



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE TUMBES**



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

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA  
ACUICOLA**

**Efecto de *Schizochytrium* sp. como complemento en la  
alimentación balanceada, en el crecimiento y  
supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei***

**INFORME DE TESIS**

PRESENTADO POR:

BACH. JOSÉ STALIN GUERRERO GARCÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

TUMBES, PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE TUMBES**



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

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA  
ACUICOLA**

**Efecto de *Schizochytrium sp.* como complemento en la  
alimentación balanceada, en el crecimiento y  
supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei***

**INFORME DE TESIS**

PRESENTADO POR:

BACH. JOSÉ STALIN GUERRERO GARCÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

TUMBES, PERÚ

2019

## TESIS DE PREGRADO

**Efecto de *Schizochytrium* sp. como complemento en la alimentación balanceada, en el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei***

Autor:

Bach. José Stalin Guerrero García

Asesor:

Mg. Jorge Humberto Carrasco Casariego

Área: Ciencias Naturales.

Línea de investigación: Diversificación de la acuicultura.

TUMBES, PERU

2019

## RESPONSABLES

Bach. JOSÉ STALIN GUERRERO GARCÍA

---

EJECUTOR

Mg. JORGE HUMBERTO CARRASCO CASARIEGO

---

ASESOR

## MIEMBROS DEL JURADO

Dr. ADÁN ALVARADO BERNUY

---

PRESIDENTE

Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA

---

SECRETARIO

Dr. LEOCADIO MALCA ACUÑA

---

VOCAL

## AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila, por mostrarme su apoyo académico para la realización de esta tesis.

Al Mg. Jorge Humberto Carrasco Casariego, por mostrarme su apoyo para la realización de este proyecto de investigación, así como a asesorarme en todo lo concerniente a ello.

A la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar por haberme facilitado el uso de la infraestructura del laboratorio para ejecutar este trabajo y formarme profesionalmente en esta ciencia.

Al M. Sc. Juan Luzardo Solís, gerente del laboratorio del Centro de Investigación y Producción de Poslarvas de *Litopenaeus vannamei* Marinasol S.A. por apoyarme con los individuos de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* y con la biomasa de *Schizochytrium* sp.

A la M. Sc. Yovani Luzmila Rosales Maceda, por su orientación y brindarme el camino para realizar esta investigación.

Al Ing. Marlon Santana por el apoyo en el soporte técnico y logístico para desarrollar esta investigación.

A mis padres Hayde Adanaque y Jose Guerrero, a mi hijo Santiago Guerrero, por ser el motivo incesante para culminar este trabajo.

## **DEDICATORIAS:**

Por un acto de justicia y amor propio, me lo dedico solo a mí.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. ANTECEDENTES .....	15
2.1. Los lípidos en la nutrición acuícola.....	15
2.2. Importancia del aceite de pescado .....	18
2.3. Thraustochytridos como fuente de producción de PUFAs.....	19
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
3.1. Material biológico.....	21
3.2. Material de laboratorio.....	21
3.3. Equipos.....	21
3.4. Insumos.....	21
3.5. Tipo y diseño de contrastación de hipótesis .....	22
3.6. Diseño experimental.....	22
3.7. Ubicación del lugar y periodo de investigación.....	24
3.8. Población.....	24
3.9. Muestra y muestreo.....	25
3.10. Preparación de acuarios y siembra de poslarvas .....	26
3.11. Manejo del cultivo y monitoreo del agua .....	28
3.12. Desarrollo branquial .....	31
3.13. Procesamiento y análisis de datos .....	31
IV. RESULTADOS.....	32
4.1. Crecimiento .....	32
4.1.1. Crecimiento absoluto (CA).....	32
4.1.2. Crecimiento relativo (CR).....	32

4.1.3. Tasa de crecimiento absoluto (TCA).....	33
4.1.4. Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	34
4.1.5. Tasa de crecimiento específico (TCE) .....	34
4.2. Supervivencia .....	35
4.3. Desarrollo branquial .....	36
4.4. Consumo de alimento balanceado y biomasa <i>Schizochytrium</i> sp. ....	37
4.5. Manejo y monitoreo de la calidad del agua .....	38
4.6. Análisis estadístico .....	38
V. DISCUSIÓN .....	39
VI. CONCLUSIONES .....	41
VII. RECOMENDACIONES .....	42
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
IX. ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Dosificación, denominación y número de repeticiones del diseño experimental. ....	23
Tabla 2. Distribución de tratamientos en las unidades experimentales (acuario). 23	
Tabla 3. Condiciones del cultivo. ....	25
Tabla 4. Cantidad (g) de alimento balanceado diario por estadio poslarval de <i>Litopenaeus vannamei</i> . ....	29
Tabla 5. Biomasa (g) de <i>Schizochytrium</i> sp. diario por estadio poslarval de <i>Litopenaeus vannamei</i> . ....	29
Tabla 6. Identificación de estadios poslarvales de <i>Litopenaeus vannamei</i> según el número de filamentos branquiales. ....	31
Tabla 7. Indicadores de crecimiento por tratamiento experimental. ....	35
Tabla 8. Supervivencia y desviación estándar por tratamiento experimental. ....	36
Tabla 9. Tasa de crecimiento absoluto (TCA), relativo (TCR) y específico (TCE) para el peso (mg) de poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> . ....	46
Tabla 10. Población inicial, población final y supervivencia por número de acuario y tratamiento experimental. ....	46
Tabla 11. Desarrollo branquial de poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> de PL7 a PL17 por día de cultivo. ....	47
Tabla 12. Peso y población por acuario y tratamiento experimental. ....	48
Tabla 13. Registro de parámetros fisicoquímicos en el ciclo de producción de larvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> . ....	48
Tabla 14. Consumo de alimento balanceado y <i>Schizochytrium</i> sp. por día de cultivo y tratamiento experimental en poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> (PL1 - PL10) ....	49
Tabla 15. Consumo de alimento balanceado y <i>Schizochytrium</i> sp. por día de cultivo y tratamiento experimental en poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> (PL11 - PL20). ....	50
Tabla 16. Indicadores de crecimiento por número de acuario y tratamiento experimental. ....	51
Tabla 17. Prueba de homogeneidad de varianzas ....	52

Tabla 18. ANOVA de un factor .....	52
Tabla 19. Peso final (mg).....	53
Tabla 20. Crec. Absoluto (mg).....	53
Tabla 21. Tasa de crec. relativo (%/día) .....	53
Tabla 22. Crec. Relativo (%).....	54
Tabla 23. Tasa de crec. absoluto (mg/día) .....	54
Tabla 24. Tasa de crec. relativo (%/día) .....	54
Tabla 25. Tasa de crec. específico (%/día) .....	55
Tabla 26. Supervivencia (%).....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del experimento .....	24
Figura 2. Promedio del crecimiento absoluto por tratamiento experimental .....	32
Figura 3. Promedio del crecimiento relativo por tratamiento experimental. ....	33
Figura 4. Promedio de la tasa de crecimiento absoluto por tratamiento experimental. ....	33
Figura 5. Promedio de la tasa de crecimiento relativo por tratamiento experimental. ....	34
Figura 6. Promedio de la tasa de crecimiento específico por tratamiento experimental. ....	35
Figura 7. Desarrollo branquial por tratamiento experimental. ....	36
Figura 8. Consumo de <i>Schizochytrium</i> sp. por tratamiento experimental. ....	37
Figura 9. Consumo de alimento balanceado por tratamiento experimental.....	37
Figura 10. Consumo total por tipo de alimento. ....	38
Figura 11. Limpieza y desinfección de unidades experimentales. ....	56
Figura 12. Pesado del alimento balanceado.....	56
Figura 13. Pesado de <i>Schizochytrium</i> sp.....	57
Figura 14. Distribución del alimento por tratamiento experimental.....	57
Figura 15. Alimentación de las poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	58
Figura 16. Conteo de poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> para determinar la supervivencia. ....	58
Figura 17. Observación microscópica de la poslarva de <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	59

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20), cultivadas con diferentes dosis de biomasa de *Schizochytrium* sp. como complemento en la alimentación balanceada. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio compuesto por tres repeticiones de cada tratamiento: 2,5 %, 5 % y 10 % de biomasa de *Schizochytrium* sp. y adicionalmente dos controles: 0 % y 100 % de biomasa de *Schizochytrium* sp. La población inicial por cada unidad experimental fue de 700 poslarvas, cultivadas a 20 PL/L. El porcentaje de proteína del alimento balanceado utilizado fue de 49 %. Los resultados indicaron que existe un efecto positivo de la biomasa de *Schizochytrium* sp. en el crecimiento y supervivencia ( $p < 0,05$ ) de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* como complemento en la alimentación balanceada. Los mejores rendimientos se obtuvieron con 5 % de biomasa de *Schizochytrium* sp., siendo el crecimiento absoluto de 3162 mg, crecimiento relativo de 8,36%, la tasa de crecimiento absoluto fue 158,1 mg/día, la tasa de crecimiento relativo 0,418 %/día, la tasa de crecimiento específico 11,2 %/día y la supervivencia fue de 92,05 %, además, se determinó que no hay diferencias significativas en el uso de biomasa de *Schizochytrium* sp. al 5 % y 10 % ( $p > 0,05$ ). Los resultados de los parámetros de crecimiento y supervivencia más bajos se observaron con 100 % y 0 % de biomasa de *Schizochytrium* sp. Las condiciones fisicoquímicas de la calidad del agua para el desarrollo del cultivo de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* fueron: salinidad de 28 ppt, temperatura promedio de 28° C, pH 8,05 y oxígeno disuelto de 4,7 mg/L.

**Palabras clave:** *Litopenaeus vannamei*, *Schizochytrium* sp., alimentación, cultivo, PUFAs.

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine the growth and survival of post larvae of *Litopenaeus vannamei* (PL1 - PL20), raised with different biomass doses of *Schizochytrium sp.* as a food supplement in the balanced diet. A completely random experimental design was used based on three replicates in each treatment: 2,5 %, 5 % and 10 % of *Schizochytrium sp.* biomass and additionally 2 control treatments, 0 % and 100% of *Schizochytrium sp.* Biomass. The initial population for each experimental unit was 700 post larvae, raised at a concentration of 20 PL/L. The protein percentage used in the feed was 49 %. The results indicated a positive effect of the biomass of *Schizochytrium sp.* used for the growth and survival ( $p < 0,05$ ) of post larvae of *Litopenaeus vannamei* as a food complement in the balanced diet. The best results were obtained with 5 % of *Schizochytrium sp.* biomass, producing an absolute growth of 3162 mg, a relative growth of 8,36 %, the absolute growth rate was 158,1 mg/day, the relative growth rate 0,418 %/day, the specific growth rate 11,2%/day and the survival was 92,05 %. In addition, it was determined that there are no significant differences in the biomass use of *Schizochytrium sp.* at 5 % and 10 % ( $p > 0,05$ ). The results of the lowest growth and survival parameters were observed with 100% and 0% of *Schizochytrium sp.* biomass. Physicochemical conditions of water quality for the development of the post larvae culture of *Litopenaeus vannamei* were: salinity at 28 ‰, average temperature at 28° C, pH 8,05 and dissolved oxygen at 4,7 mg/L.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*, *Schizochytrium sp.*, diet, culture, PUFAs.

