



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA
POSTGRADO EN CIENCIAS MARINAS



**INFLUENCIA DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SOBRE EL PERFIL
LIPÍDICO DE LA OSTRA ALADA *Pteria colymbus* CULTIVADA BAJO
CONDICIONES SUSPENDIDAS, EN LA ENSENADA DE TURPIALITO,
GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:

Lcdo. José Humberto Peñuela Jiménez

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER
SCIENTIARUM EN CIENCIAS MARINAS, MENCIÓN BIOLOGÍA MARINA.

CUMANÁ 2017



TG - 02-2017

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
NÚCLEO DE SUCRE
POSTGRADO EN CIENCIAS MARINAS

ACTA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO

Nosotros, *Dr. Luis Freites*, *Dra. Leonor Brito*, *M.Sc. Lolymar Romero*, integrantes del jurado designado por la Comisión Coordinadora del Programa de Postgrado en Ciencias Marinas, para examinar el Trabajo de Grado intitulado: **"INFLUENCIA DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SOBRE EL PERFIL LIPÍDICO DE LA OSTRALADA *Pteria colymbus* CULTIVADA BAJO CONDICIONES SUSPENDIDAS, EN LA ENSENADA DE TURPIALITO, GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA"**, presentado por el **Lcdo. José Humberto Peñuela Jiménez, C.I.: 17.672.102**, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de *Magíster Scientiarum* en Ciencias Marinas, Mención Biología Marina.

Hacemos constar que hemos examinado el mismo e interrogado al postulante en sesión pública celebrada hoy, a las 9:00 a.m., en la Sala de Reuniones "Dr. Pedro Roa Morales", del Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Finalizada la defensa del trabajo por parte del postulante, el jurado decidió APROBARLO por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que el mismo, se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado de la institución.

En fe de lo anterior, se levanta la presente acta, que firmamos conjuntamente con la Coordinadora del Postgrado en Ciencias Marinas en la ciudad de Cumaná, a los veintisiete días del mes de enero de dos mil diecisiete.

Jurado Examinador:

Dr. Luis Freites

(Tutor).....

C.I.: 4.181.869

Dra. Leonor Brito

.....
C.I.: 5.083.473

M.Sc. Lolymar Romero

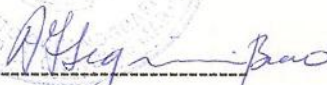
.....
C.I.: 13.539.427

Coordinadora Programa de Postgrado:

Dra. Mary Isabel Segnini de Bravo

C.I.: 3.818.434




Firma y Sello

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	7
Área de estudio	7
Organismos de experimentación y recolección de muestras	7
Procesamiento de muestras biológicas	8
Análisis de lípidos totales y ácidos grasos en tejidos blandos de <i>P. colymbus</i>	8
Determinación de lípidos totales	8
Perfil de Ácidos Grasos (AG)	9
Análisis de parámetros ambientales	10
Análisis estadísticos	12
RESULTADOS	13
Parámetros ambientales	13
Lípidos totales	14
Perfil de los ácidos grasos identificados de <i>P. colymbus</i>	14
Ácidos Grasos Saturados.....	15
Ácidos grasos monoinsaturados	15
Ácidos grasos NMID.....	15
AGPIs n-3.....	15
Ácidos grasos AGPIs n-6.	16
Razón n-3/n-6.....	16
Relación entre las variables ambientales y el perfil de ácidos grasos con importancia metabólica en <i>Pteria colymbus</i>	18
DISCUSIÓN	21
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
HOJA DE METADATOS	33

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a...

Mis padres Dianira Jiménez y Humberto Peñuela, por todo el amor, apoyo incondicional que siempre me han dado para mi formación, todo lo que soy como persona se lo debo a ellos.

Mi hermana Gabriela Stefani Peñuela Jiménez, siempre brindándome apoyo y cariño, te quiero hermana.

Mi hermosa sobrina Estefanía Lucia, llegaste para darme más felicidad y alegría, te quiero mi niña hermosa.

Mi abuela Carmen Josefina, por ser ejemplo de fuerza, querer, cuido y por alegrar mi vida, y mi abuelo José Cortesía, siempre te estoy recordando y llevando en alto.

María Ynes Rojas Flores, por su amor incondicional, apoyo, palabras de aliento, porque siempre estas allí a mi lado.

Toda mi familia, los quiero y por esa unión que siempre estará presente donde estemos, los quiero a todos

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Felipe Freites Valbuena, mi asesor, profesor y amigo; por su esfuerzo, dedicación y confianza; sus conocimientos, orientaciones y paciencia, fundamentales para mi formación como investigador.

Al Dr. Miguel Ángel Guevara Acosta, profesor y amigo, por su apoyo, conocimientos, motivación y persistencia, por ser un guía para muchos.

A la Profesora Roraysi Cortez, por su ayuda incondicional, consejos, confianza y por brindarme su amistad.

Agradezco los consejos y ayudas recibidos por parte de los profesores e investigadores: César Lodeiros, Carmen Alfonsi, Ivis Fermín, Lolymer Romero, Oscar Díaz, M. Paulino Núñez, Adrián Márquez, Jormil Revilla, José Bernal, María Elena Amaro, Dwight Arrieche, Baumar Marín, Nieves Aguado y Luis Troccoli.

A mi amigo Jesús Bello, por su apoyo, ayuda y consejos.

A mis amigos y compañeros del Laboratorio de Biotecnología de Microalgas, José Villarroel, Rafael Pinto, Berenice Licet, Elvira Hernández y Saidelis González.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio, Estación Hidrobiológica de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.	7
Figura 2. Fluctuación de los parámetros ambientales (Clor <i>a</i> (µg/L), Temperatura (°C), Sestón Total y Orgánico (mg/L), Clor/POM e Índice de Surgencia) durante el periodo experimental.....	13
Figura 3. Variación de los lípidos totales de <i>P. colymbus</i> cultivada en sistema suspendido durante el periodo experimental.....	14
Figura 4. Variaciones en la sumatoria porcentual de los ácidos grasos con importancia metabólica de <i>P. colymbus</i> cultivadas en sistemas suspendidos (AGS: ácidos grasos saturados, AGM: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos polinsaturados n-3 y n-6).....	18
Figura 5. Análisis de correspondencia canónica entre los parámetros ambientales y las sumatorias de ácidos grasos (AGPI, AGS, AGMI, AGNMID), n-3, n-6 y relación n-3/n-6) de la ostra <i>P. colymbus</i>	19
Figura 6. Análisis de correspondencia canónica entre los parámetros ambientales y los ácidos grasos de importancia metabólica en la ostra <i>P. colymbus</i>	20

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos (% con relación a los ácidos grasos totales) de <i>Pteria colymbus</i> durante el período experimental en sistema de cultivo suspendido.	17
--	----

RESUMEN

Pteria colymbus es una especie de molusco bivalvo que presenta características que la hacen una excelente candidata para la acuicultura, debido a su fácil manejo y calidad nutricional, en especial su contenido de ácidos grasos. Con la finalidad de aportar información ecofisiológica que permita optimizar la producción de este recurso, en la presente investigación se evaluó la influencia de las variables ambientales sobre el perfil lipídico de este organismo. A tal efecto, se realizaron cultivos suspendidos en la Estación Hidrobiológica de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. Durante el desarrollo de la investigación, abril 2012 - enero 2013, se determinaron en las ostras los contenidos de lípidos totales por métodos espectrofotométricos y de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas; además, se midieron las variables ambientales (clorofila *a*, temperatura, seston total y orgánico e índice de surgencia) y se correlacionaron con el perfil lipídico. Los lípidos totales en *P. colymbus* presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$; $F = 0,000$) entre los meses del periodo experimental, variando su contenido entre 10,49% (septiembre) - 20,23% (agosto). Los ácidos grasos con mayores contenidos fueron los poliinsaturados, AGPIs, y entre estos destacan el 20:5n-3 (Ácido Eicosapentaenoico) y el 22:6n-3 (Ácido Docosahexaenoico), con valores máximos en enero 2013 ($8,40 \pm 1,40$ %) y mayo 2012 ($35,30 \pm 0,03$ %), respectivamente. Se observaron correlaciones directas entre la clorofila *a*, el seston, sumatoria de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y la sumatoria de ácidos grasos n-3 e inversa entre todos estos con la temperatura; por su parte, el índice de surgencia estuvo correlacionado positivamente con la sumatoria de ácidos grasos n-6 y los ácidos grasos saturados. Los ácidos grasos de importancia metabólica (20:5n-3; 20:1n-7NMID y 16:0) mostraron correlaciones directas con la clorofila *a* e inversa, con la temperatura. Además, se obtuvieron correlaciones directas entre el índice Clorof/POM y los ácidos 18:3n-3, 18:4n-3 y 14:0, y el índice de surgencia con los ácidos grasos 18:2n-6 y 18:1n-9. Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las variables ambientales modularon las proporciones de los ácidos grasos de la ostra alada *P. colymbus*.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre bioquímica en moluscos se han diversificado en varias latitudes, debido, principalmente, a la importancia de sus ácidos grasos poliinsaturados, en los que se ha demostrado que poseen propiedades benéficas en el tratamiento de ciertas afecciones en los humanos, tales como enfermedades cardiovasculares, formación de la estructura y funcionalidad del sistema nervioso y la visión, y sobre todo por el alto grado de nutrición de estos compuestos (LEAF, 1990; VALENZUELA & NIETO, 2003; D'ARMAS *et al.* 2009).

En Venezuela, las investigaciones sobre moluscos han incluido aspectos sociales, bioquímicos, nutricionales y ecológicos, dado que muchos de ellos sirven como sustento alimenticio y además representan el principal ingreso económico familiar, como producto de su comercialización. Entre los reportes más destacados en el área de bioquímica, se incluyen los estudios con *Perna perna* (BENÍTEZ & OKUDA, 1971; NARVAEZ *et al.*, 2008; 2009), *Perna viridis* (KOFTAYAN *et al.*, 2010), *Strombus gigas* (MALAVÉ, 1982), *Crassostrea virginica* (ROSARIO, 1973; SERRANO, 1982), *Crassostrea rhizophorae* (BONILLA *et al.*, 1969; BONILLA, 1975; ALBORNOZ, 1984), *Phyllonotus pomun* y *Chicoreus brevifrons* (D'ARMAS *et al.*, 2010) y *Nodipecten nodosus* (FREITES *et al.*, 2010; 2013).

Entre los moluscos bivalvos, la ostra *Pteria colymbus* representan una fuente promisorio de alimento de alto valor nutricional. Este bivalvo se caracteriza por poseer un “ala” que es una extensión en el margen de la charnela hacia afuera del cuerpo central de la concha. Este organismo también se conoce vulgarmente como ostra negra, ostra alada, ostra del Atlántico, mejillón de ramal y taxonómicamente pertenece al Phylum Mollusca, Clase Bivalvia, Subclase Pteriomorpha, Orden Pterioidea y Familia Pteriidae (DÍAZ & PUYANA, 1994).

En la región del Caribe, los estudios sobre *P. colymbus* incluyen los realizados en la región de Santa Marta en el Caribe tropical colombiano, referidos a la influencia de la

selectividad de sustrato de fijación (ABLANQUE & BORRERO, 1995), otros realizados sobre la variación estacional de la fijación de la ostra negra a diferentes profundidades en la localidad de Turpialito, estado Sucre, Venezuela (MÁRQUEZ 1999) y la potencialidad del cultivo de las ostras perladas *Pinctada imbricata* y *Pteria colymbus* (BORRERO, 1994). En cuanto a su cultivo en Venezuela, Lodeiros *et al.* (1999) reportaron que debido a la disponibilidad natural de juveniles de esta especie, rápido crecimiento y baja mortalidad, indican que *P. colymbus* podría ser una excelente candidata para la acuicultura en la región del Caribe, y en relación a su calidad nutricional, solo existe un reporte enfocado hacia organismos capturados directamente del ambiente (YÁÑEZ *et al.*, 2010).

