

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL

BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN JUVENILES Y ADULTOS (HEMBRAS Y MACHOS) DE *Callichirus garthi* (RETAMAL, 1975) “CAMARÓN FANTASMA” DE LA PLAYA “AGUAS FRÍAS”, BAHÍA EL FERROL (CHIMBOTE, PERÚ).

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
BIÓLOGO ACUICULTOR**

TESISTAS:

Bach. Flores Castillo Marileysi Kiara

Bach. Villanueva Meléndez Tania Catherine

ASESOR:

Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL

BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN JUVENILES Y ADULTOS (HEMBRAS Y MACHOS) DE *Callichirus garthi* (RETAMAL, 1975) “CAMARÓN FANTASMA” DE LA PLAYA “AGUAS FRÍAS”, BAHÍA EL FERROL (CHIMBOTE, PERÚ).

“TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO ACUICULTOR”

Revisado Y Visto Bueno Del Asesor

Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas

**NUEVO CHIMBOTE, DICIEMBRE 2015
PERÚ**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL

BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN JUVENILES Y ADULTOS (HEMBRAS Y MACHOS) DE *Callichirus garthi* (RETAMAL, 1975) “CAMARÓN FANTASMA” DE LA PLAYA “AGUAS FRÍAS”, BAHÍA EL FERROL (CHIMBOTE, PERÚ).

TESISTAS:

Flores Castillo Marileysi Kiara

Villanueva Meléndez Tania Catherine

Aprobado por el jurado evaluador integrado por los siguientes miembros:

.....
Dr. Walter Reyes Avalos

Presidente

.....
Dr. Guillermo Saldaña Rojas

Miembro

.....
Blgo. Acuic. Juan Carhuapoma Garay

Miembro

NUEVO CHIMBOTE, DICIEMBRE 2015

PERÚ

DEDICATORIA

A mi padre celestial por darme vida, salud y la fortaleza para poder cumplir con mis metas; sobre todo por su amor que llena de bendiciones mi vida.

A mis abuelos queridos, Marina Jara y Juan Castillo por su gran amor, esfuerzo y dedicación, haciendo de mí una persona de cualidades y con deseos de superación.

A mis padres, hermanos, tíos y primos por fortalecer y llenar de dicha las diversas etapas de mi vida dándome orientaciones para seguir siempre adelante y poder culminar este gran desafío.

A mis ángeles que siempre iluminan mi camino, fortaleciendo mi vida y haciendo que tome las decisiones más acertadas para poder superar las grandes adversidades.

Kíara

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino, brindarme la fortaleza y bendecirme cada día de mi vida.

A mi hija preciosa Angie, por brindarme su alegría, amor y por ser mi mayor inspiración para seguir siempre adelante hacia el logro de mis anhelos.

A mi esposo Andrei, por estar a mi lado cada momento de mi vida, por brindarme su confianza y respeto, por todo su amor y comprensión.

A mi madre Yeny, por darme la vida, por apoyarme incondicionalmente en todo momento, por aconsejarme y brindarme sus mejores deseos, para el logro de cada una de mis metas.

A mi familia y amigos, por sus apoyos brindados, la cual contribuyeron alcanzar este logro.

Tania

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Guillermo Saldaña Rojas, por aceptar el desafío de guiarnos durante el proceso de elaboración y culminación de la tesis; y sobre todo por brindarnos su fortaleza en los momentos de desaliento y frustración.

Al Mg. Rómulo Loayza Aguilar, por el planteamiento de la idea y por su apoyo en la ejecución de la tesis, dándonos todos sus conocimientos referentes al espécimen y las instrucciones para optimizar el trabajo en campo.

A la Blg^a. Acuic. Miriam Velázquez Guarniz y profesores de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura, quienes al impartir sus conocimientos y orientaciones, nos proporcionaron las bases necesarias para desempeñarnos de forma correcta en el campo laboral.

A los Ing^{os}. Agroind. Soledad Quezada Berrú, Jesús Grabiél Diestra Balta y Eudes Villanueva López, por apoyarnos incondicionalmente y compartir sus conocimientos sobre la extracción de lípidos y análisis de ácidos grasos; y por las orientaciones que nos dieron durante la ejecución de la tesis.

Al Dr. Gilbert Rodríguez Paucar y a todo el personal que labora en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA), por permitirnos realizar la liofilización, extracción de aceites y los análisis de ácidos grasos; también por apoyarnos en la manipulación de los equipos y por compartir sus conocimientos.

A nuestras familias que nos apoyaron moral y económicamente para poder hacer posible la culminación del presente trabajo.

Las autoras

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1.	Localización del área de muestreo.....	4
2.2.	Material biológico.....	4
2.3.	Tipo de investigación.....	4
2.4.	Colección de muestras	5
2.5.	Acondicionamiento de la materia prima	5
2.6.	Obtención de la harina de <i>C. garthi</i>	6
2.7.	Extracción del aceite de <i>C. garthi</i>	7
2.8.	Determinación de los ácidos grasos por cromatografía de gases	8
2.9.	Parámetros fisicoquímicos de la playa “Aguas frías”	10
2.10.	Análisis estadístico.....	10
III.	RESULTADOS.....	11
3.1.	Grupo de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> por estación de muestreo	11
3.2.	Concentración de tipos de ácidos grasos de juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> por estación de muestreo	11
3.3.	Ácidos grasos poliinsaturados de juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> por estación de muestreo y relación ω 3: ω 6.....	14
3.4.	Concentración de tipos de ácidos grasos de juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> por estaciones de muestreo.....	14
3.5.	Parámetros de calidad de agua de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”	17

IV.	DISCUSIÓN	18
V.	CONCLUSIONES	23
VI.	RECOMENDACIONES.....	23
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
VIII.	ANEXOS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de la determinación de ácidos grasos en aceite de pescado por cromatografía de gases, de acuerdo al método FAMES.	9
Figura 2. Comparación de concentraciones (promedios \pm DE) de ácidos grasos de los juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> evaluados en las tres estaciones de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”.	16

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo ubicadas en la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”, Chimbote, Perú.	4
Tabla 2. Talla y peso (promedio \pm DE) de <i>C. garthi</i> en estadios juvenil y adulto (hembras y machos), procedentes de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol (Chimbote, Perú).	6
Tabla 3. Concentración total (% \pm DE) de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) de los juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i>	11
Tabla 4. Concentración de ácidos grasos (% \pm DE) de juveniles y adultos (hembras y machos) de <i>C. garthi</i> de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”.	13
Tabla 5. Ácidos grasos omega 6 y omega 3 de <i>C. garthi</i> , la relación ω 6: ω 3 y la relación de EPA: DHA.	14
Tabla 6. Parámetros físicos y químicos del agua de las estaciones de muestreo de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”, Chimbote, Perú.	17

RESUMEN

Se determinó el perfil de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de *Callichirus garthi* “camarón fantasma”, provenientes de la playa “Aguas frías” ubicada en la Bahía el Ferrol-Chimbote. La playa fue dividida en 4 estaciones, por cada una de ellas se realizaron 25 sifoneos. A través de liofilización, secado y molienda, se obtuvo harina de *C. garthi*, extrayéndose aceite mediante el método de Soxhlet, el que fue almacenado bajo una atmósfera de nitrógeno y puesto en refrigeración para su posterior análisis. El perfil de ácidos grasos fue determinado mediante el Método de DAC 991.39: Determinación de Esteres de Ácidos Grasos, utilizando un Cromatógrafo de Gases. Los resultados indican que los juveniles y adultos de este organismo, contienen 21 ácidos grasos, siete de ellos son ácidos grasos poliinsaturados alcanzando un 48,290 a 54,290 % del total. Se encontró una relación entre ácidos grasos $\omega 6$: $\omega 3$ inferior a 1 y una relación EPA: DHA mayor a 1. Los ácidos grasos esenciales más importantes fueron: gamma linolénico, linolelaídico, eicosatrienoico, docosadienoico, linolénico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico. Esta especie puede considerarse como una alternativa nutricional en el campo alimenticio de peces, camarones y también humano.

Palabras clave: *Callichirus garthi*, $\omega 3$, $\omega 6$, Eicosapentaenoico y Docosahexaenoico.

ABSTRACT

The fatty acid profile in young adults (males and females) of *Callichirus garthi* "ghost shrimp", from the beach "cold water" located in the Bay Ferrol-Chimbote is determined. The beach was divided into four seasons, each 25 siphons were performed. Through freeze drying and milling flour *C. garthi* was obtained, oil extracted by Soxhlet method, which was stored under nitrogen and placed in a refrigerator for later analysis. The fatty acid profile was determined by DAC 991.39 Method: Determination of fatty acid esters using a gas chromatograph. The results indicate that youth and adults of the organism, containing 21 fatty acids, seven of which are polyunsaturated fatty acids reaching 48,290 to 54,290 % of the total. $\omega 6:\omega 3$ less than 1 and a ratio EPA:DHA a relationship between fatty acids are found greater than 1. The most important essential fatty acids were: gamma linolenic, linolelaidic, eicosatrienoic, docosadienoico, linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic. This species may be considered as a nutritional alternative in the food field of fish, shrimp and also human.

Key words: *Callichirus garthi*, $\omega 3$, $\omega 6$, eicosapentaenoic and docosahexaenoic.

I. INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos y estomatópodos por sus diferentes formas de uso, son de gran importancia, reportándose para el Perú 403 especies de crustáceos decápodos y 15 estomatópodos, tanto para ambientes marinos como para aguas continentales (Moscoso, 2012). Martínez (2007), menciona que dentro de las comunidades macrobentónicas de los fondos blandos, se encuentran distribuidos organismos invertebrados, que viven en el interior o sobre los sedimentos (fangosos, fangosos-arenosos y arenosos); este grupo lo integran los anélidos poliquetos (*Diopatra neapolitana*, *Nephtys hombergii*, *Arenicola marina*, *Hediste diversicolor*, etc), gusanos segmentados, moluscos bivalvos como el berberecho (*Cerastoderma edule*) o almejas (*Ruditapes decussatus* y *R. philippinarum*), gasterópodos (*Nassarius reticulatus*, *Hydrobiaulvae*) y los crustáceos de los géneros *Upogebia*, *Callianassa* y *Callichirus*.

Manning & Felder (1991), aclaran que el género *Callianassa* está restringido a Europa y por lo tanto las especies peruanas, que anteriormente correspondía a este género, han sido reasignadas, así *Callianassa garthi* es *Callichirus garthi*. Estos crustáceos decápodos pertenecen a la Familia Callinassidae, Infraorden Thalassinidea (Wehrmann & Báez, 1997). Dentro de este género destaca el decápodo *C. garthi* llamado “camarón fantasma”, “sucho” o “nape”, se caracteriza por tener un cuerpo blando, cuyas quelas o pinzas presentan una gran diferencia de tamaño entre ellas y habitan las arenas fangosas del intermareal e infralitoral poco profundo de sitios protegidos de playas y esteros; en madrigueras que construyen con sus pereiópodos especializados (Marín & George-Nascimento, 1993).

Las características morfológicas que le permiten distinguirse de otras especies, según Hernáez *et al.* (2015), es que presentan el rostro triangular con un mechón de setas en la punta, ojos pedunculados cercanos con proyecciones post-corneales alargadas divergentes lateralmente, el pedúnculo antenular de la articulación 2 excede al pedúnculo antenular de la articulación 4, margen superior del pedúnculo antenular de la articulación setosa 1 y 2, quelípedo largo con isquion ligeramente curvado en el margen dorsal, igualmente en el margen espinoso flexor, dácilo con borde dentado, el quelípedo pequeño con un mero suave en el margen ventral, propodio y dácilo muy setoso, caparazón hialina transparente,

quelípodos blancos, primer y segundo pleópodo transparente, en las hembras maduras el ovario rojizo-anaranjado visible en la región pleonal, telson blanco y hialino, y un patrón de ranuras abdominales dorsales más blanquecinos en hembras y machos adultos.

En cuanto al dimorfismo sexual, Buitrón (1998), manifiesta que la características más notoria en los machos es que uno de los pereiópodos del primer par tiene un gran tamaño; además presenta una reproducción del tipo grupo-sincrónico, con una maduración gonadal prolongada y un solo período de desove al año, el cual se inicia en mayo y finaliza en Noviembre con una intensidad máxima entre Julio y Agosto.

Hernández & Wehrtmann (2007), indican que *C. garthi* es una especie filtradora y consume mayormente diatomeas y otras microalgas. Este organismo es un recurso eminentemente comercial, muy usado por los pescadores artesanales como carnada, lo que hace que el recurso sea explotado irracionalmente por personas que han encontrado una fuente de ingreso con la venta de este crustáceo a pescadores del norte del Perú, ocasionando una disminución de las colonias (Buitrón, 1998).

Un campo poco desarrollado dentro de la bioquímica y fisiología de los decápodos, es el metabolismo de lípidos (González, 1991). Los ácidos grasos son los principales constituyentes de los lípidos, presentando una cadena hidrocarbonada de longitud variable y un grupo carboxilo terminal; dependiendo de los enlaces simples o dobles, dan origen a los ácidos grasos saturados (AGS) o insaturados (AGI), respectivamente (Covarrubias & Ortega, 2002).

Existen ácidos grasos con mayor relevancia, como son los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ($\omega 3$ y $\omega 6$), muchos de estos no pueden ser sintetizados por el organismo, y es por ello que es necesario adquirirlos por medio de una dieta rica en estas moléculas (Méndez, 2010). Paradójicamente, la fabricación de alimento para engorde de peces carnívoros depende de la limitada producción de harinas y aceites de pescado (Turchini *et al.*, 2009), obtenidos de pesquerías tales como la anchoveta, el arenque y la sardina; por lo que los fabricantes de alimento se han visto forzados a la sustitución parcial de estas materias primas por otras de origen vegetal, con el fin de garantizar la sostenibilidad de esta actividad (Saldaña, 2011).

Los animales marinos tienen aceites ricos en ácido Eicosapentaenoico (EPA) y el ácido Docosaheptaenoico (DHA), y los camarones son capaces de sintetizar los ácidos grasos saturados, como el ácido palmítico, el ácido palmitoleico y el ácido esteárico, los cuales al parecer están relacionados con la reserva energética del animal, en el caso de las hembras maduras realizan la síntesis de triglicéridos como fuente de energía y se ha relacionado con la acumulación de ácidos grasos monoinsaturados en el ovario y hepatopáncreas de las mismas, entre tanto que el tejido corporal contiene principalmente colesterol y fosfolípidos (Noel, 2003). Andrade (2000) sostiene que las grasas de los crustáceos son en su mayoría poliinsaturadas, que contienen cantidades moderadas del ácido graso Omega 3, un componente terapéutico altamente solicitado y encontrado casi exclusivamente en los alimentos del mar.

Por ello, es urgente encontrar nuevos insumos que contengan altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados. Al no encontrar estudios referentes a la evaluación del perfil de ácidos grasos en *C. garthi*, nos formulamos el siguiente problema de investigación ¿Cuál es el perfil de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de *Callichirus garthi* (Retamal, 1975) “camarón fantasma”, de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol (Chimbote, Perú)?

El objetivo general del presente trabajo fue determinar el perfil de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de *Callichirus garthi* “camarón fantasma”, de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol (Chimbote, Perú). Y los objetivos específicos:

- Determinar los tipos de ácidos grasos presentes en juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi*.
- Determinar la predominancia de los diferentes tipos de ácidos grasos presentes en los estadios juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi*.
- Determinar la variación de ácidos grasos de los juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* por estaciones de muestreo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del área de muestreo

El área de muestreo correspondió a la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol, donde se estableció en la zona intermareal de la playa, con el uso de un GPS cuatro estaciones de muestreo (E_1 , E_2 , E_3 y E_4) (Tabla 1) (ANEXO 1). En la E_1 se observó la presencia de conchuelas como parte de su sustrato, mientras que la E_2 sólo tiene arena fina, estas dos estaciones estuvieron ubicadas en la parte más limpia de la playa, en el caso de la E_3 , a diferencia de las demás estaciones debido a las descargas del río Lacramarca se observó una gran deposición de sedimentos, encontrando un sustrato areno-fangoso, y en la zona dónde se ubicó la E_4 existe contaminación antropogénica y los organismos se extrajeron de la línea de baja marea, notándose las erupciones en la arena.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo ubicadas en la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”, Chimbote, Perú.

Coordenadas	Estaciones de muestreo			
	E_1	E_2	E_3	E_4
	09° 10' 24" S	09° 09' 36" S	09° 08' 48" S	09° 08' 32" S
	78° 34' 21" W	78° 33' 45" W	78° 33' 31" W	78° 33' 31" W

2.2. Material biológico

Población

Especímenes de *C. garthi* en estadios de juveniles y adultos (hembras y machos) colectados de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol, Chimbote, Perú, en las cuatro estaciones seleccionadas.

Muestra

Se utilizaron 104 especímenes de *C. garthi*, 68 fueron juveniles de 3 a 9 cm y 36 adultos de 9 cm a más.

2.3. Tipo de investigación

Investigación descriptiva o de una sola casilla por la forma de investigación y aplicada de acuerdo al diseño de investigación empleada.

2.4. Colección de muestras

Para la extracción de *C. garthi*, se utilizó un sifón denominado comúnmente como napera, elaborado empleando un tubo de PVC de 1 metro de largo por 2” de diámetro, a 2 m mar adentro, de la línea de baja marea se introdujo el sifón en la arena, realizándose la succión, la boca del sifón se colocó en un tamizador para evacuar lo extraído y retirar la arena, el material orgánico y los organismos acompañantes (*Emerita analoga*, poliquetos, etc.). Los individuos colectados se colocaron en bolsas plásticas herméticas codificadas con el número de estación y se situaron dentro de un cooler con hielo para su traslado al laboratorio (ANEXO 2). Se realizaron 25 sifoneos separados entre ellas a 1 m distancia en cada estación, colectándose un total de 104 individuos. No hubieron adultos (hembras y machos) de *C. garthi* en la E₁ y en la E₃ no se encontraron estos organismos.

2.5. Acondicionamiento de la materia prima

Materia prima

Los especímenes de *C. garthi* colectados en la playa “Aguas frías” fueron trasladados en bolsas plásticas refrigeradas y almacenadas en un cooler, hacia el Laboratorio de Control de Calidad del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA) de la Universidad Nacional del Santa.

Lavado

En el laboratorio los organismos fueron lavados con abundante agua potable a fin de eliminar restos de arena y cualquier especie extraña, luego fueron puestos a secar sobre cartulinas blancas durante 15 min.

Registro biométrico y clasificación por estadíos y sexo

Se determinó el peso en forma individual empleando una balanza electrónica LX 4200 ($\pm 0,01g$) y la longitud total (LT) mediante un ictiómetro ($\pm 0,1cm$), se midieron desde la escotadura post orbital hasta el extremo posterior del telson, según la metodología de Reyes & Lujan (2003).

