

**EFFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE LA HARINA DE PESCADO POR  
HARINA VEGETAL EN LA DIETA DE *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) Y  
SU INTERACCIÓN EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO Y DOS LINEAS  
GENETICAS.**

**ALINA VILLA MORENO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y ECOLOGÍA ACUÁTICA TROPICAL  
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
SANTA MARTA  
2013**

**EFFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE LA HARINA DE PESCADO POR  
HARINA VEGETAL EN LA DIETA DE *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) Y  
SU INTERACCIÓN EN DOS SISTEMAS DE CULTIVO Y DOS LINEAS  
GENÉTICAS.**

Tesis de postgrado para optar el título de magister en acuicultura y ecología  
acuática tropical

**ALINA VILLA MORENO**

**DIRECTOR:**

**M.Sc CARLOS PULGARÍN**

**CODIRECTOR:**

**M.Sc NICOLÁS CHAPARRO MUÑOZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y ECOLOGÍA ACUÁTICA TROPICAL**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

**SANTA MARTA**

**2013**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**Director**

---

**Evaluador**

---

**Evaluador**

---

## DEDICATORIA

A DIOS y la Niña María de Caloto, por darme salud, sabiduría y calma para lograr mis objetivos.

A mis padres, ANA MILENA Y RAUL, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional en las decisiones que he tomado. A mi madre le agradezco el amor, la confianza y las palabras precisas en el momento oportuno; a mi padre además de su infinito amor, el demostrarme que la incapacidad solo está en la mente, que con esfuerzo y perseverancia no hay meta inalcanzable.

A mi esposo JUAN FELIPE por la compañía, amor y comprensión, por impulsarme a culminar con esta etapa importante en nuestro futuro.

A mi tía MARLEN, por estar pendiente de cada paso en mi vida, y ser mi segunda mamá, a mis sobrinos JUAN CAMILO Y JULIANA y mis primos PONCHO, PIPE, a mis negras, a mis monas, DANI Y a mi abuela AURA por su cariño. Quiero que se sientan orgullosos de mí y que de uno u otra manera les pueda aportar en su futuro.

A mis angelitos guardianes, mi abuela MERCEDES, a mi tío JULIAN que donde quiera que se encuentre espero que esté muy orgulloso de mí, a mi sobrina SOFIA porque en el poco tiempo que nos acompañó en la tierra, dejó clavado en mi corazón un amor inmenso y unas ganas de seguir adelante, demostrándome que a pesar de los inconvenientes siempre hay espacio para una sonrisa.

A los familiares y amigos que no fueron nombrados aquí pero saben que los llevo en mi corazón y que han hecho parte de este camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto fue ideado por CENIACUA y financiado por COLCIENCIAS, a las dos entidades muchas gracias por permitirme hacer parte de tan interesante investigación y así poder hacer mi contribución al buscar alternativas que favorezcan al medio ambiente.

Al Doctor ANDRES SUAREZ, JAIME FAILLACE, MABEL, LINDA, FERNANDO y a mi director CARLOS PULGARÍN por brindarme su apoyo en este proceso, por confiar en mí y por hacerme sentir en casa.

Al grupo corporación centro de investigación de la acuicultura en Colombia CENIACUA, a todos muchas gracias por estar pendientes, por enseñarme con paciencia y contribuir en esta investigación. Especialmente a William, Bryan y Adriana.

Al profesor NICOLAS CHAPARRO por aportar sus conocimientos en este estudio.

A mis amigos de la maestría, por compartir su conocimiento y hacer ameno cada espacio que compartimos juntos, DIANA, NEIL Y HECTOR y en especial a ANA CAROLINA por apoyarme y colaborarme en todo el proceso.

A mis amigas DIANA, TIFF, MARY, LU, ADRI Y CARO Y Mis monjas ADRI, PAO Y AMY porque a pesar de la distancia siempre he contado con su apoyo.

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| PRESENTACIÓN .....   | 1  |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                            | 2  |
| 2. ESTADO DEL ARTE.....  | 5  |
| 3. MARCO TEORICO .....   | 7  |
| 3.1 Importancia de <i>Litopenaeus vannamei</i> .....           | 7  |
| 3.2 Aspectos nutricionales .....                               | 8  |
| 3.3 Piensos tradicionales para camarón .....                   | 8  |
| 3.4 Importancia de la harina vegetal .....                     | 9  |
| 3.5 Selectividad genética .....                                | 10 |
| 4. JUSTIFICACIÓN.....  | 11 |
| 5. OBJETIVOS .....   | 13 |
| 5.1 Objetivo general.....                                      | 13 |
| 5.2 Objetivos Específicos.....                                 | 13 |
| 6. MATERIALES Y METODOS.....                                   | 14 |
| 6.1 Área de estudio.....                                       | 14 |
| 6.2 Animales.....  | 14 |
| 6.3 Dietas .....   | 15 |
| 6.4 Evaluación de la calidad físico química de las dietas..... | 15 |
| 6.5 Evaluación en Aguas Claras (Tanques).....                  | 17 |
| 6.6 Evaluación en piscinas comerciales (Estanque) .....        | 19 |
| 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....                                  | 21 |
| 8. RESULTADOS .....  | 22 |
| 8.1 Calidad de agua.....                                       | 22 |

|  |    |
|--|----|
| 8.2 Evaluación de la calidad físico química de las dietas..... | 23 |
| 8.3 Crecimiento y Supervivencia.....                           | 24 |
| 8.4 Parámetros productivos.....                                | 31 |
| 8.5 Interacción entre los factores.....                        | 36 |
| 9. DISCUSIÓN.....  | 37 |
| 9.1 Calidad de agua.....                                       | 38 |
| 9.2 Dietas.....  | 38 |
| 9.3 Crecimiento y supervivencia en líneas genéticas.....       | 42 |
| 9.4 PARAMETROS PRODUCTIVOS DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO.....     | 44 |
| 9.5 Densidad.....  | 45 |
| 10. CONCLUSIÓN.....  | 47 |
| 11. RECOMENDACIONES.....                                       | 48 |
| BIBLIOGRAFIA.....  | 50 |

## LISTA DE TABLAS

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| TABLA 1. Composición de la dieta experimental a base de harina vegetal (% del alimento)<br>.....   | 16                                   |
| Tabla 2. Cantidad de individuos pre-criados de <i>L.vannamei</i> sembrados en cada tanque.   | 18                                   |
| Tabla 3. Cantidad de individuos pre-criados de <i>L.vannamei</i> sembrados en cada estanque<br>.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 4. Resumen de variables de calidad de agua a través de una prueba de crecimiento de 94 días para <i>L. vannamei</i> , alimentados con las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia), cultivados en estanques y taques. Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar.....  | 23                                   |
| Tabla 5. Parámetros de calidad físico químicas de las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia). Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar. ....   | 24                                   |
| Tabla 6. Valores de peso promedio ganado y supervivencia de las dos líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> , alimentados con las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia), cultivados en estanques y taques durante 94 días. Los valores representan la media $\pm$ desviación estándar..... | 26                                   |
| Tabla 7. Parámetros de producción de un periodo de 94 días de crecimiento de <i>L. vannamei</i> alimentados con dietas que contienen altos niveles de harina de soja (dieta vegetal) y un alimento comercial utilizado como dieta referencia, en dos sistemas de cultivo, piscinas comerciales y tanques. ....   | 32                                   |



## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de CENIACUA. ....   | 14  |
| Figura 2. Crecimiento en gramos del camarón <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques .....                              | 27  |
| Figura 3. Crecimiento en gramos de las dos líneas genéticas usadas (L1y L2) de camarón <i>L. vannamei</i> alimentado con las dietas vegetal y referencia en estanques. ....                  | 27  |
| Figura 4. Crecimiento en gramos de las dos líneas genéticas usadas (L1y L2) de camarón <i>L. vannamei</i> alimentado con las dietas vegetal y referencia en tanques. ....                    | 28  |
| Figura 5. Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> alimentados con la dieta vegetal y referencia en los dos sistemas de cultivo (Estanques y Tanques). .... | 28  |
| Figura 6. Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> alimentados con la dieta vegetal y referencia en estanques. ....   | 29  |
| Figura 7. Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> alimentados con la dieta vegetal y referencia en tanques. ....   | 29  |
| Figura 8. Rendimiento en Kg/ha de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....   | 33  |
| Figura 9. Rendimiento en Kg/ha de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> en estanques..  | 34  |
| Figura 10. Rendimiento en Kg/ha de las líneas genéticas de <i>L. vannamei</i> en estanques.  | 34  |
| Figura 11. Valores promedio de FCA de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....                                     | 33  |
| Figura 12. Valores promedio de FE de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....                                      | 35  |
| Figura 13. Valores promedio de PER de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....                                     | 36  |
| Figura 14. Valores promedio de SGR de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....                                     | 374 |
| Figura 15. Valores promedio de la ganancia en peso semanal de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.....             | 37  |

|   |    |
|---|----|
| Figura 16. Valores promedio de la ganancia en peso de <i>L. vannamei</i> alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques. .... | 36 |
| Figura 17. Interacción entre la Línea genética en el sistema de cultivo estanques. ....   | 37 |
| Figura 18. Interacción entre la Línea genética en el sistema de cultivo tanques. ....   | 37 |

## PRESENTACIÓN

Son muchas las inquietudes acerca de las consecuencias ecológicas y económicas que acarrea el crecimiento de la producción acuícola, ya que su sostenibilidad es cuestionada al ser la harina de pescado la principal fuente proteica en los alimentos comerciales. Lo expuesto anteriormente, ha aumentado el interés a nivel mundial en la búsqueda de ingredientes alternativos de origen vegetal, cuya producción sea renovable y cubra la creciente demanda de alimentos acuícolas en el futuro. En línea con esta tendencia, en CENIACUA se adelantó el presente estudio, cuyo propósito fue evaluar dos dietas: una de origen vegetal con baja inclusión de harina de pescado (3%) y la otra un alimento comercial de referencia, con camarones precriados de la especie *Litopenaeus vannamei*, perteneciente a dos líneas genéticas del programa de mejoramiento genético. Estas fueron evaluadas en dos ambientes, estanques en tierra y tanques en fibra de vidrio bajo el sistema de producción en aguas claras o sin productividad primaria. Los camarones de 2.13 g fueron sembrados en estanques de 450 m<sup>2</sup>, para una densidad aproximada de 10 camarones/m<sup>2</sup>. Los tanques tenían una capacidad de 40 toneladas, se sembraron con un peso promedio de 3 g para una densidad inicial aproximada de 50 camarones/m<sup>2</sup>. El cultivo en ambos sistemas tuvo una duración de 94 días aproximadamente y se evaluaron al final las dietas en términos de supervivencia y crecimiento. Los resultados obtenidos en este estudio para las dos líneas genéticas, arrojó que existen diferencias significativas (P-value < 0.05) en crecimiento, favoreciendo en estanques a la dieta vegetal y en tanques a la dieta referencia; en cuanto a supervivencia y líneas genéticas no se encontraron diferencias significativas (P-value > 0.05). La dieta vegetal frente a la referencia no mostró diferencias significativas (P-value < 0.05) en términos de crecimiento, supervivencia, ganancia de peso semanal, FCA, PER, FE, de todos los animales cultivados, lo que demuestra que la harina de pescado puede ser sustituida parcialmente por fuentes de proteínas vegetales alternativas en alimentos para camarón sin comprometer la producción y el rendimiento de *L. vannamei* criados en estanques y tanques. Al evaluar la calidad de las dietas se observó que son aptas para cultivos de camarón, demostrando que son isocalóricas, isoproteicas, las líneas genéticas no presentaron interacción con las dietas ni los sistemas; sin embargo la línea genética L1 presentó buen rendimiento Kg/ha en ambos sistemas. Los estanques presentaron características aptas para sistema de cultivo de engorde de camarones en cuanto a densidad, crecimiento, supervivencia y rendimiento alimentados con la dieta vegetal.

**Palabras claves:** *Litopenaeus vannamei*, harina vegetal, harina de pescado, nutrición, cultivo, línea genética.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La camaronicultura representa uno de los sectores de producción de alimentos con más rápido crecimiento a nivel mundial. En 2008, la industria de la acuicultura aportó el 46% de la producción mundial de crustáceos, y suministró el 73% de los camarones peneidos producidos en todo el mundo (FAO, 2010). El camarón blanco, *L. vannamei* (Boone, 1931) ha sido la principal especie de crustáceos destinado a la acuicultura desde el año 2003, por tal razón es considerada una especie de gran importancia para el cultivo intensivo y semi-intensivo en estanques, canales y jaulas flotantes (Hardy, 2006; Martínez *et al.*, 2012). Este desarrollo ha implicado un aumento en el uso de harina de pescado (Fish meal FM - por sus siglas en inglés) por parte del sector de alimentos acuícolas (Allan, 2004). Debido a sus propiedades nutricionales, la harina de pescado ha sido durante mucho tiempo la principal fuente de alta proteína en alimentos acuícolas y probablemente continuará a ser utilizado como un suplemento en las fórmulas a base de plantas en el futuro cercano (Hardy, 2006).

El aumento de la producción de la acuicultura mundial, ha traído consigo un incremento en la demanda para la producción de alimentos para la acuicultura. La producción de alimentos para la acuicultura comercial ha aumentado de 7,6 millones de toneladas métricas en 1995 a 29.200.000 toneladas en 2008 y se espera que llegue a 71 millones de toneladas métricas en 2025 (Tacón *et al.*, 2011). El aumento en la producción de alimentos para la acuicultura se enfrenta a un desafío, debido al aumento en los costos y la disminución de la disponibilidad de ingredientes, incluyendo la harina de pescado y aceite de pescado (Deng *et al.*, 2013). La FM es la más utilizada en los alimentos acuáticos, ya que son una excelente fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y en general mejoran la palatabilidad (Samocha *et al.*, 2004). Sin embargo, el crecimiento continuo de la producción acuícola se hace insostenible si

la FM sigue siendo la principal proteína utilizada en dietas para organismos acuáticos (Hardy, 2010).

La disponibilidad de harina de pescado se está reduciendo, debido a que cada vez el recurso pesquero se vuelve insostenible para sus diversos usos (elaboración de piensos, consumo humano, fabricación de alimento para cultivos de diversas especies); razón por la cual aumenta los costos de producción si se sigue empleando como fuente de proteína en la actividad acuícola (Deng *et al.*, 2013; Ye *et al.*, 2011).

Una de las alternativas más estudiadas es la proteína vegetal. Algunas fuentes económicamente viables de esta proteína son: Harina de soya, extractos de harina de semillas de algodón, harina y hojas de leguminosas, papaya, harina de canola. Sin embargo, estas proteínas presentan niveles deficientes de aminoácidos esenciales (por ejemplo, lisina y metionina), factores antinutricionales, baja palatabilidad y digestibilidad, por lo cual su uso es aún limitado, (Tan *et al.*, 2005; Gatlin *et al.*, 2007; Akiyama 1989).

La proteína vegetal más estudiada en la actualidad es la harina de soya, ya que se considera como un alimento nutritivo y económico con alto contenido de proteína, perfil de aminoácidos razonablemente equilibrados en comparación con otras proteínas vegetales, precio favorable, disponibilidad en el mercado, ya que a diferencia de otras oleaginosas como la canola, girasol y palma, la soja es un grano con una alta proporción de proteína (Amaya *et al.* 2007; Lim y Dominy, 1990); conteniendo un porcentaje de proteína entre el 35 y 50 % y un perfil de aminoácidos esenciales que contempla arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, valina, triptófano (Burel *et al.*, 2000). Del producto se extrae cerca del 76% de harina y del 19% de aceite. De esta manera, aunque el aceite de soja tenga una demanda creciente, es el mercado de la harina, utilizada como fuente de proteína en los piensos para animales, el que determina la expansión de la producción del grano (Nassar y Barcellos, 2011). Además la

harina de soya genera menor impacto a nivel ambiental comparado con la harina de pescado debido al uso de peces extraídos del medio natural para alimentar a los peces de cultivo, ejerciendo una presión directa sobre los recursos pesqueros (Naylor *et al.*, 2000). Por esta razón, puede ser la fuente alternativa de proteína más prometedora para sustituir la harina de pescado (Paripatananont *et al.*, 2001; Peñaflorida, 2002; Chou *et al.*, 2004; Suarez *et al.*, 2009).