Con respecto al tipo de alimentación, se ha demostrado que el fitoplancton es la fuente principal de energía de los bivalvos; sin embargo, durante los períodos de escasa productividad primaria en la localidad de Turpialito, el detritus ha jugado un rol importante como alimento para estos organismos (FREITES, 2002). La interacción de los parámetros ambientales, la disponibilidad de alimentos y los factores internos, tales como el estado de madurez sexual, condicionan el crecimiento y la composición bioquímica de los bivalvos, y en particular el perfil lipídico (FERNÁNDEZ-REIRIZ *et al.*, 1996; GALAP *et al.*, 1999; CAERS *et al.*, 2000).

Los lípidos desempeñan diversas funciones biológicas importantes actuando como: 1) componentes estructurales de las membranas, 2) formas de transporte y almacenamiento de combustibles metabólicos, 3) cubierta protectora y 4) componentes de la pared celular relacionados con el reconocimiento de células, la especificidad de la especie y la inmunidad de los tejidos (RUZ *et al.*, 1996).

Los lípidos comúnmente se dividen en tres grandes grupos en función de su estructura química: simples, compuestos y compuestos asociados. Los lípidos simples abarcan las grasas y los aceites, y por lo tanto resultan ser los más abundantes e importantes. Los lípidos compuestos son aquellos que están integrados por una parte lipídica y otra que no lo es, unidas covalentemente; destacándose los fosfolípidos y

los glucolípidos; donde en ocasiones también se incluyen las lipoproteínas. Finalmente, los lípidos derivados o asociados son todos aquellos que no se ubican en ninguna de las subdivisiones anteriores; en esta categoría están los ácidos grasos libres, los carotenoides, las vitaminas liposolubles, el colesterol, entre otros (BADUI, 1999). De manera más simple, VALENZUELA (1999) indicó, que los lípidos se pueden dividir en dos grandes grupos estructurales; aquellos que contienen glicerol en su estructura y aquellos que no contienen este polialcohol como componente estructural.

Entre las clases de lípidos más destacados se encuentran los triacilglicéridos, ésteres, esteroides y colesteroides, fosfoglicéridos (fosfolípidos) y los ácidos grasos, participando de manera preponderante en la composición, dieta y metabolismo de los organismos, tanto marinos como terrestres. Los triacilglicéridos, desde el punto de vista alimentario, son los componentes lipídicos cualitativa y cuantitativamente más importantes. Son ésteres de glicerol con ácidos grasos que tienen gran contenido energético. Los triacilglicéridos representan normalmente más del 95% en peso de la mayoría de las grasas y aceites alimentarios (CHRISTIE, 1973; ZILLER, 1996; MORRISON & BOYD, 1998).

Los esteroides y colesteroides son lípidos no saponificables de extraordinario interés biológico. Forman parte de las membranas celulares y son precursores de esteroides hormonales como los andrógenos y estrógenos, ácidos biliares. Los fosfoglicéridos (fosfolípidos), constituyentes principales de las membranas celulares, se hallan en tejidos nerviosos y cerebrales y se encuentran en trazas o pocas cantidades en las grasas de depósito (LECHNINGER, 1998).

Los ácidos grasos, constituyentes de los triacilgliceroides, son necesarios para todos los seres vivos, pues son fundamentales para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Los ácidos grasos saturados son aquellos en los que los átomos de carbono se unen a través de enlaces simples. A diferencia de éstos, en las moléculas de los ácidos grasos insaturados existen uno o más dobles enlaces, éstos últimos denominados ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs). Entre los AGPIs, dos son

esenciales en la nutrición de animales y del ser humano, el ácido linoléico (C18:2n-6, LA) y ácido α -linolénico (C18:3n-3, ALA). Estos ácidos son precursores de la síntesis de otros ácidos grasos de cadena larga y sólo son sintetizados por vegetales; de ellos derivan dos familias llamadas n-3 y n-6 (HINZPETER, 2008; HARWOOD & GUSCHINA, 2009).

Los AGPIs son constituyentes de las membranas celulares y forman parte de los sistemas de señales celulares. La deficiencia de éstos puede asociarse a defectos en la función celular y eventualmente puede conducir a la muerte. En particular los AGPIs de cadena larga de la serie n-3, ácido eicosapentanoico (C20:5, EPA) y ácido docosahexaenóico (22:6, DHA), han sido objeto de diversas investigaciones debido a los efectos beneficiosos observados en el tratamiento de la arterioesclerosis, cáncer y artritis reumatoide (VALENZUELA *et al.*, 1995).

Con respecto al área de estudio, el Golfo de Cariaco es un cuerpo de agua oceanográficamente importante ya que se encuentra ubicado dentro del área de influencia de surgencia en la zona nororiental de Venezuela y su cercanía a la Cuenca de Cariaco. En el mismo, existe una influencia oceánica relacionada con la topografía submarina y los vientos alisios, que predominan con mayor intensidad (enero y abril), desplazando masas de aguas de las capas superficiales y en compensación, surgen aguas profundas de temperatura baja y con mayor nutrimento, lo cual conduce a una elevada producción primaria. Cuando la frecuencia e intensidad de los vientos alisios disminuyen o cesan (agosto-septiembre a noviembre-diciembre) las masas de agua se estabilizan y se estratifican, produciendo temperaturas altas y baja producción primaria (OKUDA *et al.*, 1978).

La surgencia está basada en el transporte de aguas superficiales por el viento, propuesto por primera vez en la Teoría de Ekman (EKMAN, 1905). Este transporte de masas de agua produce un sistema de corrientes en el mar, provocado por el coeficiente de arrastre del viento sobre la superficie del mar. Las corrientes que se producen y el crecimiento del plancton por el afloramiento de los nutrientes son de

vital importancia, ya que durante estos eventos, se produce el mayor reclutamiento de larvas de invertebrados marinos. Las variaciones de estos procesos producen un enriquecimiento de la comunidad fitoplanctónica, que a relativamente corta escala de tiempo (días), ocurren variaciones del índice de surgencia a lo largo de todo el estudio, haciendo énfasis en aumentos y descensos marcados, los cuales favorecen la productividad primaria, incluso, y aunque en mucha menor proporción, en los meses de relajación de surgencia (junio-diciembre), proporcionando así una producción primaria esencial para este período tan crítico para la biota marina. Incrementos marcados en la concentración del fitoplancton ocurren durante el ascenso de elementos nutritivos depositados en previos períodos de estratificación, aumentando así la producción primaria (MARGALEF, 1965; OKUDA *et al.*, 1978; MANDELLI & FERRÁZ-REYES, 1982).

Los factores que presenta esta zona del nororiente del país afectan de manera importante la composición bioquímica de los bivalvos marinos, pudiendo ser de naturaleza endógena y exógena. Asimismo, el alimento necesario para satisfacer los requerimientos energéticos del metabolismo básico del organismo, su crecimiento y reproducción, están supeditados a la influencia de diversos parámetros ambientales, tales como la temperatura, vientos, corrientes, nutrientes, entre otros. Es indiscutible entonces que los parámetros ambientales son de naturaleza exógena, puesto que escapan al control de los mecanismos internos de los moluscos bivalvos (FREITES, 2002). Por otro lado, una vez adquirido el alimento, entran en juego una serie de procesos metabólicos (endógenos), mediante los cuales la energía obtenida del mismo y destinada para la gametogénesis podría ser previamente acumulada como tejido de reserva y utilizada posteriormente en periodos de baja disponibilidad del alimento, dando como resultado un ciclo bioquímico y con éste, un ciclo reproductivo (BAYNE, 1976).

En los bivalvos marinos, los lípidos, algunos ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y esteroides son importantes constituyentes bioquímicos, participando en numerosos procesos metabólicos y representan un suministro energético en condiciones

nutricionales críticas. Es bien sabido que las variaciones estacionales afectan la composición del contenido de lípidos y ácidos grasos de bivalvos que están estrechamente vinculados a los ciclos reproductivos y los cambios climáticos, y se ven afectados por la disponibilidad y la composición de la dieta natural (FERNÁNDEZ-REIRIZ *et al.*, 1996; CAERS *et al.*, 2000). Dado que estos organismos sólo tienen una capacidad limitada para sintetizar y modificar los ácidos grasos, la composición de ácidos grasos de sus lípidos está marcadamente influenciada por la dieta. Además, la facilidad relativa con la que los lípidos pueden ser asimilados, en comparación con otras clases de macromoléculas, significa que el almacenamiento de lípidos es un proceso relativamente directo, lo que permite la rápida acumulación cuando se consumen alimentos ricos en lípidos. Por lo tanto, la variación estacional en la cantidad y calidad de los lípidos totales, lípidos neutros y ácidos grasos en los moluscos bivalvos refleja de cerca el tipo de alimento disponible y la influencia de los factores ambientales (DE MORENO *et al.*, 1976a, b, 1980; FERNÁNDEZ-REIRIZ *et al.*, 1996; SOUDANT *et al.*, 1999).

En la presente investigación se estudiaron las variaciones del perfil lipídico, específicamente: ácidos grasos de la ostra alada *Pteria colymbus*, mismos que serán relacionados con las variables ambientales, que se producen anualmente en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Todo esto, con el objetivo de contar con la información pertinente que permita entender un poco más de la ecofisiología de esta especie de molusco bivalvo, con evidente importancia comercial.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La Estación Hidrobiológica de Turpialito (EHT) está ubicada en la ensenada de Turpialito, costa sur del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela ($10^{\circ} 26' 5''$ N y $64^{\circ} 02' 56''$ O, Figura 1). Esta ensenada se caracteriza por presentar cambios hidrológicos como consecuencia de los fenómenos de surgencia costera, que se produce en la región nororiental de Venezuela (OKUDA *et al.*, 1978).

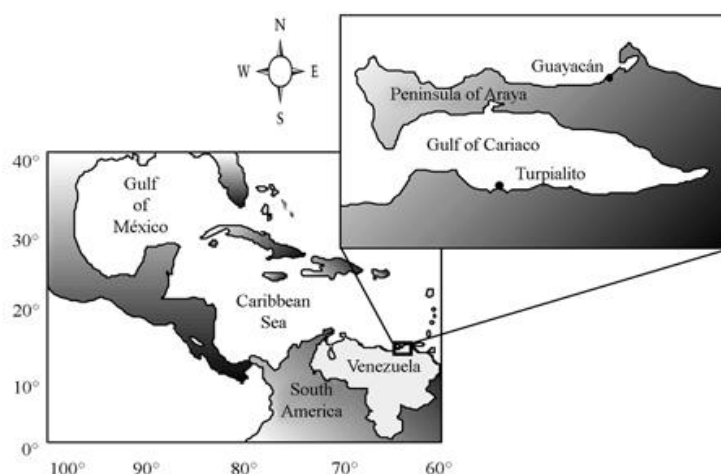


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Estación Hidrobiológica de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.

Organismos de experimentación y recolección de muestras

Las ostras aladas *P. colymbus* se recolectaron de una fijación en el ambiente, sobre una malla de red de 1 cm de abertura, colocada en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua. Los organismos se trasladaron adheridos a la malla hasta el muelle de la EHT, donde se separaron y clasificaron de acuerdo a sus tallas. Para establecer los sistemas de cultivo, se tomó una talla inicial con una longitud total comprendida entre 20–30 mm; los organismos se fijaron sobre cestas de malla de plástico (0,5 cm Ø de malla), se utilizaron 9 cestas y cada una contenía aproximadamente 60 organismos, y luego fueron colocadas en la parte interna de la ensenada sobre un

Long Line de 50 m de longitud, a una profundidad máxima de 2 m. las ostras se cultivaron por 10 meses (abril 2012-enero 2013)

Procesamiento de muestras biológicas

Mensualmente (desde abril 2012 hasta enero 2013), se extrajeron 15 organismos de los sistemas de cultivo. Los ejemplares colectados se trasladaron vivos al laboratorio de Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Posteriormente, se extrajeron los tejidos blandos y se sometieron a secado en una estufa marca Memmert modelo UFB 400, por 72, horas a 70°C, para luego registrar los valores de masa seca y realizar la determinación de los lípidos totales y ácidos grasos.

