



Uso de harina de *Caulerpa sertularioides* en alimentos balanceados para camarón *Litopenaeus vannamei*: Efecto sobre el crecimiento y digestibilidad *in vivo*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS DE SISTEMAS DE PRODUCCION
BIOSUSTENTABLES**

PRESENTA

EFRÉN ÁLVAREZ BAUMAN

Navojoa, Sonora, México

Agosto de 2015.

CARTA DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité designado para revisar la tesis titulada **Uso de harina de *Caulerpa sertularioides* en alimentos balanceados para camarón *Litopenaeus vannamei*: Efecto sobre el crecimiento y digestibilidad *in vivo***, presentada por **Efrén Álvarez Bauman**, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Sistemas de Producción Biosustentables.



Dr. Martha Elisa Rivas Vega
Director



Dra. Ma. Idalia Sandoval Muy
Sinodal



Dr. Anselmo Miranda Baeza
Sinodal

DEDICATORIA

A mi padres y hermanos por todo su apoyo incondicional que me han dado pero en especial a mi tía la doña como le decía (Isabel), por cuidarme y quererme como un hijo sabes el dolor puede parecer insoportable pero el secreto para consolarnos es no pensar en nosotros sino en la persona que se fue, pensar que ahora está mejor, que ya no sufrirá ni sentirá ningún tipo de dolor.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca No. 129253, y a la Universidad Estatal de Sonora (UES) unidad académica Navojoa por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de posgrado.

Dra. Martha Elisa Rivas Vega por su amistad que es invaluable y su excelente dirección durante el desarrollo del presente trabajo.

Al comité de tesis: Dra. María Idalia Sandoval Muy y Dr. Anselmo Miranda Baeza por sus acertados comentarios que permitieron desarrollar este trabajo de investigación.

A Jesús Alberto Lizárraga del Laboratorio de Investigación, por capacitarme y apoyarme en las técnicas realizadas en el laboratorio bajo su digno cargo, gracias por tu amistad.

A María Ernestina Santana A. del Laboratorio de Nutrición Acuícola, por capacitarme y apoyarme en las técnicas realizadas en el laboratorio, gracias por tú amistad y su gran paciencia.

A las personas que colaboraron conmigo en este trabajo algunas por aprender, otras solo por ayudar: M.C. Edgard Esquer, M.C. Ricardo Anaya, M.C. Manuel Cortés, Lic. Gabriel Miranda, Lic. José Huerta, M.C. Pamela Dalila Rabago, Ana Mariela Nolasco L. Denisse Navarrete, Nidia Angélica Valenzuela L. y Jesús Alfredo Félix M.

Y un agradecimiento muy grande al amor de mi vida Perla María Ramírez Corona, por su gran apoyo brindado.

RESUMEN

La búsqueda de fuentes alternativas de proteína para la producción acuícola, es uno de los retos actuales, ya que es necesario disminuir los costos de producción de los alimentos balanceados, así como la descarga de nutrientes al medio. Las macroalgas representan una alternativa para ser utilizadas en los alimentos balanceados para camarón, en el presente trabajo se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de harina de *Caulerpa sertularioides*, sobre el crecimiento, composición química proximal y de aminoácidos del músculo de juveniles de camarón, así como sobre la digestibilidad de materia seca, proteína y aminoácidos de los alimentos. Encontrándose que la harina de *Caulerpa sertularioides* en el alimento para *L. vannamei* no afecta negativamente el crecimiento ni la supervivencia, cuando se incluye hasta en un 10% en el alimento. El factor de conversión alimenticia disminuyó significativamente con un 10% de inclusión en el alimento de harina de *Caulerpa sertularioides*, comparándolo con un alimento sin la harina de esta macroalga. La harina de *Caulerpa sertularioides* disminuyó la digestibilidad de los nutrientes de los alimentos experimentales, por lo cual se recomienda evaluar diferentes formas de procesamiento para disminuir este efecto negativo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CARTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Antecedentes	3
I.2. Hipótesis	5
I.3. Objetivos	6
II. MATERIALES Y MÉTODOS	7
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	14
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
V. LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición de ingredientes (g/100 g de alimento) de los alimentos utilizados para evaluar el efecto del nivel de inclusión de la harina de macroalga <i>Caulerpa sertularioides</i> en el alimento balanceado para camarón blanco <i>L. vannamei</i> .	8
Cuadro 2. Composición de ingredientes (g/100 g de alimento) de los alimentos utilizados para evaluar el efecto de la digestibilidad <i>in vivo</i> de los alimentos experimentales con harina de macroalga <i>Caulerpa sertularioides</i> .	11
Cuadro 3. Composición química proximal (Media \pm DE) en base seca, excepto humedad de la harina de macroalga <i>Caulerpa sertularioides</i> .	14
Cuadro 4. Contenido de aminoácidos (g/100g de proteína) de la harina de <i>C. sertularioides</i> (Media \pm DE).	16
Cuadro 5. Parámetros fisicoquímicos (Media \pm DE) del agua de cultivo de <i>L. vannamei</i> alimentado con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga <i>C. sertularioides</i> .	18
Cuadro 6. Crecimiento, factor de conversión alimenticia, supervivencia y tasa relativa de crecimiento (MEDIA \pm DE) de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas con diferentes niveles de <i>C. sertularioides</i> .	20
Cuadro 7. Composición química proximal en base seca (g /100g de músculo), del músculo de juveniles de <i>L. vannamei</i> alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga <i>C. sertularioides</i> (Media \pm DE).	21
Cuadro 8. Contenido de aminoácidos (g/100 g de proteína) del músculo de camarón blanco <i>L. vannamei</i> alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga <i>Caulerpa sertularioides</i> (Media \pm DE).	22
Cuadro 9. Digestibilidad (%) de aminoácidos de los alimentos con inclusión de 0% y 15% de harina de macroalga <i>C. sertularioides</i> , para <i>L. vannamei</i> (Media \pm DE).	23
Cuadro 10. Digestibilidad (%) de materia seca y proteínas de los alimentos con inclusión de 0% y 15% de harina de macroalga <i>C. sertularioides</i> , para <i>L. vannamei</i> (Media \pm DE).	24

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de organismos acuáticos es de gran importancia como fuente de proteína para el consumo humano, ya que representa el 42% de la producción a nivel mundial, con un total de 66.6×10^6 toneladas, donde los crustáceos aportan el 9.6% de la producción mundial. Es tal la importancia que se ha incrementado a un ritmo de 8.6% anual desde 1970 a 2010, mientras que la producción pesquera se ha mantenido estable (FAO, 2014).