Los estudios de genética y nutrición en las industrias avícola, porcina y ganadera han sido desarrollados con miras a aumentar la producción de carne y leche, con el fin de lograr una interacción positiva entre un genotipo y la dieta, optimizando así el desempeño productivo (Koong *et al.*, 1983; Noblet *et al.*, 1991). Así mismo, en peces y crustáceos se ha avanzado en esta área, con el objetivo de lograr un uso más eficiente de los nutrientes proporcionados en las dietas (Kleveland *et al.*, 2006; Kolditz *et al.*, 2006). Algunas de las investigaciones en programas genéticos realizadas hasta el momento en diferentes especies, evidencian que existe un incremento del 10-15% en la tasa de crecimiento por generación, al igual que ganancia genética para otros caracteres de interés económico (Gong *et al.*, 2012; Gjedrem, 2000; Blanc, 2002). Estas investigaciones reflejan la necesidad de desarrollar nuevas líneas genéticas para obtener genotipos que optimicen el consumo y logren un mejor rendimiento en términos de crecimiento.

Aunque exista la capacidad de reemplazo de la harina vegetal, queda la posibilidad de que genotipos específicos respondan favorable o desfavorablemente a una determinada dieta, como se ha evaluado en salmónidos, encontrando diferencias en crecimiento al evaluar el efecto genotipo-dieta entre familias independientes (Blanc, 2002).

## 2. ESTADO DEL ARTE

A principios de la década de los 80, los alimentos acuícolas utilizaban aproximadamente el 10% de la producción mundial de harina de pescado anual. Para el periodo de 1995 a 2005, los alimentos acuícolas utilizaron entre 29% y 50%, de la producción mundial de harina de pescado anual (Hardy, 2010). Este aumento de la producción ha sido acompañado por una disminución en el precio del camarón, ya sea debido a los mercados deprimidos o sobreproducción. Por esta razón uno de los factores considerados para reducir los costos de producción de camarón y aumentar la rentabilidad de los productores, es el uso de alimentos con bajos niveles de harina de pescado y las fuentes de proteína vegetal con alta calidad, y menos costosa que la harina de pescado. (Amaya *et al.*, 2007)

A nivel mundial son numerosos los estudios que se han realizado en las formulaciones de los alimentos del camarón *L.vannamei*, con el fin de reducir los costos de los piensos reemplazando la harina de pescado por harina vegetal, principalmente por harina de soya, mezclas de harina de soya con harinas de animales terrestres, o sólo de estas últimas, con el objetivo de lograr un equilibrio en términos de palatabilidad, ácidos grasos, y/o aminoácido, entre otros. (Tacon y Akiyama, 1997; Hardy 2010; Ye *et al.*, 2011). Hernández *et al.* (2008), quienes realizaron la sustitución de FM por harina de carne de cerdo en *L. vannamei*, obteniendo que es una proteína de animal aceptable para el reemplazo de FM en un 35% sin causar efectos adversos en el crecimiento, sobrevivencia, FCA y PER. Samocha *et al.* (2004), investigaron la mezcla de harina de soya con subproductos de aves de corral, llegando a la conclusión que la dieta que contenía suplemento de huevo puede ser una opción para el reemplazo de FM en la dieta de *L. vannamei*. Otros autores como (Molina *et al.*, 2004; Sa *et al.*,2013; Amaya *et al.*,2007; Lim y Dominy 1990; Tan *et al.*, 2005; Sookying y Davis, 2011) encontraron resultados favorables en la sustitución de harina FM por harina de origen vegetal, principalmente por harina de soya SBM en altos porcentajes y en

algunos casos en su totalidad, utilizando diferentes sistemas de cultivo, como tanques con aguas claras, tanques en cemento con productividad primaria y estanques en tierra, sin afectar el rendimiento en el crecimiento, la supervivencia, el FCA entre otros. Autores como Penaflores, 2002 y Paripatananont, 2001 y Bulbul *et al.*, 2012, realizaron estudios similares pero en juveniles de *Penaeus indicus* y *P. merguensis*, *P. monodon* y *Marsupenaeus japonicus* respectivamente, obteniendo resultados similares.

A pesar de los adelantos anteriormente nombrados, Colombia siendo un país con gran proyección acuícola, han realizado pocos estudios dirigidos a evaluar el reemplazo de harina vegetal en la alimentación de *L. vannamei*. Uno de esos estudios fue conducido por Suarez *et al.* (2009), en CENIACUA, evaluando la sustitución de harina de pescado por harina vegetal (harina de soya y harina de canola) en cuatro dietas isoprotéicas e isoenergéticas en tanques con aguas claras sin productividad primaria, demostrando que la harina de soya-canola en una proporción de 70:30% es una combinación apropiada para sustituir FM, sin afectar la ganancia en peso de *L. vannamei*.

Los estudios que se han realizado en mejoramiento genético en *L. vannamei*, se han enfocado básicamente en la resistencia de enfermedades (Cock *et al.*, 2009; Moss *et al.*, 2007, 2010, 2011) y son pocos los estudios que se han basado en la interacción que existe entre el genotipo y la dieta. Gong *et al.* (2012) realizaron un estudio usando dos líneas genéticas (Línea T- crecimiento y línea G- rápido crecimiento y resistencia a altas densidades) alimentados con 5 dietas, dos de ellas comerciales y tres semipurificadas a las que llamaron A, B y C, las dietas A y C con tenían porcentajes de fuentes de proteína vegetal y animal (harina de pescado y harina de calamar). La dieta A contenía 7.9 y 40 y la dieta C 16.7 y 28.3 de proteína vegetal y animal respectivamente, la dieta B solo contenía harina de animal. Las dietas comerciales contenían 35 y 40 % de proteína total. Se usaron tres replicas por cada dieta a una densidad de 107 camarones/ m<sup>2</sup>, usando 25



camarones de cada línea y se completó con animales no marcados. En este estudio se observó que la dieta afectó el crecimiento, pero no hubo interacción entre las líneas genéticas y las dietas. Resultados como estos son lo que permiten seguir investigando con respecto a la interacción que pueda existir entre el genotipo y la dieta ya que estos avances permitirán aportar beneficios económicos para la industria, si se logran crear líneas genéticas específicas que logren un incremento en la producción como resultado del aumento en la tasa específica de crecimiento, supervivencia y el factor de conversión alimenticia.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Importancia general de *Litopenaeus vannamei***

El camarón blanco es uno de los camarones más ampliamente cultivados en el mundo. Cuenta con un rápido crecimiento, los machos maduran a partir de los 20 g y las hembras a partir de los 28 g en un tiempo de 6 a 7 meses (FAO, 2009-2013), los niveles de supervivencia en altas densidades y la resistencia a enfermedades lo han convertido en una buena opción para la producción intensiva de engorde (Yang *et al.*, 2009). Los sistemas intensivos y semi-intensivos de cultivo pueden ser deficientes cuando la dieta se limita a alimentos naturales, ya que la mayoría de requerimientos nutricionales se deben cumplir a través de un alimento formulado. Por lo tanto, la alimentación de este tipo de cultivos debe ser cuidadosamente formulada teniendo en cuenta los requisitos específicos de nutrientes de los camarones (Xia, 2010; Martínez *et al.*, 2012).

#### **3.2 Aspectos nutricionales**

Históricamente los peneidos adultos han sido considerados como organismos omnívoros, carroñeros o consumidores de detritus pero a pesar de esto no ocupan un lugar trófico definido, puesto que generalmente son oportunistas; la alimentación natural de los camarones es muy variable dependiendo del estadio en que se encuentren, consumiendo fitoplancton y zooplancton en los primeros estadios (larva), luego detritus (postlarva) y convirtiéndose en omnívoro en la etapa juvenil. Este consumo tan variado de alimento se podría explicar con las evidencias que hay acerca de su gran flexibilidad en la respuesta enzimática debido a que los camarones poseen una gran cantidad de enzimas digestivas que les permite digerir alimentos de diferentes orígenes (Lovett y Felder ,1990; Tacon, 2003).

### **3.3 Piensos tradicionales para camarón**

Los alimentos para camarones han sido desarrollados a partir del concepto “animales marinos comen animales marinos” (Allan, 2004). Por lo tanto harina de pescado, harina de camarón y harina de calamar son los más importantes y tradicionales componentes de estos alimentos, que contienen entre 30 y 50% de proteína cruda (Akiyama, 1989), los nutricionistas han enfocado sus esfuerzos en la investigación de requerimientos proteicos, aminoácidos esenciales e ingredientes que podrían proporcionar un suplemento adecuado de dichos nutrientes (Akiyama, 1989; Díaz *et al.*, 1996). Dichas investigaciones, junto con la aplicación de nuevas tecnologías de procesamiento, han contribuido a aumentar la idoneidad nutricional de las proteínas vegetales, convirtiéndolas en sustitutas parciales de las proteínas animales marinas en la dieta de compuestos para camarones peneidos (Martínez *et al.*, 2012).

La harina y el aceite de pescado son los compuestos dominantes en las dietas de camarones marinos. Estos dos ingredientes proveen aminoácidos esenciales (metionina y lisina), que son deficientes en la proteína de origen vegetal, y ácidos grasos (EPA y DHA) que no se encuentran en aceites vegetales. Proveen así energía ya que los animales tienden a convertir carbohidratos a energía de forma ineficiente (Naylor *et al.*, 2000).

### **3.4 Importancia de la harina vegetal**

Las fuentes de proteína alternativa poseen características que las hace inferiores que la FM, algunas tiene un bajo perfil de aminoácidos, otros tienen un valor nutricional inferior al requerido para el normal crecimiento de los organismos. Por lo tanto se adelantan investigaciones en donde se identifican los contenidos de estas fuentes de proteína, y si es el caso encontrar vías para adicionar, inactivar o eliminar componentes con el fin de convertirla en una dieta de uso animal. En el caso de los nutrientes y componentes de la FM que son encontrados en la

proteína vegetal, se puede identificar y optimizar una dieta que luego puede ser reemplazada o sustituida para alimentación en acuicultura ( Hardy, 2006).

La sustitución de harina de pescado con proteínas derivadas de vegetales en las dietas acuícolas representa ventajas económicas y ecológicas. Lim y Dominy, (1990) y Suarez *et al.* (2009) realizaron estudios en *L. vannamei* y Paripatananont *et al.*,(2001) en *Penaeus monodon*, encontrando que no hubo diferencias significativas entre la harina vegetal y la FM con respecto a rendimiento en peso. Por lo tanto, estos autores llegaron a la conclusión de que es posible la reducción en la concentración de harina de pescado en camarones, sin comprometer el rendimiento de los mismos.

### **3.5 Mejoramiento genético**

Las investigaciones de mejoramiento genético en *Litopenaeus vannamei*, se iniciaron en la década de los 90's (Cock *et al.*, 2009; Moss *et al.*, 2001, 2010), basándose en los resultados obtenido en especies tanto del reino animal como del reino vegetal, adaptando en cada caso las características biológicas de la especie y el objeto de estudio. Los organismos acuáticos generalmente presentan elevadas fecundidades, ciclos de vida complejos con fases larvarias y drásticos cambios morfológicos, fisiológicos y etológicos relacionados con variaciones en los ecosistemas de cría y en las variables físico-químicas, con relativa complejidad para reproducirlas en condiciones artificiales (Bécquer, 2005). Es por esto que los estudios en mejoramiento genético particularmente en *L. vannamei* se han enfocado hacia la obtención de un rápido crecimiento, tolerancia a altas densidades, supervivencia, y resistencia a enfermedades, obteniendo resultados prometedores (Gong *et al.*, 2012).

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es una especie de gran importancia económica para la industria de la acuicultura (Tan *et al.*, 2005). Pero los costos de alimentación contribuyen con alrededor del 60% del costo de producción de camarones cultivados intensivamente (Tan & Dominy 1997). Cantidad y calidad de las proteínas de la dieta son los principales factores que influyen en el crecimiento del camarón (Tacon y Akiyama, 1997); La harina de pescado se prefiere entre estas fuentes de proteínas, ya que es una excelente fuente de nutrientes esenciales, tales como proteínas y aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, colesterol, vitaminas, minerales y atrayentes (Amaya *et al.*, 2007). Pero la harina de pescado es un recurso marino finito, la demanda y el ritmo actual de uso en alimentos acuícolas y las tasas de crecimiento esperado en producción, con el tiempo superarán la oferta en FM, por lo que para resolver este problema, la estrategia es reemplazar la FM con ingredientes alternativos razonables derivados de cultivos como la soya, el trigo, maíz o arroz (Gatlin *et al.*, 2007; Hardy, 2010).

La selección genética puede mejorar los factores a nivel económico, tales como la tasa de crecimiento y supervivencia en especies de cultivo (Gjedrem y Fimland, 1995). Estos adelantos se han obtenido en animales como el ganado y algunas especies de peces, en camarón estas investigaciones han estado enfocadas principalmente a resistencia de enfermedades y la interacción entre el genotipo y el ambiente, que hacia la interacción que pueda existir entre el genotipo y la dieta (Gitterleet *et al.*, 2005; Cock *et al.*, 2009). En Colombia, CENIACUA es pionera en dichos adelantos, es por esto que se quiere continuar ahondando en este tipo de estudios con el fin de obtener genotipos que suplan las demandas actuales en cuanto a consumo y rendimiento.

El presente estudio se centra en la evaluación del uso de una dieta a base de harina vegetal con baja inclusión de harina de pescado (3%) frente a una dieta a base de harina de pescado o dieta comercial la harina de pescado comercial en dos sistemas de producción (estanques y tanques de aguas claras), usando dos líneas genéticas de *L. vannamei* pre-criadas en CENIACUA: una seleccionada para alta sobrevivencia y otra para rápido crecimiento. Teniendo en cuenta que los suministros de harina de pescado son limitados, y que los ingredientes de origen vegetal podrían abastecer las necesidades de alimentos acuícolas, se pretende obtener un mejor rendimiento a partir de la dieta basada en harina vegetal, en comparación a la dieta comercial basada en FM, una línea genética que ofrezca mejores beneficios al ser cultivada y un sistema de cultivo óptimo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general.**

Determinar el efecto del reemplazo parcial de harina de pescado por proteína vegetal en la dieta de dos líneas genéticas de *L. vannamei*, bajo dos diferentes sistemas de cultivo.

### **5.2 Objetivos Específicos**

Comparar el efecto de las dos dietas en términos del crecimiento y la sobrevivencia de dos líneas genéticas de *L. vannamei*, bajo dos sistemas de cultivo.

