



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO



---

---

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**TESIS**

**EFFECTO DE LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS Y/O SUS SALES  
COMO ADITIVOS EN DIETAS DE JUVENILES DE  
CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO *Litopenaeus*  
*vannamei* SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA  
**GERARDO SALVADOR REYES LEÓN**

ASESORES:  
DR. FRANCISCO JAVIER MAGALLÓN BARAJAS  
M en C. MVZ JESUS MANUEL CORTÉZ SÁNCHEZ

MÉXICO D.F

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## DEDICATORIAS

El presente trabajo se lo dedico a mi amada Familia:

A mi pequeña Natalia Islé Reyes Ortega, por todos los momentos de dicha que hasta el momento no te cansas de darme, por el amor mostrado a pesar de la distancia, y por los días y noches en los que me he mantenido ausente,

Te amo hija...

A mí amada Cris por compartirme su pasión y disciplina por la vida y la ciencia...

A Josefina por apoyarme en todo momento, gracias por tu amor de madre y sobre todo por tu amistad...

A mi papá Gerardo, por ser un ejemplo de honestidad y responsabilidad a seguir, gracias por tu infinito apoyo...

Al chino (Víctor Hugo Reyes), por ser mi compañero de juegos desde pequeño, pero sobre todo por ser mi hermano...

*I love you for a thousand years...*

## AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater* y a su plantilla de docentes, que con pasión transmiten su conocimiento y experiencia en formar profesionistas.

A mí querida Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por todos los retos que me exigió para poder concluir mis aspiraciones de formarme como Médico Veterinario.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), por su apoyo bajo el proyecto Bioseguridad y Ecoeficiencia en el cultivo del camarón (122-C), para la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco Javier Magallón Barajas, por todo el apoyo científico y humano que tuvo para conmigo, para poder concluir satisfactoriamente mi estancia en CIBNOR. Así como también despertar mi curiosidad científica.

A mi asesor MC MVZ Jesús Manuel Cortez Sánchez, por todas las facilidades brindadas durante mi servicio social y la asesoría para concluir este trabajo de tesis.

Al Dr. Walter Quadros Seiffer, por su amistad y paciencia, así como también la atención brindada y los conocimientos compartidos en el uso de los ácidos orgánicos durante todo el experimento.

Al Dr. Roberto Civera Cerecedo, por su atención y vigilancia prestada durante el todo el bioensayo.

Al Dr. Ranferi Gutiérrez Leyva, agradezco la amistad, orientación y la disponibilidad brindada, así como la confianza depositada en mí hasta la fecha.

A la Biol. Sandra de la Paz Reyes encargada del Laboratorio de Nutrición Experimental, por las atenciones, los consejos y sobre todo tu amistad.

Al personal técnico del Laboratorio de Análisis Químico Proximal, Sonia Rocha y Dolores Rondero, por el tiempo y equipo prestado.

Al MC Ernesto Goytortúa Bores responsable del Laboratorio de Nutrición Acuícola y de la Planta de Alimentos, por la ayuda y buena disposición en la elaboración de los alimentos.

A mis amados padres que con esfuerzo y sacrificio, hicieron que este sueño fuera tangible, gracias por ser mis maestros de vida y por su infinito amor y paciencia para conmigo.

A mi compañerita de vida Cristina Galaviz por mostrarme que todo puede ser posible con tenacidad, pasión y determinación, gracias por la confianza, compañía, amor, paciencia, lecciones de vida y complicidad. Simplemente Te amo chan.

A Luis Felipe Quiroz Vidales por tu gran amistad a lo largo de toda la carrera.

A mis "roomies" Ricardo Cazares y Edgar Galicia, por el apoyo que me brindaron para poder llegar a CIBNOR.

A mis amig@s que siempre me han tendido la mano en los momentos difíciles y han estado al pendiente de mí desarrollo.

*Por mi raza hablará el espíritu...*

# CONTENIDO

PORTADA.....	I
DEDICATORIAS .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
CONTENIDO.....	V
LISTA DE CUADROS .....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 Anatomía y fisiología del camarón.....	9
2.2 Nutrición del Camarón. ....	10
2.2.1 Proteínas y aminoácidos.....	11
2.2.2 Lípidos .....	11
2.2.3 Carbohidratos .....	12
2.2.4 Vitaminas .....	12
2.2.5 Minerales .....	13
2.2.6 Energía .....	13
3. ANTECEDENTES .....	15
3.1 Efecto de los ácidos orgánicos en la alimentación animal .....	15
3.2 Uso de acidificantes en alimentación acuícola .....	16
4. JUSTIFICACIÓN .....	18
5. HIPÓTESIS .....	19
6. OBJETIVOS .....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos específicos.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
7.1 Análisis químico proximal .....	21
7.2 Energía bruta .....	21
7.3 Fabricación de los alimentos .....	22

Alimento comercial .....	22
Ácidos orgánicos y sus sales derivadas .....	22
7.4 Bioensayo de crecimiento.....	23
7.5. Criterios de evaluación .....	26
7.6 Estabilidad de los alimentos .....	27
7.7 Análisis Estadísticos .....	27
8. RESULTADOS.....	28
8.1 Análisis químico proximal .....	28
8.2 Bioensayo de crecimiento.....	28
Parámetros productivos .....	28
8.3 Estabilidad de los alimentos .....	33
9. DISCUSIÓN .....	35
Análisis químico proximal .....	35
Parámetros productivos .....	35
Estabilidad de los alimentos .....	39
10. CONCLUSIÓN .....	40
11. RECOMENDACIONES .....	41
12. REFERENCIAS.....	42

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Producción de la Pesca y la Acuicultura en el mundo.

Cuadro 2 Requerimientos de vitaminas de *P. vannamei*.

Cuadro 3 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales en la nutrición animal.

Cuadro 4 Composición química de los ácidos orgánicos y sus sales.

Cuadro 5 Valores promedio de los parámetros físico químicos del agua.

Cuadro 6 Composición químico proximal y de energía del alimento comercial.

Cuadro 7 Resultados de parámetros productivos.

Cuadro 8 Porcentaje de estabilidad de los alimentos en el agua.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Producción de camarón capturado y cultivado en México 2002-2011.

Figura 2 Esquema del tracto digestivo del camarón.

Figura 3 Sistema de cultivo experimental para bioensayos de crecimiento en el Laboratorio de Nutrición Experimental (CIBNOR).

Figura 4 Estanques de aclimatación y engorde de postlarvas (PL) de camarón.

Figura 5 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre ganancia de peso al cabo de 45 días de experimentación.

Figura 6 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre tasa relativa de crecimiento al cabo de 45 días de experimentación.

Figura 7 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre factor de conversión alimenticia al cabo de 45 días de experimentación.

Figura 8 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre tasa de desempeño productivo al cabo de 45 días de experimentación.

Figura 9 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* eficiencia proteica al cabo de 45 días de experimentación.

Figura 10 Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre materia seca retenida.

## RESUMEN

---

REYES LEÓN GERARDO SALVADOR. Efecto de los ácidos orgánicos y/o sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre parámetros productivos (bajo la dirección de: Dr. Francisco Javier Magallón Barajas y MC. MVZ. Jesús Manuel Cortéz Sánchez).

En nutrición el uso de sustancias que se adicionan intencionalmente a los alimentos en las etapas de producción, envasado y conservación es una actividad que se realiza a menudo. Estas sustancias reciben el nombre de aditivos y su origen puede ser natural o sintético.

Los aditivos se aplican por diversas razones: incrementar el valor nutritivo, para preservar los alimentos o para mejorar las propiedades sensoriales de los mismos.

El objetivo de la presente investigación, fue evaluar y probar el efecto de 8 ácidos orgánicos y/o sus sales derivadas, como aditivos en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre los parámetros productivos de la especie.

Para ello se elaboraron 9 dietas experimentales a partir de un alimento comercial balanceado reconstituido: 1 alimento control y 8 alimentos a los que se adicionaron diferentes ácidos orgánicos o sus sales derivadas (acetato de sodio, propionato de sodio, butirato de sodio, citrato de sodio, fumarato de sodio, ácido láctico, formiato de sodio y succinato de sodio), la inclusión de dichos compuestos fue a razón de 3%.

Se realizó un bioensayo de crecimiento durante 45 días, bajo condiciones de cultivo intensivo en laboratorio (27.02°C, 38.9 g/L, 5.14 mg/L oxígeno disuelto y pH 8.08), en el cual fueron utilizados juveniles de *L. vannamei* con un peso promedio de  $0.49 \pm 0.09$  g, distribuidos al azar a razón de 9 organismos por acuario. La supervivencia no fue afectada por el uso de los ácidos y/o sus sales, al mostrar valores superiores al 96% al final del experimento.

Se observó que los alimentos adicionados con los ácidos y sus sales derivadas, tuvieron un efecto positivo en los parámetros productivos; entre éstos, destacan los tratamientos adicionados con fumarato de sodio, succinato de sodio y butirato de sodio, que obtuvieron los mejores promedios de peso promedio final 3.27, 3.12 y 2.95 g respectivamente, así mismo, también mostraron tener la mayor tasa de relativa de crecimiento 6.21%, 5.5% y 5.86% respectivamente, al ser estas estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ) respecto al alimento control 3.66%.

Con base a los resultados presentados en este trabajo, se concluye que la inclusión de fumarato de sodio, succinato de sodio y butirato de sodio, como aditivo en la elaboración de alimentos para juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* promueve mejoras en los parámetros productivos, al incrementar el crecimiento de los organismos, sin afectar la supervivencia de los mismos.

## ABSTRACT

---

GERARDO SALVADOR REYES LEÓN. Effect of organic acids and/or salts as additives in diets of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* on growth performance (under the direction of: Dr. Francisco Javier Magallón Barajas and M in C. MVZ Jesus Manuel Cortéz Sánchez)

In nutrition the use of substances intentionally added to food in the stages of production, packaging and maintenance is an activity that is often performed. These substances are known as additives and their origin may be natural or synthetic.

The additives are applied for various reasons: to increase the nutritional value to preserve food or to improve the sensory properties of the same.

The aim of this investigation was to evaluate and test the effect of eight organic acids and / or salts derived as feed additives of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* on growth performance of the species.

To this end, 9 experimental diets were prepared from a balanced commercial feed reconstituted: 1 control diet and 8 foods to which various organic or salts derived (sodium acetate, sodium propionate, sodium butyrate, sodium citrate, sodium fumarate, lactic acid, sodium formate and sodium succinate) the inclusion of such compounds was at 3% .

Bioassay growth was performed for 45 days under intensive culture conditions in the laboratory (27.02°C, 38.9 g/L, 5.14 mg/L dissolved oxygen and pH 8.08), which were it used juveniles of *L. vannamei* with an average weight of  $0.49 \pm 0.09$  g, randomly distributed at the rate of 9 organisms per aquarium. Survival was not affected by the use of acids and / or salts derived, showing values above 96% at the end of the experiment.

It was noted that foods with added acids and salts derived, shown to have a positive effect on growth performance, among these include treatments with added sodium fumarate, sodium succinate and sodium butyrate, which obtained the best average final average weight 3.27, 3.12 and 2.95 g respectively, likewise, also tended to have the highest rate relative of growth 6.21%, 5.5% y 5.86% respectively, when these statistically significant ( $P<0.05$ ) with respect to food Control 3.66%.