Análisis de lípidos totales y ácidos grasos en tejidos blandos de *P. colymbus*

Determinación de lípidos totales

La extracción se realizó siguiendo la metodología de BLIGH & DYER (1959) y la cuantificación mediante las técnicas descritas por PANDE *et al.* (1963). Para la extracción, se homogenizó por triplicado, 20 mg de masa seca del tejido blando en 7,5 mL de $\text{CHCl}_3:\text{CH}_3\text{OH}$ (cloroformo:metanol) en una relación: 1:2 v.v⁻¹. Seguidamente, se les añadió 1,5 mL de CHCl_3 (Cloroformo) y 1,5 mL de agua destilada para separar la fase polar de la apolar. Los tubos se agitaron y dejaron en reposo durante 24 horas, a 4°C. Posteriormente, éstos fueron centrifugados por 10 minutos, a 3000 rpm, para facilitar la separación de las fases mencionadas. La fase polar se descartó y la fase apolar se vertió en un tubo de vidrio limpio adicionándosele 0,5 mL de acetona de alta pureza y se sometió a desecación mediante la evaporación del CHCl_3 en una estufa a 37°C. Paralelamente, se prepararon diluciones de tripalmitina en CHCl_3 (0,03-0,27 mg mL⁻¹) utilizadas para realizar la curva patrón. Una vez que las muestras de los tejidos, curva patrón y blanco (CHCl_3) se evaporaron a 37°C, todos los tubos se dejaron enfriar para añadirles, seguidamente 3 mL de solución de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) al 2% en ácido sulfúrico (H_2SO_4). A continuación, los tubos se colocaron en un baño de María a 100 °C, durante 15 minutos; luego, se dejaron enfriar y se les adicionó 4,5 mL de agua

destilada. Después de un periodo de reposo de 15 minutos, se procedió a leer la absorbancia a 490 nm en un espectrofotómetro marca Jenway UV 6101.

Los valores de absorbancia de tripalmitina se usaron para elaborar la curva patrón mediante ajuste lineal por mínimos cuadrados, y los valores de lípidos en las muestras problemas se calcularon por interpolación, utilizando dicha curva. El contenido de lípidos totales se expresó en porcentajes de masa seca y correspondió al promedio de todas las réplicas.

Perfil de Ácidos Grasos (AG)

Los análisis de la composición de AG se realizó en el Laboratorio de Cromatografía del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Baja California (CIBNOR), de acuerdo a la modificación del método de BLIGH & DYER (1959). Esta modificación consistió en tomar el tejido blando del organismo y liofilizarlo en una liofilizadora VIRTIS 5L para obtener la cantidad de muestra representativa (3 mg). A cada muestra se le adicionó 3 mL de una mezcla de $\text{CHCl}_3:\text{CH}_3\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ (cloroformo:metanol:agua) en proporción 1:2:0,5 y se agregó 10 mL de Butilhidroxitolueno (BHT) como antioxidante. El BHT se preparó en una concentración de $1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, diluido en cloroformo, cuidando de no excederse el 1% de los lípidos como sugiere CHRISTIE (1973). Las muestras se sonicaron por 30 minutos en un baño de hielo y se refrigeraron a 4 °C, por 24 horas, para facilitar la extracción, y protegidas de la luz para evitar al máximo la degradación de los ácidos grasos.

Una vez transcurrido este tiempo, se procedió a realizar la recuperación del extracto, primero se centrifugó a 4000 rpm, por 5 minutos, a 5 °C y se recuperó el sobrenadante en tubos de ensayo limpios. Se agregaron otros 2 mL de cloroformo:metanol:agua en proporción 1:2:0,5 a la pastilla celular y se centrifugó nuevamente para obtener el extracto orgánico sin la pastilla. Se adicionaron 3 mL de agua destilada y 1 mL de cloroformo, se agitó con vortex para propiciar la separación de la fase acuosa (arriba) y la fase clorofórmica (abajo). La separación completa se

logró centrifugando nuevamente y para obtener la fase inferior con una pipeta Pasteur. La extracción de la fase inferior (cloroformo y lípidos) se realizó dos veces. Una vez obtenido el extracto de lípidos en cloroformo cada muestra se evaporó con nitrógeno gaseoso (N_2) para luego ser sometidas a una derivatización (transesterificación) en la que el glicerol de los lípidos es sustituido por metilos; lo anterior se logró adicionando 2,5 ml de una mezcla de ácido clorhídrico y metanol (HCl: CH_3OH 5:95) y calentando a $85^\circ C$ por 2,5 horas (SATO & MURATA 1988). Los AG metil esterificados (AGME) que se obtuvieron con la derivatización se extrajeron con hexano (C_6H_{12} , 2 mL) para ser evaporados con N_2 y resuspendidos con una cantidad conocida de hexano tal que la concentración se encuentre en el intervalo lineal de la curva de calibración.

Los extractos de los AG metil esterificados (AGME) se colocaron en viales para su inyección en el cromatógrafo de gases (VarianMod. CP 3800), acoplado a un detector de masas (Modelo 1200), empleando una columna capilar (OMEGAWAX TM 250 Fusedsilica de SUPELCO de 30m x 0,25mm x diámetro interno de 0,25 mm). Para la identificación de los AG compararon los tiempos de retención de 37 estándares conocidos (Catálogo de Supelco 47885-U), y se interpretaron los espectros de masas de cada pico incluyendo aquellos AG no considerados en la mezcla de estándares. La integración de los picos se realizó con el software Wsearch (vers. 1.6. 2005, E.U.A.), el cual arroja las áreas para cada AG que posteriormente serán interpoladas con la curva de calibración con las siguientes concentraciones: 5, 10, 20, 40 y 80 mg.mL^{-1} . Los resultados fueron expresados como porcentaje de cada AG con respecto al total de los AG encontrados, teniendo en consideración los ácidos grasos con importancia metabólica.

Análisis de parámetros ambientales

Los análisis de los parámetros ambientales en las zonas cercanas a las áreas de los cultivos se realizaron semanalmente. Para los análisis de clorofila *a* se tomaron muestras de agua con la ayuda de una botella Niskin de 2 L. En el laboratorio, dichas

muestras se tamizaron con una malla de 153 μm , para eliminar el macroplancton, luego se filtraron (2 L, por triplicado) usando un equipo de filtración al vacío Millipore y filtros Whatman GF/F. Posteriormente, los filtros se colocaron en acetona 90%, se homogenizaron y dejaron en la oscuridad a 6°C, durante 24 h; seguidamente, se sometieron a centrifugación y al sobrenadante se le realizaron las lecturas de la absorbancias a las longitudes de onda: 665 y 750 nm en un espectrofotómetro marca Jenway modelo 6101. Los contenidos de clorofila *a* se determinaron usando los criterios de STRICKLAND & PARSONS (1972).

Para la cuantificación del seston, se tomaron muestras de agua como se describió anteriormente, luego se filtraron (2 L, por triplicado) usando un equipo de filtración al vacío Millipore y filtros Whatman GF/F, previamente calcinados y tarados. Los filtros, posteriormente, fueron enjuagados con formiato de amonio y luego se deshidrataron (80°C; 48 h) hasta obtener una masa constante; de esta manera se obtuvo el seston total. Luego se calcinó la materia orgánica del filtro en una mufla a 400°C, durante 5 h, y por diferencia de masa, se obtuvo la fracción inorgánica del seston. Finalmente, la fracción orgánica se determinó por la diferencia de masa, entre el seston total y el seston inorgánico.

En el sistema de cultivo se colocó un termógrafo (Sealog-Vemco) para registrar la temperatura ($\pm 0,01^\circ\text{C}$) a intervalos de 60 min.

Índice de surgencia

Se calculó el índice de surgencia (IS), para ello se colectó data de vientos de la estación meteorológica del aeropuerto de Cumaná, Sucre, aplicando la fórmula descrita en Bowden (1983): $UI = (tsx/rw \cdot f) \times 100$; donde, f = parámetro de Coriolis, tsx = la tensión del viento de superficie, rw =la densidad media del agua (1025 kg.m^3), El término f fue calculado de: $f = 2 \cdot w \cdot \sin(F_i)$; donde, w = velocidad angular de rotación de la tierra ($7,29 \cdot 10^{-5} \text{ seg}$), F_i =posición latitudinal en el lugar i . El término tsx representa la tensión del viento de superficie medida en el eje de x perpendicular a

la costa: $tsx = k \cdot \rho_a \cdot W^2$; donde, k = coeficiente empírico de arrastre (1,11 a 3,25 en función de la velocidad del viento), ρ_a = densidad promedio del aire ($122 \cdot 10 \text{ Kg.cm}^3$) y W = velocidad del viento.

Análisis estadísticos

Los contenidos de lípidos totales se compararon a través de un análisis de varianza de una vía (meses). Para establecer la relación entre las variables ambientales y perfiles de ácidos grasos con importancia metabólica en *Pteria colymbus* se aplicó un análisis de correspondencia canónica (TER BRAAK, 1986) utilizando el software PAST.

RESULTADOS

Parámetros ambientales

Al inicio de la fase experimental se observaron temperaturas bajas (23,94 °C) para el mes de abril, a partir de entonces fueron aumentando paulatinamente hasta alcanzar un máximo para el mes de octubre de 28,42°C (Fig. 2). La clorofila *a* presentó los valores más elevados al inicio del experimento (abril: 6,90 $\mu\text{g.L}^{-1}$) seguido por una disminución sostenida de su concentración hasta alcanzar un mínimo de 0,72 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para el mes de octubre, aumentando para el final del periodo experimental (Fig.2).

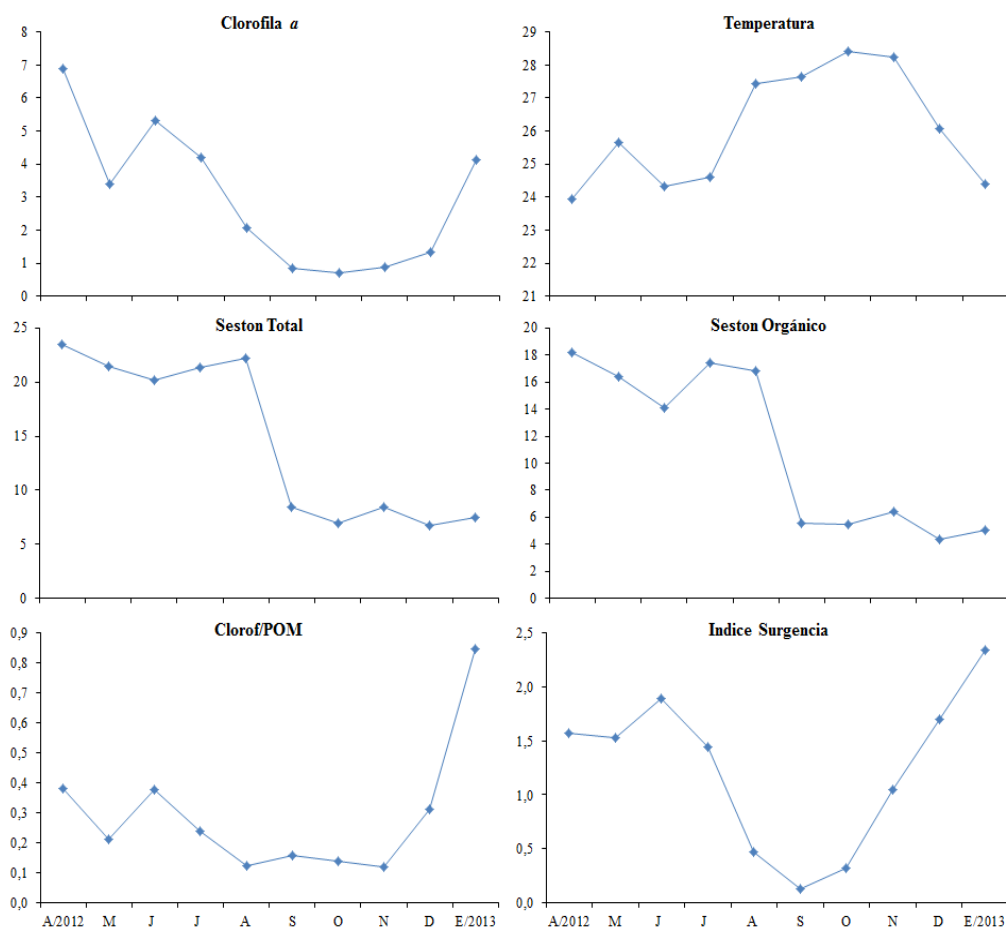


Figura 2. Fluctuación de los parámetros ambientales (Clor *a* ($\mu\text{g/L}$), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Sestón Total y Orgánico (mg/L), Clor/POM e Índice de Surgencia) durante el periodo experimental.

