

# Universidad del Mar

Campus Puerto Ángel



Evaluación del desempeño productivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* Boone, 1931 con la inclusión de extracto crudo de flor de cempasúchil

*Tagetes erecta* L. 1753

## TESIS

Que para obtener el Título Profesional  
de Licenciado(a) en Biología Marina

Presenta

Elizabeth Gutiérrez Sánchez

Director

M. en C. José Arturo Martínez Vega

Puerto Ángel, Oaxaca, México. 2023.



## RESUMEN

Las investigaciones sobre nutrición acuícola nos han permitido comprender de mejor manera la importancia del alimento balanceado en la acuicultura en términos de alimentación, rentabilidad económica, composición química, inclusión de aditivos y complementos, además sobre la tecnología para su formulación y fabricación. Se ha demostrado que la suplementación de pigmentos en alimentos para camarón puede mejorar la calidad del alimento y manifestar efectos positivos en el desempeño productivo de los organismos, tales como mayor crecimiento, ganancia de peso, talla, sobrevivencia y resistencia a enfermedades. El presente trabajo consistió en la comparación de cuatro dietas con diferentes grados de inclusión de extracto crudo de carotenoides de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en camarón blanco (*Penaeus vannamei*). El primer tratamiento (D1) contenía 0.5%, el segundo tratamiento (D2) 1.5%, el tercer tratamiento (D3) 3% y el cuarto tratamiento (DC) 0% de extracto. El extracto crudo que se utilizó en las dietas se extrajo con acetona y se obtuvo un Rf de 0.47 para luteína y 0.43 para zeaxantina utilizando el solvente hexano como fase móvil. Se encontró que existe una diferencia significativa en el peso y la talla final de los organismos después de que se alimentaran con las dietas que tenían el extracto crudo de carotenoides (D1, D2 y D3) y la dieta que no contenía extracto (DC). Dentro de los resultados con respecto al peso, la dieta D2 presentó los mejores resultados en comparación al resto de las dietas, estos fueron: promedio final (11.24 g), biomasa generada (36.20 g), tasa absoluta de crecimiento (0.034 g/día), porcentaje de incremento de peso (30.64%), tasa de crecimiento específico (0.35) y factor de conversión alimenticia (1.54). También, con relación a la talla la dieta D2 presentó los mejores resultados, estos fueron: promedio de talla final (12.06 cm), tasa de crecimiento (0.020 cm/ día), porcentaje de incremento en talla (14.24%) y tasa de crecimiento específico (0.17). En sobrevivencia el 100% se obtuvo con la dieta D3, el 94.44% se obtuvo con la dieta 1 y 2, la dieta DC que no contenía extracto presentó la mayor mortalidad de organismos. La inclusión de 1.5% de extracto crudo de flor cempasúchil en la dieta de camarón, mejoró su desempeño productivo, principalmente en el crecimiento, reflejado en la ganancia de biomasa y sobrevivencia.

**Palabras claves:** Carotenoides, pigmento, cempasúchil, luteína, alimentación, aditivos, camarón y crecimiento.

## ABSTRACT

Research on aquaculture nutrition has allowed us to better understand the importance of balanced feed in aquaculture in terms of feeding, economic profitability, chemical composition, inclusion of additives and supplements, as well as the technology for its formulation and manufacture. It has been shown that pigment supplementation in shrimp feed can improve feed quality and manifest positive effects on the productive performance of organisms, such as increased growth, weight gain, size, survival, and resistance to diseases. The present work consisted in the comparison of four diets with different degrees of inclusion of crude extract of carotenoids from the flower of marigold (*Tagetes erecta*) in white shrimp (*Penaeus vannamei*). The first treatment (D1) contained 0.5%, the second treatment (D2) 1.5%, the third treatment (D3) 3% and the fourth treatment (DC) 0% extract. The crude extract that was used in the diets was extracted with acetone and an Rf of 0.47 for lutein and 0.43 for zeaxanthin was obtained using the hexane solvent as mobile phase. It was found that there is a significant difference in the final weight and size of the organisms after they were fed with the diets that had the crude extract of carotenoids (D1, D2 and D3) and the diet that did not contain extract (DC). Within the results with respect to weight, the D2 diet presented the best results compared to the rest of the diets, these were: final average (11.24 g), generated biomass (36.20 g), absolute growth rate (0.034 g/day), percentage of weight increase (30.64%), specific growth rate (0.35) and feed conversion factor (1.54). Also, in relation to height, the D2 diet presented the best results, these were: average final height (12.06 cm), growth rate (0.020 cm/ day), percentage increase in height (14.24%) and growth rate. specific (0.17). In survival, 100% was obtained with the D3 diet, 94.44% was obtained with diet 1 and 2, the DC diet that did not contain extract presented the highest mortality of organisms. The inclusion of 1.5% of crude extract of marigold flower in the shrimp diet improved its productive performance, mainly in growth, reflected in the biomass gain and survival.

