

**Evaluación del efecto de alimento con
carotenoides (astaxantina) en diferentes
concentraciones, sobre la pigmentación de la
carne de camarón blanco (*Penaeus vannamei*)**

**Luis Eduardo Galarza Onofre
Jorge Luis Vergara Icaza**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación del efecto de alimento con
carotenoides (astaxantina) en diferentes
concentraciones, sobre la pigmentación de la
carne de camarón blanco (*Penaeus vannamei*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Luis Eduardo Galarza Onofre
Jorge Luis Vergara Icaza**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Evaluación del efecto de alimento con carotenoides (astaxantina) en diferentes concentraciones, sobre la pigmentación de la carne de camarón blanco (*Penaeus vannamei*)

Luis Eduardo Galarza Onofre
Jorge Luis Vergara Icaza

Resumen. La industria camaronesa a lo largo de los años ha tomado auge a nivel mundial, teniendo exigencias de mercados. Una de las características por las que el consumidor se ve atraído es la coloración que tiene el camarón. El objetivo de este experimento es evaluar el efecto del alimento aplicando astaxantina a diferentes concentraciones para fines de comercialización. El estudio se realizó desde el 25 de junio hasta el 3 de septiembre del 2016 en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tomando como variables peso, coloración en crudo y coloración en precocido. La calificación para cada color pálido, semi oscuro y oscuro está dada por los valores A2, A3 y A4 respectivamente. Se utilizaron 18,000 poslarvas en estadio poslarva 12 (PL 12) de la especie *Penaeus vannamei* estas se colocaron en seis estanques circulares, Cada estanque se llenó con 85 m³ y tres mil poslarvas, obteniendo una densidad de 26 PL/m² los tratamientos aplicados al alimento comercial fueron 10 y 80 ppm de astaxantina suministrados a diario por un tiempo de 4 y 2 semanas respectivamente. En la variable peso final, el control difiere de ambos tratamientos (P<0.0001), siendo el control mayor que los tratamientos 10 y 80 ppm con medias de 7.21, 6.74 y 6.70 g, respectivamente, la coloración se encontró mayor incidencia de color dentro los tratamientos, concentrándose en la coloración A3, pero no es satisfactoria para afirmar que el estudio llegó al nivel de coloración de comercialización.

Palabras claves: Calidad, coloración, frescura, poslarvas, precio.

Abstract. The shrimp industry has increased its importance throughout the years, and is currently being faced with certain demands of quality and aesthetics by consumers; among those, color has a predominant position. The aim of this study is to assess the effect of astaxanthin (a keto-carotenoid) on shrimp color, when added to the feed at different concentrations. The study was realized at the aquaculture facilities of Zamorano University, between June 25th and September 3rd, 2016. Analyzed variables were weight, raw color and cooked color. The colors pale, semi-dark and dark were categorized as A2, A3 and A4, respectively. 18,000 postlarvae of the species *Penaeus vannamei* were used, at the P12 stage of development; these were organized in six circular ponds, each of them filled with 85 m³ of water and 3000 postlarvae. Astaxanthin was applied as two different treatments: 10 ppm during 4 weeks, or 80 ppm during 2 weeks. A negative control group was included. The variable weight showed significant differences between the control and both the 10 ppm and the 80 ppm treatment, with means of 7.21, 6.74 and 6.70 grams respectively; a higher frequency of the A3 value (semi-dark) was detected in both treatments versus the control group, as of cooked and raw color correspondingly. While a darker color is considered a positive attribute, A3 is not sufficiently attractive for consumers, thus suggesting to consider a different approach to darken the product.

Keywords: Color, freshness, postlarvae, price, quality.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	11
5. RECOMENDACIONES.....	12
6. LITERATURA CITADA.....	13
7. ANEXOS	15