Por otro lado, la utilización global de macroalgas va en ascenso, y en términos de biomasa cosechada por año, las macroalgas están entre los organismos marinos más aprovechados. El grupo de macroalgas más explotado es el de las algas cafés con 6 millones de toneladas, seguido por las algas rojas con 3 millones de toneladas y en una porción menor las algas verdes con menos de 100 mil toneladas (Barsanti y Gualtieri, 2006). En general las macroalgas que han sido utilizadas como ingredientes en alimentos tanto para animales terrestres como acuáticos, poseen compuestos únicos o difíciles de encontrar en otras fuentes. *Caulerpa sertularioides*, (también conocida como pluma de ave) es un alga verde de la familia *Caulerpaceae*. Tiene una amplia distribución en las zonas tropical y subtropical de todos los océanos (Schnetter y Bula-Meyer, 1982; Littler y Littler 2000). Una ventaja importante de *Caulerpa sertularioides* es que existe la tecnología para su cultivo. Además representa una alternativa como ingrediente práctico para ser incluido en la dieta del camarón blanco *L. vannamei*. Actualmente existen tecnologías que permiten la integración en cultivos acuícolas, éstas representan posibilidades para el desarrollo de alimentos de mejor

calidad física y nutricional mediante co-cultivos pueden elevar la productividad de las granjas camaronícolas con procesos más sustentables (FAO, 2008).

Es de gran importancia buscar fuentes alternativas de proteína para la producción acuícola, específicamente sobre fuentes naturales que permitan cubrir los requerimientos nutricionales de los organismos a cultivar. En la actualidad, la acuicultura es la única opción viable que permitirá suministrar la demanda de productos acuáticos, por lo que el uso de alimentos alternativos debe continuar siendo investigado.

Con la idea de reducir los costos de producción de los organismos acuáticos, se han formulado dietas para diversos organismos como camarones, tilapias, trucha arco iris, etc., sustituyendo la harina de pescado por harina de garbanzo, arroz, soya, maíz, algas verdes, algas rojas y pardas, entre otras, que cubran los requerimientos necesarios para su crecimiento, sin embargo los resultados no siempre han sido satisfactorios (Moreno-Álvarez, 2000).

Entre las alternativas que se han propuesto está el uso de macroalgas, las cuales se han utilizado desde tiempos muy remotos en las dietas de los animales y humanos (McHugh, 2003); son plantas multicelulares que viven adheridas generalmente a un sustrato fijo en las zonas costeras someras en bahías y estuarios, aunque en ocasiones suelen formar masas flotantes que pueden ser capturadas fácilmente. Un componente del perifiton (algas, bacterias, hongos, animales y detritus orgánico e inorgánico) que también ofrece alimento natural para los peces y otros animales acuáticos (Smith, 1992).

El cultivo de las algas marinas es una industria creciente a nivel mundial. En los últimos años, las macroalgas han sido cada vez más utilizadas como complementos alimenticios en preparados para animales y para la obtención de productos industriales de gran valor comercial. Debido a su contenido de proteína y abundancia, recientemente se han realizado investigaciones de laboratorio para evaluar a las macroalgas como posible fuente de proteína alternativa para la cría de peces y crustáceos (Msuya y Neori, 2010). Por lo tanto, la finalidad de este estudio fue evaluar el efecto de la macroalga verde *Caulerpa sertularioides* en el crecimiento y digestibilidad de nutrientes del camarón blanco *L. vannamei*.

I.1. Antecedentes

La pesca y la acuicultura suministraron al mundo aproximadamente 148 millones de toneladas de pescado en 2010 (con un valor total de 217 500 millones de USD). De ellos, aproximadamente 128 millones de toneladas se destinaron al consumo humano y, según datos preliminares para 2011, la producción se incrementó hasta alcanzar los 154 millones de toneladas, de los que 131 millones de toneladas se destinaron al consumo humano directo (FAO, 2014).

Con el crecimiento sostenido de la producción de pescado y la mejora de los canales de distribución, el suministro mundial de alimentos pesqueros ha aumentado considerablemente en las cinco últimas décadas (McIntosh, 2010).

El incremento en la producción de camarón ha demandado mayores cantidades de alimento formulado, éste insumo representa entre 50 y 70% de los costos de

producción en sistemas semi-intensivos o intensivos (Cruz-Suárez *et al.*, 2002; McIntosh, 2010).

En el alimento formulado, la proteína es el nutriente más costoso, debido a su escasez, aunado al costo, se tienen las implicaciones ambientales por la liberación de compuestos nitrogenados en el agua (Gómez-Jimenez *et al.*, 2004).

Tradicionalmente la harina de pescado es uno de los principales ingredientes usados en la formulación de alimentos para organismos acuáticos. Se estima que en 2006 el 68% de la producción total fue utilizada por la industria de la acuicultura (Tacon y Metian, 2008).

El aumento en la demanda de proteínas marinas propició, la baja disponibilidad de harina de pescado y el incremento en su precio, lo que condujo a la búsqueda de fuentes alternas de proteína tales como: subproductos de animales terrestres, subproductos de industrias alimenticias (e.g. destilería) y productos de origen vegetal.

Las proteínas de origen vegetal han sido las opciones más adecuadas, ya que pueden tener un suministro sustentable e ilimitado, además de una calidad uniforme y un costo relativamente accesible (Davis and Arnold, 2000; Davies and Gouveia, 2010).

Por otro lado, las macroalgas se han perfilado como potenciales fuentes de nutrientes para organismos acuáticos, ya que son ricas en proteínas, vitaminas, carbohidratos, lípidos, fibra y minerales. En su mayoría tienen entre 75 y 85% de agua y de 15 a 25% de compuestos orgánicos y minerales. La materia seca esta entre 65 y 85% de materia orgánica y 30 a 35% de ceniza. Algunas especies de macroalgas contienen altos índices de proteínas, carbohidratos y grasas (Da Silva y Barbosa, 2008).

