

**Comparación del desempeño reproductivo del camarón (*Penaeus vannamei*) bajo una dieta fresca vs una dieta peletizada en desarrollo**

**Andrés Lemus Velasco**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

# **Comparación del desempeño reproductivo del camarón (*Penaeus vannamei*) bajo una dieta fresca vs una dieta peletizada en desarrollo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Andrés Lemus Velasco**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2019

## Comparación del desempeño reproductivo del camarón (*Penaeus vannamei*) bajo una dieta fresca vs una dieta peletizada en desarrollo

Andrés Lemus Velasco

**Resumen.** Se espera que la producción global de camarón cultivado aumente a una tasa de crecimiento anual compuesto del 5.7% de 2017 a 2020, por lo que la demanda de reproductores, así como de poliquetos para su dieta, también aumentará. Este estudio se realizó en el área de maduración de la empresa American Prawn, St. James City, Florida, con el propósito de determinar si es recomendable el reemplazo del protocolo de dieta fresca por uno a base de alimento peletizado. El objetivo del estudio fue determinar si el desempeño reproductivo de los reproductores de camarón bajo una dieta peletizada es similar al desempeño de aquellos bajo una dieta basada en poliqueto, calamar y artemia. Para el desarrollo del estudio se determinó que las variables a analizar serían la cantidad de hembras maduras, hembras copuladas, huevos por desove y nauplios por eclosión. Para el análisis de estas variables se realizaron tres pruebas de Chi-cuadrado, una prueba-t y un análisis de los costos diarios de alimentación para cada producto. Se determinó que el desempeño reproductivo era estadísticamente igual para las primeras tres variables, pero con respecto a los nauplios obtenidos no era igual. El costo diario de alimentación obtenido para una dieta peletizada difiere en USD 5.83 por cada 1,000 gramos de biomasa al costo de la dieta protocolo de la empresa.

**Palabras clave:** Chi-cuadrado, maduración, nauplios, poliqueto, prueba-t.

**Abstract.** Global production of farmed shrimp is expected to increase at a compound annual growth rate of 5.7% from 2017 to 2020, so the demand for breeders, as well as polychaetes for their diet, will also increase. This study was carried out in the area of maturation of the company American Prawn, St. James City, Florida in order to determine if it is advisable to replace the fresh diet protocol with one based on pelleted food. The objective of the study was to determine whether the reproductive performance of shrimp breeders under a pelleted diet is similar to the performance of those under a diet based on polychaete, squid and artemia. For the development of the study it was determined that the variables to be analyzed would be the number of mature females, copulated females, eggs per spawning and nauplii per hatching. For the analysis of these variables, three Chi-square tests, a t-test and an analysis of the daily feeding costs for each product were performed. It was determined that the reproductive performance was statistically the same for the first three variables, but with respect to the obtained nauplii it was not the same. The daily feeding cost obtained for a pelleted diet differs in USD 5.83 per each 1,000 grams of biomass from the cost of the company's protocol diet.

**Key words:** Chi-square, maturation, nauplii, polychaete, t-test.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros y Figuras .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>13</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>14</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Dieta diaria protocolo de American Breeders .....	3
2. Dieta diaria de alimento peletizado .....	3
3. Frecuencias observadas para la cantidad de hembras maduras .....	7
4. Frecuencias observadas para la cantidad de hembras copuladas.....	7
5. Prueba-t para la cantidad de huevos por desove.....	8
6. Frecuencias observadas para la cantidad de nauplios por desove .....	9
7. Costos de alimentación para la dieta protocolo de American Breeders .....	9
8. Costos de alimentación para una dieta peletizada .....	10

  

Anexos	Página
1. Flujo de proceso .....	14
2. Hembra madura y hembra copulada.....	15

# 1. INTRODUCCIÓN

Se espera que la producción global de camarón cultivado aumente a una tasa de crecimiento anual compuesto del 5.7% de 2017 a 2020 (GOAL, 2018). Esto resultará en un crecimiento de 18% en comparación con los niveles de 2017 y una cosecha global de camarón de 5.03 millones de toneladas métricas. Los pronósticos del Global Outlook for Aquaculture Leadership (GOAL) se basan en el supuesto de que las principales crisis de enfermedades se evitan en un futuro próximo (Anderson et al., 2018). Como consecuencia, también aumentará la demanda de reproductores, así como la demanda de poliqueto como ingrediente en las dietas de los mismos (Desrina et al., 2018). El poliqueto es una clase de gusano anélido, generalmente marino, caracterizado por su cuerpo segmentado cubierto de cerdas llamadas quetas.

