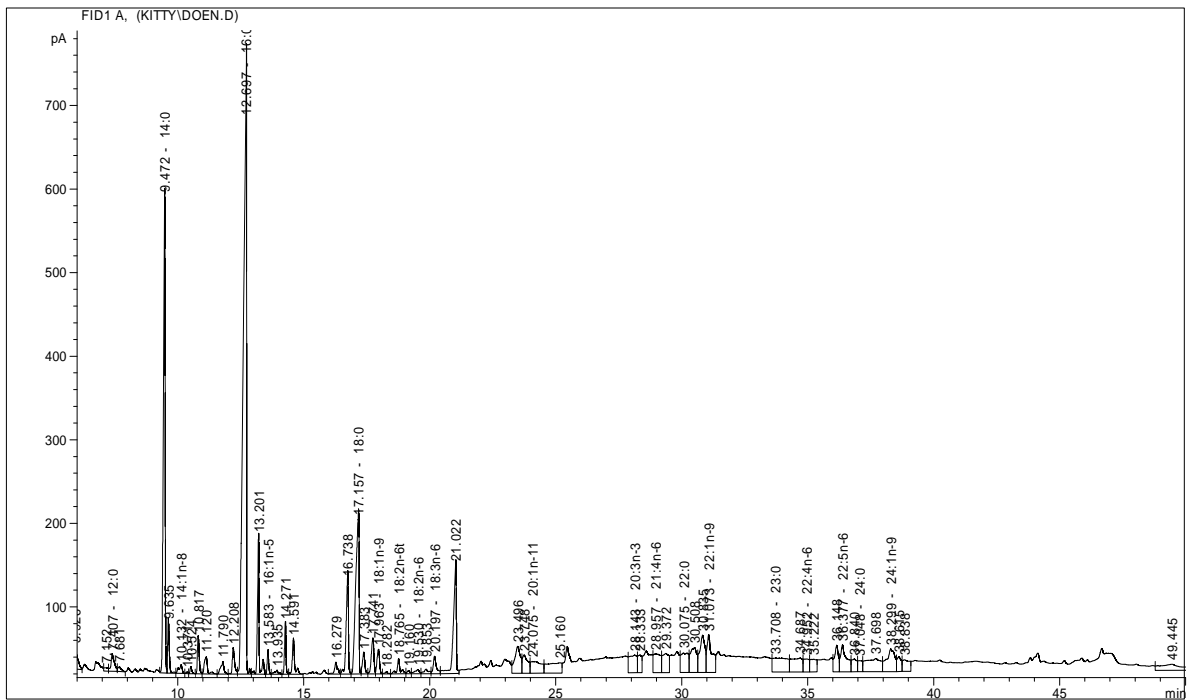


Figura B4. Cromatograma del extracto lipídico de *D. denticulatus* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

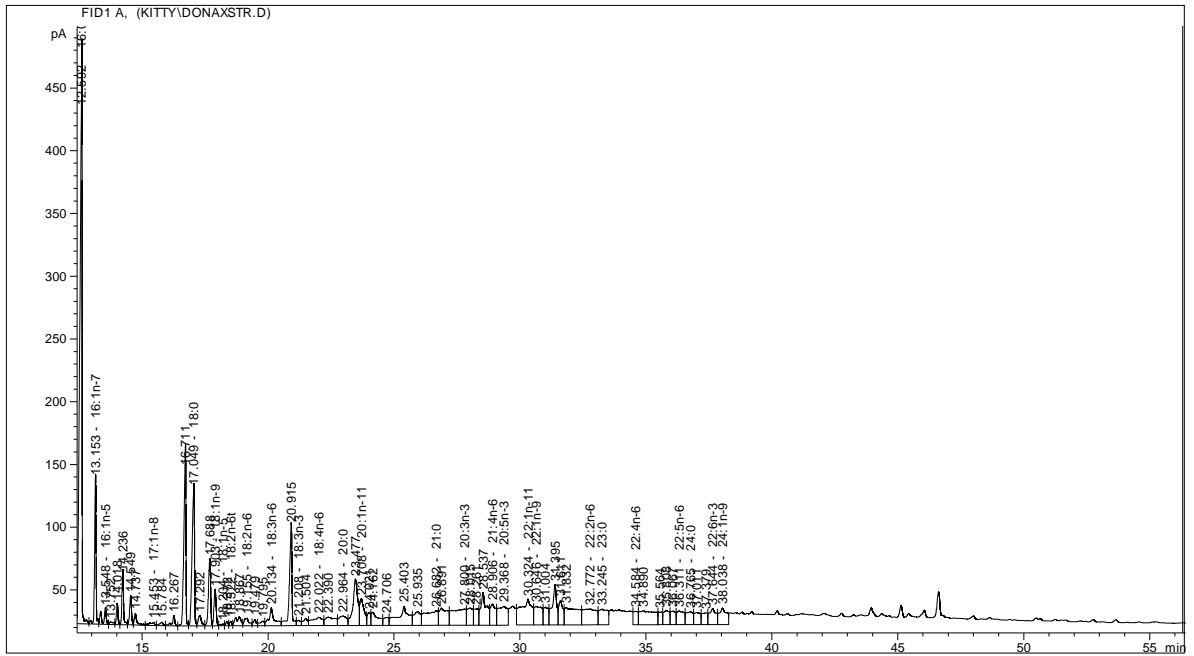


Figura B5. Cromatograma del extracto lipídico de *D. striatus* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