El estudio de las macroalgas como aditivo y probable sustituto de las harinas de origen animal está siendo estudiado. Durmaz *et al.* (2008), determinaron el perfil de ácidos grasos y la composición de antioxidantes en *Cystoseira* spp. y en *Ulva* spp. Shanmugam y Palpandi (2008) estudiaron la composición bioquímica y el perfil de ácidos grasos de *U. reticulata*. En *U. pertusa* se midió el crecimiento y la composición bioquímica por Wang *et al.* (2007). Benjama y Masniyom (2011) evaluaron la composición nutricional y las propiedades fisicoquímicas de dos especies de *Ulva*. Güroy *et al.* (2007) ensayaron el efecto de la harina de *U. rigida* y *Cysteria barbata* como aditivo en alimento para tilapia *Oreochromis niloticus*.

Un porcentaje importante de los estudios con crustáceos están relacionados con el mejoramiento de la calidad del alimento balanceado mediante la inclusión de nuevos ingredientes, como el realizado por Gutiérrez-Leyva (2006), donde utilizó las macroalgas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* sp. evaluando el efecto sobre el crecimiento y la digestibilidad del alimento, con resultados positivos.

I.2. HIPOTESIS

Las dietas formuladas con inclusión de 2, 5 y 10 % de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* no afectaran en el crecimiento ni supervivencia del camarón blanco *L. vannamei*.

I.3. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto del nivel de inclusión de la harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* en el alimento balanceado en el crecimiento y digestibilidad de nutrientes del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la inclusión de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* en diferentes porcentajes de inclusión (0, 2, 5 y 10%) en el crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia del camarón blanco *L. vannamei*.
2. Evaluar el efecto de la inclusión de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* en diferentes porcentajes de inclusión (0, 2, 5 y 10%) sobre la composición química proximal y de aminoácidos del tejido de *L. vannamei*.
3. Evaluar la digestibilidad *in vivo* de nutrientes de la macroalga *Caulerpa sertularioides* para juveniles de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la harina de *C. sertularioides*

La macroalga *C. sertularioides* fue colectada en la Bahía de Agiabampo (26°22'31" N y 109°13'37" O), ubicada al sur del estado de Sonora. Se transportó en bolsas de plástico transparentes, previamente lavadas con agua de mar y colocadas en hieleras con hielo para evitar su degradación durante el traslado. A su llegada al laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Sonora, unidad Navojoa, se lavaron cuatro veces con agua dulce.

Análisis químico proximal de las macroalga

Las algas se secaron en una estufa de convección de aire, a 45 °C de 24 a 48 h. Posteriormente se molieron, primeramente en un molino manual para nixtamal o grano, para después convertirlo en harina en un molino Cyclotec. Se determinó la composición química proximal (AOAC, 2002), perfil de aminoácidos, efecto en el crecimiento de *L. vannamei* y digestibilidad *in vivo* (Cho *et al.*, 1982; Rivas-Vega *et al.*, 2006).

Formulación y elaboración de alimentos

Con la harina de la macroalga se formularon y elaboraron cuatro alimentos experimentales con inclusiones de 2, 5 y 10% sucesivamente y un alimento control que no incluía harina de macroalga. Para la formulación de los alimentos se usó el software NUTRION 5 PRO (Cuadro 1). Los alimentos se elaboraron en el laboratorio de nutrición del UES unidad Navojoa.

Cuadro 1. Composición de ingredientes (g/100 g de alimento) de los alimentos utilizados para evaluar el efecto del nivel de inclusión de la harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* en el alimento balanceado para camarón blanco *L. vannamei*.

Ingredientes	Control	2%	5%	10%
Harina integral de trigo	68.06	48.06	18.06	8.06
Pasta de soya	450	450	450	420
Harina de sardina	382	382	382	372
Harina de microalga	0	20	50	100
Aceite de pescado	30	30	30	30
Lecitina de soya	15	15	15	15
Alginato de sodio	12	12	12	12
Premezcla de vitaminas	18	18	18	18
Fosfato bibásico de sodio	12	12	12	12
Colesterol	5	5	5	5
Premezcla de minerales	5	5	5	5
Cloruro de colina 62%	2	2	2	2
Vitamina C 35%	0.9	0.9	0.9	0.9
BHT	0.04	0.04	0.04	0.04

Organismos experimentales

Los organismos fueron donados por la empresa Gez S.A. DE C.V. a su llegada al laboratorio tuvieron un peso de 200 mg. Los organismos se mantuvieron en condiciones de laboratorio hasta que fueron utilizados para los bioensayos de crecimiento y digestibilidad.

Bioensayo de crecimiento.

Durante el experimento, los organismos fueron alimentados a saciedad aparente, el primer día se alimentaron con un 10 % de su biomasa dividido en tres raciones diarias, y a partir de segundo día, se ajustó dependiendo del consumo del alimento. Se realizaron biometrías cada 15 días, y el experimento tuvo una duración de 60 días.

La temperatura fue mantenida constante a 29 °C, durante todo el experimento, utilizando un calentador de ambiente de 1700 Watts. La aireación fue constante, utilizando un aireador de 1/3 HP, se realizó un recambio diario de agua del 50 %. Diariamente se monitoreó la temperatura y oxígeno disuelto utilizando un oxímetro YSI 5550 FT. Semanalmente se determinó amonio, nitritos y nitratos utilizando las técnicas descritas en el manual del espectrofotómetro HACH modelo DR 2800.

Los criterios a evaluar fueron: supervivencia, tasa relativa de crecimiento (TRC), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia proteica (EP), los cuales se calcularon usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\text{No. de organismos final}}{\text{No. de organismos a inicio}} * 100$$

$$\text{Tasa relativa de crecimiento (\%)} = \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

$$\text{Factor de conversión alimenticia} = \frac{\text{Alimento total consumido (g)}}{\text{Incremento en pes corregido (g)}}$$

Digestibilidad *in vivo*

Se llevó a cabo la evaluación de la digestibilidad *in vivo* del alimentos experimentales del 15% de inclusión de harina de macroalga. Se formuló un alimento control con un contenido de proteína del 35% (Tabla 2). A cada alimento se adicionó como marcador óxido de cromo (Cr₂O₃) a razón de 1% en cada dieta.