La expansión de la industria camaronícola depende del adecuado conocimiento de procesos de domesticación y reproducción que permita lograr un adecuado abastecimiento de nauplios que satisfaga la creciente demanda de las granjas de engorde (Ceballos, 2003). Un programa de domesticación bien establecido incluye los procesos de maduración, reproducción, larvicultura y engorde. El nauplio es la primera larva obtenida de la eclosión del huevo de un crustáceo, en este caso de camarón.

La maduración de los reproductores es el proceso por medio del cual machos y hembras de una especie desarrollan sus órganos genitales (Fenucci, 1988). Cuando estos ya alcanzan la madurez, proceden a la cópula, proceso mediante el cual el macho transfiere la pareja de sacos espermáticos en una estructura externa de la hembra llamada télico. Las hembras copuladas pasan a tanques de desove y una vez desovadas son regresadas a los tanques de maduración y cópula. Se procede a recolectar los nauplios obtenidos tras la eclosión y estos pasan por los estadios larvarios de Zoea, Mysis y Postlarva.

American Prawn es una granja de camarones super-intensiva, con una subsidiaria llamada American Breeders, la cual está encargada de la producción de reproductores *Penaeus vannamei*. Dicha producción es exportada a diversos países asiáticos, así como China, Vietnam e India. En American Breeders, la dieta de los reproductores se basa en alimento fresco que incluye poliqueto, calamar y artemia al 13.5%, 10% y 3% de la biomasa del tanque, respectivamente. El poliqueto es comúnmente usado para el desove de hembras de camarón (Chamberlain et al., 1981). El positivo efecto global del poliqueto sobre el rendimiento reproductivo de camarones ha sido atribuido a su alto nivel de ácidos grasos polinsaturados (Lytle et al., 1990).

Alimentar camarones reproductores con poliquetos tiene sus desventajas, tanto para el ambiente, como para el camarón y también para los márgenes de ganancias de las empresas (Oddsén, 2016). Los poliquetos no forman parte de los regímenes de bioseguridad ni de los marcos regulatorios. No hay reglas o regulaciones que dicten dónde se deben cosechar los gusanos, o qué constituye una cosecha sostenible. Dado que no hay regulaciones las áreas que solían ser ricas en gusanos ahora se están agotando. Adicionalmente, los poliquetos representan un riesgo potencial como vectores, portadores y/o hospederos de patógenos del camarón en el ambiente del estanque (Desrina et al.). Ya que el poliqueto suele darse congelado, este se desintegra desde el momento en que toca el agua del tanque, causando una pérdida de diversos elementos nutritivos; que se traduce en más dinero del necesario para alimentar a los reproductores.

La empresa inglesa Sea Farms Nutrition Ltd., bajo la marca Prochaete, está desarrollando un concentrado peletizado con poliquetos como ingrediente activo. Este alimento en desarrollo es la solución propuesta por Oddgeir Oddsén, director general de la empresa, a los problemas mencionados anteriormente.

Esta investigación se realizó con el fin de analizar el impacto del uso de este alimento en desarrollo en el desempeño reproductivo de los camarones en el área de maduración de la empresa American Breeders. Dicha necesidad radica en la ausencia de datos en la práctica, que indiquen si el producto cumple su propósito. Esto quiere decir que, al proveer este alimento, se deben obtener resultados similares o mejores a los que se obtendrían mediante una dieta fresca en reproductores de camarón.

Por lo anteriormente descrito, se fijaron los siguientes objetivos para este estudio:

- Determinar si el rendimiento reproductivo de los camarones bajo una dieta peletizada es similar al rendimiento de una dieta basada en alimento fresco.
- Determinar si es recomendable el reemplazo de una dieta fresca por el alimento peletizado en base al rendimiento y costos de alimentación en el área de maduración de la empresa American Breeders

## 2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó desde el 22 de marzo hasta el 19 de abril del año 2019 en las instalaciones de maduración de la empresa American Prawn, localizada en Stringfellow Road, Saint James City, Florida.