Los organismos fueron clasificados por estadío biológico en: juveniles (3-9cm) y adultos (9cm a más). Los adultos por presentar dimorfismo sexual de uno de los

pereiópodos del primer par conocido como quelípodo (machos con un quelípodo de gran tamaño y el de las hembras maduras son iguales en forma y tamaño) fueron separados por sexo (ANEXO 3). A partir de esta clasificación se establecieron los estadios de: juveniles (J) y adultos: hembras (H) y machos (M). Para las tallas y peso promedio, en el caso de los juveniles oscilaron entre 4,33 a 7,91 cm y de 0,77 a 6,27 g, en las hembras adultas fue de 9,60 a 10,30 cm y de 7,20 a 10,29 g, y para los machos varió entre 9,54 a 10,68 cm y de 8,17 a 12,34 g respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Talla y peso (promedio \pm DE) de *C. garthi* en estadios juvenil y adulto (hembras y machos), procedentes de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol (Chimbote, Perú).

Estaciones	Estadios					
	Juveniles		Adultos			
	Talla (cm)	Peso (g)	Hembras		Machos	
	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)
E ₁	4,33 \pm 0,80 ^a	0,77 \pm 0,63 ^d	--	--	--	--
E ₂	6,97 \pm 1,34 ^b	3,44 \pm 1,69 ^e	9,60 \pm 0,58 ^c	7,20 \pm 1,83 ^f	9,54 \pm 0,58 ^c	8,17 \pm 3,08 ^f
E ₃	--	--	--	--	--	--
E ₄	7,91 \pm 0,62 ^b	6,27 \pm 1,84 ^e	10,30 \pm 0,45 ^c	10,29 \pm 2,28 ^f	10,68 \pm 0,90 ^c	12,34 \pm 3,91 ^f
Promedio	6,40 \pm 1,86	3,49 \pm 2,75	9,95 \pm 0,25	8,75 \pm 2,19	10,11 \pm 0,81	10,26 \pm 2,95

DE: Desviación estándar.

-- No hubo organismos.

Letras diferentes: diferencias significativas ($p < 0,05$) en las columnas.

2.6. Obtención de la harina de *C. garthi*

Liofilización

Se utilizaron bandejas de metal codificadas con la estación y el estadio biológico (J, H y M); en estas bandejas se ubicaron los individuos de *C. garthi*, luego las bandejas fueron colocadas en el Liofilizador LABCONCO y se instalaron tres sensores, dos sensores se introdujeron en el cuerpo de estos organismos y uno quedo libre. Se mantuvieron a los organismos en el Liofilizador hasta igualar la temperatura de los tres sensores. Debido a que esta especie presenta gran cantidad de agua en su cuerpo, se logró la deshidratación pero no su total secado (ANEXO

4). Cuando la temperatura de los tres sensores se uniformizó, las bandejas fueron retiradas del Liofilizador y se cubrieron con papel aluminio para luego colocarlas en la estufa, finalmente se obtuvo el total secado de las muestras (ANEXO 5).

Se siguió la metodología establecida por Guerra *et al.* (2012), pero realizamos algunas modificaciones como son: no se realizó la congelación de los organismos tras su colección, se hizo la liofilización a -20 °C (el producto) durante 16 h y luego el secado en estufa durante 17 h a 55 °C.

Molienda

Después de retirar las muestras de la estufa, se procedió a la molienda con la ayuda de un mortero y pilón, la harina obtenida fue empaquetada en papel aluminio (ANEXO 6).

Almacenamiento

Se inyectó nitrógeno gaseoso a cada empaque para desplazar al oxígeno y evitar que los ácidos grasos se oxiden; estos paquetes se situaron en bolsas de plástico herméticas codificadas con la estación y el estadio (J, H y M); posteriormente las bolsas se colocaron dentro de una campana de desecación, esta campana contiene sílica gel que se utiliza para absorber la humedad (ANEXO 7).

2.7. Extracción del aceite de *C. garthi*

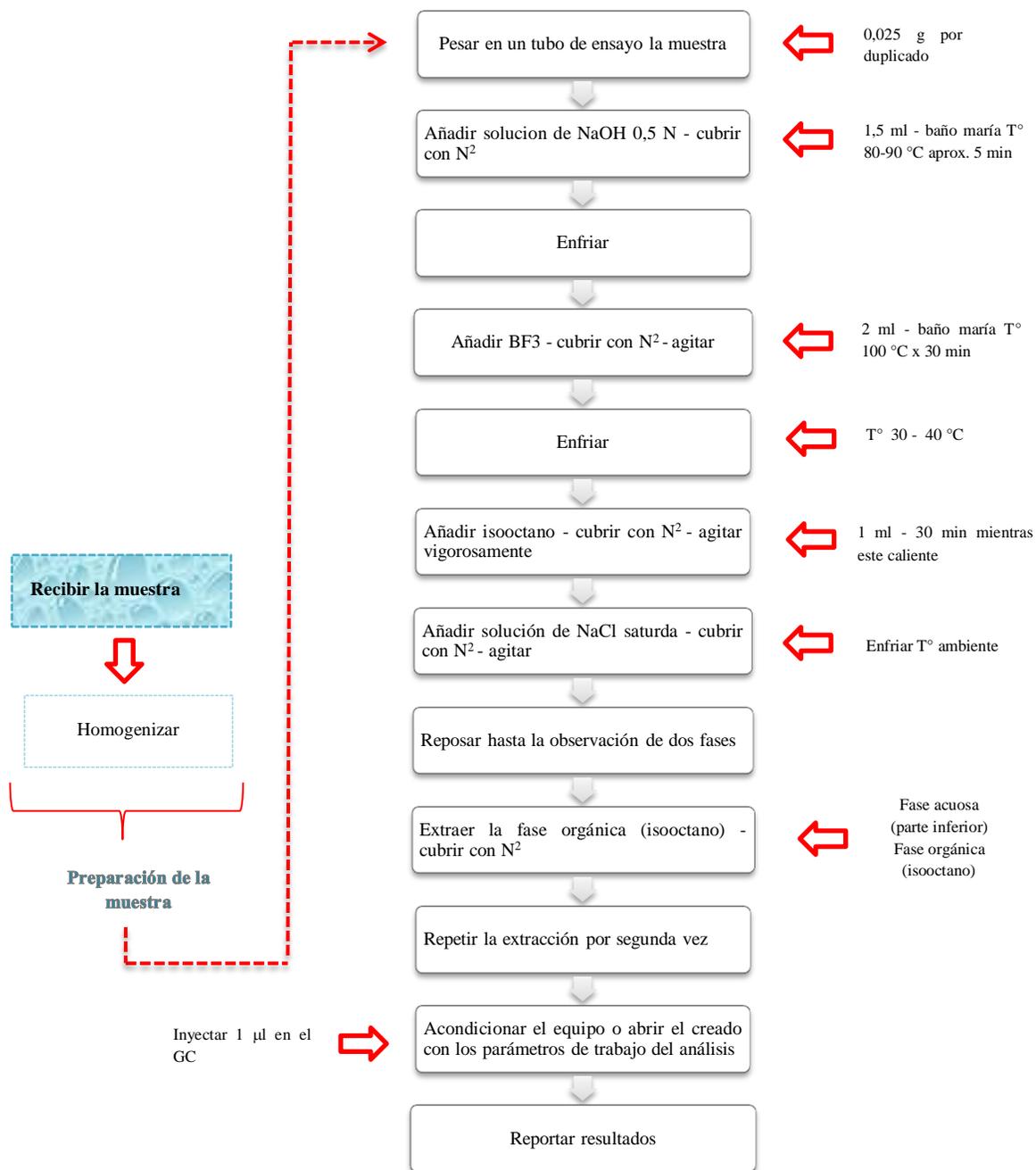
En una balanza analítica se pesaron 15 g de la harina de *C. garthi* de cada muestra y se colocaron en bolsitas hechas de papel filtro, luego fueron llevadas al equipo de Soxhlet para la extracción de aceites. El solvente empleado fue el éter de petróleo y se utilizó 180 ml para cada muestra, el proceso de extracción para cada muestra duró 4 h (ANEXO 8). Se siguió la metodología establecida por Núñez (2008).

El aceite obtenido fue almacenado en frascos viales (esterilizados y codificadas con la estación y estadio) de 10 ml color ámbar. Posteriormente se inyectó nitrógeno gaseoso a cada frasco y las tapas fueron selladas con cinta adhesiva masking tape; finalmente los frascos fueron puestos a refrigeración (-21 °C), para optimizar la conservación del aceite (ANEXO 9).

2.8. Determinación de los ácidos grasos por cromatografía de gases

Para determinar el perfil de ácidos grasos de *C. garthi*, se hizo un pre-tratamiento al aceite para convertirlos en esteres metílicos de ácidos grasos, y fueron preparados de acuerdo al método FAMES, AOAC 991.39 (Fig. 1).

La composición de ácidos grasos se determinó en el cromatógrafo de gases (Shimadzu, modelo GC- 2010, Japón), equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un muestreador automático Shimadzu AOC- 20Si. Una columna capilar de sílice SP Rt™ - 2560 (100 m x 0,25 mm con 0,25 µm film), se utilizó helio como gas portador a una velocidad de flujo de 30 ml/min y presión de 261,5 kPa. El Volumen de inyección fue de 1µl y por cada muestra se hicieron dos repeticiones.



Fuente: método FAMES

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de la determinación de ácidos grasos en aceite de pescado por cromatografía de gases, de acuerdo al método FAMES.