**Keywords:** Carotenoids, pigment, marigold, lutein, feeding, additives, shrimp and growth.

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mi FAMILIA, pero de manera muy especial a mi querida MADRE, pues ella es la persona que me apoyo en todo momento durante mi vida personal, académica y profesional, sentó en mis las bases de la responsabilidad, deseos de superación y amor por el estudio. Gracias por todo el amor, ejemplo, apoyo, te admiro y te amo mucho. Como siempre me dices:*

*“La vida es como andar en bicicleta, siempre de frente y guardando un equilibrio” (Frase que leíste en tu juventud en Pátzcuaro).*

*A mis hermanos que me han dado la fortaleza de nunca rendirme, Lety mi hermana mayor, eres una guerrera en estos momentos y creo plenamente que pronto estarás bien, Ale siempre optimista, ustedes son mis mejores amigas ante cualquier situación de mi vida.*

*A mi hermano menor Antonio, un ejemplo de hombre, quien me ha dado las mejores lecciones de vida, quien ante todo me ha apoyado en cualquiera de mis sueños y locuras, son el regalo más bonito que la vida me ha dado, los amo.*

*A mis pequeños sobrinos, porque les fascina que les cuente muchas historias sobre la naturaleza y sus fascinantes organismos: Carlitos, Santi, Ian, Frida y Alison, los quiero siempre.*

*A mi abuelita Oliva y familiares maternos, mi crecimiento es parte de ustedes, gracias por estar siempre.*

*A Fernando, este trabajo va por ti, porque, aunque ya no sigues aquí con nosotros, siempre estarás en mi corazón, el mejor hombre que la vida me pudo prestar para ser mi Padre.*

*A Ade, fuiste mi segunda mamá, sé que desde el cielo estarás feliz de saber que he logrado todo lo que algún día platicamos. Siempre estarás presente, eres un ángel. Te quiero infinitamente.*

*A mi Luquitas, por que llegaste en un momento complicado, sin embargo, tu compañía me hizo recordar lo bonito que es vivir sin importar las adversidades.*

*Gracias infinitas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi director de tesis. M. en C. José Arturo Martínez Vega por la oportunidad de trabajar con él, por la confianza, el aprendizaje, paciencia y perseverancia para concluir este trabajo. ¡Muchas gracias Profe, se le estima mucho!*

*A la M. en C. Leticia Sánchez Estudillo por su interés de compartirme sus conocimientos, contribución en el documento, apoyo, amistad, las charlas y buenos momentos en el Acuilib, se le quiere mucho ¡Gracias Profa!*

*A la Dra. Ma. Nieves Trujillo Tapia, por ser parte de este trabajo y todos estos años durante mi etapa de estudio, por la oportunidad desde el servicio social ¡Muchas gracias, se le quiere mucho!*

*Al Dr. Alfredo Gallardo Collí, por la contribución en la mejoría del presente trabajo, tiempo, disposición y el aprendizaje día con día en el Laboratorio ¡Muchas gracias!*

*Al Dr. Pedro Cervantes Hernández, por su tiempo, disposición y contribución a este trabajo en la parte estadística, además de la paciencia para compartir sus conocimientos. ¡Gracias!*

*A la M. en C. Fátima Karina Delgado por el aprendizaje que me compartió durante mi formación, disposición y aprendizaje compartido, su platicas, amistad y buenos momentos, ¡Muchas gracias, se le quiere mucho!*

*A la granja camaronera Maricultura Vigas, por donar los organismos que se utilizaron en el experimento, a Gil y Carlos por el apoyo. A la Dra. Carmen Alejo Plata, y el proyecto Calamares: Recurso pesquero alternativo para la costa de Oaxaca: CONACYT (15740), por haber proporcionado el calamar para elaborar la harina de calamar, que formo parte de los ingredientes para poder realizar este trabajo. ¡Gracias!*

*A los Laboratorios de la Universidad del Mar: El Laboratorio de Alimentos, Investigación, Biotecnología en Ingeniería Ambiental, por hacer uso del equipo, materiales e instalaciones. A los técnicos Dany, Pablo, Celso por su apoyo, Cory por la ayuda durante el experimento, las charlas, el café y la amistad, ¡Muchas gracias!*

*Un agradecimiento especial al Laboratorio de Acuicultura que abrió las puertas en todo momento e hizo que siempre el trabajo fuera más sencillo. A mis queridos acuis Isma y Ale por cada mañana de café, de igual manera a los chicos, chicas del lab (Sandriux, Zury, May, Dani Colombia, Dani ambiental) y profesores de acuicultura. ¡Gracias por compartir momentos de risas, platicas, felicidad, los quiero!*

