



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA

**DIETA PRÁCTICA PARA CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*)
ELABORADA CON CONCENTRADO PROTEICO DE SOYA (Nutrivance™ Midwest).**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA

PRESENTA:

JOSÉ ANTONIO IBARRA PALMA Y MEZA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



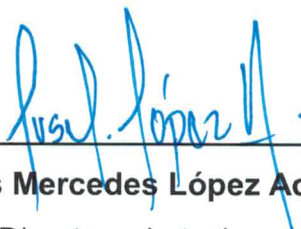
TESIS

DIETA PRÁCTICA PARA CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*)
ELABORADA CON CONCENTRADO PROTEICO DE SOYA (Nutrivance™
Midwest).

Presentada por:

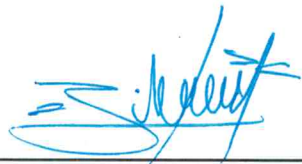
José Antonio Ibarra Palma y Meza

Aprobada por el comité:



Dra. Lus Mercedes López Acuña

Directora de tesis



M.C. Honorio Cruz López

Sinodal



Dr. Mario Alberto Galaviz Espinoza

Sinodal

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

marzo de 2021

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres José y Silvia, por ser más que un ejemplo a seguir, por hacer lo imposible por darme lo mejor y siempre hacerme saber que puedo explotar mi potencial al máximo en toda situación.

A mi hermano Iván y a mi hermana Silvia por crecer conmigo y compartir todo momento bueno. Gracias por creer en mí a pesar de la distancia, y de esta forma les hago saber que siempre contarán conmigo.

A mi Abuelita que acabas de llegar al cielo, por darme ese último abrazo cálido y tus valiosas palabras esa última vez que te vi.

Y a todos mis demás familiares por estar siempre presentes.

Gracias eternas!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, a la Facultad de Ciencias Marinas, al Laboratorio de Nutrición Acuícola y a la Unidad de Biotecnología en Piscicultura por permitir mi desarrollo profesional dentro de sus unidades académicas, además, de otorgarme el apoyo financiero para todo mi experimento.

*Al U.S. Soybean Export Council (USSEC) por proveernos el Concentrado de Proteína de Soya (Nutrivance™ Midwest) para realizar el estudio en *Litopenaeus vannamei*.*

A mi directora de tesis, Dra. Lus Mercedes López Acuña por todo su apoyo incondicional, tiempo y paciencia en toda mi formación profesional, al igual que su confianza y amistad.

A mi tutor y sinodal, Dr. Mario Alberto Galaviz Espinoza por toda su amistad, comentarios y enseñanzas que enriquecieron este trabajo, así como mi formación durante toda mi carrera.

A mi sinodal, Dr. Honorio Cruz López por todos sus consejos y puntos de vista en este escrito y ayudarme en los análisis de las muestras en el laboratorio, sobre todo su amistad.

Muchas gracias a todos los miembros del Laboratorio de Nutrición Acuícola de FCM-UABC por la amistad, ayuda y asistencia en varias partes de este trabajo incluyendo análisis de laboratorio, bioensayo y muestreo, especialmente a Ollin por estar siempre al tanto del experimento desde el inicio.

A mis amigos y segunda familia de carrera, por tan buenos y únicos momentos de puras carcajadas, fiestas y salidas de campo, gracias por estar siempre a mi lado y aparecer en mi vida.

A Alina por siempre motivarme, creer en mí, y apoyarme en todo momento, te amo.

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Formulación de dietas experimentales con diferentes concentraciones de concentrado proteico de soya en sustitución de harina de pescado para juveniles de <i>Litopenaeus vannamei</i>	7
Tabla II. Composición proximal de las dietas experimentales con diferentes proporciones de concentrado proteico de soya y harina de pescado.	12
Tabla III. Resultados de parámetros de crecimiento obtenidos con juveniles de <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados con distintos niveles de concentrado proteico de soya.	14

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 ANTECEDENTES	4
3.0. HIPÓTESIS	6
4.0 OBJETIVO GENERAL	6
4.1 OBJETIVOS PARTICULARES	6
5.0 METODOLOGÍA	7
5.1 DIETAS EXPERIMENTALES	7
5.2 OBTENCIÓN DE ORGANISMOS.....	8
5.3 SISTEMA DE CULTIVO EXPERIMENTAL	8
5.4 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO	9
5.5 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	10
5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	11
6.0 RESULTADOS.....	12
6.1 ANALISIS PROXIMALES DE LAS DIETAS	12
6.2 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO	12
6.2.1 SOBREVIVENCIA.....	12
6.2.2 PESO GANADO (PG).....	13
6.2.3 INGESTIÓN DIARIA (ID)	13
6.2.4 RAZÓN DE EFICIENCIA PROTEICA (REP) Y EFICIENCIA ALIMENTICIA (EA)	13
7.0. DISCUSIONES	14
7.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO	14
7.1.1 SOBREVIVENCIA.....	14
7.1.2 CRECIMIENTO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA	15
8.0 CONCLUSIONES	16
9.0 BIBLIOGRAFÍA	17

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA

DIETA PRÁCTICA PARA CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) ELABORADA CON CONCENTRADO PROTEICO DE SOYA (Nutrivance™ Midwest)