Para el bioensayo de digestibilidad se utilizaron organismos juveniles de camarón (*L. vannamei*), distribuyéndose aleatoriamente a razón de 10 organismos por acuario (50 L) y 6 acuarios por tratamiento. Durante el experimento se mantuvieron las siguientes condiciones: 29° C, 35 ‰ y 5 mg/L de oxígeno disuelto. Los organismos se alimentaron durante 7 días (tres raciones diarias) con los alimentos experimentales antes de iniciar la colecta de heces (dos horas después de cada alimentación).

Cuadro 2. Composición de ingredientes (g/100 g de alimento) de los alimentos utilizados para evaluar el efecto de la digestibilidad *in vivo* de los alimentos experimentales con harina de macroalga *Caulerpa sertularioides*.

Ingrediente	Control	<i>Caulerpa sertularioides</i>
H. pescado	15.00	14.85
H. Trigo	48.00	37.62
Pasta de Soya	28.00	24.75
H. de macroalga	0.00	14.85
Oxido de cromo	1.00	1.00
Alginato de Sodio	2.47	2.48
Premezcla de Vitaminas	0.78	0.78
Premezcla de Minerales	0.50	0.50
Cloruro de Colina	0.19	0.19
Vitamina C	0.10	0.10
Fosfato de Sodio	0.50	0.50
Aceite de Pescado	1.74	1.74
Lecitina de Soya	0.99	0.99
BHT	0.01	0.01

Las heces se lavaron con agua destilada y se congelaron hasta su análisis. Al final del bioensayo se secaron las heces colectadas de cada tanque, utilizando una estufa de convección de aire a 45 °C durante 24 h y se les determinó el contenido de óxido de cromo, digiriendo 100mg de muestra a 450°C, durante 5 min, con ácido sulfúrico concentrado, y 3 minutos con peróxido de hidrógeno al 50 %, utilizando un digestor Digesdahl HACH^{MR} se elaboró una curva estándar de óxido de cromo para determinar

la concentración en las muestras. Se determinó la absorbancia a 410 nm (Rivas-Vega *et al.*, 2006).

Se determinó el contenido de lípidos y proteína, de alimentos y heces se usando los métodos descritos por la AOAC, para cada caso.

El Coeficiente de Utilización Digestiva Aparente (CUDa) para materia seca y nutriente en la dieta se determinó de acuerdo a Cho *et al.* (1982) usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{CDA de materia seca (\%)} = 100 - \left[\left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en dieta}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}} \right) * 100 \right]$$

$$\text{CDA de nutrientes (\%)} = 100 - 100 \left[\left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en dieta}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}} \right) * \left(\frac{\% \text{Nutriente en heces}}{\% \text{Nutriente en alimento}} \right) \right]$$

El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de los Ingredientes (CADI) fue calculado basado en el porcentaje de sustitución del ingrediente probado (Forster, 1999) usando la siguiente ecuación:

$$\text{CDAI de nutrientes (\%)} = \frac{\left[\frac{(a+b) * \text{CAD nutriente en dieta probada} - a * \text{CAD nutriente en dieta de referencia}}{b} \right]}$$

Donde:

a= Contribución del nutriente de la dieta de referencia al contenido de nutriente de la dieta probada= (nivel de nutriente en la dieta referencia)*(100-i)

b= Contribución de nutriente del ingrediente probado al contenido de nutriente de la dieta probada= (nivel de nutriente en el ingrediente probado)*i

i= Nivel de ingrediente probado en la dieta probada.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron utilizando un análisis de varianza y cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey, el nivel de confianza fue del 95% (Zar, 1998). Se utilizó el software STATISTICA^{MR}9.0.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química proximal y perfil de aminoácidos de la harina de macroalga *C. sertularioides*.

En el cuadro 3 se presenta la composición química proximal de las harinas de macroalga *C. sertularioides*. La composición química de las algas varía conforme a las especies, hábitats, maduración y las condiciones del medio (Ito y Hori, 1989; Serviere-Zaragoza *et al.*, 2002). Las condiciones ambientales influyen de manera directa el contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, fibra, ceniza y nitrógeno en las algas (Serviere-Zaragoza *et al.*, 2002; Marinho-Soriano *et al.*, 2006; Cruz-Suárez *et al.*, 2009). Se ha reportado la composición bromatológica de diferentes especies, en el presente trabajo, la proteína de la harina de *C. sertularioides* fue de 24.69% la cual es muy similar a lo reportado por Porchas *et al.*, (1999) con un porcentaje de proteína de 26.74%.

Cuadro 3. Composición química proximal (Media \pm DE) en base seca, excepto humedad de la harina de macroalga *Caulerpa sertularioides*.

Harina	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
Macroalga	2.62 \pm 0.54	24.69 \pm 1.02	1.24 \pm 0.29	51.77 \pm 0.11

El contenido de lípidos de la harina de macroalga *C. sertularioides* fue de 1.24%, el cual fue menor que el reportado por Porchas *et al.* (1999) el cual obtuvo 5.95%. El contenido de cenizas fue de 51.77%, el cual se considera alto para un ingrediente para

elaborar alimentos balanceados para camarón, ya que un exceso de cenizas en el alimento balanceado afecta la digestibilidad de los nutrientes (Rivas-Vega *et al.*, 2006). Serviere-Zaragoza *et al.* (2002) evaluaron la composición química proximal de dos algas cafés y una roja, encontrando que las cenizas variaron durante el año de 7.1 a 37.5 %, en ninguno de los casos el contenido fue tan elevado como el registrado en este estudio para *C. sertularioides*.

En el cuadro 4 se presenta el contenido de aminoácidos presentes en la harina de *C. sertularioides*. El perfil de aminoácidos de la macroalga revela que la mayoría de los aminoácidos esenciales para *L. vannamei* están presentes, a excepción del triptófano, que no fue determinado en el presente trabajo, y que Tacon (1989) confirmó que las macroalgas son deficientes en este aminoácido esencial.

