



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y
CIENCIAS DEL MAR**



**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA**

TESIS DE PREGRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE CALAMAR (*Loligo sp.*) EN
EL TIEMPO DE DESARROLLO GONADAL, CALIDAD DE
HUEVOS Y NAUPLIOS EN LA MADURACIÓN DE *Litopenaeus
vannamei***

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
PESQUERO**

PRESENTADO POR:

Br. Holger Gabriel Reyes Soriano

TUMBES, PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y
CIENCIAS DEL MAR**



**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA PESQUERA ACUÍCOLA**

TESIS DE PREGRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE CALAMAR (*Loligo sp.*) EN
EL TIEMPO DE DESARROLLO GONADAL, CALIDAD DE
HUEVOS Y NAUPLIOS EN LA MADURACIÓN DE *Litopenaeus
vannamei***

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
PESQUERO**

PRESENTADO POR:

Br. Holger Gabriel Reyes Soriano

TUMBES, PERÚ

2018

RESPONSABLES

Br. HOLGER GABRIEL REYES SORIANO

EJECUTOR

Dr. AUBERTO HIDALGO MOGOLLÓN

ASESOR

JURADO DICTAMINADOR

Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA

PRESIDENTE

Dr. TEODORO EMILIO SEMINARIO CHIRINOS

SECRETARIO

Mg. JORGE HUMBERTO CARRASCO CASARIEGO

VOCAL

AGRADECIMIENTO

A Dios, por el regalo maravilloso de la vida, quien cada mañana me permite abrir nuevamente los ojos para seguir adelante. Al Ing. Rafael Verduga, Gerente general de Texcumar S.A. por ayudarme durante el proceso de ejecución de mi tesis y a mi respetable Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar.

DEDICATORIA

A Dios por orientar cada pasó de mi vida, porque él me enseñó que todo es posible para el que cree.

A mi madre Myriam Soriano, a mi padre Julio Reyes, a mi hermana Ing. Lourdes Reyes y a mi hermano Byron por esa convicción, certeza, esfuerzo y perseverancia que instruyeron en mí desde pequeño.

A mis grandes amigos por el cariño, la constancia y la perseverancia a lo largo de todo este camino.

A mis distinguidos docentes por todo la amabilidad y comprensión al compartir sus conocimientos a lo largo de estos años.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESPONSABLES.....	iii
JURADO DICTAMINADOR.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. ANTECEDENTES.....	20
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
3.1. Lugar y periodo de ejecución.....	23
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.3. Diseño de investigación.....	24
3.4. Manejo de los reproductores.....	24
3.5. Ablación peduncular unilateral.....	26
3.6. Alimentación de los reproductores.....	26
3.7. Tiempo de desarrollo gonadal.....	27
3.8. Calidad de huevos.....	30
3.9. Calidad de nauplios.....	31
3.10. Procesamiento y análisis de datos.....	34
IV. RESULTADOS.....	35
4.1. Tiempo de desarrollo gonadal.....	35
4.1.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta.....	35
4.1.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta.....	36
4.1.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta.....	36
4.1.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta.....	37
4.2. Calidad de huevos.....	39
4.2.1. Número de huevos por hembra y porcentaje de eclosión.....	39
4.2.1.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta.....	39
4.2.1.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta.....	40

4.2.1.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta	40
4.2.1.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta	41
4.3. Calidad de nauplios	44
4.3.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta.....	44
4.3.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta	44
4.3.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta	45
4.3.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta	46
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	55
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Porcentajes de uso de calamar de acuerdo a cada tratamiento.	24
Tabla 2. Cantidad de alimento dado en función de la biomasa y el porcentaje de participación de cada tratamiento.	25
Tabla 3. Proporciones de alimento fresco y seco por cada dieta experimental.	27
Tabla 4. Peso promedio y total (g) de los reproductores de <i>Litopenaeus vannamei</i> utilizados en los tratamientos según cada réplica.	35
Tabla 5. Madurez gonadal en <i>Litopenaeus vannamei</i> propuesta por Castille and Lawrence (1991).	63
Tabla 6. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras <i>Litopenaeus vannamei</i> ablacionadas del tratamiento control.	64
Tabla 7. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras <i>Litopenaeus vannamei</i> ablacionadas del tratamiento 1.	65
Tabla 8. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras <i>Litopenaeus vannamei</i> ablacionadas del tratamiento 2.	66
Tabla 9. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras <i>Litopenaeus vannamei</i> ablacionadas del tratamiento 3.	67
Tabla 10. Calidad de huevos obtenidos con la dieta control (14,6 % de calamar).	68
Tabla 11. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 1 (8% de calamar).	69
Tabla 12. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 2 (5 % de calamar).	70
Tabla 13. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 3 (3 % de calamar).	71
Tabla 14. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta control (14,6 % de calamar).	72
Tabla 15. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 1 (8 % de calamar).	73

Tabla 16.	Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 2 (5 % de calamar).	74
Tabla 17.	Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 3 (3 % de calamar).	75
Tabla 18.	Promedios de las réplicas según cada tratamiento de acuerdo a las variables de estudio.	76
Tabla 19.	Análisis de varianza de las variables de investigación utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	77
Tabla 20.	Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en el tiempo de desarrollo gonadal que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	78
Tabla 21.	Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey ^a de la variable dependiente en el tiempo de desarrollo gonadal que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	78
Tabla 22.	Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de los huevos (número de huevos por hembra) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	79
Tabla 23.	Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey ^a de la variable dependiente en el número de huevos por hembra que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	79
Tabla 24.	Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de los huevos (% de eclosión) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	80
Tabla 25.	Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey ^a de la variable dependiente en la calidad de huevos que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	80
Tabla 26.	Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de nauplios (nauplios viables) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	81
Tabla 27.	Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey ^a de la variable dependiente en la calidad de nauplios que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético de Camarón Texcumar S.A. Santa Elena, Ecuador.	23
Figura 2. Reproductora hembra con grado de desarrollo gonadal IV, lista para el desove. Se observa coloración café oscuro.	27
Figura 3. Reproductora hembra con grado de desarrollo gonadal IV copulada, presenta espermátforo adherido en el telico.	28
Figura 4. Reproductoras hembras copulas y colocadas en tanques de 400 L marcados según cada tratamiento de acuerdo a cada replica R ₁₁ , R ₂₁ y R ₃₁	28
Figura 5. Reproductoras hembras desovadas (izquierda) y proceso de recolección de los huevos (derecha) del tratamiento 1 de la réplica 2 (R ₁₂).	29
Figura 6. Climatización de los huevos recolectados en la sala de desove de la réplica 1 de los tratamientos 1 y 2 respectivamente.	30
Figura 7. Muestras de huevos fecundados. Observación a 10x.	31
Figura 8. Nauplios viables ubicados en el centro del tanque atraídos por el movimiento del agua y por el fototropismo positivo de la luz.	32
Figura 9. Lavado de los nauplios viables (baldes azules) y descarte (baldes amarillos) R ₃₁ del tratamiento 3 y R ₁₁ del tratamiento 1.	33
Figura 10. Muestras de nauplios viables. Observación a 10x.	33
Figura 11. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento control (14,6 % de calamar en la dieta).	35
Figura 12. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 1 (8 % de calamar en la dieta).	36
Figura 13. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 2 (5 % de calamar en la dieta).	37
Figura 14. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 3 (3 % de calamar en la dieta).	37
Figura 15. Tiempo promedio de desarrollo gonadal en relación al nivel de calamar en la dieta.	38

Figura 16. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento control.	39
Figura 17. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 1.	40
Figura 18. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 2.	41
Figura 19. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 3.	41
Figura 20. Promedio del número de huevos/hembra de acuerdo al nivel de calamar utilizado.	42
Figura 21. Promedio porcentual de huevos eclosionados por tratamiento.	43
Figura 22. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento control.	44
Figura 23. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 1.	45
Figura 24. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 2.	45
Figura 25. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 3.	46
Figura 26. Promedio final de nauplios viables en cada tratamiento.	47

Efecto de tres niveles de calamar (*Loligo sp.*) en el tiempo de desarrollo gonadal, calidad de huevos y nauplios en la maduración de *Litopenaeus vannamei*.

Br. Holger Gabriel Reyes Soriano¹
Dr. Auberto Hidalgo Mogollón²

RESUMEN

En el presente estudio se determinó el efecto de tres niveles de calamar (*Loligo sp.*) 3 %, 5 % y 8 % en relación con el usado normalmente de 14,6 % (cada tratamiento con dos réplicas), para evaluar el tiempo de desarrollo gonadal, calidad de huevos y calidad de nauplios en la maduración de reproductores de *Litopenaeus vannamei*, realizado en el Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético de camarón, Texcumar S.A. en Santa Elena - Ecuador, desde el 14 de agosto hasta el 16 de octubre del 2017. La proporción sexual macho/hembra fue de 1:1,1, peso promedio inicial de 31,23 g y 33,52 g para machos y hembras, respectivamente; las hembras fueron ablacionadas antes de ser introducidas en tanques de 5 m³. Se alimentó cuatro veces al día con calamar, almeja, *Artemia sp.* y alimento peletizado de acuerdo a cada tratamiento. Los niveles de calamar utilizados tuvieron su mayor efecto sólo en el tiempo de desarrollo gonadal. El mejor resultado para el tiempo de desarrollo gonadal en los cuatro tratamientos se obtuvo al usar 14,6 % de calamar con 6,25 días. La calidad de huevos y nauplios dentro de los cuatro tratamientos no presentaron significancia, sin embargo los valores más altos de producción fueron al usar el 14,6 % de calamar con 297 991 huevos/hembras, 84,40 % de eclosión y 128 893 nauplios viables. Utilizando el 14,6 % de calamar se mantiene la producción mejorando significativamente el tiempo para que las hembras alcancen el grado IV de desarrollo gonadal.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, alimentación, ablación peduncular, maduración, desarrollo gonadal, porcentaje de eclosión, nauplios

¹ Estudiante de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Pesquera Acuícola de la Universidad Nacional de Tumbes.

² Profesor Principal de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes.

Tesis presentada para obtener el título profesional de Ingeniero Pesquero
Universidad Nacional de Tumbes
Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Pesquera Acuícola
Calle Los Ceibos S/N Puerto Pizarro, Tumbes-Perú
E-mail: holger_g0112@hotmail.com, aubertohtm@gmail.com

Effect of three levels of squid (*Loligo sp.*) on gonadal development time, quality of eggs and nauplii on maturation of *Litopenaeus vannamei*.

Br. Holger Gabriel Reyes Soriano¹
Dr. Auberto Hidalgo Mogollón²

ABSTRACT

In the present study, the effect of three levels of squid (*Loligo sp.*) 3 %, 5 % and 8 % was determined in relation to the one normally used of 14,6 % (each treatment with two replicates), to evaluate the time of gonadal development, quality of eggs and quality of nauplii in the maturation of *Litopenaeus vannamei* reproducers, carried out in the Breeding and Genetic Improvement Center of shrimp, Texcumar S.A. in Santa Elena - Ecuador, from August 14 to October 16 of 2017. The male / female sexual ratio was 1: 1,1, average initial weight of 31,23 g and 33,52 g for males and females, respectively; the females were ablated before being introduced into 5 m³ tanks. It was fed four times a day with squid, clam, *Artemia sp.* and pelleted food according to each treatment. The levels of squid used had their greatest effect only at the time of gonadal development. The best result for the gonadal development time in the four treatments was obtained by using 14,6 % of squid with 6,25 days. The quality of eggs and nauplii within the four treatments did not show significance, however the highest production values were when using 14,6 % of squid with 297 991 eggs / females, 84,40 % of hatching and 128 893 nauplii viable. Using 14,6 % of squid, production is maintained, significantly improving the time for females to reach grade IV gonadal development.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, feeding, pedicle ablation, maturation, gonadal development, percentage of hatching, nauplii.

¹ Student of the Professional Academic School of Fisheries Engineering of the National University of Tumbes.

² Professor of the Faculty of Fisheries Engineering and Marine Sciences of the National University of Tumbes.

Thesis presented to obtain the professional title of Fisheries Engineer
National University of Tumbes
Faculty of Fisheries Engineering and Marine Sciences
Professional Academic School of Aquaculture Fisheries Engineering
Street Los Ceibos S/N Puerto Pizarro, Tumbes-Peru
E-mail: holger_g0112@hotmail.com, aubertohtm@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Litopenaeus vannamei, también conocido como langostino blanco, es un crustáceo decápodo que en la etapa adulta migra hacia el interior buscando aguas profundas para su reproducción, en estado natural los machos maduran a partir de los 20 g y las hembras a partir de los 28 g a una edad de 6 a 7 meses, el número de huevos fértiles que produce está entre los 100 000 y 250 000 para hembras de 30 a 45 g (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2006).

La producción mundial de langostino alcanzó cerca de 3,7 millones de toneladas métricas durante el 2010, de lo cual 2,7 millones de toneladas métricas correspondió a la especie americana *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), representando el 72 % del cultivo mundial siendo Asia el principal cultivador de *L. vannamei* (78 %) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

La alimentación puede expresarse como el proceso de captura e ingesta del material biológico necesario para el funcionamiento de los organismos vivos y la nutrición comprende los procesos químicos y fisiológicos en los que el organismo utiliza el alimento para la obtención de nutrientes y energía para sus funciones normales, de mantenimiento, crecimiento, reproducción y reparación de tejidos (Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2001).

Para el desarrollo óptimo de los langostinos, se requiere de compuestos químicos vitales obtenidos del alimento, el cual se transforma una parte en energía y otra parte para la formación de biomasa. El proceso de alimentación implica las siguientes funciones: percepción, captura, ingestión y asimilación (Puente, 2009).

Las dietas de maduración basadas en la combinación de organismos marinos frescos y congelados por lo general dan como resultado altos rendimientos reproductivos tanto para los camarones de cultivos como para los silvestres, debido a que son reconocidos por su contribución al proceso de maduración a través de las hormonas de maduración y otros nutrientes (Kolkolovski y Kolkolovski, 2012).

En la mayoría de los criaderos del mundo usan como alimento organismos marinos sin procesar, ya sean frescos o congelados. Estos incluyen calamares, diversos moluscos (mejillones, ostras y almejas), poliquetos marinos, crustáceos como el langostino (Coman,

Arnold, Callagha y Preston, 2006) y la biomasa de artemia (Anh, Hoa, Van Stappen y Sorgeloos, 2008). Estos alimentos suelen ser complementados con aditivos nutricionales como las vitaminas, minerales y ácidos grasos (Hoa et al., 2009).

La reproducción en los crustáceos conlleva a movilización, biosíntesis y acumulación de nutrientes, en particular en hembras hacia la gónada. La nutrición es un factor muy importante que promueve la maduración sexual e influye en la fecundidad y la viabilidad de las larvas (Pérez, 2005).

Roeland, Nieto y Sorgelooes (2002), afirman. "Una dieta óptima se identifica como un factor crucial para la maduración sexual y reproducción del langostino, el peso de los ovarios de un langostino en maduración puede aumentar de 4 a 6 veces en aproximadamente una semana, y en ese tiempo se debe depositar suficientes nutrientes dentro de la yema de los huevos para mantener el desarrollo normal de los embriones y nauplios. Se ha reportado que una dieta incompleta o desbalanceada causa un pobre desempeño reproductivo e incluso puede frustrar la reproducción completamente, el alimento es también el más alto costo en el manejo de un laboratorio de maduración" (p. 1).

Roeland et al. (2002), refieren que las dietas naturales comúnmente emplean calamar, almeja, mejillón, krill, cangrejo, poliquetos, ostra, macha, biomasa de artemia, entre otros y son necesarias para asegurar una maduración y reproducción con resultados aceptables. Su contribución nutricional a los animales en maduración no ha sido totalmente entendida, pero se cree que su éxito está basado en contenido de aminoácidos, ácidos grasos, esteroides y posiblemente la presencia de sustancias hormonalmente activas.

Los aminoácidos desempeñan un importante papel en el metabolismo celular, ya que todas las reacciones bioquímicas son catalizadas por enzimas constituidas por residuos de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para el metabolismo lipídico y de carbohidratos, para la síntesis de proteína tisular y de otros compuestos muy importantes y como fuente metabólica de energía (Guevara, 2003).

Lytle et al. (1990), analizaron los perfiles de ácidos grasos poliinsaturados de algunos de los insumos naturales y sugieren que diversas especies de poliquetos presentan un balance adecuado de los ácidos grasos Omega 3 (n-3) y Omega (n-6) para el desarrollo de la

madurez gonadal, los resultados analíticos indicaron que las ostras, calamar y algunos gusanos marinos presentan ácidos grasos similares a los del poliqueto.

Los ácidos grasos son un tipo de lípidos cuya importancia radica en formar una barrera de permeabilidad en la bicapa fosfolipídica de las células y orgánulos. Los peces marinos y el langostino no pueden sintetizar HUFA a PUFA, por lo que estos organismos se deben de proporcionar los HUFA más importantes en la dieta; tal es el caso del 20:5n-3 (ácido eicosapentaenoico o EPA) y 22:6n-3 (ácido docosahexaenoico o DHA) de la familia de los Omega 3 y el 20:4n-6 (ácido araquidónico o ARA) de la familia de los Omega 6 (Nolasco, 2016).