José Antonio Ibarra Palma y Meza

RESUMEN

Con el fin de obtener una fuente alterna de proteína y sustituir harina de pescado (HP) por concentrado proteico de soya (CPS) en dietas para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) se realizó la presente investigación. Debido a la alta demanda mundial de camarón para consumo humano y una limitada producción de HP para elaborar alimento formulado para las dietas de estos organismos, se utilizó la línea de CPS de NutriVance™ Midwest en dietas para evaluar la respuesta de crecimiento y optimizar rendimientos en parámetros productivos del camarón blanco. Se formularon y elaboraron cinco dietas sustituyendo 10, 20, 30, 40 y 50% de la proteína de la HP por CPS (D10, D20, D30, D40 y D50, respectivamente) y una dieta control con 100% de proteína de la HP (DC0), las cuales se probaron en un diseño experimental aleatorio por triplicado para cada dieta. El cultivo de los organismos se realizó en un sistema semi-cerrado de 18 tanques de fibra de vidrio con parámetros de temperatura y oxígeno controlados ($28.0 \pm 1^\circ\text{C}$ y $6.0 \pm 1.0 \text{ mg L}^{-1}$ respectivamente) y fotoperiodo 12:12 h (luz:oscuridad). Los organismos tuvieron una semana de acondicionamiento y se alimentaron 3 veces al día a saciedad aparente. Después de 5 semanas de experimento los organismos alimentados con las diferentes dietas no presentaron diferencias significativas y obtuvieron un peso ganado (PG) de $0.09 \pm 0.04 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (D40) a $0.11 \pm 0.04 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (D20), una sobrevivencia (S) de 85.0 ± 10.00 (DC) a $96.7 \pm 5.77 \%$ (D20), una ingestión diaria (ID) mínima de $0.06 \pm 0.03 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (DC) y máxima de $0.07 \pm 0.03 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (D20 y D50), una razón de eficiencia proteica (REP) de 2.50 ± 0.57 (D40) a 3.27 ± 0.07 (D20), una tasa de conversión alimenticia (TCA) de 0.60 ± 0.00 (D20) a 0.83 ± 0.17 (D40). Se concluye que las sustituciones del CPS del presente estudio, no afectaron el desempeño productivo de los organismos, lo que indica que el CPS podría ser una alternativa parcial de proteína para las dietas de *L. vannamei*, y así, evitar utilizar grandes cantidades de HP en los alimentos para acuicultura.

1.0 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad productora de alimento de alta calidad que ha tenido un aumento considerable en la producción de especies dulceacuícolas y marinas en los últimos años, además esta actividad constituye una importante fuente de ingresos para países en desarrollo como América Latina y Asia (FAO, 2018). La producción mundial de animales acuáticos procedentes de la acuicultura en 2016 ascendió a 110.2 millones de toneladas, con un valor de venta estimado de \$243,500 millones de dólares (USD) (FAO, 2018). Por otro lado, Baja California presentó una producción acuícola de 40 ton con un valor de \$2,000,000.00 MN de pesos al año (SEPESCA, 2018). Dentro de los organismos que se cultivan a gran escala debido a su alta demanda comercial a nivel mundial son los crustáceos decápodos, en especial los camarones, con una producción de 7.9 millones de toneladas y un valor de \$57,100 millones de USD para el 2016 (FAO, 2018). Entre las especies cultivadas, el camarón blanco (*L. vannamei*) es la más importante con el 53% de la producción anual (FAO, 2018).

El camarón blanco *L. vannamei* (Boone, 1931) es endémico de la costa oriental del Océano Pacífico. En el medio natural presenta una distribución desde Sonora, México hasta Perú en aguas cuya temperatura es superior a 20°C durante todo el año. El camarón tolera un intervalo de salinidad de 2 a 40 unidades prácticas de salinidad (ups). Los camarones adultos viven en ambientes marinos tropicales y subtropicales con fondos arenosos y las postlarvas pasan a etapa juvenil y pre-adulta en estuarios y lagunas costeras (FAO, 2006). Estos organismos pueden ser filtradores, carroñeros y predadores, por lo que se clasifican como omnívoros, además se ha encontrado en su contenido estomacal restos de otros crustáceos, anélidos, moluscos, equinodermos, nematodos, tejidos de peces, algas, materia vegetal y detritus, lo cual, hace que este organismo tenga la posibilidad de ser alimentado con dietas formuladas en cautiverio con diferentes tipos de alimento formulado (National Research Council, 2011).

Uno de los recursos de mayor importancia para producir alimento formulado en la acuicultura es la harina y aceite de pescado, debido a que tienen un buen nivel y calidad de proteína y lípidos, sin embargo, el porcentaje de la producción pesquera mundial utilizada para el consumo humano ha aumentado en los últimos años, pasando del 67% en la década de 1960 al 87% en 2014 (más de 146 millones ton), 21 millones de toneladas restantes se destinaron a productos no alimentarios, es decir, los humanos no lo consumen y su uso fue para obtención de harina y aceite de pescado, por lo que se ha generado una sobrepesca en la obtención de este recurso (FAO, 2018).