Cuadro 4. Contenido de aminoácidos (g/100g de proteína) de la harina de *C. sertularioides* (Media \pm DE).

aminoácidos esenciales	<i>C. sertularioides</i>
Isoleucina	1.92 \pm 0.14
Leucina	2.66 \pm 0.04
Lisina	0.64 \pm 0.05
Metionina	0.59 \pm 0.04
Fenilalanina	1.25 \pm 0.03
Treonina	1.65 \pm 0.08
Valina	2.70 \pm 0.18
Histidina	1.30 \pm 0.10
Arginina	2.25 \pm 0.05
Amino Ácidos no Esenciales	
Alanina	1.55 \pm 0.37
Tirosina	0.27 \pm 0.08
Aspartato	0.77 \pm 0.41
Glutamato	0.42 \pm 0.32
Glicina	1.33 \pm 0.32
Serina	0.64 \pm 0.03

Medias de los tratamientos sin diferencia significativa ($p > 0.05$)

Bioensayo de crecimiento

En el cuadro 5 se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua en los tanques de cultivo de juveniles de camarón blanco *L. vannamei* alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides*. La temperatura en los tanques de cultivo varió de 29.2°C a 29.3 °C, no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) entre las medias de los tratamientos, esta temperatura se encontró dentro de los rangos óptimos para *L. vannamei*. Es importante evitar temperaturas del agua por debajo de 23°C y por encima de 34°C debido a que se reduce la tasa de alimentación y de crecimiento (Davis *et al.*, 2004; Collins *et al.*, 2005). El nivel de oxígeno disuelto varió de 5.6 a 5.7 mg/L, no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre las medias de los tratamientos; en lo referente a amonio, nitritos y nitratos las concentraciones estuvieron entre 0.3 a 0.4 mg/l, 2.8 a 3.0 mg/l y 2.9 a 3.0 mg/l, respectivamente, no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El amonio es más tóxico a pH y temperaturas elevadas, debido a que el equilibrio de disociación se desplaza hacia la forma tóxica no ionizada (NH₃). En cultivos *L. vannamei* es adecuado mantener los niveles de N-NH₃ por debajo de 0.12 mg/l (Lin y Chen, 2001). En el caso de nitritos *L. vannamei* puede soportar concentración elevada hasta los 4 mg/l de N-NO₂ (Gross *et al.*, 2004).

Cuadro 5. Parámetros fisicoquímicos (Media \pm DE) del agua de cultivo de *L. vannamei* alimentado con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga *C. sertularioides*.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Amonio (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
0	29.3 \pm 0.03	5.6 \pm 0.09	0.4 \pm 0.01	3.0 \pm 0.35	2.9 \pm 0.11
2	29.2 \pm 0.04	5.6 \pm 0.04	0.3 \pm 0.03	2.9 \pm 0.11	2.9 \pm 0.33
5	29.3 \pm 0.04	5.6 \pm 0.05	0.4 \pm 0.04	2.8 \pm 0.21	3.0 \pm 0.26
10	29.2 \pm 0.06	5.7 \pm 0.06	0.3 \pm 0.02	2.9 \pm 0.26	3.0 \pm 0.23

Medias de los tratamientos sin diferencia significativa ($p>0.05$)

En el cuadro 6 se muestran los resultados del crecimiento obtenidos en el cultivo de juveniles de camarón blanco *L. vannamei* alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga *C. sertularioides*. Se encontró que los camarones alimentados con 5 % de macroalga tuvieron un peso final significativamente mayor (7.65 g) con respecto al alimento control. Asimismo, el peso alcanzado por los camarones en el presente bioensayo fue superior al obtenido por Porchas *et al.* (1999) quienes probaron la harina de *C. sertularioides* en el alimento de camarón café, durante un periodo de 10 semanas, obteniendo un peso final de 3.98 g; estos autores encontraron que la presencia del alga incrementó significativamente el peso de los camarones, sugiriendo que esto se debe a que el alga tiene algún factor de crecimiento o un estimulante del consumo; sus resultados concuerdan con el

presente trabajo en el sentido de que las algas favorecen el desarrollo de los camarones. Otros autores como Cruz *et al.* (2000) y Casas *et al.* (2002) han incluido algas en dietas para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Los primeros incluyeron 4% de *Macrocystis pyrifera* en las dietas, y los segundos, 4% de *Sargassum*; las ganancias de peso obtenidas fueron muy superiores a las obtenidas con el resto de las dietas con las que los compararon. Estos autores señalan que la harina de ambas especies funciona como un excelente attractante, aglutinante y texturizante, lo que permite una utilización más efectiva de los nutrimentos dietarios.

Se encontró que el factor de conversión alimenticia (FCA) en el tratamiento con 10 % de macroalga (1.63) fue significativamente menor que el FCA del alimento control (2.65). Gutiérrez-Leyva (2006) encontró que el FCA de los alimentos con harinas de kelp y sargazo varió de 1.8 a 2.1, similares a los encontrados en el presente trabajo con *C. sertularioides*.

La supervivencia varió de 100% al 90%, no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) entre las medias de los tratamientos. En la tasa relativa de crecimiento (TRC) se encontró que los tratamientos de 5% y 10% de inclusión tienen un TRC significativamente mayor (3,159.32 y 3340.63 respectivamente) que el alimento control.

Cuadro 6. Crecimiento, factor de conversión alimenticia, supervivencia y tasa relativa de crecimiento (MEDIA±DE) de *L. vannamei* alimentado con dietas con diferentes niveles de *C. sertularioides*.

Tratamiento	Peso Inicial	Peso Final	¹ FCA	Supervivencia	² TRC
0	0.24 ^a ±0.00	7.03 ^b ±3.59	2.65 ^a ±0.11	100 ^a ±0.00	2838.84 ^b ±194.3
2	0.24 ^a ±0.00	6.26 ^b ±3.76	2.57 ^{ab} ±0.16	90 ^a ±0.02	2558.61 ^b ±45.3
5	0.24 ^a ±0.00	7.65 ^a ±4.40	2.22 ^{ab} ±0.18	100 ^a ±0.00	3159.32 ^a ±48.6
10	0.23 ^a ±0.00	7.51 ^{ab} ±3.27	1.63 ^b ±0.13	90 ^a ±0.02	3340.63 ^a ±531.6

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p < 0.05$). ¹ Factor de Conversión Alimenticia, ² Tasa Relativa de Crecimiento.

El contenido de proteína cruda en el músculo de los camarones alimentados con los alimentos evaluados en el bioensayo de crecimiento se muestra en el cuadro 7. La proteína varió de 41 a 42%, sin encontrar diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias de los tratamientos, Terrazas *et al.*, (2010) encontraron que la cantidad de proteína en el músculo de *L. vannamei* fluctuó entre 78.5% y 86.4%, los lípidos oscilaron de 3.3% a 4.0%, en cambio las cenizas quedaron entre 11.1% a 12.2% sin encontrarse diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las medias de los tratamientos.