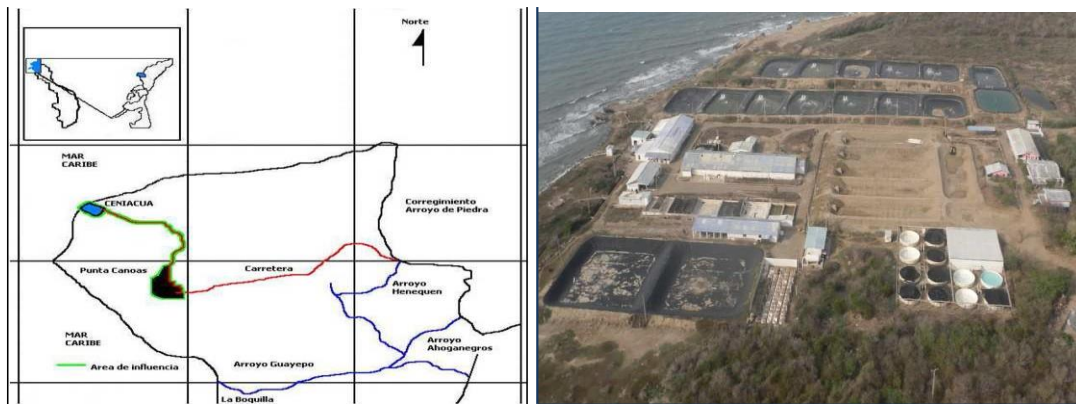
Comparar el desempeño de las dos dietas en términos de factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia alimenticia (FE) y tasa de eficiencia proteica, bajo dos sistemas de cultivo.

Evaluar la interacción de dos líneas genéticas (una línea de rápido crecimiento y una línea de alta sobrevivencia), la dieta y el sistema de cultivo.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 Área de estudio

Este estudio se realizó en las instalaciones de CENIACUA, corregimiento de Punta Canoa, Cartagena Bolívar, en la denominada Zona Norte, a 11 kilómetros al norte de la carretera que comunica a Cartagena con Barranquilla (Vía al Mar).



**FIGURA 1. Ubicación geográfica de CENIACUA.**

Fuente: DAMARENA-IDEADE (1996).

Fuente: CENIACUA

### 6.2 Animales

Los camarones utilizados en este experimento provinieron de dos líneas genéticas del programa de mejoramiento genético de CENIACUA. Una línea genética seleccionada para crecimiento (L1) y otra línea para supervivencia (L2) cuando alcanzaron un peso aproximado de 2 g fueron marcados en el telson con elastómeros fluorescentes que se colocaron en el sexto segmento abdominal para identificar a cada línea genética. Los colores son polímeros que han sido probados en animales y no causan daño alguno en ellos.



### **6.3 Dietas**

La composición de ingredientes de la dieta a base de harina vegetal con inclusión del 3% de harina de pescado (dieta SBM) se encuentra en la Tabla 1. La formulación de esta dieta fue creada por CENIACUA teniendo en cuenta el balance de aminoácidos, ácidos grasos y demás análisis proximales, además fue evaluada la digestibilidad aparente. Partiendo de los datos obtenidos en estos análisis se realizó este estudio, evaluando las dietas en términos de sobrevivencia y crecimiento en estanques y tanques comerciales, simulando las condiciones de producción comercial. La dieta referencia tiene aproximadamente 30% de FM (dieta FM), y es un alimento utilizado comercialmente en cultivo de camarón.

### **6.4 Evaluación de la calidad físico química de las dietas.**

Fueron evaluados los niveles de proteína y energía, al igual que los análisis físicos para la determinación de pellets por gramo, densidad, absorción de agua en pellets, pérdida de materia seca y flotabilidad, en las dos dietas utilizadas (vegetal y referencia) con el fin de verificar la calidad de estos alimentos. Los niveles de proteína fueron calculados con la determinación de nitrógeno total siguiendo el método Kjeldahl, basados en  $N \times 6.25$ , la energía neta fue determinada en una bomba calorimétrica, la pérdida de materia seca y/o humedad se determinó con el método descrito por Aquacop (1978).

**TABLA 1. Composición de la dieta experimental a base de harina vegetal (% del alimento)**

| <b>Ingredientes<br/>Sustitución FM/SPC</b> | <b>Composición/ Dieta<br/>%</b> |
|--|---------------------------------|
| Harina de pescado <sup>1</sup>             | 3                               |
| Harina de calamar                          | 1                               |
| Harina de soya                             | 54                              |
| Gluten maíz                                | 6                               |
| Harina de trigo                            | 24,7                            |
| Aceite pescado                             | 5                               |
| Lecitina de soya                           | 1                               |
| Stay C (35% activo)                        | 0,02                            |
| Monosodio fosfato                          | 1,13                            |
| Potasio Monofosfato                        | 1,13                            |
| Cloruro Magnesio                           | 1,13                            |
| Bentonite                                  | 1                               |
| Inhibidor de hongos                        | 0,15                            |
| Mixed Bile Acid                            | 0,2                             |
| Colina                                     | 0,2                             |
| Premezcla de Vitaminas <sup>2</sup>        | 0,34                            |
| Premezcla de Minerales <sup>2</sup>        | 0,08                            |

1 Harina de pescado peruana

2 Vitaminas y minerales (IU/kg or g/kg o mg/kg de premezcla): Vit. A, 10000 IU/g; B1, 30 mg/kg; B2, 15 mg/kg; DL Ca pantotenato, 50 mg/kg; B6, 35 mg/kg; B12, 40 mcg/kg; Ascórbico, 150 mg/kg; K3, 3 mg/kg; D3,3500 IU/g; E, 150 IU/g ; niacina, 100 mg/kg; ácido fólico, 4 mg/kg; biotina, 1000 mcg/kg; Mn, 40 g/kg; Zn, 40 mg/kg; Cu, 25 mg/kg; Fe, 100 mg/kg; Se, 0.3 mg/kg; I, 0.35 mg/kg.

## 6.5 Evaluación en Aguas Claras (Tanques)

Se sembraron animales pre-criados de aproximadamente 3.0 g en cuatro tanques circulares de fibra de vidrio de 8 m de diámetro y 1.4 m de altura, con un volumen operativo de 40 t a una densidad de 50 animales/m<sup>2</sup> aproximadamente (Tabla 2). Cada tanque contó con dos comederos ubicados en los extremos en los cuales se repartía el alimento de manera equitativa, con el fin de llevar un registro del consumo. Para el suministro de aire se utilizó un sistema de *air-lift* distribuido en cuatro puntos del tanque. Los cuatro tanques compartieron un motor aireador de 2/HP. Los tanques fueron cubiertos con plástico negro de alta densidad, para evitar el crecimiento de algas. Se manejaron recambios cada dos días del 50%. Dos de los tanques fueron alimentados con la dieta experimental a base de harina vegetal y en los otros dos con la dieta control o de referencia, elaborada a base de harina de pescado (30% de FM). La tasa de alimentación se ajustó teniendo en cuenta la biomasa estimada de cada piscina (muestreo semanal de 30 animales) y el consumo de la misma. El volumen de animales de cada piscina se completó con individuos no marcados de tamaños equivalentes. Se alimentó a saciedad 3 veces al día, cada 4 horas, iniciando a las 8:00 a.m. El tiempo del experimento fue de aproximadamente 94 días post-siembra. Diariamente se registró el consumo de alimento por animal a través de la recolección de alimento sobrante. El consumo se ajustado por las pérdidas debidas a la lixiviación de la materia seca. Se registraron parámetros diarios tales como temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/l) y semanalmente se registró salinidad (ups), pH amonio (NH<sub>3</sub> <sup>-</sup>), nitritos, nitratos, fosforo. Al completar el tiempo de engorde se realizó la cosecha pesando cada camarón, se identificó la línea genética a la que pertenecía cada camarón por medio de los elastómeros fluorescentes que se colocaron el sexto segmento abdominal y se marcaron con un anillo ocular para posterior identificación. Posteriormente se analizaron los datos de cada línea genética en términos de crecimiento y supervivencia en cada ambiente y cada línea. Además con todos los

animales cosechados se realizaron análisis estadísticos evaluando los parámetros productivos del sistema de cultivo.

**Tabla 2. Cantidad de individuos pre-criados de *L.vannamei* sembrados en cada tanque.**

| TANQUE | DIETA      | Líneas genéticas |     | Individuos no marcados | Total Ind |
|--------|------------|------------------|-----|------------------------|-----------|
|        |            | L1               | L2  |                        |           |
| T1     | VEGETAL    | 1291             | 617 | 446                    | 2354      |
| T5     | VEGETAL    | 1111             | 540 | 797                    | 2448      |
| T2     | REFERENCIA | 1299             | 630 | 451                    | 2380      |
| T6     | REFERENCIA | 878              | 392 | 1168                   | 2438      |

### Variables evaluadas durante el experimento.

Tasa de sobrevivencia (TS)

$$(TS) = \frac{\text{Número final animales}}{\text{Número inicial animales}} * 100 \text{ (Ec.1)}$$

Ganancia en peso promedio total (G)

$$(G) = (\text{Peso promedio cosecha}) - (\text{Peso promedio siembra}) \text{ (Ec.2)}$$

Ganancia en peso semanal (Gs)

$$Gs = \frac{(\text{Peso promedio cosecha} - \text{Peso promedio siembra})}{\text{Número de semanas}} \text{ (Ec.3)}$$

Tasa específica de crecimiento (SGR (*specific growth rate*) - por sus siglas en inglés)

$$SGR = 100 X \frac{(\ln \text{Peso promedio final} - \ln \text{Peso promedio inicial})}{\text{Número de días del ensayo}} \text{ (Ec.4)}$$

Consumo (C)

$$C = \frac{\text{Consumo acumulado al día } i}{\text{Número de días del ensayo}} \quad (\text{Ec.5})$$

Nota: Para cada dieta el consumo reportado será el consumo por tanque diario estimado a lo largo de los días del bioensayo.

Factor de conversión alimenticia (FCA)

$$FCA = \frac{\text{Consumo alimento por dieta}}{\text{Ganancia en peso promedio por dieta}} \quad (\text{Ec.6})$$

Eficiencia alimenticia (FE)

$$FE = \frac{\text{Ganancia peso}}{\text{Consumo de alimento en cada réplica}} \quad (\text{Ec.7})$$

Nota: Define el peso ganado (g) por unidad de alimento consumido.

Tasa de eficiencia proteica (PER)

$$PER = \frac{(\text{Peso promedio final en cada tanque} - \text{Peso promedio inicial en cada tanque})}{(\text{Consumo por tanque} * \text{Concentración proteica en el alimento})} \quad (\text{Ec.8})$$

Nota: Define el incremento en peso con respecto a la proteína consumida.

## 6.6 Evaluación en piscinas comerciales (Estanque)

Se sembraron animales pre-criados de aproximadamente 2.13 g en cuatro piscinas de 450 m<sup>2</sup> con productividad primaria (Tabla 3) de la misma pre-cría usadas para la evaluación en aguas claras, en donde se evaluó el crecimiento de los animales bajo densidades de siembra semi- intensiva (aproximadamente 10 animales/m<sup>2</sup>). Cada piscina contó con un comedero el cual se usó como referencia de consumo (3% de cada ración). El volumen de animales de cada piscina se completó con individuos no marcados de tamaños equivalentes. En dos de las piscinas los animales se alimentaron con la dieta experimental a base de harina vegetal y en las otras dos con la dieta control o de referencia con 30% de FM. La tasa de alimentación se ajustó teniendo en cuenta la biomasa estimada de cada

piscina (muestreo semanal de 50 animales) y el consumo de la misma. Se fertilizó antes de empezar la siembra con 4Kg de nutilake, 1 Kg de metasilicato, 5 kg de triple 15, después de siembra se fertilizó con 8 Kg de triple 15, 2 Kg de Nutilake, una semana después con 5 Kg de triple 15, 5 Kg de nutilake, y 5 Kg de metasilicato, la última dosis se aplicaba cada 15 días con el objetivo de aumentar la productividad primaria. Al completar el tiempo de engorde se realizó la cosecha pesando cada camarón, se identificó la línea genética a la que pertenecía cada camarón por medio de los elastómeros fluorescentes que se colocaron en el sexto segmento abdominal y se marcaron con un anillo ocular para posterior identificación. Posteriormente se analizaron los datos de cada línea genética en términos de crecimiento y supervivencia en cada ambiente y cada dieta. Además con todos los animales cosechados se evaluaron los parámetros productivos del sistema de cultivo. Las variables evaluadas durante el experimento en cada una de las piscinas fueron las mismas descritas anteriormente para el estudio en tanques.

**Tabla 3. Cantidad de individuos pre-criados de *L. vannamei* sembrados en cada estanque.**

| ESTANQUE | DIETA      | Líneas genéticas |     | Individuos no marcados | Total Ind |
|----------|------------|------------------|-----|------------------------|-----------|
|          |            | L1               | L2  |                        |           |
| E3       | VEGETAL    | 2031             | 926 | 446                    | 2354      |
| E5       | VEGETAL    | 1998             | 905 | 797                    | 2448      |
| E4       | REFERENCIA | 2021             | 900 | 451                    | 2380      |
| E6       | REFERENCIA | 1950             | 900 | 1168                   | 2438      |

## **7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para cada una de las dietas en los sistemas de engorde y teniendo en cuenta las dos líneas genéticas utilizadas se determinó el peso de cosecha y la sobrevivencia, analizando los datos con una prueba t student con un intervalo de confianza del 95% en el programa estadístico IBM SPSS v.20. Debido a que los datos no cumplieron los supuestos de homogeneidad y normalidad. Y no se usaron las réplicas suficientes para identificar diferencias significativas.

Para el análisis realizado a los parámetros fisicoquímicos tomados en los dos sistemas de cultivo tanques y estanques se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) a una vía con previa comprobación de supuestos.

Para evaluar los datos de calidad físico química de las dietas se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) a una vía con previa comprobación de supuestos.

El análisis realizado en los parámetros de productividad (FCA, FE, PER, SGR) comparando los sistemas de cultivo, fue una prueba t student con un intervalo de confianza del 95% en el programa estadístico IBM SPSS Statistics v.20.

El grafico utilizado para verificar si existe interacción entre la línea genética y la dieta se realizó con el programa Statgraphics.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Calidad de agua.

Durante un periodo de 94 días aproximadamente se tomaron las variables de calidad de agua en dos sistemas de cultivo de *L. vannamei*, tanques con aguas claras (sin productividad primaria) y estanques o piscinas comerciales (con productividad primaria), alimentados con dos dietas, una experimental a base de harina de soya (SBM) y una dieta referencia. Los datos se registran en la Tabla 4. Estos datos son valores promedio con desviación estándar, los datos de pH, salinidad, nitrito, nitrato, amonio, fosforo y alcalinidad se tomaron cada semana, los datos de temperatura y oxígeno a.m. fueron tomados a las 8 a.m., los de temperatura y oxígeno p.m. fueron tomados a las 3 p.m. pH ( $8.68 \pm 0.16$  y  $7.91 \pm 0.20$ ), salinidad ( $38.09 \pm 2.49$  y  $36.06 \pm 2.26$ ), Nitrato ( $5.39 \pm 2.80$  y  $7.73 \pm 5.21$ ), amonio ionizado ( $0.01 \pm 0.01$  y  $0.74 \pm 0.67$ ), alcalinidad ( $141 \pm 17.04$  y  $129 \pm 15.31$ ), temperatura a.m. ( $29.85 \pm 0.87$  y  $30.33 \pm 0.88$ ), temperatura p.m. ( $31.98 \pm 1.48$  y  $31.03 \pm 0.92$ ), oxígeno a.m. ( $4.62 \pm 1.00$  y  $5.22 \pm 0.62$ ) y oxígeno p.m. ( $8.14 \pm 1.98$  y  $5.06 \pm 0.71$ ) estanques y tanques respectivamente, en general los valores arrojados en ambos sistemas de cultivo son aceptables para cultivo de *L. vannamei* y se encuentran dentro de los rangos, al igual que el valor de nitrito para estanques ( $0.05 \pm 0.03$ ) y el fósforo de los tanques ( $0.25 \pm 0.27$ ). Sin embargo los valores obtenidos para nitrito en tanques fue de ( $2.09 \pm 2.05$ ) mostrando valores altos y poco comunes en cultivos de *L. vannamei*, al igual que el fósforo para estanques ( $0.55 \pm 0.70$ ). No se encontraron diferencias significativas (P-value >0.05, ANOVA) en las variables fisicoquímicas tomadas en los dos sistemas de cultivo (estanque y tanques).