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Programa de alimentación semanal de camarón en Zamorano, Honduras.....	4
2. Alimentación en base al peso vivo (dieta %) de Camarones en Zamorano, Honduras.	5
3. Peso Final de camarones por tratamientos en Zamorano, Honduras.	7
4. Porcentaje de color de camarones crudos en cada tratamiento.	8
5. Porcentaje del tratamiento de camarones crudos distribuido en cada color.....	9
6. Porcentaje de tratamiento de camarones precocidos en cada color.....	9
7. Porcentaje del tratamiento de camarones precocidos en cada color	10
Anexos	Página
1. Composición del concentrado Aquaxcel usado según el tamaño de partículas (mm) en las fases del estudio.	15
2. Diferencias de coloración para establecer el protocolo de selección.	16
3. Tabla utilizada comercialmente para clasificación de camarón en empacadoras....	17
4. Tabla de crecimiento semanal teórico estimada.....	17
5. Parámetros medidos semanalmente durante el estudio.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es la explotación de plantas y animales acuáticos, dentro del proceso el hombre manipula los cultivos para lograr tener producciones de calidad que se adapten a las exigencias de los mercados nacionales e internacionales, para obtener una alta rentabilidad (FAO 2000). Existen diferentes usos que la población le da a la acuicultura como por ejemplo: ornamental, joyas, recreación, alimento, medicinas y carnada. Las especies cultivables son: cangrejo, ciprínidos, mejillones, crustáceos de agua dulce, ciclido, abulones, conchas, vieiras, anguilas, almejas, salmónidos, trucha y camarones, tomando en cuenta que una de las actividades con mayor crecimiento en los últimos años es el cultivo de camarón. En la década de los 60 se comenzaron los primeros cultivos de camarón con un manejo extensivo, después se fueron tecnificando las producciones a nivel mundial (Información proporcionada por Patricio E. Paz 5/3/2016).

El inicio de la industria camaronera en agua salobre inició en los playones costeros del Golfo de Fonseca de Honduras, para lo cual los propietarios contaban con una inversión extranjera la que permitió que tuviera su auge en los años setentas y generó una gran fuente de empleos y una mejora a la economía nacional. En Honduras la producción de camarón ha ido creciendo en los últimos años, el camarón cultivado se ha convertido en el tercer rubro en importancia dentro de todos los bienes exportados por el país, al registrar valores que van desde USD. 127.7 millones en el 2000 hasta USD. 152 millones en el 2004 (FAO 2005).

La industria camaronera con los años ha tomado un alto crecimiento a nivel económico, lo cual ha permitido posicionarse a nivel mundial y abrir una nueva ventana de oportunidades para invertir y mejorar la calidad de los productos con el uso de tecnologías, para poder ofrecer a los mercados productos elite y así permitir una mayor diversificación en los países a nivel de exportación (Pratt y Quijandría 1997).

Según la FAO, la producción mundial de camarón de cultivo alcanzó 4,2 millones de toneladas métricas (MTM) en 2011 y luego aumentó a 4,3 MTM en 2012 (un aumento de 3,5 %) y a 4,5 MTM en 2013 (un aumento de 2,7 %) (Anderson 2016). Dentro del comercio de los productos acuícolas existen varias opciones para mejorar la percepción del cliente y captar su atención, una de estas opciones es el uso de carotenoides el cual es responsable de mejorar la pigmentación, ejemplo de ellos el exoesqueleto y músculos de crustáceos como también la piel de algunos peces, siendo estos considerados de suma importancia para el desarrollo de la vida de varias especies (Meléndez-Martinez et al. 2007).

En las producciones de camarón se utilizan carotenoides, el pigmento más utilizado es la astaxantina para lograr un color adecuado (Fox et al. 2004). Esto permite obtener un

producto llamativo para el consumidor lo cual se verá atraído por el color del camarón, asociando la coloración con frescura y calidad del producto (Tume et al. 2009). La astaxantina adicionada en el alimento mejora la capacidad de reserva intracelular de oxígeno y resistencia al estrés físico, favoreciendo el incremento en peso y mejorando la supervivencia (Álvarez Capote 2007).

El precio del camarón se ve influenciado significativamente por la coloración en el producto, los mercados están dando precios de USD. 2 a USD. 4 más por kilogramo (esto va a depender de la tonalidad de rojo que tenga el camarón) (Tume et al. 2009). La empresa Larvicultura del Pacífico, SA (LARVIPAC), es reconocida por producción de nauplios y poslarvas de camarón marino (*Penaeus vannamei*), mencionada empresa tiene necesidad de estudiar la aplicación de la astaxantina a diferentes concentraciones para evaluar los resultados y aplicarlo dentro de las producciones que tienen.