Based on the results presented in this paper, it is concluded that the inclusion of sodium fumarate, sodium succinate and sodium butyrate, as an additive in the preparation of food for juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* promotes improvements in the production parameters, by increasing the growth of organisms without affecting the survival thereof.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La acuicultura se ha colocado en los primeros lugares de producción y obtención de alimento para consumo humano y animal. En las últimas 5 décadas, el suministro mundial de productos pesqueros y acuícolas destinados para consumo humano superó el crecimiento poblacional, con un índice de crecimiento medio del 3.2% anual en el período de 1961-2009, lo que supera el índice de crecimiento poblacional mundial del 1.7% anual.<sup>1</sup>

El anuario estadístico de FAO (2012), registró una producción acuícola y pesquera mundial de 148.5 millones de toneladas, con valor de 217,500 millones (USD), donde la acuicultura aportó 59.9 millones de toneladas, que representa el 40.3% de la producción mundial.<sup>1</sup>

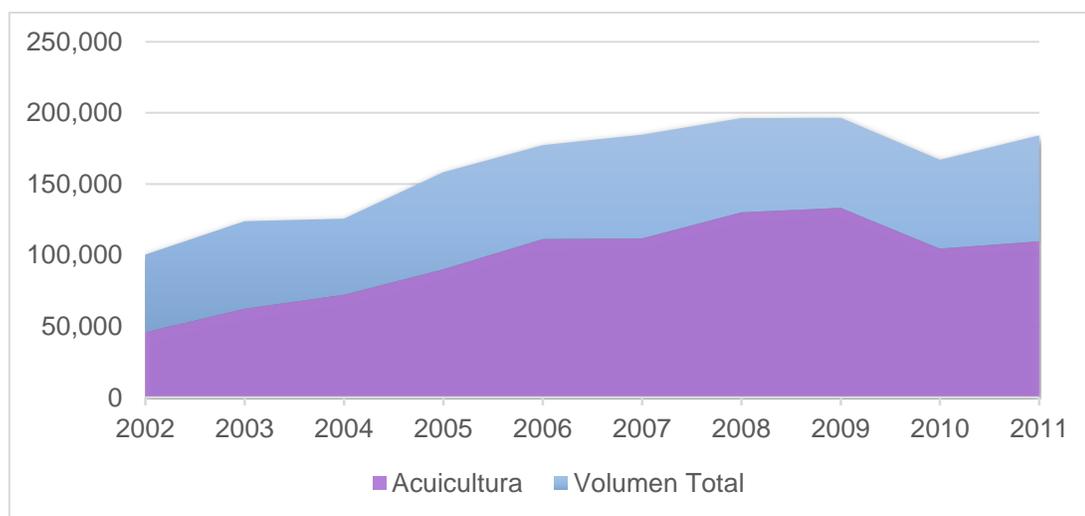
Datos preliminares para el año 2011 registran un máximo histórico con una producción de 154 millones de toneladas, donde el 41.3% corresponde a acuicultura (Cuadro 1), y se espera que continúe como el sector de producción de alimentos de origen animal de más rápido crecimiento, y en los próximos años supere la producción de carne de vacuno, porcino y aves de corral.<sup>1</sup>

**Cuadro 1.** Producción de la pesca y la acuicultura en el mundo.<sup>1</sup>

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	(millones de toneladas)					
<b>Producción</b>						
<b>Pesca de captura</b>	90	90.3	89.7	89.6	88.6	90.4
<b>Acuicultura</b>	47.3	49.9	52.9	55.7	59.9	63.6
<b>Producción pesquera mundial total</b>	137.3	140.2	142.6	145.3	148.5	154

La producción acuícola y pesquera mundial de camarón fue de 6.9 millones de toneladas, de esto el 55% fue aportado por acuicultura. En éste sector destaca por su valor comercial individual el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* con una producción de 2.7 millones de toneladas para 2010. El valor de producción pesquera mundial de camarón fue de 27,855 millones de USD y representa el 12.7% del valor total de los productos comercializados en el mundo que fue de 217,500 millones de USD para el año 2010.<sup>1</sup>

En México, el camarón se encuentra posicionado en segundo lugar por su volumen de producción pesquera; sin embargo, el primer lugar por valor comercial. CONAPESCA para 2011 (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca) registró que la tasa media de crecimiento anual para la producción nacional en los últimos 10 años es de 6.24%, en gran medida por el crecimiento de la actividad acuícola en dicha especie. De igual manera para el mismo año, la producción nacional acuícola y pesquera de camarón obtuvo un volumen de 184,123 toneladas en peso vivo, la acuicultura destaca con el 59.6% de la producción (Figura 1) y el resto se obtuvo por captura.<sup>2</sup>



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

El valor de la producción acuícola y pesquera nacional de camarón blanco del Pacífico para 2011 fue de 7,696 millones de pesos, la acuicultura aportó el 58.25% equivalente en pesos a 4,482 millones de pesos.<sup>2</sup>

Uno de los retos que enfrenta la acuicultura a nivel mundial, es el costo de la alimentación que representa cerca del 60% del costo total, derivado del alto precio de las fuentes de proteína, principalmente harina de pescado.<sup>3, 4</sup> Por tanto el sector acuícola busca estrategias que permitan una baja en costos de producción y den mayor rentabilidad a los cultivos, pero además permitan evitar impactos ecológicos mayores.

En base a ello la investigación en nutrición acuícola, se enfoca en el estudio de factores que permitan formular y elaborar alimentos de mejor digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes, de bajo costo y mayor rentabilidad.

En la última década han ocurrido cambios en la formulación y elaboración de dietas impulsados por las exigencias de la industria. Los nuevos métodos en la producción de ingredientes para alimentación, así como: calidad y disponibilidad de los mismos, aunado al conocimiento de los requerimientos nutricionales de las especies cultivadas influyen de manera directa en la formulación y elaboración del alimento.<sup>5</sup>

A fin de garantizar cubrir los requerimientos nutricionales en formulación y elaboración de alimento, es frecuente el uso de sustancias que promuevan mejor crecimiento, palatabilidad, atractabilidad, hidroestabilidad y textura en la dieta. Éstas sustancias son los “aditivos”, que incluidos en la dieta permiten mejorar el uso de los alimentos. Los aditivos estudiados en alimentación de camarón son: antibióticos, probióticos, pigmentos, enzimas, preservantes, atractantes y estimuladores del apetito. Resulta importante destacar los que influyen en la velocidad de crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia,<sup>6</sup> como: probióticos, prebióticos, inmunoestimulantes, sustancias fitogénicas y los ácidos orgánicos.<sup>7</sup>

Los ácidos orgánicos, son compuestos de hidrocarburos que contienen uno o más grupos carboxilo, dicho grupo deriva de la combinación de 2 grupos funcionales unidos en un mismo átomo de carbono: grupo carbonilo y grupo hidroxilo. Tienen carácter ácido y se les denomina ácidos carboxílicos. Estos ácidos se encuentran

de forma natural en tejidos biológicos, pues son intermediarios de ciclos metabólicos, y algunos se producen en el tracto digestivo durante la fermentación.

Frecuentemente se utilizan en la industria de alimentos como conservadores debido a sus propiedades antifúngicas y antibacterianas, así mismo, como acidificantes en alimentos de primera etapa, especialmente en ganado porcino.<sup>8</sup>

Cabe mencionar que la manipulación de algunos de estos ácidos, tales como: fórmico, propiónico y acético, en sus presentaciones puras se puede tornar difícil, debido a su alta reactividad resultan corrosivos al contacto con la piel, por lo que es frecuente encontrar en el mercado presentaciones en forma de sales (sódicas, potásicas, cálcicas o amónicas). Su mecanismo de acción no se conoce totalmente, sin embargo, se ha observado que en animales monogástricos, modifican la población microbiana a nivel del tracto gastrointestinal.<sup>7</sup>

Actualmente en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, se analiza, evalúa y propone la inclusión de ácidos orgánicos, como aditivos en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico, con la finalidad de determinar el efecto sobre crecimiento, supervivencia, factor de conversión alimenticia y digestibilidad *in vivo* e *in vitro*.<sup>\*,\*\*</sup>

---

<sup>\*,\*\*</sup> (comunicación personal) \* Dr. Walter Quadros Seiffer, \*\* Dr. Francisco Javier Magallón Barajas, 2012.

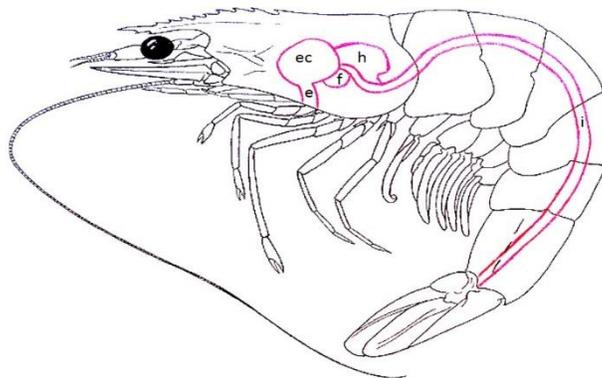
## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Anatomía y fisiología del camarón

Para comprender mejor la nutrición del camarón es necesario conocer la anatomía y función del sistema digestivo, pues éste es el responsable de la 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 las excretas al medio.<sup>9</sup>

El sistema digestivo de crustáceos en general se compone por boca, esófago (e), estómago cardíaco (ec), filtro glandular (f), hepatopáncreas o glándula gástrica (h), intestino (i) (anterior, medio y posterior) y recto (r) (Figura 2).<sup>10</sup>



**Figura 2.** Esquema del tracto digestivo del camarón: (e) esófago, (ec) estómago cardíaco, (f) filtro glandular, (h) hepatopáncreas, (i) intestino (anterior, medio y posterior) y (r) recto.<sup>10</sup>

- Boca

En crustáceos la boca se encuentra rodeada por apéndices especializados para quimiorrecepción (antenas y anténulas), captura (pereiópodos) y manipulación de presas (maxilas, maxílulas, mandíbulas y maxilípedos).<sup>9</sup>

- Esófago y estómago.

El esófago es corto, delgado y se conecta al estómago que se divide en 2 cámaras: cardíaca y pilórica. La cámara cardíaca posee estructuras llamadas osículos (dientes estomacales), que permiten la trituración del alimento, y su paso al hepatopáncreas.<sup>9</sup>

- Hepatopáncreas o glándula verde.

Es un órgano muy importante en crustáceos, desempeña funciones metabólicas: síntesis y secreción de enzimas digestivas,<sup>11</sup> además se utiliza como reservorio de compuestos orgánicos, lípidos y carbohidratos, por lo que presenta una actividad metabólica continua.<sup>12</sup> Ocupa la cavidad del cefalotórax, es un órgano pareado y representa del 2-6% del peso corporal. Cada mitad del órgano se encuentra compuesta por 2 o 3 lóbulos, éstos contienen a su vez varios túbulos alineados y recubiertos en su región interna por un tejido epitelial simple formado de diferentes tipos celulares.<sup>9, 13, 14</sup>

- Intestino

Este órgano se extiende desde el píloro hasta el recto, secreta un moco que recubre los sólidos producidos por el estómago con una película de quitina que envuelve la materia fecal (membrana peritrófica). La parte distal del tubo digestivo es casi rectilínea y corta. Su epitelio está provisto de numerosas mitocondrias, que permiten llevar a cabo transporte iónico y absorción de agua.<sup>9, 11, 15</sup>

## 2.2 Nutrición del Camarón.

La nutrición comprende los procesos químicos y fisiológicos que proveen de nutrientes al animal para sus funciones de mantenimiento y crecimiento. Por tanto, involucra ingestión, digestión, absorción, metabolismo y excreción.<sup>16</sup>

En condición natural el camarón peneido en su etapa juvenil es considerado omnívoro o detritívoro. Existe evidencia que la preferencia alimenticia cambia con la edad y estado fisiológico.<sup>17</sup>

Los alimentos complementarios son una fuente de nutrientes que junto al alimento natural, dan un incremento en la capacidad de producción de camarón,<sup>18</sup> además, provee una adecuada proporción de nutrientes para su crecimiento, reproducción y desarrollo.<sup>16</sup>

### 2.2.1 Proteínas y aminoácidos

La proteína es el nutriente más utilizado por los organismos acuáticos tanto para crecimiento como para aporte energético, y es el ingrediente que más encarece el alimento.<sup>19</sup>

Estudios han aportado un rango amplio de valores óptimos de proteína para camarones peneidos entre un 30-60%.<sup>16, 20, 21, 22</sup> Aunque el requerimiento proteico para un óptimo crecimiento y eficiencia alimenticia en *L. vannamei* es de 30%,<sup>23</sup> en la industria se utilizan alimentos con 35% de proteína. Los camarones, como cualquier otro animal, necesitan una mezcla equilibrada de aminoácidos esenciales y no esenciales para construir sus tejidos proteicos; por tanto este equilibrio es fundamental.<sup>24</sup> Los aminoácidos esenciales son: arginina, metionina, treonina, valina, isoleucina, leucina, lisina, histidina, fenilalanina y triptófano.<sup>16</sup>