El seston total y su componente orgánico presentaron sus máximas concentraciones en el mes de abril con valores de 23,50 y 18,20 mg.L⁻¹ respectivamente, observándose una caída a partir del mes de septiembre hasta el último mes de la fase experimental, donde se alcanzaron sus mínimos valores (Fig. 2). La relación Clorf/POM mostró valores altos al final del periodo experimental (enero), presentando valores mínimos entre los meses de agosto hasta noviembre (Fig. 2). En lo referente al índice de surgencia (Fig. 2), sus valores máximos se observaron en los meses de junio 2012 (1,89) y enero 2013 (2,34).

Lípidos totales

Los lípidos totales en *P. colymbus* presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$; $F = 0,000$) entre los meses del periodo experimental, con valores porcentuales máximos en los meses de agosto y enero (20,23% y 20,14% respectivamente), en tanto septiembre, fue el mes con el nivel más bajo (10,49%) registrado para los lípidos en la ostra alada, con un promedio total de 15,07%. (Fig. 3).

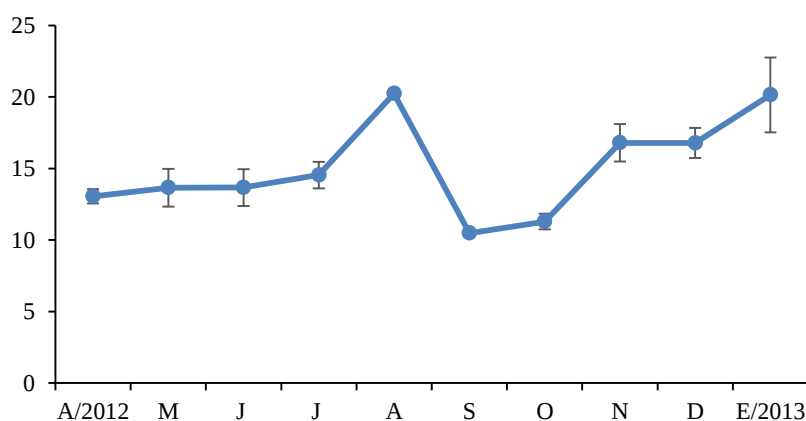


Figura 3. Variación de los lípidos totales de *P. colymbus* cultivada en sistema suspendido durante el periodo experimental.

Perfil de los ácidos grasos identificados de *P. colymbus*

La sumatoria de los porcentajes relativos de los ácidos grasos de *P. colymbus* muestran que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) presentaron los valores más

elevados, por encima de 46,55%. De este grupo, los AGPIs n-3 presentan mayores porcentajes (>29,32 y < 43,23%) que los AGPIs n-6 (>4,99% y <16,24%). Los ácidos grasos saturados fue el segundo en porcentajes relativos (>32,65% y <44,54%). En último lugar se ubican los ácidos grasos monoinsaturados, presentando sumatorias bajas (>10,56% y <14,48%), seguido por los ácidos grasos NMID (non-methylene-interrupted dienoic fatty acids, por su siglas en inglés) de 20 carbonos (Tabla 1).

Ácidos Grasos Saturados

Los ácidos grasos saturados con mayor nivel fueron C16:0 y C18:0 (Tabla 1). En cuanto a la sumatoria porcentual, estos presentaron mayores niveles en los meses de abril y junio (44,54% y 42,62%, respectivamente), mientras que sus mínimos fueron observados en mayo (32,65%) y agosto (33,57%) (Fig. 3).

Ácidos grasos monoinsaturados

C22:1n-9 y C18:1n-9 fueron los ácidos grasos monoinsaturados que presentaron los mayores niveles (4,06% y 3,08% respectivamente) (Tabla 1). En lo referente a la sumatoria total porcentual, los máximos valores se observaron en los meses de noviembre y enero (14,48% y 14,29% respectivamente), mientras que los valores mínimos se registraron en agosto (10,56%) y septiembre (10,72%) (Fig. 3).

Ácidos grasos NMID

La sumatoria de los ácidos grasos NMID presentó su nivel más alto en noviembre y diciembre (6,23% y 6,22% respectivamente). Sus valores mínimos fueron observados en los meses de enero (2,69%) y abril (2,75%). De este grupo de ácidos grasos, el 20:1n11 NMID y 20:1n7 NMID fueron los únicos ácidos grasos que se reportaron durante el periodo experimental (Tabla 1 y Fig. 3).

AGPIs n-3.

Los ácidos grasos AGPIs n-3 con mayor nivel en *P. colymbus* fueron el C20:5n-3 (ácido eicosapentaenoico, EPA) y el 22:6n-3 (ácido docosahexaenoico, DHA). La

sumatoria que presentó los rangos más amplios de variación de todos los grupos de ácidos grasos estudiados fue precisamente la de los AGPIs n-3. Los mayores valores se registraron en los meses de mayo (43,23%) y julio (42,58%), mientras que en junio y noviembre se observaron los valores mínimos (30,76% y 29,32%, respectivamente) (Tabla 1, Fig. 3). Desde el inicio del periodo experimental, el DHA presentó el mayor porcentaje en la ostra alada. Además, dicho ácido graso fue el que tuvo mayor influencia sobre la sumatoria de los AGPIs n-3.

Ácidos grasos AGPIs n-6.

A diferencia de los AGPIs n-3, los AGPIs n-6 registraron menores valores en la sumatoria porcentual total. Los meses donde se observaron mayores niveles fueron noviembre y diciembre (12,18% y 16,24 %), y el menor de los registros se obtuvo en abril con 4,99%. El ácido graso con mayor influencia en el porcentaje de este grupo fue el 20:4n-6 (ácido araquidónico, ARA), el cual presentó los valores más altos durante la fase experimental (Tabla 1 y Fig. 3).

Razón n-3/n-6

La relación de AGPIs n-3/n-6 presentó sus mínimos valores en *P. colymbus* en los meses de noviembre y diciembre (2,41% y 1,90%), mientras que los máximos valores fueron observados entre los meses de abril y julio (6,61% y 4,98%, respectivamente). Los valores más altos en la razón n-3/n-6 al inicio del periodo experimental es debido en gran parte al mayor nivel alcanzado por el DHA (Tabla 1 y Fig. 3).

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos (% con relación a los ácidos grasos totales) de *Pteria colymbus* durante el período experimental en sistema de cultivo suspendido.