## I. INTRODUCCIÓN

El alimento para la acuicultura está basado principalmente en alimento balanceado, donde uno de los insumos principales es el aceite de pescado, el cual aporta un alto valor nutricional por su contenido de ácidos grasos omega-3 de cadena larga (Valenzuela, Sanhueza C y de la Barra 2012).

El descubrimiento de las propiedades benéficas de los ácidos grasos omega-3 que los aceites marinos contienen en alta proporción y su utilización en la preparación de alimentos para la acuicultura, (...) ha transformado al aceite de pescado en un producto escaso, de alto valor comercial y de creciente demanda por sus propiedades nutricionales, esto ha promovido disminución poblacional de la anchoveta para la obtención del aceite como fuente de ácidos grasos polinsaturados: PUFAs (Valenzuela, Sanhueza y de la Barra 2012).

En la fase de larvicultura de *Litopenaeus vannamei*, Broock citado en (FAO 1993, 9) señala que el aspecto nutricional juega un rol importante en la reducción de la mortalidad y la mala calidad de las larvas, especialmente en su constitución bioquímica-nutricional, lo que les permite tener diferentes grados de resistencia a condiciones adversas. Los laboratorios por lo tanto intentan simular en lo posible todas las condiciones del medio natural e igualar o compensar la deficiencia nutricional con diferentes dietas y prácticas de alimentación.

A medida que se va desarrollando la larva de *Litopenaeus vannamei* ésta tiene la capacidad de ingerir otro tipo de alimento y posee otros requerimientos nutricionales. Estos requerimientos son cubiertos con alimento artificial y/o con alimento vivo. Entre los alimentos vivos más conocidos esta *Artemia* sp. que representa una excelente fuente de ácidos grasos y su utilización está ampliamente difundida (FAO 1993, 4).

Nutricionalmente *Artemia* sp. es altamente digerible y aparentemente cubre la mayoría de los requerimientos de macro y micro nutrientes de larvas de peces y crustáceos. Los diferentes tipos y orígenes de cada *Artemia* sp. determinan la calidad de los mismos; el único punto en el cual coinciden todos los tipos es en la existencia de ácidos grasos altamente insaturados, sin embargo carecen de ácido docosahexaenoico (DHA) el cual un ácido graso esencial

poliinsaturado de la serie omega-3 y es considerado un factor importante en la supervivencia y crecimiento de las larvas (FAO 1993).

Para superar esta situación problemática, de satisfacer el requerimiento nutricional del DHA en alimentación de *Litopenaeus vannamei*, cuyas fuentes como el aceite de pescado escasean debido sus costos y poca disponibilidad de materia prima, y la ausencia de PUFAs en los lípidos obtenidos de *Artemia* sp., es necesario buscar en ese sentido, alternativas complementarias que posean un alto contenido lipídico y cuente con una proporción alta de PUFAs como el DHA, que ayude a mejorar el crecimiento y supervivencia de las especies a las cuales se les suministra este complemento.

En este aspecto, los thraustochytridos son considerados como la mejor fuente complementaria, debido a su alto contenido lipídico, con una proporción alta de PUFAs. Los thraustochytridos pertenecen a un grupo de microorganismos zoospóricos marinos; estos organismos producen moléculas de alto valor biológico, como los ácidos grasos poliinsaturados, y también biosintetizan el thraustochitrosido C (26) que, se presume, mejorará el crecimiento de larvas y juveniles de las especies acuícolas (Aquahoy 2005, 1)

Tal es así, que la solución propuesta en esta investigación es utilizar la biomasa de *Schizochytrium* sp. (thraustochytridos) como complemento en la alimentación de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*, estos microorganismos protistas presentes en los manglares poseen PUFAs con alto contenido de ácido docosahexaenoico (DHA).

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Los lípidos en la nutrición acuícola

Los lípidos son importantes nutricionalmente para el desarrollo biológico de *Litopenaeus vannamei*, sin embargo, los niveles y tipos de lípidos utilizados en la alimentación también están condicionados por la economía, las limitaciones de los procedimientos de fabricación y la calidad del producto. Los niveles de lípidos de los alimentos de producción comercial oscilan entre el 5 % y 10 % de la dieta y generalmente se basan en lípidos marinos de alta calidad para suministrar ácidos grasos esenciales (Davis 2005).

Estudios anteriores en el requerimiento dietético de lípidos totales en larvas de *Penaeus japonicus* utilizando aceite de hígado de abadejo y lecitina de soya, señalan que con niveles entre 6,5 y 16,5 % no se observan diferencias significativas en el crecimiento y la supervivencia (García-Galano 2000).

Briggs (1994) afirma que excesivos niveles de lípidos en la alimentación de *Penaeus monodon*, presenta efectos negativos en su crecimiento y supervivencia, sin embargo, hay que considerar que algunos de los resultados alcanzados pueden haberse dado debido a las distintas calidades de los lípidos empleados en la preparación del alimento, como lo menciona (García-Galano 2000).

Estudios realizados sobre crecimiento y supervivencia del langostino juvenil *Macrobrachium rosenbergii*, con dietas experimentales en la alimentación complementaria durante 60 días con aceite de pescado, *Schizochytrium* sp. y aceite de soya, indican que los langostinos *Macrobrachium rosenbergii*, alimentados con 2 % de *Schizochytrium* sp. + 1 % de aceite de soya mostraron el mejores resultados en el peso final, porcentaje de aumento de peso, aumento absoluto de peso diario, tasa de crecimiento específico y la relación de conversión alimenticia ( $p < 0,05$ ) mientras que los alimentados con 1,5 % *Schizochytrium* sp. + 1,5 % aceite de pescado o 3% *Schizochytrium* sp. tuvieron la mayor supervivencia (Kangpanich, Pratoomyot y Senanan 2017).

La sustitución de aceite de pescado por combinaciones de *Schizochytrium* sp. y aceite de soya mejora significativamente el rendimiento del crecimiento y la utilización de alimento, las dietas que contenían 2 % de *Schizochytrium* sp. + 1 % de aceite de soya o 1,5 % de *Schizochytrium* sp. + 1,5 % de aceite de soya, mejoran el crecimiento y la supervivencia para los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* respectivamente (Kangpanich, Pratoomyot y Senanan 2017).

Poslarvas de *Litopenaeus vannamei* alimentadas con *Schizochytrium* sp. al 2 %, 5 % y 10 % a 5 y 25 partes por mil (ppt) de salinidad durante 30 días, nos indican que a salinidad de 5 ppt la tasa de supervivencia más alta fue 84 % con el 10 % *Schizochytrium* sp. La poslarva alimentada con 2 % de *Schizochytrium* sp. tuvieron el peso promedio más alto de 1,071 g, seguido por 5 %, 10 %, respectivamente. A 25 ppt de salinidad, la tasa de supervivencia con 10 % de *Schizochytrium* sp. fue de 98 % que era significativamente diferente del grupo de control y otros grupos de tratamiento ( $p < 0,05$ ), el peso medio de poslarva alimentada al 2 % y 10 % de *Schizochytrium* sp. fueron 0,705 g y 0,701 g, respectivamente (Thai National AGRIS Centre 2009).

Recientes estudios sobre los efectos de la complementación dietética con harina de *Schizochytrium* al 2 %, 4 % y 6 % en la supervivencia y el crecimiento en larvas de *Litopenaeus vannamei* demuestran que no hay diferencias significativas en la supervivencia entre los tratamientos dietéticos ( $p > 0,05$ ). Las larvas alimentadas con dietas con harina de *Schizochytrium* sp. al 2 % y 4 % tuvieron una tasa de crecimiento específico significativamente mayor que la de los alimentados con dietas con 0 % y 6 % de harina de *Schizochytrium* sp. y no se observaron diferencias significativas entre larvas alimentadas con dietas con 2 % y 4 % de harina de *Schizochytrium* sp. ( $p > 0,05$ ). Esto indicó que la harina de *Schizochytrium* sp. al 4% en la alimentación complementaria puede mejorar el rendimiento de crecimiento (Wang y otros 2016).

“El conocimiento de los requerimientos nutricionales de *Litopenaeus vannamei* es fundamental en la formulación de dietas que permitan el crecimiento óptimo en diferentes condiciones ambientales y fases del desarrollo animal” (Gucic y otros 2013, 1201).

Sin embargo, los estudios realizados sobre los requerimientos nutricionales en la acuicultura están en reciente desarrollo en comparación a otras ramas de alimentación animal, la mayor parte de la investigación sobre nutrición se ha realizado en peces y de éstos, los salmónidos son los más estudiados, seguidos por trabajos realizados en la carpa común y el bagre. Sin embargo, recientemente se ha dado gran atención a otras especies que incluyen organismos tropicales de aguas salobres y marinas de diferentes partes del mundo (FAO 1989).

Hay una fuerte evidencia que sugiere que los requerimientos de camarón para ciertas vitaminas y nutrientes esenciales pueden ser altos (ej. por arriba de lo requerido para desarrollo y crecimiento normal) bajo estrés o condiciones ambientales adversas, para aumentar la inmunocompetencia y resistencia a las enfermedades, incluyendo el requerimiento de vitamina C, vitamina A, astaxantina, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, fosfolípidos y casi indudablemente otras vitaminas y nutrientes (Tacon, Dominy y Pruder 2000).

Los lípidos son un componente importante en la dieta de *Litopenaeus vannamei* ya que proporcionan una fuente de energía concentrada y altamente digerible, suministran ácidos grasos esenciales como el EPA y DHA, son constituyentes estructurales que confieren a las membranas con sus propiedades de fluidez, sirven como vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), contribuyen como precursor de los reguladores metabólicos tales como prostaglandinas, tromboxanos, y prostaciclina; precursores de hormonas que promueven maduración, muda y crecimiento y contribuyen con la palatabilidad y atractibilidad de los alimentos (Davis 2005).

Existe una necesidad de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de la serie del linolénico (n-3) para los estadios larvales de *Penaeus japonicus*, siendo más efectivos que los de la serie del linoleico (n-6). Los requerimientos de los ácidos grasos esenciales parecen variar con los niveles de fosfolípidos dietéticos (García-Galano 2000).

## **2.2. Importancia del aceite de pescado**

El aceite de pescado es un producto de origen natural obtenido de la reducción de pesca pelágica, con el fin de generar una línea de productos grasos, este es un producto ampliamente utilizado en la formación de alimentos balanceados para la nutrición acuícola (Zaldívar 2002).

El aceite de pescado tiene una clara ventaja sobre todos los demás productos de origen vegetal y animal, ya que esta materia grasa contiene en su formulación ácidos grasos de cadena larga (hasta 22 átomos de carbono) con elevada insaturación (5 a 6 insaturaciones) y de conformación Omega 3 (Zaldívar 2002).

Los principales ácidos grasos de este tipo son el EPA y el DHA, ácidos grasos que no se encuentran presentes ni en los alimentos proteicos vegetales ni animales. Las ventajas de estos ácidos grasos son las de ser indispensables para la conformación y formación del sistema biológico. Además, el EPA actúa en algunos organismos como elemento reforzador de los sistemas inmunológicos, anti infeccioso y anti inflamatorio. Todas estas propiedades serán de vital importancia en los alimentos acuícolas así también como de otros animales (Zaldívar 2002, 1).

