



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Señal isotópica del alimento en reproductores de
Litopenaeus vannamei y *Farfantepenaeus brasiliensis*.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

RODRIGO GONZÁLEZ ZÚÑIGA



DIRECTOR DE TESIS:

MARTHA GABRIELA GAXIOLA CORTÉS

2015

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE DATOS DE JURADO

1. Datos de alumno

González

Zúñiga

Rodrigo

9992623521

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

304138931

2. Datos del Tutor:

Dra.

Martha Gabriela

Gaxiola

Cortés

3. Datos sinodal 1

Dr.

Francisco Xavier

Chiappa

Carrara

4. Datos sinodal 2

Dra.

Ana Margarita

Hermoso

Salazar

5. Datos sinodal 3

Dr.

Juan Carlos

Maldonado

Flores

6. Datos sinodal 4

Dr.

Luis Arturo

Soto

González

7. Datos del trabajo escrito

Señal isotópica del alimento en reproductores de *Litopenaeus vannamei* y *Farfantepenaeus brasiliensis*.

51p

2015

Dedicatoria

A mi madre, esta tesis es una parte de lo que has cultivado en tus hijos, eres mi gran heroína.

A mi padre, por mostrarme la importancia que tiene la responsabilidad y la puntualidad.

A mis hermanas Linda y Mariana, quienes siempre me han brindado todo su cariño.

A mis tíos Juan y Manuel, que siempre me han otorgado sus consejos para ser un hombre ejemplar.

A mis amigos Adrián, Daniel, Luis, Marco, Rodrigo, Ariel, Wall [†] que siempre me han dado aliento para seguir.

A mi primos Eli Ricardo y Lilian Elizabeth que siempre me regalaron muchísimas sonrisas en esta etapa de mi vida.

Al amor de mi vida, Andrea.



» El mar, una vez que te hechiza, te engancha en su maravillosa red para toda la eternidad «

Jacques-Yves Cousteau

Agradecimientos

A mi mamá por ser psicóloga, chef, pediatra, química, bióloga, maestra de inglés, ama de casa, administradora, consejera y lo más importante amiga incondicional, gracias madre mía por siempre confiar en mí y brindarme tu apoyo para iniciar y terminar todo sueño que me eh propuesto. Gracias por hacerme unas alas tan grandes, te quiero muchísimo, siempre te voy a cuidar.

A mi padre, por ser el hombre en quien me quiero convertir. Eres y serás mi ejemplo de responsabilidad, puntualidad, honradez y de más valores que me han abierto las puertas en muchos sitios profesionales, laborales y personales. Gracias por haber tenido siempre tiempo para mí.

A mis hermanas Linda y Mariana, quienes siempre me han dado aliento y apoyo en todas mis decisiones, también por esos innumerables jalones de orejas jajaja. Espero que mis decisiones acertadas y erróneas, les sirvan de aprendizaje. Ya es tiempo de que comencemos a cosechar poco a poco lo que nuestros padres sembraron. Siempre estaré ahí.

A mi tío Manuel por estar siempre apoyándome, gracias tío tus consejos los llevo presentes.

A la hermosa familia Zúñiga-Aviles por hacer posible mi estancia en el Sureste, por la inyección de ánimo bajo las sonrisas de Eli y Alejandrita, por el apoyo económico de mi Tía Elide, por los grandes consejos otorgados por mi padrino José Juan, en verdad tío, me levantaste las ganas de estudiar cuando pensé las había perdido, gracias por siempre apoyarme y confiar en mí.

A una gran persona que conocí en esta fase de mi carrera, que me mostro su amor y apoyo incondicional. Te Amo Andrea.

A mi hermano-amigo Adrián, gracias por alentarme y apoyarme siempre, ánimo vamos para adelante cabron. A mis grandes amigos Daniel, Luis, Marco, Charms y Wall ☩, gracias por estar conmigo en tantas experiencias (y las que nos faltan) saben que los aprecio muchísimo.

A mi tutor y gran amigo Edén, brother esta tesis y parte del experimento se elaboró con tu asesoría. Gracias por tus consejos y por esta gran amistad que se forjo.

A mis colegas-amigos que tuve durante la carrera, Nestor, Gaby, Juanito, Rox, Poncho, Betty, Nancy, Bismarck, Toño, Jaramillo, Arturo, Itzel, Jimena, Cinthya les deseo un éxito enorme, que se que lo tendrán.

A mis profesores que me enseñaron, y me instruyeron lo mejor posible para ser excelente tanto en el ámbito profesional, como en el personal y humano. Gracias Nachito, Gabino, Margarita, Mónica, Roberto.

El presente trabajo fue realizado en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la Facultad de Ciencias, UNAM con sede en Sisal, Yucatán con el apoyo financiero del proyecto CONACYT-CIENCIA BÁSICA 167670 bajo la dirección de la Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés, así como al apoyo financiero del proyecto Fortalecimiento y Desarrollo de la Infraestructura Científica y Tecnológica del CONACYT (INFR-2011-03 número 173409), bajo la dirección del Dr. Xavier Chiappa Carrara.

Para la realización de esta tesis agradezco ampliamente el apoyo a:

Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés: Por haberme dado la oportunidad de desarrollarme dentro de la Acuicultura, por haberme apoyado académicamente en innumerables ocasiones, por el apoyo económico en momentos de crisis y el haberme confiado tan importante tesis. Gracias por su amistad, espero haber respondido bien.

M. en C. Manuel Valenzuela Jiménez: Por transferirme parte de su conocimientos y práctica en la camaronicultura, por haber confiado en mí para las guardias del área en tiempos de vacaciones, por haberme postulado para realizar esta tesis, por haberme recomendado para instruirme en la MARCA (Granja Camaronera), por sus consejos académicos y personales, por su amistad.

Dra. Claudia Durruty Lagunes: Por haberme abierto las puertas de Sisal, de la acuicultura, por haberme aceptado en su área, por contagiarme la pasión y amor por la Biología, por haber confiado el área y sus meros (mis hijas ☺) durante un lapso de tiempo, por los inmensos conocimientos y el seguimiento académico, por su amistad.

Ing. Miguel Arévalo López: Por la paciencia, por el área y el brindarme ampliamente el conocimiento en el manejo de los reproductores y obtención de los huevos. Además de haberme hecho mucho hincapié en la importancia de la puntualidad y precisión tanto en la acuicultura, como en la vida.

M. en C. Edén Magaña Gallegos: Por asesorarme de manera general en la tesis. Por ser mi tutor en la técnica y compartir tus experiencias de tu experimento en el mío, por ayudarme en la parte estadística, por haberme hecho correcciones en el escrito, gracias por tu amistad.

M. en C. Karla Susana Escalante Herrera y a la Biol. Mar. Elisa Y. Chan Vivas: por la ayuda técnica en el Laboratorio Central.

M. en C. Korynthia López Aguiar: Por los análisis de carbono y nitrógeno elemental de las muestras.

M. en C. Francisco J. Otero Trujano: Por la capacitación y análisis de muestras mediante la técnica de isótopos estables.

Sara Ortiz: Por la enseñanza en la colecta y procesamiento de los huevos.

Moi por sus conocimientos en el área de reproducción de camarón.

Dr. Gerar Cuzón por su apoyo en el fortalecimiento de esta tesis. Su apoyo para la escritura y su ayuda en la redacción del manuscrito.

Índice General

1.- INTRODUCCIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES	16
2.1 Generalidades de los organismos.....	16
2.2 Especies estudiadas	16
2.2.1 Camarón Blanco del Pacífico	16
2.2.2 Camarón Rojo del Caribe.....	17
2.3 Biofloc como alternativa de cultivo	19
2.4 Nutrición de camarones de acuerdo a su estado ontogénico.....	19
2.5 Señal Isotópica.....	19
3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	24
4. HIPÓTESIS	25
5. OBJETIVOS	25
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
6.1 Origen de los organismos y condiciones pre-reproductivas.	26
6.2 Maduración y Desoves.	26
6.2.1 Aceleración de la maduración de las hembras.	28
6.2.2 Selección de las hembras maduras y cosecha de los huevos.....	28
6.2.3 Desempeño Reproductivo.....	29
6.3 Análisis de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$	29
6.4 Análisis de datos.....	31
7. RESULTADOS.....	32
7.1 Experimento de LVBFT	32
7.1.1 Parámetros físico-químicos y calidad del agua.	32
7.1.2 Desempeño Reproductivo.....	32
7.2 Experimento de FBBFT y FBSIL	33
7.2.1 Parámetros físico-químicos y calidad del agua.	33
7.2.2 Desempeño Reproductivo.....	34

7.3 Valores Isotópicos.....	35
7.3.1 Fuentes alimenticias, músculos de pre-reproductores y reproductores silvestres	35
7.3.2 Abundancia de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en los huevos	35
7.3.3 Contribución relativa de las diferentes fuentes nutricias a los huevos de LVBFT, FBBFT y FBSIL	36
8. DISCUSIÓN	40
8.1 Parámetros físicos, químicos y condiciones del agua	40
8.2 Desempeño reproductivo.....	40
8.3 Análisis Isotópico	41
9. CONCLUSIÓN	44
10. BIBLIOGRAFÍA	45

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura general del cuerpo de un camarón peneido. (<i>L.vannamei</i> ; Lee y Wickins, 1992)	16
Figura 2. Distribución (izquierda) del camarón blanco del Pacífico. (<i>L.vannamei</i> ; derecha).....	17
Figura 3. Distribución (izquierda) del camarón rojo del caribe. (<i>F. brasiliensis</i> ; derecha).....	18
Figura 4. Estanques de engorda externos de la UMDI/UNAM (Foto: Manuel Valenzuela)	26
Figura 5. Área de maduración de la UMDI/UNAM (Foto: Manuel Valenzuela)	27
Figura 6. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de <i>Litopenaeus vannamei</i> , después de la corrección de ¹⁵ N para el enriquecimiento trófico. Músculo de <i>L.vannamei</i> cultivado en sistemas de Biofloc (LVBFT) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.	37
Figura 7. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Biofloc), después de la corrección de ¹⁵ N para el enriquecimiento trófico. Músculo de <i>F.brasiliensis</i> cultivado en sistemas de biofloc (FBBFT) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.	38
Figura 8. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Silvestres), después de la corrección de ¹⁵ N para el enriquecimiento trófico. Músculo de <i>F.brasiliensis</i> de origen silvestre (FBSIL) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.....	39

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica (Pérez Farfante y Kensley, 1997).	18
Tabla 2. Clasificación taxonómica (Pérez Farfante y Kensley, 1997).....	17
Tabla 3. Desempeño Reproductivo correspondiente al origen de los reproductores y su alimentación.....	21
Tabla 4. Componentes en porcentaje del alimento semi-húmedo (Dieta para reproductores de camarón; g/100g de alimento seco).	27
Tabla 5. Contribucion de la productividad natural en varios estudios desarrollados con diferentes especies de camarones peneidos (semi-intensivos).....	26
Tabla 6. Variables de la calidad del agua (promedio±D.E) del tanque.....	32
Tabla 7. Resultados (promedio±D.E) de desempeño reproductivo de LVBFT.	33
Tabla 8. Variables de la calidad del agua (promedio±D.E) de los tanques.	33
Tabla 9. Resultados (promedio±D.E) de desempeño reproductivo de LVBFT, FBBFT y FBSIL.	34
Tabla 10. Valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) presentes en los diferentes tipos de alimentos frescos y alimento semi-húmedo balanceado, utilizado durante la etapa de maduración y desoves.	35
Tabla 11. Razones isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) presentes en los diferentes tipos de organismos en relación con su origen.	36