Ácido graso	Abril ₂₀₁₂	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero ₂₀₁₃
14:0	3,93 ± 0,25	1,89 ± 0,14	5,47 ± 0,79	4,59 ± 0,67	3,27 ± 0,27	3,56 ± 0,65	3,02 ± 0,74	3,85 ± 0,80	1,58 ± 0,76	5,96 ± 0,39
15:0	0,61 ± 0,13	0,55 ± 0,26	0,67 ± 0,07	0,51 ± 0,15	0,56 ± 0,03	0,80 ± 0,07	0,87 ± 0,22	1,13 ± 0,31	0,76 ± 0,11	0,71 ± 0,08
16:0	29,28 ± 1,45	21,09 ± 5,04	25,45 ± 3,67	21,90 ± 1,22	20,52 ± 0,35	20,40 ± 0,59	21,03 ± 1,85	20,17 ± 2,46	17,49 ± 2,99	24,50 ± 1,56
17:0	1,22 ± 0,09	1,572 ± 0,11	1,27 ± 0,14	1,05 ± 0,15	1,16 ± 0,10	1,21 ± 0,16	1,54 ± 0,22	1,98 ± 0,52	2,51 ± 1,01	1,04 ± 0,18
18:0	9,06 ± 0,36	7,43 ± 3,11	9,47 ± 1,41	7,78 ± 0,74	7,84 ± 0,11	7,75 ± 0,35	8,85 ± 0,79	10,26 ± 2,00	10,64 ± 0,79	7,10 ± 0,75
20:0	0,44 ± 0,09	0,12 ± 0,20	0,28 ± 0,14	0,20 ± 0,03	0,22 ± 0,06	0,20 ± 0,01	0,71 ± 0,41	0,73 ± 0,47	0,60 ± 0,59	0,16 ± 0,01
ΣAGS	44,54 ± 2,41	32,65 ± 8,92	42,62 ± 6,31	36,34 ± 3,05	33,57 ± 0,94	34,26 ± 1,84	36,32 ± 4,39	38,44 ± 6,66	34,13 ± 6,44	39,64 ± 2,98
16:1 n-11	2,40 ± 0,25	1,60 ± 0,35	3,17 ± 0,40	2,65 ± 0,53	1,75 ± 0,13	1,90 ± 0,35	2,72 ± 1,54	2,45 ± 0,71	1,24 ± 0,20	3,56 ± 0,04
18:1 n-9 c	3,48 ± 0,21	2,88 ± 0,63	3,61 ± 0,51	2,71 ± 0,48	2,44 ± 0,13	2,61 ± 0,25	2,73 ± 0,38	2,96 ± 0,65	3,09 ± 0,63	4,30 ± 0,21
18:1 n-7	2,02 ± 0,19	1,40 ± 0,18	1,91 ± 0,15	1,58 ± 0,28	1,40 ± 0,05	1,42 ± 0,10	1,46 ± 0,47	1,30 ± 0,21	0,98 ± 0,19	2,11 ± 0,08
20:1 n-9	1,70 ± 0,04	1,95 ± 0,21	1,68 ± 0,21	1,51 ± 0,19	1,56 ± 0,06	1,59 ± 0,07	1,66 ± 0,14	2,16 ± 0,60	2,03 ± 0,25	1,56 ± 0,09
22:1 n-9	3,10 ± 0,70	4,87 ± 1,41	3,65 ± 0,49	2,90 ± 0,74	3,40 ± 0,34	3,21 ± 0,07	4,28 ± 1,04	5,61 ± 0,92	6,79 ± 1,10	2,76 ± 0,57
ΣAGMI	12,70 ± 1,37	12,69 ± 2,79	14,01 ± 1,77	11,35 ± 2,22	10,56 ± 0,71	10,72 ± 0,84	12,84 ± 3,57	14,48 ± 3,08	14,13 ± 2,37	14,29 ± 0,99
20:1n-11 o NMID	1,69 ± 0,03	3,35 ± 0,10	2,64 ± 0,45	2,18 ± 0,20	2,80 ± 0,18	2,74 ± 0,14	4,20 ± 0,10	5,54 ± 1,11	5,72 ± 0,62	2,01 ± 0,42
20:1 n-7 o NMID	1,05 ± 0,41	0,88 ± 0,26	0,65 ± 0,13	0,59 ± 0,06	0,53 ± 0,06	0,53 ± 0,10	0,49 ± 0,05	0,68 ± 0,16	0,50 ± 0,09	0,69 ± 0,04
ΣNMID	2,75 ± 0,44	4,23 ± 0,37	3,29 ± 0,58	2,77 ± 0,26	3,32 ± 0,24	3,27 ± 0,25	4,69 ± 0,15	6,23 ± 1,27	6,22 ± 0,71	2,69 ± 0,45
16:4n-3	0,61 ± 0,04	0,37 ± 0,10	0,25 ± 0,09	0,22 ± 0,07	0,18 ± 0,05	0,14 ± 0,03	0,26 ± 0,10	0,26 ± 0,07	0,24 ± 0,14	0,14 ± 0,02
18:2 n-6 c	1,02 ± 0,21	0,83 ± 0,13	1,44 ± 0,04	1,24 ± 0,22	1,12 ± 0,09	1,16 ± 0,16	1,14 ± 0,05	1,06 ± 0,11	0,99 ± 0,14	2,65 ± 0,12
18:3 n-3	1,23 ± 0,27	0,64 ± 0,15	0,86 ± 0,25	0,79 ± 0,21	0,58 ± 0,08	0,65 ± 0,17	0,60 ± 0,14	0,41 ± 0,01	0,48 ± 0,14	2,51 ± 0,05
18:4n-3	2,75 ± 0,46	0,98 ± 0,25	1,46 ± 0,22	2,17 ± 0,22	1,51 ± 0,16	1,38 ± 0,20	1,34 ± 0,32	1,02 ± 0,06	1,41 ± 0,51	3,70 ± 0,27
20:2 n-6	1,25 ± 0,46	1,28 ± 0,55	0,82 ± 0,19	0,78 ± 0,03	0,77 ± 0,07	0,73 ± 0,04	0,83 ± 0,04	0,99 ± 0,17	1,07 ± 0,31	0,78 ± 0,04
20:4 n-6 (ARA)	1,12 ± 0,02	2,92 ± 0,75	2,85 ± 0,35	2,89 ± 0,51	3,30 ± 0,14	3,26 ± 0,18	3,39 ± 0,74	4,09 ± 1,06	5,90 ± 0,45	3,49 ± 0,17
20:4 n-3	1,08 ± 0,22	0,28 ± 0,07	0,30 ± 0,03	0,34 ± 0,07	0,32 ± 0,06	0,30 ± 0,03	0,33 ± 0,03	0,24 ± 0,12	0,22 ± 0,07	0,62 ± 0,03
20:5 n-3 (EPA)	5,05 ± 0,66	5,66 ± 0,34	5,22 ± 0,85	7,97 ± 1,40	6,33 ± 0,14	5,88 ± 0,21	4,82 ± 1,17	3,99 ± 0,76	3,76 ± 0,28	8,40 ± 1,40
22:2 n-6	1,6 ± 0,12	3,51 ± 0,13	2,63 ± 0,41	2,02 ± 0,25	2,41 ± 0,21	2,08 ± 0,16	2,46 ± 0,42	3,30 ± 0,67	3,89 ± 0,61	1,82 ± 0,38
22:4 n-6	0,00 ± 0,00	2,15 ± 0,15	0,52 ± 0,06	0,53 ± 0,11	0,57 ± 0,06	0,71 ± 0,11	1,08 ± 0,11	1,21 ± 0,44	2,14 ± 0,19	1,01 ± 0,03
22:5 n-6	0,00 ± 0,00	1,27 ± 0,14	1,04 ± 0,20	1,08 ± 0,22	1,35 ± 0,16	1,50 ± 0,06	1,58 ± 0,30	1,52 ± 0,65	2,25 ± 0,71	1,77 ± 0,15
22:5 n-3	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,53 ± 0,13	0,67 ± 0,04	0,85 ± 0,07	0,91 ± 0,04	0,83 ± 0,14	0,86 ± 0,08	1,06 ± 0,26	0,78 ± 0,10
22:6 n-3 (DHA)	22,30 ± 4,19	35,30 ± 0,03	22,14 ± 1,04	30,42 ± 1,23	31,88 ± 0,46	31,15 ± 0,74	28,78 ± 1,14	22,54 ± 4,39	23,65 ± 2,71	15,93 ± 0,08
Σn-3	33,01 ± 5,84	43,23 ± 0,93	30,76 ± 2,61	42,58 ± 3,23	41,65 ± 1,02	40,42 ± 1,42	36,95 ± 3,03	29,32 ± 5,49	30,82 ± 4,10	32,07 ± 2,66
Σn-6	4,99 ± 0,81	11,95 ± 1,85	9,29 ± 1,25	8,56 ± 1,34	9,52 ± 0,74	9,44 ± 0,72	11,01 ± 1,67	12,18 ± 3,09	16,24 ± 2,40	11,51 ± 0,89
n-3/n-6	6,61 ± 7,24	3,62 ± 0,50	3,31 ± 2,09	4,98 ± 2,41	4,37 ± 1,39	4,28 ± 1,98	3,36 ± 1,82	2,41 ± 1,78	1,90 ± 1,71	2,79 ± 2,98
ΣAGPIs	38,00 ± 6,64	55,19 ± 2,78	40,05 ± 3,86	51,14 ± 4,57	51,18 ± 1,76	49,87 ± 2,13	47,96 ± 4,70	41,50 ± 8,57	47,05 ± 6,50	43,58 ± 3,56

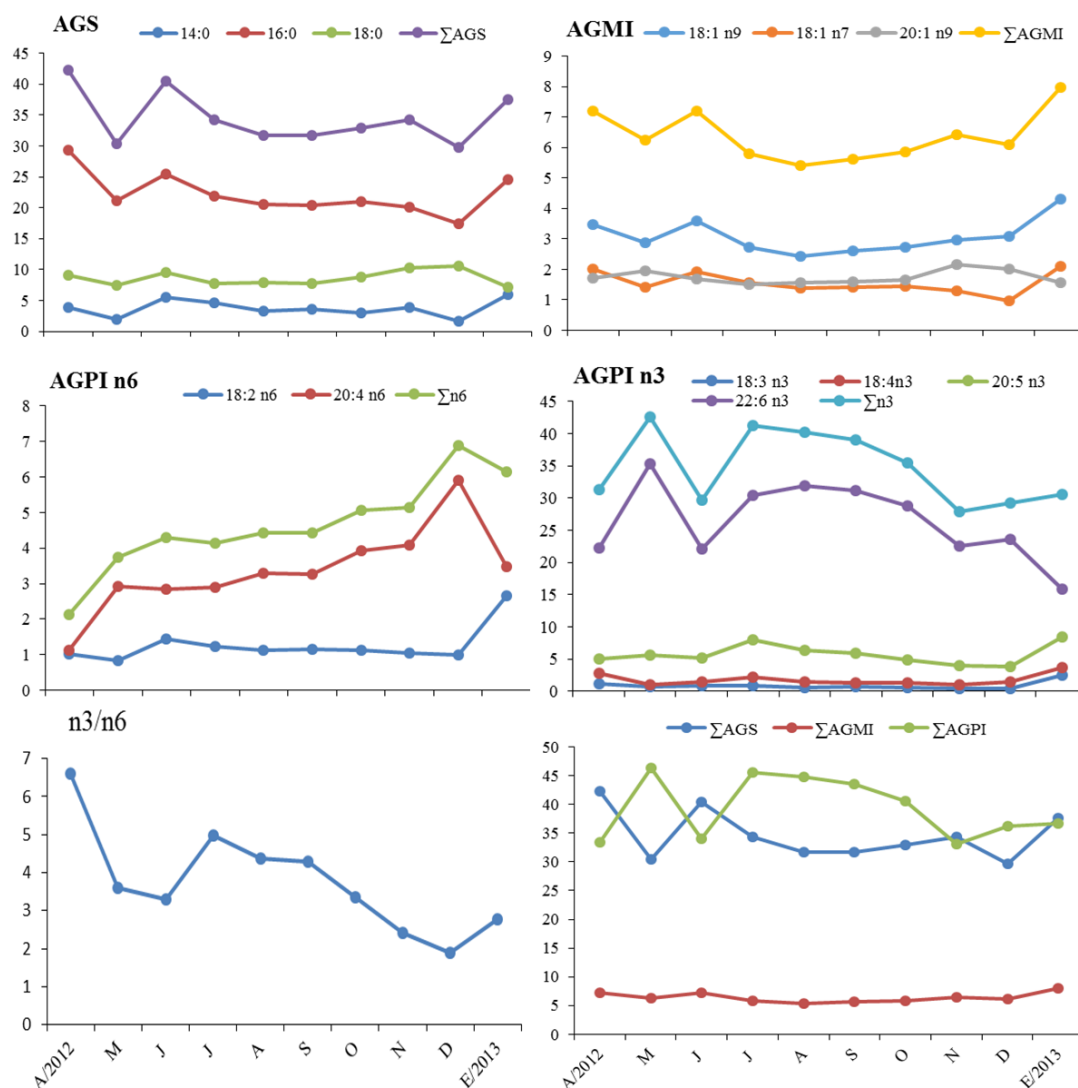


Figura 4. Variaciones en la sumatoria porcentual de los ácidos grasos con importancia metabólica de *P. colymbus* cultivadas en sistemas suspendidos (AGS: ácidos grasos saturados, AGM: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos polinsaturados n-3 y n-6).

Relación entre las variables ambientales y el perfil de ácidos grasos con importancia metabólica en *Pteria colymbus*.

El análisis de correspondencia canónica entre los parámetros ambientales y las sumatorias totales de los ácidos grasos presentó en su primer componente

correlaciones directas entre la clorofila *a*, el seston, sumatoria de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y sumatoria de ácidos grasos n-3 e inversa con la temperatura, mientras que el índice de surgencia estuvo correlacionado positivamente con la sumatoria de ácidos grasos n-6 y los ácidos grasos saturados (AGS) (Fig. 4).

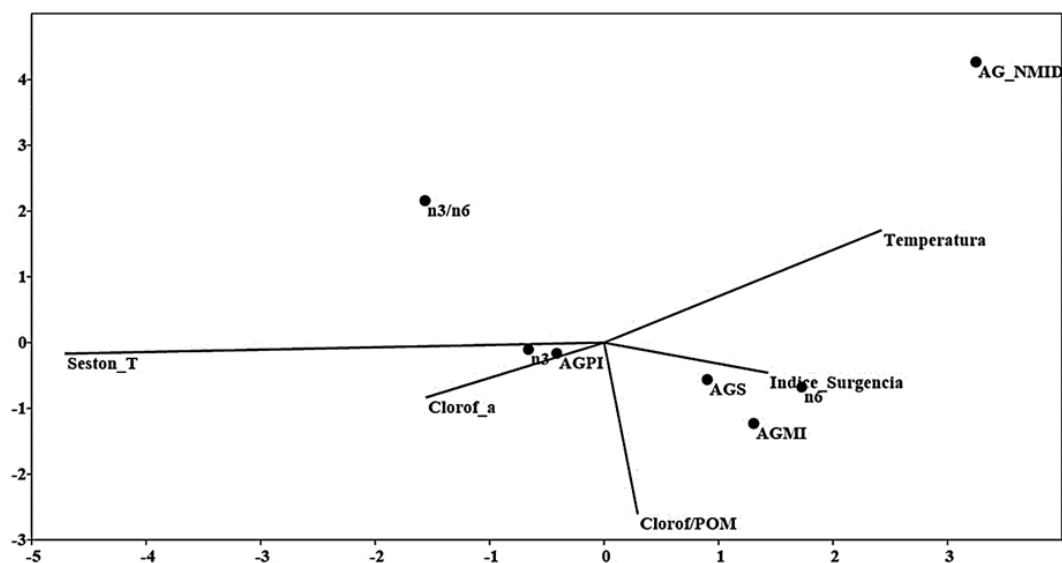


Figura 5. Análisis de correspondencia canónica entre los parámetros ambientales y las sumatorias de ácidos grasos (AGPI, AGS, AGMI, AGNMID), n-3, n-6 y relación n-3/n-6) de la ostra *P. colymbus*.