Moreiras, Carbajal, Cabrera y Cuadrado (2013), en su tabla de composición de alimentos mostraron que cada 100 g de calamar posee un alto valor biológico en ácidos grasos poliinsaturados (0,48 g), Omega 3 (0,467 g), Omega 6 (0,002 g) y es el cefalópodo con mayor contenido en colesterol (200 mg/1000 kcal).

El papel de los Omega 3 (n-3) HUFA (Ácidos grasos altamente insaturados) sobre la reproducción de camarón y la calidad de huevos ha sido estudiado y demostrado la esencialidad de estos componentes para organismos reproductores, la composición bioquímica de los huevos está altamente relacionada con la dieta de los reproductores y la calidad de los huevos, por ejemplo, la capacidad de desarrollo del huevo, está determinada por su composición. Aún más, esta composición debe soportar los estadios tempranos del desarrollo de las larvas, hasta que el organismo pueda adquirir un modo de nutrición exotrófico. Se sabe que los crustáceos tienen baja capacidad para alargar y desaturar cadenas de ácidos grasos altamente insaturados n-3 son componentes esenciales para las membranas biológicas en organismos marinos, estos componentes deben ser provistos por la dieta, particularmente durante la eclosión, los huevos deben tener una concentración suficiente de (n-3) HUFA para sostener las fases de desarrollo embrionario y lecitotrófica (Cahu, 2000)

La distribución tanto de los lípidos como composición de ácidos grasos en crustáceos varía con el hábitat, temperatura, tejido, ciclo de vida, etapa de muda y fácilmente es reflejada en la composición de la dieta (Wickins y Lee, 2008).

Diversos trabajos han revelado la importancia de los ácidos grasos en la salud, supervivencia y durante las distintas etapas de desarrollo del langostino blanco, ya que han

demostrado ser un importante sustento estructural y fisiológico (Palacios, Racotta, Heras, Marly, Moal & Samain, 2002).

En los centros de maduración de *Litopenaeus vannamei* se utiliza alimento basado en los porcentajes de la biomasa existente de los reproductores por tanque; éstos a su vez pueden variar desde un 5 %, 20 % o hasta un 31 % de alimento distribuido entre base fresca y base seca, el uso de estas cantidades muestra cifras distintas en cuanto al tiempo de desarrollo gonadal, obtención del número de huevos por desove y porcentaje de eclosión.

En si el establecimiento de los requerimientos nutricionales se puede realizar evaluando dietas con distintos contenidos de nutrientes particular o bien, de manera indirecta, a partir del análisis de la composición bioquímica de distintos órganos implicados en la transferencia y acumulación de nutrientes asociados al proceso reproductivo. Es importante garantizar la calidad reproductiva por medio de dietas tanto para hembras como de machos, dado que hay evidencias de diferentes requerimientos nutricionales entre sexos (Racotta, Palacios e Ibarra, 2003 y Pérez-Velázquez, González-Félix, Lawrence, Bray y Gatlin, 2003).

Se han reportado los efectos de los componentes nutricionales de los insumos utilizados en las dietas de maduración para los reproductores de *Litopenaeus vannamei* sobre el tiempo de maduración gonadal, la calidad de los huevos y las larvas. Uno de estos insumos es el calamar el cual es actualmente utilizado por su alto contenido de colesterol, ácidos grasos esenciales y otras sustancias, cuyas dosis aplicadas pueden ser del 2 % hasta el 25 % con respecto a la biomasa de los langostinos.

En laboratorios de maduración de Ecuador utilizan hasta el 31 % de la biomasa por tanque como alimento donde sólo el calamar representa el 14,6 % casi la mitad de la dieta, cifra muy cercana a las utilizadas por Naessens et al. (1997) con 15 % de calamar y Parnes et al. (2007) que usaron entre 15 % y 16 % calamar, por lo tanto es conveniente evaluar porcentajes menores de calamar para medir sus efectos durante la reproducción, puesto que no es posible retirarlo completamente de la dieta, pero sí podría reducirse su dosificación para disminuir los costos de producción y evitar ciertas desventajas como la calidad del agua, que según Okumura, Yoshida y Nikaido (2004), incrementa el amonio en el sistema utilizado y así puede limitarse el uso de volúmenes mayores de alimento fresco para los reproductores

De acuerdo a los experimentos realizados por distintos autores no hay un valor establecido de cuáles serían las cantidades óptimas de alimento fresco requerido durante la etapa de maduración. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en estos trabajos varían mucho en función del tipo de alimento utilizado, el porcentaje de participación de cada uno, el tamaño de los reproductores, los aspectos fisiológicos de la especie, las horas de alimentación, fotoperiodo, calidad del agua y además del *stress* causado durante y después de haberse ablacionada la hembra.

En el trabajo de investigación se evaluó el efecto de cuatro niveles (3 %, 5 %, 8 % y 14,6 %) de calamar congelado como complemento de la dieta en la etapa de maduración de reproductores de *Litopenaeus vannamei* sobre el tiempo del desarrollo gonadal, calidad de huevos (número de huevos/hembra y porcentaje de eclosión) y calidad de nauplios (nauplios viables) y con ello conocer las cantidades idóneas de calamar para mantener o incrementar la producción tanto en cantidad como en calidad de nauplios, en los laboratorios de maduración del Ecuador.

II. ANTECEDENTES

Kannan, Thirunavukkarasu, Jagadeesan, Shettu y Kumar (2015), evaluaron el procedimiento para la maduración y desove del langostino *Litopenaeus vannamei*, obtuvieron las medidas de tasa de maduración, tasa de desove, fecundidad y producción de nauplios. Los reproductores tuvieron un peso medio de 35 g machos y 40 g hembras, la alimentación se basó en calamar 10 %, poliquetos 15 % y 60 %, ostra 10 % y alimento balanceado semi-húmedo 5 %, todos estos fueron complementados con aditivos nutricionales. El tiempo en alcanzar el grado V de maduración se produjo a los 7 días, el valor más alto en cuanto al número de huevos/hembra fue de 374 000, con una tasa de eclosión del 88,23 % y se obtuvo la cantidad de 330 000 nauplios viables. El promedio final fue de 299 000 huevos/hembra, 45,41 % de eclosión, 135 800 nauplios viables.

Gutiérrez-Salazar, González-González, Hernández-Acosta, Loredó-Osti, y Guzmán-Sáenz (2012), evaluaron la maduración y la reproducción de langostinos *Litopenaeus vannamei* en sistema de recirculación de agua, utilizaron 120 langostinos con peso promedio de $49 \pm 7,2$ g las hembras, y $36,7 \pm 5,4$ g los machos, alimentados con ostión al 6 % de la biomasa, calamar 6 % de la biomasa y pellet 3 % de la biomasa y se les suministró alimento seco para maduración. El desove inició en los cinco días posteriores a la ablación con un promedio de $8,98 \pm 1,94$ días por desove, $251\ 080 \pm 43\ 362,9$ huevos/hembra, el porcentaje de eclosión fue de $78,7 \pm 22,9$ %, sin embargo, no hubo nauplios viables debido al efecto de lisis ocurrido en los huevos.

Kumlu, Türkmen, Kumlu & Eroldogan (2011), evaluaron la maduración y desove fuera de estación del *Litopenaeus vannamei* en condiciones subtropicales, usaron hembras de $34,53 \pm 0,81$ g y machos $32,15 \pm 0,75$ g, alimentados *ad libitum* con calamar, cangrejo y mejillón. Utilizaron 5 grupos experimentales: G1 (control): la mitad inyectados con solución salina normal (8,5 ‰ NaCl) y el resto se mantuvieron sin ningún tratamiento, G2 (hormona inyectada): serotonina, G3 (ablacionadas), G4 (fluctuación de la temperatura) y G5 (ablacionadas + hormona inyectable). La maduración gonadal fue entre los días 25 y 28. El mejor resultado lo obtuvo el G5 con $125\ 015 \pm 29\ 276$ huevos/hembra y porcentaje de eclosión del $28,55 \pm 7,06$ %.

González (2009), evaluó un sistema cerrado de recirculación con langostinos (*Litopenaeus vannamei*), utilizaron 120 hembras y 120 machos con un peso promedio de

34,4±5,2 y 31,3±7,2 g hembras y 30,7±5,4 y 28,8±5,3 g. Realizaron dos experimentos uno por año: 1^{er} (04-05): hembras ablacionadas y 2^{do} (05-06): hembras no ablacionadas, fueron alimentados con ostión y calamar frescos al 12 % y alimento seco para maduración al 3 % de la biomasa. Los resultados en cuanto al porcentaje de eclosión fueron 91,7 % y 92,9 % para el 1^{er} y 2^{do} experimento respectivamente, en ambos casos los huevos desovados después de 4 a 6 horas sufrieron lisis. En el 2^{do} (05-06) colocaron nuevamente 6 hembras maduras y fecundadas donde obtuvieron un promedio de 125 000±38 000 huevos/hembra, 91,7±2,03 % de eclosión con un promedio de 79 000 nauplios viables/hembra.

Los indicadores reproductivos según se encuentran en la frecuencia de desove son, el número de huevos, el porcentaje de fecundidad, el porcentaje de eclosión, el número de nauplios y la supervivencia larvaria durante el cultivo. El tamaño del huevo (diámetro o volumen) es fácil de medir y es una de las variables más comunes que se reportan en los estudios de biología reproductiva de organismos marinos, ya que puede reflejar la cantidad de reservas (vitelo) (Gadner, 2001), y por tanto es un indicador de la condición de las hembras y puede ser un indicador de calidad y supervivencia de estadios larvarios posteriores (Arcos, 2004).

Parnes, Raviv, Azulay y Sagi (2007), evaluaron la dinámica de reproducción con langostinos (*Litopenaeus vannamei*) reproductores cautivos, utilizaron 41 hembras de 43 g y 26 machos de 39 g, alimentados con el 25 % de su peso húmedo, distribuido en 9-10 % de gusano de arena, 15-16 % de calamar y 1-2 % de alimento balanceado. Los primeros desoves para 8 hembras después de la ablación peduncular ocurrieron a los 4,1±3,4 días, el tiempo promedio para el resto fue de 6,0±4,4 días, el promedio de huevos por desove fue de 82 000±38 000, el promedio de nauplios por desove fue de 32 000± 28 000, el tiempo de vida útil de las 31 reproductoras fue de 98±26 días, asumiendo una duración promedio del ciclo de muda de 14 días por hembra y dos ciclos vitelogénicos en cada ciclo de muda.

Pérez-Jar, Ramos, Racotta, Guerrero y Acebedo (2007), evaluaron el desempeño reproductivo de progenitores cultivados de *Litopenaeus schmitti* en sistemas de tanques (a) unisexo y (b) mixtos durante 28 días de cultivo, utilizaron hembras de 43 g y machos de 26 g alimentados con calamar en tres raciones diarias a razón del 20 % y una dieta de maduración a razón de dos raciones diarias con el 2 %, ambas en relación con el peso

húmedo de la biomasa total. En los resultados no se observaron diferencias significativas entre los sistemas, el tiempo de maduración gonadal se logró dentro de la primera semana de cultivo, el promedio de huevos/desove fue (a) $162\,500 \pm 6\,000$ y (b) $161\,700 \pm 3\,620$, el promedio de nauplios/desove (a) $87\,500 \pm 4\,610$ y (b) $83\,400 \pm 2\,940$ y el porcentaje de eclosión (a) $53,9 \pm 1,37\%$ y (b) $51,6 \pm 1,08\%$.

La maduración del ovario es un proceso continuo; que para su estudio se divide en varios estadios de desarrollo en base a características morfocromáticas o histológicas que van acompañadas de cambios de color y tamaño, cambios que son visibles a través del exoesqueleto de los langostinos. Las diferentes escalas de maduración morfocromáticas asignan un estadio de madurez sin la necesidad de un análisis microscópico, como consecuencia, son una herramienta útil en los laboratorios de maduración, pues se pueden asignar sin sacrificar a la hembra (Palacios, Racotta y Villalejo, 2003).

Espín y Wouters (2000), evaluaron el efecto de dietas artificiales experimentales en el rendimiento reproductivo de *Litopenaeus vannamei*. Realizaron dos experimentos con tres tratamientos: a) sustitución del 50 % de los alimentos frescos con una dieta artificial: calamar 12 % y pellet 1 % b) calamar 12 %, harina de artemia 7 % y pellet 1 % y c) calamar 12 %, poliqueto 6 % y artemia 7 %. Los resultados en el primer 1^{er} experimento demostraron que el tratamiento a) tuvo un mayor rendimiento con $146\,100 \pm 82\,000$ en huevos/desove, $65,4 \pm 26,2\%$ eclosión y 112 935 nauplios viables, en el 2^{do} experimento obtuvieron que el tratamiento b) fue mejor con $231\,236 \pm 109\,628$ huevos/desove, $81,14 \pm 25,66\%$ de eclosión y 159 992 nauplios viables.

Naessens et al. (1997), evaluaron el rendimiento en la maduración de *Litopenaeus vannamei* co-alimentados con preparados de biomasa de artemia enriquecida. El peso inicial promedio de los langostinos machos fue de 45 g y en las hembras un 25 % más alto 55 g. Probaron tres dietas congeladas: 1^{era} dieta control calamar al 25 % de la biomasa de tanques/día, 2^{da} dieta calamar 10 % y poliqueto 15 % respectivamente de biomasa de tanque/día y 3^{era} dieta calamar y biomasa de artemia enriquecida ambos al 15 % de biomasa de tanques/día. El mejor resultado lo obtuvo la 3^{era} dieta compuesta de calamar al 15 % y artemia enriquecida al 15 %, obtuvieron un promedio de 130 600 huevos/desove, porcentaje de eclosión de 51,2 % y 70 300 nauplios viables.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Lugar y periodo de ejecución

El trabajo experimental se desarrolló en el Centro de Producción y Mejoramiento Genético del Camarón, Texcumar S.A. ubicado en Km 2,2 vía San Pablo – Monteverde, Santa Elena, Ecuador (figura 1) con las coordenadas geográficas 02°07'41" S y 80°45'44" W. La ejecución de la tesis tuvo un período comprendido desde el 14 de agosto hasta el 16 de octubre del 2017.



Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético de Camarón Texcumar S.A. Santa Elena, Ecuador.

3.2. Tipo de investigación

Arias (2012), afirma que la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) (p.34). La investigación fue de tipo experimental donde se evaluó el efecto del uso de distintos porcentajes de calamar (3 %, 5 %, 8 % y 14,6 %) en reproductores de *Litopenaeus vannamei* sobre la media de las variables de tiempo de desarrollo gonadal, calidad de nauplios y calidad de huevos.

3.3. Diseño de investigación

La investigación se llevó a cabo a través de un diseño experimental de estímulo creciente, puesto que el estímulo, que fueron las dosis de calamar se hizo en forma creciente a cada grupo experimental (Tresierra, 2000) y se condujo a través de un diseño completamente al azar (Gutiérrez, 2003).

Se ensayaron cuatro tratamientos, cada uno con dos réplicas siendo el tratamiento el nivel de calamar sobre cada reproductor de langostino (tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de uso de calamar de acuerdo a cada tratamiento.

Tratamientos		1 ^{era} Réplica	2 ^{da} Réplica
Tratamiento control (14,6 %)	T0	R01	R02
Tratamiento 1 (8 %)	T1	R11	R12
Tratamiento 2 (5 %)	T2	R21	R22
Tratamiento 3 (3 %)	T3	R31	R32

3.4. Manejo de los reproductores

Los reproductores de *Litopenaeus vannamei* fueron traídos desde la sala de reserva, donde permanecieron durante un período de 20 días. Para la captura se utilizaron challos, dos gavetas y tubos de PVC de 2" de ancho y 0,30 cm de largo perforados en los lados y en uno de sus extremos sellado para evitar la salida del animal. Los langostinos capturados se clasificaron y distribuyeron según el sexo dentro de los tubos, colocándolos en las gavetas que estaban llenas con agua del propio tanque y provistos de oxígeno.

Antes de realizar la siembra de los reproductores en cada unidad experimental se procedió a obtener su peso inicial utilizando una balanza digital marca Accu Weigh modelo PLS-500 con un nivel de precisión de 0,1 g, para obtener la biomasa individual y total por tanque (tabla 2) y así poder calcular el porcentaje de alimento para cada tratamiento, la proporción sexual de siembra al inicio fue 1:1,1 (7 hembras y 8 machos) en total 90 langostinos.

Tabla 2. Cantidad de alimento dado en función de la biomasa y el porcentaje de participación de cada tratamiento.

