

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

“EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE *Oithona nana*  
(COPEPODA: CYCLOPOIDA) EN CONDICIONES  
DE LABORATORIO”

TESIS

Presentada por:

Bach. Fabiola Isabel Aldea Taco

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

TACNA-PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN


FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS


ESCUELA DE INGENIERIA PESQUERA


TESIS

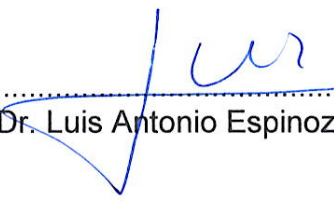
“EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE *Oithona nana* (COPEPODA: CYCLOPOIDA) EN CONDICIONES DE LABORATORIO”

Tesis sustentada y aprobada el 04 de setiembre del 2020; estando el jurado calificador y asesor integrado por:

Presidente :   
.....  
Ing. Nikita Iván Morales Cabrera

Secretario :   
.....  
MSc. Luis Alberto B. Rivera Chipana

Vocal :   
.....  
Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

Asesor :   
.....  
Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

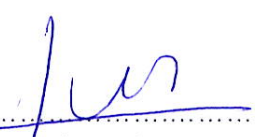
## CONSTANCIA

Mediante la presente, el suscrito en calidad de Asesor de tesis deja constancia que mediante el Informe de Turnitin aplicado a la tesis: “EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE *Oithona nana* (COPEPODA: CYCLOPOIDA) EN CONDICIONES DE LABORATORIO” de la Bach. Fabiola Isabel Aldea Taco, para obtener el título profesional de Ingeniero Pesquero por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. En donde arrojo un grado de similitud del 10%, estando dentro de los cánones permitidos dentro de la directriz universitaria. Ent al sentido, al estar dentro del rango permitido, la tesis se encontraría expedita en lo que corresponde a originalidad; ello a efectos de continuar con tramites que hubiera a lugar.

Todo lo expuesto se deja constancia para los fines pertinentes.

Tacna, 27 de enero de 2023.

Atentamente;

  
.....  
Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos  
Asesor de Tesis  
DNI: 00418110

## DEDICATORIA

*A Dios.*

*A mi madre, por todo el apoyo incondicional.*

*A mis familiares.*

*A mis amistades.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos, asesor de la presente tesis y docente de la escuela de Ingeniería Pesquera.*

*Al Blgo. Mblgo. Jordan Ismael Huanacuni Pilco, co-asesor de la presente tesis.*

*A los docentes de la Escuela de Ingeniería Pesquera.*

*Al Proyecto: “Investigación y desarrollo de las tecnologías de cultivo de peces marinos de importancia económica: Corvina *Cilus gilberti* y Sargo *Anisotremus scapularis* en la región Tacna”.*

*A mi madre y hermanos.*

*A las personas que me brindaron su apoyo.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	4
1.2. Formulación del problema .....	6
1.2.1. Interrogante general.....	6
1.2.2. Interrogantes secundarias.....	6
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Hipótesis .....	8
1.5.1. Hipótesis general .....	8
1.5.2. Hipótesis específicas .....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	9

2.1. Antecedentes de estudio .....	9
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Acuicultura .....	12
2.2.2. Alimento vivo.....	12
2.2.3. Copépodos .....	13
2.2.3.1. Taxonomía .....	14
2.2.3.2. Características generales.....	14
2.2.3.3. Orden: Cyclopoida .....	15
2.2.3.4. Alimentación .....	17
2.2.3.5. Locomoción.....	17
2.2.3.6. Reproducción .....	17
2.2.3.7. Crecimiento.....	18
2.2.3.8. Clasificación.....	21
2.2.4. Cultivo de copépodos.....	22
2.2.5. Dieta en el cultivo del copépodo .....	22
2.2.6. Salinidad .....	23
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>24</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>24</b>
3.1. Lugar de ejecución .....	24
3.2. Tipo, diseño y nivel de investigación .....	25
3.3. Operacionalización de variables .....	26
3.3.1. Variable dependiente: indicadores .....	26
3.3.2. Variable independiente: indicadores .....	27
3.4. Población y muestra .....	27
3.4.1. Población .....	27
3.4.2. Muestra.....	27