La harina de pescado (HP) cruda se obtiene después de la molienda y el secado del pescado entero o de partes del mismo (subproductos), esta materia prima puede ser de varias especies, pero, las que más se extraen de la pesca para la obtención de este recurso son peces pelágicos menores como sardina y anchoveta, las cuales han llegado a un máximo de explotación debido a la sobrepesca, la cual ha provocado un aumento significativo en los precios de la HP en la última década con un valor de \$1,448 USD por tonelada métrica en junio del 2020, comparado a el precio de la producción de soya entera que fue de \$367 y de CPS de 880 a \$1,100 USD la tonelada métrica (FAO, 2018; Forster *et al.*, 2002). Debido a su alta digestibilidad, palatabilidad, perfil equilibrado de aminoácidos, vitaminas, minerales y alto contenido proteico, la HP es la principal fuente proteica utilizada en la elaboración de alimento formulado para la acuicultura, aún más que otros ingredientes comúnmente utilizados (Bendisken *et al.*, 2001). Sin embargo, la producción de HP alcanzó un máximo de producción en 1994 con 30.1 millones de toneladas. En 2014 la producción disminuyó a 15.8 millones de toneladas como consecuencia de la disminución de las capturas de peces pelágicos menores por sobrepesca, desde entonces ha presentado una tendencia fluctuante pero en general descendiente y la producción de alimento formulado para acuicultura sigue aumentando, por lo tanto, existe una demanda y el suministro de HP ha sido un problema en ésta industria ya que las dietas comerciales para *L. vannamei* tienen altos niveles de HP como ingrediente

principal, lo cual hace a este organismo uno de los mayores consumidores de HP debido a la gran industria acuícola a nivel mundial (FAO, 2016). Por lo tanto, se han estudiado diferentes fuentes alternativas de proteína como es harina de carne, huesos, harina de gluten de maíz (Carvalho *et al.*, 2016) y concentrado proteico de soya (Sá *et al.*, 2013; Xie *et al.*, 2016).

En la actualidad, la harina de soya (HS) es uno de los ingredientes más utilizados para la formulación de dietas experimentales en la acuicultura. Sin embargo, la HS contiene varios factores antinutricionales (FAN) como ácido fítico, lecitinas, alcaloides, inhibidores de proteasas y saponinas que pueden afectar la digestión y el estado fisiológico general de los peces y crustáceos (Francis *et al.*, 2001). Además, contiene un menor contenido de aminoácidos esenciales principalmente lisina y metionina, por lo que, es necesario suplementar aminoácidos esenciales al momento de formular y elaborar las dietas (Francis *et al.*, 2001; Deng *et al.*, 2010; Sá *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2015). Por todas estas razones, se han realizado varios estudios relacionado a productos derivados de la soya como el concentrado proteico de soya (CPS). Sá *et al.* (2013) y Carvalho y Rodrigo *et al.* (2016) señalan que el CPS es uno de los ingredientes más utilizados para la sustitución parcial o total de la HP en dietas para diferentes especies de organismo y puede considerarse un excelente sustituto de la HP en las dietas para camarones. El CPS es un derivado de la soya que se obtiene extrayendo la proteína con agua y etanol, reduciendo los factores antinutricionales antes mencionados, como resultado el contenido de proteína es de alrededor de 65% que es similar al nivel que se encuentra en la HP (70%), además los factores antinutricionales se reducen de manera significativa y presenta una mejor palatabilidad (Francis *et al.*, 2001; Deng *et al.*, 2010; Sá *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2015). Se estima que el cultivo del camarón ira en incremento, por lo que el uso de la HP será indispensable en dietas para éste organismo, sin embargo, se reporta que este ingrediente tendrá una reducción en sus pesquerías para los próximos años y por ende, el precio se elevaría ocasionando un incremento en el costo, por lo tanto, es necesario obtener una fuente alternativa de proteína y así disminuir el

efecto ecológico en las pesquerías de pelágicos menores (Tacon y Metian, 2008; Cabral *et al.*, 2011).

Por todo lo anterior, el propósito de este trabajo fue estudiar el efecto de las dietas para camarón blanco (*L. vannamei*) elaborada con CPS (NutriVance™, Midwest) producto de alta calidad.

2.0 ANTECEDENTES

Debido a la necesidad de encontrar una fuente alternativa de proteína en las dietas para camarón se han realizado varios estudios evaluando el efecto de la sustitución de HP por CPS en este organismo, Carvalho *et al.* (2016) realizaron un estudio para evaluar seis dietas prácticas para camarón blanco (*L. vannamei*), donde utilizaron: HP, CPS, harina de subproductos de aves de corral, harina de gluten de maíz, harina de carne y hueso e hidrolizado de harina de pluma. Estos ingredientes tuvieron una inclusión de 10, 20 y 30% dentro de una dieta de referencia que contenía 20% de HP. Las mayores tasas de crecimiento fueron observadas en dietas de HP y CPS con inclusiones de 10 y 30%, así como, harina de gluten de maíz, harina de carne y hueso e hidrolizado de harina de pluma.

Xie *et al.* (2016) realizaron un experimento con camarón blanco (*L. vannamei*) en donde formularon cinco dietas, las cuales contenían 5, 10, 15, 20 y 25% de HP. Se añadió una mezcla de CPS y harina de soya para reemplazar la HP. Una vez realizado el bioensayo, los organismos alimentados con un reemplazó de la HP de 5 a 25% por la mezcla de CPS y harina de soya con una suplementación de aminoácidos, su crecimiento y digestibilidad no fueron afectadas de manera significativa.