Tratamientos	Peso (g)	8:00		11:00	17:00	18:00		Participación	
		<i>Artemia</i>	Pellet	Calamar	Almeja	Pellet	<i>Artemia</i>		
Tratamiento Control	R01	479,20	19,17	3,35	69,96	33,54	3,35	19,17	148,55
	R02	475,70	19,03	3,33	69,45	33,30	3,33	19,03	147,47
Tratamiento 1	R11	475,30	19,01	3,33	38,02	23,77	3,33	14,26	101,71
	R12	477,50	19,10	3,34	38,20	23,88	3,34	14,33	102,19
Tratamiento 2	R21	494,10	19,76	3,46	24,71	24,71	3,46	14,82	90,91
	R22	509,40	20,38	3,57	25,47	25,47	3,57	15,28	93,73
Tratamiento 3	R31	475,80	19,03	3,33	14,27	23,8	3,33	14,27	78,03
	R32	474,90	19,00	3,32	14,25	23,7	3,32	14,25	77,88

Los langostinos de los tres tratamientos experimentales más el tratamiento control fueron colocados en tres tanques de 5 m³ y 15 m³ respectivamente, distribuidos en cuatro salas distintas B, G, E y H, cada tanque fue separado en dos, con malla plástica negra, altura de 0,70 m, rotulados según cada tratamiento y réplicas T₁ (R₁₁ - R₂₁), T₂ (R₂₁ - R₂₂) y T₃ (R₃₁ - R₃₂), mientras que el tratamiento control T₀ (R₀₁ - R₀₂) se ubicó en la misma sala H en el tanque 9. Cada tanque fue adaptado y provisto con sistema de recirculación de agua, rebosadero en centro, llave para descarga de agua, aireación constante por medio de dos piedras difusoras una para cada réplica.

Los parámetros físico-químicos del agua como la temperatura, fue medida con un termómetro blindado marca Vee Gee con rango de -20 a 150 °C y la salinidad con un refractómetro marca ATC modelo HZY030 con un rango de 0-100 ‰. La medición se hizo todos los días en horarios de 06:00 am, 12:00 pm, 18:00 pm y 00:00 am; en tanto que el oxígeno fue medido una vez al día a las 12:00 y se utilizó el equipo YSI multiparámetro modelo Pro2030.

3.5. Ablación peduncular unilateral

Panouse (1943), fue el primero en reportar que mediante la remoción del órgano X/glándula sinusal utilizando la técnica de la ablación del tallo ocular induce a la maduración en las hembras. La glándula sinusal, que se encuentra en el tallo ocular, sirve como reservorio y liberador de hormonas producidas por el órgano X, este complejo órgano X/glándula sinusal produce la hormona inhibidora de la vitelogénesis (HIV), también llamada de la gónada (GIH), y es la razón por la que la ablación crea un desbalance hormonal y provoca en un corto tiempo la maduración de la hembra (Garza, 2011).

La ablación peduncular unilateral se realizó en el respectivo tanque antes de la siembra, consistió en sacar las hembras una por una de cada tubo, verificando si el pedúnculo ocular presentaba manchas blancas o alguna malformación, una vez seleccionado se levantó el pedúnculo con el dedo y se amarró con hilo blanco hasta estrangular el nudo sin cortar el pedúnculo, y con un bisturí se cortaron las puntas sobrantes del hilo, todo este procedimiento se realizó con cada una de las hembras.

3.6. Alimentación de los reproductores

Las especies de camarones peneidos varían en sus hábitos alimentarios en cuanto a los horarios, se debe considerar a la hora de elaborar una estrategia de alimentación. *Litopenaeus schmitt* es una especie de hábitos diurnos que debe alimentarse temprano en la mañana (06:00 am) y al caer la tarde (16:00 -18:00 pm) producto de los horarios en que presentan los picos de máxima actividad enzimática ocurren en horas más avanzadas del día, siendo los mejores horarios en la mañana sobre las 10:00 am y en la noche a las 22:00 pm por otro lado especies como *Litopenaeus stylirostris* se desplazan por los estanques en busca de alimento en forma mucho más activa y agresivamente que *Litopenaeus vannamei* (Álvarez, 2007).

El alimento fue proporcionado por la propia empresa y se distribuyó cuatro veces al día (08:00 am, 11:00 am, 17:00 pm y 18:00 pm), las cantidades de alimento dadas se calcularon en función de la biomasa total de cada tanque (tabla 2) en base al porcentaje de participación establecidas para cada tratamiento (tabla 3), la alimentación se inició al segundo día a la siembra.

Tabla 3. Proporciones de alimento fresco y seco por cada dieta experimental.

Insumos	Tratamiento control	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
	Réplicas	Réplicas	Réplicas	Réplicas
	(R01-R02)	(R11-R12)	(R21-R22)	(R31-R32)
<i>Artemia</i> sp.	8	7	7	7
Almeja	7	5	5	5
Calamar	14,6	8	5	3
Alimento peletizado	1,4	1,4	1,4	1,4
Total	31 %	21,40 %	18,40 %	16,40 %

*R01 – R02.....R31 – R32 Repeticiones por tratamiento.

3.7. Tiempo de desarrollo gonadal

Para determinar el grado de desarrollo gonadal en las hembras se procedió a observar paulatinamente el tamaño, forma y coloración de cada una de las gónadas durante todos los días (tabla 7, 8, 9 y 10) entre las 08:00 am y 17:00 pm, para este fin se utilizó la tabla de madurez gonadal propuesta por Castille and Lawrence (1991) y una lámpara de halógeno para la observación directa de las gónadas y así verificar en que estadio se encontraban, posterior a esto se anotó en la tabla propuesta de acuerdo a cada tratamiento. La maduración de las reproductoras hembras se observó entre el 3^{er} y 7^{mo} día después de la siembra (figura 2).



Figura 2. Reproductora hembra con grado de desarrollo gonadal IV, lista para el desove. Se observa coloración café oscuro.

El apareamiento y posterior cópula se observó a partir de las 16:00 horas hasta las 19:00 horas tiempo en el cual dura la pesca que consistió en capturar las hembras con grado III y IV para la observación directa de la presencia del espermatóforo adherido al télico (figura 3).



Figura 3. Reproductora hembra con grado de desarrollo gonadal IV copulada, presenta espermatóforo adherido en el télico.



Figura 4. Reproductoras hembras copulas y colocadas en tanques de 400 L marcados según cada tratamiento de acuerdo a cada replica R11, R21 y R31

Las hembras copuladas fueron llevadas a la sala de desove y colocadas en tanques plásticos de color negro con base cónica de 400 L llenados con 250 L de agua de mar filtrada a una temperatura de 28 a 29 °C, salinidad de 30 ‰, alcalinidad de 110 a 120 ppm. En cada tanque fueron colocadas entre 1, 2 o 3 hembras copuladas obtenidas por día en cada uno de los tratamientos (figura 4), permanecieron desde la hora de su captura 19:00 pm hasta la 01:00 am del siguiente día.

A la 01:00 am se procedió a retirar el plástico que cubrían los tanques, se observó cada una de las hembras de los distintos tratamientos según su réplica, verificando si el tipo de desove que tuvieron fue total o parcial, observando la coloración de los huevos y la forma como estos se encontraban distribuidos en la columna de agua, posteriormente las hembras fueron capturadas y colocadas en baldes para ser devueltas a sus respectivos tanques.

Para la cosecha de los huevos se colocó justo debajo de la llave de paso del tanque, una gaveta plástica perforada en ambos lados y dentro de ella un cosechador que no es más que un balde en cuyos lados se cortaron pedazos rectangulares y pegaron retazos de malla de 100 μ permitiendo el paso del agua hacia la gaveta evitando el rebose.

Una vez colocado el cosechador se dio un pequeño giro a la llave de tal manera que salga un volumen pequeño de agua, la recolección de los huevos se realizó hasta las 02:20 am (figura 5).



Figura 5. Reproductoras hembras desovadas (izquierda) y proceso de recolección de los huevos (derecha) del tratamiento 1 de la réplica 2 (R₁₂).

3.8. Calidad de huevos

Los huevos recolectados fueron trasladados hacia la sala de climatización y colocados una vez más en gavetas y cosechadores provisto con oxígeno, se ubicaron justo debajo de las llaves de paso que traen agua proveniente de los calderos con una temperatura promedio de alrededor de 31 °C, recordando que la temperatura en la sala desove fue de 28 °C.

Las llaves que conducen el agua proveniente de los calderos se abren de a poco hasta ir cambiando la temperatura inicial de 28 °C a 31 °C que es la requerida para la siembra en la sala de eclosión, este proceso de climatización duró alrededor de 20 a 30 min (figura 6).



Figura 6. Climatización de los huevos recolectados en la sala de desove de la réplica 1 de los tratamientos 1 y 2 respectivamente.

Antes de ser sembrados los huevos en su respectivo tanque se verificó la calidad de los mismos mediante la obtención del número total de huevos/desove/hembra y el porcentaje de eclosión, que consistió en tomar una muestra de un 1 ml con una pipeta volumétrica para verificar mediante conteo tras luz el número aproximado de huevos y después obtener el número total de huevos contenido en un volumen de 15,5 L, de igual forma se colocó la muestra en un portaobjeto y se observó con el lente del microscopio a 10x la fecundidad de los huevos (figura 7).

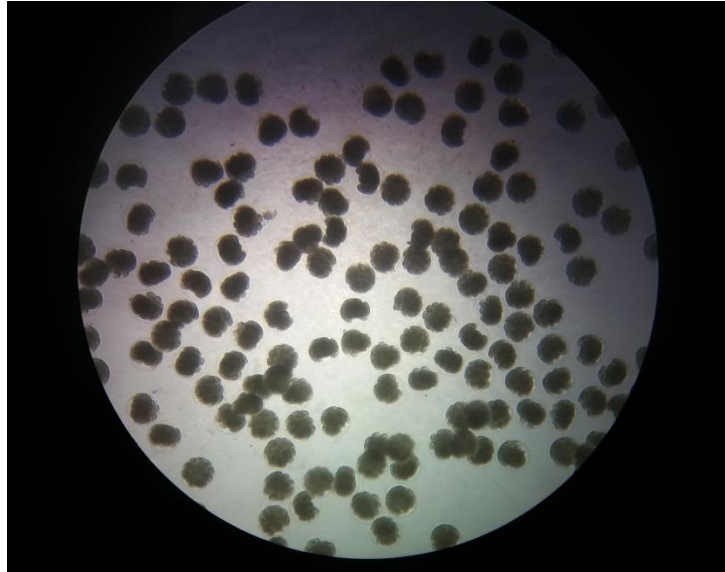


Figura 7. Muestras de huevos fecundados. Observación a 10x.

3.9. Calidad de nauplios

La observación de la calidad de los nauplios se inició con la respectiva cosecha de los huevos eclosionados y no eclosionados, se apagaron los calefones, se retiraron las mangueras con sus respectivas piedras difusoras, se encendieron cada una de las bombillas de 50 watts que se encontraban en la parte superior de cada tanque, las mismas que ejercen fototropismo positivo sobre el animal, se efectuó un movimiento circular a la masa de agua para que todos los nauplios se ubiquen en el centro del tanque.

Una vez que el movimiento del agua cesó se observó cómo los nauplios estaban ubicados en el centro del tanque justo debajo de la luz, siendo estos los llamados nauplios viables, con un balde se procedió a cosecharlos y llevarlos a la sala de conteo (figura 8).

Este procedimiento del movimiento de la masa de agua, agrupación de nauplios y cosecha, se efectuó por tres ocasiones, posterior a esto en la parte inferior de cada tanque se colocaron las respectivas gavetas y cosechadores para recolectar los nauplios débiles y huevos no eclosionados (descarte).



Figura 8. Nauplios viables ubicados en el centro del tanque atraídos por el movimiento del agua y por el fototropismo positivo de la luz.

Los nauplios viables recolectados en cada una de las cosechas fueron colocados en cascos de fibra de vidrio (estructuras de forma cilíndrica dividida en la parte media, la pared interna posee malla de 100 μ que permite el paso del agua y en su parte superior posee un agarre).

Por medio de mangueras se suministró agua y oxígeno constante que permitió el lavado de los nauplios, el volumen de agua de cada casco fue de 15,5 L hasta el rebosadero con salinidad de 30 ‰ y temperatura de 30 °C.

El descarte (nauplios débiles y huevos no eclosionados) fueron colocados en baldes plásticos normales llenados con agua de mar filtrada hasta un volumen de 15,5 L y solo se suministró oxígeno para mantener vivos a los nauplios (figura 9).

Para el conteo se retiró el suministro de agua y oxígeno, con una mano se realizó un movimiento brusco en la masa de agua para homogenizar y tener una distribución equitativa de todos los nauplios, con la otra mano se introdujo la pipeta volumétrica tomando una muestra de 1 ml, la pipeta se colocó en un fondo oscuro para contabilizar el número de nauplios, este procedimiento se realizó tres veces hasta tener una media de nauplios/mL y después un total de nauplios en 15,5 L. Este mismo proceso se realizó con el descarte.

El resultado de la suma de nauplios viables (figura 10), nauplios no viables y huevos no fértiles, nos dio un valor aproximado real de número de huevos/hembra/desove. El porcentaje de eclosión o fertilidad se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ Eclosión} = \frac{\text{Nauplios viables} + \text{Nauplios débiles (Descarte)}}{\text{Número de huevos/hembra}} * 100$$



Figura 9. Lavado de los nauplios viables (baldes azules) y descarte (baldes amarillos) R₃₁ del tratamiento 3 y R₁₁ del tratamiento 1.



Figura 10. Muestras de nauplios viables. Observación a 10x.

3.10. Procesamiento y análisis de datos

La recolección de datos se realizó por observación directa del desarrollo gonadal de cada una de las muestras en cada uno de los testigos utilizando la tabla de madurez propuesta por Castille y Lawrence (1991). La calidad de huevos y nauplios viables se obtuvieron mediante la toma de muestras y el conteo del número de huevos por hembra, porcentaje de eclosión y nauplios viables.

Todos los datos recopilados por la observación directa e instrumental fueron posteriormente ingresados a las respectivas hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel donde se elaboraron los cuadros de todas las variables del trabajo de investigación.

El diseño estadístico que se utilizó fue el Completamente al Azar, utilizando cuatro tratamientos: uno control y tres experimentales con dos réplicas cada uno. Para evaluar la diferencia significativa se tomó el resultado de los promedios de cada réplica según el grupo de estudio como es el desarrollo gonadal, la calidad huevos (número de huevos/hembra y % de eclosión) y nauplios (nauplios viables), se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y para determinar con qué tratamiento se obtuvo los mejores resultados se realizó prueba de Tukey, ambas pruebas a un nivel de confianza de 95 %.

IV. RESULTADOS

Para establecer si los resultados en las distintas variables de estudio guardaron relación con el peso de los reproductores, se obtuvieron los promedios de las muestras (tabla 4).

Tabla 4. Peso promedio y total (g) de los reproductores de *Litopenaeus vannamei* utilizados en los tratamientos según cada réplica.

Tratamientos	Réplicas 1		Réplicas 2		Promedio	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
14,6 %	30,78±1,22	33,29±0,71	30,90±1,58	32,64±0,69	30,84±1,36	32,96±0,75
8 %	29,68±3,24	33,99±1,60	30,73±1,41	33,10±1,46	30,20±2,47	33,54±1,54
5 %	32,19±1,52	33,80±0,91	33,63±1,52	34,34±1,78	32,91±1,64	34,07±1,39
3 %	30,75±1,37	32,83±1,66	30,41±1,84	33,09±1,10	30,58±1,58	32,96±1,36

4.1. Tiempo de desarrollo gonadal

El desarrollo gonadal inicial en las hembras se observó a partir del 3^{er} día según la tabla de madurez gonadal propuesta por Castille and Lawrence (1991) (tabla 5).

4.1.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta

Para el tratamiento control con 14,6 % de calamar el tiempo promedio de desarrollo gonadal hasta llegar al desove fue de 6 y 6,5 días para las réplicas R01 y R02 respetivamente (tabla 6), conforme vemos en la figura 11.

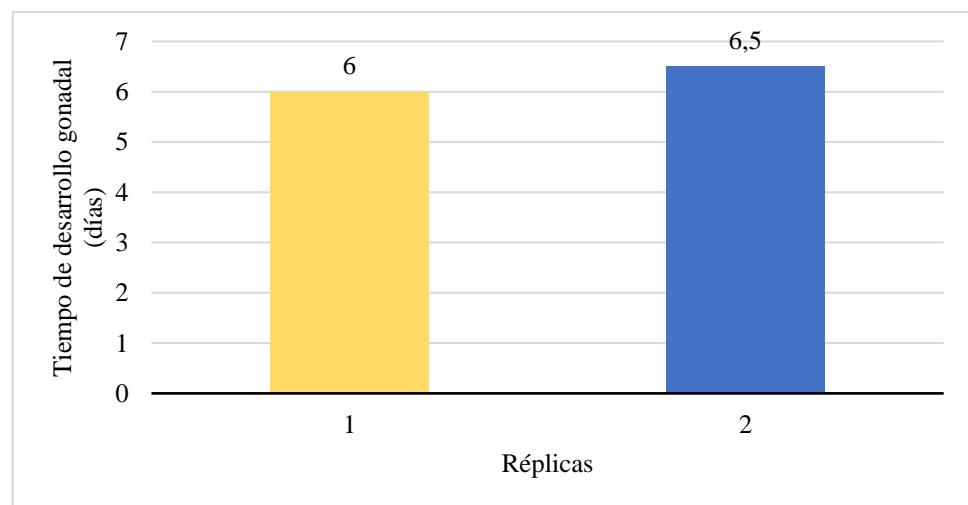


Figura 11. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento control (14,6 % de calamar en la dieta).