3.5. Materiales, equipos e instrumentos .....	28
3.5.1.Equipos.....	28
3.5.2.Instrumentos .....	28
3.5.3.Materiales .....	28
3.5.3.1.Materiales biológicos.....	28
3.5.3.2.Materiales de vidrio .....	29
3.5.3.3.Materiales de metal.....	29
3.5.3.4.Materiales de plástico .....	29
3.5.3.5.Materiales de BPM.....	30
3.5.3.6.Materiales de limpieza .....	30
3.5.3.7.Materiales de escritorio .....	31
3.5.4.Reactivos .....	31
3.5.5.Métodos .....	31
3.5.5.1.Tratamiento del agua de mar .....	31
3.5.5.2.Mantenimiento y cultivo de <i>Oithona nana</i> .....	32
3.5.5.3.Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i> .....	32
3.5.5.4.Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	33
A.Desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	33
B.Relación macho/hembra de <i>Oithona nana</i> .....	34
C.Cantidad de huevos por hembra de <i>Oithona nana</i> .....	34
D.Tiempo de desove/ eclosión de huevos de <i>Oithona nana</i> .....	34
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>36</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
4.1. Experimentos .....	36

4.1.1.Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i> .....	36
4.1.2.Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	42
A.Desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	42
B.Relación macho/hembra de <i>Oithona nana</i> .....	46
C.Cantidad de huevos por hembra de <i>Oithona nana</i> .....	48
D.Tiempo de desove/ eclosión de huevos de <i>Oithona nana</i> .....	50
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>53</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>53</b>
Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i> .....	54
Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	55
Desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> .....	55
Relación macho/hembra de <i>Oithona nana</i> .....	56
Cantidad de huevos por hembra de <i>Oithona nana</i> .....	56
Tiempo de desove/ eclosión de huevos de <i>Oithona nana</i> .....	58
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>61</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Operacionalización de variables.....	27
<b>Tabla 2.</b>	ANOVA de densidad de nauplios con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> .....	37
<b>Tabla 3.</b>	ANOVA de densidad de copepoditos con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> .....	37
<b>Tabla 4.</b>	ANOVA de densidad de copépodos machos con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . ....	38
<b>Tabla 5.</b>	ANOVA de densidad de copépodos hembra con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . ....	38
<b>Tabla 6.</b>	ANOVA de densidad poblacional total con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> .....	39
<b>Tabla 7.</b>	Población total (ind) de <i>Oithona nana</i> al final del experimento. Diferentes letras entre columnas indican diferencia significativa (Med±SD, n=4, p<0,05).....	40
<b>Tabla 8.</b>	ANOVA de desarrollo naupliar con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p= 0,2118 no hay diferencia entre medias. ....	43
<b>Tabla 9.</b>	ANOVA de desarrollo del estadio copepoditos con tratamientos diferentes de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p = 0,000 si hay diferencia entre medias. ....	43
<b>Tabla 10.</b>	ANOVA de desarrollo de copépodo adulto maduro sexualmente con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p = 0,000 si hay diferencia entre medias. ....	44

