



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE UNA MEZCLA  
SOYA-TRIGO POR PASTAS DE COCO (*Cocos nucifera*)  
SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO  
DE JUVENILES DE CAMARÓN BLANCO  
DEL PACÍFICO (*Litopenaeus vannamei*).

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

**RICARDO CAZARES SALAZAR**

ASESORES:

DR. ROBERTO CIVERA CERECEDO  
MVZ ANGEL GARCÍA HERNÁNDEZ



México D.F

2013



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.

*Toda persona debe decidir una vez en su vida  
si se lanza a triunfar, arriesgándolo todo,  
o si se sienta a ver el paso de los triunfadores.*

*Thomas Alva Edison*

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a:

Mi hijo Eder Cazares Lara

Dicen que un hijo te cambia la vida, lo que no te dicen es que no solo la cambia te da la razón para vivirla. Gracias por llegar a mi vida cuando más te necesitaba y gracias por ser mi más grande inspiración y mi motor para seguir adelante.

TE AMO

*La fortuna juega a favor de una mente preparada.*

*Louis Pasteur*

## AGRADECIMIENTOS

A mamá y papá por todo su apoyo moral y económico, por sus consejos y por ser un ejemplo de lucha y sacrificio para lograr nuestras metas, gracias por heredarme el tesoro más valioso, y por no escatimar en esfuerzo y sacrificio para formarme y educarme hasta convertirme en una persona de provecho. Gracias por no cortarme las alas y dejarme seguir mis sueños.

Wendy. Gracias por permitirme caminar a tu lado y compartir los momentos más felices de mi vida contigo. Gracias por tu amor compañía y apoyo incondicional, aunque hemos estado tan lejos nunca antes te había sentido tan cerca de mí. Gracias por hacer mis días tan felices. Eres el gran pilar de nuestra pequeña familia. TE AMO.

A Carelia y Araceli por los pocos, pero muy buenos momentos, gracias por su cariño, confianza y por ser mi gran ejemplo de lo que no tengo que hacer 😊, estoy muy orgulloso de ustedes. A mis sobrinos Erick y Karla por su cariño sincero. Los quiero mucho.

A mi alma máter la UNAM por darme la oportunidad de pertenecer a la máxima casa de estudios y darme todas las herramientas y bases para desarrollarme en mi vida profesional.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme estudiar la mejor carrera del mundo y lograr este sueño de ser Médico Veterinario Zootecnista.

Al Dr. Roberto Civera por brindarme la oportunidad, los medios y las facilidades para desarrollar este trabajo. También por su excelente dirección, paciencia y amistad.

Gracias por todo su apoyo y por creer en mí.

A mi asesor el MVZ Angel García Hernández por su confianza, apoyo y todas facilidades brindadas para poder realizar mi Servicio Social y mi Tesis en el CIBNOR.

Al CIBNOR la Paz, BCS por la beca de Tesis de Licenciatura (Modalidad B) y el apoyo financiero para el presente trabajo, a través del Proyecto de Investigación 936-0 del cual es responsable el Dr. Roberto Civera Cerecedo.

A la empresa Acuacultura Mahr (La Paz, B.C.S., México) por la donación de postlarvas de camarón para realizar el presente trabajo.

Al personal técnico de los laboratorios del CIBNOR:

Análisis Químico Proximal (Sonia Rocha y Dolores Rondero), por las facilidades brindadas para el análisis de las muestras.

Nutrición Experimental (Sandra de la Paz), por su ayuda durante el bioensayo y mantenimiento de los organismos, y su paciencia durante mi estancia en el laboratorio.

Nutrición Acuícola (Ernesto Goytortúa), por su gran ayuda en la formulación y elaboración de las dietas.

Al Dr. Ranferi Gutiérrez Leyva por su gran ayuda, orientación y asesoría durante mi estancia en el CIBNOR, pero sobre todo por su gran amistad y buen trato.

A toda la pandilla “PP” de la FMVZ en especial Pedro y Nambros por su gran apoyo y amistad durante todos estos años, por estar en las buenas, las malas, las peores, las mejores y las que faltan.

A Emmanuel Díaz por empezar y terminar esta aventura juntos. Edgar y Gerardo no me queda más que agradecerles por su compañerismo, complicidad y por compartir todos esos momentos de locura y descontrol. Y a toda la “palomilla” de la Paz, que poco o mucho colaboraron en este trabajo, pero sobre todo que hicieron de mi estancia en la Paz una gran aventura.

# CONTENIDO

Páginas

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	vi
Lista de Figuras.....	ix
Lista de cuadros.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2 MARCO TEORICO.....</b>	<b>7</b>
• 2.1 Alimentación de camarones peneidos.....	7
• 2.1.1 Sistema digestivo del camarón.....	7
• 2.2 Requerimientos nutricionales en camarones peneidos.....	9
• 2.2.1 Proteínas y aminoácidos.....	9
• 2.2.2 Lípidos.....	10
• 2.2.3 Carbohidratos.....	10
• 2.2.4 Vitaminas.....	11
• 2.2.5 Minerales.....	11
• 2.2.6 Energía.....	12
• 2.3 Fuentes alternas de proteína.....	12
• 2.4 Coco.....	14
• 2.4.1 Usos del coco.....	17
▪ 2.4.1.1 Fruta.....	17
▪ 2.4.1.2 Hoja.....	17
▪ 2.4.1.3 Raíces.....	17
▪ 2.4.1.4 Copra.....	18

▪ 2.4.1.5 Aceite de coco.....	19
▪ 2.4.1.6 Pasta de coco.....	20
<b>3 ANTECEDENTES.....</b>	<b>22</b>
• 3.1 Pasta de coco en alimentación animal.....	22
<b>4 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>5 HIPÓTESIS.....</b>	<b>26</b>
<b>6 OBJETIVOS.....</b>	<b>26</b>
Objetivo General.....	26
Objetivos Específicos.....	26
<b>7 MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
• 7.1 Análisis Químicos Proximales.....	27
• 7.2 Energía bruta.....	27
• 7.3 Formulación y fabricación de alimentos.....	28
• 7.4 Estabilidad de los alimentos en el agua.....	30
• 7.5 Bioensayo de crecimiento.....	31
• 7.5.1 Sistema experimental.....	31
• 7.5.2 Organismos experimentales.....	32
• 7.5.3 Diseño experimental y condiciones de cultivo.....	33
• 7.5.4 Criterios de evaluación.....	36
• 7.5.5 Análisis estadísticos.....	36
<b>8 RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
• 8.1 Análisis Químico Proximal y de energía.....	37
• 8.1.1 Análisis químico proximal y de energía de las pastas de coco.....	37
• 8.1.2 Análisis químico proximal y de energía de los alimentos.....	38
• 8.2 Estabilidad de los alimentos en el agua.....	40
• 8.3 Bioensayo de crecimiento.....	41
• 8.3.1 Parámetros físico-químicos del agua.....	41
• 8.3.2 Resultados zootécnicos y de utilización del alimento.....	41
<b>9 DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>10 CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>



<b>11 RECOMENDACIONES</b> .....	57
<b>12 REFERENCIAS</b> .....	58
<b>13 ANEXOS</b> .....	71

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción de camarón capturado y cultivado en México de 2002 a 2011.....	4
<b>Figura 2.</b> Variación en el precio de la harina de pescado y la harina de soya.....	5
<b>Figura 3.</b> Esquema del tracto digestivo del camarón.....	8
<b>Figura 4.</b> Esquema de las partes del fruto del coco.....	15
<b>Figura 5.</b> Principales Estados productores de coco en México en 2012.....	16
<b>Figura 6.</b> Pasta de coco.....	20
<b>Figura 7.</b> Sistema de cultivo para el bioensayo de crecimiento con camarones juveniles en el laboratorio de Nutrición Experimental del CIBNOR.....	31
<b>Figura 8.</b> Estanques de aclimatación y engorde de postlarvas de camarón.....	32
<b>Figura 9.</b> Curvas de crecimiento de juveniles de camarón Blanco del Pacifico <i>L. vannamei</i> al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento, alimentados con las dietas experimentales.....	43
<b>Figura 10.</b> Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre el peso final de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> al cabo de 45 días de bioensayo de crecimiento.....	44
<b>Figura 11.</b> Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre la Tasa de Crecimiento (%) de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.....	45
<b>Figura 12.</b> Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre el alimento consumido en juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.....	46

<b>Figura 13.</b> Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre el Factor de Conversión Alimenticia de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.....	46
<b>Figura 14.</b> Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre la Eficiencia Proteica de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.....	47
<b>Figura 15.</b> Relación entre el porcentaje de retención de materia seca (%RMS) y el porcentaje de fibra cruda (%FC) contenida en los alimentos experimentales.....	50
<b>Figura 16.</b> Relación entre el porcentaje de retención de materia seca (%RMS) y el porcentaje de cenizas contenidas en los alimentos experimentales.....	51
<b>Figura 17.</b> Diagrama de una planta de extracción mecánica de aceite de coco.....	71

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro I.</b> Producción mundial y principales países productores de coco, copra y aceite de coco.....	16
<b>Cuadro II</b> Composición Química de la copra (g/100 g de materia seca).....	18
<b>Cuadro III</b> Composición del aceite de coco.....	19
<b>Cuadro IV</b> Composición Química de la pasta de coco.....	21
<b>Cuadro V</b> Composición Química Proximal de los ingredientes utilizados para la fabricación de las dietas experimentales.....	29
<b>Cuadro VI.</b> Composición de los alimentos (g/100 g alimento, en base húmeda) utilizadas para evaluar el crecimiento de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	34
<b>Cuadro VIa</b> Composición de la Premezcla de Vitaminas.....	35
<b>Cuadro VIb</b> Composición de la Premezcla de Minerales.....	35
<b>Cuadro VII.</b> Composición Química Proximal y de Energía de las pastas de coco.....	37
<b>Cuadro VIII.</b> Composición Química Proximal y de Energía de los alimentos experimentales.....	39
<b>Cuadro IX.</b> Estabilidad de los alimentos en el agua.....	40
<b>Cuadro X.</b> Resultados zootécnicos y de utilización de alimento de juveniles de camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados durante 45 días con dietas que contenían diferentes niveles de sustitución de una mezcla soya-trigo por dos pastas de coco.....	42
<b>Cuadro XI.</b> Cálculo del costo parcial de los alimentos donde se sustituyó la mezcla de soya-trigo por pasta de coco intacta.....	55

## RESUMEN

CAZARES SALAZAR RICARDO. Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco *Cocus nucifera* sobre la supervivencia y el crecimiento de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (bajo la dirección de: Dr. Roberto Civera Cerecedo y MVZ Angel García Hernández).

La evaluación nutricional de ingredientes alternos a la harina de pescado y pasta de soya para su uso en alimentos para camarones es necesaria debido a los altos costos e incertidumbre en el abasto de esos ingredientes. En los últimos años se han buscado alternativas que puedan sustituirlos sin tener un efecto negativo en el crecimiento de los camarones. En este trabajo se evaluó la sustitución de una mezcla de pasta de soya-harina de trigo (31.4:68.6) por dos pastas de coco *Cocus nucifera* [pasta de coco intacta (PCI) y pasta de coco desgrasada (PCD)], en alimentos para camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, para determinar sus efectos sobre el crecimiento. Se formularon y fabricaron 9 alimentos: un alimento Control, 4 alimentos con inclusión de PCI a diferentes niveles de sustitución de la mezcla pasta de soya-harina de trigo (PCI25, PCI50, PCI75 y PCI100) y 4 alimentos con inclusión de PCD en sustitución de la mezcla pasta de soya-harina de trigo (PCD25, PCD50, PCD75 y PCD100). Se realizó un bioensayo de crecimiento durante 45 días bajo condiciones de cultivo intensivo en laboratorio (27°C, 38.5 ‰ y 4.9 mg/L de oxígeno disuelto) con juveniles de *L. vannamei* con peso promedio inicial de  $0.25 \pm 0.03$  g, distribuidos a una densidad de 10 org./acuario (50 org./m<sup>2</sup>). La supervivencia fue mayor al 90% en todos los tratamientos. Se encontró que los alimentos PCI y PCD, al nivel de sustitución de 100%, fueron los que permitieron obtener los mayores pesos promedio finales (3.39 y 3.63 g) así como las mayores tasas de crecimiento (1,274.6 y 1,345.8 %) y el mayor alimento consumido (0.19 y 0.20 g/camarón/día). No se detectaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el factor de conversión alimenticia (FCA) y la eficiencia proteica (EP) entre ninguno de los tratamientos alimenticios. En base en los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que las pastas de coco evaluadas pueden ser utilizadas como ingredientes en la formulación de alimentos para juveniles del camarón *L. vannamei* y que pueden sustituir parcial o totalmente la mezcla de pasta de soya-harina de trigo (31.4:68.6) sin afectar negativamente el crecimiento y la supervivencia.

## ABSTRACT

CAZARES SALAZAR RICARDO. Effect of the replacement of a mixture of soybean-wheat by coconut paste *Cocus nucifera* on the survival and growth of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (under the direction of: Dr. Roberto Civera Cerecedo and MVZ. Angel García Hernández).

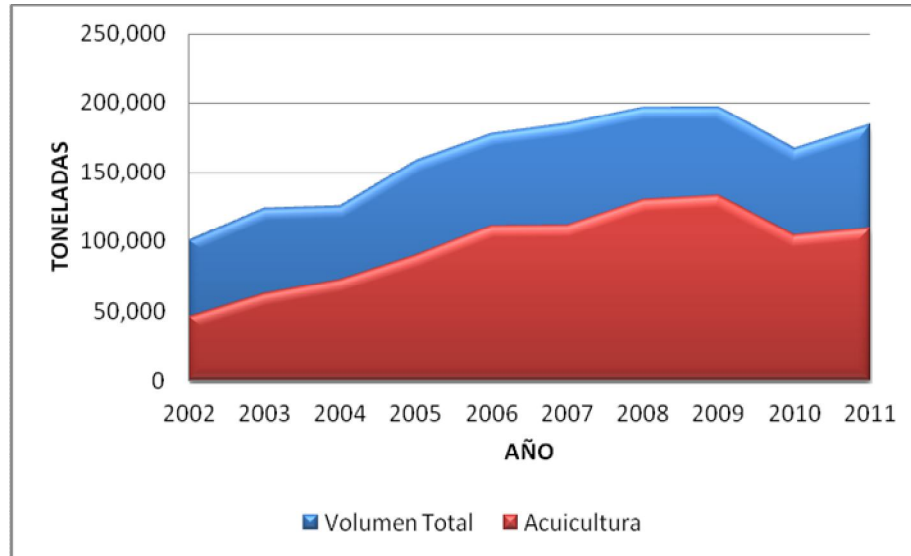
Nutritional assessment of alternative ingredients to fish meal and soybean meal for use in shrimp feeds is necessary due to the high costs and uncertainty in the supply of these ingredients. In recent years, alternatives have been sought that can replace without having a negative effect on the growth of the shrimp. In this study we evaluated the substitution of a mixture of soybean-wheat (31.4:68.6) for two coconut pastes (*Cocus nucifera*) [coconut paste intact (PCI) and defatted coconut paste (PCD)], in food Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, to determine their effects on growth. 9 were formulated and manufactured foods: a food control, 4 PCI foods including different levels of substitution of soybean meal mix-wheat (PCI25, pIC50, PCI75 and PCI100) and 4 PCD foods including replacing mix soybean-wheat (PCD25, PCD50, PCD75 and PCD100). Bioassay was performed for 45 days growth under intensive culture conditions in the laboratory (27 ° C, 38.5 ‰ and 4.9 mg / L dissolved oxygen) with juvenile *L. vannamei* with initial average weight of  $0.25 \pm 0.03$  g, distributed at a density of 10 org. / aquarium (50 org./m<sup>2</sup>). Survival was greater than 90% in all treatments. It was found that food PCD and PCI, replacement level of 100%, were those that allowed us to obtain the greatest final average weights (3.39 and 3.63 g) and the highest growth rates (1,274.6 and 1,345.8%) and the greater feed intake (0.19 and 0.20 g / shrimp / day). No significant differences ( $p > 0.05$ ) in feed conversion (FCA) and protein efficiency (PE) between any of the dietary treatments. Based on the results obtained in this study, it is concluded that evaluated coconut pasta can be used as ingredients in food formulation juvenile shrimp *L. vannamei* and can partially or completely replace the mixture of soybean-wheat (31.4:68.6) without negatively affecting growth and survival.

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura mundial se ha expandido en los últimos 50 años, con una tasa media de crecimiento de 3.2 % anual, superando el índice de crecimiento de la población de 1.7 %. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), la producción acuícola y pesquera alcanzó un máximo histórico en 2011, suministrando al mundo 154 millones de toneladas, de estas el 41.3 % corresponde a acuicultura. La producción acuícola de camarón contribuyó con 55 % de la producción total, siendo el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* la especie con mayor con 2.7 millones de toneladas (2010), de los cuales el 79.9 % fue producido en Asia y 20.1 % en América. El camarón sigue siendo en términos de valor, el producto individual más importante, pues en 2010 alcanzó los 32,625 millones de dólares representando el 15 % de 217,500 millones de dólares valor total de los productos comercializados en el mundo.<sup>1</sup>

En México, la tasa promedio de crecimiento anual de producción de camarón fue de 6.24% en la última década, mayor que otros sectores productores de alimentos de origen animal. La producción de camarón en 2011 fue de 184,123 toneladas con el 59.6 % por cultivo y el resto por captura (Fig. 1). El camarón en volumen, se encuentra en el segundo lugar de la producción pesquera en México, sin embargo, por su valor ocupa el primero.<sup>2</sup>

Para que este crecimiento se mantenga, es necesario que el alimento no solo cubra el requerimiento nutricional de los organismos sino que sean de buena calidad y precio, esto permitirá mantener una buena rentabilidad, ya que en el cultivo de camarón, la alimentación representa el costo directo más elevado de la producción, y en buena deriva del alto precio de las fuentes de proteína, principalmente de las harinas de pescado y soya.<sup>3</sup>

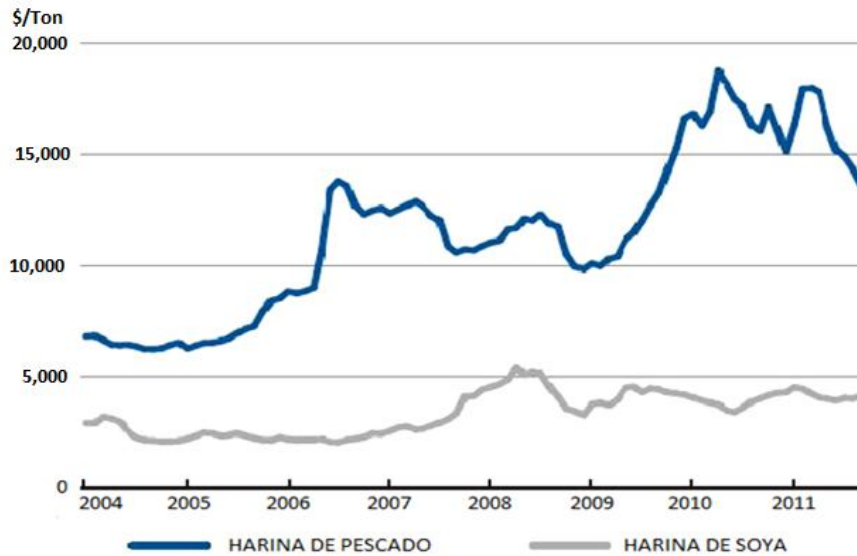


**Figura 1.** Producción de camarón capturado y cultivado en México de 2002 a 2011.<sup>2</sup>

La sobreexplotación de los recursos pesqueros y la destrucción del hábitat marino, han causado una drástica reducción en el tamaño de las poblaciones naturales de este recurso. Se estima que un 70% de las poblaciones están explotadas al máximo. Lo anterior aunado a la fuerte demanda de fuentes de proteína de origen marino para alimentación animal y humana, ha provocado que el precio de la harina de pescado se eleve de manera significativa<sup>1</sup> Por otra parte la soya, tiene la desventaja de ser un ingrediente de importación, con alto costo de transporte y su uso compite con el consumo humano, por lo que también se ha vuelto un ingrediente muy oneroso (Fig. 2).<sup>4</sup>

Por estas razones, la investigación en acuicultura se ha venido centrando en el estudio de factores que permitan la formulación y elaboración de alimentos cada vez más eficientes, que mejoren el crecimiento y la digestibilidad de nutrientes, y aumenten la rentabilidad y sustentabilidad de los cultivos, procurando obtener un ahorro en los costos de producción. Para ello, se han evaluado ingredientes y aditivos que reemplacen parcial o totalmente a las harinas y aceites de pescado, así como a la pasta de soya.





**Figura 2.** Variación en el precio de la harina de pescado y la harina de soya.<sup>1</sup>

Algunos ingredientes que se han evaluado en alimentos de camarón son la harina de carne y hueso,<sup>5</sup> harinas de subproductos de aves,<sup>6</sup> langostilla,<sup>7</sup> harina de carne de cerdo,<sup>8</sup> harinas de chícharo,<sup>9</sup> harinas de cebada y trigo,<sup>10</sup> harinas de frijol yorimón,<sup>11</sup> hierbas y plantas medicinales,<sup>12</sup> pastas de cártamo,<sup>4</sup> harina de Kelp,<sup>13</sup> harina de sargazo<sup>14</sup>.