Sá *et al.* (2013) realizaron un experimento con *L. vannamei* en el cual sustituyeron la HP por CPS en un 25, 50, 75 y 100%. Al final del experimento los organismos alimentados con el mayor reemplazo no presentaron diferencias en la sobrevivencia al tener estos porcentajes de sustitución de HP por CPS, con un crecimiento semanal de 0.96 ± 0.09 g. Así mismo, el mayor consumo aparente de

alimento fue cuando la HP fue sustituida al 50% por CPS. El consumo de alimento aumentó y por lo tanto la razón de conversión alimenticia incrementó significativamente.

Bauer *et al.* (2012) realizaron un estudio en donde evaluaron la sustitución de HP por harina de biofloc y CPS para dietas de *L. vannamei*. El experimento duro 28 días para determinar el consumo de alimento y crecimiento de los camarones. Cinco dietas fueron formuladas para tener 38% de proteína. Una dieta control a base de HP fue comparada con las 4 dietas que contenían biofloc y CPS a 25, 50, 75 y 100%. El experimento se llevó a cabo en un sistema de recirculación de agua iniciando con organismos de 2.48 ± 0.29 g. El peso ganado, peso final, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico, razón de eficiencia proteica y sobrevivencia no fueron significativamente diferentes entre los tratamientos.

Sookiying *et al.* (2012) hicieron un estudio con *L. vannamei* con un peso inicial de 1.0 g. El experimento duro 10 semanas y evaluaron el peso final, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia sustituyendo 0, 4, 8, 12% de HP por CPS. Al final del experimento los organismos tuvieron un peso final de 13.5-15.0 g, un factor de conversión alimenticia de 1.17-1.28. Los resultados en este estudio demostraron que la inclusión parcial del CPS en las dietas puede ser utilizada a escala comercial sin causar un efecto negativo en los parámetros biológicos antes mencionados.

3.0. HIPÓTESIS

La sustitución parcial de harina de pescado por concentrado proteico de soya (NutriVance™ Midwest) en las dietas experimentales de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) tendrá un efecto en el crecimiento.

4.0. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta de crecimiento y parámetros productivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) ante la sustitución parcial de la harina de pescado por concentrado proteico de soya (CPS, NutriVance™ Midwest) en las dietas formuladas.

4.1. OBJETIVOS PARTICULARES

1- Formular, elaborar y analizar la composición proximal de las dietas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de concentrado proteico de soya (CPS, NutriVance™ Midwest).

2- Determinar la respuesta de crecimiento (PI: Peso Inicial, PF: Peso final, PG: Peso ganado, S: Supervivencia, ID: Ingestión Diaria, EA: Eficiencia Alimenticia, REP: Razón de Eficiencia Proteica, TCA: Tasa de Conversión Alimenticia) de *Litopenaeus vannamei* alimentados con los diferentes niveles de concentrado proteico de soya (CPS, NutriVance™ Midwest).

5.0. METODOLOGÍA

5.1. DIETAS EXPERIMENTALES

La elaboración de las dietas a partir de dos fuentes de proteína: HP y CPS (NutriVance™ Midwest), se llevaron a cabo en el laboratorio de Nutrición Acuícola de la Facultad de Ciencias Marinas (FCM) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México.

Se formularon y elaboraron seis dietas experimentales sustituyendo la proteína derivada de la HP por CPS: 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, respectivamente (D10, D20, D30, D40, D50), así como una dieta control: 100:0 (DC0) que consistió en 100% HP o bien 0% CPS (Tabla I).

Tabla I. Formulación de dietas experimentales con diferentes concentraciones de concentrado proteico de soya en sustitución de harina de pescado para juveniles de *Litopenaeus vannamei*.

Ingredientes (g 100g⁻¹)	DC0	D10	D20	D30	D40	D50
Harina de pescado (HP)	55.5	49.7	43.8	38.0	32.1	26.2
Conc. proteico de soya (CPS)*	0.0	6.9	13.8	20.7	27.6	34.5
Harina de maíz	20.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Almidón de maíz	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Harina de trigo	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Harina de krill	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Astaxantina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aceite de pescado	1.4	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6
Lecitina	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Colesterol	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Grenetina	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Otros**	4.8	9.3	8.0	6.7	5.5	4.3

*NutriVance™ Midwest **celulosa, mezcla vitaminas (USDA), mezcla de minerales (USDA), cloruro de colina, vitamina C, vitamina E, taurina, lisina, metionina.

Para la elaboración de las diferentes dietas experimentales y dieta control, los ingredientes fueron homogenizados (excepto el aceite de pescado, el almidón y la grenetina) en una mezcladora Kitchen Aid. Posteriormente se adicionó el aceite de pescado, el almidón y la grenetina (previamente hidratado en agua caliente). Finalmente, la masa obtenida de los ingredientes fue peletizada a través de una boquilla con salidas de 3 mm. Los pellets formados fueron secados a 65 °C por 24 h en una estufa de convección. Las dietas secas fueron almacenadas en bolsas de plástico selladas herméticamente a -20 °C hasta su uso. La composición química proximal de las dietas es presenta en la Tabla II.