<b>Tabla 11.</b>	Tiempo de desarrollo (días) por estadio de <i>Oithona nana</i> , según las salinidades experimentales (Med $\pm$ S.D., n=4, p<0,05). Si existe diferencia significativa. ....	45
<b>Tabla 12.</b>	ANOVA de relación macho/hembra con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p = 0,486 no hay diferencias significativas.....	47
<b>Tabla 13.</b>	ANOVA de cantidad huevos por hembra en los diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p>0,05 no hay diferencias.....	49
<b>Tabla 14.</b>	ANOVA del tiempo de desove en los tratamientos de salinidad, con réplicas de <i>Oithona nana</i> . p>0,05 no hay diferencias. ....	51
<b>Tabla 15.</b>	Tiempo de eclosión de huevos a nauplios (h), hembra ovadas de <i>Oithona nana</i> , según las salinidades experimentales (Med $\pm$ S.D., n=4, p<0,05). Si hay diferencia significativa. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Vista dorsal y ventral de <i>Eucyclops serrulatus</i> , copepoda Cyclopoida. ....	16
<b>Figura 2.</b>	Desarrollo de los cyclopoides, estadios de los nauplios. ....	19
<b>Figura 3.</b>	Desarrollo de los cyclopoides, estadios de los copepoditos. ....	20
<b>Figura 4.</b>	Estadios de los copépodos. ....	21
<b>Figura 5.</b>	Vista satelital del Centro acuícola de Morro Sama- FONDEPES, Tacna. Coordenadas: 80°52'1.89"O Longitud y 5°46'15.44"S Latitud Sur. ....	24
<b>Figura 6.</b>	Diseño experimental copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> ; con diferentes salinidades. ....	25
<b>Figura 7.</b>	Flujograma del cultivo del copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> . ...	26
<b>Figura 8.</b>	Población total de <i>Oithona nana</i> . ....	41
<b>Figura 9.</b>	Desarrollo por estadios de <i>Oithona nana</i> . ....	46
<b>Figura 10.</b>	Relación macho/hembra de <i>Oithona nana</i> . ....	48
<b>Figura 11.</b>	Huevos por hembra ovigera de <i>Oithona nana</i> . ....	50
<b>Figura 12.</b>	Tiempo de desove de hembra ovigera de <i>Oithona nana</i> . ....	52
<b>Figura 13.</b>	Cepa de copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> por parte del laboratorio de alimento vivo de morro Sama – Proyecto de cultivo de Corvina y Sargo UNJBG. ....	73
<b>Figura 14.</b>	Escalamiento de copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> en botellas de vidrio de 1 L, segunda semana - laboratorio de alimento vivo de morro Sama. ....	73

<b>Figura 15.</b>	a) Escalamiento de copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> en botellas de vidrio de 1 L tercera semana; b) escalamiento de copépodo Cyclopoida <i>Oithona nana</i> en botellas de vidrio de 1 L y 7 L, cuarta semana - laboratorio de alimento vivo de morro Sama. ....	74
<b>Figura 16.</b>	Selección de 10 copépodos hembras para cultivo en matraces. ....	75
<b>Figura 17.</b>	Experimentación de copépodos <i>Oithona nana</i> en condiciones controladas (cultivo en matraces).....	75
<b>Figura 18.</b>	Cultivo de <i>Oithona nana</i> en matraces y en baño maría, toma parámetro de salinidad con el Refractómetro. ....	76
<b>Figura 19.</b>	Toma parámetro de salinidad con Refractómetro.....	76
<b>Figura 20.</b>	Toma parámetro de temperatura.....	77
<b>Figura 21.</b>	Conteo diario de <i>I. galbana</i> de cada tratamiento y repetición. ....	77
<b>Figura 22.</b>	Conteo de <i>I. galbana</i> , con la cámara de Neubauer. ....	78
<b>Figura 23.</b>	Inoculación diaria de <i>I. galbana</i> .....	78
<b>Figura 24.</b>	Observación constante de los matraces en el experimento.....	79
<b>Figura 25.</b>	En el siguiente matraz de cultivo se puede observar la presencia de copépodos en estadio naupliar y copépodos hembras ovadas. ....	79
<b>Figura 26.</b>	Se seleccionó una hembra ovada y se sembró en cada placa para cada tratamiento (15, 20, 25, 30, 35 ups) con sus respectivas repeticiones. Con parámetros controlados. ....	80
<b>Figura 27.</b>	Se observó el desarrollo por estadios: nauplios, copepoditos y copépodos adultos maduros. Separación de hembras y nauplios recién eclosionados. ....	80
<b>Figura 28.</b>	Se tomo parámetros y se controló que las salinidades de cada tratamiento se mantuvieran constantes.....	81
<b>Figura 29.</b>	Se mantuvo la concentración de <i>I. galbana</i> a 100 000 cel/ml.....	81

<b>Figura 30.</b> Copépodo hembra ovada.....	82
<b>Figura 31.</b> Para determinar la fertilidad se contó el número de huevos por saco ovigero de cada copépodo hembra. ....	82