4.1.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta

El tiempo de desarrollo gonadal al utilizar 8 % de calamar en cada una de las réplicas R₁₁ y R₁₂ fue de 8,5 y 9 días (tabla 7), en este período se administró el 8 % de calamar y se observó como al disminuir el nivel de calamar aumento en dos días más el tiempo de desarrollo gonadal en comparación al usar 14,6 % (figura 12).

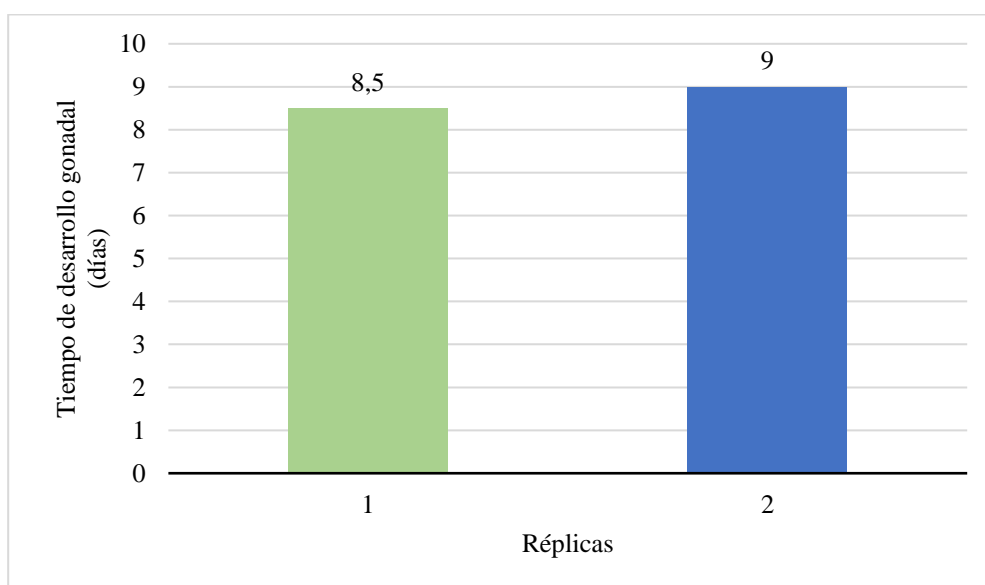


Figura 12. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 1 (8 % de calamar en la dieta).

4.1.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 2 para cada una de las réplicas (R₂₁ y R₂₂) se obtuvieron tiempos promedios de desarrollo gonadal de 9 y 9,5 días respectivamente (tabla 8) mencionando que en este tratamiento se administró el 5 % de calamar en la dieta, aumentando en un día el tiempo de desarrollo gonadal, en comparación con el tratamiento anterior (figura 13).

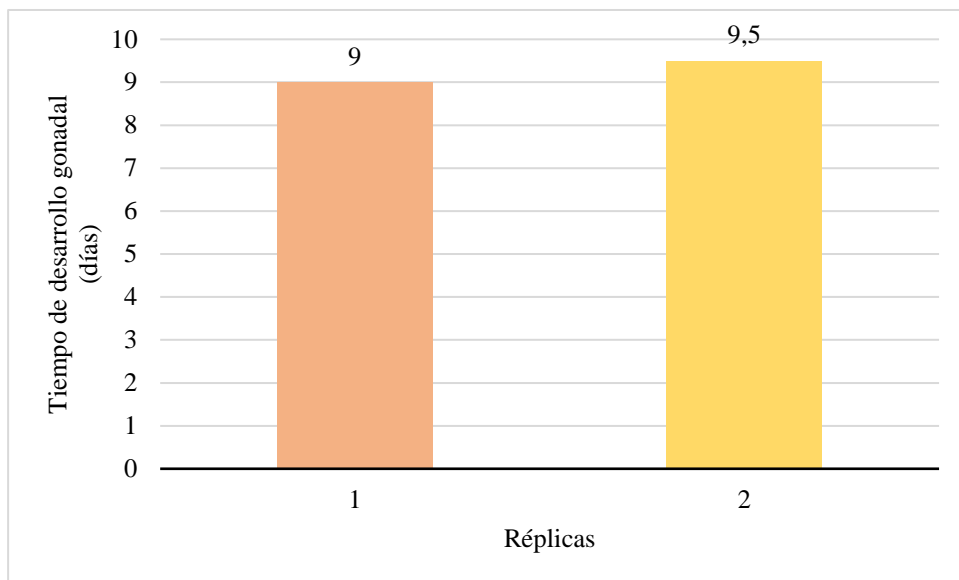


Figura 13. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 2 (5 % de calamar en la dieta).

4.1.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 3 al utilizar el 3 % de calamar en la dieta, en comparación con los otros tratamientos (14,6 %, 8 % y 5 %) se observó que hubo tiempos promedios de desarrollo gonadal de 10 días para la réplica R₃₁ y 10,5 días para la réplica R₃₂ (tabla 9) para alcanzar el grado IV de desarrollo gonadal como se observa en la figura 14.

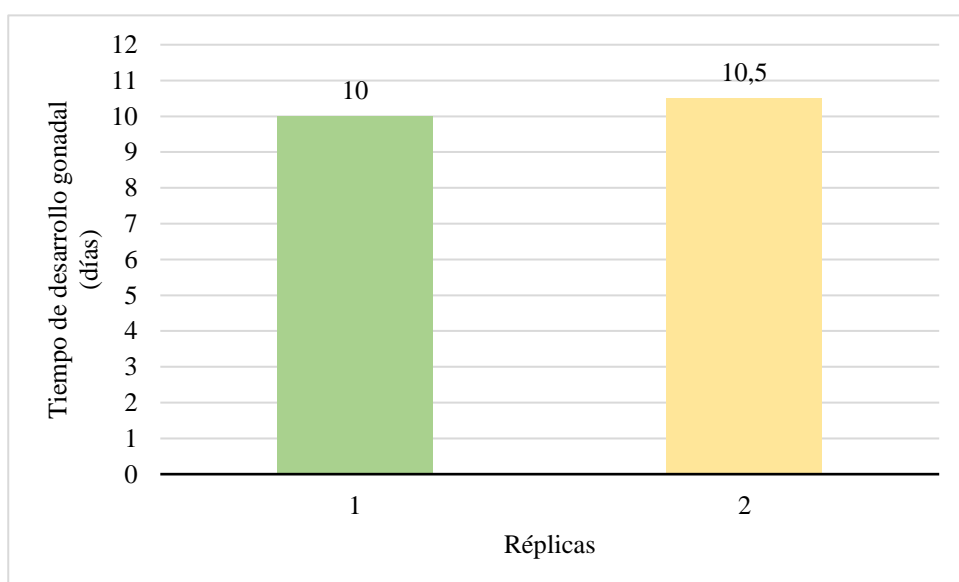


Figura 14. Tiempo de desarrollo gonadal observado en dos réplicas del tratamiento 3 (3 % de calamar en la dieta).

Al ir disminuyendo las cantidades de calamar en cada uno de los tratamientos, se observó como aumentaron los días hasta que las hembras alcanzaron el Grado IV de desarrollo gonadal (figura 15). La maduración de las hembras y el tiempo esperado en alcanzar el grado IV de desarrollo gonadal se observa detalladamente en las tablas 6, 7, 8 y 9.

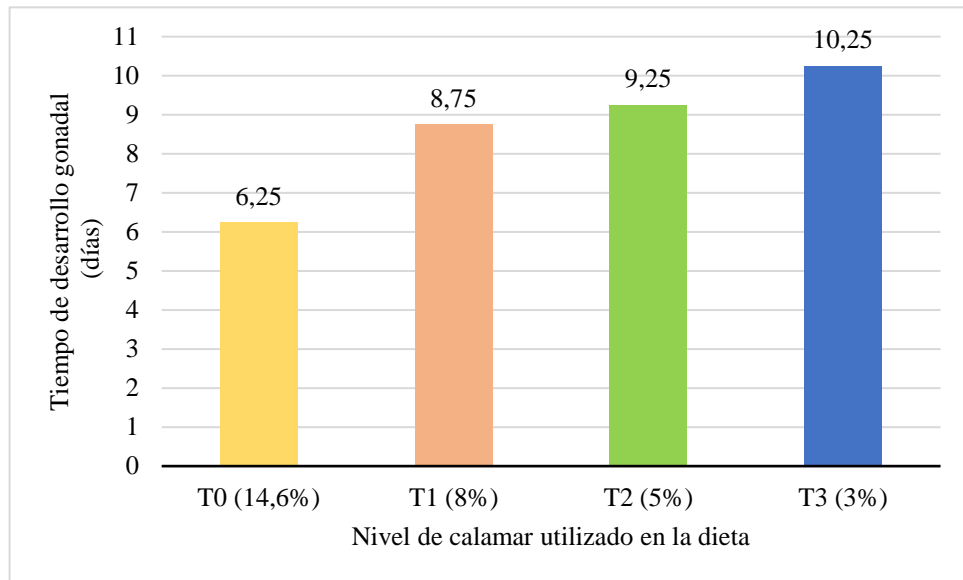


Figura 15. Tiempo promedio de desarrollo gonadal en relación al nivel de calamar en la dieta.

4.2. Calidad de huevos

La calidad de los huevos fue medida mediante el número de huevos/hembra (desove) y por porcentaje de eclosión (fecundidad), todos los valores obtenidos en las réplicas y los tratamientos son los promedios finales de cada uno.

4.2.1. Número de huevos por hembra y porcentaje de eclosión

4.2.1.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta

En el tratamiento control se obtuvieron para cada una de las réplicas (R01 y R02) un promedio de 296 522 y 299 460 huevos/hembra con promedio final por el tratamiento de 297 991 huevos/hembra (figura 16). El porcentaje de eclosión promedio para cada réplica fue de 85,17 % para R01 y 83,64 % para R02 y por el tratamiento fue de 84,40 % (tabla 10).

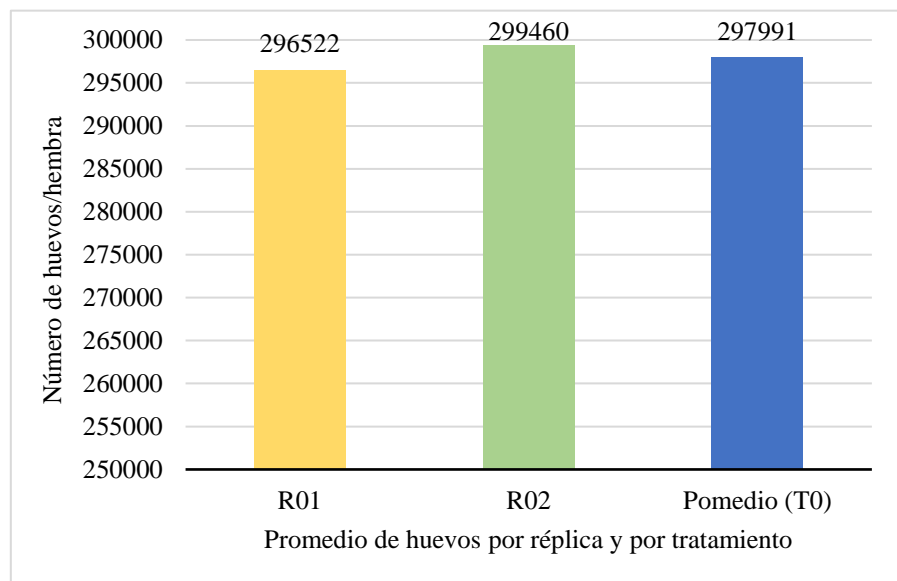


Figura 16. Número promedio de huevos por cada réplica y con el tratamiento control.

4.2.1.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta

En el tratamiento al 8 % de calamar se obtuvieron promedios en el número de huevos/hembra de 273 188 para la réplica R₁₁, 285 200 para la réplica R₁₂ y por el tratamiento 279 194 huevos/hembra (figura 17).

El porcentaje promedio de eclosión fue de 81,66 % y 86,38 % para las réplicas R₁₁ y R₁₂ respectivamente, para el tratamiento fue de 84,02 % (tabla 11).

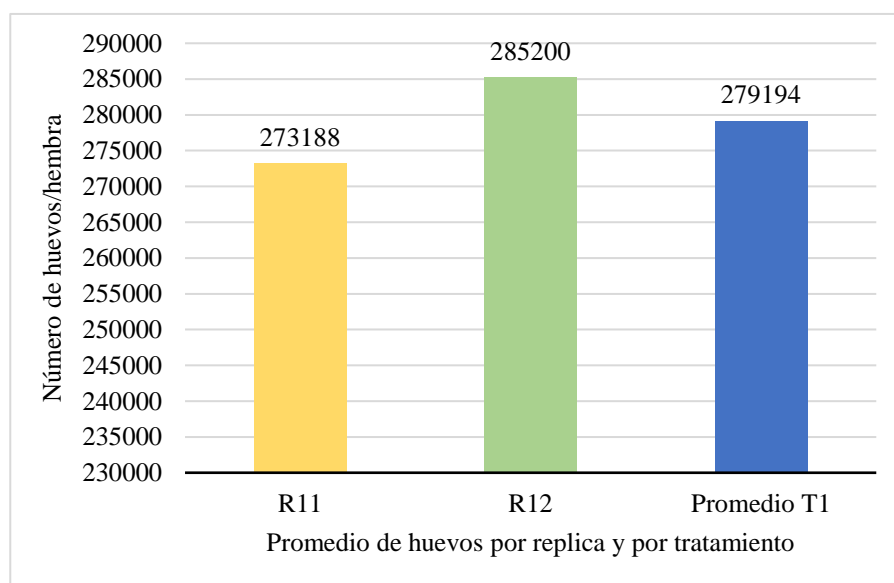


Figura 17. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 1.

4.2.1.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 2 al utilizar 5 % de calamar en la dieta se obtuvo un promedio de 273 575 huevos/hembra para la réplica R₂₁ mientras que en la réplica R₂₂ se obtuvo 243 571 huevos/hembra y por el tratamiento fue de 258 573 huevos/hembra (figura 18).

El porcentaje de eclosión promedio fue de 86,23 % y 86,07 % para las réplicas R₂₁ y R₂₂ respectivamente, por el tratamiento fue de 86,15 % (tabla 12).

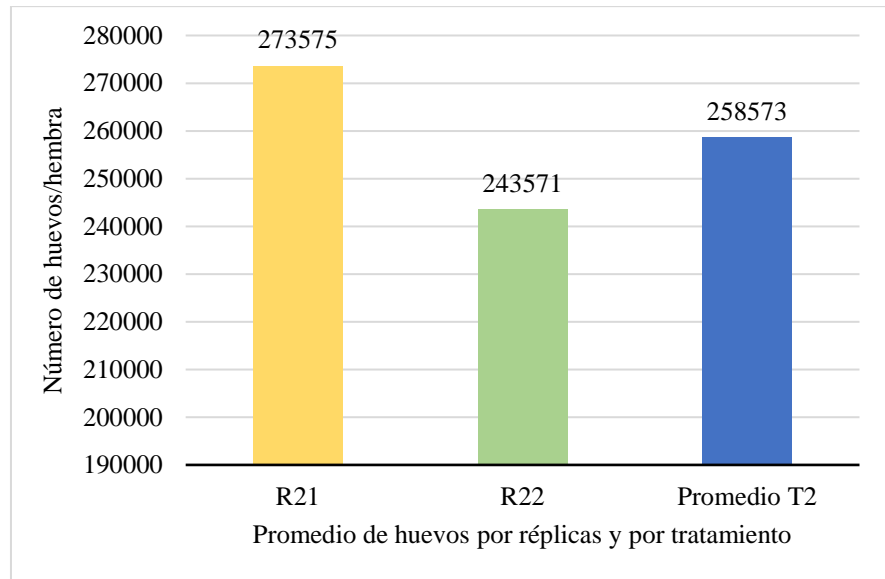


Figura 18. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 2.

4.2.1.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 3 se obtuvieron un promedio de 271 250 huevos/hembra para réplica R₃₁, 279 000 huevos/hembra para la réplica R₃₂ y por el tratamiento fue de 275 125 huevos/hembra (figura 19).