5.2. OBTENCIÓN DE ORGANISMOS

Los organismos libres de patógenos utilizados en este estudio fueron adquiridos del laboratorio de crustáceos de la FCM de los cuales se seleccionó un total de 360 juveniles de (*L. vannamei*)

5.3. SISTEMA DE CULTIVO EXPERIMENTAL

Juveniles de *L. vannamei* con un peso de 1.0 ± 0.2 g estuvieron bajo condiciones controladas en la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) de la Facultad de Ciencias Marinas (FCM) en un sistema semi-cerrado de 18 tanques tipo "Guelph". Se sembraron 20 organismos por tanque con capacidad de 100 L, provistos de un difusor de aire en cada uno, así como, un enfriador de agua para control de temperatura, un biofiltro, una bomba, un filtro UV, dos filtros de malla de 50 y 100 micras y un tanque de compensación para todo el sistema. La temperatura de agua de mar en el sistema se mantuvo a $28.0 \pm 1^\circ\text{C}$, una salinidad de 35 ± 1 ppm, un fotoperiodo de 12:12 horas luz:oscuridad y concentraciones de oxígeno disuelto de $>5 \text{ mg L}^{-1}$ por un periodo de 5 semanas. Los camarones fueron alimentados con las dietas experimentales tres veces al día (8:00, 13:00 y 16:00 horas) a saciedad aparente. Se realizaron dos biometrías (inicial y final) de los camarones las cuales consistieron en registrar el peso total (g) de los organismos.

5.4. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

Los parámetros de crecimiento se calcularon por medio de la obtención de peso inicial (PI), peso final (PF), peso ganado (PG), supervivencia (S), ingestión diaria (ID), eficiencia alimenticia (EA) y razón de eficiencia proteica (REP).

$$PG = (P \text{ final} - P \text{ inicial}) * org * día$$

Para calcular el porcentaje de supervivencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$Supervivencia (\%) = \frac{\text{Numero final de camarones}}{\text{Número inicial de camarones}} \times 100$$

Para calcular la ingestión diaria se tomó en cuenta la sumatoria de alimento consumido por todos los camarones del tanque y se dividió entre el número de días del experimento.

$$ID = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Numero de días}} * org * día$$

Para calcular la eficiencia alimenticia se dividió el peso ganado de todos los camarones de cada tanque y se dividió entre el alimento consumido durante las 5 semanas del bioensayo.

$$EA = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento consumido (g)}}$$

Para calcular la razón de eficiencia proteica se dividió la ganancia de peso entre la proteína consumida.

$$REP = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

Para calcular la tasa de conversión alimenticia se dividió el alimento consumido entre el peso ganado.

$$TCA = \frac{\text{Alimento seco consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$$

5.5. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Se determinaron los contenidos químico proximal de los ingredientes utilizados para la formulación, así como las dietas experimentales.

Proteína: Se determinó utilizando el método micro-Kjeldahl, el cual determina la cantidad de nitrógeno total en la muestra en tres fases: Digestión, destilación y titulación. La digestión se realizó añadiendo H₂SO₄ concentrado en un digestor (Kjeldaherm, Gerhardt), en este paso el nitrógeno orgánico se transforma en iones amonio (NH₄⁺). Después la muestra fue destilada (Vapodest, Gerhardt) para liberar y captar el amoniaco (NH₃) en una solución de ácido bórico al 3%. Finalmente, se llevó a cabo una titulación con ácido clorhídrico (HCl = 0.09N), para determinar el porcentaje de nitrógeno de la muestra. El contenido de proteína se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ Nitrógeno}) * 6.25$$

Lípidos: Se determinaron según el método modificado de Folch *et al.* (1995) el cual consiste en extraer los lípidos totales de una muestra en una solución de diclorometano:metanol. Luego de la extracción, se realiza la separación de mezclas para la separación de solventes empleados. Finalmente se tomó una alícuota de 2 ml para evaporar el diclorometano (que contenía los lípidos) en un termoblock para evaporación (Cole-Parmer) a 70°C y posteriormente se obtuvo el peso del extracto de lípidos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lípidos} = \left(\frac{\text{Peso extracto lípidos}}{\text{Peso muestra}} \right) * 100$$

Cenizas: Fueron evaluadas mediante la calcinación de muestra en una mufla (VULCAN 3-550 NEY) a una temperatura de 500°C por 8 horas. El porcentaje de ceniza se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{\text{peso residuo}}{\text{peso muestra}} \right) * 100$$

5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados en los parámetros de crecimiento se analizaron través de la prueba ANOVA de una vía y se determinaron las diferencias significativas entre tratamientos por el método de Holm-Sidak con niveles de significancia de $p \leq 0.05$. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Sigma-Plot 12.5 para Windows (Sigma-Plot® ver 12.5.0.38 USA). Los datos que no cumplieron con la homogeneidad de varianzas se analizaron a través del método de Tukey. Los resultados se reportaron como promedio desviación estándar.

6.0. RESULTADOS

6.1 ANALISIS PROXIMALES DE LAS DIETAS

Tabla II. Composición proximal de las dietas experimentales con diferentes proporciones de concentrado proteico de soya y harina de pescado.