Se inició con la selección de animales el 22 de marzo del presente año de un tanque con 10,000 camarones. Los animales debían tener una buena talla y estar en buen estado de salud. Ese mismo día las hembras fueron ablacionadas, proceso mediante el cual se les extirpa el pedúnculo ocular izquierdo con el fin de acelerar la maduración. Los animales permanecieron en tanques de acondicionamiento alrededor de 10 días hasta alcanzar condiciones adecuadas de calidad de agua. El 2 de abril estos fueron trasladados a cuatro tanques de maduración (Anexo 1) con agua recirculando a través de varios filtros para asegurar la calidad de agua.

Cada tanque contaba con 100 animales con una proporción de 50:50 macho a hembra. Los camarones en los tanques G1 y G2 recibieron la dieta protocolo de American Breeders, la cual consistía en alimento fresco. Esta incluía poliqueto, calamar y artemia al 13.5%, 10% y 3% de la biomasa del tanque respectivamente. El cronograma de alimentación diaria se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Dieta diaria protocolo de American Breeders

Porcentaje (%)	3.0	4.5	5.0	9.0	5.0
Hora	8:30	8:30	12:00	4:00	11:00
Alimento	Artemia	Poliqueto	Calamar	Poliqueto	Calamar
Ración (g)	223	334	371	668	371

Los animales en los tanques G3 y G4 recibieron alimento peletizado al 5.5% de la biomasa del tanque. El cronograma de alimentación diaria se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Dieta diaria de alimento peletizado

Porcentaje (%)	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688
Hora	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00
Alimento	SMP							
Ración (g)	52	52	52	52	52	52	52	52

Los parámetros de calidad de agua se medían diariamente. Estos incluían: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH y total de sólidos suspendidos. También se llevó un control del amonio, nitritos y alcalinidad del agua en los tanques. Los parámetros no eran los ideales, pero se mantuvieron dentro de los rangos aceptables. En los tanques de maduración la temperatura debía encontrarse entre 27°C y 29.5°C, el oxígeno disuelto arriba de 5 mg/L, la salinidad entre 29 ppt y 30.5 ppt y el total de sólidos suspendidos en la menor cantidad posible. Se debía procurar mantener, tanto el amonio como los nitritos, en cantidades mínimas, menores a 1 ppm; la alcalinidad debía mantenerse arriba de 150 ppm.

Diariamente se realizaba un “sourcing” cuando no había luz, entre 9 y 10 de la noche. Esta actividad consiste en identificar a las hembras maduras encontradas en cada tanque con ayuda de una linterna, cuantificarlas y verificar cuáles de estas estaban copuladas. Para ver en detalle el aspecto de una hembra madura y una copulada, ver el anexo 2. De las hembras copuladas que se obtenían, se tomaban dos, las cuales eran transferidas a tanques individuales de desove (Anexo 1) y, al terminar, eran devueltas a sus respectivos tanques. Luego, los huevos eran transferidos a tanques individuales de eclosión (Anexo 1). El conteo tanto de huevos como de nauplios se realizaba por volumetría.

Para medir el desempeño reproductivo de los camarones bajo ambas dietas se determinaron las siguientes variables:

- Cantidad de hembras maduras
- Cantidad de hembras copuladas
- Cantidad de huevos por desove
- Cantidad de nauplios por desove

Para el análisis de dichas variables se utilizó pruebas de Chi-cuadrado. Dicho método prueba la independencia de dos variables categóricas y también prueba si una distribución de probabilidad para una población sigue una distribución de probabilidad específicamente histórica o teórica (Anderson et al., 2017). En este estudio se evaluó el desempeño reproductivo de los camarones reproductores bajo dos tratamientos en el cual se comparaban las frecuencias observadas con las esperadas para cada uno de los parámetros analizados.

El valor de Chi-cuadrado está dado por la fórmula

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad [1]$$

Donde:

O = frecuencia observada

E = frecuencia esperada

Para analizar la cantidad de hembras maduras las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: p_1 = p_2$$

$$H_a: p_1 \neq p_2$$

Donde:

$p_1$  = Proporción de hembras maduras de la población de hembras que reciben dieta fresca

$p_2$  = Proporción de hembras maduras de la población de hembras que reciben alimento peletizado

Para analizar la cantidad de hembras copuladas las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: p_1 = p_2$$

$$H_a: p_1 \neq p_2$$

Donde:

$p_1$  = Proporción de hembras copuladas de la población de hembras maduras que reciben dieta fresca

$p_2$  = Proporción de hembras copuladas de la población de hembras maduras que reciben alimento peletizado

El estudio evaluó si había diferencia significativa tanto en la cantidad de hembras maduras, como en la cantidad de hembras copuladas bajo ambas dietas, basándose en el análisis de resultados obtenidos del “sourcing” diario de hembras maduras en los tanques de ambos tratamientos.