La pasta de coco (*Cocos nucifera*) es un subproducto de la extracción del aceite y se utiliza principalmente en alimento para ganado. Sin embargo, sus niveles de proteína son relativamente bajos (20-30%) por lo que su uso en alimentación animal es limitado. Actualmente, estudios en el CIBNOR, prueban pastas de coco enriquecidas en proteína afín de conocer su valor nutricional en organismos acuáticos, para lo cual es necesario determinar su composición química proximal, el efecto sobre el crecimiento al utilizarlas como sustitutos parciales y totales de la pasta de soya o mezcla de soya y trigo, y su digestibilidad, tanto *in vitro*, como *in vivo*.

En colaboración con el CIBNOR, la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) trabaja el uso de la pasta de coco en alimentos para tilapia, y se ha logrado sustituir totalmente a la harina de soya<sup>1</sup>. Sin embargo, no existen en la literatura reportes de trabajos en los que se evaluó alimentos que contengan pasta de coco como fuente proteica en alimentos para camarón peneido, motivo por el cual, el presente trabajo, pretende determinar el valor nutricional de pastas de coco (*Cocus nucifera*) utilizadas como ingredientes en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*.

---

<sup>1</sup> Roberto Civera Cerecedo. 2012.

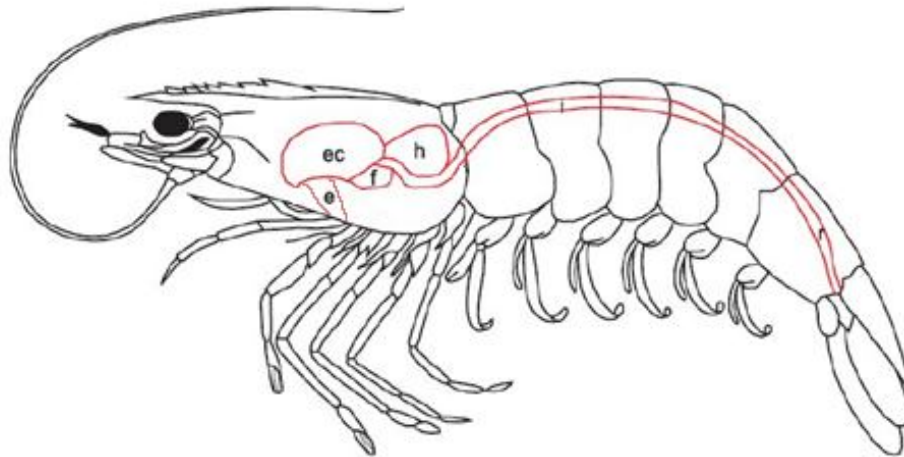
## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Alimentación de camarones peneidos.

En condiciones naturales el camarón peneido juvenil es considerado omnívoro o detritívoro. Existen evidencias que las preferencias alimenticias cambian con la edad y estado fisiológico.<sup>15</sup> El camarón tiene la capacidad de detectar su alimento a distancia (quimiorrepción) mediante receptores antenales (antenas y anténulas) por medio de los astetascos localizados en el flagelo lateral de las anténulas. Además de estos receptores de distancia asociados al sentido del olfato, hay otro tipo de quimiorreceptores localizados en los apéndices masticadores y a estas partes bucales que funcionan como el sentido del gusto se les conoce como receptores de contacto. Una vez que se ha dirigido al alimento, lo explora con los receptores presentes en pereiópodos y apéndices bucales, dando como respuesta la aceptación o el rechazo del alimento.<sup>16</sup>

#### 2.1.1 Sistema digestivo del camarón.

Las funciones del tracto digestivo de los crustáceos son ingestión, transporte de ingesta, digestión (hidrólisis enzimática y química), absorción, almacenamiento de nutrientes y transporte de nutrimentos a los vasos circulatorios y finalmente eliminación de excretas al medio. El tracto digestivo está compuesto por boca, esófago (e), estómago cardíaco (ec), filtro glandular (f), hepatopáncreas o glándula gástrica (h), intestino (i) (anterior, medio y posterior) y recto (r) (Fig. 3).<sup>17</sup>



**Figura 3.** Esquema del tracto digestivo del camarón. (e) estómago, (ec) estómago cardíaco, (f) filtro glandular, (h) hepatopáncreas, (i) intestino (anterior, medio y posterior) y (r) recto.<sup>17</sup>

En los crustáceos al igual que muchos artrópodos la boca está rodeada de varios pares de apéndices especializados en la quimiorrecepción (antenas y anténulas), sujeción (pereiópodos) y separación de fragmentos del alimento: maxilas, maxílulas, mandíbulas y maxilípedos. Estas estructuras permiten a los camarones localizar, sujetar, “manipular” y fragmentar los alimentos al tamaño adecuado para el orificio bucal. En los camarones, el esófago es corto, delgado y conecta la boca con el estómago. Las paredes internas del esófago están recubiertas de una fina capa de quitina, la cual tiene que ser renovada en el momento de la muda o ecdisis.<sup>17</sup>

El estómago comprende dos partes separadas por una constricción evidente que posee una especie de válvula, estas partes se han denominado: estómago cardíaco y filtro glandular. La parte antero-ventral de la cámara cardíaca contiene un revestimiento con una serie de salientes y protuberancias duras y afiladas que se denominan osículos. El pH del contenido estomacal permanece neutro o ligeramente alcalino. La glándula digestiva o hepatopáncreas es un órgano masivo, constituido por lóbulos simétricos con células diferenciadas (M y R), y es el sitio de síntesis y secreción de enzimas digestivas, de absorción de los productos digeridos, de mantenimiento de reservas minerales y sustancias orgánicas, las células R almacenan lípidos y glucógeno; mientras que las células M almacenan glicoproteínas, así

como del metabolismo de lípidos y carbohidratos, además es el encargado de la distribución de las reservas almacenadas durante la intermuda.

El intestino va del píloro hasta el recto y la mayor particularidad del epitelio de esta región posterior es su aptitud para secretar un mucus (membrana peritrófica) que envuelve los desechos sólidos derivados del estómago. La parte distal del tubo digestivo es rectilínea y corta, y las células de este epitelio están provistas de numerosas mitocondrias, lo que permite que se lleve a cabo el transporte iónico y la absorción de agua.<sup>18, 19, 20</sup>

## 2.2 Requerimientos nutricionales en camarones peneidos.

La nutrición es una rama de la fisiología que estudia el conjunto de procesos involucrados en la obtención de energía y nutrimentos para realizar funciones vitales del organismo, tales como mantenimiento, crecimiento y reproducción, por tanto, involucra ingestión, digestión, absorción, transporte de nutrientes, así como la remoción de productos de desecho.<sup>21</sup> Los nutrimentos principalmente (proteínas, carbohidratos y lípidos) son los intermediarios entre la alimentación y el metabolismo.<sup>20</sup> En los camarones peneidos los requerimientos nutricionales se definieron en los años 70s, sin embargo, existen diferencias entre las diversas especies.<sup>22, 23</sup>

### 2.2.1 Proteínas y aminoácidos.

Las proteínas son moléculas grandes y complejas compuestas de subunidades denominadas aminoácidos, formadas de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y en ocasiones azufre.<sup>24</sup> La proteína es un nutriente indispensable para la estructura y función del camarón, esta es utilizada para crecimiento y reparación de tejidos. Generalmente el nivel de proteína recomendado varía de 30 % a 60 %. Los aminoácidos que se consideran esenciales para camarón son: treonina, valina, metionina, isoleucina, lisina, fenilalanina, lisina, triptofano, histidina y arginina.<sup>21</sup> En el camarón existe una relación dietética entre lisina y arginina, conocida como antagonismo lisina-arginina; este fenómeno se da cuando existen cantidades

excesivas de cualquiera de estos aminoácidos y se recomienda una relación 1:1-1:1.1.<sup>25</sup> El nivel óptimo de lisina en el alimento es de 2.05% para juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei*.<sup>26</sup>

### 2.2.2 Lípidos.

Los lípidos se agrupan en grasas, esteroides y fosfolípidos y son una combinación especial de carbono, hidrógeno y oxígeno.<sup>24</sup> Con respecto a la nutrición lipídica, son los principales vehículos de las vitaminas liposolubles y proveen otros compuestos como esteroides y fosfolípidos. Los requerimientos cuantitativos de lípidos no han sido bien determinados y varían según las especies, en general se recomiendan valores entre 6 % y 7.5 %, se ha visto que niveles arriba del 10 % ocasionan un menor crecimiento y una alta mortalidad de los organismos.<sup>21, 27, 28</sup> La provisión de suficientes lípidos está basada en cubrir los requerimientos de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) considerados como esenciales, como son: linoléico (18:2n-6), linolénico (18:3n-3), eicosapentaenoico (20:5n-3, EPA), y docosahexaenoico (22:6n-3, DHA).<sup>29, 30</sup> Los fosfolípidos son requeridos por el camarón para un adecuado crecimiento y sobrevivencia; el colesterol también se considera esencial en la dieta de los camarones, ya que son incapaces de sintetizar el anillo esteroideo, y este es utilizado por el organismo para las síntesis de hormonas de la muda, sexuales, ácidos biliares y vitamina D.<sup>25, 31</sup>

### 2.2.3 Carbohidratos.

Los carbohidratos pueden usarse como fuente de energía, como reserva de glucógeno, en la síntesis de quitina, ácidos nucleicos, en la formación de esteroides y de ácidos grasos.<sup>32</sup> El mecanismo responsable de utilización de glucosa en camarones peneidos no ha sido estudiado completamente. A pesar de haber poco aprovechamiento de carbohidratos, estos pueden ser utilizados como una fuente de energía con mezclas de proteínas y lípidos. Los azúcares complejos y polisacáridos pueden ser usados más efectivamente que los azúcares simples.<sup>22</sup>

#### 2.2.4 Vitaminas.

Las vitaminas son un grupo heterogéneo de compuestos orgánicos esenciales para el crecimiento y mantenimiento de los organismos, las cuales no son sintetizadas por el animal a una velocidad suficiente para cubrir sus necesidades, y son requeridas en pequeñas cantidades.<sup>33</sup> Los requerimientos vitamínicos de los camarones no son del todo bien conocidos, pero se sabe que son afectados por la talla, edad, tasa de crecimiento, condiciones ambientales e interacciones entre nutrientes.<sup>32, 34</sup>

Las vitaminas liposolubles: retinol (vitamina A o  $\beta$ - caroteno), colecalciferol (vitamina D3) tocoferol (vitamina E) y la filoquinona-menadiona (vitamina K3), así como las vitaminas hidrosolubles: tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), piridoxina (vitamina B6), cianocobalamina (vitamina B12), ácido nicotínico (niacina), biotina, ácido fólico, colina, inositol y ácido ascórbico (vitamina C)son esenciales para el crecimiento de los camarones.<sup>34, 35</sup>

Generalmente las dietas para camarón están sobrefortificadas en vitaminas por diferentes razones, entre ellas, se desconoce con exactitud sus requerimientos, y por otro lado los camarones comen lentamente y el alimento puede permanecer por horas en el agua, lo que ocasiona que algunas vitaminas, principalmente las hidrosolubles, se lixivien, y por último, debido a la poca estabilidad de las vitaminas a los procesos de elaboración de alimentos.<sup>36</sup>

#### 2.2.5 Minerales.

Los minerales son elementos inorgánicos que se encuentran en la naturaleza y que resultan esenciales para distintos procesos fisiológicos. Los requerimientos en minerales también han sido poco estudiados, sobre todo en el caso de organismos marinos, pues la mayor parte de elementos inorgánicos indispensables pueden ser aportados por el agua de mar por intercambio entre las membranas branquiales, ingestión o absorción a través del intestino.<sup>33,37</sup>

El fósforo es un mineral indispensable en la dieta del camarón ya que es un elemento pobre en el agua de mar.<sup>38</sup> El calcio no es esencial en la dieta de los camarones marinos, pero es suplementado en la dieta para mantener la relación Ca:P (1.5:1) que se ha visto es benéfica en el crecimiento de los camarones.

### 2.2.6 Energía.

La energía es definida como la capacidad para hacer un trabajo, y es derivada por los animales a través del catabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas dentro del cuerpo.<sup>(33)</sup> Los camarones requieren de energía para crecimiento, actividad muscular, y reproducción. El proceso biológico de utilizar energía se define como metabolismo, mientras que la velocidad a la cual la energía es utilizada se llama la tasa metabólica. Los requerimientos de energía en el camarón están influenciados por varios factores como temperatura, especie, edad, actividad y funciones corporales. En general, se considera que los organismos acuáticos tienen requerimientos energéticos menores que las especies terrestres. Los camarones utilizan preferentemente la proteína y los lípidos como fuente de energía, siendo los lípidos la fuente más importante de energía metabólica (ATP) con un valor de 9.5 Kcal/g superior a las proteínas y carbohidratos (5.6 y 4.1 Kcal/g respectivamente).<sup>39</sup>

### 2.3 Fuentes alternas de proteína.

Las fuentes alternas de proteína pueden ser de origen animal como harina de krill,<sup>40</sup> harina de calamar,<sup>41</sup> harina de subproductos de aves,<sup>6</sup> también pueden ser de origen vegetal como gluten de trigo,<sup>42</sup> pasta de canola,<sup>9</sup> frijol yorimón con diferentes tratamientos,<sup>11</sup> pasta de cártamo alta y baja en proteína,<sup>43</sup> así como fuentes proteicas de origen microbiano como levadura de cerveza *Sacharomyces cerevisiae*,<sup>44</sup> y microalgas como *Spirulina*.<sup>45</sup>



Los alimentos comerciales para camarón contienen entre 30 a 50 % de proteína proveniente principalmente de productos de origen marino como son harinas de pescado y calamar, estos ingredientes alimenticios tienen un alto valor nutritivo y buena palatabilidad, sin embargo, son muy caros y su disponibilidad es variable.<sup>46, 47</sup> Tomando en cuenta el incremento en el costo de los productos de origen marino y la incertidumbre de la disponibilidad a mediano plazo, se ha planteado la necesidad de buscar nuevas fuentes alternas de proteína, convencionales o no convencionales, tanto de origen animal,<sup>5, 48, 49</sup> vegetal<sup>50, 51, 52</sup> como microbiano.<sup>44, 45</sup>

Los subproductos de semillas oleaginosas, como la pasta de soya, son las proteínas vegetales más ampliamente utilizadas en la alimentación animal, por su alto contenido de proteína (44-50 %), su amplia disponibilidad y su costo, que generalmente es menor a la harina de pescado.<sup>3</sup>

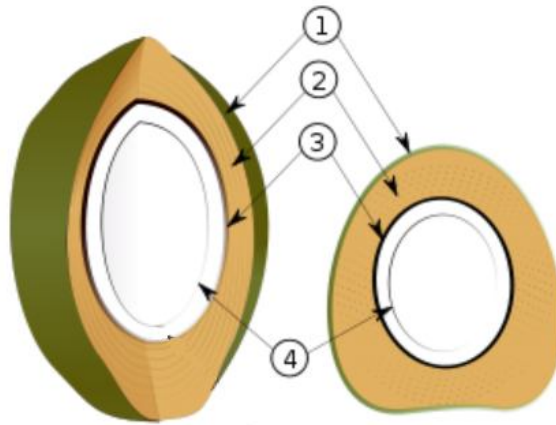
Una ventaja de las oleaginosas es la obtención de aceite, y las pastas derivadas del proceso presentan un mayor contenido proteico en peso seco y en consecuencia, su uso resulta adecuado como ingrediente en alimentos para la mayoría de las especies acuáticas en cultivo, como salmón, trucha, carpa, bagre y camarón, entre otras.<sup>53</sup>

Entre los productos de oleaginosas se incluye la semilla de soya, algodón, girasol, ajonjolí, cacahuate y cártamo. El proceso al que se someten para la extracción de aceite da lugar a variaciones en el contenido de lípidos y proteínas residuales.<sup>54, 55</sup> Debido a la fuerte demanda de soya, se ha hecho necesaria la identificación de fuentes de proteínas alternativas, inclusive para este ingrediente. Eusebio *et al*<sup>56</sup> evaluó el valor nutritivo del frijol yorimón *Vigna unguiculata* y el frijol *Phaseolus calcaratus* como fuentes de proteína en alimentos para camarones *P. monodon* encontrando que el proceso de descascarillado incrementó significativamente la digestibilidad de proteína en los camarones que fueron alimentados con frijol. Sudaryono, Tsvetnenko y Evans *et al*<sup>57, 58</sup> evaluaron el potencial de la harina de lupino *Lupinus luteus* como sustituto a la harina de pescado y pasta de soya en alimentos para camarones *P. monodon*, encontrando que se puede sustituir más del 75% de harina de pescado y más del 50% de pasta de soya sin tener efectos negativos en el desarrollo de los organismos. Bautista-Teruel *et al*<sup>59</sup> evaluaron el potencial de la harina de chícharo *Pisum sativum* como fuente alterna a la pasta de soya en alimentos para camarones

*P. monodon*, encontrando que la digestibilidad aparente de materia seca y proteína de alimentos que contenían harina de chícharo se incrementa a medida que se incrementa el reemplazo de soya. Rivas-Vega *et al*<sup>60</sup> determinaron el valor nutricional de diversas harinas a base de frijol yorimón en alimentos para camarones *L. vannamei*, y concluyen que las harinas de frijol entero y extruido son buenas fuentes de carbohidratos y proteína, que pueden ser usadas como ingredientes en alimentos para juveniles de esta especie. Galicia-González *et al*<sup>4</sup> evaluaron el valor nutricio del cártamo como fuente de proteína alterna a la pasta de soya y harina de pescado en alimentos para camarón, encontrando que se puede sustituir hasta 75% de una mezcla soya-trigo y un 78 % de la harina de pescado sin afectar el crecimiento y supervivencia de los organismos.

## 2.4 Coco

El cocotero *Cocos nucifera L.* es una palmera alta con un penacho de hojas pinadas y un solo tallo cilíndrico de 25 a 30 m de altura, generalmente recto o inclinado, que muestra en toda su longitud las cicatrices de las hojas que han ido cayendo, y coronado por varios verticilos de hoja en forma de penacho cuya frondosidad varía de 12 ó más de 35 hojas de 3 a 6 m de largo, según el vigor de la planta y su edad. Esta palmera es monoica, es decir, que en la misma planta se encuentran las flores femeninas y masculinas, agrupadas en un mismo ramo o inflorescencia llamada *régimen*. La inflorescencia o espiga porta de 5 a 15 frutos o cocos, que tienen un diámetro aproximado de 30 cm. El fruto consta de las siguientes partes: pericarpio lustroso de color verde cuando aún no madura, mesocarpio fibroso o cáscara exterior gruesa de 4 a 5 cm de espesor, endocarpio o casco duro y, endospermo o albumen, es decir, la almendra, y un líquido llamado agua de coco. Este líquido va desapareciendo conforme madura el fruto (Fig. 4).



**Figura 4.** Esquema de las partes del fruto del coco. (1) Pericarpio, (2) mesocarpio, (3) endocarpio, (4) endospermo.

La palma de coco es una especie oleaginosa de gran importancia económica y social, no solo por el hecho de ser un suplemento alimenticio en muchos países, sino también porque produce materias primas para la industria que elabora aceite, pasta, agua de coco, carbón activado, cosméticos, fibras, materia prima de dulcería, etc.<sup>61</sup>

El cultivo de palma de coco tiene la ventaja de ser perenne, lo que lo hace menos dependiente de la necesidad de utilizar anualmente grandes cantidades de insumos y servicios agrícolas. Puede prosperar favorablemente en terrenos donde otros cultivos oleaginosos y de otro tipo no pueden hacerlo, como son los suelos arenosos y salinos de las costas.

El cocotero en condiciones óptimas produce hasta tres veces más aceite por hectárea que el más productivo cultivo oleaginoso, produciendo 2,510 L/ha, superando los 1,100 L que produce la canola. La edad de las plantaciones a la primera cosecha 10 años, y su mayor producción es a los 30, de dicha edad en adelante suelen bajar.<sup>62</sup>

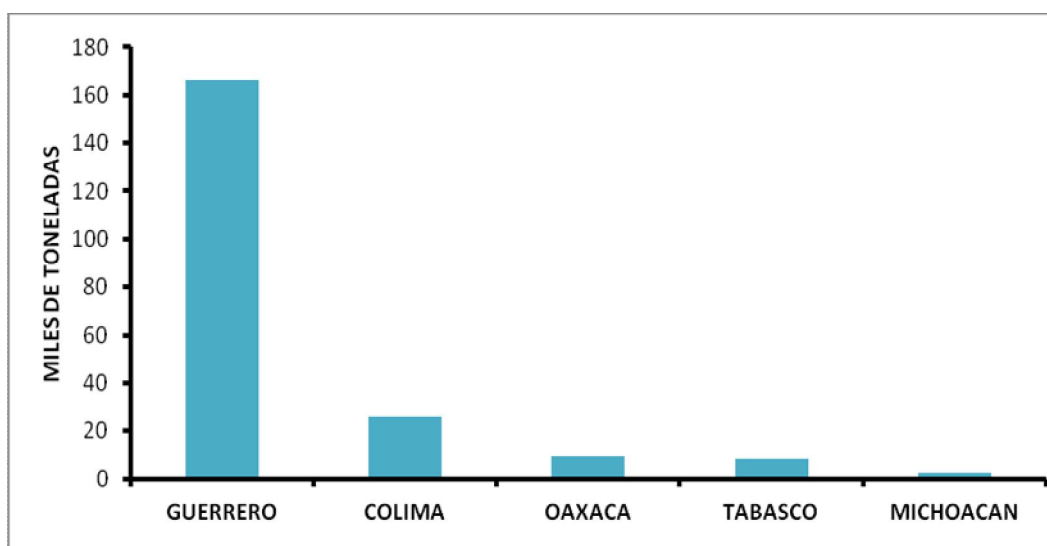
De acuerdo a la FAO el continente asiático es el principal productor de coco, copra y aceite de coco (Cuadro I), destacando Filipinas, India, Indonesia y Vietnam los cuales en conjunto, aportan alrededor del 80 % de la producción mundial.<sup>63</sup>

**Cuadro I.** Producción mundial y principales países productores de coco, copra y aceite de coco.

PAISES	Producción (millones de toneladas)		
	COCO	COPRA	ACEITE
Filipinas	17	1.4	1.4
Indonesia	15.6	0.9	0.9
India	9.4	0.4	0.5
Brasil	2.8		
México	0.1	0.2	
Alemania		0.06	
Tailandia	1.7	0.03	
Vietnam	1	0.15	0.2
Sri Lanka	1	0.05	0.1
Papúa, Nueva Guinea	0.7	0.05	
Malasia	0.6	0.04	
Birmania	0.4		
Otros	4.7	0.2	0.1
<b>TOTAL</b>	<b>54.7</b>	<b>3.5</b>	<b>3.1</b>

Elaboración propia en base a datos de FAO (Faostat 2012).