Conjunto a la empresa Larvipac se propone realizar el estudio que consistió en evaluar el efecto del alimento aplicando astaxantina a diferentes concentraciones para fines de comercialización, tomando en cuenta diferencia de clima y condiciones que se tienen en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en comparación con los lugares donde comúnmente se produce el camarón. De tal manera se analizará los parámetros de Zamorano para determinar cómo se expresaría una producción de camarón en la estación experimental Daniel E. Meyer.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la estación experimental acuícola Daniel E. Meyer de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yegüare, departamento de Francisco Morazán, Honduras, en el kilómetro 32 de la carretera hacia Danlí. Registra precipitación anual de 1100 mm y temperatura promedio de 24 °C a una altura de 800 msnm. El estudio se realizó desde el 25 de junio hasta el 3 de septiembre del 2016 obteniendo 10 semanas de producción.

Se utilizaron 18,000 poslarvas en estadio poslarva 12 (PL 12) de la especie *Penaeus vannamei*, suministradas por el Laboratorio de producción de larvas Larvipac, ubicado en Choluteca, Honduras. Éstas fueron trasladadas desde Choluteca en bolsas de polietileno de alta densidad con oxígeno y carbono activado a una salinidad de 15 ppm (partes por millón).

El estudio se llevó a cabo en seis estanques circulares de polietileno de alta densidad, con 12 m de diámetro de superficie y 1.2 m de profundidad. Cada estanque se llenó con 85 m³ de agua provenientes de la laguna de la estación acuícola y se agregaron 100 kg de sal/circular para llevar la salinidad a 8 ppm.

En cada estanque se midieron los parámetros de calidad de agua, temperatura y oxígeno disuelto, mediante un medidor de oxígeno, el cual arrojó datos de temperatura, para medir el pH se utilizó un potenciómetro y el parámetro de salinidad se midió con un refractómetro.

Los estanques estuvieron equipados con un sistema de aireación por medio de un soplador eléctrico de aire regenerativo de 2.0 hp (caballos de fuerza), este conectaba a través de tubos de PVC (policloruro de vinilo) de dos pulgadas hasta los estanques circulares y aquí se distribuyó mediante una manguera difusora (Aero-Tube™ de Swan), la cual se mantenía sumergida a 10 cm del fondo, para abastecer de oxígeno el agua. Cada circular tenía un comedero que se mantuvo dentro del área de la manguera difusora, este comedero rectangular fue de mallas con dimensiones 60 cm de largo y 30 cm de ancho.

Siembra de poslarvas. Al sembrar las poslarvas se aclimataron colocando las bolsas con las larvas en el estanque y gradualmente agregar agua del estanque en la bolsa para evitar un cambio drástico de las condiciones de agua. A causa de frecuentes precipitaciones la salinidad se redujo constantemente por lo que se aplicó sal para mantener niveles de salinidad en semana 1 a 8 ppm, en semana 2 a 5 ppm, en semana 3 a 2 ppm y a partir de semana 4 se mantuvieron a 0 ppm. La densidad utilizada fue de 26 poslarvas por metro cuadrado (PL/m²) teniendo un total de 3000 poslarvas por estanque.

Alimentación. Se alimentó con el balanceado de la marca AQUAXCEL, siguiendo el programa de alimentación recomendado por el laboratorio Larvipac. La composición de las diferentes fases de la dieta se encuentra en el anexo 1. En semana 1 se alimentó con starter 5014, a partir de semana 2 hasta semana 4 se alimentó con 4509 y a partir de semana 5 hasta finalizar el estudio se alimentó con 4209 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Programa de alimentación semanal de camarón en Zamorano, Honduras.

Tiempo de Producción (semanas)	Concentrado	Gramos Diarios
1	5014	130
2	4509	214
3	4509	220
4	4509	240
5	4209	220
6	4209	280
7	4209	370
8	4209	450
9	4209	570
10	4209	570

Se alimentó en dos turnos, uno a las 7 a.m. y otro a las 4 p.m., suministrando el 40 y 60% de la ración diaria respectivamente, para distribuir el tiempo entre alimentación. El suministro de alimento en las primeras dos semanas se realizó al voleo el 60% del alimento distribuido por todo el estanque, y el 40% restante se colocó en el comedero. A partir de la tercera semana se colocó todo el alimento en el comedero.

En las primeras cuatro semanas se alimentó la ración recomendada por el laboratorio Larvipac. Para las siguientes semanas la ración de alimentación se calculó en base al peso obtenido de muestreos bisemanales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Alimentación en base al peso vivo (dieta %) de Camarones en Zamorano, Honduras.