RESUMEN

Con una producción de peneidos que sobrepasó los 2.5 millones de toneladas, el cultivo de camarón aportó en 2010 el 55% de la producción mundial de crustáceos. Por el incremento en su volumen, los sistemas de producción de camarón han evolucionado de extensivos hasta intensivos, y los sistemas asociados de recambio de agua se han reducido hasta el 0%. En un sistema súper-intensivo con cero recambios de agua, también conocido como tecnología Biofloc (BFT), se adicionan fuentes ricas en carbono para generar una comunidad bacteriana heterotrófica, la cual a su vez constituye una fuente de alimento *in situ*, de alto valor nutricional para los crustáceos, mejorando sus parámetros de producción. A pesar de su eficiencia empírica, no se ha determinado cuál es la contribución relativa del Biofloc ni de otras fuentes alimenticias tales como mejillón, calamar, biomasa de *Artemia* spp., poliqueto o dietas experimentales en la generación de huevos por las hembras reproductoras. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar cuál es la contribución relativa de cada fuente alimenticia en la producción de huevos de las especies *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). El diseño experimental consistió en cultivar por 45 días en sistema biofloc, hembras reproductoras de *L. vannamei* (LVBFT) y de *F. brasiliensis* (FBBFT). Al cabo de este período se midieron los índices del desempeño reproductivo y las proporciones isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) en huevos colectados en los cinco primeros desoves, para cada tratamiento. Como parámetro de comparación, estas mediciones se realizaron también en *F. brasiliensis* de origen silvestre (FVSIL); además, los datos recabados se compararon con los valores isotópicos obtenidos en un experimento anterior (Magaña-Gallegos, 2014) con hembras reproductoras cultivadas en un Sistema Biofloc (LVBFT $\delta^{13}\text{C}=-20.3$ y $\delta^{15}\text{N}=7$; FBBFT $\delta^{13}\text{C}=-19.4$ y $\delta^{15}\text{N}=6.2$). Las proporciones isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ también se midieron en cinco músculos abdominales de hembras reproductoras FBSIL ($\delta^{13}\text{C}=-16.3$ y $\delta^{15}\text{N}=10.0$), así como en todas las fuentes alimenticias. Los resultados obtenidos indican que si existe un aporte nutrimental del Biofloc en la producción de huevos (entre 3.9 y 14.9%), pero que el poliqueto constituye un aporte más importante (entre 18.5 y 41%). Los datos experimentales en este trabajo indican que por su mayor contribución nutrimental para la generación de huevos, las fuentes alimenticias principales pueden ordenarse de la siguiente manera: poliqueto, biomasa de *Artemia* spp., alimento balanceado, mejillón y calamar. El músculo de ambas especies es muy variable en cuanto a su contribución de acuerdo a la especie y podría reflejar requerimientos nutricionales diferentes en ambas especies.

ABSTRACT

With a penaeid production that exceeded 2.5 million tonnes, the shrimp farming contributed with 55% of the 2010 world production of crustaceans. By the increase in its volume, the shrimp production systems have evolved from extensive to intensive, and their associated systems of water exchange have been reduced to 0 %. In a intensive system with zero water exchange, also known as Biofloc technology (BFT), rich sources of carbon are added to generate a heterotrophic bacterial community, which in turn constitutes an *in situ* source of nutriment with high nutritional value for crustaceans, improving their production parameters. In spite of its empirical efficiency, the relative contribution of neither Biofloc nor from other food sources such as mussels, squid, biomass of *Artemia* spp., polychaete or experimental diets in the generation of eggs per breeding females have been determined. Therefore, the objective of the present work was to determine the relative contribution of each nutriment source in the production of eggs of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) and *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) species. The experimental design consisted in the cultivation of *L. vannamei* (LVBFT) and *F. brasiliensis* (FBBFT) breeding females for 45 days in a Biofloc System. At the end of this period, rates of reproductive performance and the isotopic proportions of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) in eggs collected during the first five spawning were measured, for each treatment. As a parameter for comparison, these measurements were also made with *F. brasiliensis* of wild origin (FVSIL); in addition, data collected were compared with the isotopic values obtained in a previous experiment (Magaña-Gallegos, 2014) with breeding females in a cultivated Biofloc System (LVBFT $\delta^{13}\text{C}=-20.3$ and $\delta^{15}\text{N}=7$; FBBFT $\delta^{13}\text{C}=-19.4$ and $\delta^{15}\text{N}=6.2$). The isotopic ratio of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ were also measured in five abdominal muscles of FBSIL breeding females ($\delta^{13}\text{C}=-16.3$ and $\delta^{15}\text{N}=10.0$), as well as in all the food sources. The results indicated that there is a nutrimental contribution of Biofloc to the production of eggs (between 3.9 and 14.9 %), but that the polychaete offered a most important contribution (between 18.5 and 41 %). Experimental data from this work indicated that by their nutrient contribution, the main nutrimental sources for the generation of eggs can be arranged in the following way: polychaete, biomass of *Artemia* spp., balanced feed, mussels and squid. The muscle of both species is very variable in terms of its contribution according to the species and might reflect different nutritional requirements in both species.

1.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón en México comenzó a ser una actividad económica importante a finales de los años setenta y principios del siglo XX (DeWalt *et al.*, 2002). La producción de camarón por medio del cultivo está posicionada en el segundo lugar y en primero por su valor económico a nivel nacional. La cantidad del camarón proveniente de la acuicultura para el 2011 y 2012 fueron de 109,815 toneladas y 99,179 toneladas respectivamente (CONAPESCA, 2013). No obstante, la camaronicultura en México está basada en su mayoría en una sola especie, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), debido a su amplio conocimiento en la reproducción, engorda y manejo (Hernandez-Llamas *et al.*, 2004). Sin embargo, en la actualidad algunas otras especies están siendo también consideradas para su cultivo, como lo es el camarón rojo del Caribe *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). La diversificación de especies para el uso en la acuicultura es un asunto de gran importancia a considerar en aras de la sustentabilidad, dando oportunidad de cultivar especies nativas, evitando el crecimiento de la sobrepesca y los impactos al ambiente como la introducción de especies exóticas (De Schryver *et al.*, 2008; Olsen and Hasan, 2012; Primavera, 1997; Tacon and Metian, 2008).

La industria del cultivo de camarón es generalmente bien percibida económicamente, sin embargo, es vista como una actividad que afecta negativamente el medio ambiente. Los subproductos y residuos en las salidas que se descargan a los cuerpos de agua que rodean las granjas, afectan su calidad y modifican la diversidad de especies nativas. Por ello, existe el desafío de desarrollar un crecimiento sostenible de la camaronicultura mejorando el rendimiento de la producción y al mismo tiempo, reduciendo al mínimo los impactos ambientales (Casillas-Hernández *et al.*, 2007).

Para conseguir este tipo de crecimiento se requiere de una maximización de los recursos alimenticios, hídricos y de espacio, razón por la cual se han desarrollado diversas tecnologías que buscan solucionar las principales problemáticas observadas en las granjas de producción acuícola. Una de estas tecnologías de reciente creación es el sistema “Biofloc (BFT)”, el cual busca resolver los problemas de contaminación del agua para mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos, además de reciclar los nutrientes encontrados en el agua mediante el uso de una comunidad de bacterias heterótrofas (Emerenciano *et al.*, 2013c; Martínez-Córdova *et al.*, 2014). Este sistema tiene dos principios: a) cero o mínimo intercambio de

agua y b) el desarrollo de una comunidad microbiana, la cual forma flóculos que contienen bacterias, fitoplancton y zooplancton (Avnimelech, 1999; Emerenciano et al., 2012a). Este sistema ha permitido a las granjas de producción disminuir y en algunos casos eliminar el recambio de agua, reducir enfermedades y proveer nutrientes para el crecimiento de los camarones (Hargreaves, 2013). El Biofloc se ha aplicado con éxito en cultivos de engorda pero poco se sabe acerca de sus beneficios en la reproducción (Emerenciano et al., 2013c, 2012b). Sin embargo, Magaña-Gallegos, (2014), ha determinado que la contribución relativa del Biofloc puede representar más del 50% a la generación de músculo de los camarones *L.vannamei* y *F.brasiliensis*. Por lo anterior, la transferencia de nutrientes de los reproductores a la progenie (huevos) es un tema de gran interés en la acuicultura (Emerenciano et al., 2012a). No obstante, las reservas del tejido se pueden agotar rápidamente, por lo que según (Wouters et al., 2002, 2001) la dieta de maduración y no la de pre-maduración se convierte en el factor más importante de nutrientes para los huevos. Esto se vuelve muy importante si se usa la ablación ocular para acelerar la maduración, pues los cambios hormonales y metabólicos que se presentan durante la maduración forzada pueden tener lugar cuando las reservas de nutrientes son insuficientes para apoyar el desarrollo ovárico rápido. Por ello es importante determinar el aporte nutricional de las dietas de pre-maduración y maduración de los reproductores, para así evaluar el aporte nutricional a su progenie.

El uso de isótopos estables como trazadores nutricionales representa una herramienta para estimar procesos, conexiones y flujos de energía dentro de los sistemas acuáticos (Layman et al., 2012; Magaña-Gallegos, 2014; Michener and Kaufman, 2007; Phillips et al., 2014). La huella isotópica (también conocida como señal isotópica) de un organismo consumidor (mezcla) refleja el perfil isotópico del material dietario asimilado y por lo tanto, es posible determinar las contribuciones relativas de diferentes fuentes alimenticias en el crecimiento, mediante modelos de mezcla lineales que se basan en el balance de masas (Phillips, 2001; Phillips et al., 2014). Debido a su abundancia natural en los diversos tejidos, el carbono (C) y el nitrógeno (N) son los elementos más frecuentemente analizados para determinar sus proporciones isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$). Los isótopos estables también han sido utilizados para determinar dinámicas de nutrientes en estanques de producción acuícola (Bombeo-Tuburan et al., 1993; Epp et al., 2002; Magaña-Gallegos, 2014; Schroeder, 1983; Zhang et al., 2000).

Actualmente no existen estudios que evalúen el porcentaje de transferencia de nutrientes de los progenitores (*L. vannamei* y *F. brasiliensis*) a los huevos con base en las fuentes alimenticias provenientes de la dieta de pre-maduración para los reproductores. Por lo tanto, el presente estudio aborda la transferencia nutricional de preadultos a su progenie engordados en Biofloc (*L. vannamei* y *F. brasiliensis*) y organismos silvestres (*F. brasiliensis*).

Debe considerarse además, que como parte de las diferencias de ciclo de vida que presentan estas especies de camarones peneidos, se encuentran las morfológicas-reproductivas; siendo el télico una modificación en la parte ventral del cefalotórax donde el macho deposita su espermatóforo (Fenucci, 1988). Para *L. vannamei* el télico es abierto y para *F. brasiliensis* es cerrado. Por ello, se generó dentro de este estudio, una evaluación del desempeño reproductivo para poder establecer las particularidades de manejo que se requieren con el fin de generar y proponer modelos de cultivo que puedan aplicarse a la producción y mejora de los bancos de reproductores.

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades de los organismos

Su ciclo de vida incluye una fase planctónica en estado de larva y postlarva, y como bentónico en sus fases juveniles y de adulto. Su caparazón está formado por un exoesqueleto, que cubre el cefalotórax y el abdomen (Figura 1), denominados también como cabeza y cola, respectivamente y alcanza una longevidad de 1 a 2 años (Pérez-Castañeda and Defeo, 2001).

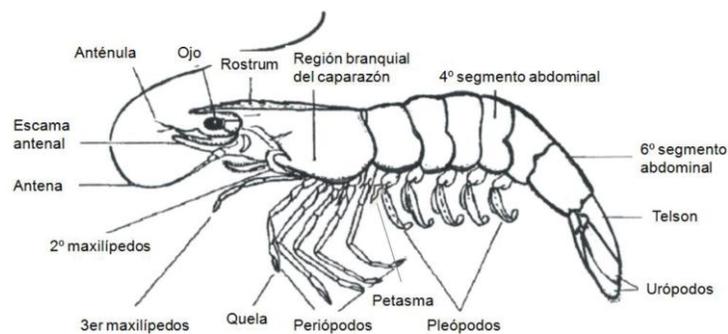


Figura 1. Estructura general del cuerpo de un camarón peneido. (*L. vannamei*; Lee y Wickins, 1992)

2.2 Especies estudiadas

2.2.1 Camarón Blanco del Pacífico

El camarón blanco es nativo de la costa del Pacífico del este de Sonora, en el norte de México, y se encuentra a través de América Central y hasta el sur de Tumbes en Perú (FAO, 2013) (Tabla 1) (Figura 2). Las estadísticas de FAO indican que el total mundial de la producción de granjas de *L. vannamei* se ha incrementado constantemente de 2,713,593 toneladas en 2010 a 3,178,721 toneladas en 2012. Tras un pequeño declive en 1999 y otro más significativo en el año 2000 debido a la irrupción del WSSV en América Latina (FAO, 2013).

Tabla 1. Clasificación taxonómica (Pérez Farfante y Kensley, 1997).