En México, los principales estados productores de coco son: Guerrero, Colima, Oaxaca, Tabasco, Michoacán, Campeche, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán (Fig. 5). En México el cocotero cubre una superficie aproximada de 14,645 ha, con un rendimiento promedio de 8.27 t/ha y una producción anual de 110,866 t.<sup>64</sup>



**Figura 5.** Principales Estados productores de coco en México en 2012.<sup>64</sup>

La producción de coco se destina en su totalidad al mercado interno en sus diversos productos. El 75% se canaliza a la industria coprera, el 20% a fruta fresca y el 5% a la elaboración de dulces, crema de coco y coco rallado.

En algunos Estados la relación con la industria coprera es mucho mayor. En Guerrero, considerado el principal estado productor de coco en el país, el 90% de la producción estatal se destina a la copra, el 9% a fruta fresca y apenas el 1% es destinado a la industria de coco rallado.

## 2.4.1 Usos del coco

### 2.4.1.1 Fruta

La fruta se cosecha con un grado de madurez intermedio (6 a 7 meses) para que el contenido de pulpa y agua sean adecuados; la fruta se transporta a granel a los lugares de consumo, generalmente los lugares de venta se encuentran a un costado de carreteras, en donde se vende agua de coco y/o pulpa preparada.<sup>65</sup>

### 2.4.1.2 Hoja

Las hojas de la palma de coco se emplean en la construcción de techos de casas rústicas o sombras, eliminando los foliolos se obtienen varas que se usan en la construcción de cercos y con los foliolos se pueden elaborar petates, escobas sombreros, canastas, etc. Las hojas tiernas al igual que las inflorescencias son comestibles.<sup>65</sup>

### 2.4.1.3 Raíces

La raíz del cocotero se emplea como astringente y febrífugo (elimina la temperatura de fiebre). Se emplea contra la disentería y es buena para la elaboración de cestos.<sup>65</sup>

#### 2.4.1.4 Copra

La copra, es la almendra desecada del coco maduro. La extracción de la copra se realiza en los partideros, dentro o cerca de los palmares, lo cual consiste en cortar con hacha los frutos, para extraer manualmente la almendra y posteriormente deshidratarla al Sol o en forma artificial, en secadoras o estufas. En regiones lluviosas, como Tabasco y parte del Suroeste de Campeche, las secadoras artificiales son de mayor necesidad que en la costa del Pacífico.<sup>61</sup>

En el secado al Sol, es necesario escurrir bien el agua de coco, porque si se deja sobre los trozos de almendra se dificultará su secado y se afectará la calidad.

Debe evitarse secar la almendra sobre el suelo, pues la copra pierde calidad y sale sucia porque no puede secarse perfectamente y se mezcla con la tierra. Una copra limpia y bien seca siempre tiene mejor precio. La calidad de la copra no sólo depende del buen secado, sino de que el coco se parta en el grado de madurez adecuado. El alto contenido de aceite hace atractivo a este producto para ser utilizado en la alimentación debido a su alto valor energético (Cuadro II).

**Cuadro II.** Composición Química de la copra (g/100 g de materia seca).

<b>Composición</b>	<b>BH</b>	<b>BS</b>
Materia seca (%)	97	100
Humedad (%)	3	0
Proteína cruda (%)	6.7	6.9
Extracto etéreo (%)	65.6	67.6
Fibra cruda (%)	7.4	7.7
Extracto libre de nitrógeno (%)	13.3	13.7
Cenizas (%)	4	4.1
Energía (Kcal/g)		293

Fuente: Camacho *et al.*<sup>66</sup>

El rendimiento promedio de copra es de 1.05 t/ha. La copra se vende directamente a las empresas extractoras de aceite o es acopiada por intermediarios.<sup>61</sup>

#### 2.4.1.5 Aceite de coco

La copra se usa principalmente para la extracción de aceite. El contenido de aceite en la copra varía del 65 al 72%. El aceite de coco tiene diversos usos como alimento (Cuadro III) y la industria para fabricación de jabón de tocador y lavandería, agentes surfactantes activos y detergentes, tónicos para el cabello, cosméticos, etc.

**Cuadro III.** Composición del aceite de coco.

<b>Ácido graso</b>	<b>(% Ácidos grasos totales)</b>
Ácido caproico C6:0	0.5
Ácido caprílico C8:0	7.8
Ácido cáprico C10:0	6.7
Ácido laúrico C12:0	47.5
Ácido mirístico C14:0	18.1
Ácido palmítico C16:0	8.8
Ácido esteárico C18:0	2.6
Ácido oleico C18:1	6.2
Ácido linoléico C18:2	1.6

Fuente: Rossel *et al.*<sup>67</sup>

El método más sencillo para extraer el aceite es a presión por medio de prensas; la separación del aceite y residuos se hace mediante un tamiz que deja pasar el aceite y retiene los sólidos. La presión debe ser alta para obtener un rendimiento satisfactorio de aceite.

#### 2.4.1.6 Pasta de coco

La pasta de coco (Fig. 6) es el residuo que queda después de haber extraído casi completamente el aceite de la copra; después del prensado los sólidos residuales se someten a un proceso de calentamiento por medio de vapor seco para deshidratarlos, posteriormente se muele y se envasa.



**Figura 6.** Pasta de coco

La composición de esta pasta depende de la eficiencia de operación del prensado. Se ha alcanzado un 63 % de aceite del peso total de la copra, pero se puede llegar hasta un 77 % de extracción. La composición depende también de la madurez y del tiempo que transcurra después de ser cosechado el coco (Cuadro IV). La pasta de coco es un ingrediente proteico muy apreciado.



**Cuadro IV.** Composición Química de la pasta de coco.

<b>Composición</b>	<b>NRC (1994)</b>	<b>Mukhopadhyay <sup>68</sup></b>	<b>Flores-Nocedal <sup>69</sup></b>	<b>Moorthy y Viswanathan <sup>70</sup></b>
Humedad		12.7	7	9.5
Materia seca		87.3	93	90.5
Proteína cruda	19.2	23	20	22.8
Extracto etéreo	2.1	12.9	5.5	2.9
Fibra cruda	14.4	6.6	4.1	12.1
Cenizas		5.5	9.6	7.4
ELN		39.3		54.8
Energía (cal/g)		4,400		
Alanina				1.1
Arginina	2	3.5	2.2	2
Acido aspártico				1
Acido glutámico				2.7
Histidina	0.4	0.8	0.4	0.4
Lisina	0.5	0.2	0.5	0.6
Fenilalanina	0.9	0.5	0.8	0.8
Metionina	0.3	0.5	0.2	0.3
Cisteína	0.3	0.3	1.8	
Glicina	0.8		0.8	0.4
Leucina	1.2	0.9	1.2	2.4
Isoleucina	0.6	1.5		1.8
Tirosina	0.4	0.1	0.4	0.3
Treonina	0.6	1	0.6	0.6
Valina	0.9	0.9		0.4
Calcio	0.2			0.4
Fósforo	0.7			0.6
Acido fítico		2.4		
Taninos		0.2		

Valores expresados en g/100 de materia seca, excepto humedad.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Pasta de coco en alimentación animal

La importancia de los subproductos de coco como la pasta, toma importancia cuando se ofrece como alternativa de proteína para la elaboración de alimentos para engorda de animales.

Dauncey e Ingram *et al*<sup>71</sup> elaboraron una dieta base para cerdos jóvenes, utilizando pasta de coco, harina de pescado y glucosa, encontrando que la suplementación con coco y harina de pescado aumentan la tasa metabólica (consumo de oxígeno).

Hammond y Wildeus *et al*<sup>72</sup> realizaron la sustitución de pastos por dietas a base de pasta de coco y harina de pescado en la alimentación de carneros St. Croix, encontrando una mejor digestibilidad al usar la combinación de harina de pescado y pasta de coco. Moorthy y Viswanathan *et al*<sup>70</sup> determinaron el valor nutricional del coco como alimento para ganado bovino, reportando un nivel de proteína cruda de 22.75 %. Asimismo, en 2010, recomendaron el uso de pasta de coco al 10 % en el alimento de aves para incrementar la producción de huevo.<sup>73</sup>

El uso de pasta de coco como ingrediente en alimentos para peces es posible, sin embargo, contiene un nivel de proteína mucho menor que la harina de pescado (65-77 %) o pasta de soya (44-50 %), y es deficiente en lisina y azufre. En contraste, es una buena fuente de arginina, pero puede haber un efecto antagónico de la arginina dietética en exceso sobre el metabolismo de lisina, y los animales alimentados con altos niveles de pasta de coco pueden sufrir de deficiencia de lisina por tanto se recomienda suplementar la misma con lisina y metionina.<sup>54, 74</sup> La pasta de coco también puede contener factores antinutricionales incluyendo el ácido fítico, taninos y polisacáridos no amiláceos.<sup>74</sup> El alto contenido de fibra cruda de la pasta de coco es considerado perjudicial en alimentos para acuicultura. Se ha considerado que la pasta de coco es más valiosa en peces herbívoros y omnívoros (niveles de inclusión 5-15 %) que en carnívoros (inclusión 5-10 %).<sup>54</sup>

Para el caso de tilapia, los niveles recomendados de inclusión no son consistentes entre los autores. En alevines de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, la pasta de coco incluida en dietas del 15 % al 30 % ha dado como resultado un rendimiento similar de crecimiento, utilización de nutrientes y factor de conversión alimenticia que la dieta de control que contenía pasta de soya.<sup>75, 76, 77</sup> Se han sugerido niveles más bajos de inclusión (10 %) de pasta de coco en combinación con harina de pescado (25 %) para ser más eficiente y económico el alimento.<sup>78</sup> Para la pasta de coco se ha reportado una alta energía digestible (14,8 MJ/kg) y buena disponibilidad de fósforo en tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*.<sup>77</sup> En tilapias machos de Java *Sarotherodon mossambicus*, una dieta que contenía 25 % de proteína de la pasta de coco, presentó un crecimiento similar a la dieta de control que contenía harina de pescado, pero un nivel del 50 % generó una disminución de las tasas de crecimiento, probablemente por la deficiencia en metionina y lisina de la pasta de coco.<sup>79</sup>

Por otra parte, en alevines de carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, que se adapta a hábitos carnívoros cuando alcanza la talla de 25-30 mm de longitud, la pasta de coco tiene un efecto perjudicial sobre consumo de alimento y crecimiento, cuando se sustituye un 33 % del zooplankton en la dieta o sustituye un 25 % de proteína en la dieta.<sup>80, 81</sup> La palatabilidad de pasta de coco es pobre en carpa común *Cyprinus carpio L*, lo que la hace un ingrediente inadecuado para alimentos de esta especie, particularmente a un alto nivel de inclusión en la dieta (40.6 %), que afecta negativamente su consumo de alimento.<sup>80</sup> En alevines de rohu *Labeo rohita*, la pasta de coco suplementada con aminoácidos podría sustituir hasta un 50 % de harina de pescado con un nivel de proteína de 58.5 %, y por lo tanto, representar más del 60 % de la dieta.<sup>68</sup> Un experimento anterior había demostrado que remojar la pasta de coco 16 hrs a temperatura ambiente, con el fin de eliminar los taninos, tuvo un efecto positivo en el nivel de inclusión de pasta de coco.<sup>82</sup>

Tomando en cuenta que el nivel de proteína de la pasta de coco es relativamente pobre, se están realizando estudios en el CIBNOR para someterla a diversos procesos tecnológicos a fin de incrementar el contenido de proteína. De esos estudios surgió un producto experimental (pasta desgrasada) que contiene más proteína que la pasta de coco (pasta intacta). Sin embargo, aún así su contenido de proteína es bajo, y no puede sustituir de manera directa a la pasta de soya, que contiene 40-50 % de PC. Por este motivo, en este

estudio se planteo sustituir una mezcla de pasta de soya-trigo, ambos ingredientes comunes en las formulaciones de organismos acuáticos.

Hasta donde se sabe, no hay antecedentes del uso de la pasta de coco en alimentos para crustáceos. Lo anterior abre la posibilidad de su utilización en la alimentación de organismos en engorda, con base en sus características, posibilidades de procesamiento y generación de potenciales nuevos productos.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

En cultivos intensivos de camarón, la alimentación representa el costo más elevado de producción, ya que representa hasta el 60 % de los costos de producción, y gran parte de estos costos derivan del alto precio de las fuentes de proteína, la fuerte demanda de fuentes de proteína de origen marino para la alimentación animal, ha provocado que el precio de las harinas de pescado se haya elevado en los últimos años. Por otra parte, la soya tiene la desventaja de ser un ingrediente de importación, alto costo de transporte y su uso compete con el consumo humano.

La búsqueda de fuentes de proteína alternas a las harinas de pescado y a la pasta de soya es una actividad necesaria para resolver algunos de los retos económicos y nutricionales de la producción acuícola, por eso es importante desarrollar investigación sobre la evaluación de ingredientes alternativos, que permitan diversificar las opciones de insumos para la formulación de alimentos, como para disminuir el costo del alimento.

Las pastas oleaginosas podrían tener un gran potencial para su uso en la acuicultura; la pasta de coco es un subproducto de la extracción de aceite, el mercado actual de los productores de aceite y pasta de coco podría ampliarse al de alimentos para organismos acuáticos, siempre y cuando el valor nutritivo y el precio de estas pastas sean adecuados, por eso en el presente trabajo se plantea determinar el efecto de 2 pastas de coco como fuente de proteína alterna en sustitución de una mezcla de pasta de soya y harina de trigo en la alimentación de juveniles de camarón *L. vannamei*.

## 5. HIPÓTESIS

La utilización de pasta de coco (intacta y desgrasada) como sustituto parcial o total de una mezcla pasta de soya-trigo en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, no disminuirá la supervivencia o el crecimiento de los organismos.

## 6. OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar el valor nutricional de pastas de coco (*Cocus nucifera*) utilizadas como ingredientes en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*.

### Objetivos específicos

1. Determinar la composición química proximal y la energía bruta de pasta de coco: intacta (baja en proteína) y desgrasada (alta en proteína).
2. Determinar la estabilidad del alimento elaborado en el agua.
3. Determinar el efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya-trigo por pasta de coco (intacta y desgrasada) en el alimento sobre la supervivencia y el crecimiento en juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*.

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en los Laboratorios de Nutrición Acuícola del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México.

### 7.1. Análisis químico proximal

Las muestras de los ingredientes y alimentos fueron molidas finamente en un molino de café KRUPS Modelo GX10011 para analizar posteriormente por triplicado, su composición química proximal y energía bruta, siguiendo los métodos de la AOAC.<sup>83</sup> La humedad se determinó por diferencia de peso, secando a 105 °C durante 4 h; el contenido de cenizas se determinó por calcinación en mufla Thermolyne Modelo F600 a 550 °C por 6 h; la cuantificación de proteína cruda se realizó por el método de combustión directa Dumas utilizando un horno de combustión LECO® Modelo FP-528; el extracto etéreo se cuantificó utilizando un sistema Soxtec Avanti Modelo 2050, utilizando éter de petróleo como solución extractora; el contenido en fibra se determinó por hidrólisis sucesiva, ácida y básica (ácido sulfúrico e hidróxido de sodio) en un digestor Fibertec Modelo M6. El extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra, y cenizas.

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{Proteína} + \% \text{Extracto etéreo} + \% \text{Fibra} + \% \text{Cenizas})$$

### 7.2 Energía bruta

Se usó un calorímetro adiabático marca Parr Instrument Modelo 1261 (Parr Instrument Co, Moline Illinois, USA). Se elaboraron pastillas usando aproximadamente 1g de muestra, secadas a 70 °C durante 12 h, colocándolas en crisoles de acero inoxidable, se colocaron 10 cm de alambre Níquel-Cobre, de tal manera que tocara la muestra y procedió a la combustión con oxígeno. Los líquidos obtenidos de la combustión de la muestra fueron titulados con carbonato de sodio 0.725 N, usando naranja de metilo como indicador, y se midió la cantidad de alambre Níquel-Cobre quemado durante la combustión.

### 7.3 Formulación y fabricación de alimentos

Las materias primas para los alimentos, como harina de pescado (sardina), pasta de soya, pasta de coco, harina de trigo integral, aceite de pescado, lecitina de soya, etc. fueron obtenidas de casas comerciales (ver leyenda de Cuadro V)<sup>2</sup>.

La formulación de los alimentos se hizo de acuerdo a la composición química proximal y de energía bruta de los ingredientes (Cuadro V) con la ayuda del paquete NUTRION<sup>MR</sup> tomando en cuenta los requerimientos nutricios reportados para camarón blanco *L. vannamei*.<sup>21</sup>

Los alimentos fueron elaborados en la Planta de Alimentos del CIBNOR siguiendo el método descrito por Civera y Guillaume<sup>84</sup> con algunas modificaciones.

Los macroingredientes (harina de pescado, pasta de soya, harina de trigo y pasta de coco) fueron molidos en un pulverizador (PULVEX Mod.200, Molinos Pulvex, D.F., México) y se tamizaron a 250 µm. Una vez pulverizados y tamizados los ingredientes, se realizaron cuatro premezclas: la **primera** de pasta de soya y harina de trigo (proporción 31.4:68.6), la **segunda** de macroingredientes (harina de pescado, harina de trigo, pasta de coco, almidón de maíz y la mezcla pasta de soya-harina de trigo), la **premezcla** de microingredientes (premezcla de vitaminas, premezcla de minerales, vitamina C, cloruro de colina, colesterol, fosfato dibásico de sodio y ácido algínico como aglutinante) y una **emulsión** [aceite de hígado de bacalao, lecitina de soya y Butilhidroxitolueno (BHT)].

---

<sup>2</sup> Nota: La pasta de coco desgrasada fue obtenida en el laboratorio del CIBNOR a nivel experimental.



**Cuadro V.** Composición Química Proximal de los Ingredientes utilizados para la fabricación de las dietas experimentales.

<b>Ingrediente</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Extracto Etéreo (%)</b>	<b>Fibra Cruda (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>ELN (%)</b>	<b>Energía (cal/g)</b>
Harina de trigo <sup>1</sup>	6.8 ± 0.1	14.5 ± 0.1	2.1 -	0.6 -	1.7 -	81.2	4,936 ± 24.3
Pasta de soya <sup>2</sup>	4.2 -	48.7 -	1.1 -	0 -	7.3 -	42.9	4,863 ± 42.2
Mezcla de pasta de soya-trigo (31.4:68.6) <sup>3</sup>	<b>6 -</b>	<b>25.5 -</b>	<b>1.7 -</b>	<b>0.4 -</b>	<b>3.5 -</b>	<b>69.2</b>	<b>4,741 -</b>
Harina de pescado <sup>4</sup>	2.6 ± 0.1	65.3 ± 0.2	4.8 -	0.1 -	21 ± 0.1	8.8	4,840 ± 15.2
Pasta de coco desgrasada <sup>5</sup>	<b>0.4 -</b>	<b>28.5 ± 0.3</b>	<b>6.8 ± 0.1</b>	<b>8.5 ± 0.2</b>	<b>9.1 -</b>	<b>47.1</b>	<b>4,526 ± 9</b>
Pasta de coco intacta <sup>6</sup>	<b>2.1 -</b>	<b>25.3 ± 0.3</b>	<b>13 -</b>	<b>8.6 ± 0.2</b>	<b>8.1 ± 0.2</b>	<b>45</b>	<b>4,434 ± 25</b>
Aceite de hígado de bacalao <sup>7</sup>	1 -	0 -	99 -	0 -	0 -	0	8,900 -
Lecitina de soya <sup>8</sup>	0.5 -	3.8 -	89.2 -	0 -	6.9 -	0	8,355 -

Valores promedio de 3 réplicas ± desviación estándar, expresados en g/100 g de materia seca, excepto humedad. ELN: extracto libre de nitrógeno. <sup>1</sup> Harina integral trigo HIT1004 Promotora Industrial Acuasistemas, S.A. de C.V. La Paz, B.C.S., México, <sup>2</sup> Pasta de Soya PSoy1002 Promotora Industrial Acuasistemas, S.A. de C.V. La Paz, B.C.S., México, <sup>3</sup> Mezcla de pasta de soya-trigo (31.4:68.6) MST1205 Producida en planta de alimentos (CIBNOR), <sup>4</sup> Harina de sardina entera HPSE1003 Proteínas Marinas y Agropecuarias, S.A. de C.V. Guadalajara, Jal. México, <sup>5</sup> Pasta de coco desgrasada PCD1202 Producida en laboratorio (CIBNOR), <sup>6</sup> Pasta de Coco Intacta PCI1204 Copreros de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México. <sup>7</sup> Aceite de hígado de bacalao AcHB1102 Droguería Cosmopolita. D.F., México, <sup>8</sup> Lecitina de soya Lsoy1005 Productos Realeza S. de R.L. de C.V., D.F., México.