2.9. Parámetros fisicoquímicos de la playa “Aguas frías”

En las cuatro estaciones se registró temperatura (ambiental y del agua) con un termómetro de mercurio ($\pm 0,01$) y la salinidad del agua con un refractómetro (ANEXO 10).

2.10. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos del registro biométrico, se determinó las diferencias de peso y talla entre los estadios (juveniles (J), hembras (H) y machos (M)) de cada una de las estaciones, se realizó la prueba de ANOVA (95 % de confianza), luego de ser probada la condición de normalidad de los datos (Shapiro-Wilk, $p>0,05$). Los resultados se mostraron como promedio \pm Desviación estándar (DE).

Los datos del análisis de ácidos grasos fueron procesados como promedios de dos réplicas de cada estadio por estación, y los resultados se expresaron como promedio \pm DE. Las concentraciones para cada estadio y por estación fueron sometidas a la prueba de normalidad; comprobado que los datos son atípicos (Shapiro-Wilk, $p<0,05$), se aplicaron las pruebas no paramétricas. Los resultados obtenidos de los ácidos grasos contenidos en cada una de las muestras fueron comparadas empleando la prueba de Kruskal-Wallis (para más de dos muestras independientes) y la prueba de Mann-Whitney (para dos muestras).

Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS versión 20 para Windows a un nivel de confianza del 95 %.

III. RESULTADOS

3.1. Grupo de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* por estación de muestreo

La concentración de los ácidos saturados variaron entre 25,888 (hembras de la estación 2) a 34,955 % (juveniles de la estación 1), los ácidos monoinsaturados oscilaron entre 15,778 (juveniles de la estación 1) a 20,391 % (juveniles de la estación 4) y los ácidos poliinsaturados alcanzaron valores de 48,290 (machos de la estación 4) a 54,290 % (hembras de la estación 2); obteniendo mayor porcentaje en los AGPI, seguido por los AGS y por último los AGMI (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración total (% \pm DE) de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) de los juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi*.

Grupo de ácidos grasos	Estación 1	Estación 2			Estación 4		
	J	J	H	M	J	H	M
AGS (%)	34,955 \pm 2,178	30,940 \pm 0,407	25,888 \pm 0,558	27,846 \pm 0,564	30,755 \pm 0,340	33,652 \pm 1,088	33,210 \pm 1,556
AGMI (%)	15,778 \pm 0,190	17,147 \pm 0,873	19,824 \pm 2,236	18,003 \pm 0,100	20,391 \pm 0,231	17,363 \pm 1,428	18,501 \pm 0,211
AGPI (%)	49,268 \pm 2,368	51,914 \pm 0,466	54,289 \pm 1,678	54,151 \pm 0,665	48,855 \pm 0,571	48,985 \pm 0,341	48,290 \pm 1,767
Total de AG (%)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

3.2. Concentración de tipos de ácidos grasos de juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* por estación de muestreo

La tabla 4, resume el perfil de los 21 ácidos grasos encontrados en *C. garthi* en las cuatro estaciones y sus concentraciones promedio; de estos ácidos grasos sólo nueve están presentes en los juveniles, hembras y machos y en todas las estaciones, y son: el heptadecanoico, araquídico, tricosanoico, miristoleico, palmitoleico, eláidico, linolelaídico, eicosapentaenoico y el docosahexaenoico; siendo el eicosapentaenoico (25,179 – 33,944 %), docosahexaenoico (14,563 – 17,375 %) y heptadecanoico

(9,670 – 16,863 %) los más abundantes en las diversas estaciones de muestreo y en los juveniles, hembras y machos.

En la estación 1 sólo se obtuvieron organismos juveniles de *C. garthi* y se determinaron los siguientes AGS: heptadecanoico (9,670 – 16,863 %), araquídico (6,516 -8,902 %), esteárico (3,228 - 4,877 %), behénico (2,448 – 3,535 %), heneicosanoico (1,042 – 2,759 %), tricosanoico (0,581 - 1,821 %), para los AGMI: palmitoleico (7,233 -9,633 %), miristoleico (3,851 – 5,383 %), elaídico (1,304 – 3,937 %), heptadecenoico (0,823 – 3,390 %) y para los AGPI: eicosapentaenoico (25,179 – 33,944 %), docosahexaenoico (14,563 – 17,375 %) y linolelaídico (3,302 – 5,433 %). Se encontraron cinco ácidos grasos adicionales a los de la estación 1 distribuidos entre los estadíos de la estación 2, siendo el AGS: pentadecanoico (0,649 – 0,729 %), en los AGMI el pentadecenoico (0,540 – 1,760 %) y en los AGPI, linolénico (0,926 – 1,653 %), docosadienoico (1,024 – 1,397 %) y gamma linolénico (0,141 – 0,348 %), en la estación 4 se encontraron todos los ácidos grasos ya antes mencionados a excepción del ácido pentadecanoico, y se adicionaron los AGMI: oleico (0,449 – 1,509 %), nervónico (0,214 %) y el AGPI: eicosatrienoico (0,279 – 0,836 %). El ácido pentadecanoico fue detectado sólo en la estación 2, mientras que el oleico, nervónico (sólo hembras) y eicosatrienoico fueron detectados sólo en la estación 4.

Tabla 4. Concentración de ácidos grasos (% ± DE) de juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”.

Tipos de ácidos grasos	Juveniles			Adultos					
				Hembras			Machos		
	Estación 1	Estación 2	Estación 4	Estación 1	Estación 2	Estación 4	Estación 1	Estación 2	Estación 4
Saturados									
17:0	16,831 ± 3,917 ^a	14,500 ± 0,093 ^a	13,975 ± 0,150 ^a	--	16,863 ± 0,337 ^a	14,907 ± 0,569 ^a	--	9,670 ± 6,732 ^a	15,043 ± 0,006 ^a
20:0	6,516 ± 0,884 ^a	7,015 ± 0,784 ^a	7,899 ± 0,022 ^a	--	7,205 ± 0,186 ^a	8,902 ± 0,048 ^a	--	8,343 ± 0,834 ^a	8,836 ± 0,204 ^a
18:0	4,495 ± 0,409 ^a	3,228 ± 0,116 ^a	3,769 ± 0,013 ^a	--	0,000	4,142 ± 0,170 ^a	--	4,877 ± 3,730 ^a	4,174 ± 0,057 ^a
22:0	3,294 ± 0,141 ^a	2,448 ± 0,091 ^a	2,561 ± 0,001 ^a	--	0,000	3,104 ± 0,145 ^a	--	3,018 ± 0,526 ^a	3,535 ± 0,49 ^a
21:0	2,759 ± 0,231 ^a	1,340 ± 0,081 ^a	1,446 ± 0,557 ^a	--	0,000	2,003 ± 0,129 ^a	--	0,000	1,042 ± 1,474 ^a
23:0	1,061 ± 0,075 ^a	1,761 ± 0,078 ^a	1,106 ± 0,716 ^a	--	1,821 ± 0,035 ^a	0,595 ± 0,028 ^a	--	1,210 ± 0,047 ^a	0,581 ± 0,00 ^a
15:0	0,000	0,649 ± 0,918 ^a	0,000	--	0,000	0,000	--	0,729 ± 1,031 ^a	0,000
Monoinsaturados									
16:1	7,233 ± 0,860 ^a	7,662 ± 1,141 ^a	9,334 ± 0,136 ^a	--	9,633 ± 0,005 ^a	8,636 ± 0,080 ^a	--	8,753 ± 0,010 ^a	8,589 ± 0,168 ^a
14:1 n-5	3,851 ± 0,523 ^a	4,525 ± 0,117 ^a	5,383 ± 0,002 ^a	--	4,713 ± 0,095 ^a	5,230 ± 0,132 ^a	--	5,102 ± 0,006 ^a	5,300 ± 0,076 ^a
18:1	1,304 ± 1,844 ^a	3,787 ± 0,100 ^a	3,087 ± 0,049 ^a	--	3,937 ± 0,145 ^a	2,296 ± 0,059 ^a	--	2,388 ± 0,086 ^a	2,243 ± 0,006 ^a
15:1 n-5	0,000	1,174 ± 0,052 ^a	1,080 ± 0,006 ^a	--	0,000	0,540 ± 0,763 ^a	--	1,760 ± 0,001 ^a	1,081 ± 0,057 ^a
17:1	3,390 ± 0,271 ^a	0,000	0,000	--	1,543 ± 2,181 ^a	0,000	--	0,000	0,823 ± 1,164 ^a
18:1 n-9	0,000	0,000	1,509 ± 0,037 ^a	--	0,000	0,449 ± 0,634 ^a	--	0,000	0,466 ± 0,659 ^a
24:1	0,000	0,000	0,000	--	0,000	0,214 ± 0,303 ^a	--	0,000	0,000
Poliinsaturados									
20:5 n-3	29,788 ± 0,838 ^a	30,884 ± 0,583 ^a	25,179 ± 0,242 ^a	--	33,944 ± 1,066 ^a	26,367 ± 0,687 ^a	--	31,617 ± 0,803 ^a	26,063 ± 0,626 ^a
22:6 n-3	15,516 ± 0,896 ^a	17,375 ± 0,197 ^a	14,563 ± 0,308 ^a	--	16,145 ± 0,347 ^a	15,369 ± 0,494 ^a	--	16,563 ± 0,115 ^a	15,090 ± 0,691 ^a
18:2 n-6t	3,965 ± 0,634 ^a	3,655 ± 0,079 ^a	5,433 ± 0,110 ^a	--	4,201 ± 0,265 ^a	4,015 ± 0,464 ^a	--	3,302 ± 0,062 ^a	4,248 ± 0,042 ^a
18:3 n-3	0,000	0,000	1,653 ± 0,045 ^a	--	0,000	1,472 ± 0,150 ^a	--	0,926 ± 0,011 ^a	1,440 ± 0,107 ^a
22:2 n-6	0,000	0,000	1,024 ± 0,031 ^a	--	0,000	1,026 ± 0,046 ^a	--	1,397 ± 0,001 ^a	1,025 ± 0,001 ^a
20:3 n-6	0,000	0,000	0,836 ± 0,029 ^a	--	0,000	0,596 ± 0,074 ^a	--	0,000	0,279 ± 0,395 ^a
18:3 n-6	0,000	0,000	0,167 ± 0,236 ^a	--	0,000	0,141 ± 0,199 ^a	--	0,348 ± 0,049 ^a	0,146 ± 0,206 ^a
Total de ácidos grasos (%)	100,000	100,000	100,000	--	100,000	100,000	--	100,000	100,000

^a No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las concentraciones promedio de los ácidos grasos de los estadíos de *C. garthi*

-- No se encontraron organismos.