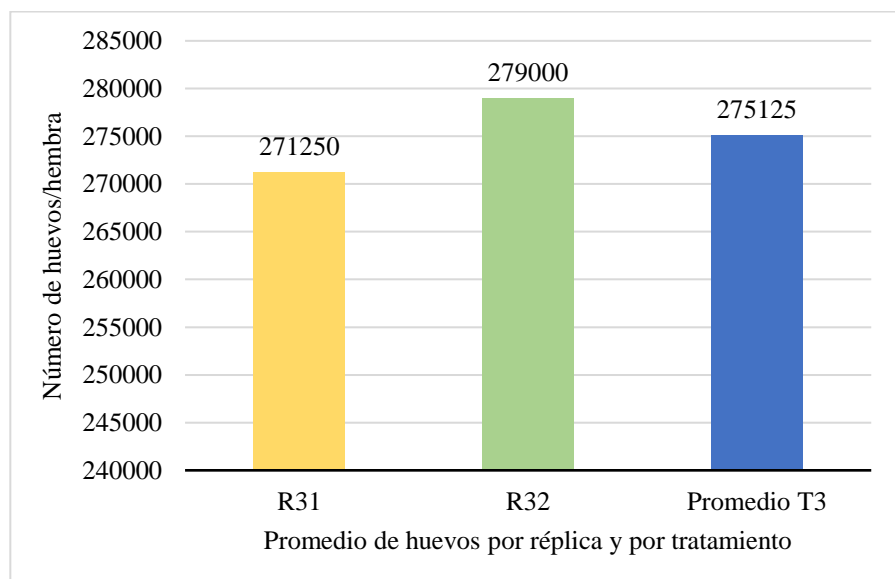


Figura 19. Número promedio de huevos por cada réplica y por el tratamiento 3.

El porcentaje de eclosión promedio para las réplicas R31 y R32 fue de 83,96 % y 84,46 % respectivamente, y por el tratamiento fue de 84,21 % (tabla 13).

Los promedios obtenidos para los distintos tratamientos en cuanto al número de huevos/hembra fueron con el 14,6 % (297 991 huevos), 8 % (279 194 huevos), 5 % (258 573 huevos) y 3 % (277 720 huevos) (figura 20).

En el tratamiento 2 donde se utilizó el 5 % de camarón en la dieta mostró un valor inferior en comparación con los otros tratamientos, ésta característica se dio en la réplica R22 donde varias hembras presentaron distintas coloraciones en las gónadas (café oscuro en la parte superior y amarillo pálido en la parte inferior), estas observaciones también se presentaron en otras réplicas de los otros tratamientos, sin embargo en el tratamiento 2 tuvo un efecto más notorio en el promedio final de huevos/hembra.

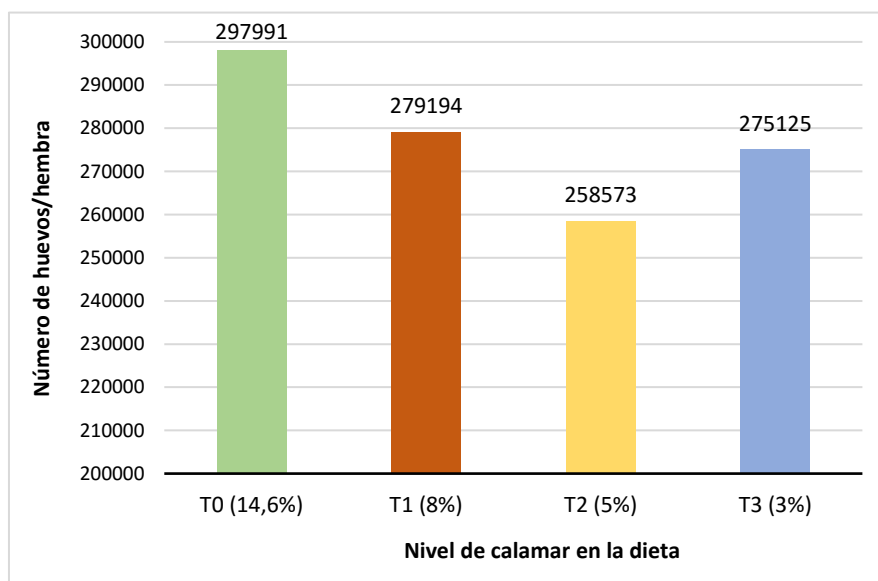


Figura 20. Promedio del número de huevos/hembra de acuerdo al nivel de calamar utilizado.

El efecto de estas dos coloraciones se evidenció después del desove al verificar los huevos, observando manchas amarillentas lechosas (huevos defectuosos sin formar) en el fondo del tanque, este problema es propio de la genética del animal asociado también a las condiciones de estrés que presentan las hembras durante la etapa reproductiva.

El porcentaje de eclosión promedio para uno de los tratamientos fue medido mediante la fecundidad de los huevos y se obtuvieron con 14,6 % de calamar (84,40 %), 8 % de calamar (84,02 %), 5 % de calamar (86,15 %) y 3 % calamar (84,21 %) (figura 21).

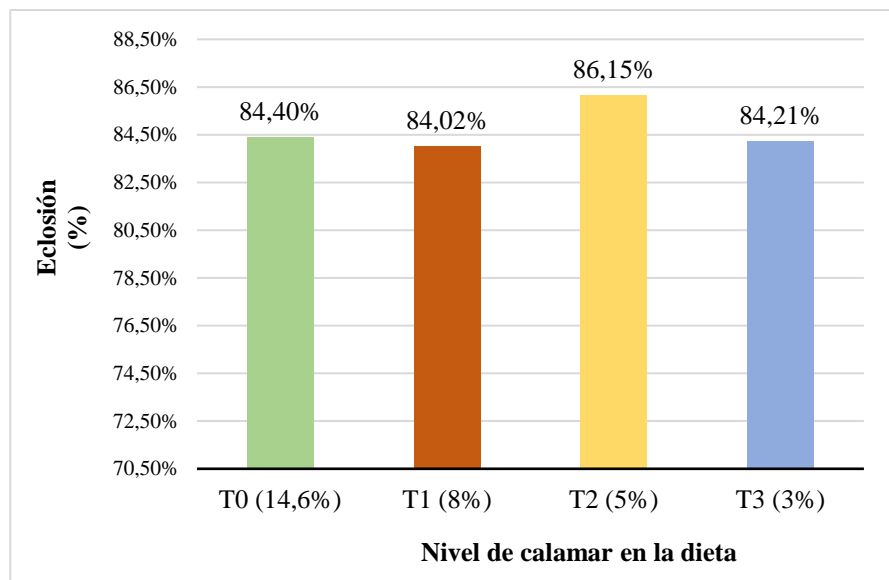


Figura 21. Promedio porcentual de huevos eclosionados por tratamiento.

4.3. Calidad de nauplios

La calidad de los nauplios fue medida mediante el número de nauplios viables/hembra, todos valores obtenidos en las réplicas y los tratamientos son los promedios finales de cada uno.

4.3.1. Tratamiento control: 14,6 % de calamar en la dieta

En el tratamiento control se obtuvieron para la réplica R01 la cantidad promedio de 130 065 nauplios viables, mientras en la réplica R02 127 720 nauplios viables, el promedio para el tratamiento fue de 128 893 nauplios viables (tabla 14).

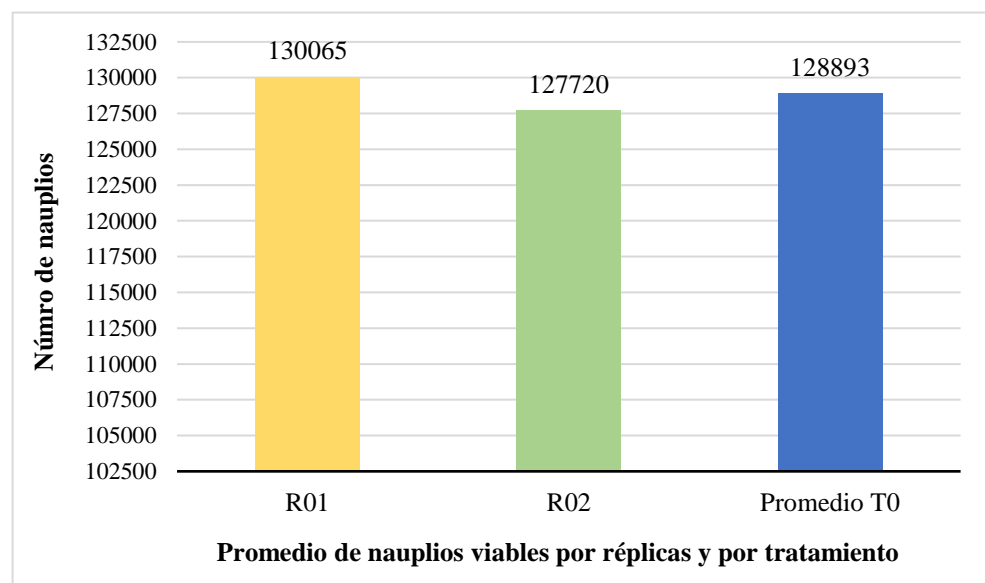


Figura 22. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento control.

4.3.2. Tratamiento 1: 8 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 1 con el 8 % de calamar se obtuvieron para la réplica R11 la cantidad promedio de 115 281 nauplios viables, mientras en la réplica R02 133 300 nauplios viables, el promedio para el tratamiento fue de 124 291 nauplios viables (tabla 15).

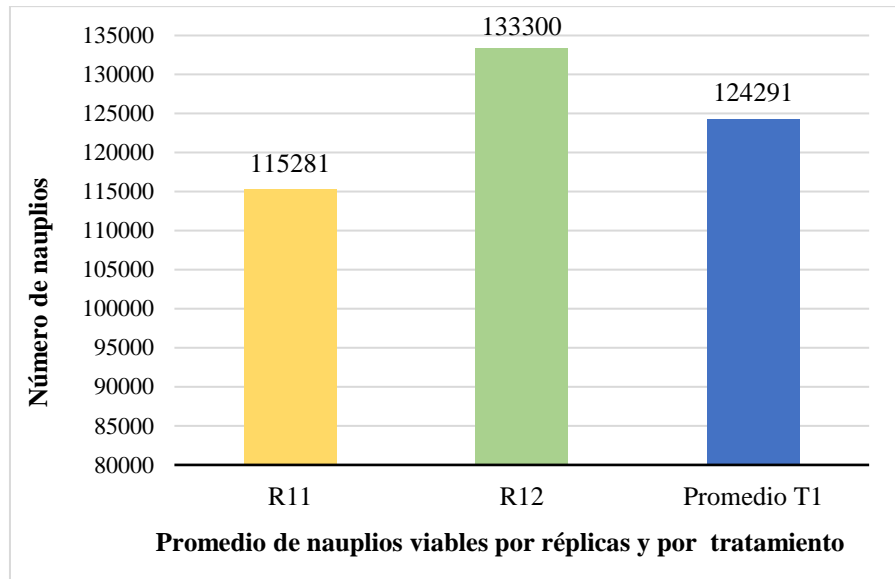


Figura 23. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 1.

4.3.3. Tratamiento 2: 5 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 2 se obtuvieron para la réplica R₂₁ la cantidad promedio de 110 050 nauplios viables, mientras en la réplica R₂₂ 115 143 nauplios viables, el promedio para el tratamiento fue de 112 596 nauplios viables (figura 24 y tabla 16).

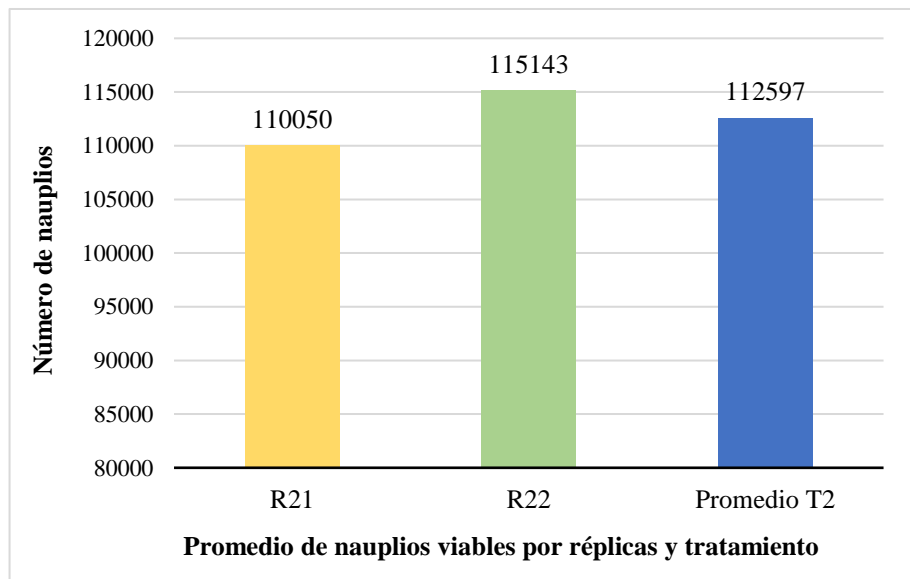


Figura 24. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 2.

4.3.4. Tratamiento 3: 3 % de calamar en la dieta

En el tratamiento 3 se obtuvieron para la réplica R₃₁ la cantidad promedio de 117 972 nauplios viables, mientras en la réplica R₃₂ 119 231 nauplios viables, el promedio para el tratamiento fue de 118 601 nauplios viables (tabla 17). En la figura 25 se puede observar que la diferencia de cantidades entre ambas réplicas fue mínima.

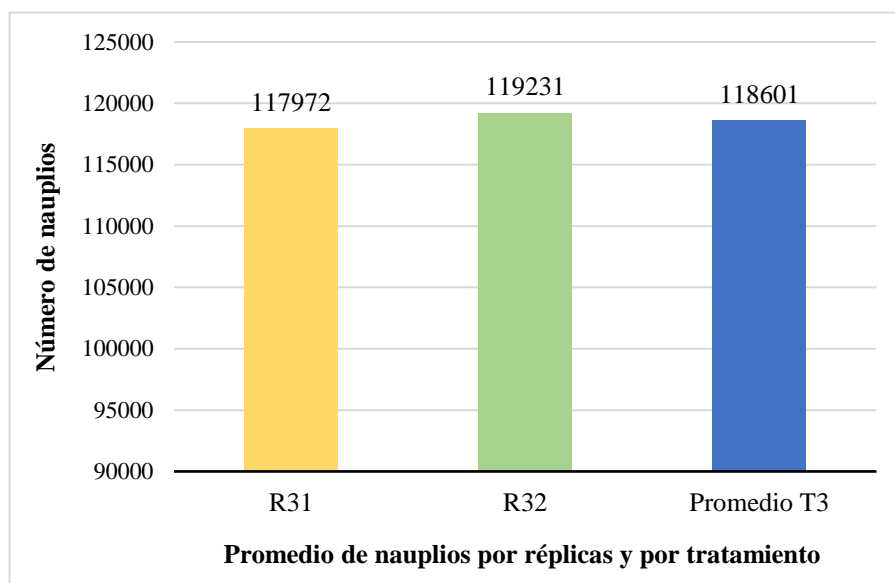


Figura 25. Número promedio de nauplios viables por cada réplica y por el tratamiento 3.

La calidad de los nauplios fue medida por los nauplios viables que no son más que aquellos individuos que presentaron mejor reacción hacia los estímulos físicos durante la cosecha, como fueron la agrupación que se originó después del movimiento del agua y el fototropismo positivo.

Los promedios finales obtenidos fueron al utilizar 14,6 % de calamar (128 893 nauplios viables), 8 % de calamar (124 000 nauplios viables), 5 % de calamar (112 597 nauplios viables) y 3 % de calamar (118 602 nauplios viables) (figura 26).

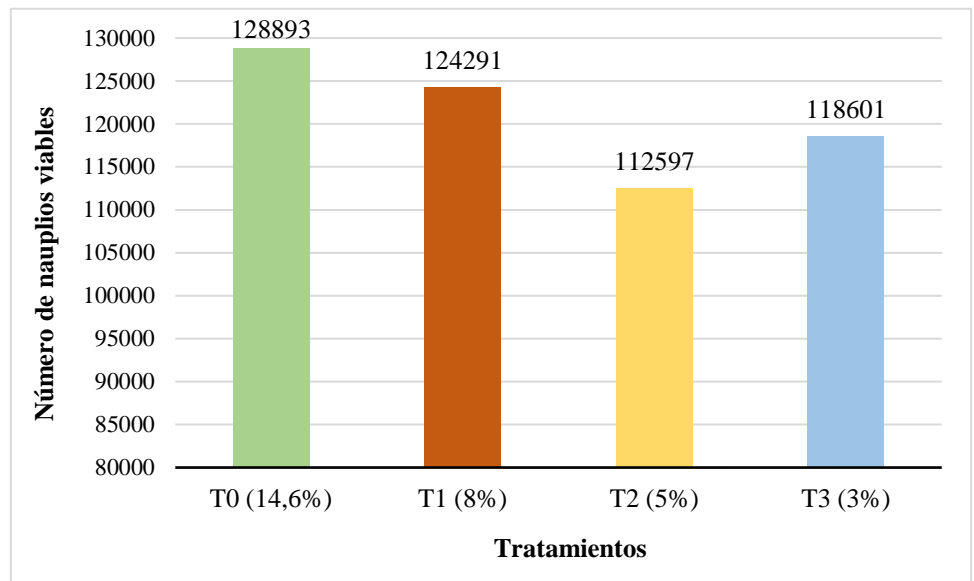


Figura 26. Promedio final de nauplios viables en cada tratamiento.