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Matriz de consistencia.....	72
<b>Anexo 2.</b>	Escalamiento de cultivo de <i>Oithona nana</i> . ....	73
<b>Anexo 3.</b>	Experimento 1: Crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i> . ....	75
<b>Anexo 4.</b>	Experimento 2: El desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> . ...	80
<b>Anexo 5.</b>	Conteo de huevos en sacos de <i>Oithona nana</i> .....	82

## RESUMEN

En los últimos años, el cultivo de copépodos marinos ha cogido gran importancia como alimento vivo en la acuicultura marina, el género *Oithona* es probablemente el más abundante en los océanos del mundo, el objetivo del trabajo presente fue evaluar el efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional, desarrollo y reproducción de *Oithona nana*. Se realizó el cultivo de copépodo *O. nana* con cinco diferentes salinidades (15, 20, 25, 30 y 35 ups), en condiciones controladas ( $28\pm 1^\circ\text{C}$ , 125 lux, 12:12 luz: oscuridad), con alimentación a base de microalga *Isochrysis galbana* a una densidad continua de 100 000 cel/ml. Al final del experimento, *Oithona nana* presentó evidencias estadísticas significativas en el crecimiento poblacional, la mayor densidad poblacional fue correspondiente a 25 ups ( $3634,75\pm 869,44$  individuos), obteniendo 67,4% copepoditos ( $2451,50\pm 675,43$  individuos), sin embargo, se obtuvo una densidad total  $1305,50\pm 396,99$  individuos (35 ups). Además el menor tiempo de desarrollo por estadio de *O. nana*, nauplios ( $3,25\pm 0,08$  días), copepoditos ( $2,25\pm 0,03$  días) y copépodos adultos maduros ( $1,38\pm 0,14$  días) logrando el desarrollo total  $6,88\pm 0,23$  días (15 ups) a diferencia de tratamiento con 35 ups, de nauplio a copépodo maduro en  $9,71\pm 0,41$  días; la relación de copépodo macho/hembra 1,33:1; la cantidad de huevos obtenidos por hembra ovígera fue 27 a 30 huevos/hembra y el menor tiempo de desove se logró con 15 ups ( $13,13\pm 1,65$  horas). Se concluye que la salinidad óptima para cultivar *Oithona nana* es entre 15 a 25 ups, ya que afecta favorablemente el desarrollo, reproducción y crecimiento poblacional.

**Palabras claves:** copépodo Cyclopoida, *Oithona nana*, salinidad.

## ABSTRACT

In recent years, the cultivation of marine copepods has received great importance as a live food in marine aquaculture, the *Oithona* genus, is almost certainly the most plentiful in the world's oceans the objective of the present research work was to evaluate the effect of salinity on growth population, development and reproduction of *Oithona nana*. *O. nana* copepod culture was performed with five different salinities (15, 20, 25, 30 and 35 psu), under controlled conditions ( $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ , 125 lux, 12:12 light: dark), with feeding at *Isochrysis galbana* microalgae base at a continuous density of 100 000 cel/ ml. At the end of the experiment, *Oithona nana* presented significant statistical evidence on population growth, the highest population density was corresponding to 25 psu ( $3634.75 \pm 869.44$  individuals), obtaining 67.4% copepodites ( $2451.50 \pm 675.43$  individuals), however, a total density of  $1305.50 \pm 396.99$  individuals (35 psu) was obtained. In addition, the shortest development time by stage of *O. nana*, nauplii ( $3.25 \pm 0.08$  days), copepodites ( $2.25 \pm 0.03$  days) and mature adult copepods ( $1.38 \pm 0.14$  days) achieving total development  $6.88 \pm 0.23$  days (15 psu) unlike treatment with 35 psu, from nauplius to mature copepod in  $9.71 \pm 0.41$  days; male/ female copepod ratio 1.33: 1; the number of eggs obtained per ovigerous female was 27 to 30 eggs / female and the shortest spawning time was achieved with 15 psu ( $13.13 \pm 1.65$  hours). It is concluded that the optimal salinity to cultivate *Oithona nana* is between 15 to 25 psu, since it favorably affects the development, reproduction and population growth.