3.3. Ácidos grasos poliinsaturados de juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* por estación de muestreo y relación ω 3: ω 6.

En la tabla 5 se muestra los ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega 3 y 6 presentes en *C. garthi*; las concentraciones de los omega 6 variaron de 3,655 a 7,460 % y los valores de los omega 3 van de 41,395 a 50,089 %, encontrándose en mayor concentración a los omega 3. También se observa la relación que existe entre los ácidos grasos omega 3 y omega 6 que oscilaron entre 5,549:1 hasta 13, 204:1; y por último tenemos la relación entre el EPA y DHA que los valores varían desde 1,716:1 hasta 2,102:1. Se puede resaltar la existencia del ácido Nervónico solo en las hembras de la estación 4.

La relación ω 6: ω 3 en todos los estadíos de las estaciones es menor a 1, mientras que la relación EPA: DHA es mayor a 1.

Tabla 5. Ácidos grasos omega 6 y omega 3 de *C. garthi*, la relación ω 6: ω 3 y la relación de EPA: DHA.

Tipo AG	Ácidos grasos poliinsaturados	Estación 1	Estación 2			Estación 4		
		J	J	H	M	J	H	M
Omega 6	18:2 n-6t	3,965	3,655	4,201	3,302	5,433	4,015	4,248
	22:2 n-6	0,000	0,000	0,000	1,397	1,024	1,026	1,025
	20:3 n-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,836	0,596	0,279
	18:3 n-6	0,000	0,000	0,000	0,348	0,167	0,141	0,146
	Total	3,965	3,655	4,201	5,047	7,460	5,778	5,698
Omega 3	20:5 n-3	29,788	30,884	33,944	31,617	25,179	26,367	26,063
	22:6 n-3	15,516	17,375	16,145	16,563	14,563	15,369	15,090
	18:3 n-3	0,000	0,000	0,000	0,926	1,653	1,472	1,44
	Total	45,304	48,259	50,089	49,106	41,395	43,208	42,592
Relación ω6: ω3		0,088	0,076	0,084	0,103	0,180	0,134	0,134
Relación EPA: DHA		1,920 : 1	1,777 : 1	2,102 : 1	1,909 : 1	1,729 : 1	1,716 : 1	1,727 : 1

3.4. Concentración de tipos de ácidos grasos de juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* por estaciones de muestreo

En los juveniles de las tres estaciones, el ácido graso más abundante fue el ácido EPA (25,179 a 30,884). El resto de los ácidos grasos presentaron concentraciones menores del 10 %, con la excepción de los ácidos grasos DHA (14,563 a 17,375) y

heptadecanoico (13,975 a 16,831) en los juveniles de las tres estaciones. La concentración promedio de los ácidos grasos en los juveniles no presentaron diferencias significativas entre sí (Kruskal-Wallis, $p>0,05$) (Fig. 2).

Se encontraron organismos adultos hembras y machos en las estaciones 2 y 4. Las hembras presentaron una concentración promedio de ácidos grasos similar a la de los juveniles, donde el más abundante en ambas estaciones es el ácido EPA (26,367 a 33,944 %), mientras que los demás ácidos grasos presentaron concentraciones promedio menores al 10 %, con la excepción de los ácidos grasos DHA (15,369 a 16,145 %) y heptadecanoico (14,907 a 16,863 %), en las hembras de las dos estaciones. Las concentraciones de los ácidos grasos entre las hembras de las estaciones no presentaron diferencias significativas al compararlas entre sí (Mann-Whitney, $p>0,05$) (Fig. 3). Por último los machos de las dos estaciones no presentaron diferencias significativas en lo que respecta a la concentración promedio de los ácidos grasos (Mann-Whitney, $p>0,05$). Al igual que en las hembras y los juveniles de las estaciones, en los machos, el ácido graso más abundante encontrado fue el ácido EPA (26,063 a 31,617 %), seguidos por el DHA (15,090 a 16,563 %) y el heptadecanoico (9,670 a 15,043 %) (Fig. 2).

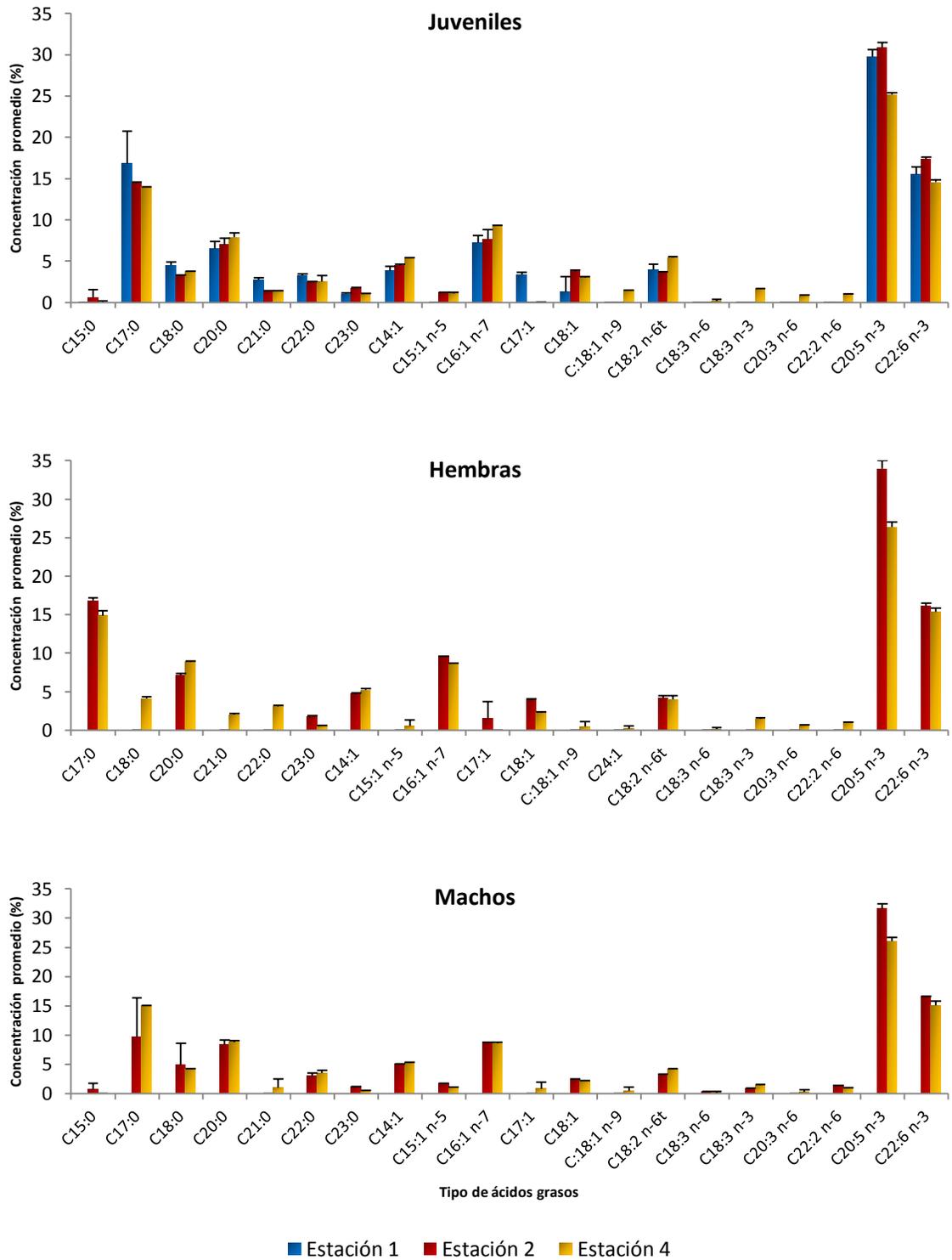


Figura 2. Comparación de concentraciones (promedios \pm DE) de ácidos grasos de los juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi* evaluados en las tres estaciones de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”.

3.5. Parámetros de calidad de agua de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”.

Se presentan los parámetros físicos y químicos de la playa “Aguas frías” de las cuatro estaciones de muestreo. Notando que existe variación en cuanto a la salinidad de la E₃.

Las estaciones mostraron diferencias en cuanto a su sustrato, notando en la E₁ la presencia de arena con la presencia de conchuelas, en la E₂ el sustrato sólo es arenoso, en la E₃ se observó un sustrato areno-fangoso, esto se debe a que esta estación se situó a unos metros de donde desemboca el río Lacramarca, y la E₄ tiene un sustrato arenoso pero de coloración oscura por la contaminación antropogénica.