Para el respectivo análisis estadístico se realizó un cuadro comparativo con todos los promedios obtenidos por cada replica en los tratamientos en función de cada variable que se estudió (tiempo de desarrollo gonadal, calidad de huevos y nauplios) (tabla 18). Para verificar si los resultados obtenidos en las variables estaban relacionados con el peso de las hembras se realizó el respectivo análisis de varianza donde se demostró que no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los pesos de las hembras de cada tratamiento (tabla 19).

Evaluando el tiempo de desarrollo gonadal mediante el análisis de varianza se determinó que hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tiempos de desarrollo gonadal para cada uno de los tratamientos (tabla 19). La prueba de Tukey realizando una comparación múltiple entre las medias de los tratamientos demostró que hubo significancia ($p < 0,05$) entre los tiempos de los cuatro tratamientos, de igual manera se formaron 3 subconjuntos homogéneos (tablas 20 y 21).

En la calidad de huevos, evaluando el número de huevos/hembra se determinó que no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los

tratamientos (tabla 19). La prueba de Tukey mediante la comparación múltiple demostró que no existen diferencias ($p>0,05$), se observó la formación de un solo subconjunto homogéneo (tabla 22 y 23). De igual forma evaluando el porcentaje de eclosión se demostró que no hubo diferencia significativa ($p>0,05$) entre los tratamientos (tabla 18). La prueba de Tukey demostró que no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$), de igual manera solo se formó un subgrupo homogéneo (tabla 24 y 25).

En la calidad de los nauplios evaluando los nauplios viables se determinó que no hubo diferencia significativa ($p>0,05$) entre los promedios de los tratamientos (tabla 19). Mediante la prueba de Tukey se realizó una comparación múltiple entre los tratamientos demostrando que no existe diferencias significativas, de igual forma se formó un subgrupo homogéneo (tabla 26 y 27).

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la hipótesis de investigación planteada donde se proponía que los mejores resultados se obtendrían al utilizar el 5 % de calamar en la dieta evaluando las variables de tiempo de desarrollo gonadal, calidad de huevos y nauplios, se demostró que no fue así.

Evaluando el tiempo de desarrollo gonadal se demostró que el mejor tiempo dentro de los cuatro tratamientos lo obtuvo el control al usar 14,6 % de calamar en la dieta con 6,25 días en alcanzar el grado IV de desarrollo gonadal, valor muy cercano al trabajo de Parnes et al. (2007) que evaluó la dinámica de la reproducción donde utilizó hembras de 43 g y machos de 39 g alimentándolos con 15-16 % de calamar donde las primeras maduraciones para un grupo se obtuvieron a los $4,1 \pm 3,4$ días, mientras que el resto las obtuvo a los $6,0 \pm 4,4$ días, al igual que Kannan et al. (2015) que utilizó 10 % de calamar donde las primeras maduraciones se dieron en la primera semana (7 días).

En comparación con otros trabajos como el realizado por Gutiérrez-Salazar et al. (2012), donde evaluaron la maduración y la reproducción de langostinos *Litopenaeus vannamei* en sistema de recirculación de agua cuya dieta consistió de calamar al 6 % se obtuvo un tiempo de maduración de $8,98 \pm 1,94$ días, valor fue muy cercano al encontrado en este trabajo con 9 días al usar 5 % de calamar en la dieta. Esta relación entre el porcentaje de calamar utilizado versus el tiempo en alcanzar el grado IV de desarrollo gonadal demostró que el uso de calamar por debajo del 6 % disminuye las cantidades necesarias de nutrientes aportadas al desarrollo gonadal aumentando en sí los tiempos de maduración.

Sin embargo en el trabajo de Kumlu et al. (2011), sobre cómo controlar la maduración fuera de temporada y el desove del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* mediante el uso de diversas técnicas de maduración, los reproductores fueron alimentados con calamar *ad libitum* hasta la saciedad alcanzando la maduración en las hembras ablacionadas después de los 25 y 28 días del experimento.

Los tiempos de desarrollo gonadal obtenidos en cada uno de los trabajos demostró que el uso de calamar por encima del 10 % mejora los tiempos en alcanzar el grado IV de desarrollo gonadal y el uso de cantidades inferiores al 6 % aumenta el tiempo en alcanzar dicho grado, por lo tanto, estos los niveles de calamar deben estar acompañadas de otros tipos de alimentos que compartan similares características nutricionales.

Morales (2012), afirmó que la calidad nutricional del alimento y su manejo en la estanquería son sumamente importantes en el cultivo del langostino, ya que tienen gran influencia sobre los factores que determinan el resultado final. Un punto muy importante son las condiciones de cultivo, porque si bien cada uno de los trabajos consultados obtuvieron distintos tiempos de desarrollo gonadal, las técnicas de cultivo fueron distintas entre sí, sin olvidar el *stress* causado por los protocolos de producción como la ablación peduncular unilateral, las variaciones físico-química del medio de cultivo, entre otras, que según Alpuche, Pereyra y Agundis (2005), el efecto de la temperatura es dramático y extraordinariamente rápido afectando la calidad reproductiva.

La calidad de los huevos se evaluó mediante el número de huevos/hembra (desove) y el porcentaje de eclosión (fecundidad), las cantidades más elevadas para la variable de estudio se obtuvieron en hembras con peso promedio de $32,96 \pm 0,75$ g al utilizar 14,6 % de calamar con 297 991 huevos/hembra y 84,4 % de eclosión, si bien cuando se utilizó el 5 % de calamar se obtuvo un porcentaje de eclosión del 86,15 % cuyo valor fue superior al anterior, que en cifras sería el más alto y debería ser considerado el mejor, sin embargo no lo fue, porque la cantidad de huevos producidos fue inferior y la eficacia de las dietas se evidenció en el número de nauplios viables.

Realizando comparaciones con otros autores se observó que el uso de distintos niveles de calamar tienen su efecto en el tiempo de desarrollo gonadal, pero es indiferente al número de huevos/hembra, así como al respectivo porcentaje de eclosión, tal es el caso de Naessens et al. (1997), que utilizó 15 % de calamar en hembras de 55 g obteniendo un promedio de 130 600 huevos/hembra y 51,2 % de eclosión, González (2009), utilizó 12 % de calamar en hembras de $34,4 \pm 5,2$ y $31,3 \pm 7,2$ g, cuando evaluó un sistema cerrado de recirculación con langostinos (*Litopenaeus vannamei*) obteniendo un promedio de $125\ 000 \pm 38\ 000$ huevos/hembra.

De igual manera Parnes et al. (2007), utilizaron del 15-16 % de calamar en hembras de 43 g obteniendo un promedio de $82\ 000 \pm 38\ 000$ huevos/hembra, dichos valores están por debajo del encontrado en este experimento tomando en cuenta que se utilizaron valores muy cercanos al 14,6 % de calamar, que en contraste al trabajo de Pérez et al. (2007), donde utilizó 20 % de calamar en hembras de 43 g obtuvo promedios de $162\ 500 \pm 6\ 000$ y $161\ 700 \pm 36\ 200$ huevos/hembra y porcentajes de eclosión del $53,9 \pm 1,37$ % y $51,6 \pm 1,08$ %.

En el trabajo de Kannan et al. (2015), donde evaluaron el procedimiento para la maduración y desove del langostino *Litopenaeus vannamei*, utilizaron hembras de 40 g, donde se obtuvo un promedio de 299 000 huevos/hembra y 45,41 % de eclosión utilizando 10 % de calamar, un valor muy por debajo al utilizado en esta investigación de 14,6 % donde se obtuvo un valor casi igual en la producción de huevos/hembra, pero mayor en cuanto al porcentaje de eclosión (84,4 %), de igual forma Gutiérrez-Salazar et al. (2012), usaron 6 % de calamar en hembras de $49\pm 7,2$ g, obtuvieron $251\ 080\pm 43\ 363$ huevos/hembra con un porcentaje de eclosión del $78,7\pm 22,9$ % y Kumlu et al. (2011), al utilizar calamar *al libitum* en hembras de $34,53\pm 0,81$ g obtuvo valores de 79 778 a 125 015 huevos/hembra y porcentaje de eclosión de entre el 55-90 %.

Este evidente comportamiento entre la producción promedio de huevos/hembra y su respectivo porcentaje de eclosión (fecundidad) sumado a los niveles de calamar utilizados y el tamaño promedio de las hembras, demostraron que la producción de huevos y su fecundidad, no está cien por ciento asegurado con el tamaño de las reproductoras pese a los niveles de calamar utilizados.

Analizando los valores encontrados en esta investigación se observó que aplicando el 3 %, 5 %, 8 % y 14,6 % de calamar, las cantidades en cuanto a la calidad de huevos no presentaron mayores diferencias entre sí, tomando en cuenta que el peso promedio por tratamiento de las hembras tuvo un mínimo de $32,96\pm 0,75$ g un máximo de $34,07\pm 1,39$ g, acotando también que todos los ejemplares utilizados provenían de un programa de mejoramiento genético.

Al contrastar estos resultados se demostró que el factor determinante para obtener buenas cantidades en cuanto a la calidad de huevos es conocer los aspectos fisiológicos de reproducción de la especie y estos a su vez encaminarlos mediante el uso de técnicas de mejoramiento genético, para que de esta forma se determine aún más la capacidad reproductiva, tomando en cuenta también las condiciones propias del cultivo que deberían ser las mismas al medio natural con la finalidad que respondan favorablemente a los estímulos externos, de tal manera que junto a los niveles adecuados de calamar desencadenarían en óptimos márgenes de producción.

La calidad de los nauplios fue evaluada mediante la obtención de nauplios viables que son aquellos individuos que lograron sobrevivir desde la etapa de eclosión hasta la resiembra,

el valor más alto se obtuvo al usar 14,6 % de calamar con promedio de 128 893 nauplios viables, este valor estuvo muy cercano al obtenido por Kannan et al. (2015), quienes obtuvieron 135 800 nauplios viables usando el 10 % de calamar, en comparación con el trabajo realizado por González (2009), donde utilizó el 12 % de calamar casi la media entre los dos porcentajes anteriores obteniendo tan solo 79 000 nauplios viables; podría decirse que es bajo sin embargo la producción de huevos/hembra se estimó en $125\,000 \pm 38\,000$.

En cambio, otros autores utilizaron porcentajes mayores como es el caso Parnes et al. (2007), que usando calamar entre 15 y 16 % obtenido $32\,000 \pm 28\,000$ nauplios viables con una producción de $82\,000 \pm 38\,000$ huevos/hembra resultados muy distantes con los obtenidos al usar 14,6 %. Naessens et al. (1997), obtuvieron 70 300 nauplios viables usando 15 % de calamar y Pérez et al. (2007), utilizaron 20 % de calamar obtuvo promedios de $87\,500 \pm 46\,100$ y $83\,400 \pm 29\,400$ nauplios viables con una producción de $162\,500 \pm 6\,000$ y $161\,700 \pm 3\,620$ huevos/hembra.

Podría decirse que estos resultados al igual que los encontrados en la variable anterior dependen en gran medida del tamaño de las hembras debido que en ciertos casos mientras más grande es la hembra más huevos se obtienen y mayor es la cantidad de nauplios viables obtenidos, como los ejemplares de Kannan et al. (2015), donde utilizó 10 % de calamar en hembras que pesaron 40 g desovando 299 000 huevos obteniendo 135 800 nauplios viables, en comparación con los resultados obtenidos al usar 14,6 % de calamar donde las hembras pesaron $32,96 \pm 0,75$ g, produciendo 297 991 huevos/hembra con 84,4 % de eclosión dando 128 893 nauplios viables, se observó que la producción de huevos y la viabilidad de los nauplios no siempre depende del peso de las hembras y del nivel de calamar utilizado.

En el trabajo de Gutiérrez-Salazar et al. (2012), cuando utilizó 6 % de calamar en hembras de $49 \pm 7,2$ g con una producción de $251\,080 \pm 43\,362,9$ huevos, con fecundidad del $78,7 \pm 22,9$ %; existió una particularidad y es que no se obtuvieron nauplios viables porque durante el proceso de eclosión los huevos sufrieron lisis, demostraron que la viabilidad de los nauplios no siempre es proporcional a la cantidad de huevos producidos, porque no necesariamente todos los huevos fueron fecundos, y según Cevallos (2003), dicha fecundidad depende en gran medida de la capacidad reproductiva del macho asociado a una alta calidad espermática.

El efecto de los niveles de calamar utilizados en la dieta tuvo su mayor contraste en el tiempo de desarrollo gonadal donde se evidenció una variación muy marcada en los tiempos para que las hembras alcancen el grado IV de desarrollo gonadal, mientras que en la calidad de los huevos y nauplios el efecto de los resultados no solo dependieron de los niveles de calamar ni de los pesos promedios de las reproductoras, sino también de los aspectos fisiológicos del animal mediante el mejoramiento genético.

VI. CONCLUSIONES

1. Los niveles de calamar utilizados tuvieron su mayor efecto sólo en el tiempo de desarrollo gonadal, mientras que en la calidad de huevos y nauplios los resultados no presentaron mayores diferencias.
2. El efecto del porcentaje de calamar en el tiempo del desarrollo gonadal en las hembras de *Litopenaeus vannamei* fue mejor al usar 14,6 % de calamar con 6,25 días, se demostró que al reducir los niveles en 8 %, 5 % y 3 % repercuten en el tiempo para que las hembras alcancen el grado IV de desarrollo gonadal, por lo tanto, al reducirse estas cantidades deben ser complementadas con otros tipos de alimentos frescos que compartan ciertas características de importación nutricional.
3. El uso del calamar al 14,6 % así como al 3 %, 5 % y 8 % respectivamente dentro de la investigación, no representaron mayores diferencias significativas ($p > 0,05$) en los promedios finales de cada tratamiento en cuanto a la calidad de huevos evaluando el número de huevos/hembra y su respectivo porcentaje de eclosión, así como en la calidad de nauplios evaluando los nauplios viables.
4. El peso de las hembras y los niveles de calamar usados no determinaron su capacidad reproductiva, en gran medida porque dichos resultados se ven reflejados en la fisiología propia del animal y su respuesta a las condiciones de cultivo a los que están sujetos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el tiempo de desarrollo gonadal al utilizar cantidades superiores al 14,6 % de calamar, para determinar si el tiempo en alcanzar el grado de desarrollo gonadal es inferior al encontrado en este trabajo.
2. Evaluar cantidades inferiores al 14,6 % de calamar en un rango del 10 al 12 % para conocer si los resultados obtenidos en este trabajo se mantienen.
3. Evaluar la calidad nutricional del calamar (*Loligo sp.*) mediante análisis de cromatografía para conocer el perfil de los aminoácidos y ácidos grasos responsables de la maduración de *Litopenaeus vannamei*.
4. Evaluar el efecto de los distintos niveles de calamar con las mismas variables de estudio en hembras con pesos superiores a los 34,34 g.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anh, N.T., Hoa, N.V., Van Stappen, G. & Sorgeloos, P. (2008). Effect of different supplemental feeds on proximate composition and artemia biomass production in salt ponds. *Aquaculture*, 286, 217-225.
- Alpuche, J., Pereyra, A. y Agundis, A. (2005). Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. *Rev. Electrónica de Veterinaria REDVER*, 5, 1-10. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/alpuche>.
- Álvarez, J. (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 schmitt*. (Tesis para Doctor en Ciencias). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, México.
- Arcos, G.F. (2004). *Análisis fisiológico y genético del desempeño reproductivo del camarón blanco Litopenaeus vannamei* (Tesis para Doctor en Ciencias). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, México.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Editorial: Episteme.
- Cahu, C. (2000). Dietas para reproductores de camarón y su efecto en la calidad larvaria. En R. Civera-Cerecedo, C.J. Pérez-Estrada, D. Ricque-Marie y L.E. Cruz-Suárez, *Avances en Nutrición Acuícola IV*. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, La Paz, B.C.S., México.
- Castille, L., & L. Lawrence. (1991). Reproductive studies concerning natural shrimp populations: a description of changes I the size and biochemical composition of the gonads and digestive glands in penaid shrimp. En P. De Loach, W. Dougherty and M. Davidson, *Developments in aquaculture and fisheries science*, Ámsterdam, Holanda.

- Cevallos, B.P. (2003). *Evaluación del potencial reproductivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei en condiciones de domesticación* (Tesis de Doctor en Ciencias). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, México.
- Coman, G.J., Arnold, S.J., Callaghan, T.R. & Preston, N.P. (2006). Effect of two maturation diet combinations on reproductive performance of domesticated *Litopenaeus monodon*. *Aquaculture*, 263, 75-83.
- Espín, M., y Wouters, R. (2000). *Evaluación del efecto de dietas artificiales experimentales en el rendimiento reproductivo de Litopenaeus vannamei* (Tesis de pregrado). Centro Nacional de Investigaciones Marinas CENAIM, Guayaquil, Ecuador.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2012). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, Italy.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2006). *Programa de información de especies acuáticas*. Roma, Italia.
- Gardner, C. (2001). Composition of eggs in relation to embryonic development and female size in giant crabs (*Pseudocarcinus gigas*). *Mar. Freshwater Res*, 53, 333-338.
- Garza, R. (2011). *Estudio sobre el órgano genital del camarón blanco del Pacífico Litopenaeus vannamei, con énfasis en la glándula androgénica*. (Tesis de Doctor en Ciencias). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, México.
- González, A. (2009). *Evaluación de un sistema cerrado de recirculación con camarones (Litopenaeus vannamei), para establecer un modelo de análisis de riesgos y control de puntos críticos (HACCP)* (Tesis de Doctor en Ciencias). Universidad Autónoma de Nueva León, México.