### 2.2.2 Lípidos

Son un grupo de sustancias presentes en tejidos vegetales y animales. Actúan como portadores de electrones, transportadores de sustratos en reacciones enzimáticas, componentes de membranas biológicas, y como reserva de energía.<sup>25</sup> Son fuente de ácidos grasos esenciales y vehículo biológico en la absorción de ciertos nutrientes y vitaminas liposolubles.<sup>18, 26</sup> El nivel óptimo en la dieta de crustáceos oscila entre 6% y 7.5%.<sup>4, 20, 27</sup>

Lípidos como: fosfolípidos, triglicéridos y colesterol son una fuente importante de energía en dietas para camarón.<sup>4</sup> Los triglicéridos se almacenan en la glándula digestiva y funciona como fuente de energía durante el ayuno.<sup>28, 29</sup> Por otro lado, los lípidos son considerados importantes en la palatabilidad de la dieta.<sup>30</sup> En crustáceos el colesterol es una fuente esencial de esteroides, por lo que se utiliza para desarrollo, crecimiento, reproducción y supervivencia. Es un precursor de

muchas hormonas, entre las que se incluyen las ecdisteroides, las cuales son fundamentales para el comienzo de la metamorfosis y el proceso de muda.<sup>31</sup>

Los camarones son incapaces de sintetizar colesterol por ellos, por lo que la suplementación de esteroides en la dieta es fundamental, la cantidad óptima de colesterol en los alimentos para camarón varía al depender de la etapa, especie y composición de la dieta.<sup>21, 32</sup>

### 2.2.3 Carbohidratos

Son utilizados para la producción de energía, en la síntesis de quitina, en la formación de esteroides y ácidos grasos, son generalmente la fuente más barata de energía en los alimentos.<sup>33</sup>

Los crustáceos son capaces de utilizar polisacáridos complejos tales como el glucógeno, almidón y dextrina de manera más eficiente que los azúcares simples como la glucosa.<sup>34</sup>

### 2.2.4 Vitaminas

Las vitaminas son un complejo grupo de compuestos orgánicos esenciales para el mantenimiento, crecimiento, reproducción y mecanismos de defensa de los animales. No son sintetizadas por los camarones y si lo son es a un ritmo inadecuado para cubrir sus necesidades metabólicas. El (Cuadro 2), muestra los requerimientos de algunas vitaminas para *Litopenaeus vannamei*.

Estudios de los requerimientos vitamínicos se han llevado a cabo en condiciones de laboratorio, dichos requerimientos se han determinado mediante pruebas de alimentación con dietas purificadas o semi-purificadas, a las cuales se adicionó niveles graduales de cada vitamina.<sup>27</sup> Sin embargo los requerimientos de vitaminas en camarones no están muy definidos, éstos comen el alimento de manera lenta, y el alimento puede permanecer por tiempos prolongados sin ser ingerido y sufrir cambios en sus componentes nutricios debido al proceso de lixiviación, particularmente las vitaminas hidrosolubles son las más afectadas por este proceso.<sup>11</sup>

**Cuadro 2.** Requerimientos de Vitaminas. Adaptado de Shiau.<sup>35</sup>

Vitaminas	Requerimiento (mg/kg dieta)
	<i>P. vannamei</i>
Riboflavina	80-100
Ácido ascórbico	90-120
Tocoferol	99

### 2.2.5 Minerales

Los minerales desempeñan funciones esenciales en los camarones al igual que en otras especies: son componente fundamental del esqueleto, tejidos duros, blandos, y además actúan como activadores enzimáticos. Existen aproximadamente 20 elementos inorgánicos que realizan funciones esenciales en el organismo.<sup>16, 36</sup> Se conoce poco de los requerimientos minerales en dietas de organismos marinos, dado que estos al vivir en un ambiente hipertónico, pueden cubrir gran parte de sus requerimientos minerales, debido al intercambio de agua marina y las membranas branquiales.<sup>37</sup> Davis *et al.*, (1993)<sup>38</sup> demostraron que no se requiere suplementar calcio en la dieta de *L. vannamei*, y el contenido basal de fósforo 0.35% es adecuado para mantener el crecimiento y supervivencia del camarón.

### 2.2.6 Energía

La energía es un componente esencial para mantenimiento de procesos vitales como el metabolismo celular, crecimiento, reproducción y actividad física. La energía no es un nutriente, es el producto final de la absorción de nutrientes que producen energía cuando son oxidados y metabolizados. Es definida como la capacidad para realizar trabajo, la cual es obtenida por los animales al catabolizar los diferentes nutrientes constitutivos de su dieta como son los carbohidratos, lípidos y proteínas. La capacidad que tenga un alimento para proporcionar

energía, es de gran importancia en la determinación del valor nutricional para los animales.

Los camarones utilizan preferentemente la proteína y los lípidos como fuente de energía, por lo que los lípidos representan 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, 40</sup>

### 3. ANTECEDENTES

---

#### 3.1 Efecto de los ácidos orgánicos en la alimentación animal

Se conoce que los ácidos orgánicos ejercen efectos sobre el desempeño zootécnico en la producción animal, al actuar a través de 3 mecanismos (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales en nutrición animal. Adaptado de Lückstädt.<sup>41</sup>

SITIO DE ACCIÓN	FORMA EFECTIVA	EFFECTOS
DIETA	H <sup>+</sup>	Reducción pH Reducción del crecimiento microbiano Desnaturalización de proteínas
	H <sup>+</sup> y Anión	Efecto antimicrobiano
TRACTO INTESTINAL	H <sup>+</sup>	Cambios en la concentraciones de microbiota Reducción del pH de estómago y duodeno Aumento de la actividad de pepsina
	Anión	Disponibilidad de cationes (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> )
METABOLISMO	H <sup>+</sup> y Anión	Fuente de energía

#### Efecto en la dieta

Los ácidos orgánicos funcionan como acidificantes, al reducir el pH del alimento, inhibe el crecimiento y adherencia a los epitelios de agentes patógenos y disminuye la excreción de metabolitos tóxicos, en producción animal.<sup>42</sup>

Un punto clave en alimentación animal es mantener la calidad e inocuidad de los alimentos, que garanticen ser óptimos para el buen desarrollo de los animales de

producción. Microorganismos como hongos, bacterias y levaduras, bajo condiciones favorables pueden replicarse rápidamente durante el almacenamiento de alimento, y de esta manera afectar la inocuidad y calidad de los alimentos, especialmente cuando las condiciones ambientales son altas en humedad y temperatura. Por ello el uso de ácidos orgánicos como preservantes en alimentación animal y humana es antiguo. De hecho, el ensilado de forrajes se basa en las propiedades antimicrobianas del ácido láctico generado por la fermentación que llevan a cabo bacterias ácido lácticas. Estos ácidos pueden ser utilizados en la elaboración de ensilados de pescado, ya que aportan beneficios como auxiliar en la digestión de proteínas por la reducción de pH, que en valores bajos son desnaturalizadas, lo que aumenta el área de acción enzimática.<sup>41</sup>

### **Efecto en tracto intestinal**

El mecanismo de acción de ácidos orgánicos en tracto intestinal es: 1) reducción de pH en estómago e intestino, a través de liberación de iones  $H^+$ , 2) inhibición del crecimiento bacteriano, principalmente bacterias Gram negativas, al penetrar su pared celular y disociarse para liberar protones en su citoplasma. De esta manera las bacterias consumen una gran cantidad de ATP para excretar los protones, y así mantener el pH intracelular. Este mecanismo conlleva al gasto de energía celular, y posteriormente a la muerte.<sup>43</sup>

### **Efecto en metabolismo**

Los ácidos orgánicos y sus sales participan en rutas metabólicas importantes para la generación de energía, por ejemplo, el ácido láctico promueve la rápida disponibilidad de piruvato y el ácido cítrico ingresa como intermediario en el ciclo de los ácidos carboxílicos para la generación de ATP.<sup>44</sup>

## **3.2 Uso de acidificantes en alimentación acuícola**

A partir de enero del 2006 el uso de antibióticos fue prohibido por la Unión Europea, volviéndose una tendencia mundial. Esto se debe a que la utilización de antibióticos en la alimentación animal genera resistencia bacteriana de especies patógenas para los animales y los seres humanos.<sup>45</sup> Por ello han aumentado las

investigaciones de sustancias alternativas a los antibióticos que tengan un efecto de inhibición de agentes patógenos, así como también promuevan el crecimiento.<sup>46</sup> Recientemente se ha empleado ácidos orgánicos o sus sales con la finalidad de reducir el uso inapropiado de antibióticos en alimentación de organismos acuáticos, estos compuestos no representan riesgo para la salud del hombre y los animales, pues se han utilizado por años en la industria en distintos procesos para elaboración de productos, en los que el hombre es el consumidor final.<sup>47</sup> Además son componentes de importantes rutas metabólicas para la generación de energía (ATP), por ejemplo, en el ciclo de Krebs.<sup>41</sup> Por ello la primera sustancia aprobada por el Consejo Europeo, fue el diformiato de potasio (KDF) como promotor de crecimiento sin antibiótico, para uso en la alimentación de tilapias.<sup>48</sup>

Los primeros estudios en la suplementación de ácidos orgánicos en dietas de organismos acuáticos, fueron realizados en los años 90's, y mostraron resultados prometedores en salmón *Salvelinus alpinus*, que al incluir 1% de lactato en la dieta, incrementó el crecimiento y eficacia alimenticia del salmón, y disminuyó la ocurrencia de diarrea durante el cultivo, todo ello sin alterar la calidad de la carne.<sup>49, 50</sup>

Otros estudios reportan mayor disponibilidad de minerales atribuidos al uso de ácidos orgánicos, el uso del ácido fórmico como aditivo en trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, al suplementar la dieta con 0.4 y 1% de diformiato de sodio, encontraron que el uso del ácido fórmico redujo el pH intestinal e incrementó la digestibilidad aparente de magnesio (Mg), fósforo (P), calcio (Ca) y otros nutrientes, como proteínas, lípidos y aminoácidos.<sup>51</sup>

Estudios en Pargo japonés *Pagrus major*, mostraron que al suplementar ácido cítrico, entre 1% a 3%, favorece la retención de nitrógeno (N) y fósforo (P), además de mejorar el crecimiento y el factor de conversión alimenticia.<sup>52, 53</sup> Así mismo, la suplementación de ácido cítrico 2 y 3% en esturión *Huso huso*, presentó mayor retención de Ca y P en músculo.<sup>54</sup>

## 4. JUSTIFICACIÓN

---

El uso de prebióticos, probióticos, inmunoestimulantes, sustancias fitogenéticas y recientemente ácidos orgánicos, representan opciones para la alimentación de organismos acuáticos.<sup>7</sup>

En los últimos años se han realizado estudios para evaluar las propiedades de algunos ácidos orgánicos en alimentación animal, entre los que destacan los ácidos: fórmico, acético, propiónico, butírico, láctico, sórbico, málico y cítrico. Estudios del uso de estos ácidos reportan propiedades inmunoestimulantes, mayor crecimiento y supervivencia.<sup>55</sup> Sin embargo, se requieren estudios que avalen estas propiedades en camarón.

## 5. HIPÓTESIS

---

El uso de los ácidos orgánicos o sus sales, como aditivos en dietas de organismos acuáticos provee mejoras en el desarrollo y supervivencia de éstos.

Por tanto, la inclusión de ácidos orgánicos y sus sales derivadas como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, influirá de manera significativa en parámetros productivos de la especie.

## 6. OBJETIVOS

---

### Objetivo General

Determinar el efecto del uso de ácidos orgánicos y sus sales como aditivo en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico sobre sus parámetros productivos: supervivencia, crecimiento, factor de conversión alimenticia, tasa de desempeño productivo y eficiencia proteica.

### Objetivos específicos

Analizar la composición química proximal del alimento comercial.

Evaluar las variaciones de parámetros productivos al emplear diferentes ácidos orgánicos y sus sales como aditivo en la alimentación de juveniles de camarón blanco del Pacífico *L. vannamei*.

Determinar la hidroestabilidad de los alimentos que fueron utilizados en el bioensayo sobre la respuesta a los parámetros productivos de juveniles de camarón blanco del Pacífico *L. vannamei*.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

---

El presente trabajo experimental se realizó en el laboratorio de Nutrición Experimental Acuícola y en laboratorio de Análisis Químico Proximal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), en La Paz, Baja California Sur, México.