**Key words:** Cyclopoida copepod, *Oithona nana*, salinity.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha demostrado estos últimos años los rendimientos económicos obtenidos, según FAO (2020), la aportación de la acuicultura pesquera mundial ha aumentado alcanzando un récord de 263 600 millones de dólares, el cultivo de peces tanto en la acuicultura marina y costera sobresalen entre la crianza de animales acuáticos, lo cual nos muestra que la acuicultura tiene una gran proyección y que cada año se va impulsando nuevas tecnologías para lograr avances y completar el ciclo de vida de especies de importancia económica.

Entre los factores limitantes más frecuentemente se encuentra en la producción de peces marinos en la fase larvaria y post-larval, el alimento vivo para el estadio larval de peces marinos presenta características como el movimiento, variedad de colores y son altamente nutritivos; que los alimentos inertes no contienen a pesar de los progresos realizados, se tiene la dependencia de alimento vivo de alta calidad (Moorhead y Zeng, 2010), como las microalgas, *Artemia* y rotíferos, son los alimentos que se utilizan comúnmente para alimentar larvas y post-larvas de peces marinos (Shao y Zeng, 2020), que a su vez tienen que ser enriquecidos con suplementos (Puello-Cruz et al., 2008).

Por ello es necesario incluir como alternativa al copépodo y así sea parte del alimento vivo de peces marinos en estadio larval, ya que son una de las fuentes de alimento vivo más importantes para la acuicultura marina (Payne y

Rippingale, 2001), puesto que es el principal vínculo trófico entre la producción microbiana y los consumidores como peces (Pinkerton et al., 2020), los copépodos son altamente nutritivos, se caracterizan por tener nutrientes esenciales como aminoácidos, ácidos grasos insaturados (Olivotto, et al., 2011) y son organismos a prueba de ecotoxicología (Lee et al., 2007).

El Copépodo presenta la mayor diversidad de zooplancton marino en sistemas tropicales en todo el mundo (Jerez-Guerrero et al., 2020), y a lo largo de los años se han realizado diversas investigaciones internacionales para la optimización de cultivos de diferentes especies y la inclusión como alimento principal para especies de alto valor económico; destacando la necesidad de desarrollar directrices para las pruebas de ciclo de vida con crustáceos, incluidos copépodos marinos (Gourmelon y Ahtiainen, 2007).

A pesar de que en varios países existe un mercado enorme para los copépodos, el conocimiento de estos organismos está limitado en algunas áreas la mayoría de los estudios sobre copépodos están dirigidos principalmente a establecer su contribución a la composición general del zooplancton epipelágico (Jerez-Guerrero et al., 2020), el crecimiento, supervivencia y reproducción depende no solo de la disponibilidad de comunidades de fitoplancton, sino también de la calidad nutricional, y pueden variar dependiendo de una variedad de factores, como; disponibilidad de micronutrientes y macronutrientes, luz, temperatura, mezcla turbulenta y salinidad (Jenkins y Black, 2018)

A fin de incrementar la base de datos en el Perú en relación al cultivo de copépodos y como alternativa de insertar en la dieta larval en junto a diversas especies de microalgas, rotíferos y otros microorganismos, siendo fundamental porque ellos son el principal alimento vivo en la acuicultura marina, evidenciando un incremento en la sobrevivencia y calidad larvas y alevinos que los consumen (Prieto et al., 2006); argumento por el cual, se realizó el presente trabajo a fin de determinar la salinidad óptima en la producción del copépodo marino *Oithona nana*.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actualidad la acuicultura es una actividad que representa una solución a la demanda creciente de alimento en el mundo, en la última década el crecimiento de la acuicultura peruana ha sido del 30 % anual desde 6 600 Tm en el año 2000 hasta los 92 200 el 2011 (Ruiz, 2012). Según FAO (2016), la producción de animales acuáticos procedentes de la acuicultura ha ascendido con un valor de 160 200 millones de dólares, lo cual muestra que la acuicultura tiene una gran proyección en los futuros años, resaltando que el 70 % del planeta es agua, y que los animales acuáticos son capaces de convertir sus alimentos y tienen tasas de reproducción mayores a los terrestres (APROMAR, 2015).