Dietas (%)	DC0	D10	D20	D30	D40	D50
Proteína	50.4	50.0	47.6	48.9	49.5	51.0
Lípidos	10.1	10.6	14.6	14.3	12.4	10.2
Humedad	2.7	2.9	1.9	2.1	2.6	1.9
Cenizas	9.1	8.7	7.7	6.53	5.74	6.32
ELN	27.7	27.8	28.3	28.1	29.8	30.6
Energía (kcal g⁻¹)	4.9	4.9	5.2	5.3	5.2	5.1
Relación P:E (g proteína/ kcal)	1.02	1.01	0.91	0.93	0.96	1.00
Relación L:E (g proteína/ kcal)	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.20

Extracto libre de nitrógeno (ELN)=100-(% proteína cruda + % lípidos totales + % cenizas + almidón), energía (calorías por gramo, cal g⁻¹), relación proteína: energía (P:E), relación lípido: energía (L:E).

6.2 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

6.2.1 SOBREVIVENCIA

Al final del experimento la sobrevivencia de los organismos vario de 85-96.7% y no se observaron diferencias significativas ($p= 0.450$) entre los tratamientos como se muestra en la Tabla III. En general los organismos mostraron buen comportamiento ante los diferentes tratamientos y una buena aceptación por las diferentes dietas que se les proporcionaron.

6.2.2 PESO GANADO (PG)

El peso inicial (PI) promedio de los juveniles de *L. vannamei* al inicio del experimento no presentó diferencias significativas ($p= 0.182$) con un promedio de 1.0 ± 0.2 g. Después de 5 semanas de experimento se obtuvo un peso promedio diario ganado de 0.12 ± 0.05 g org⁻¹ día⁻¹ en promedio de todos los organismos de los tanques, por lo que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.031$). Sin embargo, se observó que la D20 fue la que obtuvo mayor ganancia de peso (0.11 ± 0.04 g org⁻¹ día⁻¹) en comparación con el resto de los tratamientos (Tabla III).

6.2.3 INGESTIÓN DIARIA (ID)

La ID en los organismos alimentados con los tratamientos no presentó diferencias significativas ($p= 0.068$) al final del bioensayo, el consumo mínimo fue de 0.06 ± 0.03 g org⁻¹ día⁻¹ en la dieta DC y el máximo de 0.07 ± 0.02 g org⁻¹ día⁻¹ con la dieta D10 y D30, D40 (Tabla III).

6.2.4 RAZÓN DE EFICIENCIA PROTEICA (REP) Y EFICIENCIA ALIMENTICIA (EA)

Los valores de REP en juveniles de camarón blanco alimentados con los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p= 0.341$) con un rango de 2.50 ± 0.57 (D40) a 3.27 ± 0.07 (D20). Los tratamientos D20 y D30 obtuvieron un mayor REP en comparación con los tratamientos DC, D10, D40 y D50. Por otro lado, los valores de EA no presentaron diferencias significativas ($p=0.278$) entre los diferentes tratamientos, con un rango de 1.22 ± 0.28 (D40) a 1.63 ± 0.03 (D20) (Tabla III).

6.2.5. TASA DE CONVERSION ALIMENTICIA (TCA).

Los resultados obtenidos para TCA no presentaron diferencias significativas ($p=0.178$) entre los tratamientos, con valores registrados de 0.60 ± 0.00 (D20) a 0.83 ± 0.17 (Tabla III).

Tabla III. Resultados de parámetros de crecimiento obtenidos con juveniles de *L. vannamei* alimentados con distintos niveles de concentrado proteico de soya ($p < 0.001$).

	PI (g)	PF (g)	PG (g)	% Peso Ganado	S (%)	ID (g)	EA	REP	TCA
DC0	1.01±0.13	4.56±1.47	0.09±0.05	398.8±93.2	85.0±10.00	0.06±0.03	1.48±0.14	2.90±0.28	0.68±0.07
D10	0.98±0.14	4.77±1.16	0.10±0.04	384.3±55.9	96.7±2.89	0.07±0.02	1.48±0.15	2.93±0.30	0.68±0.07
D20	0.95±0.13	4.92±1.29	0.11±0.04	410.0±26.9	96.7±5.77	0.07±0.03	1.63±0.03	3.27±0.07	0.60±0.00
D30	1.01±0.15	4.88±1.13	0.11±0.03	381.6±17.9	95.0±5.00	0.07±0.02	1.45±0.12	3.03±0.27	0.69±0.06
D40	0.98±0.13	4.36±1.26	0.09±0.04	345.6±12.8	88.3±10.40	0.07±0.02	1.22±0.28	2.50±0.57	0.83±0.17
D50	0.99±0.13	4.76±1.50	0.10±0.05	379.7±35.0	93.3±11.54	0.07±0.03	1.47±0.14	2.96±0.53	0.69±0.11
p	0.182	0.217	0.031	0.603	0.450	0.068	0.278	0.341	0.178

PI: Peso Inicial, PF: Peso final, PG: Peso ganado ($\text{g org}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), S: Supervivencia, ID: Ingestión Diaria ($\text{g org}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), EA: Eficiencia Alimenticia, REP: Razón de Eficiencia Proteica, TCA: Tasa Conversión Alimenticia.