**Tabla 4. Resumen de variables de calidad de agua a través de una prueba de crecimiento de 94 días para *L. vannamei*, alimentados con las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia), cultivados en estanques y tanques. Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar.**

| Variables Fisicoquímicas          | Estanque           |                    | Tanques          |                   |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
|                                   | D. Vegetal         | D. Referencia      | D. Vegetal       | D. Referencia     |
| pH                                | 8.69 $\pm$ 0.14    | 8.66 $\pm$ 0.19    | 7.94 $\pm$ 0.23  | 7.88 $\pm$ 0.18   |
| Salinidad ups                     | 37.93 $\pm$ 2.61   | 38.25 $\pm$ 2.38   | 36.07 $\pm$ 2.16 | 36.05 $\pm$ 2.36  |
| Nitratos (mg L <sup>-1</sup> )    | 5.23 $\pm$ 2.95    | 5.56 $\pm$ 2.66    | 7.96 $\pm$ 5.39  | 7.51 $\pm$ 5.05   |
| Nitritos (mg L <sup>-1</sup> )    | 0.04 $\pm$ 0.002   | 0.05 $\pm$ 0.05    | 2.12 $\pm$ 2.07  | 2.06 $\pm$ 2.03   |
| Amonio (mg L <sup>-1</sup> )      | 0.01 $\pm$ 0.02    | 0.01 $\pm$ 0.02    | 0.64 $\pm$ 0.64  | 0.85 $\pm$ 0.71   |
| Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )     | 0.63 $\pm$ 0.97    | 0.47 $\pm$ 0.44    | 0.30 $\pm$ 0.30  | 0.21 $\pm$ 0.26   |
| Alcalinidad (mg L <sup>-1</sup> ) | 144.33 $\pm$ 16.89 | 139.49 $\pm$ 17.20 | 132 $\pm$ 16.32  | 127.1 $\pm$ 14.31 |
| Temp a.m (°C)                     | 29.82 $\pm$ 0.82   | 29.88 $\pm$ 0.93   | 30.27 $\pm$ 0.87 | 30.38 $\pm$ 0.90  |
| Temp p.m (°C)                     | 31.92 $\pm$ 1.47   | 32.03 $\pm$ 1.50   | 31 $\pm$ 0.95    | 31.06 $\pm$ 0.90  |
| Oxígeno a.m (mg L <sup>-1</sup> ) | 4.66 $\pm$ 1.05    | 4.59 $\pm$ 0.96    | 5.08 $\pm$ 0.61  | 5.35 $\pm$ 0.64   |
| Oxígeno p.m (mg L <sup>-1</sup> ) | 8.33 $\pm$ 2.00    | 7.95 $\pm$ 1.97    | 4.95 $\pm$ 0.72  | 5.18 $\pm$ 0.71   |

## 8.2 Evaluación de la calidad físico química de las dietas.

Los resultados muestran diferencias significativas (P-value < 0.05) entre el pellet por gramo y pérdida de materia seca, los pellets de la dieta referencia eran un poco más pequeños que los de la dieta vegetal y menos compactos, dando como resultado que se notaran estas diferencias.

El porcentaje de hidroestabilidad indica que la dieta referencia retiene un 83.05% de agua y la dieta vegetal retiene 83.39% de agua, la flotabilidad y la densidad del

ambas dietas fue similar en las dos dietas utilizadas, por lo tanto no se obtuvieron diferencias significativas en estos tres parámetros (P-value >0.05).

El porcentaje de proteína y en los KJ/g de energía no hubo diferencias significativas (P-value >0.05) comprobando que las dietas son isoproteicas e isoenergéticas (Tabla 5).

**Tabla 5. Parámetros de calidad físico químicas de las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia). Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar.**

| Parámetros                  | Dieta Vegetal    | Dieta Referencia |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| Flotabilidad (%)            | 0                | 0                |
| Pellet por gramo            | 31.33 $\pm$ 0.64 | 42.6 $\pm$ 1.70  |
| Densidad                    | 0.7897           | 0.7899           |
| Hidroestabilidad (%)        | 83.39 $\pm$ 3.39 | 83.05 $\pm$ 2.38 |
| Perdida de materia seca (%) | 12.54 $\pm$ 0.24 | 14.52 $\pm$ 0.08 |
| Energía (KJ/g)              | 19,65 $\pm$ 1,88 | 22,21 $\pm$ 1,74 |
| Proteína (%)                | 33.83 $\pm$ 0.10 | 34.43 $\pm$ 0.63 |

### 8.3 Crecimiento y Supervivencia

Se realizó la comparación del efecto de las dos dietas en términos del crecimiento y la supervivencia de dos líneas genéticas de *L. vannamei*, bajo dos sistemas de cultivo. Los datos que se observan en la tabla 6, muestran los promedios y la desviación estándar del peso ganado y la supervivencia obtenida de las líneas genéticas (L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>), con respecto a las dos dietas (vegetal y comercial) y los dos sistemas utilizados en el estudio (Estanque y Tanque).

## **Tanques**

El crecimiento de *L. vannamei* bajo condiciones de aguas claras (Tanque) tuvo un peso promedio de 18.10 g (dieta SBM) y de 19.43 g (dieta referencia a base de FM). Se realizó un análisis estadístico con las dietas utilizadas detectando que si existen diferencias significativas (P-value < 0.05) con un P=0.001. En la Figura 4 se puede apreciar dicha diferencia. En líneas genéticas (L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>) de *L. vannamei* usadas no se evidenciaron diferencias significativas (P-value >0.05) con un P=0.833. La supervivencia de *L. vannamei* alcanzo porcentajes de 89.25 y 83.01 en dieta vegetal y referencia respectivamente. En supervivencia no se detectaron diferencias significativas (P-value >0.05) entre líneas genéticas (P=0.643) ni en dietas utilizadas (P=0.139), como se observa en la Figura 7. Estas altas tasas de supervivencia sugieren que hubo un adecuado manejo del alimento suministrado y de un control en la calidad de agua apropiado. El rendimiento arrojó diferencias significativas (P- Value <0.05) entre las líneas genéticas (P=0.021), favoreciendo a la línea L1 (Figura 10).

## **Estanques**

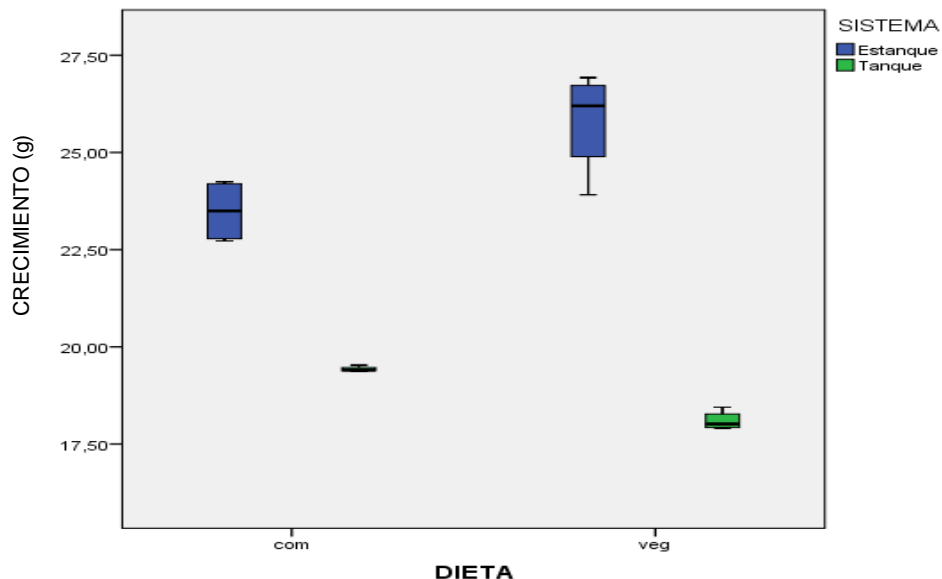
El crecimiento de *L. vannamei* en piscinas comerciales (Estanque) tuvo un peso promedio de 25.81 g (dieta SBM) y de 23.49 g (Dieta Referencia a base de FM). Se realizó un análisis estadístico para las dietas utilizadas detectando que sí existen diferencias significativas (P-value < 0.05) con un P=0.032. En la Figura 3 se puede apreciar las diferencias. En las líneas genéticas (L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>) de *L. vannamei* usadas, no se evidenciaron diferencias significativas (P-value >0.05) con un P=0.612. La supervivencia de *L. vannamei* tuvo porcentajes de 90.63 y 85.76 en dieta vegetal y referencia respectivamente. En supervivencia no se detectaron diferencias significativas (P-value > 0.05) entre líneas genéticas (P=0.961) ni en dietas utilizadas (P=0.115). Observándose estas diferencias en la Figura 6. Las altas tasas de supervivencia sugieren que hubo un adecuado manejo del alimento

suministrado y de un control en la calidad de agua apropiado. El rendimiento no arrojó diferencias significativas ( $P$ - value  $> 0.05$ ) entre las líneas genéticas en estanques ( $P= 0.076$ ), sin embargo la L1 presenta un mayor rendimiento en Kg/ha que la L2 (Figura 9).

**Tabla 6. Valores de peso promedio ganado, supervivencia, rendimiento Kg/ha de las dos líneas genéticas de *L. vannamei*, alimentados con las dietas experimentales que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y dieta a base de harina de pescado (dieta referencia), cultivados en estanques y taques durante 94 días. Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar.**

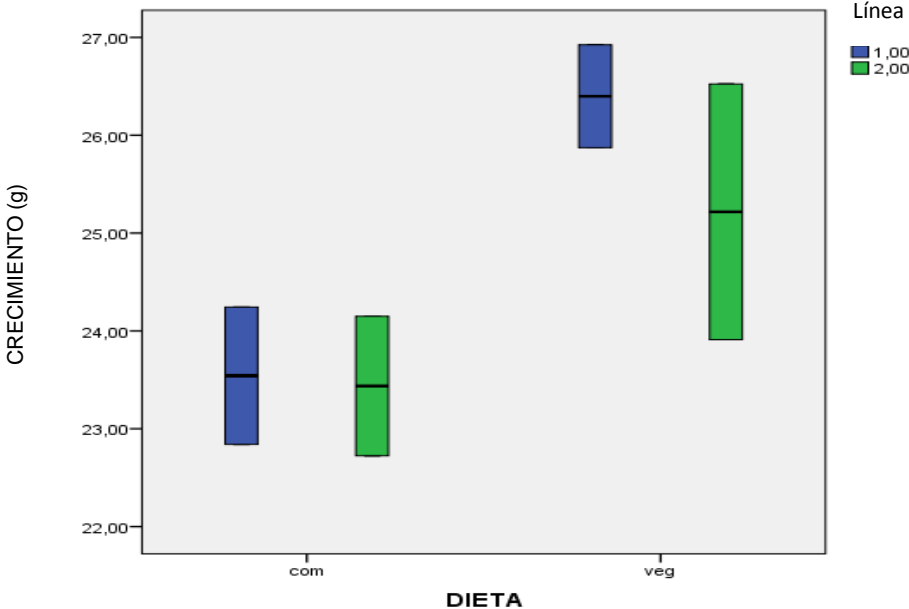
| Línea Genética | Dieta      | Sistema de cultivo | Peso ganado (g)  | Supervivencia (%) | Rendimiento Kg/ha |
|----------------|------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| L1             | Vegetal    | Estanque           | 26.40 $\pm$ 5.41 | 90.28 $\pm$ 0.87  | 3016              |
| L2             | Vegetal    | Estanque           | 25.22 $\pm$ 3.51 | 90.99 $\pm$ 0.22  | 1313              |
| L1             | Referencia | Estanque           | 23.54 $\pm$ 3.23 | 85.96 $\pm$ 5.23  | 2511              |
| L2             | Referencia | Estanque           | 23.44 $\pm$ 3.14 | 85.56 $\pm$ 5.65  | 1136              |
| L1             | Vegetal    | Tanque             | 18.02 $\pm$ 3.21 | 87.55 $\pm$ 3.26  | 1157              |
| L2             | Vegetal    | Tanque             | 18.18 $\pm$ 2.89 | 90.96 $\pm$ 0.73  | 583               |
| L1             | Referencia | Tanque             | 19.38 $\pm$ 3.17 | 82.68 $\pm$ 7.39  | 1100              |
| L2             | Referencia | Tanque             | 19.47 $\pm$ 2.81 | 83.35 $\pm$ 7.83  | 479               |

**CRECIMIENTO LÍNEAS GENÉTICAS DE *L.vannamei* EN LOS DOS DE CULTIVO**



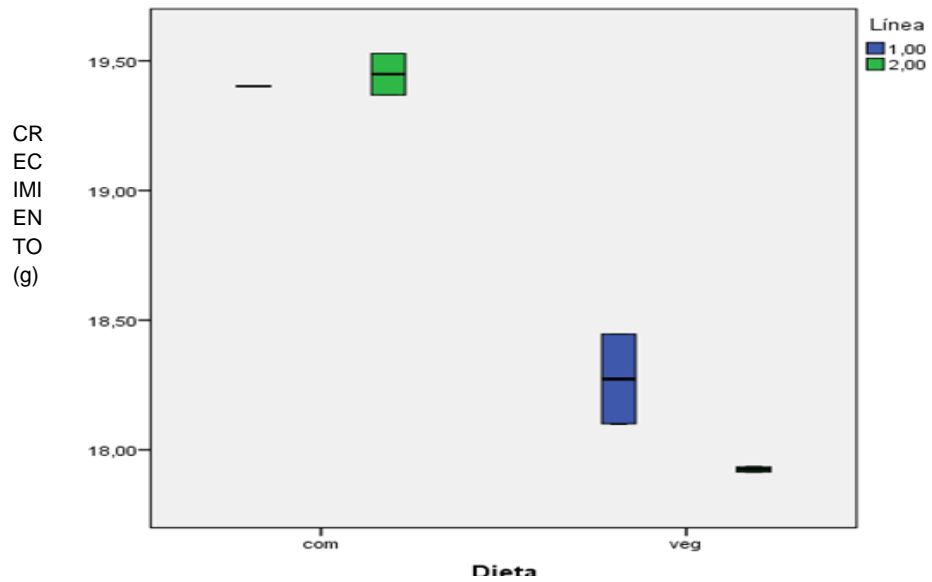
CRECIMIENTO LÍNEAS GENÉTICAS DE *L.vannamei*  
EN ESTANQUES

*neii* alimentado con dietas  
s y tanques

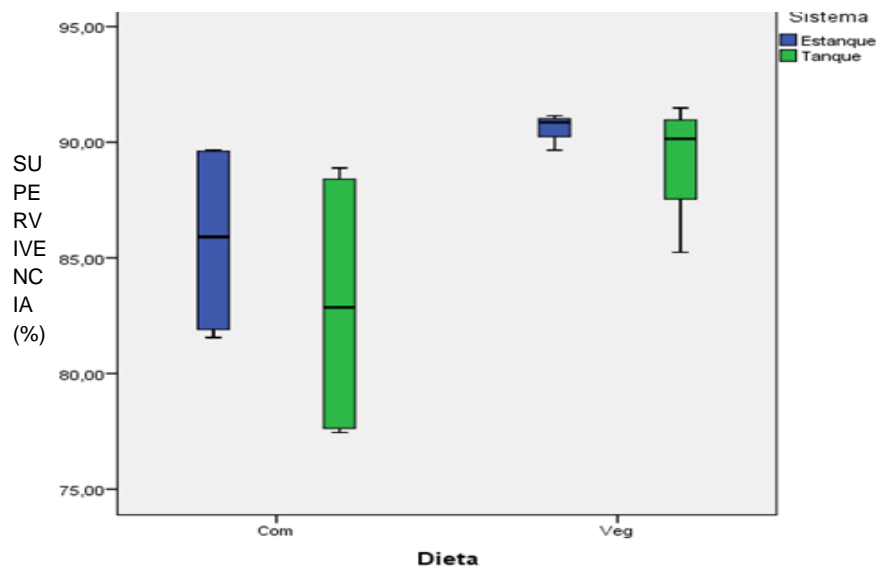


**Figura 3.** Crecimiento en gramos de las dos líneas genéticas usadas (L1 y L2) de camarón *L. vannamei* alimentado con las dietas vegetal y referencia en estanques.