A pesar del alto valor nutricional del aceite de pescado, hay crecientes dudas concernientes a la disponibilidad y costo a largo plazo de este ingrediente. Junto con los recientes incrementos en el precio de la harina y del aceite de pescado, existe una gran preocupación referente a la sustentabilidad de los sistemas de cultivo basado en el uso de estos valiosos y finitos recursos pesqueros y en particular referente a la

eficiencia y ética en el uso de estos recursos pesqueros como alimento para animales, incluyendo peces, en vez de ser utilizados como alimentos para humanos (Tacon, Dominy y Pruder 2000).

### **2.3. Thraustochytridos como fuente de producción de PUFAs**

Los Thraustochytridos son un grupo diverso de protistas pertenecientes al Reino STRAMINIPILA, clase Labyrinthulomycetes. Hasta ahora se han descritos seis géneros de la familia Thraustochytriaceae: Althornia, Ulkenia, Japonochytrium, Aurantiochytrium, *Schizochytrium* y Thraustochytrium (Raghukumar 2002).

Bremer (2000) manifiesta que estos protistas son de forma esférica uniforme, oscilando entre 30 micras y 100 micras de diámetro, los cuales pueden encontrarse aislados o agrupados sin interconexiones; poseen una pared formada por múltiples capas delgadas de polisacáridos y sus esporas son biflageladas.

Estos microorganismos se encuentran comúnmente en hábitats marinos y estuarinos. Así mismo se han reportado en superficies de algas, detritus marino, fitoplancton e invertebrados; se concentran preferentemente en la columna de agua y en sedimentos según Raghukumar (2002). Así mismo se ha demostrado que desempeñan un papel importante en estos ecosistemas ya que actúan en el medio ambiente como comensales de otros organismos saprobios y se alimentan de materia orgánica (Fan, Vrijmoed y Jones, 2002). Se han aislado a partir de una amplia gama de hábitats en todo el mundo, incluyendo aguas hipersalinas, lagos y profundidades del mar (King-Wai y otros 2007).

Los thraustochytridos son estudiados principalmente por su capacidad de producir PUFAs de cadena larga, siendo el de principal interés el ácido docosahexaenoico (DHA) cuyo consumo está asociado a numerosos efectos positivos para la salud de seres humanos y en la dieta de animales (Livisay y otros 2000).

Los ácidos grasos totales obtenidos a partir de estos microorganismos, pueden constituir más de 50 % del peso celular seco en donde cerca del 30 % de los ácidos grasos son DHA (Nakahara y otros 1996).

### III. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Material biológico

- 10500 poslarvas de *Litopenaeus vannamei* en estadio PL1

#### 3.2. Material de laboratorio

- 15 recipientes de vidrio (acuarios) con una capacidad volumétrica de 40 litros.
- Mallas para filtros (400  $\mu\text{m}$ , 300  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$ ).
- Mallas para tamizar el alimento (100  $\mu\text{m}$ ; 150  $\mu\text{m}$ ; 200  $\mu\text{m}$ ; 400  $\mu\text{m}$ ).
- Chayos de tela tul (0,50  $\mu\text{m}$ ).
- Laminas porta objeto.
- Tarrinas de plástico de 400 mL.
- Agujas hipodérmicas,
- Filtros de PVC

#### 3.3. Equipos

- Balanza analítica Greetmeed (hasta 500 g).
- Oxímetro YSI 550A, 0 a 500% saturación de aire, 0 a 50 mg/L. Precisión: 0-200 %:  $\pm 2\%$  sat. de aire ó  $\pm 2\%$  de la lectura, el que sea mayor. Temperatura -5 a 45° C.
- Microscopio binocular biológico CX-41
- Blower (4 HP y 6 HP)
- Filtros de arena (Arias 8000)
- Phmetro, medidor de ORP (potenciómetro) HI 9125
- Refractómetro S-100

#### 3.4. Insumos

- Alimento extruído microesferizado para poslarvas de *Litopenaeus vannamei* desde PL1 – Epibal, con 49% de proteína.
- Biomasa seca de *Schizochytrium* sp.
- Hipoclorito de sodio al 4%
- EDTA.

### **3.5. Tipo y diseño de contrastación de hipótesis**

De acuerdo al fin que siguió la investigación, el tipo de investigación fue aplicada (Tresierra 2000), porque consistió en la aplicación de conocimientos básicos sobre nutrición acuícola para el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20) y para aplicar luego estos conocimientos en la industria de la acuicultura.

De acuerdo al diseño de contrastación, fue experimental verdadera (Tresierra 2000), porque se orientó a descubrir la eficiencia en el efecto de la dosis de biomasa de *Schizochytrium* sp. (2,5 %, 5 %, 10 %) como complemento en la alimentación balanceada, en el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* desde PL1 a PL20.

En la investigación se utilizó un diseño experimental propiamente dicho con pre prueba, post prueba y grupo control (Alvitres 2000).

### **3.6. Diseño experimental**

Se aplicó biomasa de *Schizochytrium* sp. a razón de 2,5 %, 5 % y 10 % como complemento de la ración de alimento balanceado. Además, se implementó un primer tratamiento control con solo alimento balanceado (0 % de *Schizochytrium* sp.). El segundo tratamiento control estuvo constituido solo por biomasa de *Schizochytrium* sp. (100 % del peso de la ración del alimento balanceado)

Frente a los tratamientos descritos se realizaron las comparaciones de crecimiento y supervivencia. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, considerando la siguiente tabla.

Tabla 1. Dosificación, denominación y número de repeticiones del diseño experimental.

Dosificación de biomasa de <i>Schizochytrium</i> sp. (%)	Denominación	Repeticiones
0	Control 1 (C1)	3
2,5	Tratamiento 1 (T1)	3
5,0	Tratamiento 2 (T2)	3
10,0	Tratamiento 3 (T3)	3
100,0	Control 2 (C2)	3

El experimento se condujo utilizando el diseño completamente aleatorio según Calzada (1982), en el cual los tratamientos se asignaron al azar entre las unidades experimentales o viceversa, los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2. Distribución de tratamientos en las unidades experimentales (acuario).

Nº de acuario	Tratamiento experimental
1	T3
2	T2
3	T1
4	C2
5	T2
6	C1
7	T1
8	C1
9	C2
10	T3
11	T2
12	C1
13	T3
14	T1
15	C2

### 3.7. Ubicación del lugar y periodo de investigación

La experiencia se realizó en el laboratorio de Acuicultura II de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes, ubicada en calle los ceibos s/n, Puerto Pizarro, Tumbes ( $3^{\circ}30'17.1''S$   $80^{\circ}23'36.2''W$ ) del 19 de marzo al 07 de abril de 2018.



Figura 1. Ubicación del experimento.

### 3.8. Población

La población de poslarvas (PL) estuvo constituida por 700 poslarvas de *Litopenaeus vannamei* en el estadio PL1 hasta que se encontraron en el estadio PL20 en cada unidad de investigación (acuario), sembrados a una densidad de siembra de 20 PL/L y con un volumen final de 35 litros por unidad. El origen de las poslarvas fue del área de larvicultura del Centro de Investigación y Desarrollo de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* – Marinazul S.A (CIDPL), producto del desarrollo de un proyecto de investigación denominado: Mejora de la productividad de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* mediante la selección de reproductores ligados a marcadores tipo SNP de tres caracteres genéticos de importancia comercial (crecimiento, fecundidad y resistencia) financiado mediante el

convenio C-89-2014-FONDECYT-DE con la Universidad Nacional de Tumbes y la empresa Marinazul S.A., Tumbes.

Cada ensayo se desarrolló durante 20 días de cultivo, aplicando el protocolo de CIDPL, en las siguientes condiciones:

Tabla 3. Condiciones del cultivo.

Condiciones	Indicador
Tiempo de cultivo (días)	20 días (PL1 – PL20)
Densidad de cultivo	20 PL/L
Volumen inicial de agua	35 L
Temperatura	28° C a 32° C
Salinidad	28 ppt
pH del agua	Entre 7,5 a 8,5
Oxígeno disuelto	Mayor a 3 mg/L
Alimento balanceado	Alimento extruído microesferizado para poslarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> desde PL1 a 1 gramo. Proteínas mínimo 45 % Grasa mínima 10 % Humedad máxima 12 % Ceniza máxima 15 % Fibra máxima 2 %
Unidades experimentales (acuarios)	15

### 3.9. Muestra y muestreo

De cada unidad experimental se extrajeron 67 poslarvas de *Litopenaeus vannamei* y se observaron en el microscopio diariamente mientras duró la investigación experimental, con el fin de observar las características morfológicas y el desarrollo branquial de la especie.

El tamaño de la muestra (n) se calculó con la fórmula estadística para muestreo de poblaciones finitas según Duffau (1999), a un nivel de confianza de 95 %.

$$n = \frac{NZ^2p(1-p)}{d^2(N-1) + Z^2p(1-p)}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, N la población total, Z el valor para el nivel de confianza (1- alfa), p la probabilidad de éxito y d la precisión absoluta.

### 3.10. Preparación de acuarios y siembra de poslarvas

Antes de empezar el experimento, los acuarios en los cuales se sembraron las poslarvas de *Litopenaeus vannamei* pasaron por un proceso de desinfección por ocho días:

- 1º día: Se lavaron los acuarios con detergente y 50 mL de hipoclorito de sodio al 4%. Los acuarios no se enjuagaron y se dejaron secar hasta días antes de la siembra de las poslarvas de *Litopenaeus vannamei*.
- 2º día: Se llenó un tanque plástico con 50 litros de agua con 30 ml de hipoclorito de sodio y con ese contenido se lavaron todas las tuberías y mangueras utilizadas en el experimento.
- 3º día: Todos los materiales usados en el experimento (plásticos, baldes, cabos, bolsos, concentradores, etc.) se lavaron en una tina con detergente y luego se depositaron en un tanque de plástico que tuvo 60 L de agua con una solución de 2 ppm de hipoclorito de sodio y se dejaron sumergidos por 4 días.
- 4º día: Se supervisó que el proceso de desinfección siga normalmente.
- 5º día: Se encendieron los blower's para secar las tuberías de aire y agua.
- 6º día: Se colocaron a secar todos los materiales sumergidos en el tanque con la solución de hipoclorito de sodio.
- 7º día: Se lavaron los acuarios con detergente y 20 g vitamina C.
- 8º día: Se empezó la instalación de las mangueras de aire y agua para iniciar el proceso de siembra.

El reservorio es el depósito de agua para llenar los acuarios a la siembra y usar en recambios diarios.

- Se lavó el reservorio con 20 mL de detergente y se enjuagó.
- Se cambiaron las mallas microscópicas de las entradas de agua del reservorio (5  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ ) y se desinfectaron con 50 mL hipoclorito de sodio y 15 L de agua.
- Se llenó el reservorio de acuerdo a la tabla de mareas a aproximadamente 60 m<sup>3</sup> y se le agregó 1 ppm de hipoclorito de sodio.
- Se extrajeron dos muestras de agua del reservorio en tubos de ensayo, a cada tubo de ensayo se le agregaron cuatro gotas de ortodine para determinar por colorimetría si la concentración de hipoclorito de sodio es demasiado alta, si la muestra resulta con color más amarillo indica alta concentración de hipoclorito de sodio.
- Para eliminar las altas concentraciones de hipoclorito de sodio, se le agregó al agua 1 ppm de tiosulfato.
- Después de 2 horas aproximadamente se vertió 0,5 g/m<sup>3</sup> de vitamina C.
- 2 horas después, se le agregó al agua EDTA para atrapar los metales pesados, y antes de la siembra se adicionó 1 kg/40 m<sup>3</sup> de EDTA y en el experimento en curso 0,5 kg/m<sup>3</sup> de EDTA.
- Se hizo el retrolavado de tres pasos de los filtros de arena de 5  $\mu\text{m}$ .
- Finalmente se recirculó el agua del reservorio por tres horas y ya quedó el agua lista para utilizar en los acuarios.