Cuadro 7. Composición química proximal en base seca (g /100g de músculo), del músculo de juveniles de *L. vannamei* alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga *C. sertularioides* (Media \pm DE).

Tratamientos	Proteínas	Lípidos	Cenizas
0%	42 \pm 1.47	3.3 \pm 1.05	11.5 \pm 0.92
2%	42 \pm 1.79	3.7 \pm 0.30	11.1 \pm 0.38
5%	41 \pm 1.28	3.8 \pm 0.17	12.2 \pm 0.49
10%	42 \pm 1.21	4.0 \pm 0.28	11.3 \pm 0.24

Medias de los tratamientos sin diferencia significativa ($p > 0.05$)

En el cuadro 8 se muestra el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en el músculo de camarón blanco *L. vannamei*. Con respecto a los aminoácidos esenciales, solo se encontraron diferencias significativas en los aminoácidos básicos: lisina, histidina y arginina presentes en el músculo de *L. vannamei*, en el caso de lisina y arginina el tratamiento con 5% de harina de macroalga presentó un contenido significativamente menor con respecto al alimento control. Un criterio para determinar los requerimientos de aminoácidos esenciales en algunos animales, es el igualar el contenido de aminoácidos de los alimentos balanceados con el contenido de aminoácidos presentes en el músculo. El contenido de aminoácidos en el tejido del camarón en el presente trabajo fue superior a lo recomendado por Forster *et al.*, (2002) y Tacon *et al.*, (2002).

Cuadro 8. Contenido de aminoácidos (g/100 g de proteína) del músculo de camarón blanco *L. vannamei* alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* (Media \pm DE).

Aminoácidos Esenciales	0%	2%	5%	10%
Isoleucina	5.06 ^a \pm 0.96	5.17 ^a \pm 0.15	4.97 ^a \pm 0.42	4.91 ^a \pm 0.34
Leucina	11.11 ^a \pm 0.51	8.67 ^a \pm 1.45	9.82 ^a \pm 1.15	8.94 ^a \pm 1.13
Lisina	11.83 ^a \pm 0.37	10.27 ^{ab} \pm 0.21	7.82 ^b \pm 1.34	10.30 ^{ab} \pm 0.22
Metionina	2.98 ^a \pm 0.59	2.62 ^a \pm 0.26	2.57 ^a \pm 0.55	2.76 ^a \pm 0.16
Fenilalanina	3.62 ^a \pm 0.50	3.03 ^a \pm 0.66	3.41 ^a \pm 0.62	3.28 ^a \pm 0.50
Treonina	3.54 ^a \pm 0.76	3.38 ^a \pm 0.92	3.71 ^a \pm 1.11	3.41 ^a \pm 1.29
Valina	7.62 ^a \pm 0.51	6.26 ^a \pm 0.14	6.58 ^a \pm 0.87	7.01 ^a \pm 0.34
Histidina	2.59 ^{ab} \pm 0.14	1.72 ^b \pm 0.04	2.81 ^a \pm 0.38	2.14 ^{ab} \pm 0.21
Arginina	14.62 ^a \pm 0.25	10.40 ^b \pm 0.63	9.70 ^b \pm 1.34	11.35 ^{ab} \pm 1.38
Aminoácidos no esenciales	0%	2%	5%	10%
Alanina	7.13 ^a \pm 0.19	5.01 ^b \pm 0.65	4.03 ^b \pm 0.32	6.36 ^a \pm 0.56
Tirosina	5.23 ^a \pm 0.37	3.49 ^b \pm 0.24	3.63 ^b \pm 0.59	4.09 ^{ab} \pm 0.50
Aspartato	20.16 ^a \pm 1.68	18.86 ^a \pm 2.54	16.11 ^a \pm 0.06	17.28 ^a \pm 0.84
Glutamato	24.31 ^a \pm 3.63	18.93 ^{ab} \pm 1.60	17.40 ^b \pm 1.71	21.97 ^{ab} \pm 0.51
Glicina	13.23 ^a \pm 1.09	12.29 ^a \pm 1.73	10.77 ^a \pm 1.98	11.93 ^a \pm 0.45
Serina	5.57 ^a \pm 0.64	4.55 ^a \pm 0.08	4.68 ^a \pm 0.50	5.85 ^a \pm 0.96

Digestibilidad in vivo de las harinas de macroalga Caulerpa sertularioides en alimentos para juveniles del camarón Litopenaeus vannamei.

En el cuadro 9 se muestra la digestibilidad de los aminoácido de los alimentos con 0% de harina de macroalga y otro con inclusión de 15% de harina de macroalga *C. sertularioides*.

Cuadro 9. Digestibilidad (%) de aminoácidos de los alimentos con inclusión de 0% y 15% de harina de macroalga *C. sertularioides*, para *L. vannamei* (Media \pm DE).

	Control (0%)	<i>Caulerpa sertularioides</i> (15%)
Amino Ácidos Esenciales (EAA)		
Isoleucina	90.36 ^a \pm 2.20	77.10 ^b \pm 4.89
Leucina	90.99 ^a \pm 2.12	76.87 ^b \pm 2.11
Lisina	90.79 ^a \pm 1.16	69.38 ^b \pm 1.98
Metionina	89.69 ^a \pm 0.33	74.56 ^b \pm 3.23
Fenilalanina	93.55 ^a \pm 0.63	87.00 ^b \pm 2.42
Treonina	83.98 ^a \pm 3.65	57.95 ^b \pm 3.98
Valina	85.75 ^a \pm 3.32	70.90 ^b \pm 5.08
Histidina	92.41 ^a \pm 1.02	80.93 ^b \pm 1.23
Arginina	91.01 ^a \pm 1.20	72.45 ^b \pm 2.02

Amino Ácidos no Esenciales (NEAA)

Alanina	74.95 ^a ±5.47	70.35 ^a ±4.61
Tirosina	88.40 ^a ±2.49	73.09 ^b ±2.21
Ácido aspártico	92.02 ^a ±1.98	74.82 ^b ±2.16
Ácido glutámico	93.56 ^a ±1.12	81.62 ^b ±0.33
Glicina	83.34 ^a ±1.86	73.31 ^b ±3.89
Serina	93.86 ^a ±1.82	54.04 ^b ±4.22

La digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteína de los alimentos experimentales elaborados con 0 y 15% de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* se muestran en la cuadro 10.