*A mis amigos durante la Universidad, por los momentos, las anécdotas y la amistad (Gauva, Mary, Emi, Jesy, Caro, Amaury, Bere, Dulce, Kary e Ilse), los quiero. A mis amigos de toda la vida, que durante el transcurso de este periodo me acompañaron a concluir esta meta (Perlita, Chato, Susi), a mi segunda familia aquí en Puerto Ángel (Don Alonso y familia) que siempre me hicieron sentir como en casa, ¡Gracias eternas!*

*A la Universidad del Mar por ser mi casa de estudios.*



*Los obstáculos son parte de la vida. Las cosas ocurren. Nuestro progreso puede verse impedido o cortado, pero la mente siempre puede cambiar. Tiene el poder de redirigir nuestro camino.  
Anónimo.*

<b>CONTENIDO</b>		<b><u>Página</u></b>
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	2
II.1	Camarón blanco <i>Penaeus vannamei</i> Boone, 1931	2
II.2	Alimentación y nutrición	2
II.3	Requerimientos nutricionales del camarón	3
II.4	Fuentes de carotenoides	3
II.5	Flor de cempasúchil ( <i>Tagetes erecta</i> )	4
II.6	Pigmentos carotenoides: Luteína	4
III.	ANTECEDENTES	5
III.1	Pigmentos de la flor de cempasúchil	5
III.2	Pigmentos carotenoides en crustáceos	5
III.3	Uso de flor de cempasúchil como fuente de pigmentos en camarón	6
IV.	JUSTIFICACIÓN	8
V.	HIPÓTESIS	8
VI.	OBJETIVOS	9
VI.1	General	9
VI.2	Particulares	9
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS	10
VII.1	Área de trabajo	10
VII.2	Extracción del extracto crudo de carotenoides de la flor de cempasúchil	12
VII.2.1	Material biológico	12
VII.2.2	Elaboración de la harina de flor de cempasúchil	12
VII.2.3	Extracción de pigmentos con diferentes solventes	12
VII.2.4	Extracción del extracto crudo con acetona	12
VII.3	Elaboración de la oleoresina del extracto crudo de carotenoides	16
VII.4	Ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas experimentales	16
VII.5	Formulación de las dietas experimentales	17
VII.6	Elaboración de las dietas experimentales	17
VII.7	Análisis proximal (Proteína, lípidos, cenizas, humedad)	18
VII.8	Área de bioensayos	18
VII.9	Diseño experimental	19
VII.10	Obtención y aclimatación de los organismos	20
VII.11	Parámetros fisicoquímicos del agua	20
VII.12	Actividades durante el bioensayo	21
VII.12.1	Alimentación	21

<b>CONTENIDO (Continuación)</b>		<b><u>Página</u></b>
VII.12.2	Biometrías de los organismos	21
VII.13	Evaluación del desempeño productivo	21
VII.14	Análisis estadístico	23
VIII.	RESULTADOS	25
VIII.1	Obtención de la harina de cempasúchil <i>Tagetes erecta</i>	25
VIII.2	Obtención del extracto crudo de carotenoides de la flor de cempasúchil <i>Tagetes erecta</i>	26
VIII.3	Análisis químico por cromatografía de capa fina (TLC)	26
VIII.4	Análisis por espectrofotometría	27
VIII.4.1	Contenido de carotenoides totales	27
VIII.4.2	Contenido de luteína	27
VIII.5	Análisis proximal (humedad, cenizas, proteína y lípidos) y descripción de la información nutrimental de los ingredientes	28
VIII.6	Formulación de las dietas experimentales	28
VIII.7	Análisis proximal de las dietas experimentales	29
VIII.8	Bioensayo del camarón blanco	29
VIII.8.1	Parámetros fisicoquímicos del agua	29
VIII.8.2	Crecimiento del camarón	30
VIII.9	Índices de desarrollo productivo	31
VIII.9.1	Peso de los organismos	33
VIII.9.2	Talla de los organismos	33
VIII.9.3	Biomasa total	34
VIII.9.4	Tasa de crecimiento absoluta con respecto al peso y talla	34
VIII.9.5	Porcentaje de incremento de peso con respecto al peso y talla	35
VIII.9.6	Factor de conversión alimenticia	36
VIII.9.7	Sobrevivencia	36
VIII.10	Análisis de datos	37
IX.	DISCUSIÓN	39
IX.1	Composición química y rendimiento de la harina de cempasúchil	39
IX.2	Condiciones del bioensayo	40
IX.3	Índices de desarrollo productivo del cultivo	41
IX.4	Dietas experimentales empleadas	42
IX.5	Comparación estadística de las biometrías	43
X.	CONCLUSIONES	44
XI.	RECOMENDACIONES	45
XII.	REFERENCIAS	46