Semana	Peso \bar{x}	Crecimiento semanal	Dieta (%)	S(%) ^a	Biomasa (g)	Alimento Diario (kg/circular)
1	0.10	-	A*	100.0	0.30	0.13
2	0.25	0.15	A*	90.0	0.67	0.21
3	0.50	0.25	A*	85.0	1.27	0.22
4	0.80	0.30	A*	83.0	1.99	0.24
5	1.71	0.91	5.30	80.0	4.10	0.22
6	2.66	0.95	4.53	78.5	6.26	0.28
7	3.79	1.13	4.23	77.0	8.75	0.37
8	4.98	1.19	4.02	75.6	11.29	0.45
9	6.44	1.46	4.00	74.2	14.32	0.57
10	6.88	0.44	3.80	72.7	14.99	0.57

a – Supervivencia (%)

* - Alimento recomendado por Larvipac

Tratamientos. Los tratamientos establecidos fueron:

Tratamiento 10 ppm: se aplicó 10 mg de astaxantina por kilogramo de concentrado para obtener 10 ppm. Este tratamiento se inició en la semana siete de producción en dos de los estanques circulares que fue tomado al azar, estanque 2 y 4. Durante todo el experimento se usaron 314 mg de astaxantina para cubrir la aplicación del tratamiento.

Tratamiento 80 ppm: se aplicó 80 miligramos de astaxantina por kilogramo de concentrado para obtener 80 ppm, esto usando una balanza analítica. Este tratamiento se inició en la semana 9 de producción en dos de los estanques circulares que fue tomado al azar, estanque 1 y 6. Para este tratamiento se recomendó iniciar dos semanas después del anterior por la concentración de la astaxantina que fue mayor. Durante todo el experimento se usaron 1280 mg del carotenoide astaxantina para cumplir el tratamiento.

Control: es el alimento de una producción comercial, se dió la misma cantidad de alimento que todas las circulares, fueron los estanques 3 y 5 seleccionadas al azar.

Medición de peso y color. En la décima semana del estudio se cosechó el 10% de la población inicial de cada estanque para la medición de peso y color de cada camarón. El peso se registró individualmente posterior a la cosecha de cada camarón con una balanza digital. La medición de color se realizó en crudo y en cocido. Para el color en crudo se tomó el color luego del pesaje y para el color en precocido se tomó el color después de un tratamiento térmico de cocción, utilizado por Wade (2014), quien sumergió los camarones por dos minutos en agua hirviendo y luego tomo la coloración de los camarones.

Este mismo proceso de precocido es común en plantas empacadoras de camarón para productos de exportación ya que mantiene vida útil y además lo comercializan con un valor agregado.

El color fue determinado por la apreciación visual de los autores creando una escala de la coloración (Anexo 2), se tomó como criterio base la tabla de clasificación del camarón

establecida por la Sociedad Latinoamericana de Acuicultura, que es usado comercialmente para calificación en empacadoras de camarón. (Anexo 3). La calificación para cada color pálido, semi oscuro y oscuro está dada por los valores A2, A3 y A4 respectivamente para cada color.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 9.4).. Se hizo el análisis de varianza para el ajuste de los datos y un análisis de frecuencia. Con una separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso final. En la variable peso final, el control difiere de ambos tratamientos ($P < 0.0001$), siendo el control mayor que los tratamientos 10 y 80 ppm con medias de 7.21, 6.74 y 6.70 g, respectivamente. Esto difiere con el estudio realizado por Boonyaratpalin et al. (2001) en *P. monodon*, quien concluye que el uso de carotenoides no altera el crecimiento ni conversión alimenticia del camarón, obteniendo 8.01 ± 0.54 y 8.12 ± 0.53 g con 50 ppm y su control a las 8 semanas, respectivamente. Este estudio tuvo condiciones óptimas para la producción. Sin embargo, Ackman (1996) en un ensayo y análisis químico concluyó que mediante la aplicación de vitamina E, C y pigmentos carotenoides siempre se debe tener un antioxidante sintético en la fórmula del alimento, ya que sin esto reduce la palatabilidad y lo atractivo del alimento, este efecto se produjo en el estudio. De esta forma se atribuye que la pérdida de peso en los tratamientos preparados con la astaxantina es por palatabilidad, este influyó en menor consumo por parte de los camarones del alimento con tratamiento por ende se presentó menores pesos.