El análisis de correspondencia canónica de los parámetros ambientales y los ácidos grasos de importancia metabólica presenta en el primer componente una correlación directa de la clorofila *a* con los ácidos grasos 20:5n-3 (EPA), 20:1n7NMID y 16:0 e indirecta con la temperatura. Además, se aprecian correlaciones directas entre el índice Clorof/POM y los ácidos 18:3n-3, 18:4n-3 y 14:0 y, el índice de surgencia con los ácidos grasos 18:2n-6 y 18:1n-9, (Fig. 5).

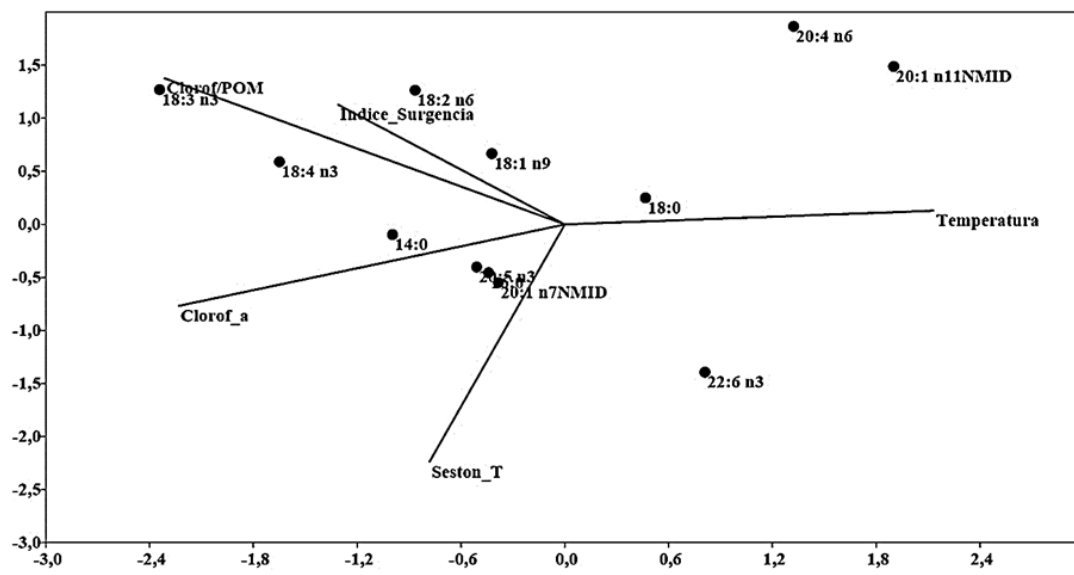


Figura 6. Análisis de correspondencia canónica entre los parámetros ambientales y los ácidos grasos de importancia metabólica en la ostra *P. colymbus*.

DISCUSIÓN

El contenido de lípidos totales de la ostra alada *P. colymbus*, osciló entre 10,49% y 20,23%, con un promedio total de 15,07%, resultados comparables con los obtenidos por YAÑEZ *et al.*, 2010, que presentaron valores menores en los lípidos totales para la misma especie, otros autores reportaron en otras especies, tales como *Mytilus galloprovincialis* (VENTRELLA *et al.*, 2008) y *Perna viridis* (D'ARMAS *et al.*, 2009, KOFTAYAN *et al.*, 2010) proporciones de lípidos totales inferiores a los obtenidos en esta investigación; sin embargo, PRATO *et al.* (2010) observaron valores más elevados de lípidos totales en *M. galloprovincialis*. Las diferencias observadas en la concentración lipídica de la ostra alada con los diferentes reportes de la literatura pueden deberse a ciertos factores exógenos como disponibilidad de alimento y temperatura o endógenos como la gametogénesis y las etapas de maduración, donde los lípidos juegan un papel importante en la acumulación de reservas energéticas para los eventos de desove (FREITES *et al.*, 2002, 2010; D'ARMAS *et al.*, 2009).

En esta investigación se observó que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) conformaron el grupo con el mayor porcentaje de participación del total de los estudiados; resultados que concuerdan con los registrados por otros investigadores en diferentes especies de bivalvos marinos (FREITES *et al.*, 2002; SAITO, 2004; VENTRELLA *et al.*, 2008; YAÑEZ *et al.*, 2010 y EZGETA-BALIĆ *et al.*, 2012). Dentro del grupo de los ácidos grasos poliinsaturados, los de la serie n-3 y más específicamente, los ácidos grasos 20:5n-3 (EPA) y 22:6n-3 (DHA) fueron los que mostraron los mayores niveles de participación. Esto se asemeja con lo señalado en *Mytilus galloprovincialis* (FREITES *et al.*, 2002; VENTRELLA *et al.*, 2008; YAÑEZ *et al.*, 2010 y EZGETA-BALIĆ *et al.*, 2012), *Pinctada fucata martensii* (SAITO, 2004) y *Nodipecten nodosus* (FREITES *et al.*, 2010).

Los mayores porcentajes de algunos AGPIs y sus variaciones observadas en las ostras, como el 18:4n-3, 20:5n-3 y 22:6n-3, posiblemente se deban a la mayor disponibilidad de alimento de origen fitoplanctónico en la columna de agua, dado que

se ha demostrado que el fitoplancton es la principal fuente alimenticia de los moluscos bivalvos y que dicha fuente de alimento presenta una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (CHUECAS & RILEY, 1969; ACKMAN, 1968; BRETT & MULLER-NAVARRA, 1997; FREITES *et al.*, 2002; D'ARMAS *et al.*, 2009; EZGETA-BALIĆ *et al.*, 2012). Dentro del fitoplancton destacan las diatomeas, las cuales poseen concentraciones elevadas de AGPIs del grupo n-3, (NAPOLITANO *et al.*, 1992; DUINKER *et al.*, 2004 PIRELA-OCHOA *et al.*, 2008).

El ácido graso 20:4n-6 (ARA), en el grupo de los AGPIs n-6, fue el que presentó valores porcentuales mayores en las ostras y específicamente en el mes de diciembre donde los valores de clorofila *a* y de seston orgánico eran bajos. Esto coincide con lo obtenido por RUANO *et al.* (2012), quienes encontraron que este ácido graso es el predominante en el grupo de los AGPIs n-6. Es probable que estos niveles sean debido a una retención selectiva para ser utilizados, posteriormente, en los procesos reproductivos (madurez y desove gonádico), tal como fue reportado por FREITES *et al.* (en prensa), autores que estudiaron tales procesos reproductivos en *P. colymbus*, en un experimento paralelo, desarrollado en la misma localidad del presente estudio. Por otro lado, FREITES *et al.* (2002) también observaron un incremento del 20:4n-6 en el periodo de alta actividad reproductiva del mejillón *M. galloprovincialis*. Además se ha demostrado que el ácido graso 20:4n-6 es un precursor de la formación de compuestos de gran actividad biológica llamados eicosanoides, que participan en la síntesis de algunos neurotransmisores relacionados con los procesos reproductivos, como las prostaglandinas de la serie II que promueven el desove en los moluscos (PALACIO *et al.*, 2005; HURTADO *et al.*, 2012).

Con relación a los niveles observados en AGPIs, los de la serie n-3 se destacan sobre los de la serie n-6, a tal punto que afectaron la razón de los ácidos grasos AGPI n-3/AGPI n-6, manteniendo registros por encima de 3 en las ostras, durante casi todo el periodo experimental, excepto para los meses noviembre, diciembre y enero, donde los valores fueron menores a 3; resultados similares fueron obtenidos en los bivalvos

Ostrea edulis (ABAD *et al.*, 1995), *M. galloprovincialis* (VENTRELLA *et al.*, 2008) y *N. nodosus* (FREITES *et al.*, 2010). Estos autores sugieren que los altos valores de la relación n-3/n-6 en las ostras pueden deberse a la calidad del fitoplancton del que se alimentan, el cual, generalmente presenta altos niveles de ácidos grasos de la serie n-3, como el 22:6 n-3 y 20:5n-3.

Los ácidos grasos saturados mostraron una contribución considerable en el perfil lipídico de *P. colymbus* durante el ensayo, estos resultados son semejantes a los reportados para los bivalvos *M. galloprovincialis* (VENTRELLA *et al.*, 2008); *N. nodosus* (FREITES *et al.*, 2010); *Arca noae*, *Modiolus barbatus*, *M. galloprovincialis* y *Ostra edulis* (EZGETA-BALIĆ *et al.*, 2012) y *Crassostrea corteziensis* (HURTADO *et al.*, 2012b); los cuales presentaron importantes contenidos de estos compuestos, especialmente el ácido graso 16:0. Los altos niveles de este ácido graso en *P. colymbus* puede deberse no solo al fitoplancton consumido sino también al material detrítico, bacterias y otros componentes orgánicos ingeridos por estos animales filtradores, dado que se ha demostrado que los mismos presentan una alta proporción de este tipo de ácido graso (FREITES *et al.*, 2002; PARRISH *et al.*, 2005, PRATO *et al.*, 2010).

Los ácidos grasos saturados son de suma importancia fisiológica en los moluscos bivalvos, siendo referidos como moléculas que intervienen tanto en la formación de estructuras (fosfolípidos) como para la generación de energía metabólica (triglicéridos), especialmente cuando la disponibilidad de alimento es baja y ante situaciones de estrés ambiental (PAZOS *et al.*, 1997; KOFTAYAN *et al.*, 2010; Hurtado *et al.*, 2012b).

Los ácidos grasos con cadenas no interrumpidas por grupos metilenos (NMID) se observaron durante todo el periodo de estudio y en mayor proporción en los últimos meses de la investigación. Estos ácidos grasos han sido reportados por otros autores en otras especies, entre los que podemos citar: *M. galloprovincialis* (FREITES *et al.*, 2002), *Nodipecten subnodosus* (PALACIOS *et al.*, 2005), *Crassostrea corteziensis*

(HURTADO *et al.*, 2012b), *M. barbatus*, *M. galloprovincialis* y *O. edulis* (EZGETA-BALIĆ *et al.*, 2012) y *Arca noae* (DUPCIC-RADIC *et al.*, 2014). Los ácidos grasos NMID pueden ser sintetizados por los moluscos bivalvos, y el aumento de los mismos ha sido asociado con bajos niveles de ácidos grasos esenciales durante la reproducción y maduración de los bivalvos (PALACIOS *et al.*, 2005; KRAFFE *et al.*, 2002). Además, estos han sido observados en mayor proporción en los fosfolípidos, lo que sugiere una función de tipo estructural, distribuyéndose en mayor cantidad en aquellos órganos más expuestos a los ambientes inmediatos como el manto, branquias y pie (TAKAGI *et al.*, 1980; KLINGENSMITH, 1982).

El análisis de correspondencia canónica revela que la sumatoria de ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs), la sumatoria n-3 y los ácidos grasos 20:5n-3, 20:1n-7NMID y 16:0 fueron correlacionados positivamente con la clorofila *a* e inversamente con la temperatura, resultados que concuerdan con los mostrados por FREITES *et al.*, (2010), en el pectínido *N. nodosus*. Sin embargo, NARVÁEZ *et al.* (2009), a diferencia de esta investigación, solo señalaron en el mejillón *P. perna* relaciones directas entre la clorofila *a* y la temperatura.