		<u>Página</u>
I.	Biología del camarón blanco <i>Penaeus vannamei</i>	53
II.	Química de los carotenoides	55
III.	Costo de los ingredientes en el alimento para camarón	57
IV.	Matrices 1 y 2 de peso (g) registrados de las cuatro dietas durante todo el experimento	58
V.	Matrices 3 y 4 de tallas (cm) registradas de las cuatro dietas durante todo el experimento	63

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		<u>Página</u>
1.	Flor de cempasúchil ( <i>Tagetes erecta</i> ).	4
2.	Secuencia de las etapas del experimento de la presente investigación.	11
3.	Método de elaboración de la harina y extracción de pigmentos de la flor de cempasúchil.	13
4.	Esquema del proceso cromatográfico en placa fina.	14
5.	Procedimiento de la TLC.	15
6.	Elaboración de las cuatro dietas para camarón blanco.	17
7.	Diseño del sistema de recirculación en área de bioensayos.	19
8.	Unidades experimentales en el sistema de recirculación.	19
9.	Harina de flor de cempasúchil <i>Tagetes erecta</i> .	25
10.	Resultados obtenidos de los extractos con los diferentes solventes.	26
11.	Cromatografía de capa fina utilizando fase móvil hexano.	26
12.	Barrido en el espectrofotómetro del extracto crudo de carotenoides de flor de cempasúchil.	27
13.	Dietas elaboradas y utilizadas durante el experimento.	29
14.	Diagrama comparativo de los índices de las cuatro dietas con respecto al peso.	32
15.	Diagrama comparativo de los índices de las cuatro dietas con respecto a la talla.	32
16.	Peso promedio en gramos de cada tratamiento durante el bioensayo.	33
17.	Talla promedio en centímetros de cada tratamiento durante el bioensayo.	33
18.	Biomasa total de los tratamientos durante el bioensayo.	34
19.	Tasa de crecimiento respecto al peso durante el bioensayo.	34
20.	Tasa de crecimiento con respecto a la talla durante el bioensayo.	35
21.	Porcentaje de incremento en peso (g) durante el bioensayo.	35
22.	Porcentaje de incremento en talla (cm) durante el bioensayo.	35
23.	Factor de conversión alimenticia durante el bioensayo.	36
24.	Porcentaje de sobrevivencia de cada tratamiento durante el bioensayo.	36
25.	Comparación de tratamientos por dieta con respecto al peso de los organismos.	37
26.	Comparación de tratamientos por dieta con respecto a la talla.	38
27.	Camarón blanco <i>Penaeus vannamei</i> .	53
28.	Ciclo de vida natural de <i>Penaeus vannamei</i> .	54
29.	Estructuras químicas de carotenoides.	55
30.	Ruta metabólica de síntesis de carotenoides en crustáceos.	56
31.	Costos del alimento, considerando únicamente valor de ingredientes.	57

## LISTA DE TABLAS

TABLA		<u>Página</u>
I.	Características del pelet y requerimientos nutricionales del camarón blanco.	3
II.	Parámetros productivos mejorados en camarón blanco al incluir en su dieta carotenoides.	7
III.	Ingredientes empleados para la elaboración de las dietas experimentales.	16
IV.	Métodos utilizados para la realización del análisis proximal de los ingredientes y alimento.	18
V.	Parámetros fisicoquímicos y sus métodos evaluados durante el experimento.	20
VI.	Tasa de alimentación para camarones de acuerdo con distintos autores.	21
VII.	Índices de desempeño productivo a evaluar durante el experimento.	22
VIII.	Cantidad de harina de flor de cempasúchil <i>Tagetes erecta</i> .	25
IX.	Análisis químico de la harina de cempasúchil.	25
X.	Resultados del contenido total de carotenoides por espectrofotometría.	27
XI.	Concentración de luteína del extracto crudo de acetona de flor de cempasúchil ( $\mu\text{g/g}$ ).	27
XII.	Resultados de los análisis e información nutrimental de los ingredientes utilizados para elaborar las dietas experimentales.	28
XIII.	Formulaciones empleadas para elaborar las dietas experimentales.	28
XIV.	Análisis químico de las cuatro dietas elaboradas.	29
XV.	Valores promedios, mínimos y máximos de las variables fisicoquímicas del agua durante el experimento.	29
XVI.	Crecimiento en peso (g) y talla (cm) de los organismos durante el bioensayo (Valor promedio $\pm$ desviación estándar).	30
XVII.	Biomasa total, peso y longitud de los organismos (valor promedio).	30
XVIII.	Índices de desempeño productivo del bioensayo de <i>Penaeus vannamei</i> con respecto a el peso.	31
XIX.	Índices de desempeño productivo del bioensayo de <i>Penaeus vannamei</i> con respecto a la talla.	31
XX.	Lista de precios de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales.	57