- Guevara, 2003. *Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Recuperado de <http://www.unjbg.edu.pe>
- Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill, México.
- Gutiérrez-Salazar, G., González-González, A., Hernández-Acosta, M., Loredó-Osti, J., y Guzmán-Sáenz, F. (2012). Evaluación de la maduración y la reproducción de camarones *Litopenaeus vannamei* en sistema de recirculación de agua. *Ciencia Pesquera*, 20(1), 29-37.
- Hoang, N.D., Wouters, R., Willw, R., Thanh, V., Dong, T.K., Hao, N.V. & Sorgeloos, P. (2009). A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger Shrimp *Litopenaeus monodon*. *Aquaculture*, 279, 116-121.
- Kannan, D., Thirunavukkarasu, P., Jagadeesan, K., Shettu, N. & Kumar, A. (2015). Procedure for Maturation and Spawning of Imported shrimp *Litopenaeus vannamei* in Commercial Hatchery, South East Cost of India. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 6(4), 2-5. doi.org/10.4172/2150-3508.1000146
- Kolkoovski, S. y Kolkovski, J. (2012). Dietas de maduración para camarones, alternativas a la alimentación natural. *Aquafeed*. 15,34-35.
- Kumlu, M., Türkmen, S., Kumlu, M. & Eroldogan, T. (2011). Off-season Maturation and Spawning of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* in Sub-tropical conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 15-23.
- Lytle J.S., Lytle, T. F. & Ogle, J.T. 1990. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 89, 287-299.

- Morales, Y. (2012). *Evaluación del crecimiento y del contenido de hemocitos circulantes totales en juveniles de camarón blanco, Litopenaeus vannamei, expuestos a dietas experimentales con diferentes niveles de proteína y probióticos.* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera L. y Cuadrado, C. (2013). *Tablas de Composición de Alimentos.* Madrid, España: Ediciones Pirámide.
- Naessens, E., Lavens, P., Gomez, L., Browdy, C., McGovern-Hopkins, K., Spencer, A., Kawahigashi, D. & Sorgeloos, P. (1997). Maturation performance of *Litopenaeus vannamei* co-feed artemia preparations. *Aquaculture*, 155, 87-101.
- Nolasco, H. (2016). *Estimación de la heredabilidad de ácidos grasos en Litopenaeus vannamei.* (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, México.
- Okumura, T., Yoshida, K., & Nikaido, H. (2004). Ovarian development and hemolymph vitellogenin levels in laboratory-maintained protandric shrimp, *Pandalus hypsinotus*: measurement by a newly developed timeresolved fluoroimmunoassay (tr-fia). *Zoological Science*, 21(10), 1037-1047. doi.org/10.2108/zsj.21.1037
- Palacios, E., Racotta, I., Heras, H., Marly, Y., Moal, J. & Samain, J. (2002). Relation between lipid and fatty acid composition of eggs and larval survival in White pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 9, 531-543.
- Palacios, E., Racotta, I. & Villalejo, M. (2003). Assessment of ovarian development and its relation to mating in wild and pond-reared *Litopenaeus vannamei* Shrimp in a comercial hatchery. *Journal World Aquaculture Society*.
- Panouse, J. B. 1943. Influence de l'ablation du péduncule oculaire sur la croissance de l'ovaire chez la crevette *Leander serratus*. *C. S. Acad. Sci*, 217, 553-555.

- Parnes, S., Raviv, S., Azulay D. & Sagi, A. (2007). Dynamic of reproduction in a captive Shrimp broodstock: unequal contribution of the female Shrimp and a hidden shortage in competent males. *Invertebrate Reproduction and Development*, 50(1), 21-29.
- Pérez-Jar, L., Ramos, L., Racotta, I., Guerrero, C. y Acebedo, A. (2007). Desempeño reproductivo de progenitores cultivados de *Litopenaeus schmitti* en sistemas de tanques unisexos y mixtos en condiciones comerciales. *Revista de Investigaciones Marinas*, 28(2), 151-158.
- Pérez, J. (2005). *Fisiología y calidad reproductiva de machos de camarón blanco Litopenaeus schmitti en condiciones de cautiverio* (Tesis para Doctor en Ciencias). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, México.
- Pérez-Velásquez, M., González-Félix, M.L., Lawrence, A.L., Bray, W.A. & Gatlin III, D.M. (2003). Dietary effects on sperm quality of *Litopenaeus vannamei* broodstock. *Journal World Aquaculture Society*, 34(1), 92-98.
- Puente, E. (2009). *Respuestas fisiológicas de juveniles de camarón blanco Litopenaeus vannamei, a condiciones oscilante de oxígeno disuelto y temperatura* (Tesis para Doctor en Ciencias Marinas). Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, México.
- Racotta, I.S., Palacios, E., & Ibarra, A.M. (2003). Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, 227, 107-130.
- Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2001). *Diccionario de esencial de las Ciencias Siglo XXI*. España: Editorial Espasa.
- Roeland, W., Nieto, J., y Sorgelooes, P. (2002). Dietas artificiales para el camarón peneido. *Boletín Nicovita*, 7(1), 1-3.

Tresierra, A. (2000). *Metodología de la investigación científica*. Trujillo, Perú:
Editorial Biociencia.

ANEXOS

Tabla 5. Madurez gonadal en *Litopenaeus vannamei* propuesta por Castille and Lawrence (1991).

Grado de desarrollo	Características
Estadio I	Inmaduro, se observa los ovarios traslucidos, sin pigmentación e invisible a través del exoesqueleto.
Estadio II	Inicio de la madurez, los ovarios se los observa largos, opacos, amarillentos a través del exoesqueleto.
Estadio III	Los ovarios son visibles a través del exoesqueleto, el desarrollado de los lóbulos anteriores y medios es completo y el diámetro del lóbulo posterior es más grande que el intestino, su coloración es amarillenta naranja.
Estadio IV	Llegan a su punto de madurez, son claramente visibles a través del exoesqueleto y presentan un color café-oliva.
Hembra desovada	Después del desove los ovarios se observan flácidos, sin coloración y desgastados, como el estadio I.

Tabla 6. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras *Litopenaeus vannamei* ablacionadas del tratamiento control.

Tratamiento Control (14,6 % de calamar)									
Réplicas	Días	R01				R02			
		1	2	3	4	1	2	3	4
16		II	II	I	II	II	I	I	III
17		III	II	II	II	III	II	II	III
18		III	III	II	III	III	II	II	III
19		III	III	III	III	III	III	III	IV
20		IV	III	IV	III	IV	III	III	I
21		I	IV	I	IV	I	III	III	II
22		II	I	II	I	II	IV	IV	II
23		II	II	II	II	II	I	I	III
24		III	II	III	II	III	II	II	III
25		III	III	III	III	III	II	II	III
26		III	III	IV	III	III	III	III	IV
27		IV	III	I	III	IV	III	III	I
28		I	IV	II	IV	I	III	III	II
29		II	I	II	I	II	IV	IV	II
30		II	II	III	II	II	I	I	III
31		III	II	III	II	III	II	II	III
1		III	III	III	III	III	II	II	III
2		III	III	IV	III	III	III	III	IV
3		IV	III	I	III	IV	III	III	I
4		I	IV	II	IV	I	III	III	II
5		II	I	II	I	II	IV	IV	II
6		II	II	III	II	II	I	I	III
7		III	II	III	II	III	II	II	III
8		III	III	IV	I	III	II	II	III
9		III	III	I	III	III	III	III	IV
10		IV	III	II	III	IV	III	III	I
11		I	IV	II	IV	I	III	III	II
12		II	I	III	I	II	IV	IV	II
13		II	II	III	II	II	I	I	III
14		III	II	III	II	III	II	II	III
15		III	III	IV	III	III	II	II	IV
16		III	III	I	III	III	III	III	I
17		IV	III	II	IV	IV	III	III	II
18		I	IV	II	I	I	IV	III	II
19		II	I	III	II	II	I	IV	III
20		II	II	III	II	II	II	I	III
21		III	II	III	III	III	II	II	III
22		III	III	IV	III	III	III	II	IV
23		III	III	I	III	III	III	III	I
24		IV	IV	II	IV	IV	III	III	II
25		I	*	II	I	I	IV	III	II
26		II	*	III	II	II	I	IV	III
27		II	*	III	II	II	II	I	III
28		III	*	III	III	III	II	II	III
29		III	*	IV	III	III	III	II	IV
30		III	*	I	III	III	III	III	I
1		IV	*	II	IV	IV	III	III	II
2		I	*	II	I	I	IV	III	II
3		II	*	III	II	II	I	IV	III
4		II	*	III	II	II	II	I	III
5		III	*	III	III	III	II	II	III
6		III	*	IV	III	III	III	II	IV
7		III	*	I	III	III	III	III	I
8		IV	*	II	IV	IV	III	III	II
9		I	*	II	I	I	IV	III	II
10		II	*	III	II	II	I	IV	III
11		II	*	III	II	II	II	I	III
12		III	*	III	III	III	II	II	III
13		III	*	IV	III	III	III	II	IV

*Hembra muerta después del desove.

Tabla 7. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras *Litopenaeus vannamei* ablacionadas del tratamiento 1.

Tratamiento 1 (8 % de calamar)									
Réplicas	R11				R12				
	Días	1	2	3	4	1	2	3	4
16	I	I	I	III	III	III	III	III	
17	I	I	I	III	III	III	III	III	
18	II	II	I	IV	IV	III	III	III	
19	II	II	II	I	I	IV	IV	IV	
20	III	III	II	I	I	I	I	I	
21	III	III	III	II	II	I	I	I	
22	III	III	III	II	II	II	II	II	
23	IV	III	III	III	III	II	II	II	
24	I	IV	III	III	III	III	III	III	
25	I	I	IV	III	III	III	III	III	
26	II	I	I	III	III	III	III	III	
27	II	II	I	IV	IV	III	III	III	
28	III	II	II	I	I	IV	IV	IV	
29	III	III	II	I	I	I	I	*	
30	III	III	III	II	II	I	I	*	
31	III	III	III	II	II	II	II	*	
1	IV	III	III	III	II	II	II	*	
2	I	IV	III	III	III	III	III	*	
3	I	I	IV	III	III	III	III	*	
4	II	I	I	III	III	III	III	*	
5	II	II	I	IV	IV	III	III	*	
6	III	II	II	I	I	IV	IV	*	
7	III	III	II	I	I	I	I	*	
8	III	III	III	II	II	I	I	*	
9	III	III	III	II	II	II	II	*	
10	IV	III	III	III	II	II	II	*	
11	I	IV	III	III	III	III	III	*	
12	I	I	IV	III	III	III	III	*	
13	II	I	I	IV	III	III	III	*	
14	II	II	I	*	IV	III	III	*	
15	III	II	II	*	I	IV	IV	*	
16	III	III	II	*	I	I	I	*	
17	III	III	III	*	II	I	I	*	
18	III	III	III	*	II	II	II	*	
19	IV	IV	III	*	III	II	II	*	
20	I	I	IV	*	III	III	III	*	
21	I	I	I	*	III	III	III	*	
22	II	II	I	*	III	III	III	*	
23	II	II	II	*	IV	III	III	*	
24	III	III	II	*	I	IV	IV	*	
25	III	III	III	*	I	I	I	*	
26	III	III	III	*	II	I	I	*	
27	III	III	III	*	II	II	II	*	
28	IV	IV	III	*	III	II	II	*	
29	I	I	IV	*	III	III	III	*	
30	I	I	I	*	III	III	III	*	
1	II	II	I	*	III	III	III	*	
2	II	II	II	*	IV	III	III	*	
3	III	III	II	*	I	IV	IV	*	
4	III	III	III	*	I	I	I	*	
5	III	III	III	*	II	I	I	*	
6	IV	IV	III	*	II	II	II	*	
7	I	I	IV	*	III	II	II	*	
8	I	I	I	*	III	III	III	*	
9	II	II	I	*	III	III	III	*	
10	II	II	II	*	III	III	III	*	
11	III	III	II	*	IV	III	III	*	
12	III	III	III	*	I	IV	IV	*	
13	III	III	III	*	I	I	I	*	

*Hembras muertas después del desove.

Tabla 8. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras *Litopenaeus vannamei* ablacionadas del tratamiento 2.

Tratamiento 2 (5 % de calamar)									
Réplicas	Días	R21				R22			
		1	2	3	4	1	2	3	4
16		III	III	III	III	III	III	III	III
17		III	III	III	III	III	III	III	III
18		IV	IV	IV	IV	III	III	III	III
19		I	I	I	I	IV	III	III	IV
20		I	I	I	I	I	IV	IV	I
21		II	II	II	II	I	I	I	I
22		II	II	II	II	II	I	I	II
23		III	III	III	III	II	II	II	II
24		III	III	III	III	III	II	II	III
25		III	III	III	III	III	III	III	III
26		IV	IV	III	III	III	III	III	III
27		I	I	IV	IV	III	III	III	III
28		I	I	I	I	IV	III	III	IV
29		II	II	I	I	I	IV	IV	I
30		II	II	II	II	I	I	I	I
31		III	III	II	II	II	I	I	II
1		III	III	III	III	II	II	II	II
2		III	III	III	III	III	II	II	III
3		IV	III	III	III	III	III	II	III
4		I	IV	III	III	III	III	III	III
5		I	I	IV	IV	III	III	III	III
6		II	I	I	I	IV	III	III	IV
7		II	II	I	I	I	IV	III	I
8		III	II	II	II	I	I	IV	I
9		III	III	II	II	II	I	I	II
10		III	III	III	III	II	II	I	II
11		III	III	III	III	III	II	II	III
12		IV	IV	III	III	III	*	II	III
13		I	I	III	III	III	*	III	III
14		I	I	IV	III	III	*	III	III
15		II	I	I	IV	IV	*	III	IV
16		II	II	I	I	I	*	III	I
17		III	II	II	I	I	*	IV	I
18		III	III	II	II	II	*	I	II
19		III	III	III	II	II	*	I	II
20		III	III	III	III	III	*	II	III
21		III	III	III	III	III	*	II	III
22		IV	IV	III	III	III	*	III	III
23		I	I	IV	IV	III	*	III	III
24		I	I	I	I	III	*	III	IV
25		II	II	I	I	IV	*	III	I
26		II	II	II	II	I	*	IV	I
27		II	II	II	II	I	*	I	II
28		III	III	II	II	II	*	I	II
29		III	III	III	III	II	*	II	III
30		III	III	III	III	III	*	II	III
1		III	III	III	III	III	*	III	III
2		IV	IV	III	III	III	*	III	III
3		I	I	IV	IV	III	*	III	IV
4		I	I	I	I	IV	*	III	I
5		II	II	I	I	I	*	IV	I
6		II	II	II	II	I	*	I	II
7		III	III	II	II	II	*	I	II
8		III	III	III	III	II	*	II	III
9		III	III	III	III	III	*	II	III
10		III	III	III	III	III	*	III	III
11		IV	IV	III	III	III	*	III	III
12		I	I	IV	IV	III	*	III	IV
13		I	I	I	I	IV	*	III	I

*Hembra muerta durante el proceso de ecdisis.

Tabla 9. Tiempo de desarrollo gonadal de hembras reproductoras *Litopenaeus vannamei* ablacionadas del tratamiento 3.

Tratamiento 3 (3 % de calamar)								
Réplicas Días	R31				R32			
	1	2	3	4	1	2	3	4
16	III	III	III	III	II	II	II	II
17	III	III	III	III	III	III	III	II
18	IV	IV	IV	III	III	III	III	III
19	I	I	I	IV	III	III	III	III
20	I	I	I	I	III	III	III	III
21	II	II	II	I	IV	IV	IV	III
22	II	II	II	II	I	I	I	IV
23	III	III	III	II	I	I	I	I
24	III	III	III	III	II	II	II	I
25	III	III	III	III	II	II	II	II
26	III	III	IV	III	II	II	II	II
27	IV	IV	I	III	III	III	III	II
28	I	I	I	IV	III	III	III	III
29	I	I	I	I	III	III	III	III
30	II	II	II	I	III	III	III	III
31	II	II	II	I	IV	IV	IV	III
1	III	II	II	II	I	I	I	IV
2	III	III	III	II	I	I	I	I
3	III	III	III	II	I	I	I	I
4	III	III	III	II	II	II	II	II
5	III	III	III	III	II	II	II	II
6	IV	III	III	III	III	II	II	II
7	I	IV	IV	III	III	II	III	III
8	I	I	I	III	III	III	III	III
9	II	I	I	IV	III	III	III	III
10	II	II	II	I	III	III	IV	III
11	III	II	II	I	IV	III	I	III
12	III	III	III	II	I	IV	I	IV
13	III	III	III	II	I	I	II	I
14	III	III	III	III	II	I	II	I
15	IV	IV	III	III	II	II	II	II
16	I	I	IV	III	III	II	*	II
17	I	I	I	III	III	III	*	III
18	II	II	I	III	III	III	*	III
19	II	II	II	IV	III	III	*	III
20	III	III	II	I	IV	III	*	III
21	III	III	III	I	I	IV	*	III
22	III	III	III	II	I	I	*	IV
23	III	III	III	II	II	I	*	I
24	III	III	III	III	II	II	*	I
25	IV	IV	III	III	III	II	*	II
26	I	I	IV	III	III	III	*	II
27	I	I	I	III	III	III	*	III
28	II	II	I	III	III	III	*	III
29	II	II	II	IV	III	III	*	III
30	III	III	II	I	IV	III	*	III
1	III	III	III	I	I	IV	*	III
2	III	III	III	II	I	I	*	IV
3	III	III	III	II	II	I	*	I
4	IV	IV	III	III	II	II	*	I
5	I	I	IV	III	III	II	*	II
6	I	I	I	III	III	III	*	II
7	II	II	I	III	III	III	*	III
8	II	II	II	IV	III	III	*	III
9	III	III	II	I	IV	III	*	III
10	III	III	III	I	I	IV	*	III
11	III	III	III	II	I	I	*	IV
12	III	III	III	II	II	I	*	I
13	IV	IV	III	III	II	II	*	I

*Hembra muerta durante el proceso de ecdisis.