Se mezclaron los macroingredientes durante 10 min en una mezcladora vertical (Kitchen Aid<sup>MR</sup>), y posteriormente se agregaron los microingredientes lentamente, mezclando durante 10 min más. Posteriormente, se adicionó la emulsión y se realizó un tercer mezclado por 5 minutos. Una vez homogenizados los ingredientes, se agregó agua potable (aproximadamente 30 %) lentamente y la masa se mezcló hasta alcanzar la textura deseada. La masa resultante fue peletizada 2 veces a través de un molino de carne (TOR-REY<sup>MR</sup>) equipado con una criba de 2 mm de diámetro; la primera vez en forma rápida, y la segunda lentamente; los pellets se cortaron manualmente con una espátula metálica al salir del molino de carne, a manera que tuvieran una longitud aproximada de 0.5 cm. Los pellets se colocaron en charolas de plástico, se secaron a 40 °C en una estufa (VWR, modelo 1680) con flujo de aire por 24 h, y una vez que la humedad disminuyó a aproximadamente 10 %, los alimentos fueron empacados y etiquetados en botes de plástico, y se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización

#### 7.4 Estabilidad de los alimentos en el agua

A los alimentos producidos se les determinó la estabilidad en el agua, por medio de la determinación de la materia seca retenida según el método de Obaldo.<sup>85</sup> Para ello, se pesaron 2 g de alimento, se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 100 ml de agua de mar a 39 ‰. Después de 1 h de inmersión a 27 °C con agitación constante a 100 revoluciones por minuto (r.p.m) en un agitador horizontal (Daigger Hot Orbital Shaker) el contenido del matraz fue filtrado con papel filtro Whatman No. 3. El papel filtro con el alimento residual se secó en una estufa a 105 °C por 24 h.

Para calcular la estabilidad del alimento se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia seca retenida} = \frac{\text{Peso seco del alimento residual}}{\text{Peso seco del alimento inicial}} \times 100$$

## 7.5 Bioensayo de crecimiento

Se realizó un bioensayo de crecimiento con camarones juveniles de la especie *Litopenaeus vannamei* en condiciones de cultivo intensivo en agua clara, donde se evaluó la pasta de coco intacta y desgrasada, como sustitutos de una mezcla de pasta de soya-harina de trigo (31.4:68.6).

### 7.5.1 Sistema experimental

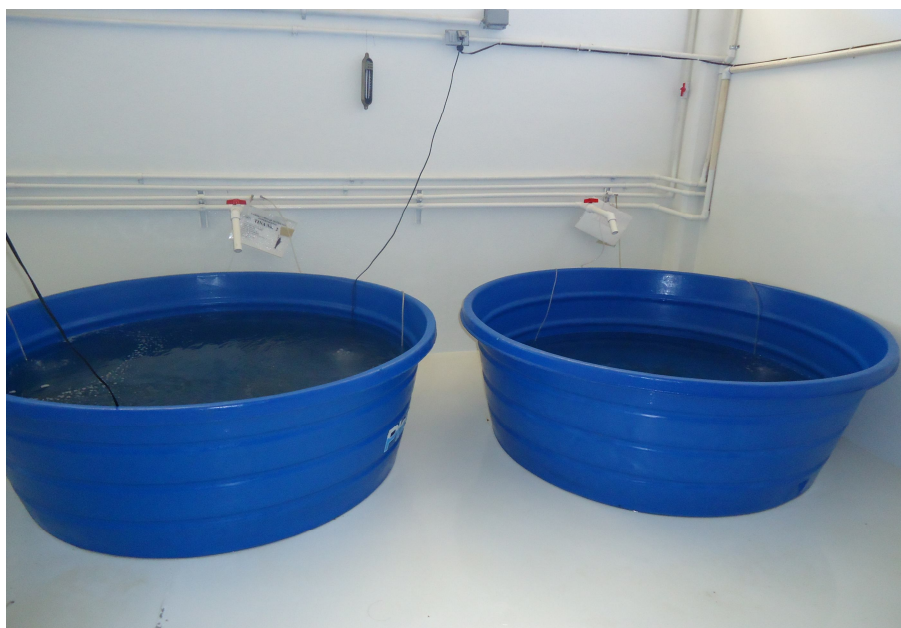
El sistema consistió en 36 acuarios de fibra de vidrio con capacidad de 60 L (34 x 55 x 38 cm) que contenían agua de mar filtrada a través de un filtro de arena (70  $\mu$ m) (Cristal-Flo, Modelo T240BP1), dos de cartucho (10 y 1  $\mu$ m) y luz ultravioleta (Lifegard QL 25). Cada tanque fue equipado con un calentador sumergible de 150 W, mangueras y piedras de aireación abastecidas con un soplador de 5 HP (Modelo LR395), y fueron cubiertos con malla mosquitera para evitar el escape de los animales. La iluminación se hizo con lámparas de neón de 75 W controladas por un reloj para mantener un fotoperiodo de 12 h luz, a partir de las 8:00 am durante todo el experimento (Fig. 7).



**Figura 7.** Sistema de cultivo para el bioensayo de crecimiento con camarones juveniles en el laboratorio de Nutrición Experimental del CIBNOR.

### 7.5.2 Organismos experimentales

Se obtuvieron aproximadamente mil postlarvas PL14 de camarones de la especie *Litopenaeus vannamei*, provenientes de la empresa Acuacultura Mahr (La Paz, B.C.S., México), que fueron transportadas al laboratorio de Nutrición Experimental del CIBNOR en bolsas de plástico con saturación de oxígeno, y posteriormente aclimatadas a las condiciones del laboratorio, dentro de estanques de plástico con capacidad de 1,500 L con una superficie de 2 m<sup>2</sup>, a una densidad aproximada de 250 PL/m<sup>2</sup> a una temperatura de 27°C y salinidad de 40 ‰. Las postlarvas de camarón se alimentaron 2 veces al día, con un alimento comercial<sup>®</sup> PIASA para camarón que contiene 35% de proteína, y con calamar fresco (9:00 am aproximadamente 15 g de calamar, 2:00 pm 20 g de alimento), aproximadamente durante un mes hasta que alcanzaron el tamaño requerido para el experimento (200-300 mg) (Fig. 8).



**Figura 8.** Estanques de aclimatación y engorde de postlarvas de camarón.

### 7.5.3 Diseño experimental y condiciones de cultivo

Durante el bioensayo se evaluaron 9 alimentos: un alimento control, formulado para contener 32 % de proteína y 8 % de lípidos, conteniendo 40.99 % de una mezcla de pasta de soya-trigo en una proporción de 31.4:68.6. Dicha mezcla fue sustituida (mezcla por harina) con niveles crecientes (25, 50, 75 y 100%) de pasta de coco intacta (alimentos PCI25, PCI50, PCI75 y PCI100). Asimismo, se diseñaron otros 4 alimentos donde la proteína aportada por la mezcla de pasta de soya-trigo fue sustituida a diferentes niveles (25, 50, 75 y 100%) con proteína de pasta de coco desgrasada (alimentos PCD25, PCD5, PCD75 y PCD100) (Cuadro VI).

Se seleccionaron 360 camarones y se pesaron individualmente (peso promedio  $250 \text{ mg} \pm 50 \text{ mg}$ ), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 36 contenedores a razón de 10 organismos por acuario, a manera de contar con cuatro réplicas por cada tratamiento alimenticio. El experimento de crecimiento tuvo una duración de 45 días, durante los cuales se monitoreó la salinidad ( $39 \pm 1 \text{ ‰}$ ) con un refractómetro portátil (Extech Instruments Modelo RF20, Waltham, MA, EUA), y el oxígeno disuelto ( $>5 \text{ mg/l}$ ) y la temperatura ( $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ), con un equipo multiparámetros portátil (YSI, 550A).

Los restos de alimento no consumido, mudas y heces fueron extraídos de los estanques todos los días por la mañana (8:00 h) y posteriormente se realizó un recambio de agua equivalente al 80 % del volumen total. El alimento se suministró a razón del 15 % de la biomasa total de los organismos en cada acuario el primer día, y posteriormente se fue ajustado diariamente en base al consumo de cada acuario a manera que siempre hubiera un excedente (aprox. 20 % del alimento suministrado). El alimento fue distribuido en 3 raciones por día (10:00, 13:00 y 16:00 h).

**Cuadro VI.** Composición de los Alimentos (g/100 g alimento, en base húmeda) utilizados para evaluar el crecimiento de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

Ingrediente	Control	PCI25	PCI50	PCI75	PCI100	PCD25	PCD50	PCD75	PCD100
Mezcla de pasta de soya-trigo (31.4:68.6) <sup>1</sup>	41.0	30.7	20.5	10.3	--	30.7	20.5	10.3	--
Pasta de coco intacta <sup>2</sup>	--	<b>10.3</b>	<b>20.5</b>	<b>30.7</b>	<b>41.0</b>	--	--	--	--
Pasta de coco desgrasada <sup>3</sup>	--	--	--	--	--	<b>9.1</b>	<b>18.1</b>	<b>27.2</b>	<b>36.3</b>
Harina de pescado <sup>4</sup>	30	30	30	30.	30	30	30	30	30
Harina integral de trigo <sup>5</sup>	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Aceite de hígado de bacalao <sup>6</sup>	3.8	2.6	1.4	0.3	--	3.3	2.9	2.5	2
Almidón de maíz <sup>7</sup>	3.9	5.1	6.3	7.4	7.7	5.5	7.2	8.8	10.4
Ácido algínico <sup>8</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Premezcla vitaminas crustáceos <sup>9</sup>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Lecitina de soya <sup>10</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fosfato dibásico de sodio <sup>11</sup>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Premezcla mineral crustáceos <sup>12</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Colesterol <sup>13</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de colina <sup>14</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamina C <sup>15</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Antioxidante BHT <sup>16</sup>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

<sup>1</sup>Mezcla soya-trigo MST1205 Elaborada en laboratorio (CIBNOR), <sup>2</sup>Pasta de coco intacta PCI1204 Copreros de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, <sup>3</sup>Pasta de Coco desgrasada PCD1202 Producida en laboratorio (CIBNOR), <sup>4</sup>Harina de sardina entera HPSE1003 Proteínas Marinas y Agropecuarias, S.A. de C.V. Guadalajara, Jal. México, <sup>5</sup>Harina integral de trigo HIT1004 Promotora Industrial Acuasistemas, S.A. de C.V. La Paz, B.C.S., México, <sup>6</sup>Aceite de hígado de bacalao AcHB1102 Droguería Cosmopolita. D.F., México, <sup>7</sup>Almidón de maíz (S4126) Sigma Co, St Louis, MO, EUA, <sup>8</sup>Acido algínico (A-7128) Sigma Co, St Louis, MO, EUA, <sup>9</sup>Premezcla vitaminas crustáceos VITCRUS1205 (Cuadro VIa), <sup>10</sup>Lecitina de soya (Isoy1005) Productos Realeza S. de R.L. de C.V., D.F, México., <sup>11</sup>Fosfato dibásico de sodio S0876 Sigma Co, St Louis, MO, EUA, <sup>12</sup>Premezcla mineral crustáceos MINCRU1205 (Cuadro VIb), <sup>13</sup>Colesterol (C-8503) Sigma Co, St Louis, MO, EUA, <sup>14</sup>Cloruro de colina ICN 101386 ICN Biomedicals Inc., Aurora, OH, EUA, <sup>15</sup>Vitamina C (Stay C 35% aa) ROCHE, D.F, México, <sup>16</sup>Antioxidante BHT ICN 101162 ICN Biomedicals Inc., Aurora, OH, EUA.

**Cuadro VIa.** Composición de la Premezcla de Vitaminas.

<b>Vitaminas</b>	<b>Catálogo</b>	<b>g/kg de premezcla</b>
Vitamina A Acetato (retinol)	160079 <sup>1</sup>	5
Vitamina D <sub>3</sub> (coleciferol)	160107 <sup>1</sup>	0.001
Vitamina E (tocoferol)	T-3376 <sup>2</sup>	8
Vitamina K <sub>3</sub> (menadiona)	102259 <sup>1</sup>	2
Tiamina (B <sub>1</sub> ) mononitrato	103029 <sup>1</sup>	0.5
Riboflavina (B <sub>2</sub> )	102813 <sup>1</sup>	3
Piridoxina (B <sub>6</sub> )	102777 <sup>1</sup>	1
Acido D-pantoténico	101228 <sup>1</sup>	5
Niacina	102446 <sup>1</sup>	5
D-Biotina	101023 <sup>1</sup>	0.05
Inositol	102052 <sup>1</sup>	5
Cianocobalamina (B <sub>12</sub> )	103271 <sup>1</sup>	0.002
Acido fólico	101725 <sup>1</sup>	0.18
Celulosa (vehículo)	C-8002 <sup>2</sup>	865.266

<sup>1</sup>ICN Biomedicals Inc. Ohio. USA. <sup>2</sup>Sigma Co. St. Louis. EUA.

**Cuadro VIb.** Composición de la Premezcla de Minerales.

<b>Minerales</b>	<b>Catálogo</b>	<b>g/100 g de premezcla</b>
Cloruro de cobalto	C-2644 <sup>1</sup>	0.004
Sulfato cúprico pentahidratado	C-6917 <sup>1</sup>	0.25
Sulfato ferroso	F-7002 <sup>1</sup>	4
Sulfato de magnesio heptahidratado	M-9697 <sup>1</sup>	28.398
Sulfato de magnesio monohidratado	M-3634 <sup>1</sup>	0.65
Yoduro de potasio	P-4286 <sup>1</sup>	0.067
Selenito de sodio	S-1382 <sup>1</sup>	0.01
Sulfato de zinc heptahidratado	Z-0501 <sup>1</sup>	13.193
Celulosa (vehículo)	C-8002 <sup>1</sup>	53.428
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

<sup>1</sup>Sigma Co. St. Louis. EUA.

#### 7.5.4 Criterios de evaluación

Los criterios para evaluar los diferentes tratamientos fueron los siguientes: supervivencia, peso final, tasa relativa de crecimiento, alimento consumido, factor de conversión alimenticia y eficiencia proteica. Se calcularon usando las siguientes ecuaciones:<sup>86</sup>

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

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

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

Este factor se corrige en función de la mortalidad, de acuerdo a Kitabayashi.<sup>87</sup>

Incremento en peso corregido (IPC) =

$$\text{Biomasa final} + \left( \frac{\text{Peso promedio final} + \text{Peso promedio inicial}}{2} * \text{No. de muertos} \right) - \text{Biomasa inicial}$$

$$\text{Eficiencia proteica (EP)} = \frac{\text{Incremento en peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

#### 6.5.5 Análisis Estadísticos.

Para el análisis de los diferentes resultados, se llevó a cabo análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas, utilizando las pruebas de Lillieford y Bartlett.<sup>88</sup> Se realizaron análisis de varianza ANOVA de una vía, para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, la diferencia entre medias se evaluó por la prueba de comparación de medias de Tukey; se consideraron diferencias significativas entre los tratamientos cuando  $p \leq 0.05$ . Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA 7.0. (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, EUA).<sup>89</sup>



## 8. RESULTADOS

### 8.1 Análisis químico proximal y de Energía.

#### 8.1.1 Análisis químico proximal y energía de la pasta de coco.

En el Cuadro VII se presenta la composición química proximal de las pastas de coco. El contenido de proteína varió de 25.3 % en la pasta de coco intacta (PCI) a 28.5 % en la pasta de coco desgrasada (PCD). La PCI presentó el mayor nivel de extracto etéreo 13.0 %, y disminuyó en la PCD a 6.8 %. El contenido de fibra cruda de las pastas de coco intacta fue de 8.6 % y de pasta de coco desgrasada fue de 8.5 %. El contenido de cenizas fue de 8.1 % para la pasta de coco intacta, mientras que la pasta de coco desgrasada fue de 9.1 %. La energía bruta varió de 4,434 a 4,526 cal/g en PCI y PCD respectivamente. En la composición proximal de las pastas experimentales, el contenido de proteína de la pasta de coco desgrasada solo aumentó 3 puntos porcentuales en relación a la pasta de coco intacta, mientras que el extracto etéreo en la pasta de coco desgrasada sí disminuyó a la mitad en relación con la pasta de coco intacta. Estos resultados se pueden explicar por el proceso de desgrasado, específicamente el tiempo en el que la pasta de coco estuvo en contacto con el solvente, que aparentemente fue corto como para extraer aún más la grasa, y por ende concentrar la proteína en el producto final.

**Cuadro VII.** Composición Química Proximal y de Energía de las Pastas de coco.

	<b>Humedad (%)</b>	<b>Materia seca (%)</b>	<b>Proteína cruda (%)</b>	<b>Extracto etéreo (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Fibra cruda (%)</b>	<b>ELN</b>	<b>Energía bruta (cal/g)</b>
<b>PCI<sup>1</sup></b>	2.1 ± 0.0	97.9 ± 0.0	25.3 ± 0.3	13 ± 0.0	8.1 ± 0.2	8.6 ± 0.2	45.0	4,434 ± 25
<b>PCD<sup>2</sup></b>	0.4 ± 0.0	99.6 ± 0.0	28.5 ± 0.3	6.8 ± 0.1	9.1 ± 0.0	8.5 ± 0.2	47.1	4,526 ± 9

Valores promedio de 3 réplicas ± desviaciones estándar expresados en g/100 g de materia seca, excepto humedad. ELN: extracto libre de nitrógeno = 100 – (%humedad + % proteína + % extracto etéreo + % cenizas + % fibra cruda).<sup>1</sup> Pasta de Coco Intacta PCI1204, Copreros de Tabasco, Villahermosa Tabasco, México. <sup>2</sup> Pasta de coco desgrasada PCD1202, producida en el laboratorio (CIBNOR).

### 8.1.2 Análisis químico proximal y de energía de los alimentos.

La composición química proximal y de energía de los alimentos experimentales se muestra en el Cuadro VIII. Los alimentos que se utilizaron en este trabajo presentaron un contenido proteico que varió de 35.47 % en el alimento Control a 33.66 % en el alimento de 100 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco desgrasada (PCD100). Los alimentos con 100 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pastas de coco (PCI100 y PCD100) son los que presentaron los valores más altos de lípidos (8.87 y 8.52 %, respectivamente), mientras que el menor valor se presentó en el alimento PCI75 (7.82 %).

Los valores más altos de fibra (5.37 y 6.03 %) se presentaron en los alimentos con 75 y 100% de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco desgrasada (PCD75 y PCD100, respectivamente), mientras que el menor valor se presentó en el alimento Control (1.03 %). El contenido de cenizas varió entre 8.34 % en el alimento Control a 11.35 % en el alimento con 100 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco intacta (PCI100). El contenido de energía bruta varió de 4,131 cal/g en el alimento con 75 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco desgrasada (PCD75) a 4, 670 cal/g en el alimento con 25 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco intacta (PCI25).

**Cuadro VIII.** Composición Química Proximal y de Energía de los Alimentos Experimentales.

	<b>Humedad (%)<sup>1</sup></b>	<b>Proteína cruda (%)<sup>1</sup></b>	<b>Extracto etéreo(%)<sup>1</sup></b>	<b>Fibra cruda (%)<sup>1</sup></b>	<b>Cenizas (%)<sup>1</sup></b>	<b>ELN (%)<sup>2</sup></b>	<b>Energía (cal/g)</b>
<b>Control</b>	6.8 ± 0.1	35.5 ± 0.3	8.2 ± 0.1	1.0 ± 0.1	8.3 ± 0.0	47.0	4, 426 ± 16
<b>PCI 25</b>	7.2 ± 0.3	35.2 ± 0.1	8.1 ± 0.0	1.8 ± 0.2	8.9 ± 0.1	45.9	4, 670 ± 28
<b>PCI 50</b>	6.0 ± 0.1	35.1 ± 0.4	7.9 ± 0.1	2.4 ± 0.2	9.7 ± 0.1	44.9	4, 617 ± 19
<b>PCI 75</b>	7.4 ± 0.3	34.4 ± 0.4	7.8 ± 0.0	4.5 ± 0.4	10.3 ± 0.0	43.1	4, 547 ± 24
<b>PCI 100</b>	6.7 ± 0.1	35.1 ± 0.2	8.9 ± 0.0	5.1 ± 0.2	11.4 ± 0.0	39.6	4, 642 ± 27
<b>PCD 25</b>	7.6 ± 0.1	34.8 ± 0.2	8.3 ± 0.0	3.1 ± 0.1	8.9 ± 0.1	44.9	4, 465 ± 28
<b>PCD 50</b>	6.7 ± 0.1	34.3 ± 0.1	8.3 ± 0.0	4.4 ± 0.2	9.4 ± 0.0	43.6	4, 447 ± 25
<b>PCD 75</b>	5.9 ± 0.2	33.4 ± 0.2	8.1 ± 0.3	5.4 ± 0.2	9.9 ± 0.1	42.7	4, 130 ± 21
<b>PCD 100</b>	3.5 ± 0.0	33.7 ± 0.1	8.5 ± 0.0	6.0 ± 0.1	10.4 ± 0.0	41.4	4,166 ± 25

<sup>1</sup> Valores promedio de 3 réplicas ± desviación estándar, expresados en g/100 g de materia seca, excepto humedad. <sup>2</sup> ELN: extracto libre de nitrógeno = 100 – (% proteína + % extracto etéreo + % cenizas + % fibra cruda). Alimentos PCI-25, PCI-50, PCI-75 y PCI-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100% de sustitución) de la mezcla pasta de soya-trigo por pasta de coco intacta. Alimentos PCD-25, PCD-50, PCD-75 y PCD-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100% de sustitución) de la proteína de mezcla pasta de soya-trigo por proteína de la pasta de coco desgrasada.