CRECIMIENTO LÍNEAS GENÉTICAS DE *L. vannamei*  
EN TANQUES

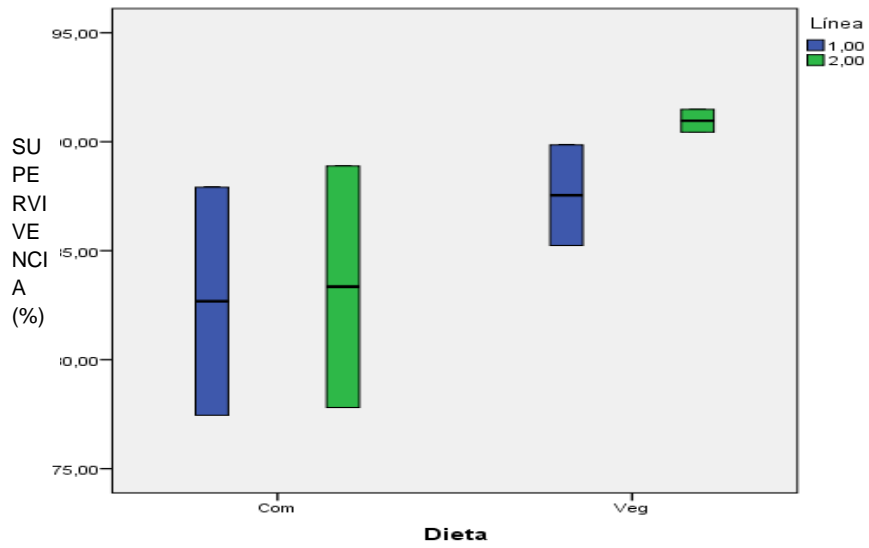


**Fig1** carr SUPERVIVENCIA LÍNEAS GENÉTICAS DE *L.vannamei* das (L1y L2) de cia en tanques.

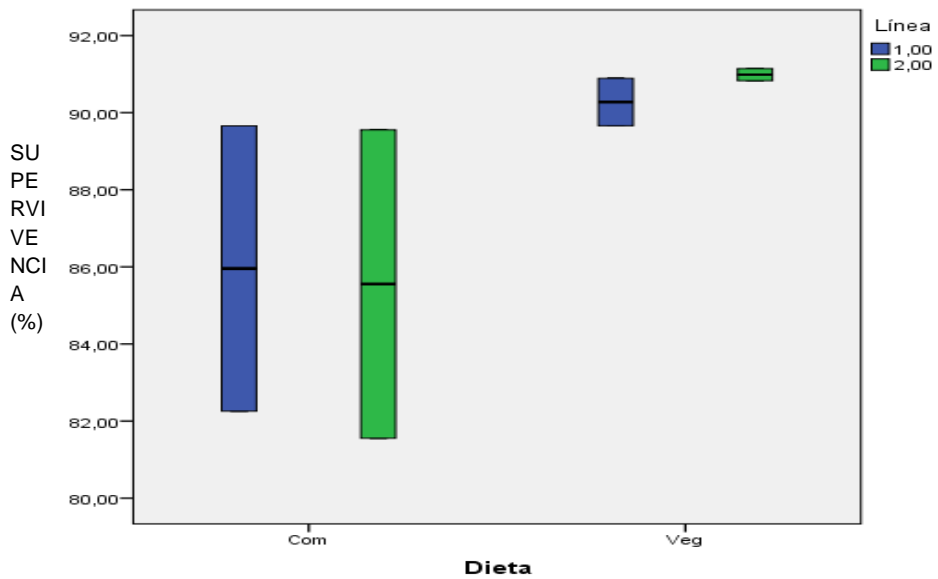


**Figura 5.** Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de *L. vannamei* alimentados con la dieta vegetal y referencia en los dos sistemas de cultivo (Estanques y Tanques).

SUPERVIVENCIA LÍNEAS GENÉTICAS *L. vannamei*  
EN ESTANQUES

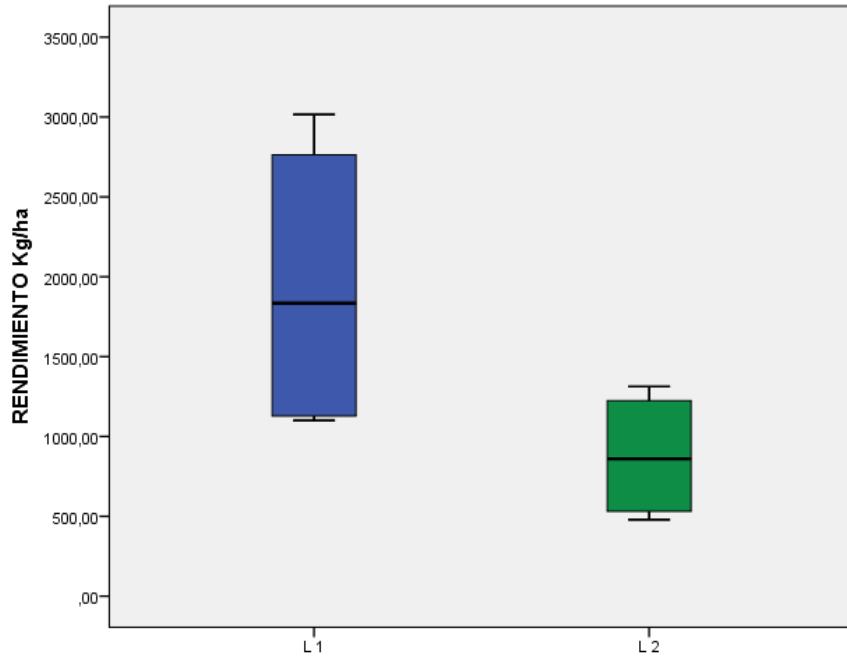


**Figura 6.** Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de *L. vannamei* alimentados con la dieta vegetal y referencia en tanques.

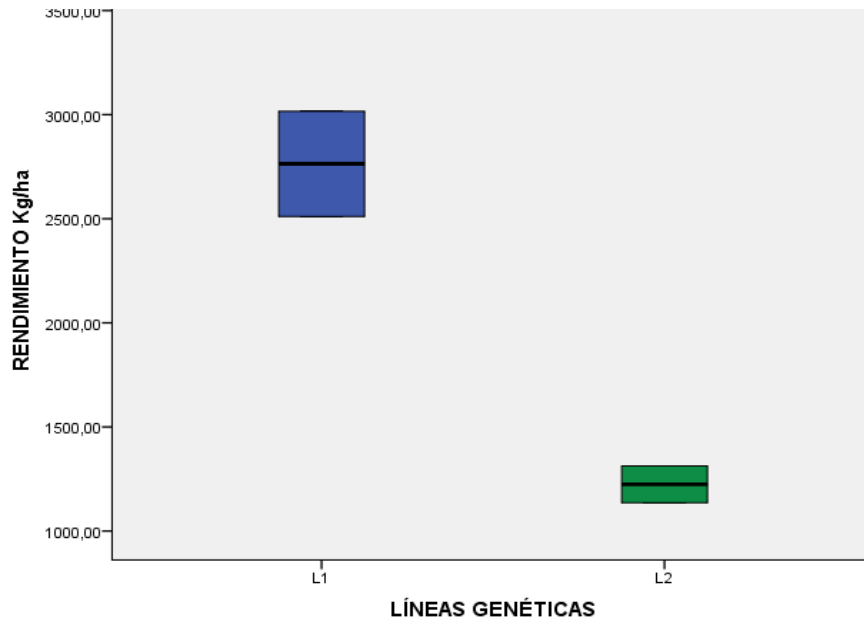


**Figura 7.** Porcentaje de supervivencia de las líneas genéticas de *L. vannamei* alimentados con la dieta vegetal y referencia en tanques.

RENDIMIENTO DE LAS LÍNEAS GENÉTICAS DE *L. vannamei*  
EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO



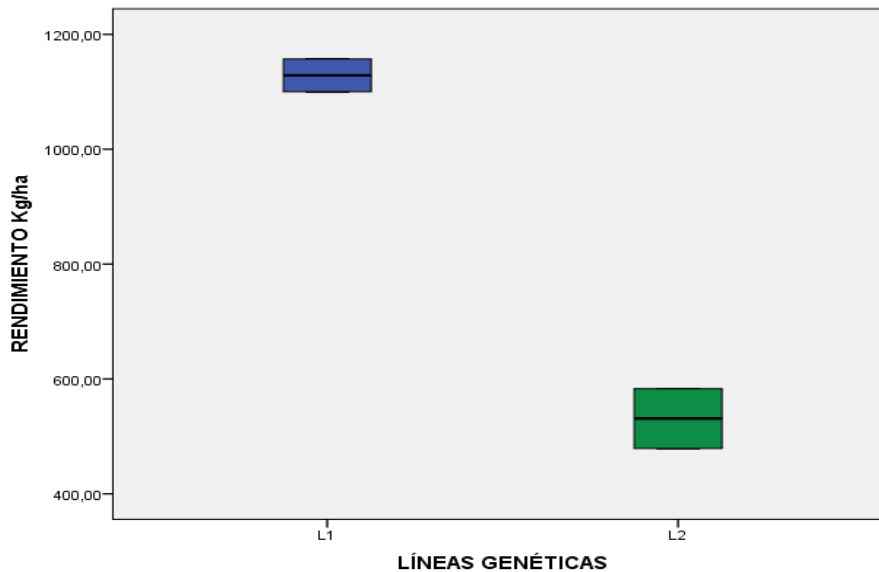
**Figura 8.** RENDIMIENTO DE LAS LÍNEAS GENÉTICAS DE *L. vannamei* EN ESTANQUES *i* en los sisterr



**Figura 9.** Rendimiento en Kg/ha de las líneas genéticas de *L. vannamei* en estanques.



### RENDIMIENTO DE LAS LÍNEAS GENÉTICAS DE *L. vannamei* EN TANQUES



**Figura 10.** Rendimiento en Kg/ha de las líneas genéticas de *L. vannamei* en  
**8.4 Parámetros productivos**

Se comparó el desempeño de las dos dietas en términos de factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA), tasa de eficiencia proteica (PER) y tasa específica de crecimiento (SGR) bajo dos sistemas de cultivo.

En la tabla 7, se observan los datos promedios y la desviación estándar de los parámetros de producción (SGR, FCA, FE y PER) de un periodo de aproximadamente 94 días de crecimiento de *L. vannamei* alimentados con dietas que contienen altos niveles de harina de soya (dieta vegetal) y un alimento comercial utilizado como dieta referencia, en dos sistemas de cultivo, piscinas comerciales o estanques y tanques.

El valor promedio de FCA para estanques fue de  $(1.29 \pm 0.12)$  y para tanques de  $(2.39 \pm 0.01)$ , encontrando que no existen diferencias significativas entre las dietas vegetal y dieta referencia, pero si se detectaron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo estanques y tanques (Figura 11). El valor más bajo de FCA fue de  $(1.21 \pm 0.11)$  en la dieta vegetal de los estanques y el más alto fue de

( $2.40 \pm 0.21$ ) en la dieta referencia de los tanques. El valor promedio de la FE fue de ( $0.78 \pm 0.07$ ) para el sistema de cultivo de estanques y de ( $0,42 \pm 0.00$ ) para tanques, detectándose diferencias significativas entre los sistemas de cultivo, mas no entre dietas utilizadas para alimentar *L. vannamei* (vegetal y referencia) (Figura 12). El valor promedio de la PER fue de ( $2.45 \pm 0.16$ ) para estanques y de ( $1.34 \pm 0.04$ ) para tanques, en donde no se encontraron diferencias significativas entre las dietas utilizadas (vegetal y referencia), pero si existen diferencias entre los sistemas de cultivo estanques y tanques (Figura 13). Los camarones alimentados con la dieta vegetal tuvo el PER más alto ( $2.56 \pm 0.20$ ) en el sistema de cultivo de estanques. El SGR tuvo un valor promedio de ( $3.19 \pm 0.06$ ) en estanques y de ( $2.55 \pm 0.41$ ) en tanques, y no se encontraron diferencias significativas tanto en sistemas de cultivo como en dietas utilizadas en la alimentación de *L. vannamei* (Figura 14). El peso ganado, la ganancia en peso semanal, la biomasa y el consumo, no arrojaron diferencias significativas para las dietas (P-value  $>0.05$ ), pero si para los sistemas (P-value  $<0.05$ ) (Figura 15 y 16). En cuanto la supervivencia no se encontraron diferencias significativas (P-value  $>0.05$ ) para las dietas, ni para los sistemas. Evidenciando un peso ganado, una ganancia en peso semanal, supervivencia y biomasa, mayor en el sistema de estanques.

**Tabla 7. Parámetros de producción de un periodo de 94 días de crecimiento de *L. vannamei* alimentados con dietas que contienen altos niveles de harina de soja (dieta vegetal) y un alimento comercial utilizado como dieta referencia, en dos sistemas de cultivo, piscinas comerciales y tanques.**

| Parámetros de producción | Estanques        |                  | Tanques          |                   |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                          | Dieta Vegetal    | Dieta Referencia | Dieta Vegetal    | Dieta Referencia  |
| Peso ganado (g)          | $25.41 \pm 3.43$ | $23.51 \pm 3.12$ | $17.80 \pm 3.44$ | $19.35 \pm 3.15$  |
| Ganancia semanal (g)     | $2.31 \pm 0.18$  | $2.14 \pm 0.08$  | $1.62 \pm 0.03$  | $1.76 \pm 0.00$   |
| Supervivencia (%)        | $96.14 \pm 0.31$ | $90.86 \pm 4.49$ | $93.05 \pm 2.16$ | $86.14 \pm 11.47$ |
| Biomasa (g)              | 88286            | 73984            | 39379.5          | 37459.5           |

|                                    |           |           |           |           |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Consumo (Kg camarón <sup>1</sup> ) | 1.31      | 1.31      | 1.06±0.06 | 1.08±0.09 |
| SGR (% día <sup>1</sup> ).         | 3.24±0.09 | 3.15±0.05 | 2.81±0.73 | 2.29±0.15 |
| FCA                                | 1.21±0.11 | 1.38±0.15 | 2.38±0.27 | 2.40±0.21 |
| FE                                 | 0.83±0.07 | 0.73±0.08 | 0.42±0.05 | 0.42±0.04 |
| PER                                | 2.56±0.20 | 2.33±0.10 | 1.31±0.15 | 1.37±0.04 |

Los valores son los promedios de dos repeticiones ± desviación estándar.