Cuadro 10. Digestibilidad (%) de materia seca y proteínas de los alimentos con inclusión de 0% y 15% de harina de macroalga *C. sertularioides*, para *L. vannamei* (Media ± DE).

Alimentos	Materia seca	Proteínas
Control	72.58 ^a ±4.42	84.58 ^a ±3.80
Tratamiento	31.71 ^b ±2.30	48.83 ^b ±2.58

La digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteína de los alimentos experimentales elaborados con 15% de harina de macroalga *Caulerpa sertularioides* fueron significativamente menor que el alimento control, Gutiérrez-Leyva (2006) evaluó la digestibilidad de materia seca y proteína en alimentos balanceados para *L. vannamei* conteniendo sargaso y ulva, sin encontrar un efecto significativo en la digestibilidad de los alimentos al incluir harina de macroalgas. El efecto en la digestibilidad de estos nutrientes puede ser atribuido al contenido de factores antinutricionales en la harina de *C. sertularioides*, ya que se ha reportado que algunas especies contienen niveles elevados de compuestos fenólicos y otros compuestos con actividad biológica, que si bien es cierto, pueden actuar como antioxidantes y antimicrobianos, pueden afectar la digestibilidad de los nutrientes del alimento (Srivastava *et al.*, 2010). En el presente trabajo no se determinaron los factores antinutricionales, pero puede relacionarse este efecto tan evidente en la digestibilidad de nutrientes de los alimentos al contenido de la macroalga.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La harina de *Caulerpa sertularioides* en el alimento para *L. vannamei* no afecta negativamente el crecimiento ni la supervivencia, hasta en un 10% de inclusión en el alimento.

El factor de conversión alimenticia disminuye significativamente con un 10% de inclusión en el alimento de harina de *Caulerpa sertularioides*, comparándolo con un alimento sin harina de esta macroalga.

La harina de *Caulerpa sertularioides* en el alimento para *L. vannamei* disminuye la digestibilidad de los nutrientes de los alimentos experimentales, por lo cual se por lo cual se recomienda evaluar diferentes formas de procesamiento para disminuir este efecto negativo.

V. LITERATURA CITADA

- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1094 pp.
- Akiyama, D. M., Dominy, W. C. y Lawrence, A. L. 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the commercial Feed Industry. In: ASSOCIATION, A. S., ed. Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop, 7-10 de November de 1994 Singapore. American Soybean Association, 43-79.
- Barsanti L. y Gualtieri P. 2006. Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology. Taylor and Francis. Florida US, pp. 251-289.
- Becerra-Dórame M.J., Martínez-Porchas M., Martínez-Córdova L.R., Rivas-Vega M.E. y Porchas-Cornejo M.A. 2012. Production Response and Digestive Enzymatic Activity of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) Intensively Pregrown in Microbial Heterotrophic and Autotrophic-Based Systems. The Scientific World Journal. 6 pages.
- Campa-Cordova, A. I., Hernandez-Saavedra, N. Y., Aguirre-Guzmán, G., y Ascencio, F. 2005. Immunomodulatory response of superoxide dismutase in juvenile American white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to immunostimulants. Ciencias Marinas, 31(4), 661-669.
- Cano Mallo, M. 2008. Bases biológicas de *Ulva fasciata* Delile, (Chlorophyta) para su posible explotación, al oeste de la Habana, Cuba. Tesis de Doctorado.
- Casas Valdez M, C Hernández, R Aguila, B González, A Marín, S Rodríguez, S Carrillo, F Pérez Gil, E Cruz, M Rique y M Tapia. 2002. Sargassum spp. Como fuente

- potencial de alimento para camarón. Informe Técnico Final. CGPI. Instituto Politécnico Nacional, 34 pp.
- Chotigeat, W., Tongsupa, S., Supamataya, K. y Phongdara, A. 2004. Effect of fucoidan on disease resistance of Black Tiger Shrimp. *Aquaculture*, 233: 23-30
- Cho, C.Y., S.J. Slinger y H.S. Bayley. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B: 24–41.
- Collins, A., Russell, B., Walls, A. y Hoang, T. 2005. Inland prawn farming studies into the potential for inland marine prawn farming in Queensland. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F). Australia. 79 pp.
- Conklin D. 2004. Use of soybean meal in the diets of marine shrimp. Department of Animal Science, University of California, Davis. Technical review papers written in cooperation with the United Soybean Board and American Soybean Association. St. Louis, MO, USA. p. 14.
- COSAES. 2012. Protocolo sanitario. Recuperado el 15 de Octubre del 2012. www.cosaes.com.
- Cruz Suárez, L. E., Ruiz Díaz, P., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M., Ricque-Marie, D., y Lemme, A. 2005. Leaching impacts amino acid profiles of commercial shrimp feeds. *Global Aquaculture Advocate*, 8(4), 78-79.
- Cruz-Suarez, L. E., Antimo-Perez, J. S., N., L.-M., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C. y Ricque-Marie, D. 2000 Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal optimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y L.

stylirostris. In: Cruz Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Tapia Salazar, M., Olvera Novoa, M. A. y Civera Cerecedo, R., eds. Avances en Nutrición Acuícola V. 2000. Memorias del Quinto Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos, 19-22 Noviembre, 2000 Mérida Yucatán. Universidad Autónoma de Nuevo León, 1-22.

Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Marín-Zaldivar, L. F., Guajardo-Barbosa, C., Nieto-López, M. y Salinas-Miller, A. 2002 Historia y estatus actual de la digestibilidad y de algunas características fisicoquímicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México. In: CRUZ-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N., ed. Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola., 3 al 6 de Septiembre del 2002 Cancún, Quintana Roo, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, 1-22.

Cruz-Suárez, L. E., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M. G. y Ricque-Marie, D. 2009. Use of Seaweeds for Shrimp Nutrition: Status and Potential. The Rising Tide. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. Edited by: Craig L. Browdy and Darryl E. Jory. World Aquaculture Society. USA. Pp. 131-147.

Davies, S. J. y Gouveia, A. 2010. Response of common carp fry fed diets containing a pea seed meal (*Pisum sativum*) subjected to different thermal processing methods. Aquaculture, In Press, Corrected Proof.