Nombre Científico <i>Litopenaeus vannamei</i>
Reino: Animal
Phylum: Arthropoda
Superclase: Crustacea (Pennant, 1777)
Clase: Malacostraca (Latreille, 1806)
Subclase: Eumalacostraca (Grobben, 1892)
Superorden: Eucarida (Calman, 1904)
Orden: Decapoda (Latreille, 1803)
Suborden: Dendrobranchiata (Bate, 1888)
Superfamilia: Penaeidae (Rafinesque-Schmaltz, 1815)
Familia: Penaeidae (Rafinesque-Schmaltz, 1815)
Género: <i>Litopenaeus</i> (Pérez Farfante y Kensley, 1997)
Especie: <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)



Figura 2. Distribución del camarón blanco del Pacífico *L.vannamei*.

2.2.2 Camarón Rojo del Caribe

El camarón rojo del Caribe se distribuye desde el sur de la costa de EE.UU, donde habitualmente se extrae un pequeño porcentaje del total de capturas de camarón (FAO, 2013) (Tabla 2). Es muy importante en algunas localidades de la costa caribeña de América Central (incluyendo Yucatán) y Sudamérica, y es especialmente importante en la costa atlántica de América del Sur desde Guyana hasta Brasil (Farfante, 1969) (Figura 3). Según la FAO, Brasil es el mayor extractor de este peneido y también el que mayor investigación acuícola referente a esta especie hace.

Tabla 2. Clasificación taxonómica (Pérez Farfante y Kensley, 1997).

Nombre Científico <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>
Reino: Animal
Phylum: Arthropoda
Superclase: Crustacea (Pennant, 1777)
Clase: Malacostraca (Latreille, 1806)
Subclase: Eumalacostraca (Grobber, 1892)
Superorden: Eucarida (Calman, 1904)
Orden: Decapoda (Latreille, 1803)
Suborden: Dendrobranchiata (Bate, 1888)
Superfamilia: Penaeidae (Rafinesque-Schmaltz, 1815)
Familia: Penaeidae (Rafinesque-Schmaltz, 1815)
Género: <i>Farfantepenaeus</i> (Pérez Farfante y Kensley, 1997)
Especie: <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Latreille, 1817)

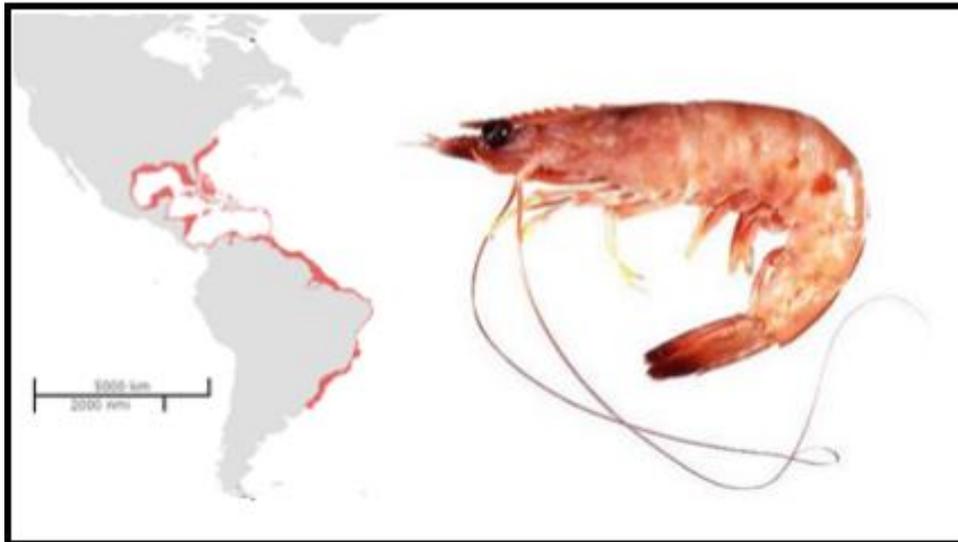


Figura 3. Distribución del camarón rojo del caribe. *F. brasiliensis*.

2.3 Biofloc como alternativa de cultivo

La acuicultura presenta tres objetivos principales:

- 1) La expansión de la acuicultura debe ser producir más productos acuícolas, sin aumentar significativamente el uso de los recursos naturales básicos como el agua y la tierra (Avnimelech, 2009).
- 2) Desarrollar sistemas de acuicultura sostenibles que no dañen el medio ambiente (Naylor et al., 2000).
- 3) Construir sistemas que proporcionen una relación costo / beneficio equitativo para apoyar la sostenibilidad económica y social (Avnimelech, 2009).

Por lo tanto, la investigación en los últimos tiempos se ha centrado en el desarrollo de estrategias de sustitución de alimentación con un suministro mínimo de harina y aceite de pescado. Esto inspiró a los investigadores a desarrollar la tecnología Biofloc, que también es aplicable a sistemas intensivos y semi-intensivos. Con el Biofloc los desechos nitrogenados se convierten en biomasa bacteriana (conteniendo proteico), mediante la generación de flóculos microbianos, los cuales son estimulados con la adición de una fuente de carbono externa (Avnimelech, 1999; Martínez-Córdova et al., 2014). Además, provee grandes beneficios en cuanto a parámetros de producción ya que disminuye el factor de conversión alimenticia, aumenta el crecimiento y la supervivencia, mejorando la productividad de las granjas (Avnimelech, 2007; De Schryver et al., 2008; Emerenciano et al., 2011). Asimismo, se ha relacionado a este sistema mejores desempeños reproductivos en peneidos (Emerenciano et al., 2013a, 2011).

2.4 Nutrición de camarones de acuerdo a su estado ontogénico

El crecimiento de los camarones peneidos requiere distintos alimentos que varían conforme a sus etapas de desarrollo, disponibilidad de alimento y del ambiente en que se encuentran (Maldonado, 2007). La larva se alimenta del vitelo de su huevo (el cual es provisto por la hembra). Cuando es protozoa se alimenta de pequeñas algas microscópicas que forman parte del fitoplancton. En la fase de mysis y post-larvas se alimentan de organismos del zooplancton y como juveniles y adultos se alimentan de pequeñas plantas y animales, detritus orgánico e inorgánico, dinoflagelados, nematodos, foraminíferos, algas, peces, caracoles, calamares, almejas, anélidos, insectos y en algunos casos de otros crustáceos (Muhlia-

Almazan and Garcia-Carreno, 2003). Sin embargo, aunque los juveniles y adultos son bentónicos, en la etapa juvenil dispone básicamente de alimentos estuarinos, y la composición de la dieta es muy distinta a la que pueden tener como adultos en ambientes marinos.

Aunque los peneidos son considerados omnívoros, el ambiente en que se encuentran puede favorecer su inclinación a la carnivoría o a la herbivoría (Barrios et al., n.d.). Los requerimientos nutricionales de camarones juveniles han sido ampliamente estudiados, sin embargo, el conocimiento de los requerimientos nutricionales específicos de los reproductores es pobre. No obstante, desde hace pocos años se han llevado a cabo estudios en laboratorios para determinar los requerimientos nutricionales de los reproductores de camarón y el efecto tanto del origen como de los componentes nutricios sobre los huevos y la calidad de las larvas (Tabla 3). Este conocimiento es esencial para formular dietas adecuadas para la maduración de camarones y para mejorar la calidad de la semilla. En la camaronicultura el uso de reproductores domesticados tiene varias ventajas, incluyendo menores costes de funcionamiento y disponibilidad durante todo el año (Kong et al., 2008). Durante la maduración del camarón, las reservas de nutrientes del hepatopáncreas, se movilizan a las gónadas (Quackenbush, 2001). Las reservas de tejido se pueden agotar rápidamente, por lo que la dieta se convierte en el colaborador más importante de nutrientes a los huevos en desarrollo (Wouters et al., 2001). Esto adquiere mayor importancia cuando se utiliza la ablación del pedúnculo ocular para acelerar la maduración ya que los cambios hormonales y metabólicos que vienen durante la maduración forzada dan lugar a tener una excelente reserva de nutrientes. Cahu, (2000) menciona la importancia de diversos alimentos frescos que son utilizados para reproductores durante la producción de semilla tanto en granjas como en laboratorio, y muchos de ellos están constituidos por organismos marinos tales como poliqueto, mejillón, calamar y *Artemia spp.*

Generalmente, dos o tres tipos de alimento fresco son proporcionados durante el día, con el fin de mejorar la dieta de los reproductores y la calidad de los huevos, por ejemplo, la capacidad de desarrollo del huevo, está determinada por su composición de ácidos grasos y aminoácidos. Aún más, esta composición debe soportar los estadios tempranos del desarrollo de las larvas, hasta que el organismo pueda adquirir un modo de nutrición exotrófico (Palacios et al., 2000, 1999; Racotta et al., 2003).

Tabla 3. Desempeño reproductivo correspondiente al origen de los reproductores y su alimentación.

Especie	Origen de los reproductores	Mortalidad de los reproductores (%)	Huevos desove (x10 ³)	Periodo de latencia (día)	No. de huevos (x10 ³)/gr de hembra reproductora	Hembras que desovaron al menos una vez (%)	No. de desoves por hembra ablacionada	Fertilización (%)	Tasa de Eclosión (%)	Referencia
<i>L. vannamei</i>	BFT	11.1	94.1	22	-	88.9	2.8	73.1	51.5	(Emerenciano et al., 2013b)
	BFT + AF	8.9	111.2	23	-	94.4	2.8	79.5	61.8	
<i>F. dourarum</i>	Domesticos	12	33.5 ± 11.2	17 ± 7	1.7 ± .06	-	-	73.3 ± 24.2	70.6 ± 19.2	(Emerenciano et al., 2012b)
	Silvestres	6	71.9 ± 34.5	11 ± 8	2.6 ± 1.3	-	-	85.1 ± 14.8	68.1 ± 21.8	
<i>L. stylirostris</i>	BFT	16.3	-	7.4 ± 1.8	3.9 ± 1.9	77.1 ± 20.0	2.9 ± 1.5	-	-	(Emerenciano et al., 2012a)
	AC	22	-	10.7 ± 4.6	3.3 ± 1.1	53.8 ± 27.2	1.3 ± 0.7	-	-	
<i>F. duorarum</i>	AC + AF	17.5	23.3 ± 2.2	25 ± 4.5	1.1 ± 0.1	25	0.6	-	-	(Emerenciano et al., 2013a)
	BFT	11.8	31.6 ± 2.5	29 ± 4.5	1.5 ± 0.1	80	3.0	-	-	
	BFT + AF	13	48.7 ± 4.4	23 ± 2.2	2.1 ± 0.2	81.8	2.2	-	-	
<i>F. paulensis</i>	Silvestres	-	121 ± 90	5.20 ± 1.61	-	-	-	75.33 ± 24.3	31.50 ± 24.56	(Braga et al., 2011)
<i>F. brasiliensis</i>	Silvestres	-	154 ± 87	3.40 ± 1.57	-	-	-	80.44 ± 26.9	45.40 ± 20.42	
<i>P. monodon</i>	Dieta A	3.8	245.7 ± 34.7	-	-	2.00	-	91.66 ± 2.51	83.78 ± 3.03	(Hoa et al., 2009)
	Dieta B	7.8	458.7 ± 35.6	-	-	2.18	-	92.79 ± 3.63	81.37 ± 9.75	
<i>F. indicus</i>	Silvestres	11.3	79.24 ± 11.52	5	-	-	-	73.4 ± 13.47	70.9 ± 15.53	(Regunathan, 2008)
	AC	6.9	71.96 ± 13.06	5	-	-	-	69.3 ± 12.14	60.6 ± 12.22	

BFT=Biofloc, AF=Alimento Fresco, AC=Agua Clara

2.5 Isótopos estables

Los isótopos son formas del mismo elemento que difieren en el número de neutrones en el núcleo. Algunas de estas formas son inestables y sufren decaimiento radioactivo; quizás el más famoso sea el ^{14}C que se utiliza para datar fósiles. Otros isótopos no decaen en forma radioactiva y por lo tanto son llamados estables. El número de isótopos estables varía en cada elemento. De hecho, hay ciertos elementos que solo existen en una sola forma estable y otros poseen más de un isótopo estable (Fry, 2006). Un neutrón extra en el isótopo hace que el núcleo sea más pesado y que se comporten de manera distinta en reacciones químicas y físicas (Schoeller, 1999). Básicamente, los isótopos más livianos tienden a reaccionar de forma más rápida, generando una separación, que se denomina fraccionamiento o discriminación isotópica (Fry, 2006).