7.0. DISCUSIÓN

7.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

7.1.1. SOBREVIVENCIA

Después de 5 semanas la sobrevivencia de los camarones (*L. vannamei*) alimentados con las dietas no se vio afectada de manera negativa y fue superior al 85.0 ± 10.00 , la cual es similar al experimento realizado por Forster *et al.* (2002) quienes sustituyeron 0, 25, 50, 75 y 100% de HP por CPS en un cultivo que duro 8 semanas, al final del experimento la sobrevivencia fue de 80% con la dieta que contenía 50% de sustitución de HP por CPS. La sobrevivencia disminuyó a 60% cuando tuvo una sustitución de 75 y 100%. Cabe mencionar que a pesar de los resultados presentados en este experimento es necesario conocer qué porcentaje de sustitución de HP por CPS de las dietas para *L. vannamei* pueden causar efectos negativos en la sobrevivencia, ya que se ha reportado que sustituir más del 50% puede perjudicar este parámetro, tal es el caso de Paripatananont *et al.* (2001) al realizar un experimento donde sustituyeron el 0, 25, 50, 75, 100% de HP por CPS en las dietas para *L. vannamei* de 1.82 ± 0.16 g en un sistema de recirculación de agua de mar a una densidad de 30 organismos por tanque de 120 L, los resultados no mostraron diferencias significativas, con sobrevivencias superiores a $92.59 \pm 5.21\%$. Así mismo, Soares *et al.* (2015) realizó un estudio en donde sustituyó HP por CPS a 0, 25, 50, 75, 100% de inclusión y después de 45 días presentó sobrevivencias superiores a $96.67 \pm 3.33\%$. Chen *et al.* (2017) llevaron a cabo un experimento similar con organismos de 1.80 ± 0.10 g sembrados en un sistema de 20 estanques, al final de este experimento presentó sobrevivencias superiores a 82.7% de organismos alimentados con dietas con sustitución de HP por CPS de 0, 12.5, 25.0, 37.5 y 50%. Por otro lado, Sá *et al.* (2013) presentaron sobrevivencias muy similares (superior a 83.5 ± 1.3) en tratamientos de 0, 25, 50, 75 y 100% de sustitución de HP por CPS.

7.1.2 CRECIMIENTO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA

Aunque no se observaron diferencias en crecimiento de *L. vannamei* entre todos los tratamientos, la dieta experimental D20 presentó un PG mayor ($0.11 \pm 0.04 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$) que el resto de los tratamientos. Al respecto, Soares *et al.* (2015) realizaron un estudio con 5 dietas: una dieta control sin CPS (0%) y cuatro reemplazando el 25, 50, 75 y 100% de CPS por HP, iniciando con organismos de $3.03 \pm 0.14 \text{ g}$, después de 45 días de experimento, el crecimiento de los organismos fue de $0.22 \pm 0.007 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ al 100% a $0.26 \pm 0.01 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ al 0% de sustitución de HP por CPS. Por otro lado, los resultados son similares a los presentados por Forster *et al.* (2002) en los que indican que el reemplazo de HP por CPS superior a 50% disminuyó el PF de los organismos obteniendo $0.26 \pm 0.008 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en 56 días. Por su parte Paripatananont *et al.* (2001) realizaron un experimento con *P. monodon* en donde sustituyeron el 0, 25, 50, 75, 100% de HP por CPS y mencionan que a 0, 25 y 50% la sustitución de HP por CPS no tuvo un efecto adverso en el consumo de alimento, sin embargo, los organismos alimentados con las dietas que contenían el 75 y 100% de sustitución de HP por CPS decrecieron significativamente ($0.05 \pm 0.003 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $0.04 \pm 0.009 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$) comparadas con el resto de las dietas durante 56 días. En nuestro estudio, el comportamiento de las dietas fue similar entre todos los tratamientos sin presentar diferencias significativas, ya que, comparado con los resultados de los autores antes mencionados, los organismos alimentados con la D20 obtuvieron un PG de $0.11 \pm 0.04 \text{ g org}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

En relación a la disminución de ID en diferentes estudios de acuerdo con Soares *et al.* (2015), este disminuye gradualmente debido a que las dietas elaboradas con mayores niveles de productos derivados de soya pueden presentar problemas de palatabilidad. Tal es el caso de diferentes autores como Bautista *et al.* (2016) quienes realizaron experimentos con camarón blanco sustituyendo HP por CPS y obtuvieron parámetros de crecimiento muy similares al presente estudio, donde la dieta control con solo HP como fuente principal de proteína y la dieta con CPS fueron igual de eficientes presentando índices

productivos muy similares en EA (0.62) y REP (1.7), al igual que Xie *et al.* (2016) donde los organismos no presentaron diferencias significativas entre sus tratamientos y obtuvo resultados de TCA con un rango de 1.00 ± 0.08 (25%) a 1.22 ± 0.15 (5%), resultados de REP que varían desde 2.04 ± 0.25 a 2.24 ± 0.22 .

Por otro lado, Cruz-Suárez *et al.* (2000) obtuvieron rendimientos de REP (entre 1.73 a 2.80) muy similares a los obtenidos en el presente estudio, lo que podría considerarse como proteína de buena calidad y un sistema de cultivo eficiente.