### 7.1 Análisis químico proximal

Una muestra de 2 g de alimento fue molida finamente en un molino de café (KRUPS Modelo GX10011), para analizar por triplicado su composición y energía bruta de acuerdo a los métodos de la A.O.A.C.<sup>57</sup> La humedad se determinó por diferencia de peso, al secar las muestras a 135°C durante 2 h (método, No. 930.15); el contenido de cenizas se determinó por calcinación en mufla Thermolyne Modelo F600 a 600°C por 2 h (método, No. 942.05); para la cuantificación de proteína cruda se siguió el método de combustión directa Dumas, se utilizó un horno de combustión LECO® Modelo FP-528 (método, No. 968.06); el extracto etéreo se cuantificó con un sistema Soxtec Avanti Modelo 2050, se utilizó éter de petróleo como solución extractora (método, No. 920.39); el contenido en fibra se determinó por hidrólisis sucesiva, ácida y básica (ácido sulfúrico e hidróxido de sodio) en un digestor Fibertec Modelo M6 (método, No. 962.09). El extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó por diferencia de 100, los porcentajes de proteína cruda, extracto etéreo, fibra, y cenizas.

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

El perfil nutricional de los tratamientos experimentales se muestra en el (Cuadro 5).

### 7.2 Energía bruta

Se elaboraron pastillas de 1 g de muestra de alimento y se colocaron en crisoles de acero para secarlas a 70°C durante 12h en una mufla (Thermolyne Modelo F600), posteriormente se introducen en una bomba calorimétrica (Parr Instrument

Modelo 1261) en donde 10cm de alambre níquel-cobre se acomoda de tal modo que toque la muestra al momento de la combustión con oxígeno. Los líquidos obtenidos de la combustión de la muestra fueron titulados con carbonato de sodio 0,725 N y naranja de metilo como indicador, por último fue medida la cantidad de alambre Níquel-Cobre quemado durante la combustión.

### 7.3 Fabricación de los alimentos

Los alimentos fueron elaborados en la Planta de Alimentos de CIBNOR, por el método descrito por Civera y Guillaume.<sup>56</sup>

#### Alimento comercial

Alimento PIASA<sup>®</sup> camarón 35% proteína, (Promotora Industrial Acuasistemas).

#### Ácidos orgánicos y sus sales derivadas

Las sales derivadas de ácidos orgánicos utilizadas en este trabajo fueron acetato de sodio, propionato de sodio, butirato de sodio, citrato de sodio, fumarato de sodio, formiato de sodio y succinato de sodio. El ácido orgánico que se utilizó fue ácido láctico, todos de la empresa Sigma-Aldrich (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Composición química de los ácidos orgánicos y sus sales

Compuesto	Fórmula	Peso molecular
<b>Acetato de sodio</b>	$C_2H_3NaO_2$	82.03
<b>Propionato de sodio</b>	$C_3H_5NaO_2$	96.06
<b>Butirato de sodio</b>	$C_4H_7NaO_2$	110.09
<b>Citrato de sodio</b>	$C_6H_7NaO_7$	214.11
<b>Fumarato de sodio</b>	$C_4H_2Na_2O_4$	160.04
<b>Ácido láctico</b>	$C_3H_6O_3$	90.08
<b>Formiato de sodio</b>	$CHNaO_2$	68.01
<b>Succinato de sodio</b>	$C_4H_4Na_2O_4$	162.05

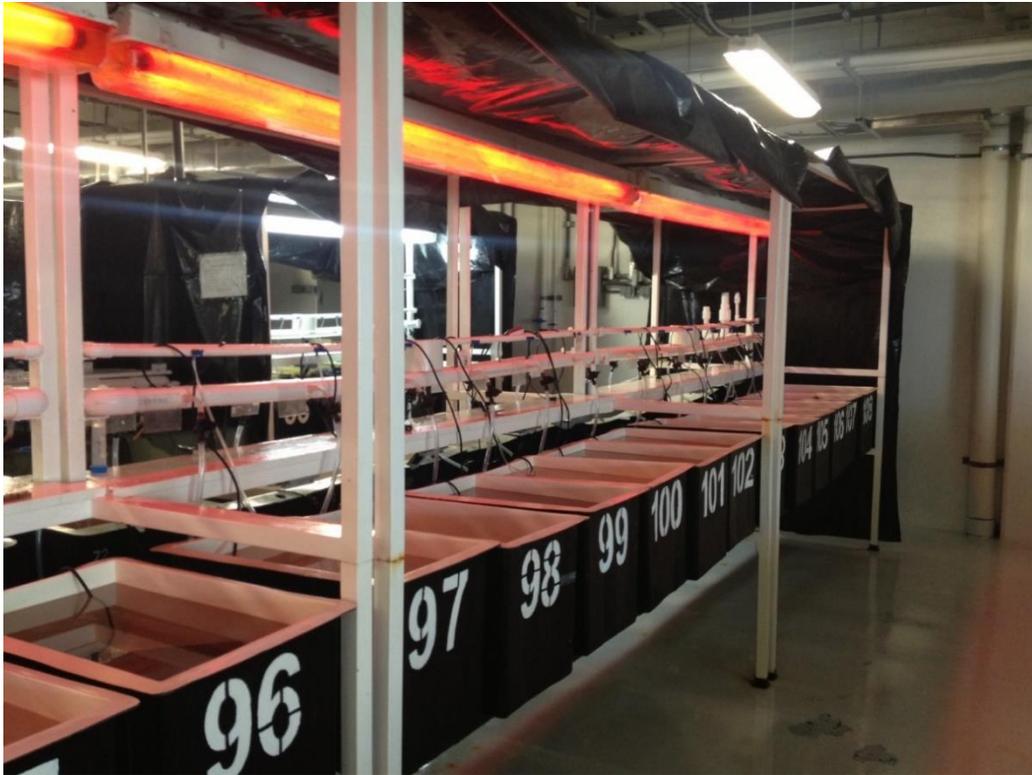
El alimento comercial<sup>®</sup> fue molido en un pulverizador (PULVEX Mod.200), a partir de éste se fabricaron 9 tratamientos: 1 alimento control y 8 tratamientos a fin de

probar el efecto de diferentes ácidos orgánicos y sus sales (acetato de sodio, propionato de sodio, butirato de sodio, citrato de sodio, fumarato de sodio, ácido láctico, formiato de sodio y succinato de sodio) los ácidos y sus sales fueron incluidos a razón del 3%.

Los ingredientes fueron mezclados en una batidora profesional (KITCHEN AID Mod.600), posteriormente fueron agregados 20 g de ácido algínico como aglutinante y se procedió a mezclar durante 10 min. A continuación se agregó 30 ml agua potable y se mezcló hasta obtener una masa consistente. La masa resultante fue extruida en 2 ocasiones a través de un cedazo de 2 mm de diámetro del molino de carne (TOR-REY, MJ12), los pellets fueron cortados manualmente con una espátula metálica cuando alcanzaban una longitud de 5 mm, finalmente éstos fueron colocados en una charola de plástico y secados en una estufa con flujo de aire (VWR 1680 HAFO SERIES) a 40°C por 24 h. Posteriormente los alimentos fueron envasados en botes de plástico, etiquetados, y almacenados a 4°C hasta su utilización.

#### 7.4 Bioensayo de crecimiento

El bioensayo de crecimiento se realizó en el Laboratorio de Nutrición Experimental Acuícola del CIBNOR. El sistema experimental consistió en 27 contenedores de fibra de vidrio con una capacidad de 60 L (34 x 55 x 38 cm) que contenían agua de mar filtrada a través de un filtro de arena 70 µm (Cristal-Flo, Modelo T240BP1), 3 filtros de cartucho (10, 5 y 1 µm) y luz ultravioleta (Life Gard QL 25, Aquatic Ecosystems). Cada contenedor fue equipado con un calentador sumergible de 150 W, mangueras y piedras de aireación alimentadas por un soplador de 5HP (Aquatic Ecosystems, Modelo LR395), los contenedores se cubrieron con malla-sombra para evitar que los animales escapen. La iluminación se proporcionó con lámparas de neón de 75 W controladas por un reloj (timer análogo) para mantener un fotoperiodo de 12 h luz, a partir de las 08:00 h durante todo el experimento.



**Figura 3** Sistema de cultivo experimental para bioensayos de crecimiento en el Laboratorio de Nutrición Experimental (CIBNOR).

Se utilizaron postlarvas PL14 de camarones de la especie *Litopenaeus vannamei*, provenientes de la empresa Acuacultura Mahr (La Paz, B.C.S., México), las cuales 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 contenedores de fibra de vidrio con capacidad de 1,500 L a una temperatura de 27°C y salinidad de 39 g/L. Durante este periodo las postlarvas de camarón se alimentaron 2 veces al día, con un alimento comercial<sup>®</sup> para camarón, y con calamar fresco (09:00 h-15 g de calamar, 14:00 h-20 g de alimento), hasta que alcanzaron el peso requerido para el experimento 0.4-0.5 g.

Se seleccionaron 250 camarones y se pesaron individualmente (peso promedio 0.49 g), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 27 contenedores a razón de 9 organismos por contenedor, a manera de contar con 3 réplicas por cada tratamiento alimenticio.



**Figura 4** Estanques de aclimatación y engorde de postlarvas (PL) de camarón.

El experimento de crecimiento duró 45 días, durante los cuales se monitoreó diariamente la salinidad ( $39 \pm 1$  g/L) con un refractómetro portátil (Extech Instruments Modelo RF20), el oxígeno disuelto ( $<5$  mg/L) y la temperatura ( $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ), con un equipo multiparámetros portátil (YSI, 550A), pH (8.0) con un potenciómetro (Oakton, pHTestr10) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Valores promedio de los parámetros físico químicos del agua.

	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	Salinidad (g/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
<b>Inicio</b>	$27.00 \pm 0.00$	$39.00 \pm 0.00$	$5.05 \pm 0.05$	$8.00 \pm 0.00$
<b>Término</b>	$27.02 \pm 0.02$	$38.93 \pm 0.02$	$5.14 \pm 0.01$	$8.08 \pm 0.00$

Diariamente se retiraban por la mañana (08:00 h) los restos de alimento no consumido, mudas y heces de los contenedores, posteriormente se procedía a realizar un recambio de agua equivalente aproximadamente al 80% del volumen

total. La cantidad de alimento suministrado al inicio del experimento fue del 15% de la biomasa total de los organismos de cada tratamiento, posteriormente se ajustó diariamente en base al consumo registrado por tratamiento. La ración correspondiente para cada tratamiento se dividió en 3 tomas al día (10:00, 13:00 y 17:00 h).

## 7.5. 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 las siguientes ecuaciones:

$$\text{Supervivencia} = \frac{\text{Número de organismos final}}{\text{Número de organismos inicial}} * 100$$

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

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

Incremento en peso corregido (IPC) =

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

$$\text{Eficiencia Proteica} = \frac{\text{IPC}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

$$\text{Tasa de crecimiento semanal} = \frac{\text{Peso promedio final} - \text{Peso promedio inicial}}{\text{Núm. días experimento}} * 7$$

$$\text{Tasa de desempeño productivo} = \text{Tasa de crecimiento semanal} \left( \frac{\text{Supervivencia}}{100} \right) / \text{FCA}$$

## 7.6 Estabilidad de los alimentos

La estabilidad de los alimentos se determinó, por medio de la materia seca retenida según el método de Obaldo *et al.*, (2002)<sup>59</sup> Se pesaron 2 g de alimento (de humedad conocida), colocándolo en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, que contenía 100 mL de agua de mar a una salinidad de 39 g/L. Después de 1 h de inmersión a 27°C con agitación constante a 100 revoluciones por minuto (rpm) en un agitador horizontal (Daigger Hot Orbital Shaker). Posteriormente, el contenido del matraz se filtró con papel filtro No. 3 (previamente secado y de peso conocido) en un sistema de filtración formado por un matraz kitazato y una bomba de vacío. Se recuperó el contenido de las paredes del matraz con agua destilada. El papel filtro que contenía el material filtrado, se llevó a una estufa de secado a 105°C por 24 h y se dejó en un desecador por 1 h, después de ese periodo se pesó el papel filtro con su contenido. El cálculo para determinar el porcentaje de estabilidad se obtuvo mediante la siguiente operación:

$$\% \text{ de Materia Seca Retenida} = \frac{\text{Peso seco del alimento residual}}{\text{Peso del alimento inicial}} * 100$$

## 7.7 Análisis Estadísticos

Para el análisis de los diferentes datos, se llevó a cabo análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Lillieford y Bartlett.<sup>60</sup> Se realizaron análisis de varianza ANOVA de una vía, para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos, y posteriormente, comparación de medias de Tukey; se consideraron diferencias significativas entre los tratamientos cuando ( $P \leq 0.05$ ). Los resultados que se presentaron en porcentajes fueron transformados con la función Arcoseno.<sup>61</sup> Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA 7.0 (StatSoft).<sup>62</sup>

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Análisis químico proximal

El resultado del análisis del alimento experimental se encuentra representado en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Composición química proximal y de energía del alimento comercial utilizado para la fabricación de las dietas experimentales

	Humedad (%)	Proteína (%)	Extracto Etéreo (%)	Fibra Cruda (%)	Cenizas (%)	ELN (%) <sup>1</sup>	Energía (cal/g)
Alimento PIASA	3.95 ±0.81	35.09 ±1.07	4.90 ±0.49	1.03 ±0.23	10.37 ±1.36	44.66 ±1.96	4,302.39

<sup>1</sup> ELN: extracto libre de nitrógeno = 100 – (% proteína + % extracto etéreo + % cenizas + % fibra cruda).