Las proporciones de los isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) varían sustancialmente entre productores primarios con diferentes vías fotosintéticas, pero cambia muy poco con la transferencia trófica. Por lo tanto, el $\delta^{13}\text{C}$ puede ser utilizado para determinar las fuentes originales del carbono dietético (Layman et al., 2012). El $\delta^{15}\text{N}$ exhibe paso a paso el enriquecimiento con transferencias tróficas y es una herramienta poderosa para estimar la posición trófica de los organismos (Layman et al., 2012; Phillips et al., 2014). Por lo que, actualmente surgen como un medio para examinar la estructura y dinámica de las redes tróficas, y numerosos enfoques analíticos están siendo utilizados (Layman et al., 2012; Phillips et al., 2014). De hecho, Post, (2002) menciona que el $\delta^{15}\text{N}$ se puede ver enriquecido entre 3 y 5‰ con respecto a su dieta y el $\delta^{13}\text{C}$ cambia muy poco con respecto al movimiento en la cadena trófica. Además de considerar el fraccionamiento de los isótopos, es necesario también estimar las proporciones base, es decir las fuentes de las cuales proviene el ^{13}C y ^{15}N , por lo que caracterizar una línea base resulta de suma importancia a la hora de realizar los análisis isotópicos.

Además, la técnica de isótopos estables en combinación con modelos de mezcla permite calcular la contribución relativa de múltiples fuentes nutricionales en el crecimiento de los organismos. Aplicando tal metodología, ha sido posible estimar la contribución dietaria relativa de varios elementos que pertenecen a la biota del ambiente de cultivo o que son parte de alimentos formulados (Cam et al., 1991; Gamboa-Delgado, 2014; Magaña-Gallegos,

2014). Varios estudios indican que la productividad natural encontrada en tanques semi-intensivos o intensivos abastece más altas proporciones de carbono y nitrógeno dietético que el alimento formulado (Cam et al., 1991; Magaña-Gallegos, 2014) (Tabla 4). Y en condiciones de cultivo con sistemas biofloc hay un aporte mayor (>60%) para el crecimiento ya que la disponibilidad de recursos alimenticios nativos es más alta (Cam et al., 1991; Magaña-Gallegos, 2014). Por lo que surge la interrogante, ¿si los organismos provenientes de biofloc, los cuales han tenido una historia nutricional diferente con respecto a aquellos de agua clara presentaran una mejor calidad en la progenie y la contribución del biofloc a los padres puede ser transferida a la progenie?

Tabla 4. Contribución de la productividad natural en varios estudios desarrollados con diferentes especies de camarones peneidos (semi-intensivo).

Autores	(Anderson et al., 1987)	(Reymond and Lagardère, 1990)	(Cam et al., 1991)	(Nunes et al., 1997)	(Zhang et al., 2000)	(Magaña-Gallegos, 2014)	(Chim et al., 2014).
Especies	<i>L. vannamei</i>	<i>P. japonicus</i>	<i>P. japonicus</i>	<i>F. subtilis</i>	<i>F. chinensis</i>	<i>L. vannamei</i>	<i>L. stylirostris</i>
Condiciones	Tanques externos, smi	Tanques externos	Tanques externos, smi	Tanques externos, smi	Tanques externos	Tanques externos; biofloc	Tanques externos; biofloc
Fertilización	Si	-	No	Si	Si	Si	Si
Estructura	-	tanque	tanque, 500-1000 m ³	tanque~600m ³	tanque	Tanque ~20m ³	Tanque
Isotopos	¹³ C	-	¹³ C	¹³ C	¹³ C	¹³ C y ¹⁵ N	¹³ C y ¹⁵ N
Contribución de la productividad natural	53-77%	-	day ₂₆ : 85%; day ₈₈ : 14%	75%	63%	>60% hasta 93%	>60%
Microorganismos	-	meiofauna	Zooplankton	Zooplankton	-	Bacterias, fitoplancton y zooplankton, heces+bacterias+plancton	-
Alimento comercial (CP %)	-	-	Formulado 57%	Formulado 41%	-	Comercial 35%	No especificado
Contenido estomacal	-	-	-	Alimento comercial: ~16% presas: ~84%	-	-	-

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- Dado que hay una transferencia de nutrientes de la hembra a la progenie, ¿Los huevos mantendrán la señal isotópica de los reproductores de *L.vannamei* y *F. brasiliensis*?
- En la etapa reproductiva, las fuentes alimenticias ofrecidas a los camarones son calamar, mejillón, biomasa de *Artemia spp.*, poliqueto y alimento semi-húmedo balanceado ¿Qué fuente o fuentes alimenticias son las que contribuyen más en la nutrición de los reproductores y en la progenie de *L. vannamei* y *F. brasiliensis*?
- ¿El origen de los reproductores *L. vannamei* y *F. brasiliensis* (Biofloc y silvestre) influirá en el desempeño reproductivo de ambos camarones?
- ¿Existe una similitud del desempeño reproductivo de *F.brasiliensis* cultivado en sistema Biofloc con respecto a los de origen silvestre?

4. HIPÓTESIS

Dado que hay una transferencia de nutrientes de la hembra a los huevos, la huella isotópica del músculo de las hembras reproductoras será transferida a la progenie (huevos) en mayor grado que la de los alimentos provistos (Biofloc, mejillón, calamar, poliqueto, biomasa de *Artemia* y alimento balanceado semi-húmedo).

5. OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la señal isotópica de diferentes fuentes nutricias (Biofloc, alimento fresco y músculo) así como su contribución relativa a los huevos del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) y el camarón rojo del Caribe (*Farfantepenaeus brasiliensis*).

Objetivos específicos

- Evaluar la señal isotópica del alimento fresco, músculo y huevos de *L. vannamei* y *F. brasiliensis*.
- Evaluar la maduración, la calidad de huevos, la cópula natural, la eficiencia del desove en reproductores de *L. vannamei* y *F. brasiliensis* provenientes del área de engorda mantenidos en Biofloc (BFT) y los reproductores *Farfantepenaeus brasiliensis* silvestres.
- Determinar por medio de los isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ la contribución relativa del músculo, biofloc, calamar, mejillón, biomasa de *Artemia spp.*, poliqueto y alimento semi-húmedo balanceado en la generación de los huevos *L. vannamei* y *F. brasiliensis*.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Origen de los organismos y condiciones pre-reproductivas.

Las postlarvas de *L. vannamei* y *F. brasiliensis* fueron obtenidas del Área de Maduración de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI), de la Universidad Nacional Autónoma de México en Sisal, Yucatán. Los organismos pre-reproductores tienen dos orígenes: *L. vannamei* y *F. brasiliensis* de tanques de cultivo con Biofloc (LVBFT y FBBFT respectivamente) y *F. brasiliensis* del medio silvestre (FBSIL). Los reproductores provenientes del medio silvestre se colectaron al Noroeste de la Isla de Contoy, Quintana Roo (21°29'2"N 86°47'30"O) y se transfirieron directamente al área de maduración de la UMDI Sisal. Los organismos acondicionados en sistemas de engorda Biofloc se colocaron a una densidad de 800 ind/m³ (LVBFT) y 2000 ind/m³ (FBBFT) (Figura 4). Posteriormente se seleccionaron los organismos con mejor fenotipo para convertirse en reproductores. Para *L.vannamei* el experimento se montó en abril 2013 y para *F.brasiliensis* en agosto 2013.



Figura 4. Estanques de engorda externos de la UMDI/UNAM (Foto: Manuel Valenzuela)

6.2 Maduración y Desoves.

Esta etapa se desarrolló en el área de reproducción y cría larvaria de la Unidad Académica Sisal-UNAM, en un invernadero con fotoperiodo controlado 12 horas luz/12 horas oscuridad (Figura 5). Se contó con un tanque de fibra de vidrio con capacidad de 12 mil litros, con sistema de circulación cerrado mediante diferentes filtros (mecánicos, biológicos y físicos) y recambio de 20 % diario por especie para cada tipo de experimento. La densidad de siembra fue de 4.2 organismos/m³ (cuidando una proporción macho-hembra de 1:1). El agua de mar se mantuvo con aireación constante abastecido de un aireador. Los parámetros físicos y químicos (oxígeno mg/l; pH; temperatura °C) se midieron dos veces al día, a las 08:00 hrs y a las 20:00 hrs con un multiparametro Hach® (modelo HQ40d). El amonio, nitrito y nitrato

se monitoreo tres veces por semana a la misma hora que los parámetros fisico-químicos con ayuda de un kit de prueba de nitrato-nitrito, Hach® modelo NI-12 (UNESCO, 1983). Los reproductores se alimentaron con biomasa de *Artemia spp.* adulta, poliqueto, mejillón calamar y alimento semi-húmedo balanceado a las 08:00, 12:00 , 16:00, 20:00 y 24 hrs (Tabla 5). La ración de alimento fresco (biomasa de *Artemia spp.*, poliqueto, mejillón y calamar) se calculó con base al 20% de la biomasa total (bmt) de cada estanque, en el caso del alimento semi-húmedo fue de acuerdo al 3% de biomasa total.



Figura 5. Área de maduración de la UMDI/UNAM (Foto: Manuel Valenzuela)

Tabla 5. Componentes en porcentaje del alimento semi-húmedo (Dieta para reproductores de camarón; g/100g de alimento seco).

Ingrediente	%
Harina de pescado*	30
Harina de trigo **	15.6
Suero de leche**	12
Concentrado proteico de soya**	10
Hidrolizado de cabeza de mero rojo****	10
Calamar**	5
Levadura de cerveza**	5
Aceite hígado de bacalao**	4
Premezcla de vitaminas y minerales ¹	2.5
Mix de aminoácidos + grenetina	2.35
Lecitina de soya**	2
Carboximetil celulosa**	1
Colesterol***	0.5
Carofila	0.05

*Apligén, **Malta Cleyton, Sigma*** Mercado Local ****. ¹Mezcla de aminoácidos /100g de dieta; LIS 0.4%, LEU 0.3%, ARG 0.4%, OH-Pro 0.2%, GLUT 0.5% y MET 0.2%.

6.2.1 Aceleración de la maduración de las hembras

Con el fin de acelerar la maduración de la gónada de las hembras se aplicó una ablación unilateral del pedúnculo ocular (Sainz-Hernández et al., 2008), ya que en su base se encuentra el complejo neurosecretor órgano X-glándula del seno, el cual secreta las hormonas que inhiben el desarrollo de la gónada.

Cada hembra fue ablacionada y posteriormente marcada con elastómeros de silicón en diferentes segmentos para conocer el historial de desoves de cada una y poder tomar a cada hembra como una unidad experimental (Nakayama et al., 2008). A partir de ese momento, se observó diariamente la evolución del desarrollo del ovario y la conducta reproductiva de hembras y machos.

6.2.2 Selección de las hembras maduras y cosecha de los huevos

Para la selección de las hembras maduras, se llevó a cabo la revisión de las gónada a las 19:30 hrs mediante la observación directa a contra luz con un microscopio estereoscópico con base en (Guitart and Quintana, 1978). Las hembras en estadio IV fueron colocadas en tanques de cosecha de 100 l con agua marina, filtrada y tratada con UV y EDTA (Etilendiaminotetraacetato disódico), con aireación continua y una temperatura controlada ($28.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$). Los tanques se cubrieron con malla sombra y el área se mantuvo en oscuridad. Al término del desove las hembras se regresaron a los tanques de maduración.

Los huevos se cosecharán con una malla de 100 micras en un volumen de 10 l de agua de mar filtrada y esterilizada con UV y tratada con EDTA en una concentración de 10 mg/l. En seguida, las muestras fueron colocadas encima de papel secante, con la finalidad de retirar el exceso de agua. Se colocaron en tubos Eppendorff® previamente pesados y etiquetados, se introdujeron en nitrógeno líquido, en laboratorio se pesaron nuevamente y se almacenaron (-80°C). Una parte de los huevos fueron colectados inmediatamente después del desove para su posterior análisis (90%), mientras que los huevos restantes se usaron para obtener el desempeño reproductivo (10%).