La clorofila *a* (estimación de la biomasa fitoplanctónica) y la temperatura son parámetros que modulan las concentraciones de la mayoría de los ácidos grasos, y esto se debe a que el fitoplancton presenta elevadas proporciones de ácidos grasos que son aprovechados por otros organismos de la cadena trófica, en especial los que no pueden ser sintetizados de *ново* por los organismos marinos como los ácidos grasos esenciales que se encuentran en grandes concentraciones en el fitoplancton, y que cumplen varias funciones entre ellas, reproductivas, estructurales y energéticas, (CHUECAS & RILEY, 1969; KANAZAWA *et al.*, 1979). En lo referente a la temperatura, éste parámetro es un determinante crucial de la distribución bio-geográfica, funcionamiento de los ectotermos marinos y cambios en la bioquímica de los organismos, como la sensibilidad térmica en los procesos de membranas y esto se debe al fuerte efecto de ésta con las propiedades físicas de los lípidos (HOCHACHKA

& SOMERO 2002). Fluctuaciones en la temperatura, por lo general, reducen la fluidez de las membranas, que puede conducir en los lípidos de la membrana, a un fenómeno conocido como adaptación homeoviscosa. Otros efectos de la temperatura en los organismos marinos es que las variaciones de ésta inducen en numerosos organismos la síntesis de ácidos grasos saturados o insaturados (LEWIS, 1962; EGHTESSADI-ARAGHI & DARVISHBASTAMI, 2011).

En el presente estudio, la razón Clorofila *a*/POM y el índice de surgencia mostraron relaciones directas con los ácidos grasos con funciones principalmente energéticas, 14:0, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3 y 18:4n-3, resultados que concordaron con lo reportado por FREITES *et al.*, (2002), quienes mencionan que estos ácidos grasos estuvieron correlacionados directamente con la razón Clorofila *a*/POM. Esta relación puede explicarse si tomamos en cuenta que en el periodo de surgencia hay un afloramiento de nutrientes y como consecuencia el aumento del componente planctónico (OKUDA *et al.*, 1978), entre ellos el fitoplancton que es la mayor fuente de alimento de los moluscos bivalvos y es considerada a su vez, la principal fuente en las cadenas tróficas marinas de los ácidos grasos 18:1n-9, 18:4n-3, 18:3n-3 y 18:2n-6; estos ácidos grasos esenciales son los precursores de los ácidos grasos de cadena más largas como 20:5n-3 y 22:6n-3 (SARGENT, 1976 y VALENZUELA & NIETO, 2003).

Finalmente, los resultados de esta investigación demuestran que los parámetros ambientales modulan las concentraciones de los ácidos grasos, preponderantemente los de importancia metabólica de la ostra alada *P. colymbus* cultivada en sistemas suspendido.

CONCLUSIONES

Los ácidos grasos con mayores contenidos en *P. colymbus* fueron los poliinsaturados, AGPIs, y entre estos destacan el 20:5n-3 (EPA) y el 22:6n-3 (DHA).

La clorofila *a* y la temperatura fueron las variables ambientales que modularon la varianza observada en los niveles de ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) de la ostra alada *P. colymbus*, a lo largo del periodo de estudio.

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs), los n-3 y los de importancia metabólica (20:5n-3, EPA; 20:1n7NMID y 16:0) mostraron correlaciones directas con la clorofila *a* y el seston e inversa con la temperatura.

Los ácidos grasos n-6 y los saturados se correlacionaron positivamente con el índice de surgencia.

Las variables ambientales modularon las proporciones de los ácidos grasos de la ostra alada *P. colymbus*.

Los altos porcentajes de participación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y más específicamente los n3 y n6, ponen de manifiesto los posibles beneficios nutricional que esta especie aportaría a la salud humana.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios sobre el porcentaje de proteínas y carbohidratos totales para completar el estudio bioquímico de esta especie de ostra y así con esta información incentivar e implementar su cultivo en diferentes localidades. De igual forma, realizar estudios similares para otras especies de moluscos bivalvos en los que se desconozca su bioquímica y que posean potencial para la acuicultura.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, M., C. RUIZ, D. MARTÍNEZ, G. MOSQUERA, J. L. SÁNCHEZ. 1995. Seasonal variations of lipid classes and fatty acids in flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrán (Galicia Spain). *Comp. Biochem. Physiol.* 110: 109-118.
- ABLANQUE, F. & F. BORRERO. 1995. Influencia de la selectividad por sustrato de fijación de la *Pteria colymbus* (Bivalvia: Pteriidae) en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. *VICOLACMAR* 1: 11.
- ACKMAN, R.G, C. S. TOCHER & T. McLACHLAN. 1968. Marine phytoplankter fatty acids. *J. Fish. Res. Board Can.* 25: 1603-1620.
- ALBORNOZ, L. 1984. Variación quincenal de la composición química de la ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) natural y cultivada en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita. Trabajo de pregrado. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
- BADUI, S. 1999. *Química de los alimentos*. Addison Wesley Longman de México. México D.F., México. 300 pp.
- BENÍTEZ, J. & T. OKUDA. 1971. Variación estacional de la composición química del mejillón *Perna perna* natural. *Bol. Ins. Ocean. Univ. Oriente.* 10: 3-8.
- BAYNE, B. L. (1976). *Aspects of reproduction in bivalve mollusc*. In: *Estuarine Processes*. M. Wiley (Edit.), Academic Press, London. Vol. 1, pp. 432-448.
- BLIGH, E. G. & W. J. DYER. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-915.
- BONILLA, J. 1975. Variación mensual de la composición química del ostión de mangle en la Laguna Las Maritas (Venezuela). *Boletín del Instituto Oceanográfico, Universidad Oriente.* 14: 117-127.
- BONILLA, J., J. BENITEZ & T. OKUDA. 1969. Variación estacional de la composición química del ostión *C. rhizophorae* (Guilding) en Laguna Grande y la Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Ocea, Universidad Oriente.* 8: 46-52.
- BRETT, M & D. MÜLLER-NAVARRA. 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. *Freshwater Biology.* 38: 483-499.
- CAERS, M., P. COUTTEAU & P. SORGELOOS. 2000. Impact of starvation and of feeding algal and artificial diets on the lipid content and composition of juvenile oysters (*Crassostrea gigas*) and clams (*Tapes phillipinarum*). *Mar. Biol.* 136: 89-899.
- CHUECAS, L. & J. P. RILEY. 1969. Component fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 49: 97-116.
- CHRISTIE, W. 1973. *Lipids analysis*. Pergamon Press. New York.
- D'ARMAS, H., T. KOFTAYAN & J. MILANO. 2009. Composición de lípidos del mejillón verde (*Perna viridis*) en periodo de maduración, proveniente de diferentes localidades, mediante métodos cromatográficos y de RMN13C.

- Parte II. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*. 21 (3): 235-243.
- DE MORENO, J.E.A., V. MORENO & R. BRENNER. 1976a. Lipid metabolism of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*: I. Composition of the lipids. *Lipids*. 11 (7): 334-340.
- DE MORENO, J.E.A., V. MORENO & R. BRENNER. 1976b. Lipid metabolism of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*: II. Polyunsaturated fatty acid metabolism. *Lipids*. 11 (7): 561-566.
- DE MORENO, J.E.A., R. POLLERO, V. MORENO & R. BRENNER., 1980. Lipids and fatty acids of the mussel (*Mytilus platensis* d'Orbigny) from South Atlantic waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48: 263-276.
- DÍAZ, J. & M. PUYANA. 1994. *Moluscos del Caribe Colombiano*. Primera edición. Colciencias y Fundación Natura. Invemar. Bogotá (Colombia). 112.
- DUINKER, A., B. E. TORSTENSEN & Ø. LIE. 2004. Lipid classes and fatty acid composition in female gonads of great scallops. A selective field study. *J. Shellfish Res.* 23: 507-514.
- DUPČIĆ RADIĆ, I., M. CARIĆ, M. NAJDEK, N. JASPRICA, N. BOLOTIN, M. PEHARDA & A. BRATOŠ CETINIĆ. 2014. Biochemical and fatty acid composition of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Mali Ston Bay, Adriatic Sea. *Mediterr. Mar. Sci.* 15 (3): 520-531.
- EGHTESADI-ARAGHI, P. & K. DARVISH BASTAMI. 2011. An integrated approach on interconnected effects between selected environmental parameters and fatty acid composition in mollusks. *Res. J. Env. Sci.* 5(4): 310-315.
- EZGETA-BALIĆ, D., M. NAJDEK, M. PEHARDA & M. BLAZINA. 2012. Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves. *Aquaculture*. 334-337: 89-100.
- FERNÁNDEZ-REIRIZ, M. J., U. LABARTA & J. M. F. BABARRO. 1996. Comparative allometries in growth and chemical composition of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two zones in the Ría Sada (Galicia, NW Spain). *J. Shellfish Res.* 15: 349-53.
- FREITES L. 2002. Composición bioquímica, clases de lípidos y ácidos grasos del mejillón *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), en cultivo. Influencia del origen de las semillas y de los parámetros ambientales (para obtener el título de Doctor). Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela (ESPAÑA). 164 pp.
- FREITES L., M. FERNÁNDEZ-REIRÍZ & U. LABARTA. (2002) Lipid classes of mussel seeds *Mytilus galloprovincialis* of subtidal and rocky shore origin. *Aquaculture*. 207:97-111.
- FREITES, L., N. GARCÍA, L. TROCCOLI, A. N. MAEDA-MARTÍNEZ & M. J. FERNÁNDEZ-REIRIZ. 2010. Influence of environmental variables and reproduction on the gonadal fatty acid profile of tropical scallop *Nodipecten nodosus*. *Comp. Biochem. and Physiol.* 157: 408-414.
- FREITES, L., GARCÍA, N., LODEIROS, C., MAEDA-MARTÍNEZ, A. N., TROCCOLI, L., VÁSQUEZ, A. & GUDERLEY, H. 2013. Seasonal change in macromolecular support of reproduction of the tropical scallop *Nodipecten nodosus*: evidence from lipid content and fatty acid profiles of four tissues. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 93 (7): 1871-1880.

- FREITES, L., M. ROJAS, A. DALE, A. MÁRQUEZ, J. REVILLA, L. TROCCOLI & C. LODEIROS. Growth and survival of the winged oyster *Pteria colymbus* in suspended culture: influence of environmental factors associated to upwelling periods (Submitted). *Aquacult. Internat.* (en prensa).
- GALAP, P., NETCHITAILO, F. LEBOULENGER & J.P. GRILLOT, 1999. Variations of fatty acid contents in selected tissues of the female dog cockle (*Glycymeris glycymeris* L., Mollusca, Bivalvia) during the annual cycle. *Com. Biochem and Physiol.* 122: 241-254.
- HARWOOD J. L & I. A. GUSCHINA. 2009. The versatility of algae and their lipid metabolism. *Biochimie.* 91: 679-684.
- HINZPETER, I. 2008. Identificación de microorganismos del orden Thraustochytriales provenientes de la zona costera de Puerto Montt, Chile y determinación de la capacidad de producción de ácido docosahexaenoico. Trabajo de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales. Universidad de la frontera. Temuco, Chile.
- HOCHACHKA, P. M. & G. N. SOMERO. 2002. *Biochemical Adaptation*. Princeton University Press, Oxford, pp: 466.
- HURTADO, M., I. RACOTTA, F. ARCOS, E. MORALES-BOJÓRQUEZ, J. MOAL, P. SOUDANT & E. PALACIOS. 2012. Seasonal variations of biochemical, pigment, fatty acid, and sterol compositions in female *Crassostrea corteziensis* oysters in relation to the reproductive cycle. *Comp. Biochem. and Physiol.*. Part B 163: 172-183.
- KLINGENSMITH, J.S., 1982. Distribution of methylene and non-methylene interrupted dienoic fatty acids in polar lipids and triacylglycerols of selected tissue of the hardshell clam (*Mercenaria mercenaria*). *Lipids* 17: 976-981.
- KANAZAWA, A.; TESHIMA, S. & ONO, K. 1979 a. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of inolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp. Biochem. and Physiol.*, 63: 295-298.
- KOFTAYAN, T., J. MILANO, H. D'ARMAS & G. SALAZAR. 2010. Perfil de lípidos y ácidos grasos de *Perna viridis*, mejillón verde (Mollusca: Bivalvia) en el oriente venezolano y la costa oeste de Trinidad. *Rev. Biol. Trop.* 59 (1): 171-182.
- KRAFFE E., P. SOUDANT, Y. MARTY, N. KERVAREC, & P. JEHAN. 2002. Evidence of a tetradocosahexaenoiccardiolipin in some marine bivalves. *Lipids.* 37: 507-514.
- LEAF, D. 1990. Ácidos grasos n-3 y enfermedades coronarias. *Tribuna médica.* 73: 280-384.
- LECHNINGER, A. 1998. *Bioquímica, las bases moleculares de la estructura y función celular*. Segunda Edición. Omega, S.A. Barcelona, España.
- LEWIS, R. W. 1962. Temperature and pressure effects on the fatty acids of some marine ectotherms. *Comp. Biochem. Physiol.* 6: 75-89.
- LODEIROS C., J.J. RENGEL & J.H. HIMMELMAN. 1999. Growth of *Pteria colymbus* (Röding, 1798) in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *J. Shellfish Res.* 18: 155-158.
- MALAVÉ, D. 1982. Composición química y contenido de elementos trazas en el botuto *Strombus gigas* (Linnaeus, 1758). Trabajo de pregrado, Universidad de

- Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
- MANDELLI, E. & FERRÁZ-REYES, E. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Inst. Revue. fes. Hydrobiol.* 67: 85-95.
- MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Soc. Cien. Nat.* 24: 1-70.
- MÁRQUEZ, B. 1999. Variación estacional de la fijación de la ostra negra *Pteria colymbus* (Roding, 1798) (Bivalvia: *Pteriidae*) a diferentes profundidades en la localidad de Turpialito, golfo de Cariaco, estado Sucre. Tesis de grado para obtener el título de Licenciado en Biología. Escuela de Ciencias. Universidad de Oriente.
- MORRISON, R. Y BOYD, R. 1998. *Química Orgánica*. Quinta Edición. Addison Wesley Longman de México, S.A., Naucalpan de Juárez, Edo. De México.
- NAPOLITANO, G.E., B. A. MACDONALD, R. J. THOMPSON. R. G. ACKMAN. 1992. Lipid composition of eggs and adductor muscle in giant scallops (*Placopecten magellanicus*) from different habitats. *Mar. Biol.* 113: 71-76.
- NARVÁEZ, M., FREITES, L., MENDOZA, J. & GUEVARA, M. 2009. Influence of spat origin and environmental parameters on biochemical composition and biometry of the brown mussel *Perna perna* (Linné, 1758), under culture conditions. *Rev. Bio. Mar. Ocean de Chile.* 44 (2): 342-355.
- OKUDA, T., J. BENÍTEZ-ÁLVAREZ, J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Ocenogr. Vzla. Univ. Oriente*, 17: 69-88.
- PALACIOS, E., I. S. RACOTTA, E. KRAFFE, Y. MARTY, J. MOAL & J. F. SAMAINC. 2005. Lipid composition of the giant lion's-paw scallop (*Nodipecten subnodosus*) in relation to gametogenesis. I. Fatty acids. *Aquaculture* 250: 270-282.
- PARRISH C. C., R. J. THOMPSON & D DEIBEL. 2005. Lipid clases and fatty acids in plankton and settling matter during the spring bloom in a cold ocean coastal environment. *Mar. Ecol.* 286: 57-68.
- PAZOS, A.J., G. ROMÁN, C. P. ACOSTA, J. L. SÁNCHEZ & M. ABAD. 1997. Lipid classes and fatty acid composition in the female gonad of *Pecten maximus* in relation to reproductive cycle and environmental variables. *Comp. Biochem. Physiol. ParteB* 117: 393-402.
- PIRELA-OCHOA, E., L. TROCCOLI & I. HERNÁNDEZ-ÁVILA. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la Bahía de Charagato, isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr.* 47:3-15.
- PRATO, E., A. DANIELI, M. MAFFIA & F. BIANCOLINO. 2010. Lipid and Fatty Acid Compositions of *Mytilus galloprovincialis* Cultured in the Mar Grande of Taranto (Southern Italy): Feeding Strategies and Trophic Relationships. *Zool. Studies.* 49 (2): 211-219.
- ROSARIO, L. 1973. Variación mensual en la Composición química de la ostra *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1790) de la zona de Guariquén. Tesis de pregrado, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
- RUANO, F, P. RAMOS, M. QUARESMA, N. M. BANDARRA, I. PEREIRA DA FONSECA. 2012. Evolution of fatty acid profile and Condition Index in mollusc bivalves

- submitted to different depuration periods. *Rev. Portuguesa. Cienc. Veter.* 107: 75-84.
- RUZ, M., ARAYA, H., ATALA, E. & SOTO, D. 1996. Nutrición y salud, Departamento de nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 454 p.
- SATO N. & N. MURATA. 1988. Membrane lipids. *Methods Enzimology*. 167: 251-275.
- SAITO, H. 2004. Lipid and FA composition of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*: Influence of season and maturation. *Lipids*. 39: 997-1005.
- SARGENT, J. R. 1976. The structure, metabolism and function of lipids in marine organisms. *Biochem. Biophys. Perspect. Mar. Biol.* 3: 149-212.
- SERRANO, I. 1982. Variación estacional en la composición química de la ostra *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1970) cultivada en los caños de Guariquen. Tesis de pregrado, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.
- SOUDANT, P., K. RYCKEGHEM, Y. MARTY, J. MOAL, J. SAMAIN & SORGELOOS, P., 1999. Comparison of the lipid class and fatty acid composition between a reproductive cycle in nature and a standard hatchery conditioning of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Comp. Biochem. Physiol.* 123B: 209-222.
- STRICKLAND, J. D. & T. R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fisheries Research Board Canada*. 167: 1-310.
- TAKAGI, T., C. A. EATON, R. G. ACKMAN. 1980. Distribution of Fatty Acids in Lipids of the Common Atlantic Sea Urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canad J. Fish. and Aqua. Sci.* 37(2): 195-202.
- TER BRAAK, C. J., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- VALENZUELA A, C. ROMO & S. NIETO. 1995. Tecnologías aplicables a la industrialización de aceites marinos para permitir su aplicación a la alimentación. *Alimentos*. 20: 1-14.
- VALENZUELA, A. 1999. El ácido docosahexaenoico (DHA) su esencialidad y requerimientos. *Revista Chilena de Nutrición*. 26(3): 279-287.
- VALENZUELA, A. & S. NIETO. 2003. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: Su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena Pediatría*. 74: 149-157.
- VENTRELLA, V., M. PIRINI, A. PAGLIARANI, F. TROMBETTI, M. P. MANUZZI, A. R. BORGATTI. 2008. Effect of temporal and geographical factors on fatty acid composition of *M. galloprovincialis* from the Adriatic Sea. *Comp. Biochem. Physiol.* Parte B 149: 241-250.
- YÁÑEZ, D., H. D'ARMAS, G. SALAZAR, M. RANAUDO & D. REYES. 2010. Perfil lipídico de la ostra negra *Pteria colymbus* (Röding, 1798) proveniente de Punta Arena, estado Sucre, Venezuela. *Ciencia*. 18 (2): 137-146.
- ZILLER, S. 1996. *Grasas y aceites alimentarios*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 71p.

HOJA DE METADATOS

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

Título	Influencia de las variables ambientales sobre el perfil lipídico de la ostra alada <i>Pteria colymbus</i> cultivada bajo condiciones suspendidas, en la ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, estado sucre, Venezuela
Subtítulo	

Autor (es)

Apellidos y Nombre	Código CVLAC /e-mail	
Peñuela Jiménez José Humberto	CVLAC	17672102
	e-mail	Jhpj85@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Perfil lipídico, <i>Pteria colymbus</i> , Turpialito
--

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

Resumen (abstract):

Pteria colymbus es una especie de molusco bivalvo que presenta características que la hacen una excelente candidata para la acuicultura, debido a su fácil manejo y calidad nutricional, en especial su contenido de ácidos grasos. Con la finalidad de aportar información ecofisiológica que permita optimizar la producción de este recurso, en la presente investigación se evaluó la influencia de las variables ambientales sobre el perfil lipídico de este organismo. A tal efecto, se realizaron cultivos suspendidos en la Estación Hidrobiológica de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. Durante el desarrollo de la investigación, abril 2012 - enero 2013, se determinaron en las ostras los contenidos de lípidos totales por métodos espectrofotométricos y de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas; además, se midieron las variables ambientales (clorofila *a*, temperatura, seston total y orgánico e índice de surgencia) y se correlacionaron con el perfil lipídico. Los lípidos totales en *P. colymbus* presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$; $F = 0,000$) entre los meses del periodo experimental, variando su contenido entre 10,49% (septiembre) - 20,23% (agosto). Los ácidos grasos con mayores contenidos fueron los poliinsaturados, AGPIs, y entre estos destacan el 20:5n-3 (Ácido Eicosapentaenoico) y el 22:6n-3 (Ácido Docosahexaenoico), con valores máximos en enero 2013 ($8,40 \pm 1,40$ %) y mayo 2012 ($35,30 \pm 0,03\%$), respectivamente. Se observaron correlaciones directas entre la clorofila *a*, el seston, sumatoria de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y la sumatoria de ácidos grasos n-3 e inversa entre todos estos con la temperatura; por su parte, el índice de surgencia estuvo correlacionado positivamente con la sumatoria de ácidos grasos n-6 y los ácidos grasos saturados. Los ácidos grasos de importancia metabólica (20:5n-3; 20:1n7NMID y 16:0) mostraron correlaciones directas con la clorofila *a* e inversa, con la temperatura. Además, se obtuvieron correlaciones directas entre el índice Clorof/POM y los ácidos 18:3n-3, 18:4n-3 y 14:0, y el índice de surgencia con los ácidos grasos 18:2n-6 y 18:1n-9. Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las variables ambientales modularon las proporciones de los ácidos grasos de la ostra alada *P. colymbus*.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombre	ROL / Código CLAC / e-mail									
Freites Valbuena Luis Felipe	ROL	CA		A		TU		JU		
	CVLAC	4.181.869								
	e-mail									
	e-mail									
Brito Leonor	ROL	CA		A		TU		JU		
	CVLAC									
	e-mail									
	e-mail									
Romero Lolymar	ROL	CA		A		TU		JU		
	CVLAC									
	e-mail									
	e-mail									

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	01	27

Lenguaje: spa

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

Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-PEÑUELA.Doc	Aplication/Word

Alcance:

Espacial: Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: MAGISTER SCIENTIARUM EN CIENCIAS MARINAS, MENCIÓN BIOLOGÍA MARINA

Nivel Asociado con el Trabajo: : MAGISTER SCIENTIARUM

Área de estudio: Biología

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

Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°075

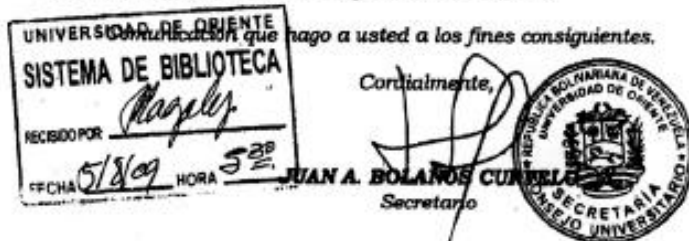
Cumand, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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



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

JABC/YGC/manja

Apartado Correos 094 / Teléf: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumand - Venezuela

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

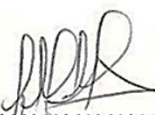
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizado para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo,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

Autor



Jurado Examinador:

Dr. Luis Freites

(Tutor).....
C.I.: 4.181.869

Dra. Leonor Brito

.....
C.I.: 5.083.473

M.Sc. Lolymar Romero

.....
C.I.: 13.539.427