### 8.2 Bioensayo de crecimiento

#### Parámetros productivos

Los resultados del bioensayo después de 45 días de experimentación se muestran en el Cuadro 7.

#### Supervivencia

El porcentaje de supervivencia en el experimento mostró un rango de 96.3% a 100%, sin mostrar diferencias estadísticas, atribuidas al alimento suministrado ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 7).

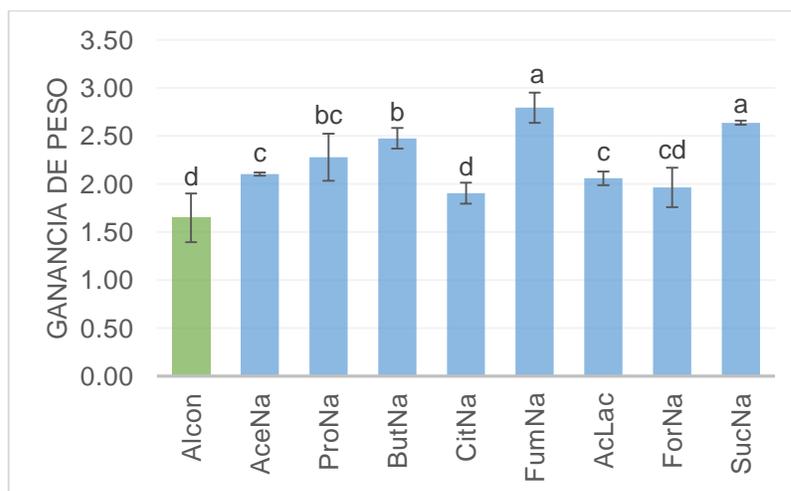
**Cuadro 7.** Resultados de parámetros productivos

Dieta*	Supervivencia	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Alimento consumido (g/camarón/día)	Ganancia de peso	Tasa crecimiento	FCA	Tasa desempeño productivo	EP
<b>AlCon</b>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.14 ± 0.27 <sup>d</sup>	0.15 ± 0.02 <sup>d</sup>	1.65 ± 0.25 <sup>d</sup>	3.66 ± 0.56 <sup>d</sup>	2.05 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.32 ± 0.02 <sup>a</sup>
<b>AceNa</b>	96.3± 6.42 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.60 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.10 ± 0.02 <sup>c</sup>	4.67 ± 0.03 <sup>c</sup>	2.13 ± 0.07 <sup>bc</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.32 ± 0.04 <sup>ab</sup>
<b>ProNa</b>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.77 ± 0.28 <sup>bc</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.28 ± 0.24 <sup>bc</sup>	5.06 ± 0.54 <sup>bc</sup>	2.18 ± 0.08 <sup>bc</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>ab</sup>	1.31 ± 0.05 <sup>ab</sup>
<b>ButNa</b>	96.3± 6.42 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.47 ± 0.11 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.24 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.17 <sup>bc</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.12 <sup>a</sup>
<b>CitNa</b>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.39 ± 0.12 <sup>d</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c</sup>	1.90 ± 0.11 <sup>d</sup>	4.23 ± 0.24 <sup>d</sup>	2.21 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.34 ± 0.05 <sup>a</sup>
<b>FumNa</b>	96.3± 6.42 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.27 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.79 ± 0.16 <sup>a</sup>	6.21 ± 0.35 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>ab</sup>	1.14 ± 0.07 <sup>b</sup>
<b>AcLac</b>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.54 ± 0.09 <sup>cd</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>bc</sup>	2.06 ± 0.07 <sup>cd</sup>	4.57 ± 0.16 <sup>cd</sup>	2.33 ± 0.30 <sup>abc</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.15 <sup>ab</sup>
<b>ForNa</b>	96.3± 6.42 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.45 ± 0.22 <sup>cd</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>c</sup>	1.96 ± 0.20 <sup>cd</sup>	4.36 ± 0.46 <sup>cd</sup>	2.27 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.06 <sup>b</sup>
<b>SucNa</b>	96.3± 6.42 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.12 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.64 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.86 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.08 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.41 ± 0.02 <sup>a</sup>

\*Alimentos: AlCon, AceNa, ProNa, ButNa, CitNa, FumNa, AcLac, ForNa, SucNa (alimento control, acetato de sodio, propionato de sodio, butirato de sodio, citrato de sodio, fumarato de sodio, ácido láctico, formiato de sodio y succinato de sodio, respectivamente). Valores con diferentes superíndices indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

## Ganancia de peso

El uso de ácidos orgánicos y sus sales obtuvo una respuesta significativa a los 45 días de estudio sobre este parámetro ( $P < 0.05$ ) (Figura 5).



**Figura 5** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre ganancia de peso al cabo de 45 días de experimentación. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

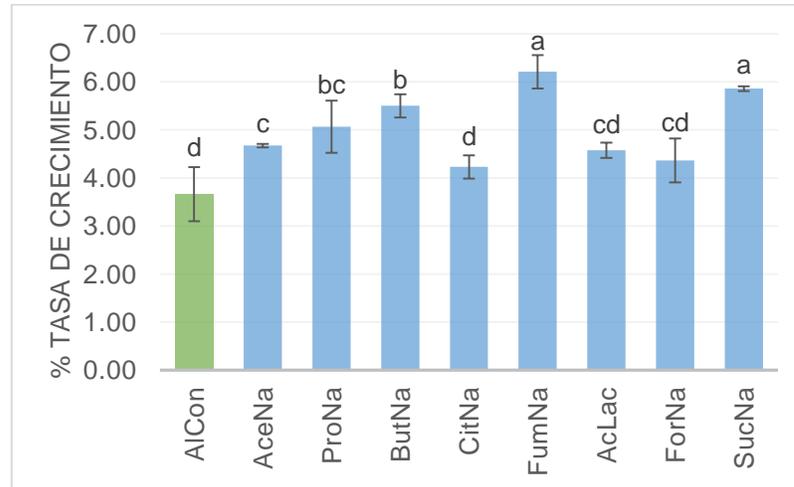
El mejor efecto lo mostró el uso de fumarato de sodio quien superó por 40.86% (1.14g) a la dieta control, seguido por el uso de succinato de sodio quien fue 37.5% (0.99g) entre ambos tratamientos la respuesta no fue significativa ( $P > 0.05$ ).

Si bien succinato y fumarato obtuvieron la mejor respuesta en ganancia de peso, el resto de ácidos orgánicos y sus sales presentó el siguiente comportamiento en referencia a la dieta control; AceNa 21.80%, ProNa 27.63% y ButNa 33.20% ( $P < 0.05$ ), CitNa 13.16%, ForNa 15.82%, AcLac 19.90% ( $P > 0.05$ ). Esto indica que los ácidos orgánicos tienen efecto en la ganancia de peso de juveniles de camarón.

## Tasa relativa de crecimiento

La tasa relativa de crecimiento presentó la misma distribución que la ganancia de peso. Se puede comentar que la dieta que contenía fumarato de sodio creció a un ritmo del 6.21% del peso del animal, superior por 41.06% al tratamiento control

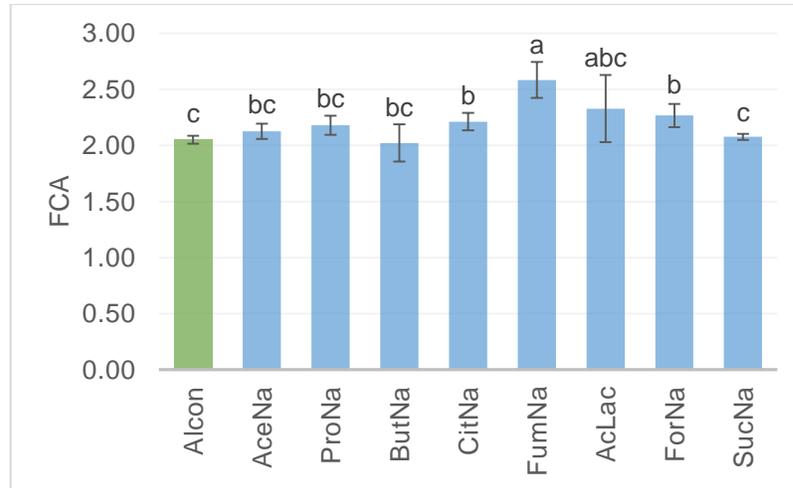
(3.66%) y similar estadísticamente a la dieta succinato de sodio ( $P>0.05$ ), pero diferente al resto de tratamientos ( $P<0.05$ ) (Figura 6).



**Figura 6** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre la tasa relativa de crecimiento, al cabo de 45 días de experimentación. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

### Factor de conversión alimenticia

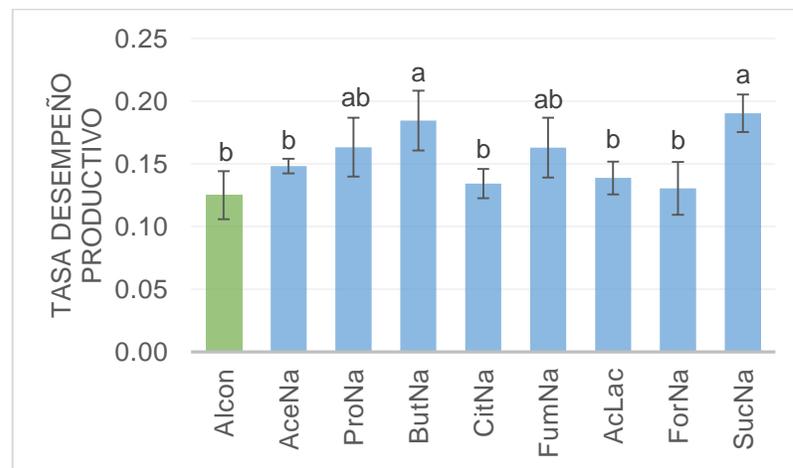
El tratamiento que presentó el mejor factor de conversión alimenticia correspondió a la dieta ButNa, la cual fue estadísticamente similar ( $P>0.05$ ) a los tratamientos: AlCon, AceNa, ProNa, CitNa, AcLac, ForNa y SucNa, lo que indica que el uso de ácidos orgánicos y sus sales no tuvo efecto sobre FCA para los tratamientos antes mencionados. Cabe resaltar que el FumNa generó un efecto estadísticamente adverso sobre FCA ( $P<0.05$ ), respecto a los demás tratamientos, pues incrementa este factor a 2.58:1, que representa un valor por arriba del 20.54% al AlCon y 21.70% al ButNa con los mejores valores del experimento (Figura 7).



**Figura 7** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre factor de conversión alimenticia, al cabo de 45 días de experimentación. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

### Tasa desempeño productivo

Respecto a este parámetro el mejor valor lo obtuvo el tratamiento SucNa sin mostrar diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) con los tratamientos: ButNa, FumNa y ProNa, lo que indica que el uso de estas sales tiene un efecto positivo sobre dicha tasa. Cabe resaltar que el uso de SucNa (0.19) fue estadísticamente superior ( $P<0.05$ ) por 36.84% al AlCon y 31.58% a CitNa y ForNa respectivamente (Figura 8).