Uno de los factores limitantes que se encuentra con mayor frecuencia está en la producción de peces marinos en la fase larval y de alevines que a pesar de los avances logrados, aun depende del suministro constante de alimento vivo de alta calidad (Puello-Cruz et al., 2008). El alimento vivo son los organismos que lo componen el fitoplancton y zooplancton; en la acuicultura las microalgas, *Artemia* y rotíferos son los alimentos que habitualmente se utilizan para la alimentación de larvas y

alevinos de peces marinos, debido a que aportan nutrientes esenciales como aminoácidos y ácidos grasos insaturados; teniendo que enriquecer con suplementos formulados las carencias tanto de la *Artemia* como rotíferos (Prieto y Atencio, 2008; Puello-Cruz et al., 2008)

Al ver las necesidades para mejorar los porcentajes de mortalidad y las carencias nutricionales en el estadio larval, Según Puello-Cruz et al., (2011), desde el año 2000 se han realizado investigaciones para el desarrollo de tecnologías de cultivo del copépodo harpacticoida y calanoida en el Laboratorio de Nutrición y Larvicultura (CIAD-Mazatlán). Como es de saber todos los peces y crustáceos marinos ingieren de forma natural y están adaptados evolutivamente a tal dieta, considerando que este tipo de presa satisface sus requisitos nutricionales, los altos niveles de ácidos grasos Omega 3 (DHA, EPA) en los copépodos, fortalecen las larvas para sobrevivir durante la primera fase altamente estresante y sensible de vida (Ronge, 2017; Cazares, 2014).

El cultivo de copépodos es un tema muy investigado en otros países, aparte de ser una de las fuentes de alimento vivo más importantes para la acuicultura marina, pero los estudios realizados acerca de ello en nuestro país son escasos casi nulos, y para poder superar los porcentajes negativos que tenemos en acuicultura peruana, es necesario realizar investigaciones que mejoren y aporten los conocimientos en la optimización de alimento vivo para el estadio larval de peces marinos e incluir como alternativa al copépodo como parte del alimento vivo de

peces en estadio larval siendo importantes porque ellos son una de las fuentes de alimento vivo más importantes para la acuicultura marina (Spinelli et al., 2012).

Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones que mejoren los conocimientos en la optimización de alimento vivo para el estadio larval de peces marinos, razón por la cual el presente trabajo se realizó, a fin de determinar la salinidad óptima en la producción del copépodo marino *Oithona nana* en condiciones controladas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Interrogante general**

- ¿Cuál será el efecto de la salinidad en el cultivo de *Oithona nana* en condiciones de laboratorio?

### **1.2.2. Interrogantes secundarias**

- ¿Cuál será el efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de *Oithona nana*?
- ¿Cuál será el efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de *Oithona nana*?

## **1.3. Justificación e importancia**

La acuicultura ha demostrado estos últimos años una estandarización de técnicas de cultivo para diversos géneros de alimento vivo, como microalgas, rotíferos y *Artemia*; los beneficios económicos obtenidos, impulsando el progreso con tecnologías de cultivo modernas y completar el ciclo de vida de especies de interés económico.

En los países en donde se practica con éxito la acuicultura, la producción de *Artemia*, microalgas, rotíferos y copépodos son prácticas de rutinas en sistemas de cultivo semi intensivo e intensivo con alta sobrevivencia de organismos (Payne & Rippingale, 2001; Prieto *et al.*, 2006).

El cultivo de copépodos se ha convertido en un tema de gran vigencia para la investigación y en unas de las fuentes de alimento vivo más importantes para la acuicultura marina, existiendo datos que demuestran el incremento en la supervivencia y la calidad de las larvas y alevines que lo consumen, alimentaron larvas de atún con copépodo *Acartia tonsa* durante 20 días siendo la longitud estándar de 3,4 mm incrementando a 10,3 mm y aumentando el peso 95,8 a 2065 µg larva-1, siendo la supervivencia total del 43 %; si se hace una comparación las larvas de Atún alimentadas con rotíferos y *Artemia* presentaron alta frecuencia de deformidad en mandíbula, aletas y en la columna vertebral, deformidades que no se encontraron con las larvas alimentadas con copépodo *Acartia tonsa* (Oie y Evjemo, 2014).