Tabla 6. Parámetros físicos y químicos del agua de las estaciones de muestreo de la playa “Aguas frías”, Bahía “El Ferrol”, Chimbote, Perú.

Parámetros físicos y químicos		Estación			
		1	2	3	4
Temperatura (°C)	Ambiente	26,5	25,0	24,0	25,0
	Agua	18,0	18,5	19,0	19,5
Salinidad (‰)		34,0	35,0	27,0	30,0

IV. DISCUSIÓN

Es el primer reporte de ácidos grasos en *Callichirus garthi*; Andrade (2000), confirma que las grasas de los crustáceos marinos son en su mayoría poliinsaturadas. Los resultados del estudio en las estaciones 1, 2 y 4 (Tabla 3), muestran para *C. garthi* elevadas concentraciones de AGPI (48,290 a 54,290 %) superiores al grupo de AGS (25,888 a 34,955 %) y AGMI (15,778 a 20,391 %). Esto es concordante con la afirmado por Covarrubias & Ortega (2002), quienes manifiestan que los ácidos grasos de origen marino contienen una mayor proporción de ácidos grasos insaturados 66% principalmente de cadena larga; siendo fuentes importantes en AGPI. Resultados similares se reportan para los caprélidos, mostrando concentraciones de AGPI entre 45,76 a 49,53%, seguido por los AGS que variaron entre 24,84 a 30,78 % y los AGM entre 22,60 a 28,34 % (Guerra-García *et al.*, 2004).

De los 21 ácidos grasos encontrados en *C. garthi* (Tabla 4 y 5), se destacan los AGPI: EPA (25,179 a 33,944 %) y DHA (14,563 a 17,375 %). Guerra-García *et al.* (2004) encontraron en los caprélidos elevados niveles de AGPI, principalmente EPA (15,18 a 20,57 %) y DHA (7,72 a 20,00 %), los cuales son menores a nuestros resultados. Ante esto, Mesa *et al.* (2007), afirman que los animales que viven en el fondo del mar son ricos en EPA y DHA; componentes de funciones importantes en el organismo, ya que forman parte de las membranas celulares, intervienen en la regulación de procesos fisiológicos de los organismos marinos, en el caso del ácido araquídico juegan un importante papel fisiológico, siendo principal precursor de eicosanoides, moléculas que intervienen en la reproducción, osmorregulación y otros procesos fisiológicos (FOEDA, 2012). El apreciable contenido de EPA y DHA, hacen de *C. garthi* una fuente alternativa de ácidos grasos de gran importancia nutricional, otro grupo de AGPI importantes encontrado en esta especie, son los ω 6 (Tabla 5) destacando entre estos al ácido linolelaídico (3,302 a 4,248 %); haciendo notar que la concentración ω 6 es menor a los ω 3, de manera que este organismo es un insumo potencial en la elaboración de dietas para organismos en cultivo.

Fornes *et al.* (2010) muestran que los ácidos grasos más abundantes en *Tigriopus angulatus* fueron los siguientes: palmítico (25,9 a 33,3 %), esteárico (9,9 a 13,5 %), oleico (9,8 a 30,8 %), palmitoleico (1,7 a 7,7 %), EPA (6,0 a 10,0 %) y DHA (8,4 a 11,9 %). Guerra-García *et*

al. (2004), manifiestan que también se encontraron dentro de los AGPI: α -linolénico (0,55 a 1,52 %), eicosatrienoico (0,25 a 0,58 %), seguido por los AGMI: siendo de mayor relevancia el ácido oleico (10,73 a 13,73 %) , palmitoleico (5,06 a 9,94 %) y los AGS: esteárico (3,31 a 5,08 %) y el heptadecanoico (0,45 a 1,32 %); en los resultados obtenidos (Tabla 4) de *C. garthi* el ácido oleico (0,823 a 3,390 %) se encuentra en menor concentración, mientras que el heptadecanoico (9,670 a 16,863 %) es superior y los demás ácidos presentaron valores similares a los reportados para los caprélidos. Ante esto López *et al.* (2010), señalan que en el anfípodo *Talorchestia margaritae* el ácido graso más abundante en las localidades de estudio fueron el ácido oleico (45.14% a 51.92 %), siendo sus poblaciones influenciadas por la disponibilidad de alimento; la especie en estudio aportó concentraciones inferiores del ácido oleico, este ácido sólo fue encontrado en la estación 4, deduciendo que la especie en estudio responde a esta característica.

Resultados similares se obtuvieron en *C. garthi* con concentraciones de ácidos grasos que estuvieron presentes en todas las estaciones muestreadas, siendo el de mayor concentración los AGPI: EPA (26,063 a 33,944 %), DHA (14,563 a 17, 375 %) y linolelaídico (3,302 a 5,433 %), seguido por los AGS: siendo el de mayor relevancia el ácido heptadecanoico (9,670 a 16,863 %), araquídico (6,526 a 8,902 %), esteárico (3,228 a 4,877 %), tricosanoico (0,581 a 1,821 %) y los AGMI con menores concentraciones de acuerdo a los resultados en el estudio, con mayor relevancia tenemos: al ácido palmitoleico (7,233 a 9,633 %), miristoleico (3,851 a 5,383 %) y elaídico (1,304 a 3,937 %) (Fig. 4). En *Litopenaeus schmitti* se reportan al ácido EPA (2,109 a 4,360 %) y DHA (0,001 a 18,810 %), y en *Farfantapenaeus brasiliensis* el EPA y DHA oscilaron entre 0,001 a 3,608 % y de 0,001 a 2,878 % respectivamente (Cabrera *et al.*, 2005).

Los AGPI, son de interés en el contexto de alimentos funcionales, tales como $\omega 3$ y $\omega 6$, los cuales no pueden ser sintetizados por los mamíferos, por lo que se denominan AGE y deben ser obtenidos en los alimentos (Nguyen *et al.*, 2010). Deducimos que todas las relaciones $\omega 6$: $\omega 3$, menores a 1,0 encontrados en el estudio, y a la presencia de elevadas concentraciones de EPA y DHA (Tabla 5), *C. garthi* reúne las características para su identificación como un alimento funcional. Restrepo *et al.* (2012), hacen notar que existe una competencia saludable entre estas dos series de AGE, por la formación de eicosanoides

(prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos), los cuales son responsables de efectos fisiológicos negativos, cuando se consume una proporción más alta de $\omega 6$ que de $\omega 3$ se crea un desequilibrio incrementando los efectos perjudiciales al buen funcionamiento de un organismo. Las relaciones 2:1 y 1:2 de EPA a DHA posiblemente sean igual de beneficiosas, dado que ambos compuestos parecen trabajar juntos (FAO, 2012).

Hinzpeter *et al.* (2006), determinan que el fitoplancton es la principal fuente de alimento de los herbívoros filtradores marinos y el principal aporte de ácidos grasos linoleico y α -linolénico. Uauy & Valenzuela, (1992) sostienen que los AGPI $\omega 3$ de origen marino se forman en el cloroplasto de las plantas marinas y microalgas, siendo estas consumidas por peces, crustáceos, los cuales concentran EPA y DHA como triacilglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del músculo y vísceras. Coronado *et al.* (2006), añaden que en los animales acuáticos se produce una biosíntesis de ácidos grasos $\omega 3$, a partir del ácido linolénico presentes en el plancton. De acuerdo a los niveles altos de EPA y DHA en juveniles, hembras y machos de *C. garthi* (Fig.2); Graeve *et al.*, (2001), Nelson *et al.* (2001) y Auel *et al.* (2002), señalan que entre los componentes lipídicos específicos sugeridos para utilizar como biomarcadores tróficos, se considera que altos niveles del ácido graso EPA, es un indicador de una dieta a base de diatomea; en tanto que los flagelados por lo general contienen altas concentraciones de DHA (Graeve *et al.*, 1994; Scott *et al.*, 2000); por esto deducimos que ambos ítems alimentarios estuvieron presentes en la dieta de este organismo en todas las estaciones de muestreo.

La composición de ácidos grasos de los estadíos juveniles y adultos (hembras y machos) por estación de muestreo (Fig. 2), no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Si bien, se observaron diferencias respecto a la limpieza del sustrato en las estaciones contempladas del estudio, éste no influyó en la concentración de los diferentes tipos de ácidos grasos identificados, ni por estación, ni por estadío de *C. garthi* acorde con los resultados obtenidos. Los ácidos grasos de los organismos marinos dependerá de la especie, el lugar y época de captura (Castro, 2002), por otro lado Malpica *et al.* (2004), sostienen que la composición de ácidos grasos tienen una relación estrecha con el hábitat y especialmente con las sales y el fitoplancton que se encuentran en el agua.

En las especies marinas existe una relación entre el grado de insaturación y la temperatura de estos, a medida que las aguas son más frías, las dobles ligaduras aumentan para que los lípidos permanezcan líquidos, de manera que entre todos los aceites marinos son los más sensibles a la oxidación y particularmente su fracción de fosfoglicéridos es la más insaturada (Badui, 2006). Según Kawashima *et al.* (1999), la cantidad de EPA aumenta cuando la temperatura del agua disminuye, en el presente estudio el porcentaje de EPA varió del 25,179 al 33,944 % (Tabla 4), estos rangos parecen apoyar la influencia de la temperatura sobre la composición de ácidos grasos; además de la temperatura, el tipo de dieta también podría estar involucrado en las variaciones de ácidos grasos.