8.0. CONCLUSIONES

La inclusión del 10, 20, 30, 40 y 50% de la proteína del CPS (Nutrivance™) no afectó la supervivencia de *Litopenaeus vannamei*. Los organismos presentaron un comportamiento productivo similar entre todos los tratamientos con rendimientos similares la DC0.

Se recomienda continuar estudios de sustitución de la harina de pescado con el fin de encontrar un esquema de producción eficiente e incluir en el mercado los porcentajes adecuados de sustitución, así como realizar estudios histológicos para evaluar el efecto del concentrado proteico de soya en el tracto intestinal de *Litopenaeus vannamei* en diferentes estadios de vida de este organismo.

9.0. BIBLIOGRAFÍA

- Bauer, W., Prentice-hernandez, C., & Borges, M. (2012.). Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.02.023>.
- Bautista, F., y Suarez, R. V. A. (2016). Evaluación de una fórmula alimenticia para camarón de cultivo (*Litopenaeus vannamei*) con inclusión de proteína vegetal a base de harina de soya, *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura*. Nº 44, 12–29.
- Bendiksen, E. Å., Johnsen, C. A., Olsen, H. J., y Jobling, M. (2011). Sustainable aquafeeds: Progress towards reduced reliance upon marine ingredients in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *Aquaculture*, 314, (1-4), 132–139. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.040>.
- Carvalho, R.A.P.L.F. de, Ota, R. H., Kadry, V. O., Tacon, A. G. J., y Lemos, D. (2016). Apparent digestibility of protein, energy and amino acids of six protein sources included at three levels in diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in high performance conditions. *Aquaculture*, 465, 223–234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.010>.
- Cabral, E. M., Bacelar, M., Batista, S., Castro-Cunha, M., Ozório, R.O.A., y Valente, L. M. P. (2011). Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*, 322323, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.023>.
- Cruz-Suárez, L. E., Antimo-Pérez, J. S., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., y Ricque-Marie, C. G. D. (2000). Relaciones proteína / energía y proteína vegetal / animal optimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. Programa Maricultura, Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad autónoma de Nuevo León, 1, 141–160.
- Chen, J., Li, X., Xu, H., Sun, W., y Leng, X. (2017). Substitute of soy protein concentrate for fishmeal in diets of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone), 1303–1315. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0115-4>.
- Day, O.J. y González, H.G. P. (2000), Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus L.* *Aquaculture Nutrition*, 6: 221-228.[doi:10.1046/j.1365-2095.2000.00147.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2000.00147.x)
- FAO, 2006. Fisheries y Aquaculture - Programa de información de especies acuáticas - *Penaeus vannamei* (Boone, 1931).

- FAO, 2014. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. FAO. <https://doi.org/978-92-5-308275-9> ISSN1020-5500.
- FAO, 2016. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura, 2016*. Roma, FAO. <https://doi.org/978-92-5-306675-9>.
- FAO, 2018. *El estado mundial de la pesca y acuicultura, 2018*. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-130688-8. <http://www.fao.org/3/i9540es/I9540ES.pdf>
- Francis, G., Makkar, H.P., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199, 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9).
- Forster, I. P., Dominy, W., y Tacon, A. G. J. (2002). The Use of Concentrates and Other Soy Products in Shrimp Feeds. *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 528-540pp.
- Li P.Y., Wang J.Y., Song Z.D., Zhang L.M., Li X.X. Pan Q. Evaluation of soy protein concentrate as a substitute for fishmeal in diets for juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture* 448: 578-585.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp 2011*. The National Academics Press. 25, 232pp.
- Paripatananont, T., Boonyaratpalin, M., Pongseng, P., y Chotipuntu, P. (2001). Substitution of soy protein concentrate for ® shmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture research*, Wiley Online Library. 32pp. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00045.x> 32pp.
- Sá, M. V. C., Sabry-Neto, H., Cordeiro-Júnior, E., y Nunes, A. J. P. (2013). Dietary concentration of marine oil affects replacement of fishmeal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 19(2), 199-210. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00954.x>.
- Sookying, Daranee, Davis, D. Allen, (2012). Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions. *Aquaculture International*. 20(2):357-371 <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9464-6>.
- SEPESCA, 2018. Anuarios Estadísticos de CONAPESCA, Avisos de arribo y cosecha CONAPESCA-SAGARPA en el Sistema SIPESCA. Boletín estadístico. (PDF). <https://sipesca.conapesca.gob.mx/loginFIEL.php>.
- Soares, M., Fracalossi, D. M., Eduardo, L., y Freitas, L. De. (2015). Replacement of fishmeal by protein soybean concentrate in practical diets for Pacific white shrimp, *Revista Brasileira de Zootecnia* 44(10), 343–349.

- Stickney, R. R., Hardy, R. W., Koch, K., Harrold, R., Seawright, D. y Masee, K. C. (1996), The Effects of Substituting Selected Oilseed Protein Concentrates for Fish Meal in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*. 27, 57-63. doi:10.1111/j.1749-7345.1996.tb00594.x.
- Tacon, A. G. J., y Metian, M. (2008). Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>.
- Xie, S., Liu, Y., Zeng, S., Niu, J., y Tian, L. (2016). Partial replacement of fish meal by soy protein concentrate and soybean meal based protein blend for juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 464, 296-302. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.002>.