Para poder resolver estos retos que se presentan en la acuicultura y sobre todo en la larvicultura, es necesario realizar investigaciones que mejoren los conocimientos en la optimización de alimento vivo para el estadio larval de peces marinos e incluir como alternativa al copépodo como parte del alimento vivo de peces en estadio larval por su importancia nutricional como alimento vivo en la acuicultura marina.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la salinidad en el cultivo *Oithona nana* en condiciones de laboratorio.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de *Oithona nana*.
- Determinar el efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción *Oithona nana*.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

- El cultivo *Oithona nana* será afectado por las diferentes salinidades.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Las variaciones de salinidad afectarán el crecimiento poblacional de *Oithona nana* a diferentes salinidades.
- El desarrollo y reproducción de *Oithona nana* serán afectados por las variaciones de salinidad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

- En el 2010, Ohs, C., Rhyne, A., Grabe, S., DiMaggio, M. y Stenn, E. presentaron el artículo científico: “Efectos de la salinidad en la reproducción y supervivencia del copépodo calanoida *Pseudodiaptomus pelagicus*”, desarrollado en Estados Unidos.

Se realizaron cuatro experimentos con el copépodo calanoida *Pseudodiaptomus pelagicus*, para determinar los efectos de la salinidad en la supervivencia, el tiempo de desarrollo, el rendimiento reproductivo y el crecimiento de la población para definir la salinidad óptima para el cultivo.

En el primer experimento se expuso nauplios y adultos a cambios abruptos de salinidad de 35 g/L a 5, 10, 15, 35, 42 y 48 g/L a 30 °C y se determinó la supervivencia después de 24 h. En el segundo experimento se almacenó nauplios en etapa temprana en vasos de 1 L, se cultivaron durante 10 días a seis salinidades (10, 15, 20, 25, 30, 35 g/L). En el tercer experimento se evaluó los efectos de la salinidad en el tamaño de las crías, el intervalo de cría y la producción de nauplios al almacenar parejas de adultos individuales durante 10 días. En el cuarto experimento se determinó los efectos de la salinidad en

el crecimiento de la población y la composición de la población cultivada hasta cinco días. Al desarrollar los objetivos de producción, los acuicultores deben considerar la salinidad debido a sus numerosos efectos en el cultivo de *P. pelagicus*. El rango de salinidad óptimo para lograr una alta supervivencia y la mayor producción de nauplios es de 15 a 25 g/L.

- En el 2008, Milione, M. y Zeng, Ch. presentaron el artículo científico: “Los efectos de la temperatura y la salinidad en el crecimiento de la población y el éxito de eclosión de copépodo Calanoida tropical, *Acartia sinjiensis*” desarrollado en Australia.

El copépodo calanoida tropical, *Acartia sinjiensis*, tiene un buen potencial para el cultivo en masa como alimento vivo para larvas de peces de arrecifes tropicales. Este estudio se realizó para investigar el impacto de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento de la población y las tasas de eclosión de huevos de *A. sinjiensis*. A una salinidad de  $30\pm 1$  ups, el impacto de la temperatura en el crecimiento de la población se determinaron después de un cultivo de 8 días a ocho temperaturas (10, 15, 20, 25, 28, 30, 34 y  $38^{\circ}\text{C}$ ) y nueve salinidades (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 ups), con una temperatura fija de  $30\pm 1$  °C, los resultados de este estudio sugieren que, para un crecimiento máximo de la población y el logro en la

eclosión de los huevos, *A. sinjiensis*, debe cultivarse a 30 °C con una salinidad de 30 ups.

- En el 2016, Pan, Y., Souissi, A., Souissi, S., y Hwang, Sh. presentaron el artículo científico: “Efectos de la salinidad en el rendimiento reproductivo de *Apocyclops royi* (Copépodo, Cyclopoida)”, desarrollado en Taiwán.