- Davis, D. A. y Arnold, C. R. 2000. Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185, 291-298.
- Davis, A., Samocha, T.M. y Boyd, C.E. 2004. Acclimating Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to Inland, low-salinity waters. SRAC Publication No. 2601. 8 pp.
- Demirel, Z., Yilmaz-Koz, F., Karabay-Yavasoglu, U., Ozdemir, G. y Sukatar, A. 2009. Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 74 (6) 619–628.
- FAO 2010. 2008. FAO anuario Estadísticas de pesca y acuicultura, FAO, Roma Italia.
- FAO 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012 - PERSPECTIVA GENERAL
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Recuperado el 11 de abril del 2014. <http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s.pdf>
- Forster, I., Dominy, W., Tacon, A.G.J. 2002. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Gomez-Jimenez, S., Urias-Reyes, A. A., Vazquez-Ortiz, F. y Hernandez-Watanabe, G. 2004. Ammonia efflux rates and free amino acid levels in *Litopenaeus vannamei* postlarvae during sudden salinity changes. *Aquaculture*, 233, 573-581.

- Gross, A., Abutbul, S. y Zilberg, D. 2004. Acute and chronic effect of nitrite on white shrimp *Litopenaeus vannamei*, cultured in low salinity brackish water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35: 315-321.
- Gutiérrez Leyva, R. 2006. Uso de harinas de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en alimentos balanceados para el camarón *Litopenaeus vannamei*: efectos sobre el crecimiento y la digestibilidad in vivo. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 87 p.
- Huai M.Y., Liu Y.J., Tian L.H., Deng S.H., Xu A.L., Gao W. y Yang H.J. 2010. Effect of dietary protein reduction with synthetic amino acids supplementation on growth performance, digestibility, and body composition of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquac. Int.*, 18, 255–269.
- Ito, K. y Hori K. 1989. Seaweed; chemical composition and potential food uses. *Food Review International* 5:101–144.
- Layse F. de Almeida, C., de S. Falcão, H., de M. Lima, G.R., de A. Montenegro, C., S. Lira, N., de Athayde-Filho, P., C. Rodrigues, L., V. de Souza, M.F., Barbosa-Filho J.M. y M. Batista, L. 2011. Bioactivities from Marine Algae of the Genus *Gracilaria*. *International Journal of Molecular Sciences*. 12, 4550-4573.
- Lighner, Redman, R.M., Williams, R.R., Mohny, L.L., Clerx, J.P.M., Bel, T.A. y Brock, J.A. 1985. Recent advances in penaeid virus disease investigations. *Journal of the world mariculture society*. 16: 267-274.

- Lin, Y. y Chen, J. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. Journal of Experimental of Marine Biology and Ecology. 259: 109-119.
- Littler, D.S. y M.M. Littler. 2000. Caribbean Reef Plants. OffShore Graphics, Washington. 541
- Mac Hugh, D. J. 2003 a guide to Szeged industry, FAO fisheries technical paper. N 441, Rome, FAO, 105p
- Madhumathi, M. y Rengasamy, R. 2011. Antioxidant status of *Penaeus monodon* fed with Dunaliella salina supplemented diet and resistance against WSSV. Int J Eng Sci Technol, 3(10), 7249-7259.
- Marinho-Soriano, E., Fonseca, P. C., Carneiro, M. A. A., y Moreira, W. S. C. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. Bioresource Technology, 97(18), 2402-2406.
- Mcintosh, R. 2010. El verdadero costo del camarón tailandés. Industria Acuícola, Industria acuícola, 7:12-14.
- Morales-Covarrubias, M. S. 2004. Enfermedades del camarón. Detección mediante análisis en fresco e histopatología. Editorial Trillas, México, D.F. Primera edición. Pp.1-122.
- Moreno-Álvarez, M.J. 2000. Carotenoides totales en cáscara de naranja *Citrus sinensis* L. Var. Valencia Rev. Unellez de Ciencias y Tecnología 17, 92-99.

- Msuya F. y Neori A. 2010. The performance of spray-irrigated *Ulva lactuca* (*Ulvophyceae, Chlorophyta*) as a crop and as a biofilter of fishpond effluents. *J Phycol* 46:813–817 p.
- Srivastava, K. Saura v, V. Mohanasrinivasan, K. Kannabiran y M. Singh. 2010. Antibacterial Potential of Macroalgae Collected from the Madappam Coast, India. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 1(2), 72-76,.
- Porchas-Cornejo M.A., L Martínez Córdova, F Magallón Barajas, J Naranjo Páramo y G Portillo Clark. 1999. Efecto de la macroalga *Caulerpa sertularioides* en el desarrollo del camarón *Penaeus californiensis* (Decapoda: Peneidae). *Revista de Biología Tropical* 47(3): 437-442.
- Rendón, L. y Balcázar, J.L. 2003. Inmunología de camarones: Conceptos básicos y recientes avances. *Revista AquaTIC*, nº 19, pp. 27-33.
- Rivas-Vega, E.Goytortúa-Bores, J.M. Ezquerro-Brauer, M.G. Salazar-García, L.E. Cruz-Suárez, H. Nolasco y R. Civera-Cerecedo. 2006. Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) meals as ingredients in diets for Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Food Chemistry*, 97, 41-47.
- Schnetter, R. y G. Bula-Meyer. 1982. *Algas marinas del litoral Pacífico de Colombia*. Ed. Gantner Verlag, Alemania. 287 p.
- Smith, I. M, Dunez J., Philips D H, Lelliot R. A y Archer S. A. 1992. *Manual de las enfermedades de las plantas*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España 671 p.

- Tacon, A. G. J. y 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.
- Tacon A.G.J., Cody J.J., Conquest L.D., Divakaran S., Forster I.P., Decamp O.E. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquac. Nutr.*, 8, 121-137.
- Timmons, M. B. Ebeling, J. M. Wheaton, F. W. Summerflet, S. T. y Vinci, B.J. 2002. Recirculating aquaculture systems. 2da. edición. U.S.A. ED NRAC Publication No. 01-002. 775 pp.
- Velasco, M., Lawrence, A., Castille, F. L. y Obaldo, L. G. 2000 Dietary protein requirement for *Litopenaeus vannamei* In: Cruz -Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. & Civera-Cerecedo, R., eds. *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 Noviembre, 2000 Mérida, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, 181-192.
- Zar, J.H., 1998. *Biostatistical analysis*. 4th edition, Prentice-Hall. New Jersey, USA.