La siembra de poslarvas dio inicio al experimento y su proceso empezó 8 horas antes de la siembra, en la cual, los acuarios fueron llenados con agua a 28 ppt de salinidad a 28° C, por única vez, los acuarios fueron llenados con agua que pasó por el filtro ultravioleta para disminuir la carga bacteriana.

Los acuarios con capacidad de 40 L, se llenaron con 35 L de agua del reservorio dejando 5 L libres del total de la capacidad del acuario con el fin de manejar las próximas entradas de agua de los recambios.

Las poslarvas sembradas provinieron del área de Larvicultura del CIPD – Marinasol, estas llegaron en dos bolsas transparentes de 15 litros,

protegidos por una caja de cartón cada una, cada bolsa contenía aproximadamente 5250 poslarvas de *Litopenaeus vannamei*. Por método volumétrico con aireación constante, se distribuyeron 700 poslarvas a la densidad de 20 PL/L en cada acuario.

### **3.11. Manejo del cultivo y monitoreo del agua**

Diariamente se tomaron los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH. Estos se registraron a cada 3 horas.

La temperatura se mantuvo entre 28° C y 32° C en el experimento y fue un parámetro que se vigiló y se registró, con el fin de actuar de manera oportuna si este indicador se salía de los márgenes óptimos.

La salinidad con la que se manejaron las poslarvas fue de 28 ppt, este valor se mantuvo dentro de los rangos establecidos para este experimento, entre 28 y 36 ppt.

El oxígeno disuelto fue un parámetro fundamental y opera bajo el sistema de aireación que cumple básicamente dos funciones, la primera es mantener suspendida la larva con el fin de evitar su contacto con la materia orgánica y la segunda es contribuir con difusión del oxígeno en el agua, sus valores óptimos están en el rango de 4 a 8 mg/L. El pH se mantuvo dentro del rango 7,6 y 8,4.

La alimentación de las poslarvas desde PL1 a PL20 se hizo con alimento extruído microesferizado para poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (Epibal) y con biomasa seca de *Schizochytrium* sp. La alimentación se aplicó cada 6 horas en todos los tratamientos del experimento y se basó en el cuadro de alimentación de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* del centro de investigación y poslarvas de Marinasol–Tumbes mencionado por Stalin-Guerrero (2017).

Tabla 4. Cantidad de alimento balanceado diario por estadio poslarval de *Litopenaeus vannamei*.

Estadio	Tratamientos experimentales $\mu\text{g/larva/día}$				
	C1	T1	T2	T3	C2
Mysis III-PL1	64,0	62,4	60,8	57,6	0,0
PL1	75,0	73,1	71,3	67,5	0,0
PL2	100,0	97,5	95,0	90,0	0,0
PL3	125,0	121,9	118,8	112,5	0,0
PL4	150,0	146,3	142,5	135,0	0,0
PL5	175,0	170,6	166,3	157,5	0,0
PL6-PL9	200,0	195,0	190,0	180,0	0,0
PL10-PL13	300,0	292,5	285,0	270,0	0,0
PL14	400,0	390,0	380,0	360,0	0,0

Tabla 5. Biomasa de *Schizochytrium* sp. diario por estadio poslarval de *Litopenaeus vannamei*.

Estadio	Tratamientos experimentales $\mu\text{g/larva/día}$				
	C1	T1	T2	T3	C2
Mysis III-PL1	0,0	1,6	3,2	6,4	64,0
PL1	0,0	1,9	3,8	7,5	75,0
PL2	0,0	2,5	5,0	10,0	100,0
PL3	0,0	3,1	6,3	12,5	125,0
PL4	0,0	3,8	7,5	15,0	150,0
PL5	0,0	4,4	8,8	17,5	175,0
PL6-PL9	0,0	5,0	10,0	20,0	200,0
PL10-PL13	0,0	7,5	15,0	30,0	300,0
PL14	0,0	10,0	20,0	40,0	400,0

Por las pequeñas cantidades de alimento calculado, la operatividad en la alimentación consistió en disolver en agua la cantidad total de alimento calculado para cada tratamiento en cada ración diaria.

Cuando las poslarvas alcanzaron el estadio de PL 20 se procedió a cosechar todos los individuos de cada acuario de la siguiente manera:

- Se bajó el nivel de agua de cada acuario a 5 L con una manguera con filtro de 100  $\mu\text{m}$ .
- Se vertió el contenido del acuario en un depósito con una malla de 100  $\mu\text{m}$ .
- Se colocó toda la larva pescada en la malla en la balanza analítica.
- Se determinó el peso y contabilizaron los individuos de la muestra pesada.

El crecimiento absoluto (CA) y relativo (CR), así como las tasas de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) por tratamiento, se determinaron de acuerdo a las fórmulas propuestas por Busacker y otros (Arce y Luna-Figueroa 2003).

$$CA=Y2-Y1 \quad CR=\frac{CA}{Y1} \cdot 100 \%$$

$$TCA=\frac{CA}{t} = \frac{Y2-Y1}{t} \quad TCR=\frac{Y2-Y1}{Y1(t)} \cdot 100 \%$$

La tasa de crecimiento específica (TCE) se calculó de acuerdo a la fórmula de Heinsbrock (Burbano-Gallardo y otros 2015).

$$TCE= \frac{(\ln Y2 - \ln Y1)}{t} \cdot 100 \%$$

Dónde: Y1 y Y2 son el peso húmedo al inicio y al final del período experimental, t es la duración en días, ln Y1 y ln Y2 son el logaritmo natural del peso al inicio y al final de la fase de crecimiento.

La supervivencia se calculó con la siguiente fórmula (Vega-Villasante y otros 2011).

$$S=\frac{Nf}{Ni} \cdot 100 \%$$

Dónde: Nf es el número final de organismos y Ni es el número inicial de organismos.

### 3.12. Desarrollo branquial

Diariamente se observó en un microscopio con aumento de 4x y 10x, el desarrollo morfológico y branquial de la muestra de extraída de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* de cada acuario, con el fin de determinar en qué estadio se encontraba la especie.

El estadio poslarval de *Litopenaeus vannamei* empieza cuando se observan los tres primeros pares de pleópodos quelatados y la presencia de setas de natación (Treece y Yates 1993). Desde PL 7, el estadio de la poslarva de *Litopenaeus vannamei* se determinaron de acuerdo al número de filamentos branquiales (Burbano-Gallardo y otros 2015) como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6. Identificación de estadios poslarvales de *Litopenaeus vannamei* según el número de filamentos branquiales.

Estadio	Nº de Filamentos branquiales
PL7	4
PL8	5
PL9	6
PL10	7
PL11	8
PL12	9
PL13	10
PL14	11
PL15	12
PL16	13
PL17	14

### 3.13. Procesamiento y análisis de datos

Se aplicó el diseño estadístico completamente aleatorio. Con un análisis de varianza (ANVA,  $\alpha = 0,05$ ). Para determinar si hay diferencia significativa en el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*. Se realizó la prueba estadística de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), mediante el programa computacional IBM SPSS Statistics Base 22.0 para realizar estos cálculos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Crecimiento

#### 4.1.1. Crecimiento absoluto (CA)

Los promedios de crecimiento absoluto más altos se han dado en los tratamientos T1, T2 y T3. No existiendo diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre el T2 (5 % *Schizochytrium* sp.) y T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 3162 mg y 3209 mg respectivamente. El promedio de crecimiento absoluto con menor rendimiento se ha dado en el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.). Ver tabla 20.

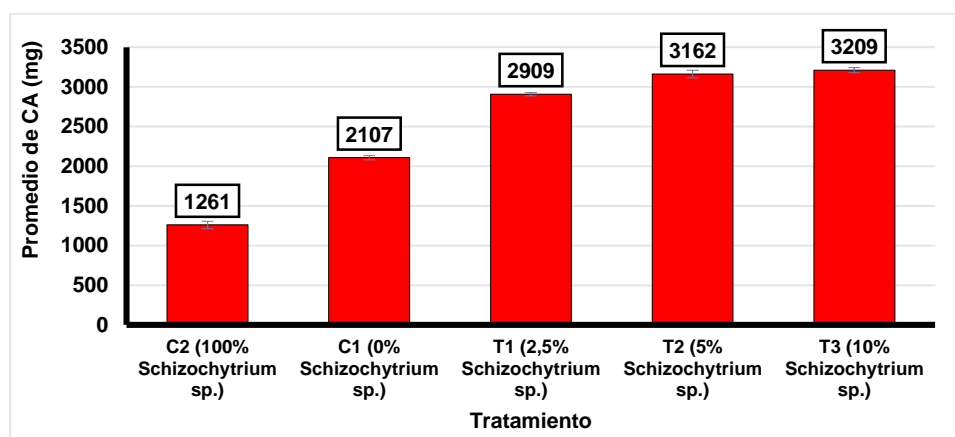


Figura 2. Promedio del crecimiento absoluto por tratamiento experimental.

#### 4.1.2. Crecimiento relativo (CR)

Los promedios de los crecimientos relativos más altos se han dado en los tratamientos T2 y T3 con 8,36% y 8,49% respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre ambos ( $p > 0,05$ ). El promedio de crecimiento absoluto con menor rendimiento se ha dado en el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.). Ver tabla 21.

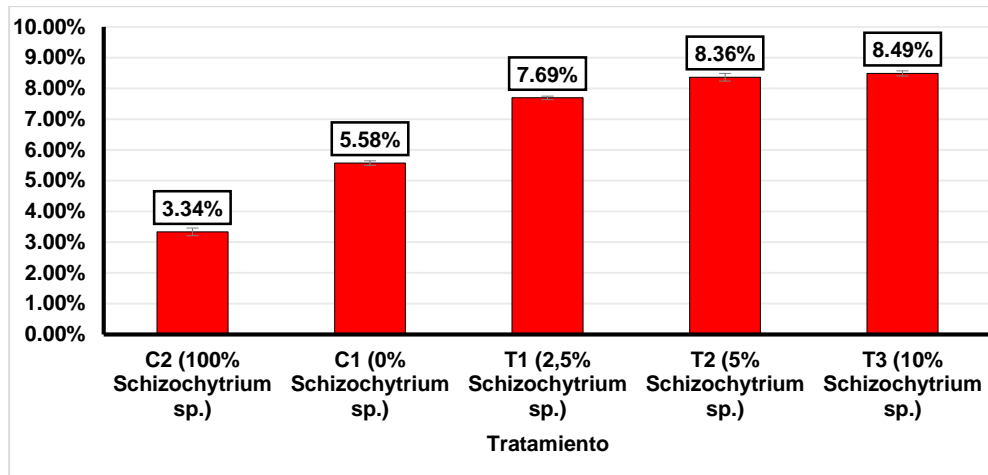


Figura 3. Promedio del crecimiento relativo por tratamiento experimental.