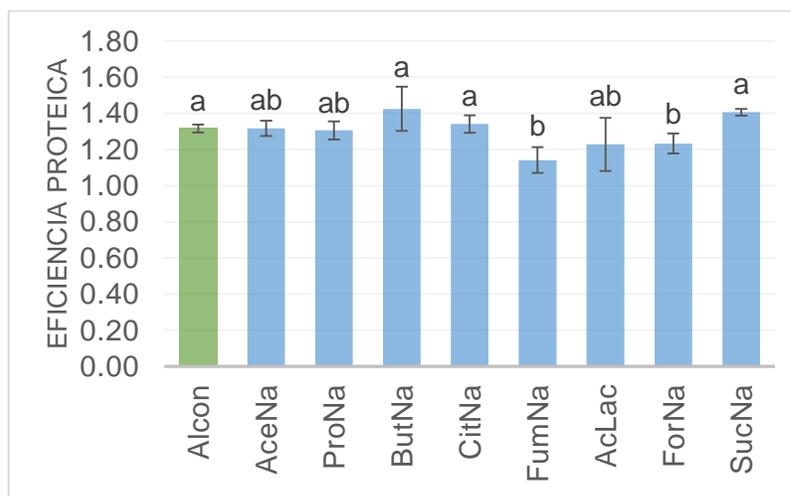


**Figura 8** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre tasa de desempeño productivo, al cabo de 45 días de experimentación. Valores con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

## Eficiencia proteica

Se observó que los ácidos orgánicos y sus sales AceNa, ProNa, AcLac ButNa, CitNa y AcLac no mejoraron la eficiencia proteica, al ser estadísticamente similar ( $P>0.05$ ) a la dieta control. El mejor valor lo mostró ButNa quien superó por 7.04% al uso de SucNa, seguido del 5.63% correspondiente al CitNa (Figura 9).

En tanto la menor tasa de eficiencia proteica la presentó el tratamiento que contenía FumNa el cual resultó ser 19.72% menos eficiente que ButNa y solo 13.64% para la dieta control. Si bien FumNa fue el tratamiento más eficiente en ganancia de peso y tasa relativa de crecimiento, no resultó así en eficiencia proteica.



**Figura 9** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre eficiencia proteica, al cabo de 45 días de experimentación. Valores con letras diferentes indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ).

## 8.3 Estabilidad de los alimentos

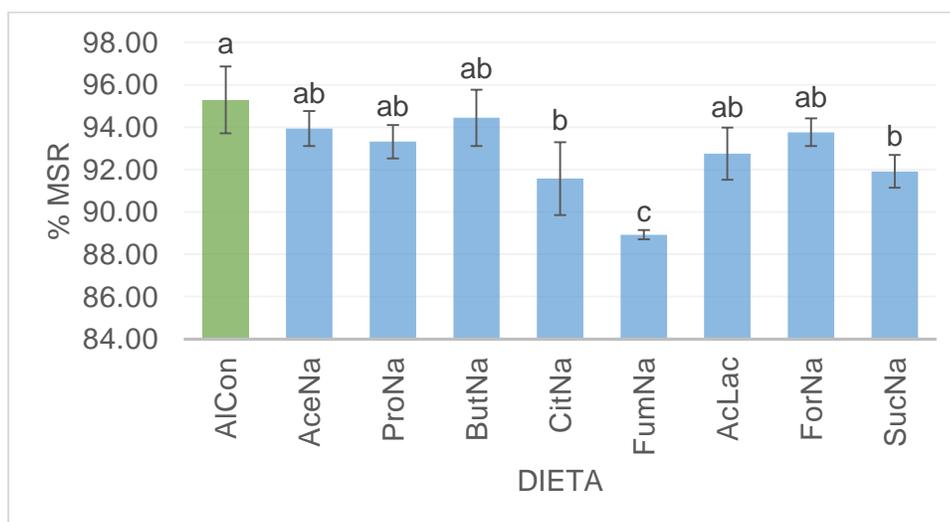
El mejor porcentaje de retención de materia seca correspondió a la dieta control, la cual fue estadísticamente similar ( $P>0.05$ ) a los tratamientos: AceNa, ProNa, ButNa, AcLac y ForNa, lo que indica que el uso de estos ácidos y sus sales no afectó la estabilidad en agua del alimento (Cuadro 8). Sin embargo, se observó un efecto adverso significativo ( $P<0.05$ ) con el uso de SucNa, CitNa y FumNa, con respecto a AlCon (95.28%) al ser inferior el valor en 3.54%, 3.89% y 6.67%

respectivamente, esto indica que el uso de éstos afecta la retención de materia seca del alimento al provocar mayor lixiviación del alimento (Figura 10).

**Cuadro 8.** Porcentaje de estabilidad de los alimentos en el agua.

Dieta	% estabilidad <sup>*</sup>	% lixiviación
AlCon	95.28 ± 1.58 <sup>a</sup>	4.72 ± 1.6
AceNa	93.93 ± 0.83 <sup>ab</sup>	6.07 ± 0.8
ProNa	93.31 ± 0.79 <sup>ab</sup>	6.69 ± 0.8
ButNa	94.44 ± 1.32 <sup>ab</sup>	5.56 ± 1.3
CitNa	91.57 ± 1.72 <sup>b</sup>	8.43 ± 1.7
FumNa	88.92 ± 0.21 <sup>c</sup>	11.08 ± 0.2
AcLac	92.75 ± 1.24 <sup>ab</sup>	7.25 ± 1.2
ForNa	93.76 ± 0.65 <sup>ab</sup>	6.24 ± 0.7
SucNa	91.91 ± 0.77 <sup>b</sup>	8.09 ± 0.8

\*Alimentos: AlCon, AceNa, ProNa, ButNa, CitNa, FumNa, AcLac, ForNa, SucNa (alimento control, acetato de sodio, propionato de sodio, butirato de sodio, citrato de sodio, fumarato de sodio, ácido láctico, formiato de sodio y succinato de sodio, respectivamente). Valores promedio de 5 replicas ± desviación estándar. \* Expresada como % materia seca retenida (%MSR). Valores con diferentes superíndices indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).



**Figura 10** Efecto de los ácidos orgánicos y sus sales como aditivos en dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* sobre materia seca retenida (%MSR). Valores con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

## 9. DISCUSIÓN

---

### Análisis químico proximal

Andrews y Sick, (1972)<sup>34</sup>; Shiau, (1998)<sup>35</sup>; Cruz-Suárez *et al.*, (2009)<sup>63</sup>; Nieto-López *et al.*, (2011)<sup>64</sup>; Cazares-Salazar, (2013)<sup>65</sup> reportan valores semejantes a los obtenidos en el presente trabajo sobre el análisis proximal de dietas en cultivo experimental de juveniles de *L. vannamei*.

Las dietas evaluadas fueron isoproteicas, isolipídicas e isoenergéticas, luego entonces las tasas de supervivencia, crecimiento, y ganancia en peso obtenidas durante los 45 días del experimento pueden considerarse como respuestas al nivel de inclusión 3% de los ácidos orgánicos y sus sales en los alimentos.

### Parámetros productivos

#### Supervivencia

El estudio del uso de ácidos orgánicos en la alimentación de camarones marinos es limitado y los pocos trabajos que existen fueron descritos en revistas de divulgación científica (Lückstädts, 2008).<sup>66</sup>

Los valores de supervivencia obtenidos en el presente estudio (96.3%) se encontraron por arriba a lo reportado por Anuta *et al.*, (2011)<sup>67</sup> quienes obtuvieron una supervivencia de 90.4%, al utilizar un acidificante comercial, a base de sulfato de calcio en dietas de *L. vannamei*. De igual manera Nuez-Ortin, (2011)<sup>68</sup> probó un acidificante comercial con butirato de sodio en dietas de *P. monodon* y reportó una supervivencia del 93%.

Ahmed y Sadek, (2012)<sup>69</sup>; Robles *et al.*, (2013)<sup>70</sup>; y Zhou *et al.*, (2009)<sup>71</sup> realizaron estudios en peces y reportaron valores de supervivencia semejantes a los obtenidos en el presente estudio, atribuidos al uso de ácidos orgánicos.

En base a esto se puede inferir que el uso de ácidos orgánicos y sus sales no causa efectos adversos sobre la supervivencia de juveniles de *L. vannamei*, a la vez es importante enfatizar que la mortalidad durante el experimento, se debió a que los organismos escaparon de los contenedores y no a un proceso patológico.

## Crecimiento

Los resultados del experimento arrojan inferencia estadísticas ( $P < 0.05$ ) sobre ganancia de peso y tasa relativa de crecimiento, por el uso de ácidos orgánicos y sus sales en el alimento.

Ng *et al.*, (2009)<sup>48</sup>; Ringo, (1991)<sup>49</sup>; Ringo *et al.*, (1994)<sup>50</sup>; Vielma *et al.*, (1997)<sup>51</sup>; Nuez-Ortín, (2011)<sup>68</sup>; Zhou *et al.*, (2009)<sup>71</sup>; y Da Silva *et al.*, (2013)<sup>72</sup>, atribuyen el factor crecimiento al incremento en digestibilidad y absorción de nutrientes que provoca el uso de ácidos orgánicos acompañado de una alteración en la microbiota del tracto gastrointestinal, se presume que los ácidos orgánicos mostraron el mismo comportamiento en el presente estudio, ya que en todos los casos su uso superó a la dieta control. No obstante se puede comentar que no todos los ácidos orgánicos y sus sales generan la misma respuesta en ganancia de peso, esto corresponde a lo que reportan García de Faria, (1999)<sup>73</sup> y Gardner, (1972)<sup>74</sup> que la constante de disociación, el tipo, la concentración y la solubilidad de los ácidos influyen sobre su respuesta.

El efecto de los ácidos orgánicos sobre ganancia de peso mostró ser en su mayoría mejor al peso ganado por el tratamiento control, resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Kühlmann *et al.*, (2011)<sup>75</sup> en *L. vannamei*, al utilizar diformiato de potasio (KDF) a concentraciones de 0.2% y 0.5% observaron que la ganancia de peso fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) para ambas concentraciones, respecto al tratamiento control. En contraparte Anuta *et al.*, (2011)<sup>67</sup> al utilizar un acidificante comercial en *L. vannamei*, no obtuvieron diferencias estadísticas sobre los parámetros de crecimiento ( $P > 0.05$ ).

Zheng *et al.*, (2009)<sup>76</sup> reportaron incrementos en peso final al adicionar butirato de sodio al 0.05% en la dieta para alevines de tilapia *Oreochromis niloticus*. De igual

manera, Ahmed y Sadek, (2012)<sup>69</sup> mostraron diferencias estadísticas en peso final, al utilizar butirato de sodio sólo o asociado a un probiótico comercial (Protexin<sup>®</sup>), en tilapia nilótica. Se sabe por otros estudios realizados tanto en animales como en el hombre (Defoirdt *et al.*, (2009)<sup>43</sup>; Sánchez *et al.*, (2009)<sup>77</sup>; Velázquez *et al.*, (1996)<sup>78</sup>; Scheppach, (1994)<sup>79</sup>) que el uso de butirato promueve el crecimiento de las vellosidades intestinales, y con ello aumenta su capacidad de absorción de nutrientes, por ello se puede presumir que este efecto ocurrió en el intestino del camarón en el presente estudio.

Por otra parte Ringo, (1991)<sup>49</sup> reportó el uso de lactato y propionato de sodio en *Salvelinus alpinus*, mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en crecimiento para el tratamiento adicionado con lactato de sodio 1%, respecto al tratamiento control y propionato de sodio. Además hace mención que el uso de propionato de sodio 1% tuvo un efecto negativo en comparación con la dieta control. En contraparte al estudio de Ringo, el uso de propionato de sodio al 3% en este trabajo si incrementó el crecimiento de juveniles de camarón blanco del Pacífico, al ser estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) al tratamiento control.