## 8.2 Estabilidad de alimentos en agua.

La hidroestabilidad de los alimentos usados en este experimento, expresada como porcentaje de materia seca retenida, varió entre 83 y 90% (Cuadro IX). La inclusión de las pastas de coco afectó negativamente la estabilidad de los alimentos, disminuyendo significativamente conforme se aumentó el nivel de inclusión de las pastas de coco en los alimentos ( $p < 0.05$ ). La estabilidad disminuyó de 89.7 % en el alimento Control a 83.0 % para el alimento PCI-100, y 83.8% en el alimento PCD-100.

**Cuadro IX.** Estabilidad de los Alimentos en el Agua.

<b>Alimento</b>	<b>Materia seca retenida (%)</b>
<b>Control-C</b>	<b>89.7<sup>cd</sup> ± 0.3</b>
<b>PCI-25</b>	<b>90.3<sup>d</sup> ± 0.9</b>
<b>PCI-50</b>	<b>87.7<sup>b</sup> ± 0.8</b>
<b>PCI-75</b>	<b>83.6<sup>a</sup> ± 0.8</b>
<b>PCI-100</b>	<b>82.9<sup>a</sup> ± 1.9</b>
<b>PCD-25</b>	<b>88.2<sup>bc</sup> ± 0.3</b>
<b>PCD-50</b>	<b>88.9<sup>cd</sup> ± 0.6</b>
<b>PCD-75</b>	<b>84.0<sup>a</sup> ± 0.8</b>
<b>PCD-100</b>	<b>83.8<sup>a</sup> ± 0.7</b>

Valores promedio de 5 réplicas ± desviación estándar. Alimentos PCI-25, PCI-50, PCI-75 y PCI-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100% de sustitución) de la mezcla pasta de soya-trigo por pasta de coco intacta. Alimentos PCD-25, PCD-50, PCD-75 y PCD-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100% de sustitución) de la proteína de mezcla pasta de soya-trigo por proteína de la pasta de coco desgrasada. Valores con diferentes superíndices indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

### 8.3 Bioensayo de crecimiento.

#### 8.3.1 Parámetros Físico-químicos del agua.

Los valores de los parámetros físico-químicos del agua registrados durante el bioensayo fueron los siguientes: temperatura ( $27 \pm 0.01$  °C), salinidad ( $38.5 \pm 0.03$  ‰) y oxígeno disuelto ( $4.9 \pm 0.04$  mg/l).

#### 8.3.2 Resultados zootécnicos y de utilización del alimento.

Los resultados zootécnicos y de utilización del alimento se muestran en el Cuadro X. Después de 45 días de experimentación la supervivencia fue superior al 90 % en todos los tratamientos.

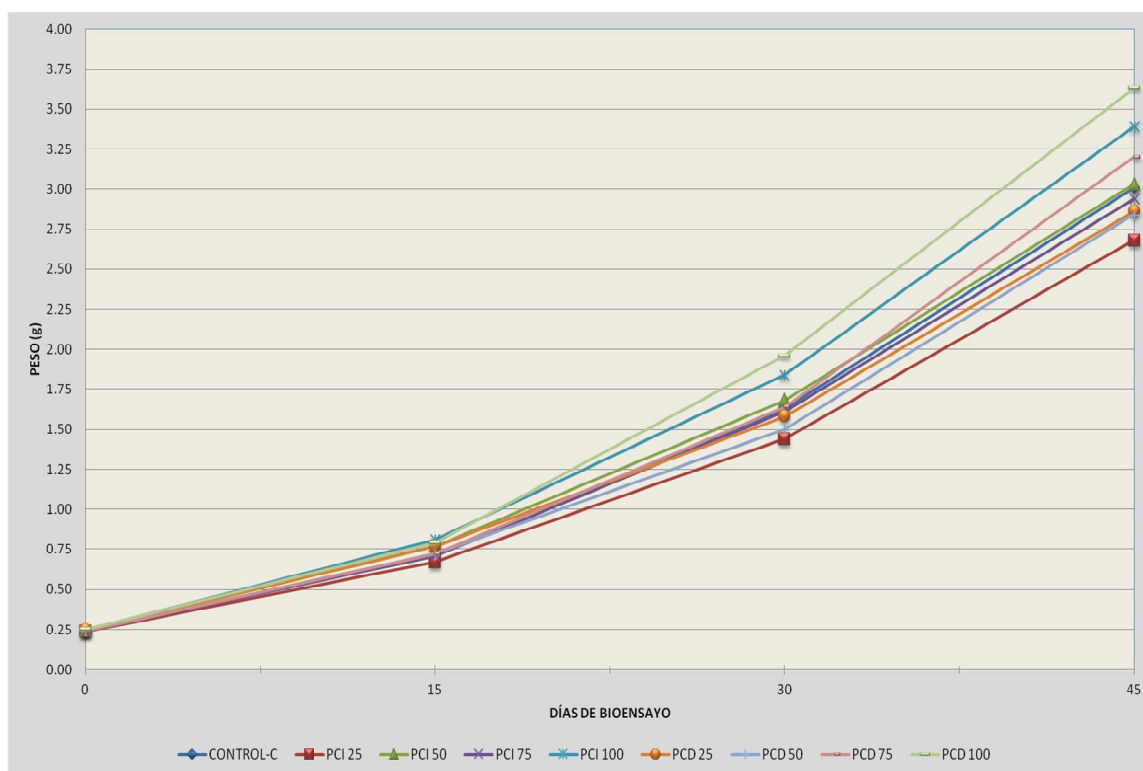
En términos generales la sustitución de soya-trigo por pastas de coco en los alimentos hizo que se incrementaran significativamente ( $p < 0.05$ ) el peso final (Fig. 10) y la tasa de crecimiento (Fig. 11) de los camarones, presentando el mayor peso los organismos de los alimentos PCD100 y PCI100 (3.63 y 3.39 g), así como también la mayor tasa de crecimiento (1,346 y 1,275 %), mientras que los camarones de los tratamientos PCI25 y PCD25 fueron los que presentaron el menor peso promedio (2.68 y 2.86 g), así como las menores tasas de crecimiento (1,023 y 1,045 %).

**Cuadro X.** Resultados Zootécnicos y de Utilización de Alimento de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* alimentados durante 45 días con alimentos que contenían diferentes niveles de sustitución de una mezcla pasta de soya-trigo por dos pastas de coco.

	<b>Peso promedio inicial (g)</b>	<b>Peso Promedio final (g)</b>	<b>Supervivencia (%)</b>	<b>Tasa de Crecimiento (%)</b>	<b>Alimento consumido (g/camarón/día)</b>	<b>Factor de Conversación Alimenticia</b>	<b>Eficiencia Proteica</b>
<b>Control</b>	<b>0.24</b> ± 0.01	<b>3.01<sup>ab</sup></b> ± 0.14	<b>90.0<sup>a</sup></b> ± 11.6	<b>1,134<sup>abc</sup></b> ± 56.2	<b>0.15<sup>a</sup></b> ± 0.02	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.1
<b>PCI 25</b>	<b>0.24</b> ± 0.01	<b>2.68<sup>a</sup></b> ± 0.19	<b>95.0<sup>a</sup></b> ± 5.8	<b>1,023<sup>a</sup></b> ± 98.4	<b>0.13<sup>a</sup></b> ± 0.00	<b>1.3</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.1
<b>PCI 50</b>	<b>0.25</b> ± 0.01	<b>3.03<sup>abc</sup></b> ± 0.16	<b>90.0<sup>a</sup></b> ± 0.0	<b>1,135<sup>abc</sup></b> ± 92.5	<b>0.15<sup>a</sup></b> ± 0.01	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.0</b> ± 0.2
<b>PCI 75</b>	<b>0.24</b> ± 0.00	<b>2.94<sup>ab</sup></b> ± 0.17	<b>97.5<sup>a</sup></b> ± 5.0	<b>1,124<sup>abc</sup></b> ± 55.5	<b>0.16<sup>ab</sup></b> ± 0.01	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.1
<b>PCI 100</b>	<b>0.25</b> ± 0.01	<b>3.39<sup>cd</sup></b> ± 0.08	<b>95.0<sup>a</sup></b> ± 5.8	<b>1,275<sup>cd</sup></b> ± 47.9	<b>0.19<sup>b</sup></b> ± 0.01	<b>1.5</b> ± 0.0	<b>1.9</b> ± 0.0
<b>PCD 25</b>	<b>0.25</b> ± 0.01	<b>2.86<sup>ab</sup></b> ± 0.06	<b>92.5<sup>a</sup></b> ± 5.0	<b>1045<sup>a</sup></b> ± 36.5	<b>0.14<sup>a</sup></b> ± 0.01	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.1
<b>PCD 50</b>	<b>0.24</b> ± 0.01	<b>2.84<sup>ab</sup></b> ± 0.22	<b>92.5<sup>a</sup></b> ± 9.6	<b>1,078<sup>ab</sup></b> ± 77.0	<b>0.15<sup>a</sup></b> ± 0.02	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.2
<b>PCD 75</b>	<b>0.24</b> ± 0.01	<b>3.20<sup>bc</sup></b> ± 0.17	<b>92.5<sup>a</sup></b> ± 9.6	<b>1,227<sup>bcd</sup></b> ± 102.5	<b>0.16<sup>ab</sup></b> ± 0.03	<b>1.4</b> ± 0.1	<b>2.1</b> ± 0.1
<b>PCD 100</b>	<b>0.25</b> ± 0.01	<b>3.63<sup>d</sup></b> ± .20	<b>95.0<sup>a</sup></b> ± 10.0	<b>1,346<sup>d</sup></b> ± 14.6	<b>0.20<sup>b</sup></b> ± 0.02	<b>1.4</b> ± 0.0	<b>2.1</b> ± 0.0

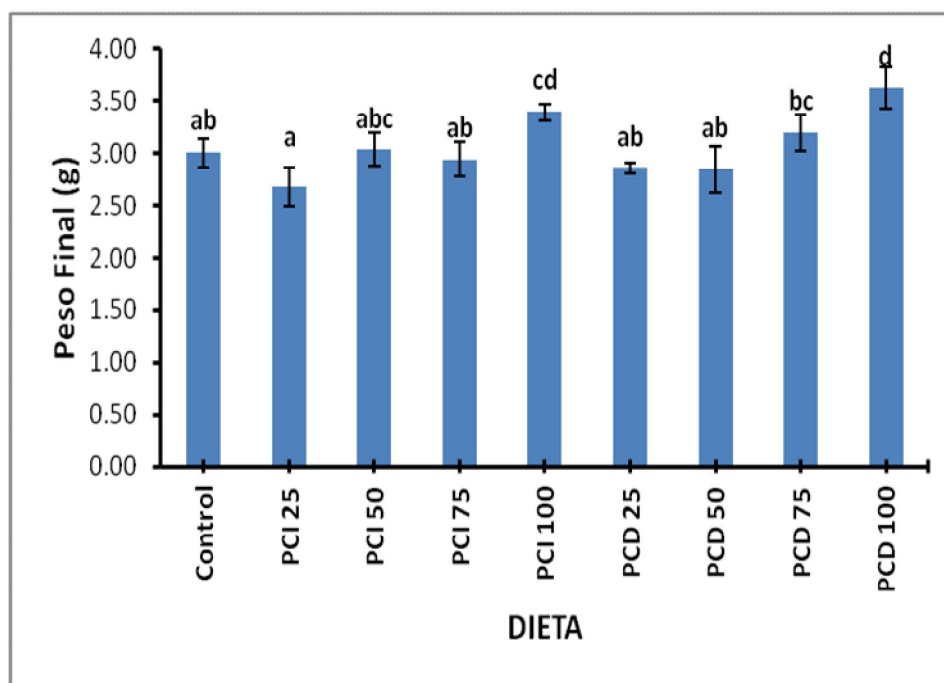
Valores promedio de 4 réplicas ± desviación estándar. Alimentos PCI-25, PCI-50, PCI-75 y PCI-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100 % de sustitución) de la mezcla pasta de soya-trigo por pasta de coco intacta. Alimentos PCD-25, PCD-50, PCD-75 y PCD-100 (correspondientes a 25, 50, 75 y 100 % de sustitución) de la proteína de mezcla pasta de soya-trigo por proteína de la pasta de coco desgrasada. Valores con diferentes superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La Figura 9 muestra las curvas de crecimiento de los organismos durante los 45 días del bioensayo. Se puede observar el comportamiento del crecimiento a lo largo del tiempo, comenzando con un peso promedio de 0.25 g en el día 0, para el día 15 el peso promedio era similar entre todos los tratamientos (0.75 g), a partir del día 30 ya se notaba que los tratamientos PCI100 y PCD100 tenían un peso mayor al resto de los tratamientos, tendencia que continuo hasta el final del bioensayo.



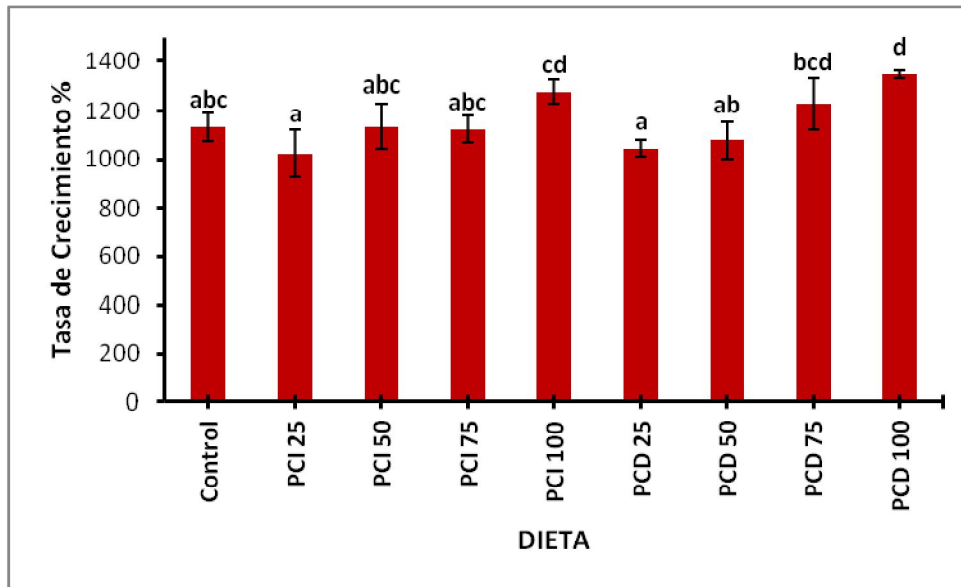
**Figura 9.** Curvas de crecimiento de los juveniles de camarón Blanco del Pacifico *Litopenaeus vannamei* alimentados con los alimentos experimentales durante los 45 días del bioensayo de crecimiento.

En términos generales, la sustitución de soya-trigo por pastas de coco en los alimentos hizo que se incrementara significativamente ( $p < 0.05$ ) el peso final (Fig. 10), la tasa de crecimiento (Fig. 11), presentando el mayor peso las dietas PCD100 y PCI100 (3.63 y 3.39 g), así como también la mayor tasa de crecimiento (1,346 y 1,275 %) mientras que las dietas PCI25 y PCD25 fueron las que presentaron el menor peso promedio (2.68 y 2.86 g), así como la menor tasa de crecimiento (1,023 y 1,045 %). Estos resultados se pueden deber a que los tratamientos con 100 % de sustitución fueron también los que presentaron el mayor consumo aparente de alimento (Fig. 12), lo que explica que los FCA (Fig. 13) y EP (Fig. 14) no presentaran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.



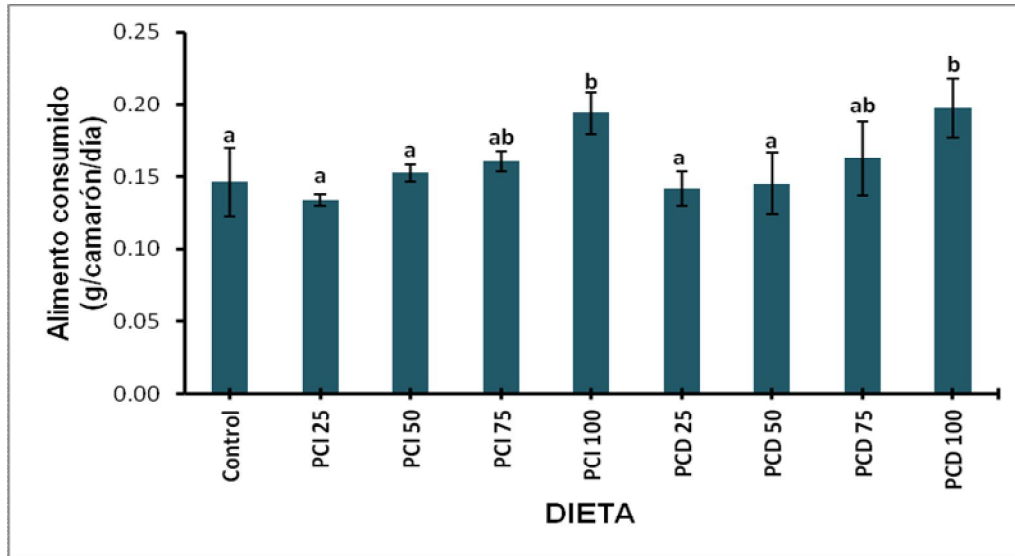
**Figura 10.** Efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya-trigo por pastas de coco sobre el peso final de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* al cabo de 45 días del bioensayo. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).





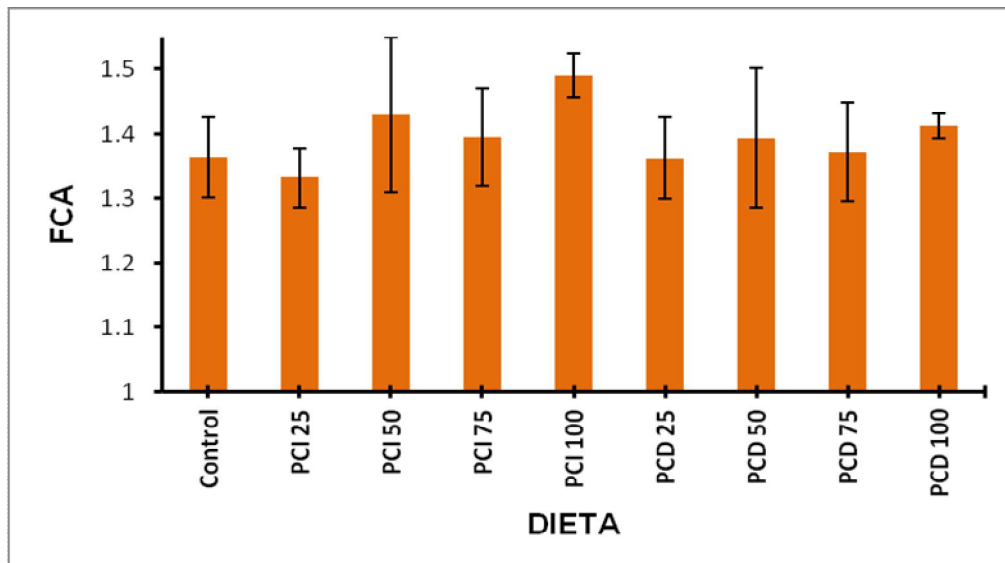
**Figura 11.** Efecto de la sustitución de una mezcla soya-trigo por pastas de coco sobre la tasa de crecimiento (%) de juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El consumo del alimento Control fue de 0.15 g/camarón/día (Fig. 12). Se incrementó significativamente a medida que fue aumentando el nivel de sustitución de la mezcla pasta de soya-trigo por las pastas de coco, observándose el mayor consumo con los alimentos PCI100 y PCD100 (0.19 y 0.20 g/camarón/día), mismos que fueron significativamente mayores a los consumos observados en los tratamientos Control y donde se sustituyó el 25 y el 50% de la mezcla pasta de soya-trigo por ambas pastas ( $p < 0.05$ ).

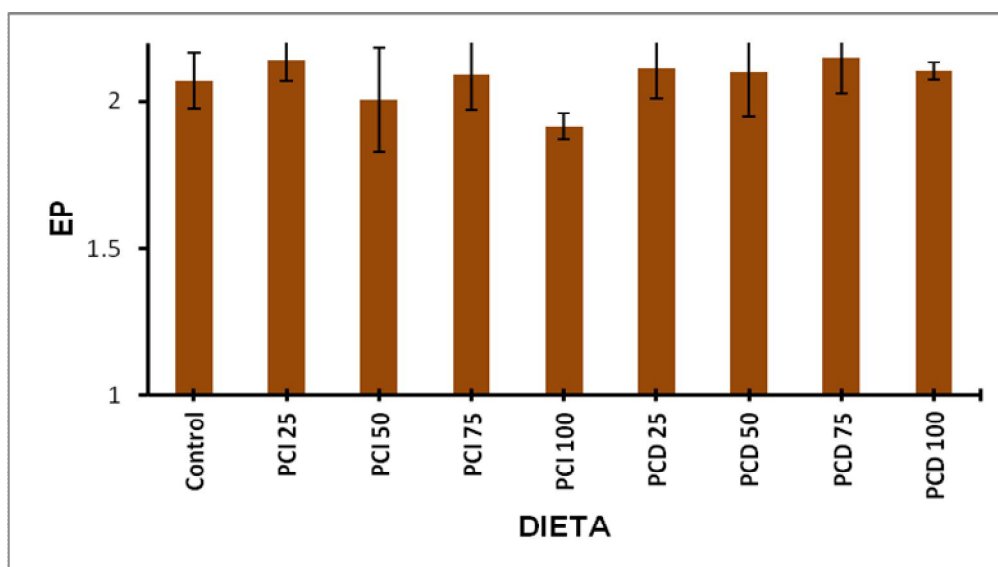


**Figura 12.** Efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya-trigo por pastas de coco sobre el Alimento consumido en juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La sustitución de pasta de soya-trigo por pastas de coco no produjo cambios significativos ( $p > 0.05$ ) en el factor de conversión alimenticia (Fig. 13) ni en la eficiencia proteica (Fig. 14).