La hipótesis nula plantea que no hay diferencia estadística entre el valor esperado y el observado para los valores obtenidos bajo la dieta fresca y bajo la dieta de alimento peletizado.

Para la cantidad de huevos por desove se realizó una Prueba-t, con el propósito de determinar diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos.

Las hipótesis fueron las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

$\mu_1$  = Cantidad de huevos por desove bajo la dieta fresca

$\mu_2$  = Cantidad de huevos por desove bajo la dieta de alimento peletizado

Esta prueba evaluó si ambos parámetros son estadísticamente diferentes.

Para la cantidad de nauplios obtenidos por desove, se realizó otra prueba de Chi-cuadrado, en el cual las hipótesis fueron las siguientes:

$$H_0: p_1 = p_2$$
$$H_a: p_1 \neq p_2$$

Donde:

$p_1$  = Proporción de nauplios obtenidos de la población de huevos desovados por hembras que reciben dieta fresca

$p_2$  = Proporción de nauplios obtenidos de la población de huevos desovados por hembras que reciben alimento peletizado

Esta prueba evaluó si había una diferencia significativa en la cantidad de nauplios obtenidos bajo ambas dietas, basándose en la eclosión diaria de huevos de las hembras de ambos tratamientos.

Posteriormente, se realizó un análisis de los costos de alimentación para ambas dietas. Para la dieta peletizada se tomó como base el precio de la presentación de 1 kg de dicho alimento y la cantidad suministrada diariamente en base a la biomasa del tanque. Luego, estos datos fueron utilizados para determinar el costo diario de alimentación en un tanque de maduración por cada 1,000 gramos de biomasa bajo la dieta de Prochaete.

Para la dieta fresca se determinó el precio por kilogramo del poliqueto, del calamar y de la artemia y se usó el protocolo de alimentación de la empresa American Breeders para determinar la cantidad suministrada diariamente de cada producto en base a la biomasa del tanque. Luego, estos datos fueron utilizados para determinar el costo diario de alimentación en un tanque de maduración de la empresa por cada 1,000 gramos de biomasa.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Cantidad de hembras maduras.

Tras haber realizado la prueba de Chi-cuadrado para la cantidad de hembras maduras en los cuatro tanques se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 3. Frecuencias observadas para la cantidad de hembras maduras

		Dieta	
		Dieta fresca	Dieta peletizada
Madurez	Hembras maduras	189	191
	Hembras no maduras	393	403

Chi-cuadrado:  
( $\chi^2 = 0.0137$ ;  $g.l. = 1$ ;  $P = 0.9068$ )

Con un valor-P de 0.9068 se falla en rechazar la hipótesis nula, por lo que se determinó que no existe diferencia significativa en los resultados obtenidos para la población de hembras maduras bajo ambos tratamientos. Esto quiere decir que la cantidad de hembras maduras no es estadísticamente diferente si se les administra una dieta fresca o una dieta peletizada.

#### Cantidad de hembras copuladas.

Tras haber realizado la prueba de Chi-cuadrado para la cantidad de hembras copuladas en los cuatro tanques se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4. Frecuencias observadas para la cantidad de hembras copuladas

		Dieta	
		Dieta fresca	Dieta peletizada
Cópula	Hembras copuladas	26	20
	Hembras copuladas	163	171

Chi-cuadrado:  
( $\chi^2 = 0.9637$ ;  $g.l. = 1$ ;  $P = 0.9068$ )

Con un valor-P de 0.3262 se falla en rechazar la hipótesis nula por lo que se determinó que no existe diferencia significativa en los resultados obtenidos para la población de hembras copuladas entre los tratamientos. Esto quiere decir que se encontró igual cantidad de hembras copuladas en la población de reproductores independientemente si se les administra una dieta fresca o una dieta peletizada.