6.2.3 Desempeño Reproductivo

Para comparar el rendimiento reproductivo entre especies, se usaron los siguientes parámetros: i) mortalidad de las hembras (%), ii) periodo de latencia (intervalo en días entre la ablación y el primer desove), iii) número de huevos por desove, iv) número de huevos por desove por gramo de peso promedio corporal del reproductor, v) tasa de fertilización (%), vi) número de nauplios obtenidos por desove (%) y vii) tasa de eclosión (%).

El número de huevos y nauplios se estimaron a partir de cinco réplicas de 4.7 ml (23.5 ml en total) colectados por cada desove.

6.3 Análisis de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$

Las muestras de huevos, músculo y alimento se liofilizaron durante 72 horas o hasta alcanzar peso constante. Todas las muestras fueron molidas hasta obtener un polvo fino con ayuda de un mortero y pistilo de porcelana. La muestra homogénea se colocó en tubos Eppendorff® previamente pesados y etiquetados, se guardaron en un desecador para evitar su rehidratación. Cabe destacar que desde la cosecha de los huevos hasta su análisis, se evitó que la luz incidiera directamente por medio de un recubrimiento de papel aluminio en los tubos. A partir de las muestras de huevos de *F. brasiliensis* y *L. vannamei*, músculo de *F. brasiliensis* y de alimentos (frescos y balanceado), se realizó el análisis isotópico de acuerdo con el método propuesto por (Coplen et al., 2006). El proceso consistió en seleccionar muestras de:

- 1) Huevos provenientes de LVBFT, FBBFT y FBSIL (n=5 para cada especie).
- 2) Músculo de FBSIL (n=5).
- 3) Músculo de LVBFT y FBBFT. Los valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ fueron obtenidos de Magaña-Gallegos, (2014).
- 4) Un pool de biomasa de *Artemia spp.*, calamar, mejillón, poliqueto y alimento balanceado (n=1 para cada fuente alimenticia).

Sub-muestras de 0.1 a 0.5 mg fueron colocadas en micro-capsula de estaño para su posterior análisis elemental e isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$). El análisis elemental de C y N se llevó a cabo

en el laboratorio de Química de la UMDI-SISAL, con ayuda de un analizador elemental COSTECH ECS 4010. Una vez medido el contenido de carbono y nitrógeno prosiguió el análisis isotópico, el cual se llevó a cabo en el laboratorio de espectrometría de masas de isótopos estables en el Instituto de Geología de la UNAM. El método consistió en tomar una alícuota de cada muestra que fue analizada para medir $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ y $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$ conforme al método de combustión dinámica tipo Dumas con un analizador elemental Flash EA 1112, con una temperatura de 1020°C en la columna de combustión y 650°C en la columna de reducción, seguida de una columna de perclorato de magnesio para atrapar el agua producto de la combustión. La separación de los gases de la combustión (N_2 y CO_2) se realizó mediante una columna cromatográfica C/N a 35°C. Este sistema dinámico utiliza Helio como gas acarreador llamado flujo continuo, el cual se acopla mediante la interfase Conflo III al Espectrómetro de Masas (Thermo Finnigan MATA 253). Como patrones de trabajo se utilizó un tanque de CO_2 con una pureza de 99.998% y un tanque de N_2 con una pureza de 99.9999%, los cuales fueron calibrados previamente con tanques Oztech. Los valores de $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$, fueron normalizados con los materiales de referencia IAEAN1, USGS 25, USGS26, USGS40 y USGS 41 que tienen una precisión de 0.2‰. Los resultados de $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ se normalizaron utilizando materiales de referencia del NIST y del IAEA como son: NBS 22, PEF1, IAEA CH6, USGS 40 y USGS 41 de acuerdo con las correcciones descritas por (Coplen *et al.*, 2006). Para esta técnica se tiene una desviación estándar de 0.2‰ para carbono. Además, cada 10 muestras se insertaron dos aminoácidos (Sigma) alternados con diferente composición isotópica para verificar la calidad de la combustión y reducción de las columnas; se tuvo una precisión para Glicina $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -42.7 \pm 0.03$ $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 1.38 \pm 0.03$ y para la L-Serina $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -6.79 \pm 0.03$ $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = -7.91 \pm 0.07$. Los valores isotópicos de las muestras experimentales fueron expresados en notación delta (δ -unidad estándar), la cual está definida como desviaciones a partir de valores isotópicos establecidos por dos materiales estándares de referencia (Belemnita Pee Dee y N atmosférico). La notación delta se establece como:

$$\delta^{\text{H}} \text{X} = [(\text{R}_{\text{muestra}} / \text{R}_{\text{Standard}}) - 1] \times 1000$$

Donde X es C ó N, el superíndice H indica la masa del isótopo pesado para ese elemento y R= ^{13}C o ^{15}N .

6.4 Análisis de datos

Los resultados fueron probados para distribución normal y homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Bartlett respectivamente. Cuando se requirió, los datos fueron transformados (logaritmo base 10) con el fin de alcanzar los supuestos requeridos por el análisis de varianza. Cuando los datos no alcanzaban la normalidad o no había homogeneidad de varianzas se procedió a realizar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los datos que son expresados en porcentaje fueron transformados a arcoseno. Para el experimento de *F. brasiliensis* todos los datos expresados en la tesis son promedio más menos su desviación estándar. Cuando se encontraron diferencias significativas se utilizó la prueba post-hoc de Tukey. Las variables a analizar fueron: 1) los parámetros físico y químicos (oxígeno disuelto, pH, temperatura) 2) todos los parámetros de desempeño de reproducción (número de huevos por desove, número de huevos por desove por gramo de peso promedio corporal del reproductor, tasa de fertilización, número de nauplios obtenidos por desove y tasa de eclosión). El paquete estadístico utilizado fue StatGraphs Centurion XV. Para obtener las contribuciones relativas de las cinco fuentes alimenticias en los huevos, los modelos fueron computados con ayuda del programa Isosource utilizando la metodología desarrollada por Phillips and Gregg, (2003). Este método examina todas las posibles combinaciones de cada contribución de la fuente (0 a 100%) en incrementos de 1% y tolerancia de 0.75. Las combinaciones que arrojaron las señales isotópicas de los consumidores dentro de un pequeño rango de tolerancia fueron consideradas soluciones factibles. Como el enriquecimiento en ^{15}N por el consumo de alimento es de alrededor de 2.5‰ este valor fue sustraído de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los huevos antes de analizar los datos en el IsoSource (Magaña-Gallegos, 2014). Para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ no se hicieron correcciones, ya que el fraccionamiento es despreciable durante la asimilación del carbono dietético.

7. RESULTADOS

7.1 Experimento de LVBFT

7.1.1 Parámetros físicoquímicos y calidad del agua

Se muestran los promedios de los parámetros físico y químicos registrados durante el experimento de LVBFT en el área de maduración, teniendo valores de oxígeno disuelto por debajo de los 5 mg l⁻¹ (Tabla 6).

Tabla 6. Variables de la calidad del agua (promedio±D.E).

Parámetros	Maduración <i>LVBFT</i>
Temperatura (C)	28 ±0.7
Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	4.9 ±0.2
pH	9.0 ±0.1
Salinidad (%)	36 ±0.4
Amonio (mg l ⁻¹)	<0.6
Nitrito (mg l ⁻¹)	<0.30
Nitrato (mg l ⁻¹)	<0.10

7.1.2 Desempeño Reproductivo

El peso corporal entre las hembras de LVBFT fue mayor a los 30 gramos. La mortalidad registrada fue de un 80%. El periodo de latencia fue menor a un mes. Para los índices como el número de huevos por desove, número de nauplios por desove, tasa eclosión y número de huevos por gramo de hembra reproductora tuvieron muy buen desempeño. Finalmente la tasa de fertilización fue mayor al 90% (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de desempeño reproductivo de LVBFT (promedio±D.E).

Rendimiento reproductivo	LVBFT
Peso de las hembras (gr)	35.2 ± 2.8
Mortalidad hembras (%)	80%
Periodo de latencia (días)	20
Número de huevos por desove (x10 ³)	114.7 ± 46.9
Número de huevos(x10 ³) / gr	3.2 ± 1.3
No. Nauplios por desove(x10 ³)	72.3 ± 45.6
Tasa de fertilización (%)	95.7 ± 3.7
Tasa de eclosión (%)	62.4 ± 19.7

7.2 Experimento de FBBFT y FBSIL

7.2.1 Parámetros físicos y químicos y calidad del agua

Se resumen los parámetros fisicoquímicos del agua durante el experimento en el área de maduración. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los parámetros de temperatura, salinidad entre los tanques de FBBFT y FBSIL. Sin embargo, existió una diferencia significativa en la cantidad de oxígeno disuelto y pH ($p < 0.05$). Para los valores de amonio, nitrito y nitrato los valores fueron <0.6 , <0.30 y <0.10 mg/l en ambos tanques respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Variables de la calidad del agua (promedio±D.E).

Parámetros	Maduración	
	FBSIL	FBBFT
Temperatura (C)	28.0 ^a ±0.4	27.7 ^a ±0.4
Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	9.0 ^a ±0.0	8.4 ^b ±0.2
pH	8.5 ^a ±0.1	8.3 ^b ±0.2
Salinidad (%)	36 ^a ±0.4	36 ^a ±0.4
Amonio (mg l ⁻¹)	<0.6	<0.6
Nitrito (mg l ⁻¹)	<0.30	<0.30
Nitrato (mg l ⁻¹)	<0.10	<0.10

7.2.2 Desempeño Reproductivo

El peso corporal entre las hembras de FBBFT y FBSIL difirió significativamente. La mortalidad en FBSIL y FBBFT fue baja registrando menores decesos de los organismos de origen silvestres. Para el periodo de latencia los organismos que desovaron con mayor prontitud fueron FBSIL, seguido de FBBFT. El número de huevos por desove, número de nauplios por desove, tasa eclosión y número de huevos por gramo de hembra reproductora no presentaron diferencias significativas entre organismos provenientes de origen silvestre respecto a las especies provenientes del Biofloc. Finalmente la tasa de eclosión no presentó diferencias significativas entre el origen de los reproductores (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados (promedio±D.E) de desempeño reproductivo de FBBFT y FBSIL.

Rendimiento reproductivo	FBBFT	FBSIL
Peso de las hembras (gr)	21.9 ^a ± 2.4	39.5 ^b ± 4.2
Mortalidad hembras (%)	7%	4%
Periodo de latencia (días)	16	11
Número de huevos por desove (x10³)	123.3 ^a ± 95.0	175.8 ^b ± 62.5
Número de huevos(x10³) / gr	5.6 ^a ± 4.6	4.4 ^a ± 1.5
No. Nauplios por desove(x10³)	62.9 ^a ± 33.0	128.7 ^b ± 57.4
Tasa de fertilización (%)	79.6 ^a ± 15.7	86.1 ^a ± 9.6
Tasa de eclosión (%)	65.6 ^a ± 19.0	78.0 ^a ± 14.9

7.3 Valores Isotópicos

7.3.1 Fuentes alimenticias, músculos reproductores silvestres

El análisis de isotopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las diversas fuentes alimenticias se resume en la Tabla 10. Se encontró que para el $\delta^{13}\text{C}$ la biomasa de *Artemia* spp, poliqueto y el alimento semi-húmedo balanceado tuvo un comportamiento con valores de -21.16, -22.56 y -22.52 ‰ respectivamente, el mejillón presentó -17.30‰ y el Calamar -17.92 ‰.

Con respecto a la señal isotópica del $\delta^{15}\text{N}$ se observó que los mayores valores corresponden al calamar (10.26 ‰) y al mejillón (10.24 ‰), mientras que para la biomasa de *Artemia* spp. fue de 9.99 ‰, para el poliqueto fue 9.21 ‰ y como valor más bajo el alimento semi-húmedo balanceado con 8.64‰.

Tabla 10. Valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) presentes en los diferentes tipos de alimentos frescos y alimento semi-húmedo balanceado, utilizado durante la etapa de maduración y desoves.

Organismo / alimento / músculo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C:N
<i>Artemia</i> spp.*	-21.16	9.99	4.5
Poliqueto*	-22.56	9.21	4.3
Mejillón*	-17.30	10.24	6.0
Calamar*	-17.92	10.26	3.8
Alimento balanceado*	-22.52	8.64	6.5
<i>Litopenaeus vannamei</i> (Biofloc)**	-20.3	7.0	3.3
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Biofloc)**	-19.4	6.2	3.2
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> (Silvestre)	-16.3	10.0	3.3

* n=1 pool de cada fuente alimenticia, ** Valores tomados de Magaña-Gallegos, 2014.