El factor de conversión alimenticia (FCA) obtenido en este trabajo fue elevado en todos los tratamientos, el mayor FCA lo obtuvo la dieta FumNa (2.58:1), este comportamiento se puede relacionar a la baja estabilidad en agua de esta dieta al incrementar el porcentaje de lixiviación, por lo cual el consumo de alimento pudo ser sobrestimado, al dificultarse la visualización del alimento residual aparente en el contenedor. En contraparte a nuestro trabajo Anuta *et al.*, (2011)<sup>67</sup>, reportan menores valores de FCA entre 1.7 y 1.5 en dietas con sulfato de calcio para *L. vannamei*. De igual manera Kühlmann *et al.*, (2011)<sup>75</sup> obtuvieron valores entre 1.4 y 1.5 de FCA con diformiato de potasio para la misma especie. Sin embargo, Zhou *et al.*, (2009)<sup>71</sup> mostraron valores en FCA entre 2.38 y 2.63 con el uso de diformiato de potasio (DFK) en tilapia, estos valores se asemejan a los obtenidos en juveniles de *L. vannamei* con el uso de diferentes ácidos orgánicos y sus sales.

Con base a los resultados de tasa de crecimiento semanal, factor de conversión alimenticia y porcentaje de sobrevivencia, y dado el hecho de que fueron

evaluados diferentes tratamientos experimentales, se estableció un índice de desempeño productivo como referencia al momento de evaluar la eficiencia del alimento, tal como reportan (Nogales-Acuña, (2010)<sup>80</sup>; Martínez-Antonio, (2014)<sup>81</sup>), ellas consideran que el valor ideal de desempeño se presenta cuando la proporción es igual o mayor a 1.0, sin embargo, mencionan que si el FCA es mayor a 2.0 este índice disminuye a 0.5. Considerando lo anterior los valores obtenidos en el presente estudio muestran relación a lo reportado por Martínez-Antonio, (2014)<sup>81</sup> al obtener valores en desempeño productivo entre 0.11-0.16 en juveniles de *Litopenaeus vannamei* en cultivos hiperintensivos en condiciones de laboratorio. Por tanto se concluye que para obtener mayores valores en desempeño productivo, se requiere reducir el FCA tras el uso de ácidos orgánicos y sus sales en la alimentación del camarón.

La eficiencia proteica (EP) es utilizada para determinar el valor biológico de una proteína y comparar experimentalmente la proporción de la proteína que el organismo es capaz de utilizar. Akiyama, (1993)<sup>3</sup> reporta que la proteína es el ingrediente más costoso en la dieta del camarón, por lo que su inclusión debe optimizarse. Por otra parte Mazid *et al.*, (1997)<sup>82</sup> reportan que la calidad y el consumo de la proteína afectan los valores de EP.

Dicho esto, se puede atribuir la baja eficiencia proteica que obtuvieron los tratamientos FumNa y ForNa, respecto al tratamiento control, porque ambas dietas presentaron un mayor consumo de alimento y por ende un mayor consumo de proteína la cual pudo no ser aprovechada al 100%, ya que una vez que se cubren los requerimientos de energía: proteína, el excedente ya no es destinado a crecimiento, sino que es desaminado y desechado tal como reporta Claybrook, (1983)<sup>83</sup>. Este comportamiento sobre la eficiencia proteica también fue observado por Cruz-Suárez *et al.*, (2000)<sup>84</sup> y Gutiérrez-Leyva (2006)<sup>85</sup>, al evaluar el uso de *Macrocystis pyryfera* en alimentos para juveniles de *L. vannamei*, observaron que al incrementarse el consumo de alimento, disminuyó la eficiencia proteica.

Con base a lo antes mencionado, se determinó que la inclusión de ácidos orgánicos y sus sales como aditivo en alimento de juveniles de *L. vannamei*

promovió su desarrollo al mejorar la tasa de crecimiento, ganancia de peso y el desempeño productivo.

## Estabilidad de los alimentos

La estabilidad hídrica, se refiere a la pérdida de la materia seca y es considerada una propiedad física de los alimentos, cabe mencionar que a la par de pérdida de materia seca también ocurre una pérdida de nutrientes por “lixiviación química”, especialmente de nutrientes solubles como aminoácidos libres y otros compuestos como las vitaminas, que modifican la composición de los alimentos. Sin embargo, en este estudio no se analizó la lixiviación de nutrientes.

Obaldo *et al.*, (2002)<sup>59</sup> definen estabilidad de los alimentos como la retención de la integridad física del pellet con la mínima lixiviación y disgregación en el agua hasta ser consumida por el animal, de igual manera enfatizan la importancia en mantener una buena estabilidad en dietas para camarones por los hábitos lentos que éstos presentan al comer, ellos proponen que el porcentaje máximo deseable en la dieta es del 15% de lixiviación. Por otra parte Cuzon *et al.*, (1994)<sup>86</sup> sugieren que en dietas de crustáceos las pérdidas de materia seca por lixiviación no deben superar el 10%, al transcurrir 1 h de inmersión.

Hasta hoy no se cuentan con más estudios que reporten el efecto de ácidos orgánicos y sus sales sobre el porcentaje de estabilidad del alimento en agua. Sin embargo, los valores presentados en este trabajo son semejantes a lo reportado por otros investigadores, por ejemplo, Gucic, (2008)<sup>87</sup> reportó al utilizar dietas comerciales y experimentales para *L. vannamei* una estabilidad en agua superior al 86%. De igual manera Terrazas-Fierro, (2010)<sup>88</sup> obtuvo valores entre 89.6% y 98.9% de estabilidad del alimento en agua.

Con base en los resultados de retención de materia seca en los alimentos del presente estudio, se determinó que los ácidos orgánicos afectan la estabilidad de los alimentos en agua, al mostrar diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) respecto al tratamiento control. Se requieren más investigaciones que sustenten este hecho.

## 10. CONCLUSIÓN

---

Con el presente trabajo se puede concluir que el uso de ácidos orgánicos y sus sales derivadas mejoran los parámetros zootécnicos de juveniles de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* de manera significativa, tal es el caso de las sales derivadas de los ácidos fumárico, butírico y succínico, que pueden ser consideradas como una alternativa en la alimentación de camarones marinos, por sus efectos de promover su crecimiento, sin afectar su supervivencia. Sin embargo se requiere mayor investigación para reducir el FCA y hacer rentable su uso a nivel comercial.

## 11. RECOMENDACIONES

---

Determinar la digestibilidad *in vivo* de materia seca, proteína, aminoácidos esenciales y carbohidratos de los alimentos experimentales.

Determinar el efecto en la digestibilidad *in vitro* de las dietas experimentales.

Calcular la inclusión para cada uno de los ácidos orgánicos y/o sus sales, en base a su concentración mínima inhibitoria frente agentes patógenos para contrastar la supervivencia, así mismo determinar también la inclusión mínima de los ácidos como promotores de crecimiento, mediante el método de ruptura de línea.

Evaluar la estabilidad química de las dietas experimentales mediante cromatografía de líquidos de alta eficacia, para conocer la cantidad de nutrientes que pueden perderse por lixiviación.

Determinar la atractabilidad de los alimentos experimentales y determinar el factor de correlación que existe con el crecimiento de los organismos.

Realizar más investigaciones que corroboren las mejoras de los parámetros productivos en las distintas etapas de desarrollo de *L. vannamei*.

Obtener el alimento residual de cada contenedor, secarlo y pesarlo para poder calcular mejor el FCA, en futuras investigaciones.

## 12. REFERENCIAS

---

1. DEPARTAMENTO DE PESCA Y ACUICULTURA. El estado mundial de la pesca y acuicultura 2012. Roma (Italia): FAO 2012.
2. CONAPESCA. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2011. Mazatlan, Sinaloa México. 2011.
3. AKIYAMA DM, DOMINY WG, LAWRENCE AL. Penaeid shrimp nutrition. In: Marine shrimp culture: principles and practice. Elsevier 1993; 535-568.
4. CRUZ SUÁREZ LE. Enzimas digestivas y estudios sobre digestibilidad para organismos acuáticos. In: CRUZ SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D. Y MENDOZA ALFARO (Ed.) 1999. Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 1999. 11-13 Noviembre, 1996. Monterrey, N.L., México. ISBN 968-7808-62-4. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México. 207-230.
5. HARDY RW, BARROWS FT. Diet Formulation and Manufacture. In: Fish Nutrition 3rd Edition. Elsevier 2002; 506: 506-507.
6. CARRILLO O, VEGA-VILLASANTE F, NOLASCO H, GALLARDO N. (2000). Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. In CRUZ-SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D, TAPIA-SALAZAR M, OLVERA-NOVOA MA, & CIVERA-CERECEDO R (Ed.), Avances en Nutrición Acuícola V. 90-99.
7. ENCARNAÇÃO P. Varied feed additives improve gut animal health. Glob. Aquacul. Advo. 2010; 41-42.
8. McMURRY J. Química orgánica 5ª ed. Internacional Thomson Editores 2001; 814-830.
9. CECCALDI HJ. Anatomy and physiology of digestive tract of Crustaceans Decapods reared in aquaculture. Advances in Tropical Aquaculture. Aquacop. IFREMER Actes de Colloque 1989; 243-259.

10. AGUILERA-RIVERA D. 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, 1993) (tesis de licenciatura) México D.F, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. (2011) 116 p.
11. GUILLAUME J, CECCALDI HJ. Nutrición y alimentación de langostinos en cultivos intensivos y extensivos. In: GUILLAUME J, KAUSHIK S, BERGOT P, MÉTAILLER R. (Eds.) Nutrición y alimentación de peces y crustáceos Madrid: Mundi Prensa 2004; 315-328.
12. GIBSON R, BARKER PL. The decapod hepatopancreas. *Oceanogr. Mar. Biol* 1979; 77:285-346.
13. AL-MOHANNA SY, NOTT JA. Functional cytology of the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda) during the moult cycle. *Mar. Biol.*1989; 101(4):535-544.
14. DALL W, HILL BJ, ROTHILISBERG PC, SHARPLES DJ. The biology of the Penaeidae. *Adv. Mar. Biol.* 1991; 27:7-54.
15. BRUNET M, ARNAUD J, MAZZA J. Gut structure and digestive cellular processes in marine Crustacea. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 1994; 32:335-367.
16. AKIYAMA DM, DOMINY WG. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In: Texas Shrimp Farming Manual 1989; 1:50.
17. MARTE C. The food and the feeding habits of *Penaeus monodon* (Fabricius) Collected from Makato River, Aklan, Philippines (Decapoda Natantia). *Crustaceana*, 1980; 38(3):225-236.
18. ZENDEJAS J. Alimentos para camarón y sistemas de alimentación. In: PURINA S.A. (Ed.), Taller sobre el cultivo de camarón. Mazatlán, Sinaloa. 1991; 1–14.
19. SMITH PK, KROHN RI, HERMANSON GT, MALLIA AK, GARTNER FH, PROVENZANO MD, FUJIMOTO EK, GOEKE NM, OLSON BJ, KLENK DC. Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Anal Biochem*, 1987; 163(1): 279.

20. FORSTER JR. Studies on the development of compounded diets for prawns. In Proceedings of the First International Conference on aquaculture nutrition 1975:229-248.
21. KANAZAWA A. Nutrition of Penaeid Prawns and Shrimps. Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps, Iloilo City, Philippines 1984(a); 123-127.
22. LIM CH, PERSYM A. Practical feeding the penaeid shrimp. In: Nutrition and Feeding of Fish. New York, USA: Springer 1999. 266-273.
23. COLVIN LB, BRAND CW. The protein requirement of penaeid shrimp at various life-cycle stages in controlled environment systems. Proc. World Maricul. Soc. 1977; 8(1-4):821-840.
24. SWEETMAN, E. Feed formulation flexibility- Understanding the specific nutrient requirements of shrimp enables feed formulation flexibility in times of challenging commodity pricing. International Aquafeed 2011; September-October (5):33-34.
25. MCDONALD P, EDWARDS RA, GREENHALGH JFD. Nutrición Animal (5 Ed.). Zaragoza, España: Acribia Editorial S.A. 1999. 27-43.
26. RIVERA PÉREZ C. Lipasas digestivas de camarón blanco *Penaeus vannamei* (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 2007.
27. TACON AG. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Feeding methods. Washington, USA: Argent Laboratories Press 1990; 3:208
28. STUCK KC, STUCK LM, OVERSTREET RM, SHIAO WY. Relationship between BP *Baculovirus penaei* and energy reserves in larval and postlarval Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. Dis. Aquat. Org. 1996; 24: 191-198.
29. RIVERA PÉREZ C. Lipasas en *Penaeus vannamei*: Genes y proteínas involucradas en la hidrólisis de triacilglicéridos (tesis de doctorado) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 2010.