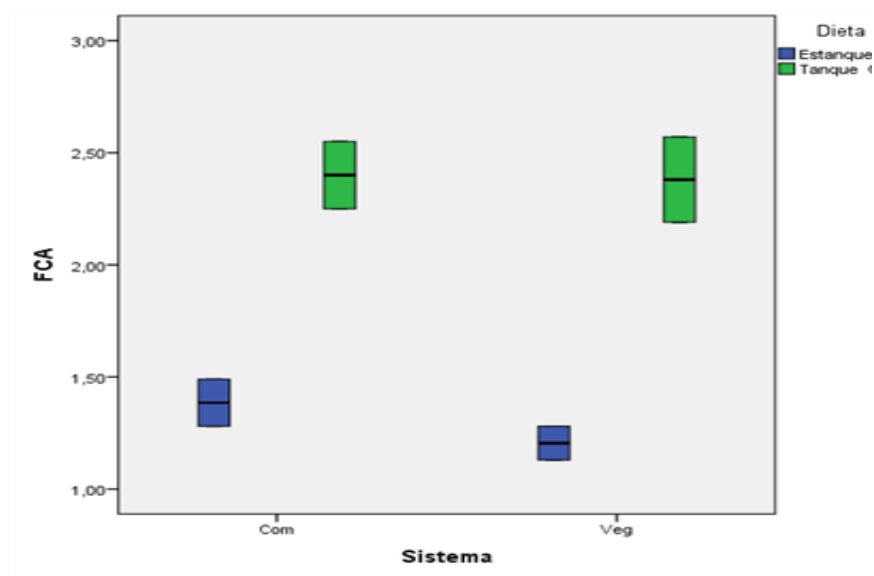
SGR =  $100 \times (\ln \text{Peso promedio final} - \ln \text{Peso promedio inicial}) / \text{Número de días de ensayo}$ .

FCA =  $(\text{Consumo alimento por dieta} / \text{Ganancia en peso promedio por dieta})$ .

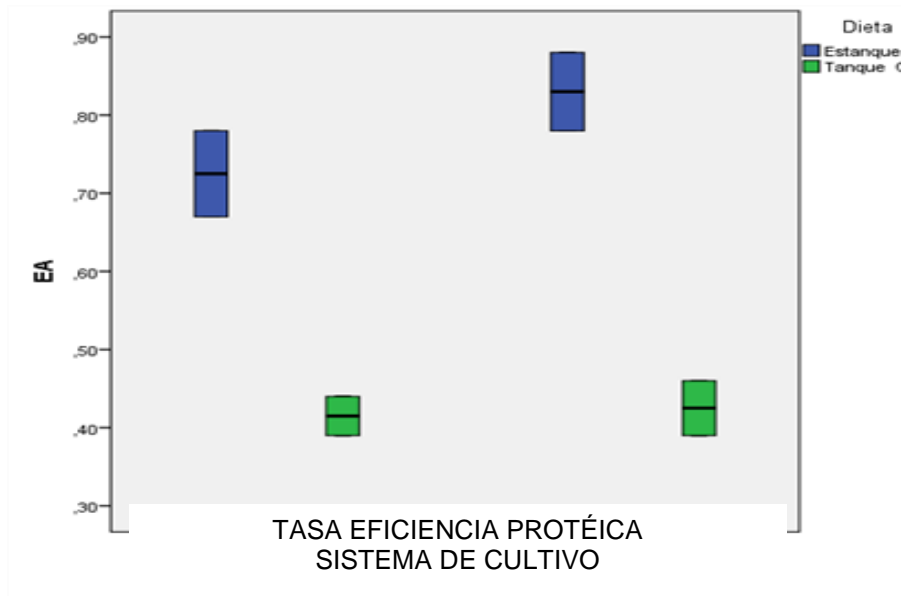
FE =  $(\text{Ganancia peso} / \text{Consumo alimento en cada replica})$

PER =  $(\text{Peso promedio final en cada tanque} - \text{Peso promedio inicial en cada tanque}) / (\text{Consumo por tanque} \times \text{Concentración proteica en el alimento})$ .

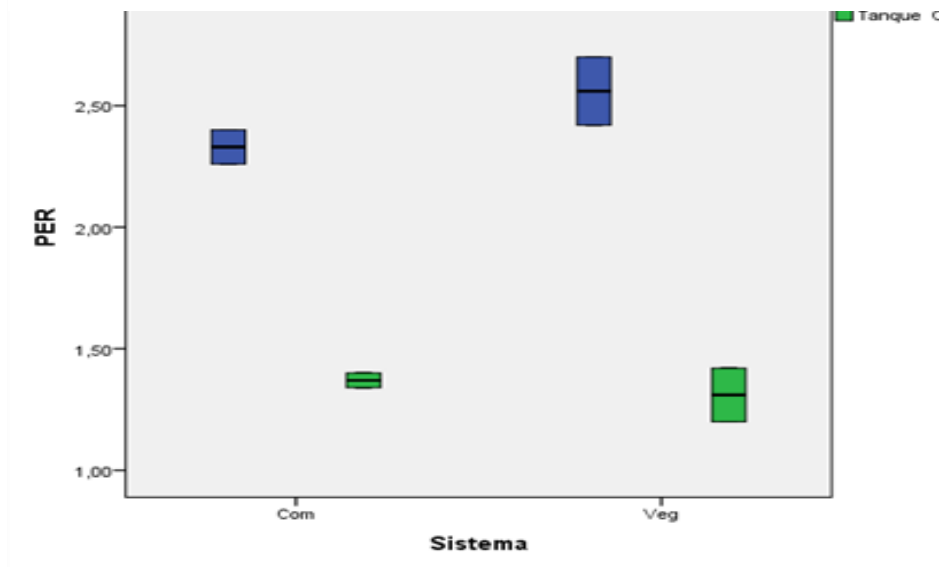
#### FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIA SISTEMAS DE CULTIVO



**Figura 11.** Valores promedio de FCA de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y

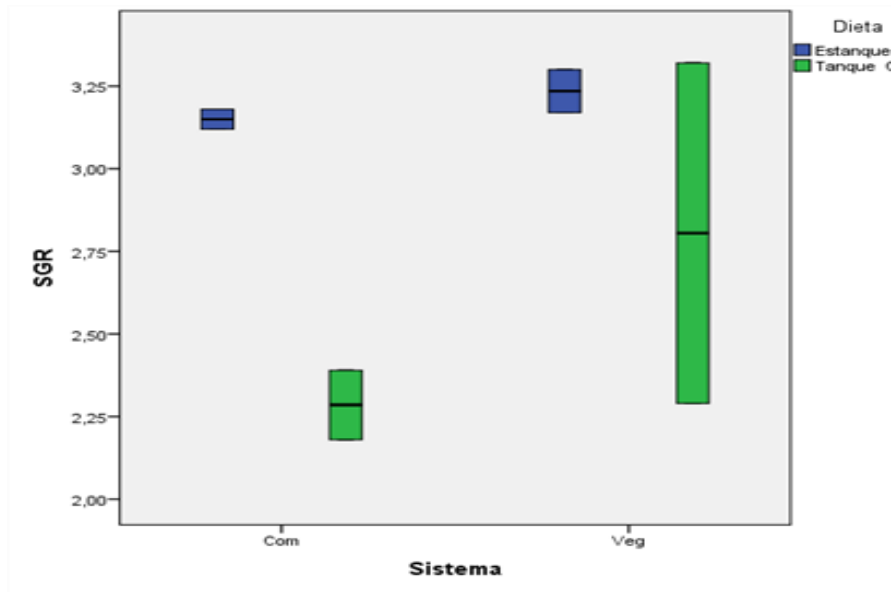


**Figura 12.** Valores promedio de FE de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.

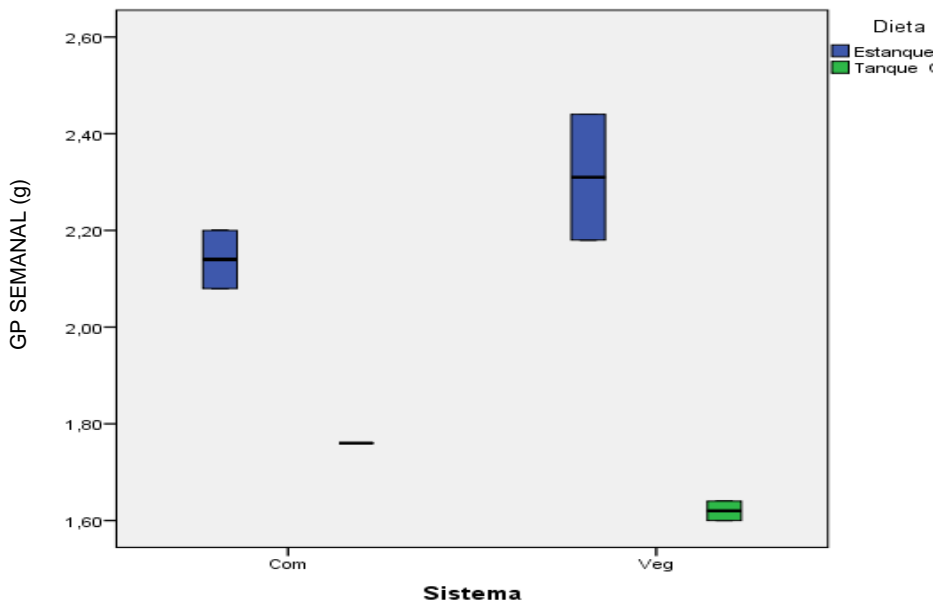


**Figura 13.** Valores promedio de PER de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques

TASA ESPECÍFICA DE CRECIMIENTO  
SISTEMA DE CULTIVO

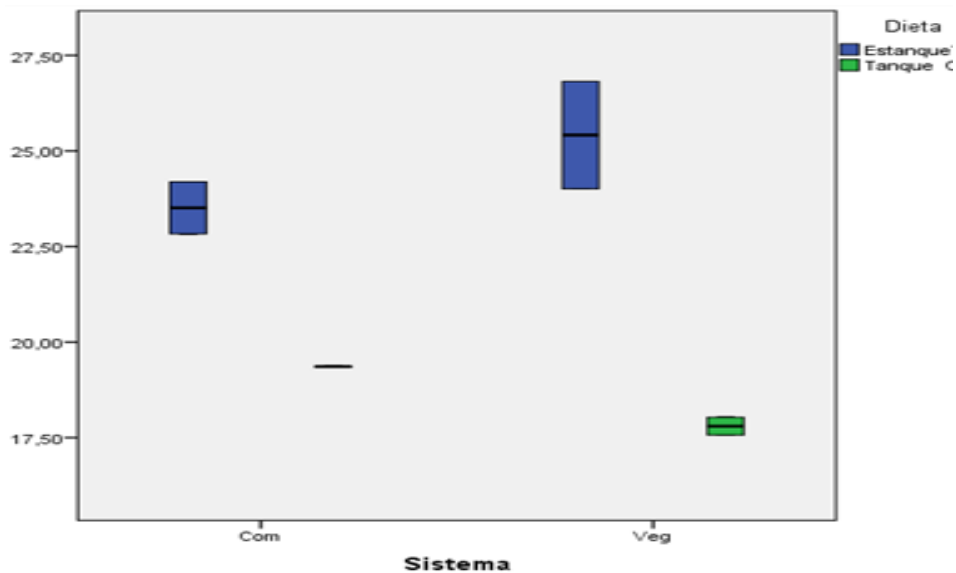


**Figura 14.** Valores promedio de SGR de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.



**Figura 15.** Valores promedio de la ganancia en peso semanal de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.

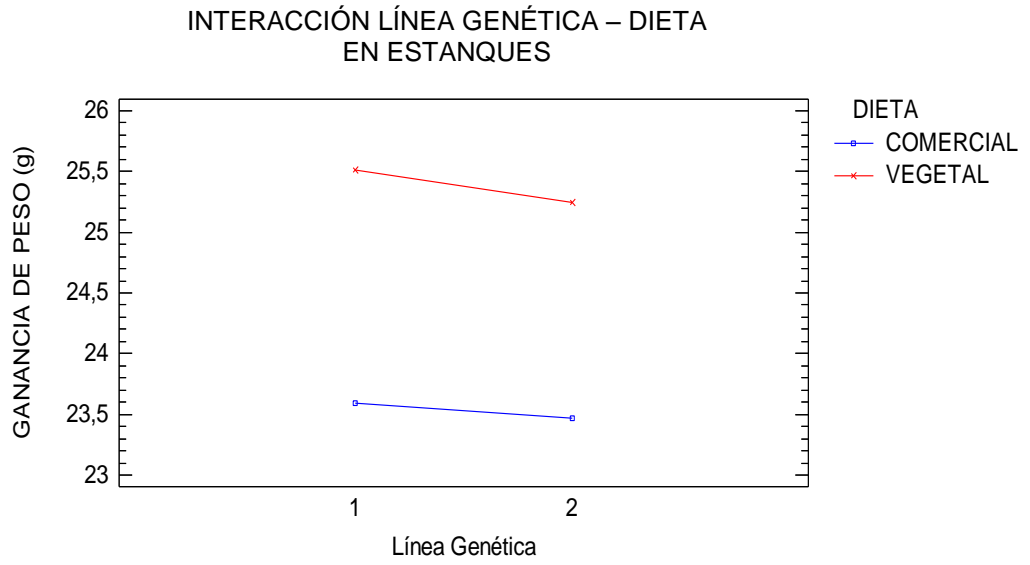
GANANCIA EN PESO TOTAL  
SISTEMAS DE CULTIVO



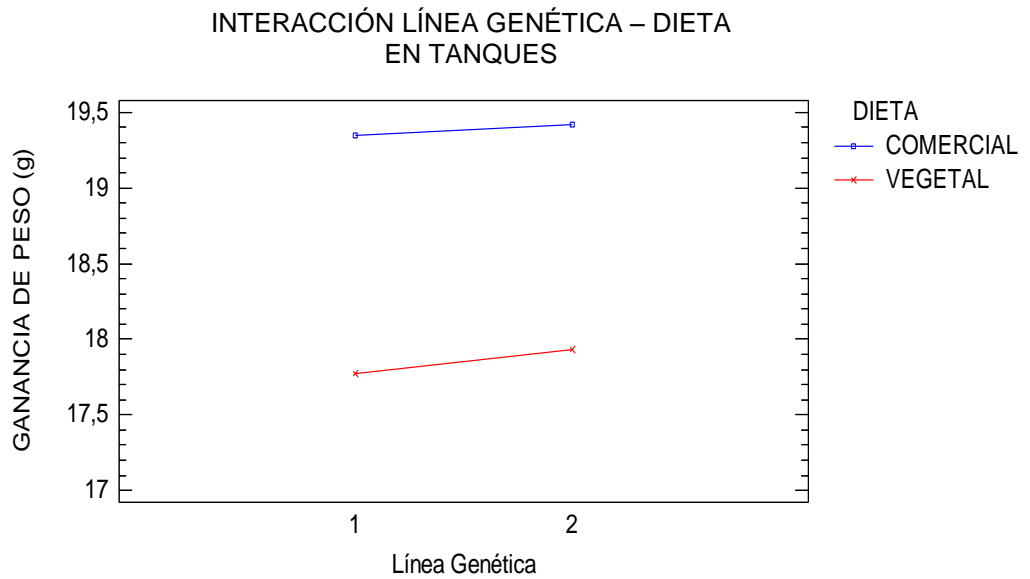
**Figura 16.** Valores promedio de la ganancia en peso de *L. vannamei* alimentado con dietas vegetal y referencia, en los sistemas de cultivo estanques y tanques.