De la misma manera comparando con la tabla de crecimiento teórica estimada por el alimento (Anexo 4), que para la semana 10 se estima un peso de 8.7 g, mientras que en el estudio se obtuvo 6.88 g promedio, los datos mencionados difieren de los obtenidos en nuestro estudio, esto se hace referencia a las condiciones ambientales, las cuales no fueron las óptimas para la producción de *P. vanammei* (Anexo 5).

Cuadro 3. Peso Final de camarones por tratamientos en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Peso (g \pm $^{\text{£}}$ DE)
Control	7.21 \pm 1.48 ^a
10 ppm	6.74 \pm 1.45 ^b
80 ppm	6.70 \pm 1.31 ^b
Probabilidad	<0.0001
$^{\text{¥}}$ CV, %	20.29

^{ab} Medias con diferente letra indican diferencia ($P \leq 0.05$)

$^{\text{¥}}$ CV, % = Coeficiente de Variación en porcentaje.

$^{\text{£}}$ DE = Desviación Estándar.

Color crudo. En la distribución presentada en el cuadro 4, se detalla la cantidad porcentual de camarones obtenidos por tratamientos con su respectiva coloración. Para esta variable

coloración en crudo, se obtuvieron los datos de una tabla de frecuencias, en el tratamiento 10 ppm se encontró 12, 64.17 y 23.83% en los colores A2, A3 y A4 respectivamente.

Para el tratamiento 80 ppm se encontró 6.83, 73 y 20.17% en los colores A2, A3 y A4 respectivamente. El control presentó 32.50, 64.17 y 3.33% en los colores A2, A3 y A4 respectivamente. Estos resultados muestran una tendencia de concentración en todos los tratamientos hacia la coloración A3. Estudios realizados por Boonyaratpalin et al. (2001) en *P. monodon*, aplicando diferentes tipos de carotenoides, incluyendo astaxantina, determinaron que la concentración de ésta concuerda con la observación visual del color de los camarón. Cabe recalcar que se presentan diferencias en la concentración de carotenoides utilizadas en dicho estudio y la que se empleó en este ensayo, siendo la primera de dos a cuatro veces mayor. Los resultados del estudio mencionado concuerdan con nuestro estudio en cuanto a que para una alimentación prolongada con astaxantina, es recomendable una baja concentración ya que obtuvo mejor resultado al aplicar el tratamiento de 10ppm por cuatro semanas, frente a aplicar 80ppm por dos semanas.

Cuadro 4. Porcentaje de color de camarones crudos en cada tratamiento.

Tratamientos	Colores		
	A2 %	A3 %	A4 %
Control	32.50	64.17	3.33
10 ppm	12.00	64.17	23.83
80 ppm	6.83	73.00	20.17
X ²	<0.001		

El porcentaje de coloración A4 se presentó más elevado 50.34 y 42.61% en los tratamientos 10 y 80 ppm, respectivamente; y el control se presentó con 7.04%. Estos resultados concuerdan con Martínez Córdova et al. (2002), quienes realizaron un estudio aplicando carotenoides en *Penaeus vanammei* en diferentes concentraciones y de esta manera concluyeron que las mayores concentraciones se presentaron en los organismos cuya dieta incluyó más carotenoides.

Dentro del Cuadro 5, se encuentra una columna de datos global, aquí se muestra el porcentaje total de la distribución del estudio en las escalas de coloración. Siendo A3 con 67.11% la mayor concentración, seguido por A2 con 17.11% y A4 con 15.78%. Esto demuestra que el uso de pigmentos infirió en general en una concentración mayor al control, se determinó que el uso de astaxantina en las concentraciones expresadas anteriormente, incremento el porcentaje de camarones pigmentados dentro de un lote.

Cuadro 5. Porcentaje del tratamiento de camarones crudos distribuido en cada color.