**Cantidad de huevos por desove.**

Tras haber realizado la prueba-t para la cantidad de huevos obtenidos por desove bajo ambos tratamientos se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 5. Prueba-t para la cantidad de huevos por desove

	<b>Dieta fresca</b>	<b>Dieta peletizada</b>
Media	215,833.330	156,550.000
Varianza	2'576'966,667.000	3'442'810,000.000
Observaciones	6	4
Diferencia hipotética de la media	---	
Grados de libertad	6	
t Stat	1.651	
P(T<=t) una cola	0.075	
t Crítico una cola	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.150	
t Crítico dos colas	2.447	

Prueba-t:

$(t = 1.651; g. l. = 6; P = 0.1499)$

Con un valor P de 0.1499 se falla en rechazar la hipótesis nula por lo que se determinó que no existe diferencia significativa en la cantidad de huevos obtenidos para la población de hembras copuladas bajo ambos tratamientos. Esto quiere decir que se encontró una cantidad similar de huevos desovados en la población de reproductores independientemente si se les administra una dieta fresca o una dieta peletizada.

**Cantidad de nauplios por eclosión.**

Tras haber realizado la prueba de Chi-cuadrado para la cantidad de nauplios obtenidos por eclosión bajo ambos tratamientos se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 6. Frecuencias observadas para la cantidad de nauplios por desove

		<b>Dieta</b>	
		Dieta fresca	Dieta peletizada
<b>Eclosión</b>	Huevos eclosionados	235,200	33,600
	Huevos no eclosionados	1'059,800	592,600

Chi-cuadrado:

( $\chi^2 = 57436.8929$ ; *g.l.* = 1; *P* = 00000)

Con un valor-P de 0.0000 se rechaza la hipótesis nula por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa en la cantidad de nauplios obtenidos para la población de camarones bajo ambos tratamientos. Esto quiere decir que se obtuvo cantidades diferentes de nauplios en la población de reproductores. Se obtuvo una mayor cantidad de nauplios de la población de camarones que recibió una dieta fresca.

#### **Análisis de costos de alimentación.**

Con base a los precios y cantidades suministradas de cada producto bajo el protocolo de alimentación de American Breeders, se determinó el costo diario de alimentación en los tanques experimentales por cada 1,000 gramos de biomasa, el cual se ve reflejado en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Costos de alimentación para la dieta protocolo de American Breeders

<b>Producto</b>	<b>Biomasa (g)</b>	<b>Proporción de alimento diario (%)</b>	<b>Porción diaria (g)</b>	<b>Precio (USD/kg)</b>	<b>Costo de alimentación (USD/día)</b>
Poliqueto	1,000	13.50	135	25.5	3.44
Calamar	1,000	10.00	100	3.3	0.33
Artemia	1,000	3.00	30	120.0	3.60
Total	1,000	26.50	265	148.8	7.37

El costo de alimentación de la dieta protocolo de American Breeders para un tanque con 1000 gramos de biomasa es de USD 7.37 diarios.

Con base al precio y a la cantidad suministrada de alimento peletizado se determinó el costo diario de alimentación en los tanques experimentales por cada 1000 gramos de biomasa, el cual se ve reflejado en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Costos de alimentación para una dieta peletizada

<b>Producto</b>	<b>Biomasa (g)</b>	<b>Proporción de alimento diario (%)</b>	<b>Porción diaria (g)</b>	<b>Precio (USD/kg)</b>	<b>Costo de alimentación (USD/día)</b>
SMP	1,000	5.5	55	28	1.54
Total	1,000	5.5	55	28	1.54

El costo de alimentación de una dieta peletizada para un tanque con 1,000 gramos de biomasa es de USD 1.54 diarios.

La diferencia para alimentar un tanque con 1,000 gramos de biomasa es de USD 5.83. Esto se debe a que se provee una cantidad menor de alimento peletizado en proporción a la biomasa del tanque, mientras que la dieta fresca se suministra en cantidades mayores por el hecho de que existe mucho desperdicio al momento que el alimento toca el agua. A pesar de que el alimento peletizado es más caro que la mayoría de los subproductos de la dieta protocolo de la empresa, resulta siendo menos costoso proveerla, puesto que se aprovecha casi totalmente el pellet ya que no genera tanto desperdicio como el alimento congelado.