### 8.5 Interacción entre los factores.

Los análisis realizados con t-student revelan que no existen diferencias significativas en cuanto a crecimiento y supervivencia en los sistemas de cultivo utilizados, con un (P-value > 0.05). En estanques se obtuvo un P=0.612 y P=0.961 y tanques P=0.643 y P=0.833 para crecimiento y supervivencia respectivamente. Estos resultados fueron confirmados con el gráfico de interacción, donde se observa que no existe interacción con entre el genotipo y la dieta en el sistema de cultivo estanque (Figura 17) y en tanques (Figura 18). Tampoco se observó interacción entre línea genética y los sistemas de cultivo.



**Figura 17.** Interacción entre la Línea genética en el sistema de cultivo estanques.



**Figura 18.** Interacción entre la Línea genética en el sistema de cultivo tanques.

## **9. DISCUSIÓN**

### **9.1 Calidad de agua**

Los parámetros de calidad del agua en el periodo experimental de aproximadamente 94 días mantuvieron los niveles adecuados para el crecimiento y la supervivencia de los camarones. Sin embargo el nitrito en tanques se observó en concentraciones más elevadas que lo reportado en cuanto a valores aceptables en cultivo de camarón. El nitrito puede acumularse en concentraciones de 10 hasta 20 mg/L. En altas concentraciones, se combina con la hemocianina en la sangre de los camarones y reduce drásticamente la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. En cultivos semi-intensivos, son pocas las ocasiones en las que el nitrito es superior a 1 ó 2 mg/L y la toxicidad no es un problema. Sin embargo, sí ha habido reportes de toxicidad por nitrito en estanques intensivos (Boyd, 2001). Los valores observados en tanques alimentados tanto con dieta vegetal como referencia arrojaron valores de nitritos mayores a 2mg/L, estos datos podrían atribuirse posiblemente a uno de los factores que afectó el crecimiento de los camarones cultivados en el sistema de cultivo tanques, debido



a que era un sistema de cultivo intensivo, no contaba con productividad primaria, y además se encontraban bajo efecto invernadero.

Los valores observados de fósforo en estanques con dieta vegetal arrojó valores un poco más altos que los aceptados para este tipo de cultivos, pero puede estar asociado a que a pesar de que aparentemente la cantidad de fósforo presente en el sistema es suficiente, se añade más fósforo al mismo, ya sea por fertilización, alimento no consumido, la descomposición de organismos muertos, y por las heces de los animales en cultivo, especialmente en camarones donde la liberación del fosforo equivale entre el 60 y 80% del que consumen (Santacruz *et al.*, 2003; Boyd, 2001).

## **9.2 Dietas**

Las dietas fueron realizadas por la misma fábrica, lo que disminuye la variabilidad que se pueda encontrar entre ellas, sin embargo se realizaron análisis bromatológicos a las dietas en el laboratorio de CENIACUA, verificando la calidad de las dietas y los porcentajes utilizados, ya que se obtuvo valores de 33.83% y 34.43% para proteína en la dieta vegetal y referencia respectivamente, y valores de 19.65 y 22.21 KJ/g para energía de la dieta vegetal y referencia respectivamente, al realizar el análisis estadístico no se observan diferencias significativas lo que permite afirmar que las dietas son isocalóricas e isoproteicas.

Los valores de hidroestabilidad para ambas dietas fueron similares, obteniendo porcentajes de retención de agua de aproximadamente del 83%, este porcentaje sugiere una buena integridad del alimento en el agua, ya que una gran cantidad de nutrientes se disuelven en las primeras dos o tres horas (Cruz – Suárez, 1999). Este valor puede deberse a la poca variabilidad en el tamaño de las partículas y al grado de compactación de las dietas (Cruz- Suárez *et al.*, 2006). La lixiviación fue mayor en la dieta referencia siendo esta de 14.52%, arrojando

diferencias significativas entre las dietas, las cuales favorecen a la dieta vegetal con un 12.54%, sin embargo estas diferencias no se ven reflejadas en el comportamiento alimenticio e ingestión del alimento. La flotabilidad fue de 0%, lo que indica que el alimento es adecuado, ya que los alimentos para camarón deben mantener un porcentaje cercano a 0,1% de flotabilidad debido a que aquellos pellets que flotan no van a ser aprovechados por los camarones e incrementan el nivel de contaminación del sistema de cultivo (Molina–Poveda, 2008).

Para obtener buenas tasas de crecimiento se necesita que una dieta que no sólo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, sino que también debe ser ingerida, digerida y absorbida en la cantidad adecuada. Por lo tanto, la biodisponibilidad de nutrientes o energía en los alimentos para organismos acuáticos puede definirse principalmente en términos de digestibilidad la cual representa la fracción del nutriente en el alimento ingerido que no es excretado en las heces (Molina-Poveda, 2008). Sin embargo estos coeficientes de digestibilidad están sujetos a las características digestivas de la especie a cultivar y de la composición de la dieta (Lim y Dominy, 1990).

Los coeficientes de digestibilidad aparente de las dietas utilizadas fueron realizados por CENIACUA en un estudio anterior, arrojando valores de ADC materia, ADC proteína y ADC energía de  $82 \pm 2.8$ ,  $93.2 \pm 1.5$ ,  $90.7 \pm 1.2$  para la dieta comercial y de  $64 \pm 2.3$ ,  $86 \pm 0.8$ ,  $83.5 \pm 1.2$  para la dieta vegetal respectivamente. Presentándose diferencias significativas entre la dieta referencia comercial y la dieta vegetal (P- value < 0.05). A pesar que el coeficiente de digestibilidad de materia seca (CDA materia) reportado en esta investigación para la dieta vegetal fue de 64 %, porcentaje que puede estar ligado a las condiciones fisiológicas de los camarones *L. vannamei* (Buendía, 2012), el consumo, supervivencia y parámetros productivos de los camarones alimentados con la dieta vegetal no se vio afectado.

Junto con el análisis de digestibilidad se realizó el análisis de finos, siendo este de  $0.09 \pm 0.01$  y  $0.11 \pm 0.04$  para la dieta referencia y vegetal respectivamente, encontrando que no existen diferencias significativas, lo que confirma la calidad de las dietas en el proceso y fabricación (Buendía, 2012). Ya que según Molina-Poveda (2008) el porcentaje de finos durante el manejo de los alimentos peletizados debe estar entre 1 y 2%, y entre más finos presente el alimento, se produce más desperdicio y una mayor contaminación en el agua y en fondo del sistema de cultivo.

Productos a base de soya como la harina de soya (SBM), es un buen candidato como fuente de proteína para reemplazar las fuentes de proteínas de origen animal en alimentos para camarón (Cruz- Suárez et al., 2009). Sin embargo presenta factores antinutricionales (Tan *et al.*, 2005; Gatlin *et al.*, 2007; Akiyama 1989). Estos factores inhiben la tripsina produciendo efectos tales como, reducción de digestibilidad de la proteína, limita la absorción de grasa, disminuye la energía metabolizable, produce hipertrofia pancreática, disminuye la disponibilidad de aminoácidos, vitaminas y minerales, entre otros (Ortega- Caro, 1999). Sin embargo la mayoría de estos factores se eliminan durante los procesos de fabricación de piensos adecuados, ya que en este proceso se destruyen o inactivan los factores termolábiles y contribuye al rompimiento de las paredes celulares que no pueden ser digeridas por los peces y camarones, haciendo disponible los nutrientes y mejorando la digestibilidad de los ingredientes (Díaz-Guzmán, 1996).

La tripsina representa por sí sola el 60% de la actividad proteásica del hepatopáncreas en los crustáceos peneidos (Cruz-Suarez, 1999). El efecto de inhibidores naturales de la tripsina presentes en los ingredientes de base (soya) utilizados para la elaboración de las dietas del estudio, tal como el inhibidor tripsico de la soya, es muy marcado en los crustáceos Peneidos por que el sistema digestivo hepatopáncreas presenta poca actividad quimiotripsica pero

presentan actividades análogas a la tripsina, con la presencia de las carboxipeptidasas, aminopeptidasas y dipeptidasas; las enzimas digestivas endopeptidasas, exopeptidasas, y proteasas que pueden llegar a romper las proteínas de la soya para mejor aprovechamiento de los aminoácidos (Cruz-Suarez, 1999).

Desde este punto de vista y considerando la calidad de los pellets suministrados, elaborados con porcentajes elevados de harina de soya como reemplazo parcial de la harina de pescado, el estudio demostró que los peneidos pueden asimilar la proteína de soya y por lo tanto puede ser sustituida en la elaboración de raciones. Esto por lo tanto trae beneficios importantes en los costos de acuicultura.

### **9.3 Crecimiento y supervivencia en líneas genéticas.**

#### **Línea Genética**

Analizando el crecimiento y la supervivencia en cada sistema de cultivo para cada uno de los factores evaluados se encontró que en supervivencia no existían diferencias significativas en dietas y líneas genéticas utilizadas; en crecimiento tampoco se encontraron diferencias entre las líneas genéticas, pero si se detectaron con respecto a las dietas utilizadas.

Son varios los adelantos que se han realizado en *L. vannamei* respecto a mejoramiento genético, pero la mayoría de estos han sido enfocados en líneas genéticas para resistencia a enfermedades, obteniendo resultados favorables en esta área, como los encontrados por (Moss *et al.*, 2011; Argue *et al.*, 2002) y por Chock *et al.* (2009) en Colombia. Otros estudios se han enfocado en la interacción entre genotipo ambiente en *L.vannamei*, como el de Gitterle *et al.* (2005) en Colombia, quienes observaron una baja interacción genotipo granja (GXE) entre

el genotipo y el ambiente. Gong *et al.* (2012) usaron dos líneas genéticas de *L. vannamei* (Línea T-crecimiento y Línea G-crecimiento y resistencia a altas densidades), estas animales fueron alimentados con cinco dietas de las cuales tres eran semipurificadas (dietas que contenían harina vegetal y harina marina) y dos eran comerciales con 35 y 40 % de harina marina. Encontrando que no hubo interacción entre la línea genética y la dieta, siendo la dieta la que influyó en el crecimiento del camarón. Estos datos confirman los resultados obtenidos en el presente estudio, debido a que la dieta es el único factor que causa un efecto directo sobre los camarones y no la línea genética, ya que no se encontró una interacción entre las mismas (Línea genética x dieta).

### **Estanques.**

Los resultados demuestran que existen diferencias significativas entre las dietas evaluadas respecto al crecimiento; pero no entre las líneas genéticas utilizadas en estanques, en supervivencia tampoco se observó sin embargo ambas líneas presentaron mayor supervivencia y crecimiento en el estanque alimentado con la dieta vegetal principalmente soya con una inclusión del 3% de FM, que en el estanque alimentado con la dieta comercial a base de harina de pescado o dieta referencia. Los resultados obtenidos por Amaya *et al.* (2007), afirman lo anterior, aunque su estudio se basó en usar cuatro dietas con bajas concentraciones de FM, que no mostraron diferencias significativas fue la dieta a base de harina vegetal con 3% de FM quien obtuvo un FCR bajo y una alta supervivencia, afirmando así que la alimento suministrado es asimilado y que es posible realizar un reemplazo parcial de SBM por FM.

### **Tanques de aguas claras.**

En cuanto a los resultados obtenidos en tanques con agua clara evaluando las líneas genéticas, no se observaron diferencias significativas entre las líneas genéticas, sin embargo en este sistema de cultivo ambas líneas tuvieron mayor crecimiento en la dieta referencia, siendo esta dieta la que favoreció el crecimiento en este sistema de cultivo. En supervivencia no se observaron dichas diferencias. Las diferencias significativas favorecen a la dieta referencia en este sistema de cultivo. Estos resultados contrastan de los obtenidos por Suarez *et al.* (2009), los cuales realizaron el estudio bajo condiciones similares usando diferentes dietas a base de harina vegetal en tanques con aguas claras, sin fitoplancton ni zooplancton, y la dieta que contenía el 6% de inclusión de FM fue la dieta sugerida para el reemplazo de la dieta comercial.

### **9.3 PARAMETROS PRODUCTIVOS DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO**

#### **Piscinas comerciales o estanques.**

En cuanto a parámetros productivos de todos los animales cultivados en los sistemas de cultivo, no se observaron diferencias significativas en cuanto a las dietas suministradas; lo cual hace factible que exista un reemplazo parcial de la dieta a base de harina vegetal con 3% de inclusión de harina de pescado por la dieta comercial a base de FM; la dieta vegetal en estanques obtuvo los valores más altos en cuanto crecimiento, supervivencia, PER y FE y el FCR más bajo lo que indica que la asimilación del alimento fue adecuada permitiendo un buen rendimiento y una buena conversión alimenticia, el SGR a pesar que no mostró diferencias significativas fue el valor más alto en comparación con la otra dieta y el otro sistema de cultivo. Samocha *et al.* (2004), Sookying y Davis (2011), Amaya *et al.* (2007) también realizaron sus investigaciones en estanques en tierra,

obteniendo resultados similares a los de este estudio, logrando una sustitución parcial de harina vegetal por FM.

### **Tanques de aguas claras.**

En tanques no existen diferencias significativas en cuanto a las dietas, lo que supone una sustitución de la dieta vegetal por la comercial. Aunque los parámetros productivos o desempeño favorecen a los estanques en tierra, los datos arrojados por los tanques no son muy distantes entre sí, lo que sugiere que a pesar de no ser mejor la dieta vegetal es muy similar, apoyando el reemplazo parcial de SBM por FM en la dieta del camarón *L. vannamei* cultivado en tanques de aguas claras, sin afectar su rendimiento. Lo anterior coincide con lo reportado por Molina *et al.* (2004), Sa *et al.* (2013), Suarez *et al.* (2009) quienes también trabajaron con *L. vannamei* y no obtuvieron diferencias significativas en sus estudios afirmando que es posible realizar un reemplazo parcial de la FM por harina vegetal en la dieta de *L. vannamei*. Otros autores como Paripatananont (2001), Bulbul *et al.* (2012), Penaflorida (2002), realizaron sus investigaciones en especies similares tales como *P. monodon* y *Marsupenaeus japonicus*, *Penaeus indicus* y *P. merguensis* respectivamente, en tanques con efecto invernadero concluyendo que si es posible una sustitución de harina vegetal por FM en estas especies sin afectar el crecimiento, la sobrevivencia, el FCA y la PER.

La harina de soya se ha usado con éxito en alimento para camarón en la acuicultura. Los resultados de estudio demuestran que una dieta con base a harina de soya con una inclusión del 3% de harina de pescado, es una alternativa en el reemplazo de la harina de pescado en ambos sistemas de cultivo. Sin embargo hubo diferencias significativas entre los sistemas de cultivo, favoreciendo el rendimiento en piscinas comerciales, convirtiendo los estanques en un sistema apto para engorde de camarón con la dieta vegetal. Esta diferencia en cuanto a crecimiento, supervivencia, ganancia en peso semanal y FCA entre los sistemas se puede deber probablemente al tipo de sistema de cultivo que se use. Al

comparar los dos sistemas de cultivo se observó que en piscinas comerciales donde existía la presencia de fitoplancton y zooplancton, el crecimiento fue mayor que en los tanques con aguas claras. Lo anterior coincide con el estudio realizado por Izquierdo *et al.*(2006) en el que tenían como objetivo comprender la importancia del alimento natural en los sistemas de intercambio de agua cero como fuente de ácidos grasos esenciales para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, obteniendo como uno de sus resultados que la supervivencia y el crecimiento de la cría de camarones en aguas verdes o con productividad fueron mejores que las de cría en aguas claras.