30. NEW MB. Feed and feeding of fish and shrimp. A manual the preparation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. Aquaculture Development and Coordination Programme 1987; 27:275.
31. TESHIMA S. Phospholipids and sterols. In: D'Abramo LR, CONKLIN DE, AKIYAMA DM. Crustacean nutrition. Baton Rouge (USA): World Aquacul. Soc.1997; 85-107.
32. CRUZ-SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D, DOMÍNGUEZ V. Utilización de la lecitina en la nutrición acuícola: Crustáceos. In CRUZ-SUÁREZ. Y R. MENDOZA (Ed.). 1996. Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 Noviembre de 1994. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L., México. 45-79.
33. CORTÉS-JACINTO, E. Frecuencia y distribución alimenticia en el cultivo intensivo de juveniles del camarón blanco *Penaeus vannamei* (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 1998.
34. ANDREWS JW, SICK L. Studies on the nutritional requirements of penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc 1972; 3:403-414.
35. SHIAU SY. Nutrient requirements of penaeid shrimps. Aquaculture 1998; 164:77-93.
36. KANAZAWA A, TESHIMA S, SASAKI M. Requirements of the juvenile prawn for calcium, phosphorus, magnesium, potassium, copper, manganese, and iron. Mem Fac. Fish Kagoshima Univ. 1984(b); 33; 33(1):63-71.
37. COWEY CB, SARGENT JR. Fish nutrition. In: Fish Physiology, Vol. VIII. Randal, D.J. et Brett, J.R. (Eds.) Academic Press 1979. 52-56.
38. DAVIS DA, LAWRENCE AL, GATLIN DM III. Response of *Penaeus vannamei* to dietary calcium, phosphorus and calcium: phosphorus ratio. J. World Aquacult. Soc. 1993; 24, 504–515.
39. CHO CY, SLINGER SJ, BAYLEY HS. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. Comp. Biochem. Physiol. 1982; 73(b):25-41.

40. GALINDO J, FRAGA I, DE ARAZOZA M, ÁLVAREZ JS, RAMOS D, GONZÁLEZ R. Requerimientos nutricionales de juveniles de Camarón Blanco (*Litopenaeus schmitti*): evaluación de dietas prácticas. CIVA 2002:84-94. [www.oceandocs.net/bitstream/1834/1951/1/GALINDO%2520CIVA%25202003.pdf](http://www.oceandocs.net/bitstream/1834/1951/1/GALINDO%2520CIVA%25202003.pdf)
41. LÜCKSTÄDTS C. The use of acidifiers in fish nutrition. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resource 2008; 3(044):8.
42. LÜCKSTÄDTS C. The use of acidifiers in fisheries and aquaculture. In: LÜCKSTÄDTS C (Ed.), Acidifiers in animal nutrition: a guide to feed preservation and acidification to promote animal performance. United Kingdom: Nottingham University Press. 2007:71-79.
43. DEFOIRD T, BOON N, SORGELOOS P, VERSTRAETE W, BOSSIER, P. Short-chain fatty acids and poly- $\beta$ -hydroxyalkanoates: (New) Biocontrol agents for a sustainable animal production. Biotech. Adv. 2009; 27:680-685.
44. LEHNINGER AL, NELSON DA, COX MM. Principles of biochemistry. New York, USA: Worth Publishers 2007; 1232.
45. LÜCKSTÄDTS C. Acidifiers in aquaculture prove beneficial. Feed Mix 2006; 14(3); 1-2.
46. LIM C, LÜCKSTÄDTS C, KLESIUS PH. Review: Use of organic acids, salts in fish diets. Glob. Aquacul. Advo. 2010; 5; 5(9-10):45-46.
47. BADUI DS. Química de los alimentos. Pearson Educación, 2006; 1-25.
48. NG WK, CHIK-BOON K, KUMAR S, SITI-ZAHRAH A. Organic Acids Potential Replacement for Antibiotic Treatments of Tilapia. Glob. Aquacult. Advo. 2009; 5(9-10):93-94.
49. RINGØ E. Effects of dietary lactate and propionate on growth and digesta in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Aquaculture 1991; 96(3-4):321-333.
50. RINGØ E, OLSEN RE, CASTELL JD. Effect of dietary lactate on growth and chemical composition of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. J. World Aquacul. Soc. 1994; 25(3):483–486.

51. VIELMA J, LALL SP. Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacul. Nutr.* 1997; 3(4):265-268.
52. SARKER SA, SATOH S, KIRON V. Supplementation of citric acid and amino acid-chelated trace element to develop environment-friendly feed for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture* 2005; 248(1-4):3-11.
53. HOSSAIN MA, PANDEY A, SATOH S. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in red sea bream *Pagrus major*. *Fish. Sci.* 2007; 73; 73(6):1309-1317.
54. KHAJEPOUR F, HOSSEINI SA. Calcium and phosphorus status in juvenile Beluga *Huso huso* fed citric acid-supplemented diets. *Aquacul. Res.* 2012; 43(3):407-411.
55. LÜCKSTÄDTS C. The use of probiotics in aquaculture. *Feed business Asia* 2005; 32-34.
56. CIVERA R, GUILLAUME JC. Effect of sodium phytate on growth and tissue mineralization of *Penaeus japonicus* and *P. vannamei* juveniles. *Aquaculture.* 1989; 77:145-156.
57. HORWITZ W & LATIMER GW. Animal feed. In: HORWITZ W & LATIMER GW (Eds). *Official methods of analysis.* 18<sup>th</sup> edition. Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C) Inc., Gaithersburg, Maryland, EUA, 2005. 2-46.
58. KITABAYASHI K, KURATA H, SHUDO K, NAKAMURA K, ISHIKAWA S. Studies of formula feed for Kurama prawn I: on the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Takai Regional Fisheries Research Laboratory.* 1971; 65:91-107.
59. OBALDO LG, DIVAKARAN S, TACON AG. Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. *Aquacul. Res.* 2002; 33(5):369-377.
60. OTT LR. Analyzing data: analysis of variance methods. In: OTT LR & LONGNECKER M (Eds). *An introduction to statistical methods and data analysis.* Belmont, California, EUA: Duxbury Press 1992. 471-474.
61. SOKAL RR, ROHLF FJ. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research.* W. H. Freeman, 1995; 887.

62. ZAR J. Biostatistical Analysis. Electronic Technical Publishing 1999; 177-206.
63. CRUZ-SUÁREZ LE, TAPIA-SALAZAR M, VILLARREAL-CAVAZOS D, BELTRAN-ROCHA J, NIETO-LÓPEZ MG, LEMME A, RICQUE-MARIE D. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean Ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture* 2009; 292:87-94.
64. NIETO-LÓPEZ MG, TAPIA-SALAZAR M, RICQUE-MARIE D, VILLARREAL-CAVAZOS D, LEMME A, CRUZ-SUÁREZ LE. Digestibility of different wheat products in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture* 2011; 319:369-376.
65. CAZARES-SALAZAR R. 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*) (tesis de licenciatura) Distrito Federal México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM 2013.
66. LÜCKSTÄDTS C. The use of acidifiers in fish nutrition. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resource* 2008; 3(044):8.
67. ANUTA J, BUENTELLO A, PATNAIK S, LAWRENCE L, MUSTAFA A, HUME M. Effect of dietary supplementation of acidic calcium sulfate (Vitoxal) on growth, survival , immune response and gut microbiota of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *World Aquacul. Soc.* 2011; 42(6):834-844.
68. NUEZ-ORTIN WG. Gustor-Aqua: an effective solution to optimize health status and nutrient utilization. *International Aquafeed*. 2011. (May–June, 18-20).
69. AHMED HA, SADEK KM. Effect of dietary supplementation of sodium butyrate and/or Protexin<sup>®</sup> on the growth performance, some blood parameters, and immune response of *Oreochromis niloticus*. In: 5th Sci. Congr. of Egypt. Soc. For Anim. Manag. 18-22 Sept., 2012; 103 -119.

70. ROBLES R, LOZANO AB, SEVILLA A, MÁRQUEZ L, NUEZ-ORTÍN WG, MOYANO FJ. Effect of partially protected butyrate used as feed additive on growth and intestinal metabolism in sea bream *Sparus aurata*. Fish Physiol. Biochem., 2013;39:1567-1580.
71. ZHOU Z, LIU Y, HE S, SHI P, GAO X, YAO B, RINGO E. Effects of dietary potassium diformate (KDF) on growth performance, feed conversion and intestinal bacterial community of hybrid tilapia. *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. Aquaculture, 2009; 291:89–94.
72. DA SILVA BC, VIEIRA FDN, MOURIÑO JLP, FERREIRA GS, SEIFFERT WQ. Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. Aquaculture 2013; 384-387:104-110.
73. GARCIA DE FARIA H. Efeito do ácido acético administrado na água sobre o desempenho de ratos recém-desmamados *Rattus norvegicus* da linhagem Wistar. Acta Scientiarum 1999; 21(2):359-362.
74. GARDNER WH. Acidulants in food processing. In: FURIA TE (Ed), Handbook of food additives. CRC Press 1972: 225-270.
75. KÜHLMANN KJ, JINTASATAPORN O, LÜCKSTÄDT C. Dietary potassium-diformate (KDF) improves growth performance of white-leg shrimp *Litopenaeus vannamei* under controlled conditions. International Aquafeed 2011. (March–April, 19–22).
76. ZHENG RG. The effect of sodium butyrate on the growth performance and intestinal mucous structure of fresh water fish. PhD thesis <http://www.globethesis.com/?t=2143360272979206> China, 2009.
77. SÁNCHEZ HI, POSADAS HE, SÁNCHEZ RE, FUENTE MB, HERNÁNDEZ EJ, LAPARRA JL, ÁVILA GE. Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. Rev. Vet. Mex. 2009;(4):40.
78. VELÁZQUEZ OC, HOWARD ML, ROMBEAU JL. Butyrate and the Colonocyte: Implications for Neoplasia. Dig. Dis. Sci. 1996;41(4):727-739.
79. SCHEPPACH W. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. Gut 1994;35:1 Suppl S35-S38.

80. NOGALES-ACUÑA R. Evaluación de la liberación y retención de los componentes de Nitrógeno y Fósforo de dietas comerciales suministradas al camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2010.
81. MARTÍNEZ-ANTONIO E. Niveles de nutrientes residuales, ecoeficiencia, desempeño productivo y estado fisiológico de *Litopenaeus vannamei* a diferentes niveles de proteína por efecto de microbiota en cultivos hiperintensivos (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2014.
82. MAZID MA, ZAHER M, BEGUM NN, ALI MA, NAHAR F. Formulation of cost effect feeds from locally available ingredients for carp polyculture systems for increased production. *Aquaculture* 1997; 151:71-78.
83. CLAYBROOK DL. Nitrogen metabolism. In: MANTEL LH. (Ed), *The Biology of Crustacea. Internal Anatomy and Physiological Regulation*. Vol. 5. Academic Press 1983;163-213
84. CRUZ-SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D, TAPIA-SALAZAR M, GUAJARDO-BARBOSA C. Uso de harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. In: CRUZ-SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D, TAPIA-SALAZAR M, OLVERA-NOVOA MA, CIVERA-CERECEDO R. (Eds.). 2000. *Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 Noviembre, Mérida, Yucatán. 227-266.
85. GUTIERREZ-LEYVA R. Uso de harinas de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* En alimentos balanceados para el camarón *Litopenaeus vannamei*: efectos sobre el crecimiento y la digestibilidad *in vivo* (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 2006.
86. CUZON G, GUILLAUME J, CAHU C. Composition, preparation and utilization of feeds for Crustacea. *Aquaculture* 1994; 124:253-267.
87. GUCIC M. Digestibilidad *in vivo* de alimentos comerciales y experimentales para camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado a diferentes salinidades (tesis de maestría) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2008.

88. TERRAZAS-FIERRO M. Digestibilidad aparente in vivo de materia seca, proteína y aminoácidos de ingredientes de origen marino y terrestre. y su aplicación para el estudio de requerimientos nutricionales en juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (tesis de doctorado) La Paz (B.C.S) México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 2010.