En la etapa de maduración, los costos de alimentación no son una preocupación, pues son pocos los camarones que se encuentran en esta área, pero sí se podrían reducir los costos considerablemente al alimentar con una dieta peletizada y no con alimento fresco. El principal motivo de esta etapa no es el engorde de los animales, sino acelerar el desarrollo de los órganos genitales. En fincas de engorde, el alimento representa aproximadamente el 60% del costo de producción total (Flores et al., 2017). En instalaciones de maduración, este costo es relativamente menor, pues se incurren gastos mayores como energía y genética.

#### 4. CONCLUSIONES

- El rendimiento reproductivo de los camarones bajo una dieta peletizada sí es similar al rendimiento de una dieta basada en alimento fresco hasta el desove de las hembras, pero la cantidad de nauplios obtenida no es similar. Al finalizar el estudio, la cantidad de hembras maduras difirió por tan sólo dos hembras. Existió una diferencia de seis hembras copuladas entre dietas y una diferencia de alrededor de 59,000 huevos entre el promedio de huevos desovados bajo ambos tratamientos. La diferencia entre los nauplios obtenidos en ambos tratamientos fue significativa pues fue de 201,600 nauplios.
- No es recomendable el reemplazo de la dieta protocolo de American Breeders por el alimento peletizado pues, a pesar de que esta resulta siendo de menor costo, al finalizar el estudio se obtuvo una cantidad siete veces menor de nauplios de los huevos desovados por las hembras que recibieron esta dieta que aquellas bajo la dieta protocolo de la empresa

## **5. RECOMENDACIONES**

- Seguir utilizando la dieta protocolo de la empresa pues, a pesar de ser más costosa, se obtiene siete veces más nauplios que con una dieta peletizada.
- Añadir otros elementos a la dieta peletizada, así como calamar, y realizar de nuevo el estudio para ver si se obtienen mejores resultados.

## 6. LITERATURA CITADA

- Anderson, D.R., Sweeney, D.J., Williams, T.A., & Camm, J.D.; Cochran, J.J. (2017). *Statistics for Business and Economics*. 13 ed. United States of America: Cengage Learning.
- Anderson, J.L., Valderrama, D., & Jory, D.E. (2018). Revisión y pronóstico de la producción mundial de camarón: crecimiento constante por delante. *Aquaculture Alliance*. Disponible en línea en <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/revision-y-pronostico-de-la-produccion-mundial-de-camaron-crecimiento-constante-por-delante/>.
- Ceballos, B.P. (2003). Evaluación del potencial reproductivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en condiciones de domesticación, La Paz. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste; S.C.
- Chamberlain, G.W., & Lawrence A.L. (1981). Maturation, reproduction and growth of *P. vannamei* and *P. stylirostris* fed natural diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 12:209-224.
- Desrina, Verreth, M.C.J., Verdegem, & Vlak, J.M. (2018). Polychaetes as Potential Risks for Shrimp Pathogen Transmission. En: *Asian Fisheries Science* 31S, 155–167.
- Fenucci, J.L. (1988). Manual para la cría de camarones peneidos. Programa Cooperativo Gubernamental FAO - Italia.
- Flores, J.G.L., Burgos, J.E.B., Cedillo, C.R. (2017). Los costos de producción del camarón *Litopenaeus Vannamei* en cultivos de cautiverio y siembra directa: Un análisis del margen de contribución. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Lytle, J.S., Lytle, T.F., & Ogle, J.T. (1990). Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 89, 287-299
- Oddsden, O. (2016). Pelleted Polychaetes. A natural component in hatcheries and shrimp farms. En: *Hatcheryfeed Magazine*.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Flujo de proceso

---

Tanques de maduración



En estos se mantiene a la población de reproductores recibiendo ambas dietas en espera de que estos maduren y que las hembras sean copuladas.

Tanques individuales de desove



Las hembras copuladas son trasladadas individualmente a estos tanques en espera de que estas desoven en un transcurso de 4 a 6 horas.

Tanques individuales de eclosión



Los huevos obtenidos son transferidos a estos tanques en los cuales son incubados en espera de obtener la mayor cantidad de nauplios en el transcurso de un día.

## Anexo 2. Hembra madura y hembra copulada

---

Hembra madura



Una hembra madura se identifica debido a la presencia de cromatoforos, los cuales reflejan la luz de la linterna y hacen que esta parezca de un color amarillo intenso en el área de la cabeza.

Hembra copulada



Una hembra copulada se identifica al voltearla dentro del agua o sacándola y verificando que los sacos espermáticos estén bien colocados en el télico de la hembra.