#### 4.1.3. Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

El promedio de la TCA más alto se registró en el tratamiento T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 160,5 mg/día no existiendo diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) con el T2 (5 % *Schizochytrium* sp.) con 158,1 mg/día. El promedio con el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 63,1 mg/día. Ver tabla 23.

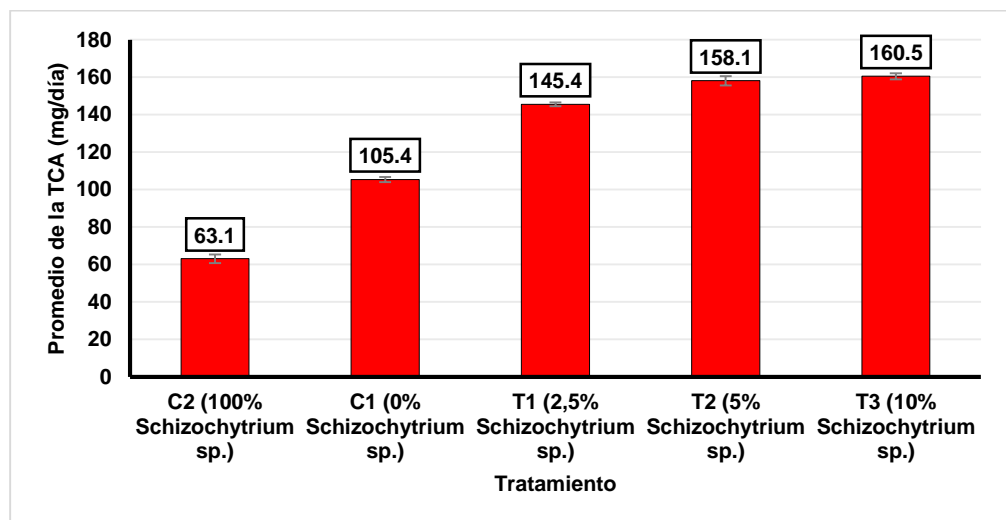


Figura 4. Promedio de la tasa de crecimiento absoluto por tratamiento experimental.

#### 4.1.4. Tasa de crecimiento relativo (TCR)

El promedio de la TCR con el valor más alto registrado se dio en el tratamiento T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 0,425 %/día seguido de cerca por el valor del tratamiento T2 (5 % *Schizochytrium*) con 0,418 %/día mg/día; no habiendo diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre T1 y T2. El promedio de la TCR con el mínimo valor lo obtuvo el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 0,279 %/día. Ver tabla 24.

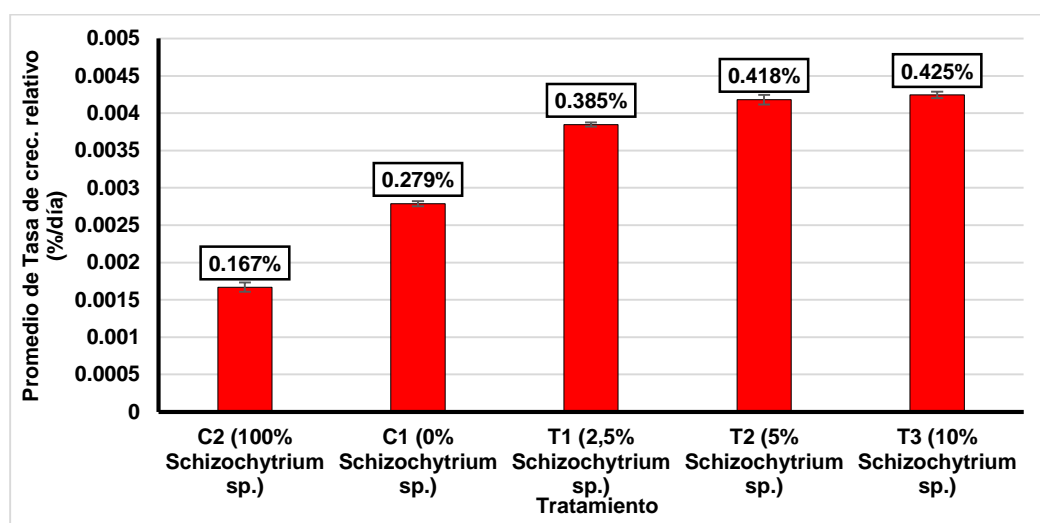


Figura 5. Promedio de la tasa de crecimiento relativo por tratamiento experimental.

#### 4.1.5. Tasa de crecimiento específico (TCE)

Los promedios máximos de la TCE se dieron en los tratamientos T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 11,3 %/día y T2 (5 % *Schizochytrium* sp.) con 11,2 %/día mg/día; no habiendo diferencia significativa con entre ambos ( $p > 0,05$ ). El promedio mínimo de la TCE lo obtuvo el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 7,3 %/día. Ver tabla 25.

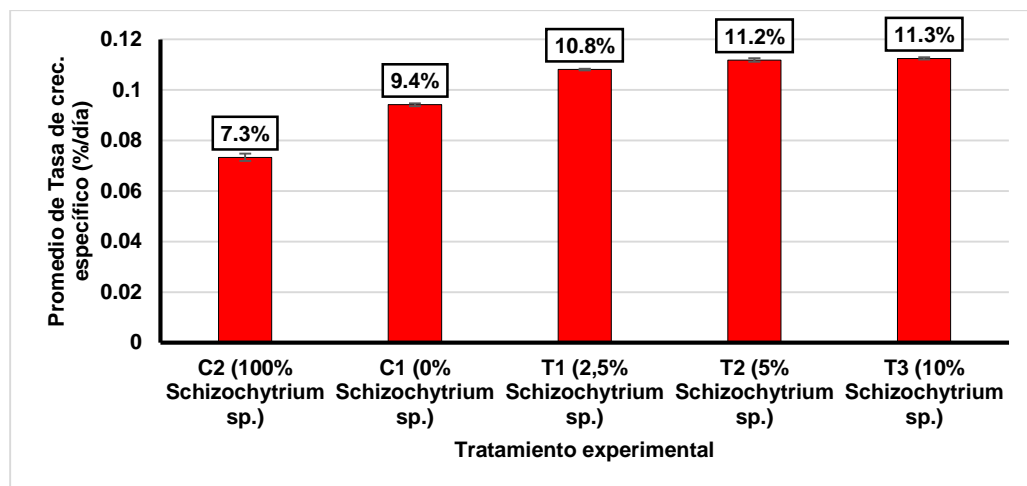


Figura 6. Promedio de la tasa de crecimiento específico por tratamiento experimental.

El crecimiento absoluto (CA) y relativo (CR), así como las tasas de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE) obtuvieron sus máximos valores en el tratamiento T3 (10 % *Schizochytrium* sp.), sin embargo, el tratamiento T2 (5 % *Schizochytrium*) obtuvo resultados muy cercanos, tal es así que no existe diferencia significativa entre ambos ( $p > 0,05$ ). Por otro lado, el tratamiento con los valores más bajos en crecimiento los obtuvo el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.).

Tabla 7. Indicadores de crecimiento por tratamiento experimental.

Tratamiento experimental	CA (mg)	TCA (mg/día)	CR (%)	TCR (%/día)	TCE (%/día)
C1	2107,41	105,37	557,51	27,88	9,42
C2	1261,33	63,07	333,69	16,68	7,33
T1	2908,67	145,43	769,49	38,47	10,81
T2	3161,56	158,08	836,39	41,82	11,18
T3	3209,33	160,47	849,03	42,45	11,25

#### 4.2. Supervivencia

Las supervivencias más altas se obtuvieron en el tratamiento T2 (5 % *Schizochytrium* sp.) con 92,05 % y desviación estándar de  $\pm 0,459$ ,

seguido por el tratamiento T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 91,52% y desviación estándar de  $\pm 0,297$ ; en cuanto a supervivencia no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos. La supervivencia más baja se obtuvo con el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 82,19% y desviación estándar de  $\pm 1,003$ .

Tabla 8. Supervivencia y desviación estándar por tratamiento experimental.

Tratamiento experimental	Supervivencia $\pm$ desviación estándar
C1	87,14 $\pm$ 0,795
C2	82,19 $\pm$ 1,003
T1	89,33 $\pm$ 0,459
T2	92,05 $\pm$ 0,459
T3	91,52 $\pm$ 0,297

#### 4.3. Desarrollo branquial

El desarrollo branquial promedio de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL7-PL17) más alto se ha obtenido con el tratamiento T3 (10 % *Schizochytrium* sp.) con 97,36 % seguido por el tratamiento T2 (5 % *Schizochytrium* sp.) con 97,19 %, no existiendo diferencia significativa entre ambos tratamientos ( $p > 0,05$ ). El tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) obtuvo el valor más bajo con 92,76 %. Ver tabla 11.

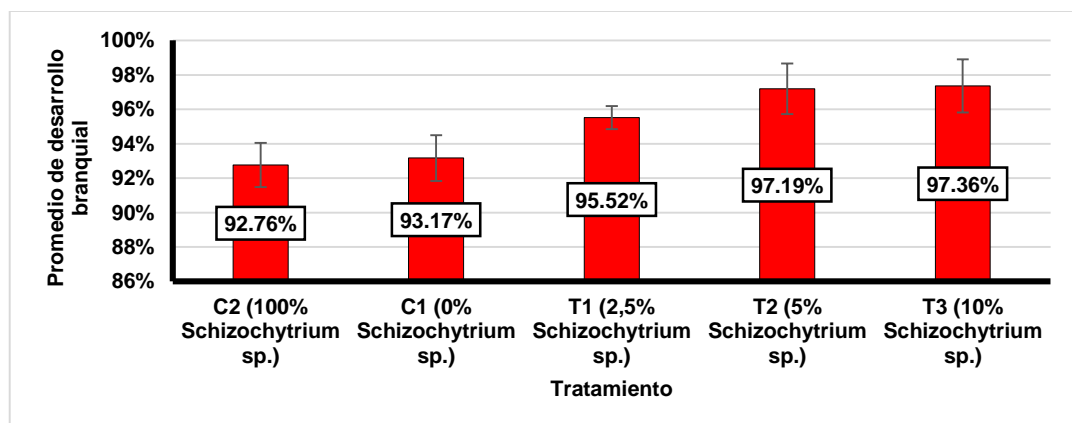


Figura 7. Desarrollo branquial por tratamiento experimental.

#### 4.4. Consumo de alimento balanceado y biomasa *Schizochytrium* sp.

El consumo máximo de biomasa de *Schizochytrium* sp. se dio en el tratamiento C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 11,39 g mientras que el tratamiento C1 (0 % *Schizochytrium* sp.) no registró consumo. Ver tabla 14 y 15.