La variación en la composición de ácidos grasos podría ser el reflejo de las ligeras diferencias en las estrategias de alimentación, como el mayor consumo de diatomeas por las hembras, debido a los propósitos reproductivos, así mismo se encuentran relacionados con la edad, como es el caso del ácido palmitoleico que disminuye con la edad, mientras que el oleico aumenta en ejemplares adultos, al parecer están relacionados con el estado de la peroxidación de los gammáridos (Correia *et al.*, 2003). En *C. garthi* el ácido palmitoleico en los juveniles fue ligeramente menor que en los adultos, mientras que el oleico se encontró en mayor concentración en los juveniles de la estación 4 (Figura 2). Estudios experimentales futuros deben dirigirse a investigar las implicaciones del sexo, la edad, el sustrato y el medio ambiente con relación a la variación de los ácidos grasos en *C. garthi*.

Balderas *et al* (2009) y Malpica *et al.* (2004), señalan que los ácidos grasos esenciales para la nutrición de peces y crustáceos en la acuicultura, son el ácido palmítico, palmitoleico, oleico, linoleico, α -linolénico, DHA y EPA, todos ellos presentes en *C. garthi*. Por otro lado, Ramírez *et al.*(2010), sostiene que los AGPI, garantizan un incremento en la sobrevivencia de larvas de peces y camarones, siendo los de mayor importancia dentro de los requerimientos nutricionales, debido a su alto valor energético que poseen los lípidos y a la composición estructural en la embriogénesis; muchos de estos ácidos grasos no pueden ser sintetizados por el organismo, y es necesario adquirirlos por medio de una dieta rica en estos (Méndez, 2010); *C. garthi* posee altas concentraciones de AGPI que van de 48,290 a 54,290 % del total de ácidos grasos (Tabla 3), pudiendo ser usado como materia prima para la elaboración de dietas para peces, crustáceos e inclusive humanos.

Entre los ácidos grasos más abundantes en los lípidos de los organismos marinos se encuentran los AGS: palmítico, esteárico y AGMI: oleico y palmitoleico (FOEDA, 2012). Los camarones son capaces de sintetizar AGS, como el palmítico, palmitoleico y esteárico, los cuales al parecer están relacionados con la reserva energética del animal, en el caso de las hembras maduras realizan la síntesis de triglicéridos como fuente de energía y se ha relacionado con la acumulación de AGM: palmitoleico y oleico en el ovario y hepatopáncreas de las mismas (Noel, 2003). Los ácidos grasos que se utilizan preferentemente como fuente de energía metabólica: palmítico, oleico, EPA y DHA, es por la cual estos ácidos son consumidos durante el crecimiento y especialmente durante la maduración gonadal y la ovogénesis en las hembras (Henderson & Almatar, 1989). *C. garthi*, presenta en mayor concentración al ácido EPA (25,179 en juveniles E₄ a 33,944 % en hembras E₂), DHA (14,563 en juveniles E₄ a 17,516 % en juveniles E₂), palmitoleico (7,233 juveniles E₁ a 9,633 % en hembras E₂), esteárico (3,228 en juveniles E₂ a 4,877 % en machos E₄), oleico (0,449 en hembras E₂ a 1,509 % en juveniles E₄).

Coronado *et al.* (2006) determinan que el ácido oleico, es el más abundante en la naturaleza que se puede biosintetizar a partir del ácido esteárico, mientras que el ácido palmitoleico, puede sintetizarse a partir del ácido palmítico que proviene de la dieta. El ácido esteárico se encontró distribuido en todos los juveniles y adultos de *C. garthi* así como el ácido palmitoleico.

El ácido Nervónico fue encontrado sólo en las hembras de la E₄ en una concentración de 0,214 % (Tabla 4), estudios realizados por Gutiérrez *et al.* (2013), en el zooplancton superficial, observaron de que este ácido podría ser un marcador quimiotaxonómico, porque fue detectado únicamente en la fracción fosfolipídica, esto sugiere que este ácido se asocia a la presencia de organismos viables.

La utilización de *C. garthi* como carnada de pesca hace que sea un recurso muy explotado y en cuanto al consumo directo no está muy integrado en la dieta de los humanos por el desconocimiento de su riqueza nutritiva. Mediante el estudio de su perfil de ácidos grasos se puede partir como base para poder ser utilizado en la integración como un alimento alternativo en la dieta de otros organismos, recomendando realizar en nuestro litoral el cultivo de este organismo y contribuir con la regulación de su extracción.

V. CONCLUSIONES

Del perfil de ácidos grasos en juveniles y adultos (hembras y machos) de *C. garthi*, de la playa “Aguas frías”, Bahía El Ferrol (Chimbote, Perú); se estableció que:

- El perfil de ácidos grasos para juveniles, hembras y machos de *C. garthi* está conformado por 21 ácidos grasos: AGPI: EPA (25,179 a 33,944 %), DHA (14,563 a 17,375 %), linolelaídico (3,302 a 5,433 %), linolénico (0,926 a 1,653 %), docosadienoico (1,024 a 1,397 %), eicosatrienoico (0,279 a 0,836 %) y gamma-linolénico (0,141 a 0,348 %); AGMI: palmitoleico (7,233 a 9,633 %), miristoleico (3,851 a 5,383 %), elaídico (1,304 a 3,937 %), heptadecenoico (0,823 a 3,390 %), pentadecenoico (0,540 a 1,760 %) y oleico (0,449 a 1,509 %); y AGS: heptadecanoico (9,670 a 16,863 %), araquídico (6,516 a 8,902 %), esteárico (3,228 a 4,877 %), behénico (2,448 a 3,535 %), heneicosanoico (1,042 a 2,759 %), tricosanoico (0,581 a 1,821 %), pentadecanoico (0,649 a 0,729 %), y el ácido nervónico (0,214 %).
- Los ácidos grasos con mayor predominancia en los juveniles y adultos de *C. garthi* fueron los ácidos grasos: EPA (25, 179 a 33,944 %), DHA (14,563 a 17,375 %) y el Heptadecanoico (9,670 a 16,863 %).
- Hubo variación de los ácidos grasos en los juveniles, hembras y machos de *C. garthi* por estación de muestreo, notando de que el ácido oleico sólo fue encontrado en la E₄ y sólo en las hembras de la E₄ al ácido nervónico.

VI. RECOMENDACIONES

- Caracterizar los lípidos de las diferentes partes del cuerpo de *C. garthi* (músculo, hepatopáncreas, branquias, gónada, etc.), para determinar las prioridades en su empleo.
- Evaluar la integración de esta especie en la dieta alimentaria de otros organismos inclusive en la dieta humana.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, G. 2000. Los camarones y su importancia en la alimentación. FONAIAP. N° 65. Maracaibo, Venezuela.
- Asociación Científica de Estudios Marinos (ACEM). 2009. Patrimonio litoral de Cantabria. Guía del intermareal. Cantabria, España. 122p.
- Auel, H., M. Harjes, R. da Rocha, D. Stübing & W. Hagen. 2002. Lipid biomarkers indicate different ecological niches and trophic relationships of the Arctic hyperiid amphipods *Themisto abyssorum* and *T. libellula*. *Polar Biol.* 25: 374-383.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta edc. Edit. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez, México. 736p.
- Balderas, J., F. Lares, H. Sandoval, L. Gassos, L. Castro, M. Meza, P. Gortáez & I. Mondaca. 2009. Caracterización del contenido de ácidos grasos en *Artemia franciscana* procedente de la bahía de Yavaros, Sonora, México, alimentada con dietas inertes. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales.* 5 (1): 1-8.
- Buitrón, B. 1998. Estudio del ciclo reproductivo de hembras de "Marucha" *Callinassa garthi* retamal, 1975 (Crustacea: Decápoda: Callinassidae) en la zona de Playa Arica. Tesis de Licenciatura. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
- Cabrera, T., G. Cabrera, J. Rosas, A. Velásquez & M. Silva. 2005. Variación de lípidos y ácidos grasos en camarones marinos consumidos en Venezuela. *ALAN.* 55 (2).
- Castro, M. 2002. Ácidos grasos omega 3: Beneficios y fuentes. *Interciencia.* 27(3): 128-136.
- Coronado, M., S. Vega, T. Rey, B. García & G. Díaz. 2006. Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: Nutrición, Bioquímica y Salud. *REB.* 25(3): 72-79.
- Correia, A.D., M.H. Costa, O.J. Luis & D.R. Livingstone. 2003. Age-related changes in antioxidant enzyme activities fatty acid composition and lipid peroxidation in whole body *Gammarus locusta* (Crustacea: Amphipoda). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 289: 83-111.
- Covarrubias, M. & K. Ortega. 2002. Ácidos grasos Omega 3 y Omega 6. Informe de Residencia. Tesis de título. Departamento de Zootecnia, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- FAO. 2012. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Alimentación y nutrición. Granada, España. 169 p.
- Fundación Observatorio Español De Acuicultura (FOEDA). 2012. La Nutrición y alimentación en piscicultura. Ed. Paraninfo. Vol. I. Madrid, España. 803p.
- Gómez, A., L. Pollack, F. Ramírez & J. Rodríguez. 2008. Desarrollo post embrionario de la marucha, *Callinassa islagrande* (Decápoda) en condiciones de laboratorio. *REBIOL*. 28 (2): 1-10.
- González, M. 1991. Composición y metabolismo de lípidos en *Macrobrachium borellii* (Crustácea: decápoda). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Graeve, M., P. Dauvy & Y. Scailteur. 2001. Combined lipid, fatty acid and digestive tract content analyses: a penetrating approach to estimate feeding modes of Antarctic amphipods. *Polar Biol*. 24: 853-862.
- Graeve, M., W. Hagen & G. Kattner. 1994. Herbivorous or omnivorous? On the significance of lipid compositions as trophic markers in Antarctic copepods. *Deep Sea Res*. 41(5/6): 915-924.
- Guerra, J. G., M. Baeza-Rojano, E. Pageo, P. Cabezas, M. Ros & J. Díaz. 2012. Método para preparar un liofilizado de crustáceos caprellidos (*Caprella ssp*). Clasificación Internacional de Patentes.
- Guerra-García, J., I. Martínez-Pita & M. Pita. 2004. Fatty acid composition of the Caprellidea (Crustacea: Amphipoda) from the Strait of Gibraltar. *Scientia Marina*. 68(4): 501-510.
- Gutiérrez, C., G. Reinoso-Flórez & J. Eras. 2013. Composición taxonómica y de ácidos grasos del zooplancton superficial de la bahía Málaga (Pacífico colombiano). *Revista Tumbaga*. 8: 75-96.
- Henderson, R. & S. Almatar. 1989. Seasonal changes in the lipid composition of herring (*Clupea harengus*) in relation to gonad maturation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 69(2):323-334.
- Hernández, P. & I. Wehrtmann. 2007. Population biology of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Decapoda: Callinassidae) in northern Chile. *Revista de Biología Tropical*. 55(1), 141-152.