**Figura 13.** Efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya-trigo por pastas de coco sobre el factor de conversión alimenticia en juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.



**Figura 14.** Efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya-trigo por pastas de coco sobre la eficiencia proteica en juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* al cabo de 45 días del bioensayo de crecimiento.

## 9. DISCUSIÓN

Akiyama *et al*<sup>21</sup> comenta que la soya es el ingrediente vegetal que más se utiliza en alimentación animal, como fuente de proteína, debido a la calidad nutricional, costo y disponibilidad. El uso de pasta de soya en alimentos para camarón ha aumentado, sin embargo, su utilización en alimentación humana también ha incrementado, por lo que la incorporación de este ingrediente en la acuicultura es cada vez menos rentable. Olvera-Novoa *et al*<sup>3</sup> reportan que debido a la alta demanda que se ha generado sobre la soya, se han buscado ingredientes alternos para su inclusión en estos alimentos. En este trabajo se evaluó la sustitución de una mezcla pasta de soya-trigo (31.4:68.6) a un nivel de inclusión en el alimento Control de 41 %, por 2 pastas de coco que son ingredientes más económicos (pasta de soya \$ 7,950/t vs pasta de coco intacta \$ 4,500/t)<sup>3</sup> y no utilizados en alimentación humana.<sup>90</sup>

Debido a la diferencia en el contenido de proteína cruda de los ingredientes a utilizar (pasta de soya 48.7 %, pasta de coco intacta 25.3 % y pasta de coco desgrasada 28.5 % PC), las pastas de coco no pueden ser empleadas para sustituir a la pasta de soya de manera directa sin que haya un desbalance de proteína en el alimento. En este tipo de casos, una práctica común en los estudios de nutrición, es formular mezclas de ingredientes que emulan la composición química del ingrediente a evaluar.

Mukhopadhyay *et al*<sup>68</sup> y Moorthy *et al*<sup>70</sup> reportan que el contenido de proteína de los ingredientes vegetales se ve afectado por las condiciones de cultivo y las condiciones ambientales, en el presente trabajo la composición proximal de las pastas de coco coincide con lo reportado por otros autores para la pasta de coco intacta.<sup>68, 70</sup> El contenido de fibra cruda y de cenizas de las pastas de coco es mayor a la de la mezcla soya-trigo (Cuadro V), esto explica el por qué los alimentos con mayor inclusión de pastas de coco presentaron los mayores valores de fibra cruda (PCI100 5.1 % y PCD100 6 %) y cenizas (PCI100 11.4 % y PCD100 10.4 %) con respecto al alimento Control que presentó valores de 1 % de fibra y 8.3 % de cenizas, Galicia-González *et al*<sup>43</sup>, Rivas *et al*<sup>11</sup> y Hernández *et al*<sup>8</sup> reportan que

---

<sup>3</sup> Nota: No se cuenta con el precio de la pasta de coco desgrasada, ya que fue obtenida en el laboratorio del CIBNOR a nivel experimental, a partir de la pasta de coco intacta, aunque presumiblemente sería más barata que la pasta de soya.

el alto contenido de cenizas y fibra cruda en los alimentos puede disminuir la utilización del alimento y la digestibilidad. La composición nutrimental y calidad de las pastas puede variar en función del proceso que se emplea en su fabricación como el prensado y cocción, particularmente en lo que se refiere a la temperatura usada durante su cocción para la pasta de coco intacta. La cocción de ingredientes es un proceso que puede mejorar la digestibilidad y utilización del alimento, ya que durante este proceso, algunos compuestos antinutricionales son inactivados, los carbohidratos gelatinizados y las proteínas desnaturalizadas, lo que ocasiona una mayor susceptibilidad a la degradación enzimática.<sup>11</sup>

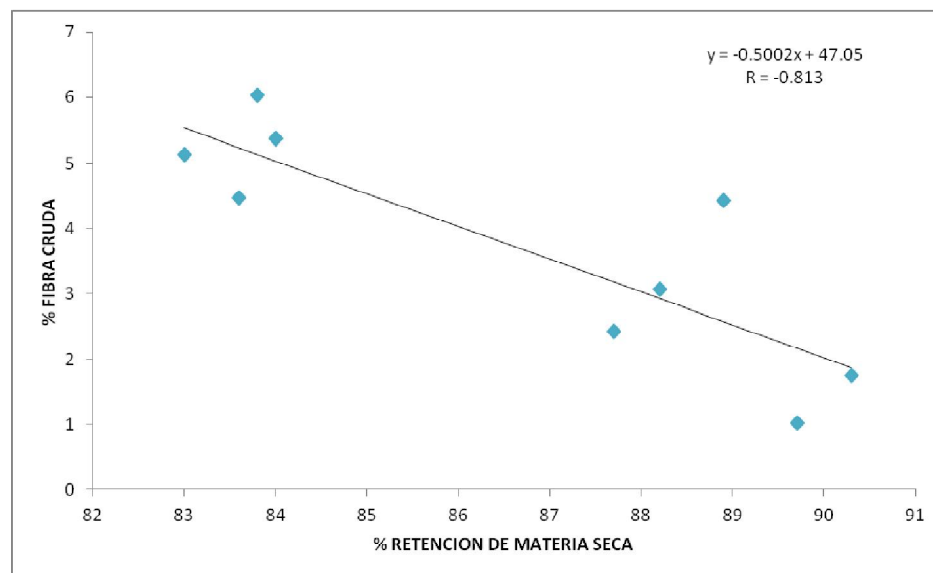
52

Como se mencionó anteriormente, los alimentos que se utilizaron en este trabajo fueron formulados para cubrir con los requerimientos nutricionales reportados para camarón blanco *L. vannamei* del Pacífico,<sup>21</sup> y aunque no se determinó el contenido de aminoácidos en los alimentos, el crecimiento no se vio afectado negativamente con respecto al alimento Control, deja pensar que probablemente no haya habido diferencias importantes en el contenido de aminoácidos esenciales de los alimentos.

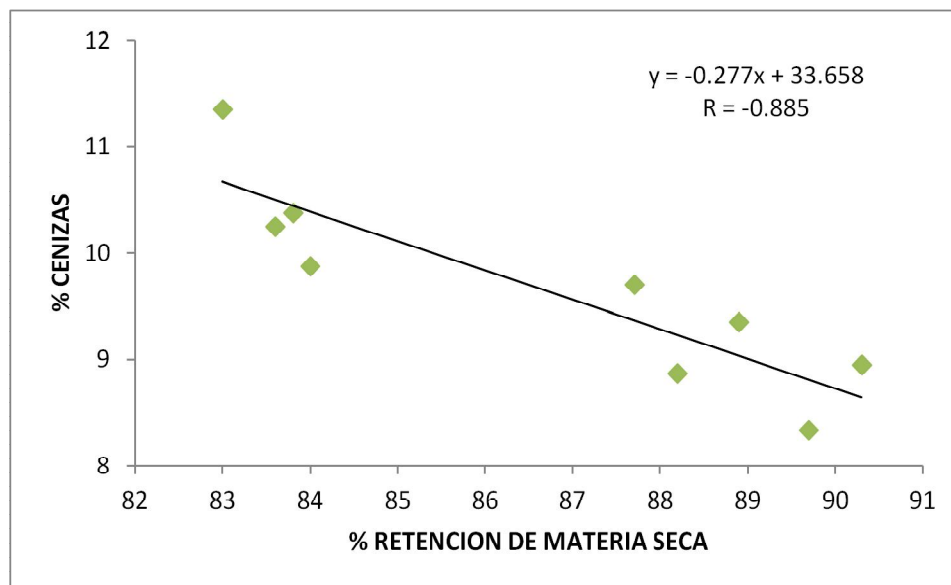
Lim *et al*<sup>50</sup> y Cruz-Suárez *et al*<sup>52</sup> observaron el efecto de la estabilidad en el agua de los alimentos al incluir otros ingredientes vegetales en alimentos para camarón, en este trabajo la estabilidad en el agua de los alimentos tiende a disminuir con la inclusión de las pastas de coco.

Obaldo *et al*<sup>91</sup> y Devresse *et al*<sup>92</sup> comentan que la gelatinización de los almidones juega un papel importante en la estabilidad de los alimentos, ya que actúa como aglutinante, mis resultados se pueden explicar en base a los almidones de los ingredientes, esto es, al incluir las pastas de coco en sustitución a la mezcla soya-trigo se vio afectada la hidroestabilidad, por lo que probablemente, el almidón de las pastas de coco tiene menor funcionalidad ligante que el de la soya y el trigo. El almidón del trigo es considerado como aglutinante natural muy bueno, por el efecto positivo que ejerce sobre la estabilidad de los alimentos.<sup>92</sup> En este caso, al ser sustituida una parte de la harina de trigo, la hidroestabilidad de los alimentos se vio afectada.

Smith *et al* <sup>93</sup> reporta que los alimentos altos en fibra presentan baja hidroestabilidad en comparación con los alimentos con menor contenido de fibra, los resultados obtenidos en este trabajo se pueden explicar ya que los alimentos con mayor contenido de fibra presentaron baja hidroestabilidad, probablemente el contenido de cenizas en el alimento también afecta de manera negativa la hidroestabilidad, ya que los alimentos con mayor cantidad de cenizas también fueron los que presentaron una menor hidroestabilidad. En el presente trabajo se encontró una correlación negativa y significativa ( $r = -0.813$ ;  $p < 0.05$ ) entre % RMS y % FC (Fig.15), así también entre % RMS y % cenizas ( $r = -0.885$ ;  $p < 0.05$ ) (Fig. 16).



**Figura 15.** Relación entre el porcentaje de retención de materia seca (% RMS) y el porcentaje de fibra cruda (% FC) contenida en los alimentos experimentales.



**Figura 16.** Relación entre el porcentaje de retención de materia seca (% RMS) y el porcentaje de cenizas contenidas en los alimentos experimentales.

Los parámetros físico-químicos del agua se mantuvieron constantes durante todo el experimento, y están dentro de los rangos considerados adecuados para el cultivo de camarones peneidos.<sup>94</sup>

Davis *et al*<sup>9, 95</sup> y Avalos *et al*<sup>96</sup> mencionan que se ha visto que el uso de ingredientes vegetales en alimentos para camarón no afectan de manera significativa la supervivencia, siempre y cuando se cubran los requerimientos en aminoácidos esenciales y en mi trabajo la supervivencia de los camarones no se vio afectada por la inclusión de las pastas de coco.

Galicia-González *et al*<sup>4</sup> reportó un crecimiento similar al observado en este estudio con el alimento Control que fue de 60 mg/día. Sin embargo, este crecimiento es menor a lo observado en otros estudios utilizando juveniles de *L. vannamei* en condiciones de cultivo en laboratorio. Por ejemplo, Davis *et al*<sup>9</sup> reporta un crecimiento de 99 mg/día en camarones de 0.66 g alimentados con pellets experimentales (36 % proteína) a base de pescado-soya-trigo durante 49 días. Smith *et al*<sup>97</sup> utilizando camarones de 3.34 g alimentados con alimentos peletizados (42 % proteína) a base de pescado-krill-trigo durante 50 días reportaron un crecimiento de 11mg/día. Estas diferencias se pueden deber a que las

condiciones experimentales, el tamaño de los organismos y el tipo de alimentos son diferentes.

Sin embargo estos resultados contrastan con los reportados por Sudaryono *et al*<sup>58</sup> que encontraron que niveles de 75 y 100 % de sustitución de la pasta de soya por lupino en alimentos de *P. monodon* disminuyen el crecimiento. Así mismo, Rivas-Vega *et al*<sup>11</sup> reportan que una inclusión de harina de frijol yorimón entero mayor a 60 % afecta negativamente el crecimiento. Sin embargo, Galicia-González *et al*<sup>4</sup> reporta que el cártamo puede reemplazar peso por peso la mezcla soya-trigo sin causar disminución significativa en el rendimiento de los camarones. McCallum *et al*<sup>98</sup> reportan que al emplear harina de chícharo *Pisum sativum*, no se observa disminución en el crecimiento de *Litopenaeus vannamei*. Las diferencias encontradas en estos resultados se pueden deber a que la proporción de la mezcla soya-trigo fue diferente, así como el nivel de inclusión en el alimento Control. Estos estudios apoyan los resultados obtenidos en el presente trabajo, que indica que la mezcla soya-trigo puede ser sustituida en este caso por pastas de coco, sin producir efectos negativos en el crecimiento de juveniles de *L. vannamei*.

Alvarez *et al*<sup>99</sup>, Clarck *et al*<sup>100</sup> mencionan que el consumo de los alimentos esta generalmente relacionado con su contenido de atractantes, reportan que ciertos aminoácidos como la alanina y la glicina son buenos atractantes para camarones *L. vannamei*. Según lo reportado por Moorthy y Viswanathan *et al*<sup>70</sup> la pasta de coco tiene 1.1 y 0.4 % de estos aminoácidos, que posiblemente contribuyeron a una buena atractabilidad de los alimentos. Sin embargo, hasta donde sabemos, no existen reportes sobre atractabilidad y palatabilidad de pastas de coco en alimentos para camarón que nos pudieran servir de referencia. En este trabajo el alto contenido de harina de pescado en los alimentos también pudo mantener una excelente atractabilidad, debido a que se sustituyeron ingredientes vegetales por vegetales.

Esto no explica el por qué los alimentos con 100 % de sustitución presentaron el mayor consumo de alimento. Es poco probable, pero lo anterior pudiera deberse a una deficiencia nutricional que el animal compensa comiendo más, sin embargo, también fueron los que crecieron más, por lo que parece plausible pensar que el "mayor consumo" registrado, pudiera ser debido a un artefacto de medición (sobreestimación), ya que el alimento consumido que se reporta aquí es aparente, es decir, estimado por apreciación visual, más



no cuantificado gravimétricamente, por lo que un consumo aparente mayor, pudiera estar relacionado con la menor estabilidad en el agua de los alimentos con alto contenido de pastas de coco, ya que como se discutió anteriormente, al aumentar el nivel de sustitución, disminuyó el porcentaje de materia seca retenida.

La sustitución de pasta de soya-trigo por pastas de coco no produjo cambios significativos ( $p > 0.05$ ) en el factor de conversión alimenticia (Fig. 13) y la eficiencia proteica (Fig. 14) sugiriendo que la mezcla puede ser sustituida totalmente por las pastas de coco, al menos cuando el nivel de inclusión de la mezcla soya-trigo es de 41 % en el alimento para camarón, sin tener efectos negativos en supervivencia y crecimiento.

El uso de pastas de coco *Cocus nucifera* como ingrediente en alimentos para juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei* tiene gran potencial, sin embargo, haciendo una comparación entre las pastas evaluadas en este estudio, los alimentos que contenían pasta de coco desgrasada (PCD) no presentó mejores resultados zootécnicos, ni de utilización de alimento en comparación con los alimentos que contenían la pasta de coco intacta (PCI), ya que a los diferentes niveles de sustitución, como se discutió anteriormente, no se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo a estos resultados, no parece ser conveniente producir la pasta de coco desgrasada para utilizarla como ingrediente en alimentos para camarón, ya que solo mejoró en 3 puntos porcentuales el contenido de proteína en comparación con la pasta de coco intacta, y tiene la desventaja de que necesita de un proceso tecnológico adicional, lo cual elevaría su precio, y los resultados obtenidos no demostraron ser mucho mejores que los de la pasta de coco intacta.

En este trabajo se demostró que es posible sustituir en el alimento una mezcla de soya-trigo por pastas de coco, sin afectar el crecimiento y la supervivencia de los juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, desde un punto de vista económico, la pasta de coco tiene un precio aproximado de \$ 4,500 pesos/t, mientras que la pasta de soya de \$ 7, 950 pesos/t y la tonelada de trigo cuesta aproximadamente \$ 4,950 pesos. Considerando lo anterior, el precio de la mezcla soya-trigo (31.4:68.6) a un porcentaje de inclusión de 41 % en el alimento Control, es de \$ 2.38 para un kilogramo de alimento, en el alimento PCI100 el

precio de la pasta de coco a un porcentaje de inclusión de 41 % es de \$ 1.84 para un kilogramo de alimento, sin embargo en las formulaciones de los alimentos también varían dos ingredientes más que son el almidón de maíz cuyo precio aproximado es de 550 dólares/t y el aceite de bacalao que tiene un precio aproximado de 600 dólares/t.

Por lo tanto, la sustitución parcial y total de la mezcla soya-trigo por pasta de coco intacta permite una disminución en el costo por kilogramo de alimento, siendo el tratamiento alimenticio PCI100 (100 % de sustitución de la mezcla soya-trigo por pasta de coco intacta) el alimento que permite la mayor disminución en el costo por kilogramo de alimento, el cual representa un ahorro de \$0.59 pesos con respecto al alimento Control, mientras que el tratamiento alimenticio PCI25 solo permite una disminución de \$0.15 pesos con respecto al alimento Control (Cuadro XI).

Si tomamos en cuenta el factor de conversión alimenticia, el cual no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), los resultados demuestran la pre-factibilidad económica de sustituir totalmente la mezcla soya-trigo por pasta de coco intacta en alimentos para juveniles de camarón blanco *L. vannamei*. Adicionalmente, aprovechar un subproducto de la industria coprera que no ha sido utilizado en la acuicultura, lo cual permitiría la diversificación de ingredientes para la fabricación de alimentos acuícolas.

No obstante, esta reducción del costo se tiene que analizar detalladamente con un análisis financiero, y es necesario determinar la digestibilidad y la lixiviación de nutrientes de la pasta de coco, así como de los alimentos que la contienen, bajo condiciones experimentales donde se tenga mayor control, y determinar el alimento consumido real, a fin de tratar de explicar si se sobreestimó el consumo aparente de alimento, y por lo tanto, los valores de conversión alimenticia también están sobreestimados. Investigaciones sobre atractabilidad, palatabilidad y la determinación de aminoácidos, ácidos grasos y factores antinutricionales son necesarias para complementar los resultados obtenidos en este trabajo, así como realizar pruebas de crecimiento en estanques de cultivo, donde la eficiencia de los alimentos es distinta por la presencia de productividad natural.

**Cuadro XI.** Calculo del costo parcial de los alimentos donde se sustituyo la mezcla de soya-trigo por pasta de coco intacta.

Ingrediente		Precio (\$/t)	Moneda	Precio (\$/kg)	Precios obtenidos en Abril de 2013 a partir de las siguientes fuentes					
Pasta de soya		\$7,950	MN	\$8.0	Sistema Nacional de Información e Integración de mercados. <sup>90</sup>					
Harina de trigo		\$4,950	MN	\$5.0	Sistema Nacional de Información e Integración de mercados. <sup>90</sup>					
Pasta de coco		\$4,500	MN	\$4.5	Guadalajara, México. Anuncios gratis en Guadalajara. Copyright © 2006-2013 OLX, Inc. <sup>101</sup>					
Aceite de bacalao		\$7,200	MN	\$7.2	Alibaba Group Copyright © 1999-2013 Alibaba.com, Inc. <sup>102</sup>					
Almidón de Maíz		\$6,600	MN	\$6.6	Alibaba Group Copyright © 1999-2013 Alibaba.com, Inc. <sup>102</sup>					
Mezcla Soya-Trigo (31.4:68.6)		\$5,892	MN	\$5.9						

ALIMETO	Soya-trigo % inclusión	Precio (MN)	Pasta de coco % inclusión	Precio (MN)	Aceite de bacalao % inclusión	Precio (MN)	Almidón de maíz % inclusión	Precio (MN)	Suma de los ingredientes <sup>(1)</sup>	Diferencia vs Control (MN/Kg alimento)
<b>CONTROL</b>	41.0	\$2.4	0	\$0.0	3.8	\$0.3	3.9	\$0.3	\$2.95	0.00
<b>PCI25</b>	30.7	\$1.8	10.3	\$0.5	2.6	\$0.2	5.1	\$0.3	\$2.80	0.15
<b>PCI50</b>	20.5	\$1.2	20.5	\$0.9	1.4	\$0.1	6.3	\$0.4	\$2.65	0.30
<b>PCI75</b>	10.3	\$0.6	30.7	\$1.4	0.3	\$0.0	7.4	\$0.5	\$2.50	0.45
<b>PCI100</b>	0	\$0.0	41.0	\$1.8	0	\$0.0	7.7	\$0.5	\$2.35	<b>0.59</b>

<sup>1</sup>Se consideran únicamente los ingredientes que varían en las formulaciones. Los demás ingredientes permanecen constantes.

## 10. CONCLUSIONES

- Las pastas de coco pueden reemplazar totalmente la mezcla soya-trigo en el alimento balanceado, sin causar efecto negativo en la supervivencia o el crecimiento del camarón blanco del Pacífico *L. vannamei*.
- La pasta de coco desgrasada no permitió obtener mejores resultados de crecimiento o de supervivencia en juveniles del camarón blanco del Pacífico *L. vannamei* que la pasta de coco intacta, probablemente debido a que no se obtuvo gran diferencia en la composición química entre la pasta de coco intacta y la pasta de coco desgrasada.
- Los alimentos con 100 % de sustitución de pastas de coco presentaron mejores rendimientos zootécnicos que el alimento control, sin embargo, no se detectaron diferencias en el Factor de Conversión Alimenticia.
- En base a los resultados obtenidos se puede decir que los 2 tipos de pastas de coco evaluadas tienen potencial para ser usadas como ingredientes en alimentos para camarón. Sin embargo, se requiere de realizar más estudios bajo otras condiciones experimentales para poder usarlos en alimentos a nivel comercial.