Tabla 10. Calidad de huevos obtenidos con la dieta control (14,6 % de calamar).

Réplicas	Tratamiento Control (14,6 % de calamar)			
	R01		R02	
	Número de desoves	Número de huevos	Eclosión (%)	Número de huevos
1	279 000	83,33	279 000	83,33
2	279 000	83,33	279 000	88,89
3	263 500	88,24	294 500	84,21
4	294 500	89,47	263 500	64,71
5	294 500	84,21	279 000	88,89
6	294 500	84,21	279 000	88,89
7	294 500	84,21	310 000	85,00
8	279 000	61,11	279 000	83,33
9	294 500	84,21	248 000	43,75
10	294 500	89,47	279 000	88,89
11	279 000	88,89	310 000	90,00
12	294 500	89,47	294 500	84,21
13	294 500	84,21	294 500	84,21
14	310 000	85,00	310 000	85,00
15	310 000	85,00	325 500	85,71
16	310 000	90,00	310 000	90,00
17	310 000	80,00	294 500	78,95
18	310 000	90,00	310 000	85,00
19	294 500	89,47	325 500	85,71
20	310 000	85,00	325 500	90,48
21	310 000	85,00	310 000	80,00
22	310 000	90,00	325 500	85,71
23	310 000	85,00	325 500	85,71
24	*	*	325 500	90,48
25	*	*	310 000	90,00
Promedio Individual	296 522	85,17	299 460	83,64
Promedio Total				
Número de huevos			297 991	
Promedio Total				
Eclosión (%)			84,40	

*No existen valores.

Tabla 11. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 1 (8% de calamar).

Tratamiento 1 (8 % de calamar)				
Réplicas	R11		R12	
	Número de desoves	Numero de huevos	Numero de huevos	Eclosión (%)
1	279 000	83,33	248 000	87,50
2	248 000	87,50	263 500	94,12
3	279 000	83,33	263 500	88,24
4	279 000	83,33	294 500	94,74
5	217 000	28,57	294 500	89,47
6	248 000	87,50	263 500	82,35
7	263 500	88,24	294 500	94,74
8	248 000	87,50	232 500	46,67
9	325 500	85,71	279 000	88,89
10	294 500	84,21	310 000	95,00
11	263 500	88,24	279 000	88,89
12	263 500	88,24	294 500	84,21
13	279 000	83,33	341 000	90,91
14	279 000	83,33	310 000	85,00
15	294 500	84,21	310 000	85,00
16	310 000	80,00	*	*
Promedio Individual	273 188	81,66	285 200	86,38
Promedio Total				
Número de huevos			279 194	
Promedio Total				
Eclosión (%)			84,02	

*No existen valores.

Tabla 12. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 2 (5 % de calamar).

Tratamiento 2 (5 % de calamar)				
Réplicas	R21		R22	
	Número de desoves	Numero de huevos	Numero de huevos	Eclosión (%)
1	248 000	87,50	248 000	81,25
2	232 500	93,33	279 000	83,33
3	279 000	83,33	294 500	89,47
4	232 500	86,67	310 000	90,00
5	294 500	84,21	186 000	83,33
6	232 500	86,67	217 000	85,71
7	263 500	82,35	186 000	91,67
8	248 000	87,50	201 500	76,92
9	263 500	88,24	186 000	83,33
10	294 500	84,21	279 000	88,89
11	263 500	88,24	232 500	86,67
12	294 500	84,21	232 500	86,67
13	279 000	83,33	294 500	89,47
14	279 000	83,33	263 500	88,24
15	263 500	88,24	*	*
16	294 500	89,47	*	*
17	294 500	84,21	*	*
18	310 000	85,00	*	*
19	294 500	89,47	*	*
20	310 000	85,00	*	*
Promedio Individual	273 575	86,23	243 571	86,07
Promedio Total				
Número de huevos			258 573	
Promedio Total				
Eclosión (%)			86,15	

*No existen valores.

Tabla 13. Calidad de huevos obtenidos con la dieta del tratamiento 3 (3 % de calamar).

Tratamiento 3 (3 % de calamar)				
Réplicas	R ₃₁		R ₃₂	
	Número de desoves	Número de huevos	Eclosión (%)	Número de huevos
1	310 000	90,00	294 500	89,47
2	325 500	85,71	217 000	78,57
3	232 500	93,33	248 000	81,25
4	310 000	85,00	279 000	83,33
5	217 000	85,71	279 000	83,33
6	232 500	86,67	248 000	87,50
7	201 500	84,62	279 000	83,33
8	310 000	85,00	294 500	84,21
9	232 500	86,67	279 000	83,33
10	325 500	85,71	310 000	85
11	217 000	35,71	294 500	89,47
12	263 500	88,24	294 500	84,21
13	263 500	88,24	310 000	85,00
14	310 000	85	*	*
15	232 500	86,67	*	*
16	310 000	85,00	*	*
17	263 500	88,24	*	*
18	325 500	85,71	*	*
Promedio Individual	271 250	83,96	279000	84,46
Promedio Total				
Número de huevos			275 125	
Promedio Total				
Eclosión (%)			84,21	

*No existen valores.

Tabla 14. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta control (14,6 % de calamar).

Tratamiento control (14,6 % de calamar)		
Réplicas	R01	R02
Número de desoves	Nauplios viables	Nauplios viables
1	93 000	108 500
2	108 500	108 500
3	124 000	108 500
4	124 000	77 500
5	108 500	124 000
6	124 000	124 000
7	139 500	124 000
8	108 500	108 500
9	108 500	46 500
10	139 500	124 000
11	139 500	139 500
12	139 500	124 000
13	124 000	124 000
14	139 500	139 500
15	139 500	139 500
16	139 500	139 500
17	139 500	139 500
18	139 500	155 000
19	124 000	155 000
20	139 500	139 500
21	155 000	139 500
22	155 000	155 000
23	139 500	139 500
24	*	170 500
25	*	139 500
Promedio Individual	130 065	127 720
Promedio Total	128 893	

*No existen valores.

Tabla 15. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 1 (8 % de calamar).

Tratamiento 1 (8 % de calamar)		
Réplicas	R11	R12
Número de desoves	Número de nauplios	Número de nauplios
1	108 500	108 500
2	108 500	124 000
3	124 000	124 000
4	108 500	155 000
5	31 000	139 500
6	108 500	108 500
7	124 000	155 000
8	108 500	46 500
9	139 500	139 500
10	124 000	155 000
11	139 500	139 500
12	108 500	139 500
13	124 000	170 500
14	124 000	155 000
15	124 000	139 500
16	139 500	*
Promedio Individual	115 281	133 300
Promedio Total		124 291

*No existe valor.

Tabla 16. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 2 (5 % de calamar).

Tratamiento 2 (5 % de calamar)		
Réplicas	R21	R22
Número de desoves	Número de nauplios	Número de nauplios
1	93 000	93 000
2	93 000	108 500
3	108 500	124 000
4	93 000	139 500
5	108 500	108 500
6	93 000	108 500
7	108 500	93 000
8	108 500	93 000
9	108 500	108 500
10	108 500	124 000
11	108 500	124 000
12	124 000	124 000
13	93 000	139 500
14	108 500	124 000
15	108 500	*
16	139 500	*
17	124 000	*
18	124 000	*
19	124 000	*
20	124 000	*
Promedio Individual	110 050	115 143
Promedio Total		112 597

*No existen valores.

Tabla 17. Cantidad de nauplios viables obtenidos con la dieta del tratamiento 3 (3 % de calamar).

Tratamiento 3 (3 % de calamar)		
Réplicas	R31	R32
Número de desoves	Número de nauplios	Número de nauplios
1	139 500	124 000
2	124 000	77 500
3	93 000	108 500
4	124 000	108 500
5	139 500	108 500
6	108 500	108 500
7	93 000	124 000
8	124 000	124 000
9	124 000	139 500
10	139 500	124 000
11	31 000	139 500
12	124 000	139 500
13	139 500	124 000
14	124 000	*
15	93 000	*
16	124 000	*
17	139 500	*
18	139 500	*
Promedio Individual	117 972	119 231
Promedio Total		118 601

*No existen valores.

Tabla 18. Promedios de las réplicas según cada tratamiento de acuerdo a las variables de estudio.

Variables		14,6 %		8 %		5 %		3 %	
		Réplicas		Réplicas		Réplicas		Réplicas	
		R01	R02	R11	R12	R21	R22	R31	R32
Peso (g)	Hembras	32,29	32,64	33,99	33,10	33,80	34,34	32,83	33,09
Tiempo de desarrollo gonadal	Días	6	6,5	8,5	9	9	9,5	10	10,5
Calidad de huevos	Número de huevos/hembra	296 522	299 460	273 188	285 200	273 575	243 571	271 250	279 000
	% de eclosión	85,17	83,64	81,66	86,38	86,23	86,07	83,96	84,46
Calidad de nauplios	Nauplios viables	130 065	127 720	115 281	133 300	110 050	115 143	117 972	119 231

Tabla 19. Análisis de varianza de las variables de investigación utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

Variables		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso de hembras	Entre grupos	1,704	3	,568	2,887	,166
	Dentro de grupos	,787	4	,197		
	Total	2,491	7			
Tiempo de desarrollo gonadal	Entre grupos	17,375	3	5,792	46,333	,001
	Dentro de grupos	,500	4	,125		
	Total	17,875	7			
Calidad de huevos	Número de huevos/hembra				3,768	,116
	Entre grupos	1572839084	3	524279694,7		
	Dentro de grupos	556598392,4	4	139149598,1		
Calidad de nauplios	% de eclosión				2,228	,227
	Entre grupos	5,784	3	1,928		
	Dentro de grupos	12,447	4	3,112		
Calidad de nauplios	Nauplios viables				2,228	,227
	Entre grupos	298908541,500	3	99636180,500		
	Dentro de grupos	178853558,000	4	44713389,500		
Total		477762099,500	7			

Tabla 20. Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en el tiempo de desarrollo gonadal que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Tratamiento Control	Tratamiento 1	-2,50000*	,35355	,007	-3,9393	-1,0607
	Tratamiento 2	-3,00000*	,35355	,004	-4,4393	-1,5607
	Tratamiento 3	-4,00000*	,35355	,001	-5,4393	-2,5607
Tratamiento 1	Tratamiento Control	2,50000*	,35355	,007	1,0607	3,9393
	Tratamiento 2	-,50000	,35355	,553	-1,9393	,9393
	Tratamiento 3	-1,50000*	,35355	,044	-2,9393	-,0607
Tratamiento 2	Tratamiento Control	3,00000*	,35355	,004	1,5607	4,4393
	Tratamiento 1	,50000	,35355	,553	-,9393	1,9393
	Tratamiento 3	-1,00000*	,35355	,146	-2,4393	,4393
Tratamiento 3	Tratamiento Control	4,00000*	,35355	,001	2,5607	5,4393
	Tratamiento 1	1,50000*	,35355	,044	,0607	2,9393
	Tratamiento 2	1,00000	,35355	,146	-,4393	2,4393

*La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Tabla 21. Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey^a de la variable dependiente en el tiempo de desarrollo gonadal que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		1	2	3
Tratamiento Control	2	6,2500		
Tratamiento 1	2		8,7500	
Tratamiento 2	2		9,2500	9,2500
Tratamiento 3	2			10,2500
Sig.		1,000	,553	,146

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Tabla 22. Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de los huevos (número de huevos por hembra) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Tratamiento Control	Tratamiento 1	18797,000	11796,169	,472	-29223,51	66817,51
	Tratamiento 2	39417,786	11796,169	,092	-8602,72	87438,30
	Tratamiento 3	22866,000	11796,169	,342	-25154,51	70886,51
Tratamiento 1	Tratamiento Control	-18797,000	11796,169	,472	-66817,51	29223,51
	Tratamiento 2	20620,786	11796,169	,409	-27399,72	68641,30
	Tratamiento 3	4069,000	11796,169	,984	-43951,51	52089,51
Tratamiento 2	Tratamiento Control	-39417,786	11796,169	,092	-87438,30	8602,72
	Tratamiento 1	-20620,786	11796,169	,409	-68641,30	27399,72
	Tratamiento 3	-16551,786	11796,169	,558	-64572,30	31468,72
Tratamiento 3	Tratamiento Control	-22866,000	11796,169	,342	-70886,51	25154,51
	Tratamiento 1	-4069,000	11796,169	,984	-52089,51	43951,51
	Tratamiento 2	16551,786	11796,169	,558	-31468,72	64572,30

*La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Tabla 23. Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey^a de la variable dependiente en el número de huevos por hembra que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$
		1
Tratamiento 2	2	258573,21
Tratamiento 3	2	275125,00
Tratamiento 1	2	279194,00
Tratamiento Control	2	297991,00
Sig.		,092

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Tabla 24. Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de los huevos (% de eclosión) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Tratamiento Control	Tratamiento 1	,38500	1,76405	,996	-6,7962	7,5662
	Tratamiento 2	-1,74500	1,76405	,764	-8,9262	5,4362
	Tratamiento 3	,19500	1,76405	,999	-6,9862	7,3762
Tratamiento 1	Tratamiento Control	-,38500	1,76405	,996	-7,5662	6,7962
	Tratamiento 2	-2,13000	1,76405	,654	-9,3112	5,0512
	Tratamiento 3	-,19000	1,76405	,999	-7,3712	6,9912
Tratamiento 2	Tratamiento Control	1,74500	1,76405	,764	-5,4362	8,9262
	Tratamiento 1	2,13000	1,76405	,654	-5,0512	9,3112
	Tratamiento 3	1,94000	1,76405	,709	-5,2412	9,1212
Tratamiento 3	Tratamiento Control	-,19500	1,76405	,999	-7,3762	6,9862
	Tratamiento 1	,19000	1,76405	,999	-6,9912	7,3712
	Tratamiento 2	-1,94000	1,76405	,709	-9,1212	5,2412

*La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Tabla 25. Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey^a de la variable dependiente en la calidad de huevos que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$
		1
Tratamiento 1	2	84,0200
Tratamiento 3	2	84,2100
Tratamiento Control	2	84,4050
Tratamiento 2	2	86,1500
Sig.		,654

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Tabla 26. Prueba post hoc HSD de Tukey de la variable dependiente en la calidad de nauplios (nauplios viables) que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95 % de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Tratamiento Control	Tratamiento 1	4602,000	6686,807	,897	-22619,03	31823,03
	Tratamiento 2	16296,000	6686,807	,211	-10925,03	43517,03
	Tratamiento 3	10291,000	6686,807	,496	-16930,03	37512,03
Tratamiento 1	Tratamiento Control	-4602,000	6686,807	,897	-31823,03	22619,03
	Tratamiento 2	11694,000	6686,807	,409	-15527,03	38915,03
	Tratamiento 3	5689,000	6686,807	,829	-21532,03	32910,03
Tratamiento 2	Tratamiento Control	-16296,000	6686,807	,211	-43517,03	10925,03
	Tratamiento 1	-11694,000	6686,807	,409	-38915,03	15527,03
	Tratamiento 3	-6005,000	6686,807	,808	-33226,03	21216,03
Tratamiento 3	Tratamiento Control	-10291,000	6686,807	,496	-37512,03	16930,03
	Tratamiento 1	-5689,000	6686,807	,829	-32910,03	21532,03
	Tratamiento 2	6005,000	6686,807	,808	-21216,03	33226,03

*La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Tabla 27. Subgrupos según la prueba post hoc HSD de Tukey^a de la variable dependiente en la calidad de nauplios que se indica utilizando el programa computacional SPSS Statistics, versión 22.

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$
		1
Tratamiento 2	2	112596,50
Tratamiento 3	2	118601,50
Tratamiento 1	2	124290,50
Tratamiento Control	2	128892,50
Sig.		,211

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.