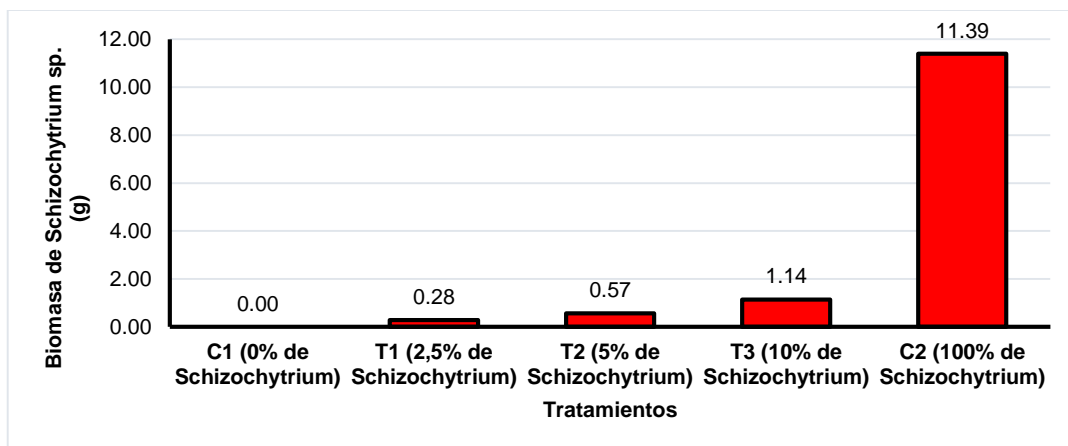


Figura 8. Consumo de *Schizochytrium* sp. por tratamiento experimental.

El consumo máximo de alimento balanceado se dio en el tratamiento C1 (0 % *Schizochytrium* sp.) con 11,39 g y el mínimo consumo alimento balanceado se obtuvo en C2 (100 % *Schizochytrium* sp.) con 0 g. Ver tabla 14 y 15.

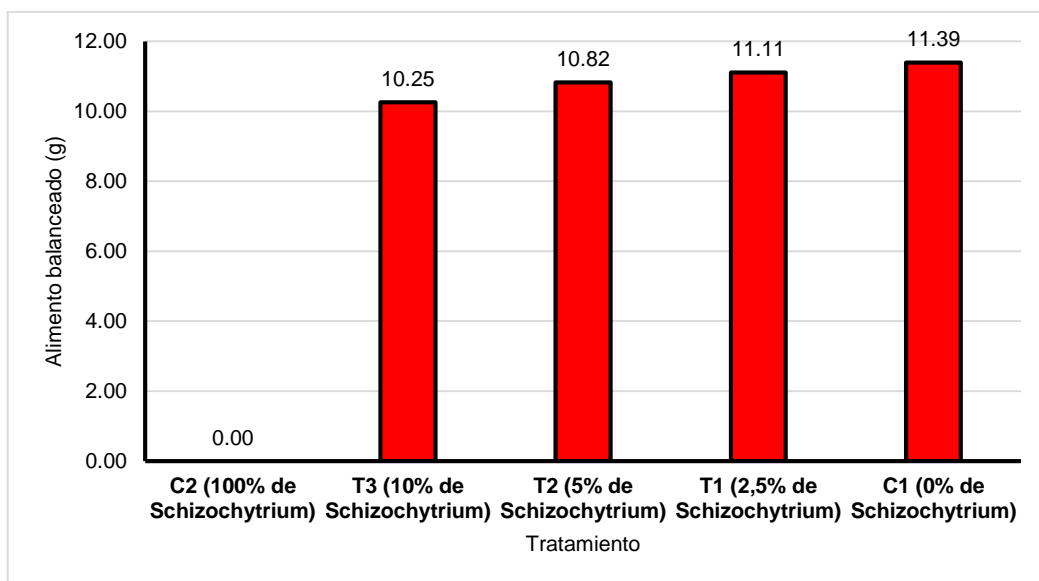


Figura 9. Consumo de alimento balanceado por tratamiento experimental.

En todo el cultivo el consumo total de alimentación balanceada fue de 43,577 g y de *Schizochytrium* sp. 13,387 g. Ver tabla 14 y 15.

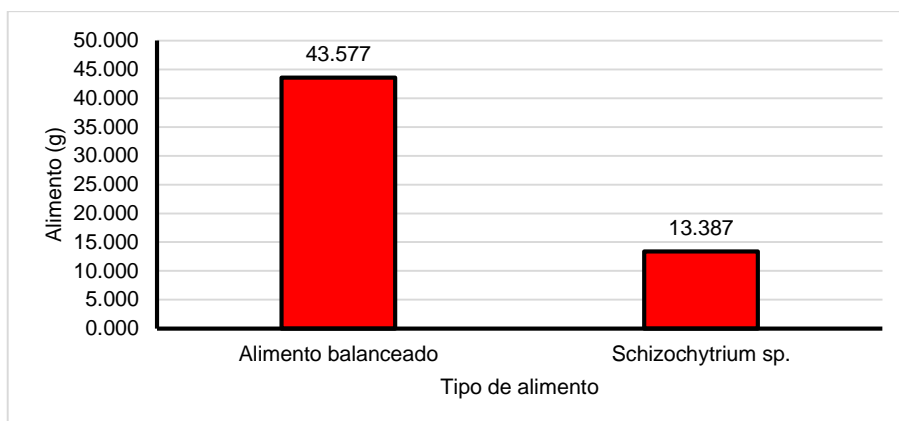


Figura 10. Consumo total por tipo de alimento.

#### 4.5. Manejo y monitoreo de la calidad del agua

En los 20 días de cultivo los registros promedio de los parámetros fisicoquímicos ha sido los siguientes: Oxígeno 4,70 mg/L, temperatura 27,92° C, pH 8,5 y salinidad 28 ppt.

#### 4.6. Análisis estadístico

El análisis de varianza indicó que hay diferencias significativas en el uso de *Schizochytrium* sp. como complemento de la alimentación balanceada en poslarvas de *Litopenaeus vannamei* en el peso final, crecimiento absoluto, tasa de crecimiento absoluto, crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo, tasa de crecimiento específico y supervivencia ( $p < 0,05$ ).

La prueba de Tukey indicó que las diferencias significativas se encuentran en las dosis de *Schizochytrium* sp. 100 %, 0 %, 2,5 % y 5 % ( $p < 0,05$ ) para las variables de crecimiento y supervivencia (tabla 16,17,18,19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26). También reveló que, entre las dosis de 5 % y 10 % no hay diferencia significativa notable ( $p > 0,05$ ).

## V. DISCUSIÓN

Se observó que existe un efecto positivo en el uso *Schizochytrium* sp. como complemento en alimentación balanceada de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*, los máximos resultados en el crecimiento absoluto, tasa de crecimiento absoluto, crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo y tasa de crecimiento específico en poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1-PL20) se dieron con el tratamiento de 10 % de *Schizochytrium* sp. y los resultados máximos en supervivencia se dieron con el tratamiento de 5 % de *Schizochytrium* sp. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos con dosis 5 % y 10 % ( $p > 0,05$ ) tanto para crecimiento como para supervivencia. Los resultados mencionados difieren con otros estudios, en los cuales se utiliza otra fuente de lípidos, como lo menciona García-Galano (2000) que utilizó aceite de hígado de abadejo y lecitina de soya, con niveles entre 6,5 % - 16,5 % y en el que no se observó diferencias significativas en el crecimiento y la supervivencia.

Se coincide con Kangpanich, Pratoomyot y Senanan (2017) con respecto a los óptimos resultados de crecimiento y supervivencia con el uso de *Schizochytrium* sp. en la alimentación complementaria; los cuales encontraron diferencias significativas en el peso final, porcentaje de aumento de peso, aumento absoluto de peso diario, tasa de crecimiento específico y la relación de conversión alimenticia. Sin embargo, sus mejores resultados se dieron en la dosis con 2% de *Schizochytrium* sp. + 1% de aceite de soya, con efecto positivo sobre crecimiento en juveniles *Macrobrachium rosenbergii*. No obstante, demuestra el uso de efectivo *Schizochytrium* sp. como complemento en la alimentación.

Se concuerda con Wang, Li, Filer y Mai (2016) en la efectividad del uso *Schizochytrium* sp. quien menciona que poslarvas alimentadas con dietas con harina de *Schizochytrium* sp. al 4 % puede mejorar el rendimiento de crecimiento.

El efecto en el crecimiento con *Schizochytrium* sp. con 10 %, en esta investigación, contrasta con los resultados del estudio realizado por Thai National AGRIS Centre [AGRIS] (2009) que indica poslarvas alimentadas con

2% de *Schizochytrium* sp. a 5 ppt de salinidad tuvieron el peso promedio más alto, seguido por 5 % y 10 % de *Schizochytrium* sp. respectivamente. La diferencia en el efecto de *Schizochytrium* sp. puede deberse por la aplicabilidad en las distintas concentraciones de la salinidad, esta investigación ha mantenido una salinidad constante de 28 ppt.

Según Wang, y otros (2016) el efecto de la dosis de *Schizochytrium* sp. como complementación dietética al 0 %, 2 %, 4 % y 6 % en larvas de *Litopenaeus vannamei* demuestran que no hay diferencias significativas en la supervivencia ( $p > 0,05$ ). Esto difiere con los resultados de la investigación presente, la cual indica que, sí existen diferencias significativas en la supervivencia en las dosis de 2,5 %, 5 % y 10 % de *Schizochytrium* sp. ( $p < 0,05$ ). Siento el tratamiento con 5 % de *Schizochytrium* sp. el que mostró óptimos resultados de supervivencia.

Wang y otros (2016) también indica que el *Schizochytrium* sp. al 4% en la alimentación complementaria puede mejorar el rendimiento de crecimiento; esto se acerca a los resultados de esta investigación, ya que los máximos resultados en el crecimiento absoluto, tasa de crecimiento absoluto, crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo y tasa de crecimiento específico en poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1-PL20) se dieron con el tratamiento de 10 % y 5 % de *Schizochytrium* sp.

Los resultados mínimos en crecimiento y supervivencia se tuvieron con el 100 % de *Schizochytrium* sp. esto coincide Briggs, Brown y Fox (1994) el cual indica que la escases de nutrientes como proteínas y carbohidratos que son indispensables en el crecimiento, excesivos niveles de lípidos en las dietas de crustáceos, tienen efectos adversos en su crecimiento y supervivencia.

## VI. CONCLUSIONES

1. Existe un efecto positivo en el crecimiento y supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* desde PL1 a PL20 utilizando dosis de biomasa *Schizochytrium* sp. (2,5 %, 5 % y 10 %) como complemento en la alimentación balanceada.
2. El uso de *Schizochytrium* sp. en dosis de 5 % y 10 % como alimentación balanceada mejora el crecimiento relativo en 8,4% y 8,5 % de las poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20) respectivamente, con respecto al tratamiento control con 0 % de biomasa de *Schizochytrium* sp.
3. El uso de *Schizochytrium* sp. en dosis de 5 % y 10 % mejora la supervivencia de las poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20) en 91,5 % y 92% respectivamente respectivamente, con respecto al tratamiento control con 0 % de biomasa de *Schizochytrium* sp.
4. El reemplazo de alimentación balanceada por el uso de *Schizochytrium* sp. al 100 % no muestra óptimos resultados en supervivencia y crecimiento de las poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20).
5. No hay diferencia significativa en el uso *Schizochytrium* sp. 5 % y 10 % ( $p > 0,05$ ) como complemento en la alimentación balanceada de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20).
6. El uso de *Schizochytrium* sp. al 5 % como complemento de la alimentación balanceada de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 – PL20) mejora el crecimiento y la supervivencia. Se toma en cuenta el 5 % debido a que no existen diferencias significativas en el uso *Schizochytrium* sp. 5 % y 10 % ( $p > 0,05$ ).