- Hernández, P., A. Gamboa & S. De Grave. 2015. *Callichirus garthi* is a valid species, distinct from *C. seilacheri* (Decapoda: Axiidea: Callianassidae). *Marine Biology Research*. 9.
- Hinzpeter, I., C. Shene & L. Masson. 2006. Alternativas biotecnológicas para la producción de ácidos grasos poliinsaturados omega-3. *Grasas Aceites*. 57(3): 336-42.
- Kawashima, H., I. Takeuchi & M. Ohnishi. 1999. Fatty acid composition in four of caprellid amphipod species (Crustacea) from Otsuchi and Mutsu Bays in Northern Japan. *J. Jpn. Oil Chem. Soc.* 48(6):595-599.
- Leiva, F. 2011. Fisiología respiratoria del camarón fantasma *Neotrypaea uncinata* (Milne Edwards, 1837) (Decapoda: Thalassinidea) durante la hipoxia y reoxigenación. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile.
- Malpica, A., T. Castro, H. Sandoval, J. Castro, R. De Lara & G. Castro. 2004. Composición del contenido de ácidos grasos en tres poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* de aguas epicontinentales. *Revista de Biología Tropical*. 52(1): 297-300.
- Manning, R & D. Felder. 1991. Revision of the american Callianassidae (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Proc. Biol. Soc. Wash.* 104(4): 764 – 792.
- Marín, S. & G. George-Nascimento. 1993. Tamaño corporal y hábitat del nape *Callianassa garthi* Retamal, 1975 (Crustacea: Thalassinidea) como factores que afectan la distribución y abundancia del copépodo ectosimbionte *Clausidium* sp. y Cyclopoida. *Revista Chilena de Historia Natural*. 66: 427-437.
- Martínez, J., I. Adarraga & J. Ruiz. 2007. Tipificación de poblaciones bentónicas de los fondos blandos de la plataforma continental de Guipúzcoa (sureste del golfo de Vizcaya). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 23(1-4): 85-110.
- Méndez, M. 2010. Perfil de ácidos grasos contenidos en la gota de aceite de huevos del pez blanco de *Pátzcuaro Menidia estor* y de *Chapala Menidia promelas*. Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Mesa, M., C. Aguilera & A. Gil. 2007. Efectos saludables de los lípidos de la dieta. *Revista de Alimentación, Nutrición y Salud*. 14(1): 12-26.

- Moscoso, V. (2012) Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 27:(1-2).
- Nelson, M., M. B. Mooney, P. Nichols & C. Phleger. 2001. Lipids of Antarctic Ocean amphipods: food chain interactions and the occurrence of novel biomarkers. *Marine Chemistry*. 73: 53-64.
- Nguyen, N., R. Ponzoni, R. Yee, H. Abu-Bakar, K. Hanzah & H. Khaw. 2010. Quantitative, genetic basis of fatty acid composition in the gift strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for high growth. *Aquaculture*. 309 (1-4): 203-211.
- Noel, W. 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Informe de Investigación. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú. 55p.
- Núñez, C. E. 2008. Extracciones con equipo Soxhlet. 1-5.
- Restrepo, T., G. Díaz & S. Pardo (2012) Peces dulceacuícolas como alimento funcional: perfil de ácidos grasos en tilapia y bocachico criados en policultivo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(2): 44-53.
- Reyes, W. & H. Lujan. 2003. Estados y subestados del ciclo de muda del camarón de río (*Cryphiops caementarius* Molina, 1872) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *CIVA*. 808-817.
- Saldaña, G. R. 2011. Efecto de dietas con diferentes concentraciones de *Lactobacillus* sp. enriquecido con proteína hidrolizada de vísceras de *Argopecten purpuratus*, sobre el crecimiento y supervivencia de alevines de *Oreochromis niloticus* en laboratorio. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Scott, C., S. Falk-Petersen, B. Gulliksen, O. Lonne & J. Sargent. 2001. Lipid indicators of the diet of the sympagic amphipod *Gammarus wilkitzkii* in the Marginal Ice Zone and in open waters of Svalbard (Arctic). *Polar Biol*. 24: 572-576.
- Turchini, G., B.; Torstensen & N. Wing-Keong. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. 1(1): 10-57.
- Uauy, R & A. Valenzuela. 1992. Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet: how to optimise the health benefits. *Prog. Food Nutr. Sc*. 16: 199-243.

Wehrtmann, I. & P. Báez. 1997. Larvas y estadíos tempranos de desarrollo de crustáceos decápodos de Chile: descripciones publicadas. *Investigaciones Marinas Valparaíso*. 25: 263-276.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Zonación de la playa “Aguas frías” y la ubicación de las cuatro estaciones de muestreo (E) de donde se extrajo *Callichirus garthi*.



Fuente: Google Earth

Anexo 2. Colección de muestras: (a) extracción de *C. garthi*, (b) tamizado de los organismos y (c) el transporte de las muestras.



Anexo 3. Clasificación por estadios: (a) juveniles y adultos ((b) hembra y (c) macho).



Anexo 4. Liofilización: (a) bandejas de metal conteniendo organismos de *C. garthi*, (b) inserción de los sensores y (c) el proceso de liofilización.



Anexo 5. Secado: (a) bandejas forradas con papel aluminio y (b) el proceso de secado total en la estufa (55 °C).



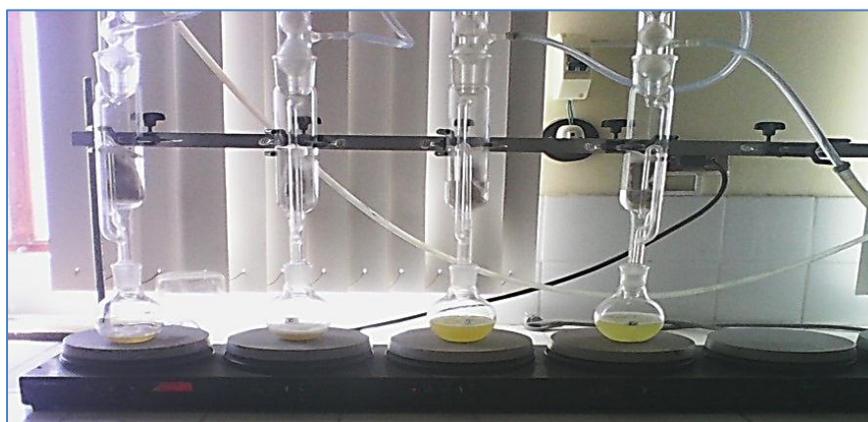
Anexo 6. Molienda: (a) el proceso de molienda y (b) el empaquetado de la harina de *C. garthi*.



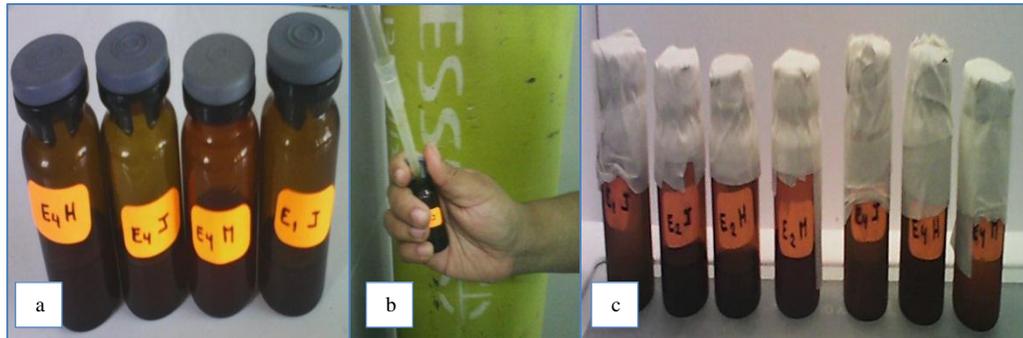
Anexo 7. Almacenamiento: (a) inyección nitrógeno gaseoso a los empaques, (b) situando los paquetes en las bolsas herméticas codificadas y (c) el almacenamiento de las bolsas en la campana de desecación.



Anexo 8. Extracción del aceite de *C. garthi* por el método de Soxhlet.



Anexo 9. (a) Almacenamiento del aceite de *C. garthi* en los frascos viales, (b) la inyección del nitrógeno gaseoso y (c) la refrigeración del aceite.



Anexo 10. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de la playa “Aguas frías”: (a) temperatura ambiente, (b) temperatura del agua y (c) salinidad.