Colores	Tratamientos			Global %
	Control %	10 ppm %	80 ppm %	
A2	63.31	23.38	13.31	17.11
A3	31.87	31.87	36.26	67.11
A4	7.04	50.34	42.61	15.78
X ²	<0.001			

Color precocido. El Cuadro 6, muestra cómo se distribuyó cada tratamiento en relación a los diferentes colores de la escala, para el tratamiento control la mayor incidencia fue de coloración A3 con 68.50%, seguido por el color A2 con 26.50% y después la coloración A4 obtuvo baja incidencia con 5%. Para el tratamiento 10 ppm se obtuvo la mayor incidencia con 63.67% en A3, después con 26.50% en A4 y en el color A2 se tuvo 9.83%. Para el tratamiento de 80 ppm se obtuvo la mayor incidencia en el color A3 con 69%, seguido del color A4 con 24.33% y por último con 6.67% el color A2.

La coloración provocada por la aplicación de astaxantina mostro poca diferencia al someterla en el proceso de cocción, ya que los datos obtenidos en el camarón que paso por este proceso no tuvo variaciones notables, incremento la coloración A4 pero fue mínimo en el total del estudio.

Cuadro 6. Porcentaje de tratamiento de camarones precocidos en cada color.

Tratamientos	Colores		
	A2 %	A3 %	A4 %
Control	26.50	68.50	5.00
10 ppm	9.83	63.67	26.50
80 ppm	6.67	69.00	24.33
X ²	<0.001		

El Cuadro 7, presenta los datos porcentuales para la coloración A2 se tuvo 61.63% de incidencia en el control, para la coloración A3 se mantuvo una distribución similar con 34.05, 31.65 y 34.30% para el control, tratamiento de 10 y 80 ppm, respectivamente. La coloración A4 se distribuyó mayormente en los tratamientos aplicados con 10 y 80 ppm con 47.46 y 43.58%, mientras que el control presento una incidencia baja de 8.96%. Para la última columna que es el global porcentual se presentó mayor incidencia en la coloración A3 con 67.06% seguido con la coloración A4 con 18.61% mientras que color A2 se obtuvo 14.33%.

Cuadro 7. Porcentaje del tratamiento de camarones precocidos en cada color

Colores	Tratamientos			Global %
	Control %	10 ppm %	80 ppm %	
A2	61.63	22.87	15.50	14.33
A3	34.05	31.65	34.30	67.06
A4	8.96	47.46	43.58	18.61
X ²	<0.001			

4. CONCLUSIONES

- Se incrementó la coloración del camarón (*Penaeus vanammei*) con el uso de astaxantina en ambos tratamientos.
- No se obtuvieron diferencia significativa entre el tratamiento de 10 ppm de astaxantina en comparación con el tratamiento de 80 ppm.
- Los pesos obtenidos en el estudio se vieron influenciados por la aplicación de la astaxantina como un aditivo, además fue negativamente por las condiciones ambientales en la que se realizó el experimento.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio con una ubicación geográfica que proporcione condiciones óptimas para la producción de *Penaeus vanammei*.
- Se deberían realizar estudios con otras concentraciones de carotenoides, y diferentes etapas de desarrollo del camarón, introduciendo el carotenoide en la mezcla al elaborar el concentrado, y no como aditivo, agregado antes de alimentar.
- Realizar estudios analizando el efecto de la astaxantina en la sobrevivencia de los camarones.

6. LITERATURA CITADA

- Ackman, RG. 1996. Factores de Calidad en Harina de Pescado y en los Lípidos de Alimentos para Peces. Libro. Technical University of Nova Scotia, Canada. Canadian Institute of Fisheries Technology. Available online at <http://eprints.uanl.mx/8352/1/7.pdf>.
- Álvarez Capote JS. 2007. Sustitución de Harina de Pescado por Harina de Soya e Inclusión de Aditivos en el Alimento a Fin de Mejorar la Engorda del Camarón Blanco *Litopenaeus schmitti*: [Tesis]. La Paz, B.C.S.: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 118 p.
- Anderson JL. 2016. Encuesta GOAL de Producción de Camarón: Viene la recuperación. Global Aquaculture Advocate: Institute of Sustainable Food Systems. Marketplace. <http://advocate.gaalliance.org/encuesta-goal-de-produccion-de-camaron-viene-la-recuperacion/>
- Boonyaratpalin, M.; Thongrod, S.; Supamattaya, K.; Britton, G.; Schlipalius, L. E.2001: Effects of β -carotene source, *Dunaliella salina*, and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodon*. In *Aquacult Res* 32 (s1), pp. 182–190. DOI: 10.1046/j.1355-557x.2001.00039.x.
- FAO. 2000. Los pequeños estanques: Grandes Integradores de la Producción Agropecuaria y la Cría de Peces. Roma: [publisher unknown]; [accessed 2016 Jul 15]. <http://www.fao.org/docrep/003/x7156s/x7156s00.HTM>.
- FAO. 2005. Visión general del sector acuícola nacional: Honduras. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [accessed 2016 Aug 19]. 10 p. Perfiles Geográficos. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_honduras/es.
- Fox J, Treece GD, Sanchez D. 2004. Nutrición y Manejo del Alimento. USA: Texas A&M. Métodos para mejorar la camaricultura en Centroamérica. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/4%20Nutrici%C3%B3n.pdf>.