## VII. RECOMENDACIONES

1. La densidad de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* por cada unidad experimental ha sido de 700 poslarvas por 35 litros, se sugiere aumentar la densidad y la capacidad de las unidades experimentales en estanques de 20 m<sup>3</sup>, tal y como ocurre en los centros de producción de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*.
2. Se recomienda ampliar la investigación al estadio juvenil de *Litopenaeus vannamei*, para determinar la aplicabilidad en la producción de cultivos intensivos y semi-intensivos.
3. Se recomienda implementar un centro de producción de *Schizochytrium* sp. que permite cumplir con la demanda de producción masiva del cultivo de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvitres, Víctor. 2000. Método científico: Planificación de la Investigación. Segunda. Chiclayo, Perú: Ciencia.
- Aquahoy. 2005. <http://www.aquahoy.com/i-d-i/nutricion/25268-identifican-protistas-como-fuente-de-pufas-alternativo-al-aceite-de-pescado> (último acceso: 8 de Mayo de 2017).
- Arce Uribe, Elsay, y Jorge Luna-Figueroa. 2003. «Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio.» *AquaTIC*, nº 18 (2003): 39-47.
- Bremer, G. 2000. Isolation and culture of thraustochytrids. *Marine mycology a practical approach*. Hong Kong, China.
- Briggs, M R, J H Brown, y C J Fox. 1994. The effect of dietary lipid and lecithin levels on the growth, survival, feeding, efficiency, production and carcass composition of postlarval *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture and Fisheries Management* 25: 279-294.
- Burbano-Gallardo, Elizabeth, Marco Antonio Imués-Figueroa, Edgar André Gonzalez-Legarda, Luis Otavio Brito, Alfredo Olivera Galvez, y Luis Alejandro Vinatea Arana. 2015. «Supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda.» *Revista de biología marina y oceanografía* 50, nº 2 (2015): 323-329.
- Calzada Benza, José. 1982. Capítulo V. Diseño completamente randomizado. En *Métodos estadísticos para la investigación*. Tercera. Lima, Perú: Jurídica S.A.
- Davis, Allen. 2005. Nutrient Requirements of Penaeid Shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, agosto 2005: 72-74.
- Duffau, Gastón. 1999. «Tamaño muestral en estudios biomédicos.» *Revista chilena de pediatría* 70, nº 4 (julio 1999): 314-324.
- Fan, K.W, L.L.J. Vrijmoed, y E.B.G. 2002. Jones. *Physiological studies of subtropical mangrove Thraustochytrids*. *Botanica*.

- FAO. 1993. La nutrición y alimentación en la acuicultura de América Latina y El Caribe - El estado actual de la acuicultura en Ecuador y perfiles de nutrición y alimentación. Departamento de Pesca, FAO, Guayaquil, Ecuador.
- . 1989. La nutrición y alimentación en la acuicultura de América Latina. Una diagnosis - El problema de la industria de la alimentación en la acuicultura de América Latina. Departamento de Pesca, FAO.
- García-Galano, T. 2000. Nutrición de larvas de camarón. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. La Paz, B.C.S., México. 42-52.
- Gucic, Milena, Edilmar Cortés-Jacinto, Roberto Civera-Cerecedo, Denis Ricque-Marie, y Luis Rafael Martínez-Córdova. 2013. Apparent carbohydrate and lipid digestibility of feeds for whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae), cultivated at different salinities. Rev. Biol. Trop. 61, nº 3 (Septiembre 2013): 1201.
- Kangpanich, Chanpim, Jarunan Pratoomyot, y Wansuk Senanan. 2017. Effects of alternative oil sources in feed on growth and fatty acid composition of juvenile giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Researchgate, mayo 2017.
- King-Wai, Fan, Yue Jiang, Faan Yun-Wing, y Chen Feng. 2017. Lipid Characterization of Mangrove Thraustochytrid – *Schizochytrium Mangrovei*. J. Agric. Food Chem. 55 (2007): 2906 - 2910.
- Livisay, S A, S Zhou, C IP, y E A Decker. 2000. Impact of dietary conjugated linoleic acid on the oxidative stability of rat liver microsomes and skeletal muscle homogenates. J. Agric. Food Chem 48 (2000): 4162 – 4167.
- Nakahara, T, T Yokochi, T Higasshihara, S Tanaka, T Yaguchi, and D Honda 1996. Production of docosahexaenoic and docosapentaenoic acids by *Schizochytrium* sp. isolated from Yapislands. JAOCS 73 (1996): 1421 - 1426.
- Raghukumar, S. 2002. Ecology of the marine protists, the Labyrinthulomycetes (Thraustochytrids and Labyrinthulids). European Journal of Protistology 38 (2002).

- Stalin-Guerrero, García. 2017. Crecimiento por estadios y sobrevivencia de *litopenaeus vannamei* en larvicultura. Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Postlarvas. Empresa Marinasol S.A.Tumbes, Perú. Enero a abril de 2017. Informe final de práctica pre-profesional, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú, 2017, 18.
- Tacon, Albert G. J, Warren G Dominy, y Gary D Pruder. 2000. Tendencias y Retos Globales de los Alimentos Para Camarón. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. La Paz,B.C.S.
- Thai National AGRIS Centre. 2009. Effects of *Schizochytrium* sp. on growth and survival rate of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone) in low and normal salinity conditions.
- Treece, Granvil D, y Michael E Yates. 1993. Manual de laboratorio para el cultivo de larvas de camaron peneidos. Texas: Texas A&M University.
- Tresierra, Álvaro. 2000. Metodología de la investigación científica. Primera. Trujillo, Perú: Biociencia.
- Valenzuela B, Alfonso, Julio Sanhueza C, y Fernando de la Barra D. 2012. El aceite de pescado: Ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. Chil Nutr.
- Vega-Villasante, F, E A Martinez-Lopez, L D Espinosa-Chaurand, M C Cortés-Lara, y H Nolasco-Soria. 2011. Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. Tropical and subtropical agroecosystems 14, nº 2 (Mayo 2011): 581-588.
- Wang, Yuyu , Mingzhu Li, Keith Filer, y Last Kangsen Mai. 2016. Evaluation of *Schizochytrium* meal in microdiets of Pacific white shrimp ( *Litopenaeus vannamei* ) larvae. Researchgate, abril 2016.
- Zaldívar Larrain, Francisco Javier. 2002. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo, México.

## IX. ANEXOS

Tabla 9. Tasa de crecimiento absoluto (TCA), relativo (TCR) y específico (TCE) para el peso (mg) de poslarvas de *Litopenaeus vannamei*.

Nº de acuario	Tratamiento experimental	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Crec. Absoluto (mg)	Tasa de crec. absoluto (mg/día)	Crec. Relativo (%)	Tasa de crec. relativo (%/día)	Tasa de crec. específico (%/día)
1	T3	378,00	3550,00	3172,00	158,60	839,15	41,96	11,20
2	T2	378,00	3541,67	3163,67	158,18	836,95	41,85	11,19
3	T1	378,00	3270,00	2892,00	144,60	765,08	38,25	10,79
4	C2	378,00	1590,00	1212,00	60,60	320,63	16,03	7,18
5	T2	378,00	3490,00	3112,00	155,60	823,28	41,16	11,11
6	C1	378,00	2457,22	2079,22	103,96	550,06	27,50	9,36
7	T1	378,00	3310,00	2932,00	146,60	775,66	38,78	10,85
8	C1	378,00	2488,00	2110,00	105,50	558,20	27,91	9,42
9	C2	378,00	1683,00	1305,00	65,25	345,24	17,26	7,47
10	T3	378,00	3600,00	3222,00	161,10	852,38	42,62	11,27
11	T2	378,00	3587,00	3209,00	160,45	848,94	42,45	11,25
12	C1	378,00	2511,00	2133,00	106,65	564,29	28,21	9,47
13	T3	378,00	3612,00	3234,00	161,70	855,56	42,78	11,29
14	T1	378,00	3280,00	2902,00	145,10	767,72	38,39	10,80
15	C2	378,00	1645,00	1267,00	63,35	335,19	16,76	7,35

Tabla 10. Población inicial, población final y supervivencia por número de acuario y tratamiento experimental.

Nº de acuario	Tratamiento experimental	Población inicial	Población final	Supervivencia (%)
1	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	640,00	91,43 %
2	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	642,00	91,71 %
3	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	624,00	89,14 %
4	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	576,00	82,29 %
5	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	648,00	92,57 %
6	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	615,00	87,86 %
7	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	623,00	89,00 %
8	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	611,00	87,29 %
9	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	582,00	83,14 %
10	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	643,00	91,86 %
11	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	643,00	91,86 %
12	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	604,00	86,29 %
13	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	639,00	91,29 %
14	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	629,00	89,86 %
15	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	700,00	568,00	81,14 %

Tabla 11. Desarrollo branquial de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* de PL7 a PL17 por día de cultivo.

Día de cultivo	Estadio determinado	Tratamiento experimental	Desarrollo Branquial promedio
7	PL7	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	91,67 %
7	PL7	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,67 %
7	PL7	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,67 %
7	PL7	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,00 %
7	PL7	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,33 %
8	PL8	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,00 %
8	PL8	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,33 %
8	PL8	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,00 %
8	PL8	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,00 %
8	PL8	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,33 %
9	PL9	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,33 %
9	PL9	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	94,33 %
9	PL9	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	94,67 %
9	PL9	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,33 %
9	PL9	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,33 %
10	PL10	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,00 %
10	PL10	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,67 %
10	PL10	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,00 %
10	PL10	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,67 %
10	PL10	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,33 %
11	PL11	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,00 %
11	PL11	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	94,00 %
11	PL11	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,67 %
11	PL11	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,00 %
11	PL11	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	98,00 %
12	PL12	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	91,67 %
12	PL12	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,33 %
12	PL12	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,33 %
12	PL12	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
12	PL12	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,67 %
13	PL13	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	91,00 %
13	PL13	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,33 %
13	PL13	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,67 %
13	PL13	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
13	PL13	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,33 %
14	PL14	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	91,67 %
14	PL14	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,33 %
14	PL14	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,67 %
14	PL14	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
14	PL14	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
15	PL15	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,33 %
15	PL15	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	94,33 %
15	PL15	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	95,67 %
15	PL15	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
15	PL15	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,33 %
16	PL16	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	92,00 %
16	PL16	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,67 %
16	PL16	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,00 %
16	PL16	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,00 %
16	PL16	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,33 %
17	PL17	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	93,33 %
17	PL17	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	94,33 %
17	PL17	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,00 %
17	PL17	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	96,67 %
17	PL17	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	97,67 %

Tabla 12. Peso y población por acuario y tratamiento experimental.