7.3.2 Abundancia de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en los huevos

Los resultados obtenidos en las razones isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ de LVBFT, FBBFT y FBSIL fueron de -22.1 ± 0.1 , -20.4 ± 0.6 y -20.4 ± 0.8 respectivamente mientras que para el $\delta^{15}\text{N}$ fueron de 12.4 ± 0.3 , 11.5 ± 0.7 y 11.5 ± 0.7 (Tabla 11).

Tabla 11. Razones isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) presentes en los diferentes tipos de organismos en relación con su origen.

Organismo-Huevos	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C:N
LVBFT*	-22.1 ± 0.1	12.4 ± 0.3	6.6 ± 0.0
FBBFT*	-20.4 ± 0.6	11.5 ± 0.7	5.1 ± 0.1
FBSIL*	-20.4 ± 0.8	11.5 ± 0.7	5.1 ± 0.1

* n=5 por origen de camarón

7.3.3 Contribución relativa de las diferentes fuentes nutricias a los huevos de LVBFT, FBBFT y FBSIL

La contribución relativa de las fuentes alimenticias presentó un rango distinto a partir del origen de los reproductores. Para *L. vannamei* las fuentes alimenticias más importantes fueron el poliqueto, la biomasa de *Artemia spp.* y el alimento balanceado; el músculo proveniente de los padres fue la fuente que menos contribuyó a la generación de huevos (Figura 6). Para *F. brasiliensis*, las tres fuentes alimenticias más importantes fueron la biomasa de *Artemia spp.*, el poliqueto y el alimento balanceado (Figura 7). Mientras que para *F. brasiliensis* silvestre; el poliqueto, el alimento balanceado y la *Artemia spp.* fueron las fuentes alimenticias más importantes (Figura 8).

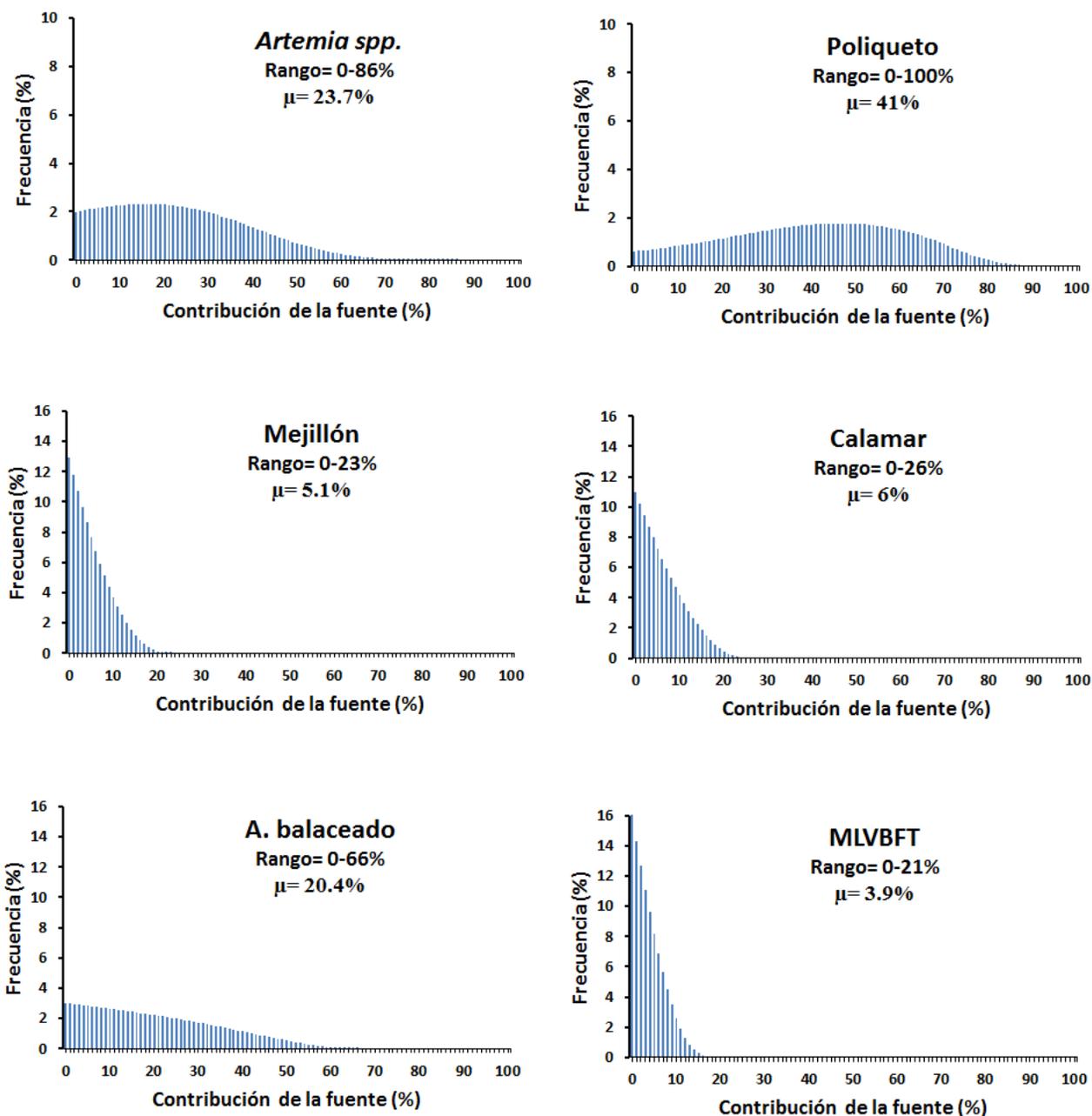


Figura 6. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de *Litopenaeus vannamei*, después de la corrección de ^{15}N para el enriquecimiento trófico. Músculo de *L.vannamei* cultivado en sistemas de biofloc (LVBFT) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.

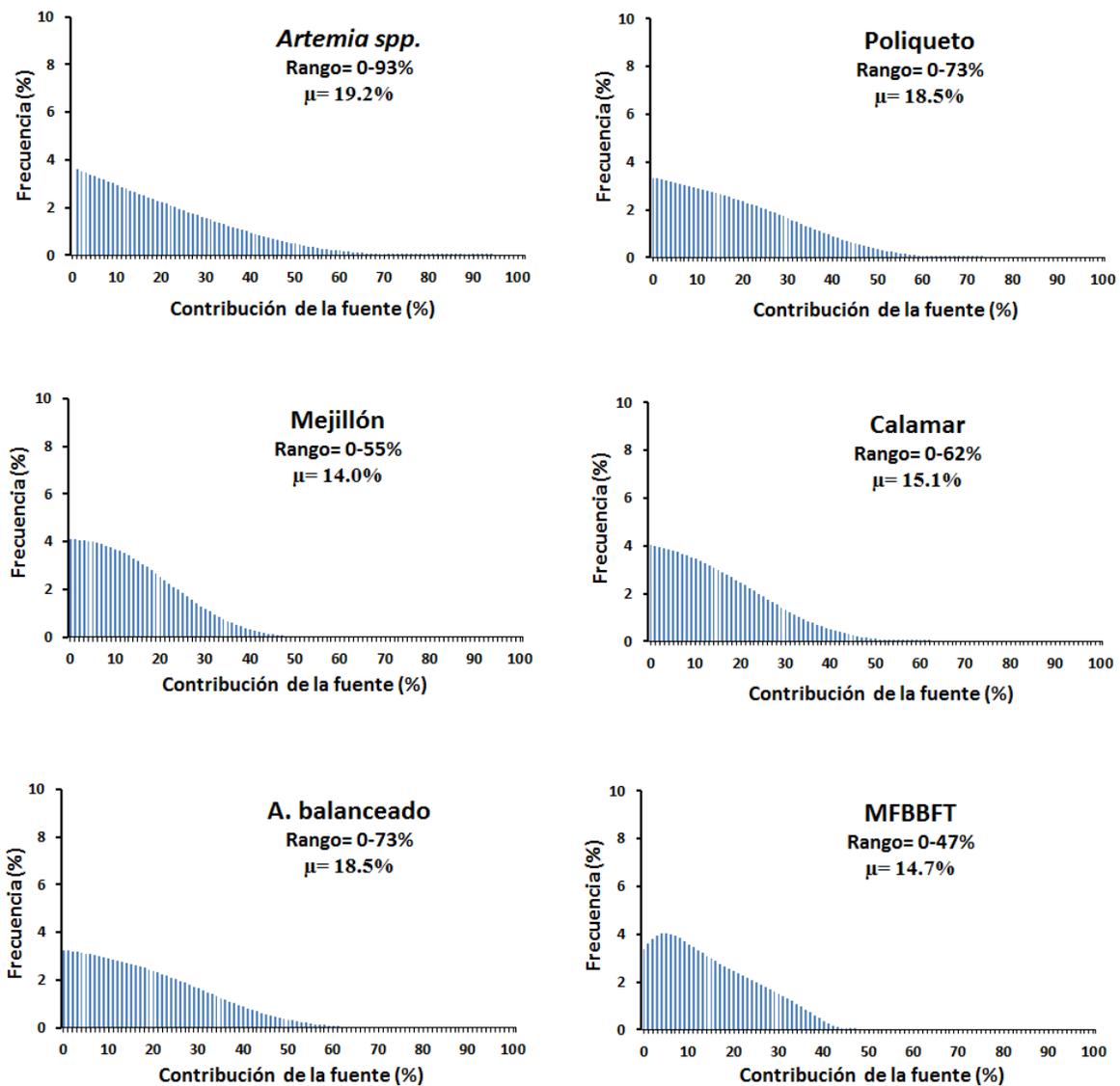


Figura 7. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Biofloc), después de la corrección de ^{15}N para el enriquecimiento trófico. Músculo de *F. brasiliensis* cultivado en sistemas de biofloc (FBBFT) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.

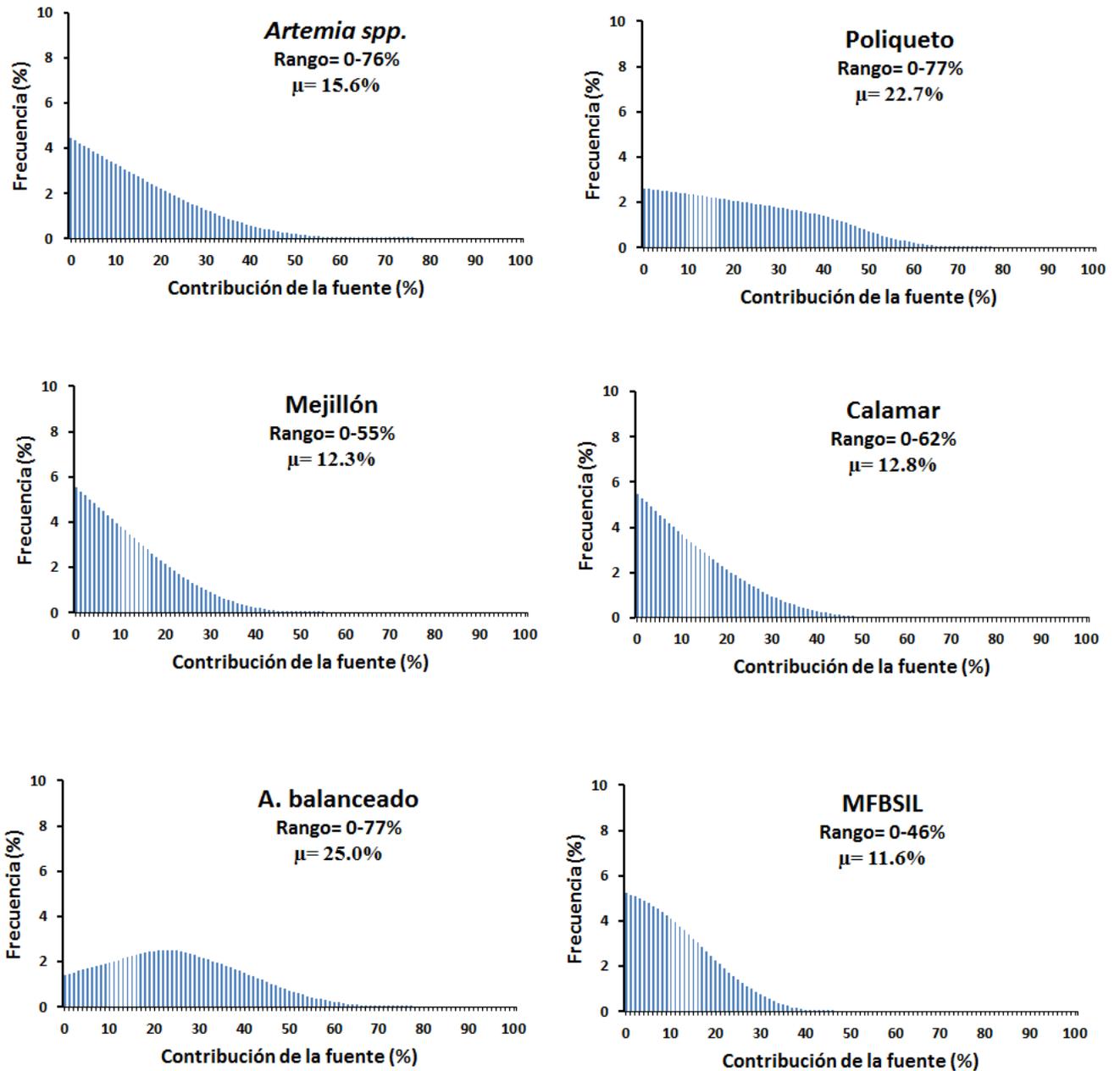


Figura 8. Los histogramas muestran las contribuciones factibles de cinco fuentes alimenticias en la señal isotópica de los huevos de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Silvestres), después de la corrección de ^{15}N para el enriquecimiento trófico. Músculo de *F. brasiliensis* de origen silvestre (FBSIL) y corresponde a músculo de los reproductores. μ = media.