## 11. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios que determinen el contenido de aminoácidos, ácidos grasos, minerales y factores antinutricionales de las pastas de coco intacta y desgrasada.
- Realizar estudios que determinen la digestibilidad *in vivo* de materia seca, proteína, aminoácidos esenciales y carbohidratos de las pastas de coco y los alimentos experimentales.
- Realizar estudios que determinen la atractabilidad de las pastas de coco intacta y desgrasada a diferentes niveles de inclusión y su correlación con el crecimiento.
- Evaluar el efecto de las pastas de coco intacta y desgrasada como sustituto total de la pasta de soya en alimentos comerciales.
- Realizar estudios que permitan probar la inclusión de las pastas de coco intacta y desgrasada en alimentos comerciales bajo condiciones de cultivo semi-intensivo e intensivo en granja.
- Realizar un estudio económico sobre el costo-beneficio del uso de las pastas de coco en alimentos comerciales para camarón.
- Realizar estudios encaminados a mejorar la pasta de coco y la estabilidad de los alimentos en el agua.

## 12. REFERENCIAS

1. DEPARTAMENTO DE PESCA Y ACUICULTURA. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. FAO. Roma, Italia: 250 p.
2. COMISIÓN NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA. 2011. Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2010. México. SAGARPA, 2011.
3. Olvera-Novoa MA, Olivera-Castillo YL (2000). Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente de proteína en alimentos para peces. pp 327-348. En: Cruz-Suárez, Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M. y Olvera-Novoa, M. A. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
4. Galicia-González A. (2009). Uso del cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) como ingrediente en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México. 195 p.
5. Forster IP, Dominy W, Obaldo L y Tacon AGJ. (2003). Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*. 219, 655–670.
6. Cruz-Suárez Ey Hernández C. (2004). Evaluación del reemplazo de harina de pescado con harinas de origen avícola y porcina en la alimentación de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Reciclaje de subproductos animales estadounidenses No. 16. National Renderers Association, Inc. América Latina. México, D.F., México. 37 p.
7. Goytortúa-Bores E, Civera-Cerecedo R, Rocha-Meza S, Green-Yee A. (2006). Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects in growth and *in vivo* digestibility. *Aquaculture*, 256, 414-422.

8. Hernández C, Olvera-Novoa MA, Aguilar-Vejar K y González-Rodríguez B. (2008). Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 277, 244-250.
9. Davis DA, Arnold CR y McCallum YI (2002). Nutritional value of feed peas (*Pisum sativum*) in practical diet formulations for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture nutrition*, 8:87-94.
10. Molina-Poveda C, Morales ME. (2004). Use of mixture of barley-based fermented grains and wheat gluten as an alternative protein source in practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*. 35, 1158-1165.
11. Rivas-Vega ME. (2006). Valor nutricional del frijol yorimón (*Vigna unguiculata* L. Walp) para camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz. B.C.S., México. 131p.
12. Lin HZ, Li ZJ, Chen YQ y Zheng WH. (2006). Effect of dietary traditional Chinese medicines on apparent digestibility coefficients of nutrients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. *Aquaculture*, 253, 495-501.
13. Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D y Tapia-Salazar M. (2000). Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. pp 227-265. En: Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A Olvera-Novoa y R. Civera-Cerecedo. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
14. Gutiérrez-Leyva R. (2006). Uso de harinas de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* En alimentos para camarón *Litopenaeus vannamei*: efectos sobre el crecimiento y la digestibilidad *in vivo*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. B.C.S., México. 94pp.

15. Marte CL. (1980). The food and the feeding habits of *Penaeus monodon* Fabricius Collected from Makato River, Aklan, Philippines (Decapoda Natantia). *Crustaceana*. 38 (3):225-236.
16. Mendoza R, Montemayor J y Aguilera C. (1996). Quimioatracción en crustáceos: papel de moléculas homólogas. pp 365-402 En: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D. y Mendoza, R. (Eds.). Memorias del 3er. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 11-13 Noviembre, 1996. Monterrey, N.L.
17. Aguilera-Rivera D. (2011). Efecto de la enzima fitasa sobre las proteínas vegetales contenidas en dietas para la engorda de juveniles cultivados de camarón rosado del Golfo de México *Farfantopenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939). Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México D.F., México. 116 p.
18. Brunet M, Arnaud J y Mazza J. (1994). Gut structure and digestive cellular processes in marine crustacean. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 32,335–367.
19. Ceccaldi HJ. (1997). Digestive anatomy and physiology. pp. 261-291. En: D´Abramo L.R., Conklin D.E. y Akiyama D.M (Eds.). *Crustacean Nutrition*. Adv. World Aquacult. Vol 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA.
20. Guillaume J, Kaushik S, Bergot P y Métailler R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ed. Mundi-Prensa. España. 475 p.
21. Akiyama DM. y Dominy WG. (1989). Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. In: *Texas Shrimp Farming Manual*. Volume I. Texas A & M University. Sea Grant Program. 50 p.
22. Deshimaru O, Kuroki K, Mazid MA y Kitamura S. (1985). Nutritional quality of compounded diets for prawn *Penaeus monodon*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51, 1037- 1044.



23. Kanazawa A. (1989). Protein requirements of penaeid shrimp. In: *Advances in Tropical Aquaculture. Actes de Colloque. AQUACOP/IFREMER.*, 9, 261-270.
24. Schneider LW. (1985). *Nutrición Conceptos Básicos y aplicaciones*. Mc Graw Hill. USA. 571 p.
25. Akiyama DM, Dominy WG y Lawrence AL. (1993). Penaeid shrimp nutrition. pp. 535-568. In: Fast, A. W., Lester, L. J. (Eds.). *Marine shrimp culture: principles and practice*. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, the Netherlands.
26. Fengjun X, Wenping Z, Qicun Z y Hualang W. (2012). Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimps, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 358-359, 116-121.
27. Tacon A. (1987). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – a training manual: I. The essential nutrient*. FAO. United Nations, Rome, Italy.
28. González-Félix ML, Gatlin DM y Lawrence AL. (2002). Effect of dietary phospholipid on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*. 207. 151-167.
29. Kanazawa A, Tokiwa S, Kayama M y Hirata M. (1997). Essential fatty acids in the diet of prawn: I. Effects of linoleic and linolenic acids on growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 43, 1111-1114.
30. Zhou QC, Li CC, Liu CW, Chi S y Yang QH. (2007). Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*. 13. 222-229.
31. Ju ZY, Forster I y Dominy W. (2011). Classification and Quantification of Phospholipids and Dietary Effects on Lipid Composition in Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *North American Journal of Aquaculture*. 73. 221-229.
32. Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Pinal-Mansilla JD y Weshe-Ebelling P. (1994). Effect of different carbohydrate sources on the growth of *Penaeus vannamei*: Economical impact. *Aquaculture*. 123: 349-360.

33. Tacon AGJ. (1990). Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Volume I. The Essential Nutrients. Argent Laboratories Press. 208 pp.
34. He H, Lawrence AL y Liu R. (1992). Evaluation of dietary essentiality of fatsoluble vitamins A, D, E, and K for penaeid shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*. 103, 177-185.
35. D´Abramo LR y Conklin DE. (1992). New developments in the understanding of the nutrition of panaeid and caridean species of shrimps. In: Browdy, C. L., Hopkins, S. J. (Eds.), *Swimming Through Troubled Water. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, Aquaculture ´95*, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp. 95-107.
36. Cuzon G, Lawrence A, Gaxiola G, Rosas C y Guillaume J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235, 513-551.
37. Shiau SY. (1998). Nutrient requirements of penaeid shrimps. *Aquaculture*. 164, 77-93.
38. Davis AD, Lawrence AL y Gatlin III DM. (1993). Response of *Penaeus vannamei* to dietary calcium, phosphorus and calcium: phosphorus ratio. *Journal of The World Aquaculture Society*. 24, 504-515.
39. Cho CY, Slinger SJ y Bayley HS. (1982). Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B: 25-41.
40. López C, Velasco M, Hinrichsen JP y Lawrence A. (1998). Effect of krill meal on *Penaeus vannamei* growth. *Aquaculture* 98 15-19.
41. Ezquerro-Brauer JM, Salazar-Leyva JA y Bringas-Alvarado L. (2003). Effect of dietary protein in muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), *European Food Research and Technology*. 217, 277-280.

42. Bortone E, Behnke K y Dominy W. (1995). Effects of mixtures of soybean meal, whole wheat flour, and whole wheat flour plus gluten and pelleting processing conditions on growth of juvenile marine shrimp (*Penaeus vannamei*) fed isonitrogenous diets. U.S. Wheat Associates. Republic of Singapore.
43. Galicia-González A, Goytortúa-Bores E, Moyano-López FJ, Cruz-Suárez LE, Rique-Marie D, Palacios E y Civera-Cerecedo Roberto. (2010). Chemical Composition and Digestibility of Three Mexican Safflower Meals Used as Ingredients in Diets for Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*. V41, S2, 191 – 202.
44. Cuzón G. (1994) Utilización de levaduras por camarones peneidos. 303-310. En Mendoza, R., Cruz-Suárez, E y Ricque, D. Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, México.
45. Jaime B, Hernández-Llamas A, García-Galano T, y Villarreal H. (2006). Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae. *Aquaculture* 260, 215-220.
46. Fox JM. y Dominy WG. (2006). Efficacy of three methionine sources in diets for Pacific white shrimps, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World The Society*. 37, 474-480.
47. Murray D. (2004). Canola protein concentrate as a feed ingredient for salmonid fish. En: Cruz Suárez L.E., D. Ricque Marie, M.G. Nieto López., D. Villarreal, U. Scholz y M. González. 2004. Avances en nutrición acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México.
48. Civera-Cerecedo R, Goytortúa-Bores E, Rocha-Meza S, Vega-Villasante F y Nolasco-Soria H. (1998). Utilización de la langostilla roja como insumo proteico en alimentos para camaronicultura. Proyecto Piloto. Promotora Industrial Acuasistemas, S.A. Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras de Baja California-CIBNOR Informe Ejecutivo No.2 Febrero de 1998 86pp.

49. Galicia-González A. (2003). Utilización de hidrolizado de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) como aditivo en alimentos para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México.
50. Lim C y Dominy WG. (1990). Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*. 87, 53-63.
51. Floreto EAT, Bayer RC y Brown PB. (2000). The effects of soybean-based diets, with and without amino acid supplementation, on growth and biochemical composition of juvenile American lobster, *Homarus americanus*. *Aquaculture*. 189, 211–235.
52. Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, McCallum I y Hickling D. (2001). Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). *Aquaculture*. 196, 87–104.
53. Martínez-Palacios CA, Chávez-Sánchez M.C, Olvera-Novoa MA y Abdo De La Parra MI. (1996). Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. En: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D. y Mendoza, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 11-13 de Noviembre de 1996. Monterrey, Nuevo León, México.
54. Hertrampf JW y Piedad-Pascual F. (2000). Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Boston. 624pp.
55. Cruz-Suárez LE, Tapia-Salazar M, Villareal-Cavazos D, Beltran-Rocha J, Nieto-López M, Lemme A y Ricque-Marie D. (2009). Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in White shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*. 292, 87–94.

56. Eusebio P. (1991). Effect of dehulling on the nutritive value of some leguminous seeds as protein source for tiger prawn, *Penaeus monodon*, juveniles. *Aquaculture*. 99, 297–308.
57. Sudaryono A, Tsvetnenko E y Evans LH. (1999a). Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. *Aquaculture Nutrition*. 5, 277–285.
58. Sudaryono A, Tsvetnenko E, y Evans LH. (1999b). Replacement of soybean meal by lupin meal in practical diets for juvenile *Penaeus monodon*. *Journal of The World Aquaculture Society*. 30, 46–57.
59. Bautista-Teruel MN, Eusebio PS y Welsh TP. (2003). Utilization of feed pea, *Pisum sativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 225, 121–131.
60. Rivas-Vega ME, Goytortúa-Bores E, Ezquerro-Baurer JM, Salazar-Garcia MG, Cruz-Suárez LE, Nolasco H y Civera-Cerecedo R. (2006). Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Journal of Food Chemistry*. Vol. 97 (1), 41-49.
61. Salcedo G y Guadalupe J. (1986). La producción coprera en el estado de Tabasco, Universidad Autónoma Chapingo.
62. Canapi EC, Augustin YTV, Moro EA, Pedrosa EJ y Bendaño ML. (2005). Coconut Oil. In: Bailey's industrial oil products. 6th Edition, Volume 1: Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects. Shahidi, F. (Ed). Wiley-Interscience.
63. FAOSTAT Database. URL <http://fao.org> [Ingresado Diciembre 2012].
64. SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. (2012) Informe anual producción agrícola 2012. SAGARPA 2012.

65. Morales-Pérez A. (2011). Aprovechamiento de la palma de coco (*Cocos nucifera*) en Coyuca de Benítez, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México, D.F. México.
66. Camacho-Díaz L, Cervantes-Núñez A, Pescador-Salas N. (2006). Efecto de la inclusión de copra sobre la digestibilidad aparente de la materia seca en la dieta de borregos pelibuey en crecimiento. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VII, No. 10, Octubre 2006.
67. Rossell JB, King B, Downes MJ. (1985). Composition of oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 62. 221-230.
68. Mukhopadhyay N. (2000). Improvement of quality of copra (dried kernel of *Cocos nucifera*) seed meal protein with supplemental aminoacids in feed for rohu (*Labeo rohita* (Hamilton)) fingerlings. Acta Ichthyol. Fiscal. 30 (2): 21-34.
69. Flores-Nocedal M. (2000). Elaboración de cultivos microbianos a partir de pasta de coco y su utilización en dietas para borregos en engorda. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Tecomán, Colima. México. p?
70. Moorthy M y Viswanathan K. (2009). Nutritive Value of Extracted Coconut (*Cocos Nucifera*) Meal. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(4): 515-517.
71. Dauncey MJ y Ingram DL. (1979). Effect of dietary composition and cold exposure on non-shivering thermogenesis in young pigs and its alteration by the beta-blocker propranolol. Br J Nutr. Mar. 41(2): 361-70.
72. Hammond AC. y Wildeus S. (1993). Effects of coconut meal or fish meal supplementation on performance, carcass characteristics and diet digestibility in growing St. Croix lambs fed a tropical grass-based diet. Small Ruminant Research 12, (1), 13-25.
73. Moorthy M y Viswanathan K. (2010). Digestibility and feeding value of coconut meal for white leghorn layers. Tamilnadu J. Vet. Anim. Sci., 6 (5): 196-203.

74. Tacon AGJ, Metian M y Hasan MR. (2009). Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals. Sources and composition. FAO Fisheries and Aquaculture technical paper, 540. FAO, Roma, Italy
75. Olude OO, Alegbeleye W OA y Obasa SO. (2008). The use of soaked copra meal as a partial substitute for soybean meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Livestock Research for Rural Development, 20(10): 169.
76. Santos EL, Ludke M, Do CM M, Barbosa JM, Rabello CBV, Ludke J V, Winterle W, De MC y Silva EG. (2009). Coconut meal levels in ration for fingerling Nile tilapia. Revista Brasileira de Saude e Producao Animal, 10(2): 390-397.
77. Pezzato LE, Miranda EC, Barros MM, Pinto L GQ, Pezzato A y Furuyan WM. (2000). Valor nutritivo do farelo de coco para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum, Maringá, 22(3): 695-699.
78. Guerrero-Iii RD. (1980). Studies on the feeding of tilapia nilotica in floating cages. Aquaculture, 20: 169-175.
79. Jackson AJ, Capper BS y Matty AJ. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27: 97-109.
80. Hasan MR, Macintosh DJ y Jaunceyn K. (1997). Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio L*) fry. Aquaculture, 151 (1-4): 55-70.
81. Silva SS y Weerakon DEM. (1981). Growth, food intake and evacuation rates of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquaculture, 25 (1): 67-76.
82. Mukhopadhyay N y Ray A. (1999). Utilization of copra meal in the formulation of compound diets for rohu *Labeo rohita* fingerlings. Journal Applied Ichthyol. 15: 127- 131.
83. AOAC. (2005). (Association of Official Analytical Chemists) Official methods of analysis 18th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg, Maryland, EUA.

84. Civera R y Guillaume JC. (1989). Effect of soium phytate on growth and tissue mineralisation of *Penaeus japonicus* and *Penaeus vannamei* juveniles. (77) 145-156.
85. Obaldo LG y Tacon GA. (2002). Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. *Aquaculture Research*, 33:369-377.
86. Tacon AGJ. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Italia. 572p.
87. Kitabayashi K, Kurata H, Shudo K, Nakamura K y Ishikawa S. (1971). Studies of formula feed for kuruma prawn I: On the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, 65: 91-107.
88. Ott LR. (1992). Analyzing data: analysis of variance methods. En: Ott R.L. y Longnecker M.T. (Eds.). *An introduction to statistical methods and data analysis*. 4<sup>th</sup> Edición. Doxbury Press, Belmont, California, EUA.
89. Zar JR (1984). *Bioestatistical analysis*. 2da Edición de Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J 679p.
90. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN E INTEGRACIÓN DE MERCADOS. 2013. Database. Mercados pecuarios: Ingredientes para la formulación de raciones. SE, México, 2013. Database: [http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e\\_SelIng.asp?](http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e_SelIng.asp?) [Ingresado Abril 2013].
91. Obaldo LG, Dominy WG y Ryu GH. (2000). Extrusion processing and its affect on Aquaculture diet quality and shrimp growth. *Journal of Applied Aquaculture*, 10:41-53.
92. Devresse B. (2000). Producción de alimentos para camarón estables en el agua. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D., y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium*



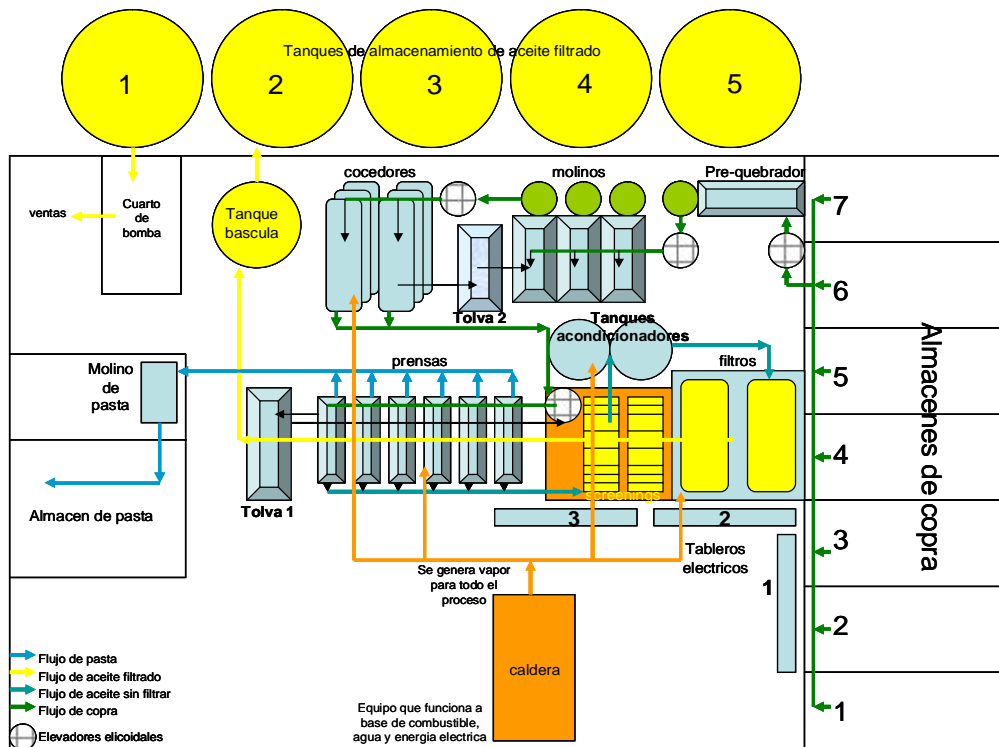
- Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
93. Smith JR. (1996). Safflower. AOCS Press, Champaign, IL, EUA.
  94. Lawrence AL. (1985). Marine shrimp culture in the western hemisphere. Second Australian National Prawn seminar. Queensland Australia. pp. 327-336.
  95. Davis DA y Arnold CR. (2000). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185:291-298.
  96. Ávalos-Zubieta E. (2001). Utilización del frijol *Phaseolus vulgaris* como fuente proteica en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. División de Estudios de Posgrado. Monterrey, N.L. México.
  97. Smith DM, Tabrett SJ, Glencross BD, Irvin SJ y Barclay MC. (2007) Digestibility of lupin kernel meals in feeds for the black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 264, 353-362.
  98. Mccallum I, Newell W, Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M y Davis A. (2000). Uso de arvejón (feed pea, chicharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). En: Cruz-Suárez, Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo, R. (Eds.). Avances en nutrición acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
  99. Alvarez JS, Villareal H, García T, Galindo J y Pelegrin E. (2005). Estimuladores del consumo de alimentos con alto contenido de harina de soya para el engorde del camarón *Litopenaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 26, 243-248.
  100. Clarck DJ, Lawrence AL y Swakon DHD. (1993). Apparent chitin digestibility in Penaeid shrimp. *Aquaculture* 109, 51-57.