Nº de acuario	Tratamiento experimental	% de <i>Schizochytrium</i> sp.	Peso inicial (mg)	población inicial	Peso final (mg)	población final
1	T3	10	378,00	700,00	3550,00	640,00
2	T2	5	378,00	700,00	3541,67	642,00
3	T1	2,5	378,00	700,00	3270,00	624,00
4	C2	100	378,00	700,00	1590,00	576,00
5	T2	5	378,00	700,00	3490,00	648,00
6	C1	0	378,00	700,00	2457,22	615,00
7	T1	2,5	378,00	700,00	3310,00	623,00
8	C1	0	378,00	700,00	2488,00	611,00
9	C2	100	378,00	700,00	1683,00	582,00
10	T3	10	378,00	700,00	3600,00	643,00
11	T2	5	378,00	700,00	3587,00	643,00
12	C1	0	378,00	700,00	2511,00	604,00
13	T3	10	378,00	700,00	3612,00	639,00
14	T1	2,5	378,00	700,00	3280,00	629,00
15	C2	100	378,00	700,00	1645,00	568,00

Tabla 13. Registro de parámetros fisicoquímicos en el ciclo de producción de larvas de *Litopenaeus vannamei*

Día de cultivo	Estadio	Parámetros fisicoquímicos del acuario 1 al 15 (Promedio)			
		Oxígeno (mg/L)	Temperatura (°C)	pH	Salinidad (ppt)
1	PL1	4,70	27,91	8,05	28,00
2	PL2	4,70	27,87	8,04	28,00
3	PL3	4,68	27,92	8,03	28,00
4	PL4	4,73	27,92	8,04	28,00
5	PL5	4,72	27,90	8,04	28,00
6	PL6	4,68	27,92	8,04	28,00
7	PL7	4,70	27,90	8,04	28,00
8	PL8	4,69	27,89	8,04	28,00
9	PL9	4,66	27,93	8,06	28,00
10	PL10	4,69	27,92	8,06	28,00
11	PL11	4,68	27,92	8,05	28,00
12	PL12	4,69	27,92	8,05	28,00
13	PL13	4,70	27,94	8,05	28,00
14	PL14	4,70	27,92	8,04	28,00
15	PL15	4,67	27,90	8,04	28,00
16	PL16	4,69	27,93	8,05	28,00
17	PL17	4,74	27,94	8,04	28,00
18	PL18	4,73	27,93	8,05	28,00
19	PL19	4,70	27,93	8,05	28,00
20	PL20	4,72	27,92	8,05	28,00

Tabla 14. Consumo de alimento balanceado y *Schizochytrium* sp. por día de cultivo y tratamiento experimental en poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL1 - PL10)

Día de cultivo	Estadio	Tratamiento experimental	Alimento balanceado (g)	<i>Schizochytrium</i> sp. (g)
1	PL1	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,158	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,158
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,154	0,004
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,150	0,008
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,142	0,016
2	PL2	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,210	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,210
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,205	0,005
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,200	0,011
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,189	0,021
3	PL3	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,263	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,263
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,256	0,007
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,249	0,013
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,236	0,026
4	PL4	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,315	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,315
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,307	0,008
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,299	0,016
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,284	0,032
5	PL5	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,368	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,368
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,358	0,009
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,349	0,018
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,331	0,037
6	PL6	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,420	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,420
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,410	0,011
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,399	0,021
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,378	0,042
7	PL7	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,420	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,420
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,410	0,011
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,399	0,021
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,378	0,042
8	PL8	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,420	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,420
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,410	0,011
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,399	0,021
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,378	0,042
9	PL9	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,420	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,420
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,410	0,011
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,399	0,021
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,378	0,042
10	PL10	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,630	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,630
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,614	0,016
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,599	0,032
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,567	0,063

Tabla 15. Consumo de alimento balanceado y *Schizochytrium* sp. por día de cultivo y tratamiento experimental en poslarvas de *Litopenaeus vannamei* (PL11 - PL20).

Día de cultivo	Estadío	Tratamiento experimental	Alimento balanceado (g)	<i>Schizochytrium</i> sp. (g)
11	PL11	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,630	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,630
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,614	0,016
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,599	0,032
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,567	0,063
12	PL12	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,630	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,630
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,614	0,016
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,599	0,032
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,567	0,063
13	PL13	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,630	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,630
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,614	0,016
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,599	0,032
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,567	0,063
14	PL14	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
15	PL15	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
16	PL16	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
17	PL17	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
18	PL18	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
19	PL19	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084
20	PL20	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,840	0,000
		C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,000	0,840
		T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,819	0,021
		T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,798	0,042
		T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	0,756	0,084

Tabla 16. Indicadores de crecimiento por número de acuario y tratamiento experimental.

Nº de acuario	Tratamiento experimental	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Crec. Absoluto (mg)	Tasa de crec. absoluto (mg/día)	Crec. Relativo (%)	Tasa de crec. relativo (% /día)	Tasa de crec. específico (% /día)
1	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3550,00	3172,00	158,60	8,392 %	0,420 %	11,199 %
2	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3541,67	3163,67	158,18	8,369 %	0,418 %	11,187 %
3	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3270,00	2892,00	144,60	7,651 %	0,383 %	10,788 %
4	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	1590,00	1212,00	60,60	3,206 %	0,160 %	7,183 %
5	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3490,00	3112,00	155,60	8,233 %	0,412 %	11,114 %
6	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	2457,22	2079,22	103,96	5,501 %	0,275 %	9,359 %
7	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3310,00	2932,00	146,60	7,757 %	0,388 %	10,849 %
8	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	2488,00	2110,00	105,50	5,582 %	0,279 %	9,422 %
9	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	1683,00	1305,00	65,25	3,452 %	0,173 %	7,467 %
10	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3600,00	3222,00	161,10	8,524 %	0,426 %	11,269 %
11	T2 (5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3587,00	3209,00	160,45	8,489 %	0,424 %	11,251 %
12	C1 (0 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	2511,00	2133,00	106,65	5,643 %	0,282 %	9,468 %
13	T3 (10 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3612,00	3234,00	161,70	8,556 %	0,428 %	11,286 %
14	T1 (2,5 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	3280,00	2902,00	145,10	7,677 %	0,384 %	10,804 %
15	C2 (100 % <i>Schizochytrium</i> sp.)	378,00	1645,00	1267,00	63,35	3,352 %	0,168 %	7,353 %

Tabla 17. Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso final (mg)	,561	4	10	,697
Crec. Absoluto (mg)	,561	4	10	,697
Tasa de crec. absoluto (mg/día)	,578	4	10	,685
Crec. Relativo (%)	,536	4	10	,713
Tasa de crec. relativo (%/día)	4,000	4	10	,034
Tasa de crec. específico (%/día)	1,695	4	10	,227
Supervivencia (%)	1,146	4	10	,390

Tabla 18. ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso final (mg)	Inter-grupos	8375591,909	4	2093897,977	1542,957	,000
	Intra-grupos	13570,687	10	1357,069		
	Total	8389162,596	14			
Crec. Absoluto (mg)	Inter-grupos	8375591,909	4	2093897,977	1542,957	,000
	Intra-grupos	13570,687	10	1357,069		
	Total	8389162,596	14			
Tasa de crec. absoluto (mg/día)	Inter-grupos	20926,607	4	5231,652	1519,357	,000
	Intra-grupos	34,433	10	3,443		
	Total	20961,040	14			
Crec. Relativo (%)	Inter-grupos	,006	4	,001	1541,959	,000
	Intra-grupos	,000	10	,000		
	Total	,006	14			
Tasa de crec. relativo (%/día)	Inter-grupos	,000	4	,000	1371,625	,000
	Intra-grupos	,000	10	,000		
	Total	,000	14			
Tasa de crec. específico (%/día)	Inter-grupos	,003	4	,001	1280,239	,000
	Intra-grupos	,000	10	,000		
	Total	,003	14			
Supervivencia (%)	Inter-grupos	192,205	4	48,051	111,678	,000
	Intra-grupos	4,303	10	,430		
	Total	196,508	14			

Tabla 19. Peso final (mg)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	1639,333			
,0	3		2485,400		
2,5	3			3286,667	
5,0	3				3539,567
10,0	3				3587,333
Sig.		1,000	1,000	1,000	,535

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 20. Crec. Absoluto (mg)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	1261,333			
,0	3		2107,400		
2,5	3			2908,667	
5,0	3				3161,567
10,0	3				3209,333
Sig.		1,000	1,000	1,000	,535

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 21. Tasa de crec. relativo (%/día)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	,001667			
,0	3		,002800		
2,5	3			,003833	
5,0	3				,004167
10,0	3				,004267
Sig.		1,000	1,000	1,000	,200

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 22. Crec. Relativo (%)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	,033367			
,0	3		,055733		
2,5	3			,076967	
5,0	3				,083633
10,0	3				,084900
Sig.		1,000	1,000	1,000	,534

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 23. Tasa de crec. absoluto (mg/día)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	63,100			
,0	3		105,400		
2,5	3			145,433	
5,0	3				158,100
10,0	3				160,467
Sig.		1,000	1,000	1,000	,550

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 24. Tasa de crec. relativo (%/día)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	,001667			
,0	3		,002800		
2,5	3			,003833	
5,0	3				,004167
10,0	3				,004267
Sig.		1,000	1,000	1,000	,200

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 25. Tasa de crec. específico (%/día)

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	,073333			
,0	3		,094167		
2,5	3			,108133	
5,0	3				,111833
10,0	3				,112533
Sig.		1,000	1,000	1,000	,820

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Tabla 26. Supervivencia (%)

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Porcentaje de <i>Schizochytrium</i> sp.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
100,0	3	82,1900			
,0	3		87,1467		
2,5	3			89,3333	
10,0	3				91,5267
5,0	3				92,0467
Sig.		1,000	1,000	1,000	,862

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Figura 11. Limpieza y desinfección de unidades experimentales.



Figura 12. Pesado del alimento balanceado.



Figura 13. Pesado de *Schizochytrium* sp.



Figura 14. Distribución del alimento por tratamiento experimental.



Figura 15. Alimentación de las poslarvas de *Litopenaeus vannamei*



Figura 16. Conteo de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* para determinar la supervivencia.

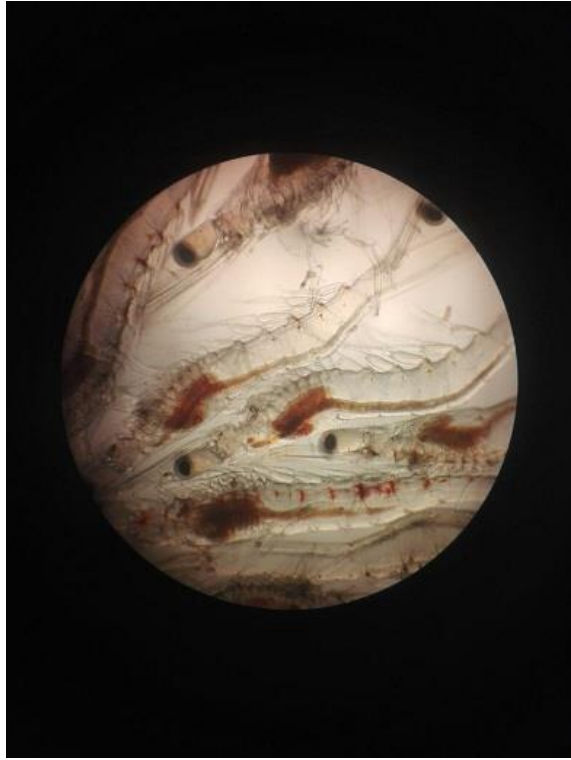


Figura 17. Observación microscópica de la poslarva de *Litopenaeus vannamei*