8. DISCUSIÓN

8.1 Parámetros físicos, químicos y condiciones del agua

Dentro de los dos experimentos no se observó mucha variación en los parámetros físico y químicos entre los tanques (temperatura, salinidad y pH), con excepción del oxígeno disuelto, el cual fue menor para la etapa de *Litopenaeus vannamei*. Sin embargo, fue probable que dicha diferencia no haya afectado el desempeño reproductivo de los organismos, ya que en todos los tratamientos el valor promedio registrado fue superior al intervalo óptimo de 2-5 mg l⁻¹ (Puente-Carreón, 2009.) Se considera que la calidad del agua tampoco afectó el desempeño de los organismos en las dos etapas, ya que los niveles de amonio, nitrito y nitratos estuvieron por debajo del nivel de tolerancia registrado por Lin and Chen, (2003) y Tsai and Chen, (2002).

8.2 Desempeño reproductivo

El mantenimiento y alimentación en las áreas de maduración tiene un costo muy elevado (Preston et al., 1999) por tanto, es importante obtener los máximos beneficios de sus reproductores. Particularmente en dos aspectos principales: i) la optimización de la reproducción: análisis de la capacidad de las hembras y ii) reducción del uso de reproductores silvestres (Palacios et al., 1999). Por lo tanto, los laboratorios actuales dependen de múltiples desoves y de un mejor porcentaje de eclosión (Emerenciano et al., 2012a).

La etapa de pre-maduración se considera una fase comprendida entre la etapa de engorda y maduración para la reproducción en la cual a los camarones se les somete tanto a una disminución de la densidad de organismos como a una mejor alimentación con el fin de que alcancen buenas tallas reproductivas y mejores estados de condición. El uso de la tecnología Biofloc (BFT) en la pre-maduración de reproductores ha sido investigado por (Emerenciano et al., 2013a, 2012b) y han demostrado mejoras en cuanto al desempeño reproductivo de varias especies de peneidos.

En el presente estudio el desempeño reproductivo entre FBBFT y LVBFT fue similar en cuanto al número de huevos por desove, número de nauplios por desove y tasa de eclosión

(Tabla 6); sin embargo difieren los valores de mortalidad y periodo de latencia, mientras que la tasa de fertilidad y el número de huevos por gramo si presentaron una mayor disimilad. No se encuentra una justificación a la alta mortalidad en LVBFT, no obstante, esto no provocó un cambio significativo en el desempeño reproductivo.

La diferencia significativa del número de huevos por gramo de hembra reproductora de FBBFT y LVBFT se puede deber a la correlación del peso de hembra como menciona (Racotta et al., 2003). Para LVBFT los valores de desempeño reproductivo fueron similares a lo registrado por (Emerenciano et al., 2013b).

Los valores del número de huevos y nauplios por desove para las hembras de FBBFT y FBSIL mostraron una diferencia significativa. En contraste con el número de huevos por gramo de hembra reproductora, tasa de fertilización y de eclosión que no presentaron diferencia significativa. La mortalidad se mantuvo dentro de un rango similar en comparación con otras especies del genero *Farfantepenaeus*.

(Braga et al., (2011) hicieron una comparación en el desempeño reproductivo en cautiverio entre dos especies del genero *Farfantepenaeus* de origen silvestre. Sin embargo, en este estudio los resultados del desempeño reproductivo muestran que FBBFT puede tener un desempeño similar a lo reportado por (Regunathan, (2008) para *F.indicus*. En comparación con los resultados de (Emerenciano et al., (2013a) con *F.duorarum* en condiciones parecidas (organismos con dieta de pre-maduración-biofloc + alimento fresco-maduración) a las de *F.brasiliensis* del presente experimento se obtuvieron valores menores en el número de huevos por desove, huevos por gramo de hembra reproductora y mayor periodo de latencia que FBBFT.

8.3 Análisis Isotópico

Los valores isotópicos de los músculos de los padres registrados por Magaña-Gallegos, (2014) fueron menores que los de los huevos (Tabla 8) esto en consecuencia de los incrementos por la ingesta de las diferentes fuentes alimenticias donde hay un enriquecimiento de ^{15}N con respecto a la dieta de los reproductores.

Las relaciones isotópicas de los distintos alimentos consumidos por los reproductores se reflejaron en los huevos, en proporción a la cantidad asimilada por cada fuente de alimento,

después de considerar la discriminación contra los isótopos más pesados en el proceso de digestión y asimilación (Deniro y Epstein, 1981; DeNiro y Epstein, 1978).

Al parecer hay una tendencia a que las fuentes más importantes para la generación de huevos son poliqueto, *Artemia spp.* y alimento balanceado. El músculo de los reproductores presenta diferente comportamiento según la especie, siendo más importantes para la generación de huevos de *F.brasiliensis* que en *L.vannamei*. Finalmente el mejillón y el calamar son las dos fuentes menos representadas en los huevos (Figura 6,7 y 8).

El poliqueto es la fuente alimenticia más importante en la generación de huevos debido a que aporta ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) y fosfolípidos, los cuales son almacenados y movilizados desde el hepatopáncreas a la gónada para la maduración y desarrollo de los ovarios. La *Artemia spp.*, provee una excelente cantidad de amino ácidos esenciales así como de lípidos que posiblemente estén relacionados con la vitelogénesis primaria, secundaria y probablemente está relacionada con una mayor repetición de desoves según (Wouters et al., 2002, 2001).

El alimento balanceado al ser diseñado específicamente para cubrir los requerimientos nutricionales de camarones reproductores peneidos, tiene proteínas, lípidos, carbohidratos, pigmentos, vitaminas y minerales que ayudan al camarón a completar los nutrientes requeridos para la formación del vitelo (Wouters et al., 2002). De hecho, en el presente experimento, el alimento balanceado represento una fuente alimenticia muy importante en la generación de huevos y concuerda con lo reportado por Wouters et al., (2002) quien determino que es posible sustituir hasta un 50% de los alimentos frescos por los balanceados sin obtener resultados negativos en las variables de respuesta del desempeño reproductivo. Por el contrario, Wouters et al., (2002) determinó que la inclusión de alimento balanceado en la dieta de los reproductores dobla la frecuencia de desove y el agotamiento reproductivo se ve disminuido.

Con respecto al aporte del músculo de los reproductores a la generación de huevos Quackenbush, (2001) menciona que *L.vannamei* no utiliza el músculo como sitio para la síntesis de vitelo. Esta premisa concuerda con la baja contribución relativa del músculo de *L.vannamei* a la generación de huevos. Mientras que para *F.brasilisiensis* se observó que hay un mayor aporte del musculo a la generación de huevos y posiblemente es debido a la

capacidad de almacenar ciertos nutrientes a largo plazo que podrían estar ligados a la vitelogenénesis primaria y secundaria; este tipo de comportamiento se ha encontrado en anfípodos e isópodos y en algunos insectos (Quackenbush, 2001). No obstante, sería interesante llevar a cabo experimentos con alimentos marcados isotópicamente e intentar vislumbrar el potencial de cada tejido al proceso de vitelogenénesis y ovogénesis de los camarones. Los resultados también sugieren que la alta contribución relativa (>50%) de biofloc en la generación de músculo podría estar relacionada a la capacidad de almacenar nutrientes de igual manera en *F.brasiliensis* tanto de origen biofloc, como silvestre ya que el aporte a la generación de huevos es similar (Figura 7 y 8).

El mejillón y el calamar son alimentos frescos incluidos en la mayoría de las dietas de pre-reproductores y reproductores alrededor del mundo con el fin de activar el desarrollo ovárico (Cuzon et al., 2004; Primavera, 1985). Según Wouters et al., (2001), la contribución del calamar a la nutrición de los camarones reproductores se debe a su importante aporte de aminoácidos y su inclusión a la dieta de los reproductores se justifica principalmente por su acción estimulante al desarrollo del ovario (también conocido como factor gonadal del calamar; Cuzon *et al.*, 2004). El mejillón ha sido igualmente suministrado a los camarones reproductores, sin embargo su efecto no ha sido atribuido solamente al desarrollo ovárico sino también a la calidad de la progenie debido a su importante aporte en ácidos grasos altamente insaturados. A pesar de esto, es importante recordar lo que menciona Wouters et al., (2001) “Mientras es claro que los HUFA juegan un papel crucial en la reproducción de los camarones, debe ser considerado que la calidad de los lípidos no es determinada por la composición de los ácidos grasos solamente. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado al momento de considerar la contribución de otros nutrientes”. Por lo tanto, la contribución relativa del calamar y mejillón podrían estar más relacionadas al desarrollo gonadal de los reproductores más que a la vitelogenénesis y ovogénesis.

9. CONCLUSIONES

- Todos los parámetros fisicoquímicos del agua marina empleada en los experimentos se mantuvieron dentro del rango aceptado para la reproducción de camarones peneidos.
- El potencial reproductivo de las hembras no tuvo diferencias significativas entre tratamientos y especies, lo que arroja que el Biofloc es un excelente alimento para la pre-maduración, asemejándose al ambiente natural.
- Hay una transferencia de la huella isotópica de los padres de la progenie como se evidencia a partir de los valores de la señal de C y N en los huevos.
- Se confirma la importancia del suministro de alimentos frescos antes y después de la ablación esto por los nutrientes que aportan para la vitelogénesis secundaria de las gónadas y la mejora del desempeño reproductivo.
- Las fuentes alimenticias principales en la generación de huevos de manera general son en orden de importancia: poliqueto, biomasa de *Artemia spp.*, alimento balanceado, mejillón y calamar. El músculo de ambas especies es muy variable en cuanto a su contribución de acuerdo a la especie y podría reflejar requerimientos nutricionales diferentes en ambas especies. (Poner valores)

10. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R.K., Parker, P.L., Lawrence, A.L., 1987. A $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Tracer Study of the Utilization of Presented Feed by a Commercially Important Shrimp *Penaeus vannamei* in a Pond Growout System. *J. World Aquac. Soc.* 18, 148–155. doi:10.1111/j.1749-7345.1987.tb00433.x
- Avnimelech, Y., 2009. *Biofloc Technology – A practical guide book*. The World Aquaculture Society. Bat. Rouge, Louisiana, United States.
- Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264, 140–147. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227–235. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X
- Barrios, A.F., del Monte Martínez, A., Lao, T.E., Castroconde, B.B., Soria, H.N., Farnés, O.C., n.d. Caracterización de lipasas en tres especies de camarones peneidos. Su importancia en la digestión.
- Bombeo-Tuburan, I., Guanzon, N.G., Schroeder, G.L., 1993. Production of *Penaeus monodon* (Fabricius) using four natural food types in an extensive system. *Aquaculture* 112, 57–65. doi:10.1016/0044-8486(93)90158-U
- Braga, A.L., Lopes, D.L.A., Krummenauer, D., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. A Comparison of the Reproductive Performance of the Wild Pink Shrimp Species *Farfantepenaeus Paulensis* and *Farfantepenaeus Brasiliensis* in Captivity. *J. Shellfish Res.* 30, 963–967. doi:10.2983/035.030.0339
- Cahu, C., 2000. Dietas para reproductores de camarón y su efecto en la calidad larvaria. Av. en Nutr. acuícola IV. Memorias del IV Simp. Int. Nutr. Acuícola 15–18.
- Cam, D., Rollet, P.-É., Mariotti, A., Guillaume, J., 1991. Contribution relative de la productivité naturelle et de l'aliment composé dans la nutrition de *Penaeus japonicus* élevé en conditions semi-intensives. *Aquat. Living Resour.* 4, 175–180. doi:doi:10.1051/alr:1991019
- Casillas-Hernández, R., Nolasco-Soria, H., García-Galano, T., Carrillo-Farnes, O., Páez-Osuna, F., 2007. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. *Aquac. Eng.* 36, 105–114. doi:10.1016/j.aquaeng.2006.09.001

- Chim, L., Cardona, E., Lorgeoux, B., Gueguen, Y., Saulnier, D., Goguenheim, J., Wantiez, L., Cahu, C., 2014. Biofloc technology applied to rear shrimp *Litopenaeus Stylirostris* broodstock: An integrated and development research project in New Caledonia and French Polynesia, in: Europe Aqauculture Symposium, October 14-17, San Sebastian, Spain.
- CONAPESCA, 2013. Seguimiento Mensual de la Producción de Camarón de Cultivo Enero-Diciembre.
- Coplen, T.B., Brand, W.A., Gehre, M., Gröning, M., Meijer, H.A.J., Toman, B., Verkouteren, R.M., 2006. New Guidelines for $\delta^{13}\text{C}$ Measurements. *Anal. Chem.* 78, 2439–2441. doi:10.1021/ac052027c
- Cuzon, G., Arena, L., Goguenheim, J., Goyard, E., Aquacop, 2004. Is it possible to raise, offspring of the 25th generation of *Litopenaeus vannamei* (Boone) and 18th generation *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) in clear water to 40 g? *Aquac. Res.* 35, 1244–1252. doi:10.1111/j.1365-2109.2004.01145.x
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277, 125–137. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019
- Deniro, M.J., Epstein, S., 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* doi:10.1016/0016-7037(81)90244-1
- DeNiro, M.J., Epstein, S., 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* doi:10.1016/0016-7037(78)90199-0
- DeWalt, B.R., Ramírez-Zavala, J.R., Noriega, L., González, R.E., 2002. Shrimp aquaculture, the people and the environment in coastal Mexico. Rep. Prep. under World Bank, NACA, WWF y FAO Consort. Progr. shrimp farming Environ. Work Prog. Public Discuss. 73.
- Emerenciano, M., Ballester, E.C., Cavalli, R., Wasielesky, W., 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquac. Int.* 19, 891–901. doi:10.1007/s10499-010-9408-6
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., Gaxiola, G., 2013a. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: Spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquac. Res.* doi:10.1111/are.12117

- Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., Mascaró Miquelajauregui, M., Gaxiola, G., 2013b. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquac. Int.* 21, 987–1007. doi:10.1007/s10499-012-9607-4
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Goguenheim, J., Gaxiola, G., Aquacop, 2012a. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquac. Res.* 44, 75–85. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.03012.x
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Mascaró, M., Arévalo, M., Noreña-Barroso, E., Jerónimo, G., Racotta, I.S., Gaxiola, G., 2012b. Reproductive performance, biochemical composition and fatty acid profile of wild-caught and 2nd generation domesticated *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) broodstock. *Aquaculture* 344-349, 194–204. doi:10.1016/j.aquaculture.2012.03.014
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G., 2013c. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry, in: *Biomass Now - Cultivation and Utilization*. pp. 301–328. doi:10.5772/53902
- Epp, M.A., Ziemann, D.A., Schell, D.M., 2002. Carbon and nitrogen dynamics in zero-water exchange shrimp culture as indicated by stable isotope tracers. *Aquac. Res.* 33, 839–846. doi:10.1046/j.1365-2109.2002.00720.x
- FAO, 2013. Report of the FAO/MARD Technical Workshop on Early Mortality Syndrome (EMS) or Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome (AHPND) of Cultured Shrimp (under TCP/VIE/3304). *FAO Fish. Aquac. Rep. No. 1053*. Rome. 54 pp. 1053, Hanoi, Viet Nam, 25–27 June 2013.
- Farfante, I.P., 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. US Fish and Wildlife Service.
- Fenucci, J.L., 1988. Manual para la cría de camarones peneidos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fry, B., 2006. Isotope Notation and Measurement, in: *Stable Isotope Ecology*. pp. 21–37.
- Gamboa-Delgado, J., 2014. Nutritional role of natural productivity and formulated feed in semi-intensive shrimp farming as indicated by natural stable isotopes. *Rev. Aquac.* 6, 36–47. doi:10.1111/raq.12023
- Guitart, B., Quintana, M., 1978. Estadios de maduración gonadal en las especies importantes del género *Penaeus* en el Banco del Campeche. *Rev. Cuba. Investig. Pesq. Havana* 3, 82–126.
- Hargreaves, J.A., 2013. *Biofloc Production Systems for Aquaculture* 1–12.

- Hernandez-Llamas, A., Gonzalez-Becerril, A., Hernandez-Vazquez, S., Escutia-Zuñiga, S., 2004. Bioeconomic analysis of intensive production of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). *Aquac. Res.* 35, 103–111. doi:10.1111/j.1365-2109.2004.00980.x
- Hoa, N.D., Wouters, R., Wille, M., Thanh, V., Dong, T.K., Van Hao, N., Sorgeloos, P., 2009. A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture* 297, 116–121. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.09.005
- Kong, J., Luan, S., Zhang, T.S., Luo, K., Wang, Q.Y., 2008. BLUP genetic assessment and simulation of three breeding modes in *Fenneropenaeus chinensis*. *Mar. Fish. Res* 29, 27–34.
- Layman, C.A., Araujo, M.S., Boucek, R., Hammerschlag-Peyer, C.M., Harrison, E., Jud, Z.R., Matich, P., Rosenblatt, A.E., Vaudo, J.J., Yeager, L.A., Post, D.M., Bearhop, S., 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: An overview of analytical tools. *Biol. Rev.* doi:10.1111/j.1469-185X.2011.00208.x
- Lin, Y.-C., Chen, J.-C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193–201.
- Magaña-Gallegos, E., 2014. Determinación del valor nutricional del floc en el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) y el camarón rojo del Caribe (*Farfantepenaeus brasiliensis*). Master's Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Maldonado, J.C., 2007. Efecto de alimentos ricos en proteínas vegetales, fisiología digestiva y balance bioenergético en reproductores y postlarva en *Litopenaeus vannamei*. UNAM.
- Martínez-Córdova, L.R., Emerenciano, M., Miranda-Baeza, A., Martínez-Porchas, M., 2014. Microbial based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Rev. Aquac.*
- Michener, R.H., Kaufman, L., 2007. Stable isotope ratios as tracers in marine food webs: an update, in: *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. pp. 238–277. doi:10.1002/9780470691854.ch9
- Muhlia-Almazan, A., Garcia-Carreno, F.L., 2003. Digestion physiology and proteolytic enzymes of crustacean species of the Mexican Pacific Ocean. *Contrib. to study east Pacific Crustac.* 2, 77–91.

- Nakayama, C.L., Peixoto, S., Bianchini, A., Robaldo, R.B., Cavalli, R.O., 2008. Performance of *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) broodstock in tanks with sand and hard substrate, in: *Aquaculture Research*. pp. 398–405. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01800.x
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017–1024. doi:10.1038/35016500
- Nunes, A.J.P., Gesteira, T.C. V, Goddard, S., 1997. Food ingestion and assimilation by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture* 149, 121–136. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01433-0
- Olsen, R.L., Hasan, M.R., 2012. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends Food Sci. Technol.* doi:10.1016/j.tifs.2012.06.003
- Palacios, E., Ibarra, A.M., Racotta, I.S., 2000. Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pond-reared *Penaeus vannamei* broodstock. *Aquaculture* 185, 353–371. doi:10.1016/S0044-8486(99)00362-2
- Palacios, E., Perez-Rostro, C.I., Ramirez, J.L., Ibarra, A.M., Racotta, I.S., 1999. Reproductive exhaustion in shrimp (*Penaeus vannamei*) reflected in larval biochemical composition, survival and growth. *Aquaculture* 171, 309–321. doi:10.1016/S0044-8486(98)00393-7
- Pérez-Castañeda, R., Defeo, O., 2001. Population Variability of Four Sympatric Penaeid Shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in a Tropical Coastal Lagoon of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52, 631–641. doi:10.1006/ecss.2001.0771
- Phillips, D., Gregg, J., 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136, 261–269. doi:10.1007/s00442-003-1218-3
- Phillips, D.L., 2001. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. *Oecologia* 127, 166–170.
- Phillips, D.L., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A.L., Moore, J.W., Parnell, A.C., Semmens, B.X., Ward, E.J., 2014. Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. *Can. J. Zool.* 92, 823–835.
- Post, D.M., 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83, 703–718. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[0703:usitet]2.0.co;2

- Preston, N.P., Brennan, D.C., Crocos, P.J., 1999. Comparative costs of postlarval production from wild or domesticated Kuruma shrimp, *Penaeus japonicus* (Bate), broodstock. *Aquac. Res.* 30, 191–197.
- Primavera, J.H., 1997. Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquac. Res.* 28, 815–827. doi:10.1046/j.1365-2109.1997.00946.x
- Primavera, J.H., 1985. A review of maturation and reproduction in closed thelycum penaeids., in: Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps, 4-7 December 1984, Iloilo City, Philippines. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, pp. 47–64.
- Quackenbush, L.S., 2001. Yolk synthesis in the marine shrimp, *Penaeus vannamei*. *Am. Zool.* 41, 458–464.
- Racotta, I.S., Palacios, E., Ibarra, A.M., 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition, in: *Aquaculture*. pp. 107–130. doi:10.1016/S0044-8486(03)00498-8
- Regunathan, C., 2008. Variation in Reproductive Performance and Egg Quality Between Wild and Pond-Reared Indian White Shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Broodstock. *J. Appl. Aquac.* 20, 1–17. doi:10.1080/10454430802022037
- Reymond, H., Lagardère, J.P., 1990. Feeding rhythms and food of *Penaeus japonicus* bate (crustacea, penaeidae) in salt marsh ponds; role of halophilic entomofauna. *Aquaculture*. doi:10.1016/0044-8486(90)90343-L
- Sainz-Hernández, J.C., Racotta, I.S., Dumas, S., Hernández-López, J., 2008. Effect of unilateral and bilateral eyestalk ablation in *Litopenaeus vannamei* male and female on several metabolic and immunologic variables. *Aquaculture* 283, 188–193. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.07.002
- Schoeller, D.A., 1999. Isotope fractionation: why aren't we what we eat? *J. Archaeol. Sci.* 26, 667–673.
- Schroeder, G.L., 1983. Sources of fish and prawn growth in polyculture ponds as indicated by δC analysis. *Aquaculture* 35, 29–42.
- Tacon, A.G.J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285, 146–158. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015
- Tsai, S.-J., Chen, J.-C., 2002. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 213, 163–170.

- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J., Sorgeloos, P., 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: An updated review on research and development. *Aquaculture*. doi:10.1016/S0044-8486(01)00570-1
- Wouters, R., Zambrano, B., Espin, M., Calderon, J., Lavens, P., Sorgeloos, P., 2002. Experimental broodstock diets as partial fresh food substitutes in white shrimp *Litopenaeus vannamei* B. *Aquac. Nutr.* 8, 249–256. doi:10.1046/j.1365-2095.2002.00213.x
- Zhang, S., Dong, S., Wang, F., 2000. Stable isotopic ($\delta^{13}\text{C}$) evaluation of the relative contribution of natural and artificial feed to *Penaeus chinensis*. *J. Fish. Sci. China* 8, 54–58.

Keep walking...