### **9.5. Densidades**

Los estanques y los tanques se sembraron con diferentes densidades, los estanques contaron con aproximadamente 10 camarones /m<sup>2</sup> y los tanques con 50 camarones/m<sup>2</sup>, el crecimiento en estanques fue mayor que en tanques, obteniendo crecimientos semanales de aproximadamente 2.22 g, mientras que en tanques fue de 1,68 g, FCA de 1.29 y 2.39, y supervivencia de 93.5 y 89.6 %, obteniendo diferencias significativas en crecimiento, supervivencia y FCA, al comparar los sistemas de cultivo (tanques y estanques), pero no se observaron dichas diferencias dentro de cada sistema utilizando las dos dietas (vegetal y referencia), lo anterior permite observar una correlación negativa entre la densidad y el crecimiento. Estos resultados favorecen la producción comercial en estanques en tierra. Resultados similares fueron obtenidos por Sookying *et al.* (2011) quien evaluó el efecto de diferentes densidades cultivos de *L.vannamei* alimentados con una dieta a base de harina vegetal, utilizando tanques y estanques en donde ambos sistemas contaron con productividad primaria, las densidades en tanques fueron de (15, 25, 35, 45, 55 y 65 camarones/m<sup>2</sup>) y en estanques de (17, 26, 35 y 45 camarones /m<sup>2</sup>), observando que no existen diferencias significativas para crecimiento, supervivencia y FCA en los dos sistemas de cultivo, pero sí existe una tendencia hacia una correlación negativa entre la densidad y el crecimiento en ambos sistemas de cultivo. Estos resultados revelaron que los animales que



fueron sembrados en estanques en tierra tuvieron un mayor crecimiento. Araneda *et al.* (2008) realizaron un estudio cultivando camarones *L. vannamei* en agua dulce utilizando tres densidades (90, 130 y 180 camarones /m<sup>2</sup>) durante 210 días, los resultados obtenidos mostraron una disminución en las tasas de crecimiento y supervivencia a medida que la densidad aumentaba. Los resultados de Williams *et al.* (1996) en la siembra de camarones *L.vannamei* y *Penaeus setiferos* a diferentes densidades, también revelan una relación lineal inversa entre las densidades y el crecimiento.

Los resultados apuntan a que los sistemas de cultivo en tierra con bajas densidades son los recomendados en la producción comercial de camarón. Debido a que estudios realizados durante años en estanques de producción comercial o en tierra, indican que el aumento de las densidades del camarón, tiene un efecto negativo en el crecimiento del mismo (Sookying *et al.*, 2011).

## **10. CONCLUSIÓN**

Este estudio indicó que la dieta que contiene harina vegetal como fuente primaria de proteína, es viable para reemplazar parcialmente las dietas comerciales para camarón a base de harina de pescado en piscinas comerciales y tanques, ya que cumple con el porcentaje de proteína, energía, y demás nutrientes necesarios para una buena nutrición, además de ser una dieta con alta calidad y digestible.

Las líneas genéticas utilizadas no arrojaron diferencias significativas entre ellas para crecimiento y supervivencia lo que indica que ambas líneas genéticas pueden ser usadas para cultivo de camarones de engorde. Sin embargo en el rendimiento Kg/ha en tanques arrojó diferencias significativas las cuales favorecen a la L1 y en estanques a pesar que no mostró dichas diferencias en la gráfica se puede observar que la L1 tuvo rendimientos más altos que la L2.

La dieta vegetal en estanques arrojó parámetros productivos aptos para cultivo de camarones de engorde, convirtiendo este sistema semi-intensivo en el idóneo para cultivo de camarón alimentado con dieta vegetal.

En densidades de siembra para cultivo de camarón se recomienda utilizar estanques en tierra que cuenten con bajas densidades.

Los resultados obtenidos de este estudio son novedosos en cuanto a cultivo de camarón ya que se encontró una relación en cuanto a la dieta y el crecimiento.

## 11. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta para futuras investigaciones al menos tres replicas por tratamiento.
- Para obtener datos de parámetros productivos (FCA, FE Y PER) para cada línea genética, es necesario separar dichas líneas, en cada uno de los sistemas de cultivo.

## BIBLIOGRAFIA

Akiyama, D. M., 1989. Soybean meal utilization by marine shrimp. In: T. H. Applewhite (Editor). Proc. World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs. Am. Oil Chem. Soc., Champaign. IL. pp. 252-265.

Allan, G. L., 2004. Fish for Feed vs Fish for Food. In: Fish. Aquaculture and Food Security: Sustaining Fish as a Food Supply. Record of a conference conducted by the ATSE Crawford Fund. Parliament House. Canberra. edited by A.G. Brown (pp. 20-26).

Amaya, E., Allen Davis. D., Rouse. D., 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262, 393 – 401.

AQUACOP 1978. Equipements pour fabriquer des granules par voie humide destinés aux animaux marins. Symposium on finfish nutrition and fishfeed technology.

Araneda, M., Pérez, E.P., Gasca-Leyva, E., 2008. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: condition state based on length and weight. *Aquaculture* 283, 13–18.

Argue, B.J., Arce, S.M., Lotz, J.M., Moss, S.M., 2002. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. *Aquaculture* 204, 447– 460.

Blanc, J., 2002. Interaction between diet and genetic aptitude for weight and growth in juvenile rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research* 33, 563-568.

Bécquer, U., 2005. Heredabilidad y correlaciones genéticas y fenotípicas para caracteres de crecimiento en el camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936), (Decapoda, Dendrobranchiata). Tesis de grado. Ciudad de la Habana. Universidad de la habana, centro de investigaciones marinas. 34 p.

Boyd, C., 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds.). Métodos para mejorar la Camaronicultura en Centroamérica. Editorial- Imprenta UCA, Managua, Nicaragua, pp. 24-25.

Buendía, D.E., 2012. Evaluación productiva de una dieta con altos niveles de inclusión de proteína vegetal, frente a una dieta comercial en alimento para *litopenaeus vannamei* (boone, 1931). Director: PhD. Jorge Arturo Suárez Navarrete. Tesis de maestría. UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA, Facultad de Ingenierías.

Bulbul, M., Abdul Kader, Md., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., 2012. Effect of replacing fishmeal with canola meal on growth and nutrient utilization in kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) *Aquaculture Research*, 1–11.

Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Van Der Geyten, S., Mol, K.A., Kühn, E.R., Quinsac, A., Krouti, M. & Ribailier, D. (2000) Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilisation and thyroid status. *Aquaculture*, **188**, 363-382.

Chou, R.L., Her, B.Y., Su, M.S., Hwang, G., Wu, Y.H., Chen, H.Y., 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 229, 325–333.

Cock, J., Gitterle, T., Salazar, M., Rye, M., 2009. Breeding for disease resistance of Penaeid shrimps. *Aquaculture* 286, 1–11.

Cruz - Suárez, L.E., 1999. Enzimas digestivas y Estudios sobre digestibilidad para Organismos acuáticos. En: Cruz- Suárez, L.E., Ricque - Marie, D., & Mendoza. Alfaro. Avances en nutrición acuícola III, memorias del III simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos. 11-13 de Noviembre 1996. Universidad autónoma Nuevo León México.

Cruz - Suárez, L.E., Tapia - Salazar, M., Villarreal-Cavazos, D., Beltrán - Rocha, J., Nieto - López, M G., Lemme, A., Ricque-Marie., 2009. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soy bean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture* 292 87–94.

Deng, D.F., Ju, Z.Y., Dominy, W.G., Bechtel, P.J., Smiley, S. 2013. An evaluation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) testes meal in diets for pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): effect on palatability, digestibility and growth performance. *Aquaculture Nutrition*. doi: 10.1111/anu.12036.

Díaz- Guzmán, J.F., 1996. Principales ingredientes a utilizar en dietas para acuicultura. En Soler- Jaramillo, M.P., Rodríguez- Gómez, H., Daza, Victoria. Fundamentos De Nutrición Y Alimentación En Acuicultura (pp.182). Ed Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia.

Díaz, F., Dorado. M.P., Eraso, A., Ortega. E., Rodriguez, H., 1996. Nutrition and feeding fundamentals in aquaculture. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Santafé de Bogotá. Colombia.

FAO 2009-2013. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.

In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 31 July 2013. [Citado 29 September 2013].

FAO. 2010. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, Informe Sofía. ISBN 978-92-5-306675-9. pp. 219.

Gatlin, D.M. III. Barrows, F.T., Brown, P. et al., 2007 Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquacult. Res.*, 38. 551–579.

Gjedrem, T., Fimland, E., 1995. Potential benefits from high healthand genetically improved shrimp stocks. In: Browdy, C.L., Hopkins, J.S. (Eds.), *Swimming Through Troubled Water. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, pp. 60– 65.

Gitterle, T., Rye, M., Salte, R., Cock, J., Johansen, H., Lozano, C., Suarez, J.A., Gjerde, B. 2005. Genetic (co)variation in harvest body weight and survival in *penaeus (Litopenaeus) vannamei* under standard comercial conditions. *Aquaculture* 243: 83-92.

Gjedrem, T., 2000. Genetic improvement of cold water fish species. *Aquaculture Research* 31. 25-33.

Gong, H., Jiang, D., Alig, F., Lawrence, A.L., 2012. Effects of dietary protein level and source on the growth and survival of two genetic lines of specific-pathogen-free Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* *Aquaculture* 338-341,118–123.

Hardy, R.W., 2006. *Worldwide Fish Meal Production Outlook and the Use of Alternative Protein Meals for Aquaculture*.

Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*. 2010. 41. 770-776.

Hernández, C., Olvera-Novoa, M.A., Aguilar-Vejar, K., González-Rodríguez, B., Abdo de la Parra, I., 2008. Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) *Aquaculture* 277, 244–250.

Izquierdo, M., Forster, I., Divakaran, S., Conquest, I., Decamp, O., Tacon, A., 2006. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 12, 192-202.

Kolditz, C., Lefevre, F., Borthaire, M., Quillet, E., Medale, F., 2006. Metabolic pathways involved in nutritional and genetic determinism of fat storage allocation in body compartments of rainbow trout: Gene candidates and liver proteome analysis. XII simposium internacional de nutrición en peces. Biarritz. Francia. Mayo 20-Junio 1

Kleveland, E., Ruyter, B., Vegusdal, A., Sundvol, H., Berge, R., Gjoen, T., 2006. Effects of thia fatty acids on expression of some lipid related genes in atlantic salmon. XII simposium internacional de nutrición en peces. Biarritz. Francia. Mayo 20-Junio 1

Koong, J., Nienaber, J., Mersmann, J., 1983. Effects of plane of nutrition on organ size and fasting heat production in genetically lean and obese pigs. *J. Nutr.* 113: 1626-1631.

Lim, C y Dominy, W., 1990. Evaluation of Soybean Meal as a Replacement for Marine Animal Protein in Diets for Shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87, 53-63.

Lovett, L y Felder, D., 1990. Ontogenetic change in digestive enzyme activity of larval and postlarval white shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Biol. Bull.* 178: 144-159.

Martínez, L., Gamboa, J., Nieto, M., Ricque, D., Cruz, L.E., 2012. Incorporation of dietary nitrogen from fish meal and pea meal (*Pisum sativum*) in muscle tissue of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed low protein compound diets. *Aquaculture Research*. 1–13.

Molina-Poveda, C., Morales, M.E., 2004. Use of a 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.

Molina - Poveda, C., 2008. Alimento artificial. En: Estrategias de alimentación en la etapa de engorde del camarón (Eds) Molina- Poveda, C., & Villarreal- Colmenares, H., La Paz, México. Pag. 31- 38.

Moss, S.M., Arce, S.M., Argue, B.J., Otoshi, C.A., Calderon, F.R.O., Tacon, A.G.J., 2001. Greening of the blue revolution: efforts toward environmentally responsible shrimp culture. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), *The New Wave: Proceedings*

of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp. 1–19.

Moss, D.R., Arce, S.A., Otoshi, C.A., Doyle, R.W., Moss, S.M., 2007. Effects of inbreeding on survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 27S1, S30–S37.

Moss, S.M., Moss, D.R., Otoshi, C.A., Arce, S.M., 2010. An integrated approach to sustainable shrimp farming. *Asian Fisheries Science* 23, 591–605.

Moss, D.R., Arce, S.A., Otoshi, C.A., Moss, S.M., 2011. Shrimp breeding for resistance to Taura syndrome virus. *Global Aquaculture Advocate* January/February, pp. 40–41.

Naylor R., Goldberg R.J.H., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. y Troell M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 405, 1017–1024.

Nassar, A y Barcellos L. 2011. Análisis Estratégico para la producción de soja responsable en Brasil y Argentina. Instituto de Estudo do Comércio e Negociações Internacionais. Brasil.

Noblet, J.C., Karege, C., Dubois, S., 1991. Influence of growth potential on energy requirements for maintenance in growing pigs. In: *Energy metabolism in farm animals*. Wenk C. Boessinger W. (eds). Zurich. pp 107.

Ortega-Caro, E., 1996. Principales ingredientes a utilizar en dietas para acuicultura. En Soler- Jaramillo, M.P., Rodríguez- Gómez, H., Daza, Victoria. *Fundamentos De Nutrición Y Alimentación En Acuicultura* (pp.150). Ed Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Santafé de Bogotá-Colombia.

Paripatananont, T., Boonyaratpalin, M., Pengseng, P. and Chotipuntu, P., 2001. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research*. 32 (Suppl. 1), 369-374.

Peñaflorida. V.D., 2002. Evaluation of plant proteins as partial replacement for animal proteins in diets for *Penaeus indicus* and *P. merguensis* juveniles. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 54(3). 116-124.

Sá, M.V.C., Sabry-Neto, H., Cordeiro-Júnior, E y Nunes, A.J.P., 2013 Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 19; 199-210.



- Samocha, T.M., Davis, D.A., Saoud, I.P., DeBault, K., 2004. Substitution of fish meal by coextruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 231, 197–203.
- Santacruz-Reyes, R., Velásquez-López, C., Reyes- Nieto, P., 2003. Fósforo en estanques de cultivo de camarón: acumulación en sedimentos y disponibilidad de fósforo reactivo en la columna de agua. *CIVA* 141-153.
- Sookying, D. & Davis, A., 2011 Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. *Aquaculture*, 319, 141–149.
- Suárez, J.A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., Garcia, G., Alanis, G., Suárez, A., Faillace, J., Cuzon, G., 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 289, 118–123.
- Tacon, A.G.J., 2003. Global trends in aquaculture and compound aquafeed production: a review. *International Aquafeed Directory and Buyers' Guide*. 8–23.
- Tacon, A.G.J., 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados Manual de capacitación. FAO. Brasil.
- Tacon, A.G.J., Akiyama, D.M., 1997. Feed ingredients. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture*, vol. 6. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp. 411 – 472.
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R. & Metian, M. (2011) Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans — Trends and prospects. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper #564.
- Tan R.K.H. & Dominy W.G., 1997 Commercial pelleting of crustacean feeds. In: *Crustacean Nutrition* (ed. by L.R. D'Abramo, D.E. Conklin & D.M. Akiyama), pp. 520-549. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Tan, B., Mai, K., Zheng, S., Zhou, Q., Liu, L., Yu, Y., 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*. 36, 439-444.
- Williams, A.S., Davis, D.A., Arnold, C.R., 1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society* 27, 107–112.

Xia, S., Li, Y., Wang, W., Rajkumar, M., Paramasivam, K., Vasagam, K and Wang, H., 2010. Influence of dietary protein levels on growth, digestibility, digestive enzyme activity and stress tolerance in white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared in high-density tank trials. *Aquaculture Research* 41, 1845-1854.

Yang, Q., Zhou, X., Zhou, Q., Tan, B., Chi, S., Dong, X., 2009. Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Boone. Aquaculture Research*. 41. 78-86.

Ye, J., Liu, X., Wang, Z., Wang, K., 2011. Effect of partial fish meal replacement by soybean meal on the growth performance and biochemical indices of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Int* 19:143–153.