101. OLX.COM.MX. [Página web]. Guadalajara, México. Anuncios gratis en Guadalajara. Copyright © 2006-2013 OLX, Inc. [Ingresado Abril 2013]. Disponible en: <http://guadalajara.olx.com.mx/vendo-pasta-de-coco-iid-265630778>
102. SPANISH.ALIBABA.COM [Página web] Alibaba Group Copyright © 1999-2013 Alibaba.com, Inc. [Ingresado Abril 2013]. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/corn-starch-207985857.html>

## 13. ANEXOS

### Anexo 1. Proceso de obtención de pasta de coco.

La pasta de coco intacta proviene de la empresa Copreros de Tabasco (Villahermosa, Tabasco, México) misma que obtiene la pasta mediante el siguiente proceso: se recolecta el coco seco maduro en el campo, se corta el fruto y se extrae manualmente el endospermo (pulpa), se seca al sol hasta obtener un 7 % de humedad en la pulpa; en este punto se transforma en copra, posteriormente es entregada a la planta extractora donde se almacena por 15 días para después ser prequebrada y pulverizada por molinos. Ya pulverizada, pasa por un proceso de cocción a una temperatura de 100°C, mediante transferencia de calor por vapor seco indirecto en cilindros cocedores con flujo continuo por 15 minutos. Después es prensada a 500 kg/cm<sup>2</sup>, y en este paso se transforma en pasta y es expulsada de las prensas a una temperatura de 65°C; se incluye agua para aumentar la humedad de 4 a 10 %, y por último es molida en un molino de martillos para posteriormente ser almacenada a granel o envasada en sacos de 40 kg con una humedad relativa de 10 % y una temperatura de 30°C (Fig. 17).



**Figura 17.** Diagrama de una planta de extracción mecánica de aceite de coco.

## **Anexo 2. Proceso de obtención de pasta de coco desgrasada.**

La pasta de coco desgrasada se obtuvo mediante el siguiente proceso: se pesaron 2.5 kg de pasta de coco intacta, y se quitaron los fragmentos de metales con un imán. Se molió en un pulverizador (PULVEX Mod.200, Molinos Pulvex, D.F., México) y se tamizó a 500  $\mu\text{m}$  para homogenizar el tamaño de las partículas. El material fue introducido en un garrafón de vidrio con capacidad de 19 L, se agregaron 5 L de éter de petróleo, y se puso en agitación a 120 revoluciones por minuto (r.p.m.) en un agitador industrial (MAXQ 3000, Thermo Fisher Scientific Inc, Ashville., Carolina del Norte., EE.UU) durante 2 hrs. La mezcla se filtró en un dispositivo de succión con la ayuda de una bomba de vacío. El material desgrasado fue secado en una estufa (VWR, modelo 1680, VWR International., Radnor., Pennsylvania., EE.UU.) a temperatura de 40°C por 24 hrs para eliminar el resto del solvente. La pasta desgrasada fue homogenizada y tamizada a través de un tamiz de 250  $\mu\text{m}$  y almacenada en refrigeración a 8°C (*com. pers.*, Nolasco, 2012).

### Anexo 3. Biometría peso (g) al día 15.

No. Organismos	Tanque 37 PCD100	Tanque 38 PCI25	Tanque 39 Control C	Tanque 40 PCD75	Tanque 41 PCI50	Tanque 42 PCI100
1	0.64	0.74	0.82	0.63	1.06	0.64
2	1.02	0.65	0.73	0.67	0.88	1.04
3	0.95	0.6	0.58	0.96	0.81	0.67
4	0.81	0.61	0.73	0.79	0.89	1.02
5	0.79	0.73	0.82	0.78	0.58	0.85
6	0.94	0.57	0.7	0.8	0.66	0.91
7	0.68	0.72	0.81	0.86	0.98	0.76
8	0.77	0.75	0.81	0.68	0.74	0.71
9	0.74	0.64	0.7	0.51	0.58	0.76
10	0.81	0.68	0.6	0.86	0.61	0.78
Promedio	0.82	0.67	0.73	0.75	0.78	0.81
D.E.	0.12	0.06	0.09	0.13	0.17	0.14
<b>Biomasa</b>	<b>8.15</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.69</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.30</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.54</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.79</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.14</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 43 PCD25	Tanque 44 PCI50	Tanque 45 PCD50	Tanque 46 PCD75	Tanque 47 Control C	Tanque 48 PCD25
1	0.88	0.79	0.55	0.84	0.77	1.02
2	0.91	0.85	0.72	0.83	0.82	0.72
3	0.68	0.65	0.71	0.54	0.73	0.77
4	0.83	0.8	0.46	0.77	0.72	0.7
5	0.85	0.71	0.56	0.82	0.76	0.8
6	0.87	0.82	0.62	0.54	0.81	0.75
7	0.79	0.95	0.6	0.77	0.66	0.61
8	0.75	0.82	0.72	0.62	0.88	0.71
9	0.78	0.82	0.58	0.66	0.6	0.83
10		0.73	0.63	0.6	0.68	0.62
Promedio	0.82	0.79	0.62	0.70	0.74	0.75
D.E.	0.07	0.08	0.08	0.12	0.08	0.12
<b>Biomasa</b>	<b>7.34</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.94</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.15</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.99</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.43</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.53</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 49 PCI50	Tanque 50 PCD100	Tanque 51 PCI50	Tanque 52 PCI25	Tanque 53 PCD75	Tanque 54 PCD100
1	0.7	0.66	0.8	0.75	0.75	1.22
2	0.85	0.88	0.72	0.56	0.83	1.05
3	0.82	0.84	0.65	0.69	0.69	0.87
4	0.69	0.85	0.71	0.71	0.68	0.76
5	0.95	0.59	0.72	0.72	0.71	0.87
6	0.73	0.87	0.8	0.43	0.83	0.68
7	0.78	0.64	0.62	0.58	0.65	0.83
8	0.87	0.8	0.83	0.56	0.68	0.73
9	0.8	0.83	0.5	0.86	1.02	0.81
10	0.53	0.61	0.85	0.63	0.74	0.68
Promedio	0.77	0.76	0.72	0.65	0.76	0.85
D.E.	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.17
<b>Biomasa</b>	<b>7.72</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.57</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.20</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.49</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.58</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.50</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 55 PCI100	Tanque 56 Control C	Tanque 57 PCD25	Tanque 58 PCI100	Tanque 59 PCD75	Tanque 60 PCI25
1	0.88	0.89	0.73	0.99	0.76	1
2	0.86	0.85	0.8	0.85	0.64	0.57
3	0.91	0.89	0.58	0.81	0.48	0.8
4	0.6	0.67	0.7	0.62	0.61	0.54
5	0.95	0.45	0.61	0.61	0.63	0.7
6	0.8	0.61	0.74	0.75	0.95	0.63
7	0.76	0.61	0.9	0.93	0.64	0.76
8	0.78	0.61	0.76	0.92	0.63	0.75
9	0.65	0.78	0.8	1	0.69	0.69
10	0.55	0.78	0.84	0.87	0.72	0.58
Promedio	0.77	0.71	0.75	0.84	0.68	0.70
D.E.	0.14	0.15	0.10	0.14	0.12	0.14
<b>Biomasa</b>	<b>7.74</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.14</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.46</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.35</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.75</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.02</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F01 Control C	Tanque F02 PCI75	Tanque F03 PCD50	Tanque F04 PCI75	Tanque F05 PCI100	Tanque F06 PCI75
1	0.64	0.93	0.69	0.63	0.93	1.03
2	0.56	0.62	0.76	0.71	0.82	0.59
3	0.51	0.64	0.58	0.74	1.14	0.99
4	0.73	0.67	0.75	0.82	0.9	0.65
5	0.8	0.72	0.9	0.9	0.68	0.85
6	0.64	0.75	0.66	0.36	0.89	0.58
7	0.83	0.73	0.77	0.52	0.85	0.61
8	0.59	1.03	0.61	0.68	0.72	0.76
9	0.66	0.89	0.67	0.53	0.59	0.82
10	0.62	0.61	0.61	0.81	0.57	
Promedio	0.66	0.76	0.70	0.67	0.81	0.76
D.E.	0.10	0.14	0.10	0.16	0.17	0.17
<b>Biomasa</b>	<b>6.58</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.59</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.00</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.70</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.09</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>6.88</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F07 PCI25	Tanque F08 PCD25	Tanque F09 PCD50	Tanque F10 PCD100	Tanque F11 PCI75	Tanque F12 PCD50
1	0.64	0.82	0.93	0.65	0.54	0.56
2	0.78	0.95	0.83	0.66	0.68	0.68
3	0.86	0.75	0.76	0.73	0.95	0.65
4	0.56	0.6	1	0.82	0.75	0.77
5	0.75	0.75	0.8	0.71	0.77	0.8
6	0.71	0.79	0.85	0.86	0.76	0.84
7	0.67	0.84	0.61	0.97	0.59	0.75
8	0.52	0.65	0.7	0.64	0.83	0.91
9	0.61	0.58	0.94	0.67	0.6	0.59
10	0.63	0.98	0.75	0.81	0.71	0.74
Promedio	0.67	0.77	0.82	0.75	0.72	0.73
D.E.	0.10	0.14	0.12	0.11	0.12	0.11
<b>Biomasa</b>	<b>6.73</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.71</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>8.17</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.52</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.18</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>7.29</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

#### Anexo 4. Biometría peso (g) al día 30.

No. Organismos	Tanque 37 PCD100	Tanque 38 PCI25	Tanque 39 Control C	Tanque 40 PCD75	Tanque 41 PCI50	Tanque 42 PCI100
1	2.36	1.39	1.89	1.9	1.58	1.58
2	1.61	1.34	1.54	2.26	1.3	2.01
3	2.06	1.08	1.7	1.44	1.98	1.89
4	2.01	1.42	1.84	1.95	1.88	1.78
5	1.56	1.46	1.53	1.87	1.89	1.73
6	2.15	1.02	1.43	1.73	1.24	1.93
7	2	1.54	1.52	1	1.93	2.11
8	2.03	1.58	1.58	2.02	1.45	1.89
9	2.05	1.43	1.56	1.94	1.37	1.66
10	1.53	1.42	1.44	1.97	2.16	1.76
Promedio	1.94	1.37	1.60	1.81	1.68	1.83
D.E.	0.28	0.18	0.16	0.35	0.33	0.16
<b>Biomasa</b>	<b>19.36</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>13.68</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.03</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>18.08</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.78</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>18.34</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 43 PCD25	Tanque 44 PCI50	Tanque 45 PCD50	Tanque 46 PCD75	Tanque 47 Control C	Tanque 48 PCD25
1	1.35	1.13	1.9	2.2	1.53	2.2
2	1.14	1.62	1.45	1.38	1.76	1.68
3	1.77	2.07	1.25	1.18	1.66	1.83
4	1.46	1.59	1.57	1.6	1.88	1.47
5	1.4	1.9	1	2.02	2.07	1.74
6	2.1	1.82	1.59	1.49	1.72	1.64
7	1.56	1.51	1.03	1.16	1.24	1.31
8	1.16	1.58	1.29	2.2	1.66	1.33
9	1.79	2.09	1.19	1.55	1.48	1.45
10					1.85	1.75
Promedio	1.53	1.70	1.36	1.64	1.69	1.64
D.E.	0.32	0.30	0.29	0.41	0.23	0.27
<b>Biomasa</b>	<b>13.73</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>15.31</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>12.27</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.78</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.85</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.40</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.



No. Organismos	Tanque 49 PCI50	Tanque 50 PCD100	Tanque 51 PCI50	Tanque 52 PCI25	Tanque 53 PCD75	Tanque 54 PCD100
1	2.5	1.78	1.6	1.32	1.3	2.11
2	2.16	2.36	1.71	1.61	1.45	1.8
3	1.36	1.96	1.55	1.27	2.18	1.5
4	1.93	1.6	1.29	1.64	2.04	2.33
5	1.93	2.13	1.74	1.45	1.29	2.11
6	2.02	2.28	1.56	1.83	1.73	2.06
7	1.4	1.83	1.54	1.48	1.55	1.73
8	1.7	2.03	1.51	1.35	1.53	1.82
9	1.56	1.9	1.56	1.49	1.8	1.76
10	1.26	2.31			1.75	
Promedio	1.78	2.02	1.56	1.49	1.66	1.91
D.E.	0.40	0.25	0.13	0.18	0.30	0.26
<b>Biomasa</b>	<b>17.82</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>20.18</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.06</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>13.44</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.62</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>17.22</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 55 PCI100	Tanque 56 Control C	Tanque 57 PCD25	Tanque 58 PCI100	Tanque 59 PCD75	Tanque 60 PCI25
1	1.64	0.67	1.56	1.51	1.39	1.64
2	1.42	2.07	1.33	2.48	1.53	1.97
3	2.23	1.75	1.7	1.96	1.48	1.46
4	2.05	2.02	1.64	2.11	1.69	1.58
5	1.93	1.45	1.79	1.6	1.5	1.6
6	1.87	2.05	1.65	1.86	1.21	1.7
7	2.03	1.28	1.3	1.72	1.48	1.5
8	1.51	1.6	1.43	1.74	1.32	1.66
9	1.86	1.92	1.44	1.77	1.41	1.02
10	1.51					
Promedio	1.81	1.65	1.54	1.86	1.45	1.57
D.E.	0.27	0.46	0.17	0.29	0.14	0.25
<b>Biomasa</b>	<b>18.05</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.81</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>13.84</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.75</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>13.01</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.13</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F01 Control C	Tanque F02 PCI75	Tanque F03 PCD50	Tanque F04 PCI75	Tanque F05 PCI100	Tanque F06 PCI75
1	1.53	1.6	1.53	1.72	1.85	1.77
2	1.46	1.69	1.29	1.13	2.03	2.01
3	1.51	1.69	1.64	1.67	2.01	1.6
4	1.92	1.4	1.74	1.55	2.32	2.1
5	1.72	1.68	1.92	1.39	1.83	1.5
6	1.85	1.61	1.18	2.06	1.6	1.57
7	1.18	1.77	1.73	1.81	1.27	2.08
8	1.61	1.49	1.43	0.76	2.19	2.52
9	1.45	1.91	1.26	1.06	2.25	1.82
10	1.58	1.72		1.71	1.37	
Promedio	1.58	1.66	1.52	1.49	1.87	1.89
D.E.	0.21	0.14	0.25	0.40	0.36	0.33
<b>Biomasa</b>	<b>15.81 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.56 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>13.72 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.86 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>18.72 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>16.97 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F07 PCI25	Tanque F08 PCD25	Tanque F09 PCD50	Tanque F10 PCD100	Tanque F11 PCI75	Tanque F12 PCD50
1	1.53	1.67	1.62	2.09	1.71	1.69
2	1	1.45	1.64	1.97	1.75	1.66
3	1.48	1.44	1.46	2.4	1.49	1.42
4	1.53	1.58	1.42	2.47	1.58	1.46
5	1.32	1.58	1.56	1.63	1.66	1.75
6	1.31	1.96	1.53	2.13	1.7	1.52
7	1.24	1.76	1.26	1.85	1.07	1.83
8	1.45	1.61	1.12	1.9	1.56	1.65
9	1.34	1.56	1.87	1.68	1.69	1.45
10	1.23		1.86	1.79	1.42	1.39
Promedio	1.34	1.62	1.53	1.99	1.56	1.58
D.E.	0.16	0.16	0.24	0.28	0.20	0.15
<b>Biomasa</b>	<b>13.43 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.61 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>15.34 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>19.91 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>15.63 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>15.82 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

**Anexo 5. Biometría peso (g) al día 45.**

No. Organismos	Tanque 37 PCD100	Tanque 38 PCI25	Tanque 39 Control C	Tanque 40 PCD75	Tanque 41 PCI50	Tanque 42 PCI100
1	3.71	2.74	2.53	3.61	3.14	3.64
2	3.48	2.74	2.88	3.16	3.02	3.17
3	3.71	2.38	2.66	2.54	3.21	3.09
4	2.92	2.96	2.73	3.08	3.06	3.39
5	3.15	2.58	3.28	2.43	2.62	3.01
6	3.72	2.44	2.5	2.97	3.08	3.3
7	3.6	2.1	2.94	3.57	3.37	3.61
8	4.06	2.7	2.63	2.16	2.43	3.88
9	2.85	2.16	3.06	3.68	2.56	4.13
10	3.47	1.97	2.89	3.48		
Promedio	3.47	2.48	2.81	3.07	2.94	3.47
D.E.	0.38	0.32	0.25	0.54	0.32	0.38
<b>Biomasa</b>	<b>34.67 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>24.77 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>28.10 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>30.68 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>26.49 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>31.22 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 43 PCD25	Tanque 44 PCI50	Tanque 45 PCD50	Tanque 46 PCD75	Tanque 47 Control C	Tanque 48 PCD25
1	3.02	2.29	2.38	2.69	3.06	2.49
2	2.26	3.65	2.01	3.33	2.92	2.54
3	3.26	3.27	1.71	4.27	3.14	2.31
4	2.83	3.04	2.82	2.63	2.27	3.02
5	2.48	3.36	2.51	2.9	2.99	3.01
6	3.53	3.77	3.07	3.86	2.56	3.11
7	2.49	3.33	3.11	3.49	3.67	2.74
8	3.11	3.25	2.51	4.07	3.11	2.96
9	2.67	2.98			3.1	2.89
10					3.33	2.9
Promedio	2.85	3.22	2.52	3.41	3.02	2.80
D.E.	0.41	0.43	0.49	0.63	0.38	0.27
<b>Biomasa</b>	<b>25.65 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>28.94 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>20.12 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.24 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>30.15 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.97 (g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 49 PCI50	Tanque 50 PCD100	Tanque 51 PCI50	Tanque 52 PCI25	Tanque 53 PCD75	Tanque 54 PCD100
1	3.47	3.78	3.02	2.37	3.59	3.62
2	3.48	3.88	2.5	3	3.31	3.66
3	2.75	3.34	3	3.68	3.22	3.67
4	2.28	3.21	2.74	2.71	3.3	4.3
5	3.16	3.79	2.6	2.37	2.91	4.18
6	3.8	3.14	2.89	2.44	4.57	4.29
7	3.27	3.53	3.09	2.68	3.28	4.07
8	2.7	2.87	3.16	3.25	2.76	3.47
9	3.04	4.14	2.76	2.96	2.94	
10		3.31			2.71	
Promedio	3.11	3.50	2.86	2.83	3.26	3.91
D.E.	0.47	0.39	0.23	0.44	0.54	0.34
<b>Biomasa</b>	<b>27.95</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>34.99</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>25.76</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>25.46</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>32.59</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>31.26</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque 55 PCI100	Tanque 56 Control C	Tanque 57 PCD25	Tanque 58 PCI100	Tanque 59 PCD75	Tanque 60 PCI25
1	3.65	2.87	3.03	4.1	3.31	3.65
2	3.24	3.49	2.39	4.04	2.93	2.97
3	2.49	2.27	3.34	3.64	2.94	2.79
4	3.66	3.63	2.52	2.23	4.07	2.27
5	2.69	2.94	2.1	3.64	2.84	2.54
6	3.98	3.47	2.96	3.82	3.02	2.91
7	2.57	2.62	2.91	3.31	3.1	2.68
8	3.68	3.48	3.06	3.14	2.38	3.12
9	3.48		3.37	3.17	2.85	2.71
10	3.87					
Promedio	3.33	3.10	2.85	3.45	3.05	2.85
D.E.	0.55	0.49	0.43	0.58	0.46	0.39
<b>Biomasa</b>	<b>33.31</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>24.77</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>25.68</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>31.09</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.44</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>25.64</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F01 Control C	Tanque F02 PCI75	Tanque F03 PCD50	Tanque F04 PCI75	Tanque F05 PCI100	Tanque F06 PCI75
1	2.82	2.96	2.4	3.16	3.98	3.65
2	2.94	2.56	3.22	3.81	3.58	2.5
3	2.7	3.62	3.43	3.13	3.9	2.8
4	3.55	2.72	2.88	2.52	2.82	2.75
5	2.61	3.22	2.44	2.05	3.29	3.74
6	3.5	3.04	2.58	2.93	3.83	2.82
7	3.39	5.06	3.37	3.57	3.28	3.3
8	3.32	2.81	3.42	1.66	2.54	3.7
9		2.87	3.12	2.03	3.65	3.01
10		2.6		2.68	2.28	
Promedio	3.10	3.15	2.98	2.75	3.32	3.14
D.E.	0.38	0.74	0.42	0.70	0.59	0.47
<b>Biomasa</b>	<b>24.83</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>31.46</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>26.86</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.54</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>33.15</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>28.27</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.

No. Organismos	Tanque F07 PCI25	Tanque F08 PCD25	Tanque F09 PCD50	Tanque F10 PCD100	Tanque F11 PCI75	Tanque F12 PCD50
1	3.03	3.26	3.05	3.78	3.03	2.81
2	2.62	2.64	2.85	3.45	3.26	2.78
3	2.07	2.83	3.02	4.26	1.68	3.1
4	2.72	2.78	2.89	3.12	2.78	3.42
5	2.49	2.98	2.56	3.14	3.05	2.89
6	3.01	3.35	3.74	3.97	2.76	2.57
7	3.04	3.5	2.83	3.13	2.7	3.11
8	2.68	2.56	2.27	4.07	3.39	2.72
9	1.95	2.51	2.98	4.07	3.07	3.51
10	2.01		2.71	3.28	2.99	2.96
Promedio	2.56	2.93	2.89	3.63	2.87	2.99
D.E.	0.42	0.36	0.38	0.45	0.47	0.30
<b>Biomasa</b>	<b>25.62</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>26.41</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>28.90</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>36.27</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>28.71</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>	<b>29.87</b> <b>(g/.2m<sup>2</sup>)</b>

D.E. Desviación estándar.