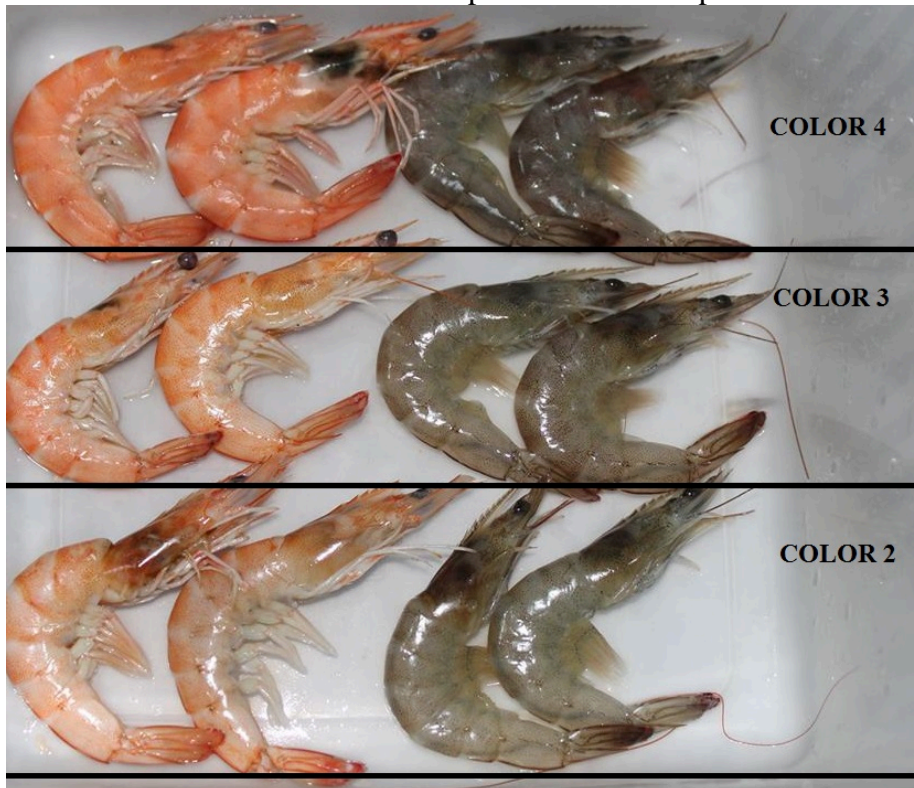
- Martínez-Córdova, Luis R.; Ezquerro-Brauer, Marina; Bringas-Alvarado, Lorena; Aguirre-Hinojosa, Eduardo; Garza-Aguirre, M. del C. 2002: Optimización de alimentos y prácticas de alimentación en el cultivo de camarón en el Noroeste de México. In *Avances en Nutrición Acuicola*, 6 (1), pp. 559–581. Available online at http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VI/archivos/A35.pdf.
- Meléndez-Martínez AJ, Isabel M. Vicario, Francisco J. Heredia 2007: Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. Caracas. Available online at http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000200002, checked on 9/16/2016.
- Patricio E. Paz. 2016: Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras, 5/3/2016.
- Pratt L, Quijandría G. 1997. Industria del Camarón en Honduras: Análisis de Sostenibilidad. CEN 742:1–49. <https://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen742.pdf>.
- Tume, R. K.; Sikes, A. L.; Tabrett, S.; Smith, D. M. 2009: Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*). Effective method for improvement of cooked colour. In *Aquaculture* 296 (1-2), pp. 129–135. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.08.006.
- Wade NM, Paulo C, Goodall J, Fischer M, Poole S, Glencross BD. 2014. Quantitative methods to measure pigmentation variation in farmed Giant Tiger Prawns, *Penaeus monodon*, and the effects of different harvest methods on cooked colour. *Aquaculture*. 433:513–519. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.07.014.