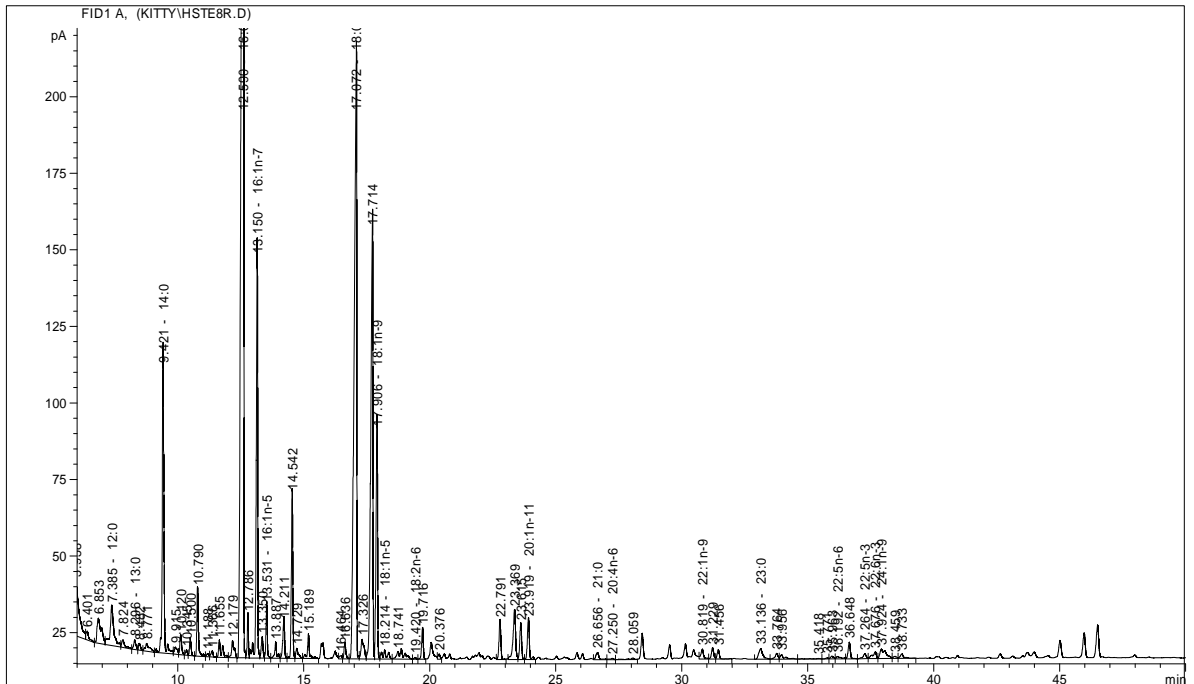


Figura B6. Cromatograma del extracto lipídico de *P. viridis* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN LÍPIDICA DE SEIS ESPECIES DE MOLUSCOS BIVALVOS PROVENIENTES DE GUAYACÁN, PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS Y RMN DE ¹³ C
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
González Gutiérrez, Jean Paúl	CVLAC	16.484.848
	e-mail	jeanpaulgonz@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Moluscos
Lípidos
Proteínas

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Química de Productos Naturales

Resumen (abstract):

La determinación del contenido lipídico de las especies de moluscos bivalvos: *Anadara notabilis*, *Atrina seminuda*, *Arca zebra*, *Donax denticulatus*, *Donax striatus* y *Perna viridis* provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, arrojó una mayor concentración para la especie *A. zebra* (1,69% m/m). El porcentaje más alto de este contenido lipídico, lo representan los fosfolípidos, encontrándose por encima del 75% en todos los casos, lo cual fue comprobado mediante la técnica de cromatografía de capa fina preparativa. El RMN de ¹³C permitió corroborar la presencia de los diferentes tipos de lípidos en las seis especies, en especial de colesterol solamente para el molusco *A. zebra*. En los extractos de lípidos totales, los ácidos grasos saturados representan más del 70%, a excepción de la especie *Anadara notabilis*; siendo los más abundantes los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0); y en menor proporción los ácidos grasos poliinsaturados, entre los cuales resaltaron los ácidos linolénico (ALA, 18:3 ω-3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω-3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω-3). La concentración de proteínas en mayor proporción fue para la especie *A. zebra*, con un contenido de 35,27 mg/g; mientras que el mayor contenido en cuanto glucógeno lo tiene *P. viridis*, con un 1,35 mg/g (Se recomienda el consumo de estas especies, por su alto valor energético y nutricional).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Haydelba D'Armas	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4297804
	e-mail	htrinidad86@hotmail.com
William Henríquez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8249952
	e-mail	whenriquez66@gmail.com
Hernando Herrera	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	5872352
	e-mail	hherreramata@yahoo.es

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	12	03
------	----	----

Lenguaje: Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis – gonzalezj.doc	Application/Word

Alcance:

Espacial : Universal (Opcional)

Temporal: Intemporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Química

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

Área de Estudio:

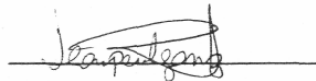
Química

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

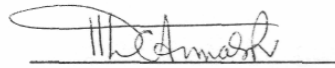
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Derechos:

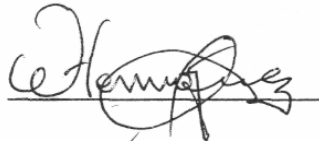
**Los resultados de este trabajo de grado no han sido publicados
sólo se otorga el derecho de ver el resumen.**



Jean Paúl González Gutiérrez



PhD. Haydelba D'Armas



Dr. William Henríquez



MSc. Hernando Herrera

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
Facultad de Ciencias
Departamento de Química