7. ANEXOS

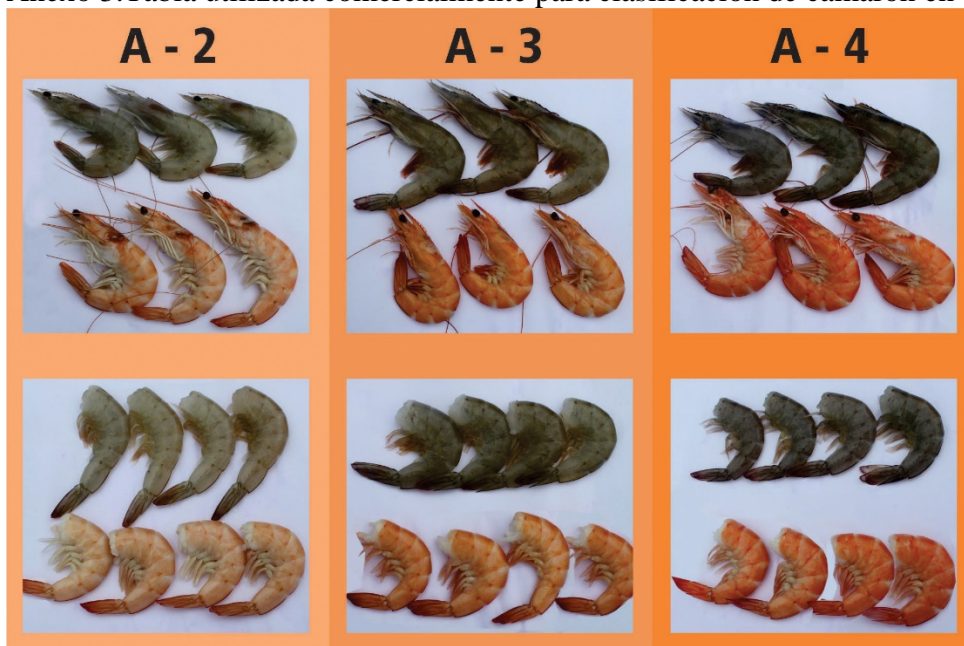
Anexo 1. Composición del concentrado Aquaexcel usado según el tamaño de partículas (mm) en las fases del estudio.

Tamaño de partículas	0.3	0.8	1.5	2.0
Presentación (Kg)	25.0	25.0	25.0	25.0
Proteína Min. (%)	50.0	45.0	42.0	42.0
Grasa Min. (%)	14.0	9.0	9.0	9.0
Fibra Cruda Máx. (%)	3.0	3.0	3.0	3.0
Calcio Min. (%)	1.5	1.5	1.5	1.5
Fósforo Min. (%)	1.0	1.1	1.1	1.1
Ceniza Máx. (%)	10.0	10.0	10.0	10.0
Humedad Máx. (%)	11.0	11.0	11.0	11.0
Vitamina A (UI)	4.0	4.0	9.0	9.0
Vitamina E (UI)	400.0	400.0	300.0	300.0
Vitamina C (ppm)	400.0	400.0	300.0	200.0

Anexo 2. Diferencias de coloración para establecer el protocolo de selección.



Anexo 3. Tabla utilizada comercialmente para clasificación de camarón en empacadoras.



Fuente: Sulpa Ltda., exportadora de productos acuícola.

Anexo 4. Tabla de crecimiento semanal teórico estimada.

Semana de cultivo	Peso Promedio (g)
1	0.3
2	1.0
3	1.7
4	2.4
5	3.2
6	4.3
7	5.4
8	6.5
9	7.6
10	8.7
11	9.8
12	10.9
13	12.0
14	13.1
15	14.2

Anexo 5. Parámetros medidos semanalmente durante el estudio.

Variables	Rangos óptimos	Tesis
Temperatura	25°C-32°C	30.8°C
Salinidad	5 ppm-35 ppm	8-0 ppm ^H
pH	6-10	9.9
Oxígeno disuelto	5-10 mg/L	5.7 mg/L

^H: La salinidad se mantuvo en 5ppm hasta la semana 4 por proceso de aclimatación, después se la tuvo en 0.