El copépodo Cyclopoida *Apocyclops royi* es una especie dominante en los estanques salinos del interior y en las zonas de estuarios del sur de Taiwán. Aunque es un candidato ideal como alimento vivo para la alimentación de larvas de peces debido a su corto ciclo de vida, pequeño tamaño corporal y fácil mantenimiento. En este estudio, se realiza diversos experimentos individuales y poblacionales para investigar el impacto de la salinidad en el rendimiento reproductivo de *A. royi*. En los experimentos de población se cultivaron 8 hembras ovígeras en un medio de cultivo de 800 ml a las salinidades designadas (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35) durante 14 días. Posteriormente, se realizaron experimentos individuales para probar los efectos de la salinidad (0, 10, 20 y 30) en la producción de nauplios y embrague de 12 pares de copépodos durante 14 días. Los resultados ofrecen una recomendación crucial sobre los procesos manipulados para la alimentación de larvas en criaderos de

acuicultura marina y salobre. Reflejos: La alta reproducción de *A. royi* está en el rango de salinidad de 10 a 25. Reducción de la producción de huevos en tratamientos de baja salinidad (0 y 5). Baja sostenibilidad poblacional en tratamientos de alta salinidad (30 y 35).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Acuicultura**

La acuicultura es la crianza de organismos acuáticos en agua dulce, en zonas adyacentes al mar y maricultura, es la intervención de proceso de cría para aumentar la producción. Los sistemas de cultivo son muy diversos en cuanto a métodos de cultivo, prácticas, instalaciones e integración con otras actividades agrícolas (FAO, 2020), con técnicas encaminadas a hacer más eficiente su rendimiento. (APROMAR, 2015)

### **2.2.2. Alimento vivo**

En la acuicultura, uno de los aspectos que más se ha trabajado es la producción y obtención de alimento que satisfagan los requerimientos nutricionales de cada especie de cultivo. El fitoplancton y zooplancton son alimentos vivos esenciales para el desarrollo larvario de peces marinos y de agua dulce, así como en crustáceos y moluscos. En la actualidad la investigación está orientada hacia los microorganismos como fuente de alimentación y están en pleno desarrollo (Ariza *et al.*, 2010).

El alimento vivo está compuesto por el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual componen la producción de material orgánico básico en los ecosistemas acuáticos. Los copépodos son la clave de redes tróficas marinas, proporcionan una fuente de alimento y desempeñan un papel importante en el ciclo de nutrientes marinos (Coppock et al., 2019).

La importancia del plancton en piscicultura marina es mayor durante las fases de larvario y alevinaje, siendo su importancia independiente de la estrategia alimenticia del pez durante su vida adulta (Prieto et al., 2006; Spinelli et al., 2012), los copépodos transfieren energía entre los productores primarios y las especies depredadoras más grandes de zooplancton (Santhanam y Perumal, 2012).

### **2.2.3. Copépodos**

Los copépodos son una subclase de crustáceos maxilópodos de pequeño tamaño, presentan la mayor diversidad de zooplancton marino en sistemas tropicales en todo el mundo (Jerez-Guerrero et al., 2019), de ciclos de vida cortos y distribuciones espaciales y temporales (Lee et al., 2007) principalmente formando parte del zooplancton (Coppock et al., 2019), aunque también se puede encontrar especies semi terrestres (Martin y Davis, 2001).

### **2.2.3.1. Taxonomía**

Reino : Animalia

Filo : Arthropoda

Subfilo : Crustacea

Clase : Hexanauplia

Subclase : Copepoda

Orden : Cyclopoida

Suborden : Oithonida

Familia : Oithonidae

Género : *Oithona*

Especie : *Oithona nana* (Giesbrecht, 1893).

(Walter, TC y Boxshall, G., 2020).

### **2.2.3.2. Características generales**

Se han descrito más de 11,500 especies (Jaume *et al.*, 2004) aunque su número hasta el día de hoy es difícilmente calculable al ser los metazoos más numerosos de nuestro planeta (Jerez-Guerrero *et al.*, 2020). Se encuentran en todas las profundidades y ambientes acuáticos de diferente salinidad, tanto en agua dulce como marina, de vida planctónica o bentónica, o formas libres tanto como simbioses o parásitos (Fernández, 2015).

### 2.2.3.3. Orden: Cyclopoida

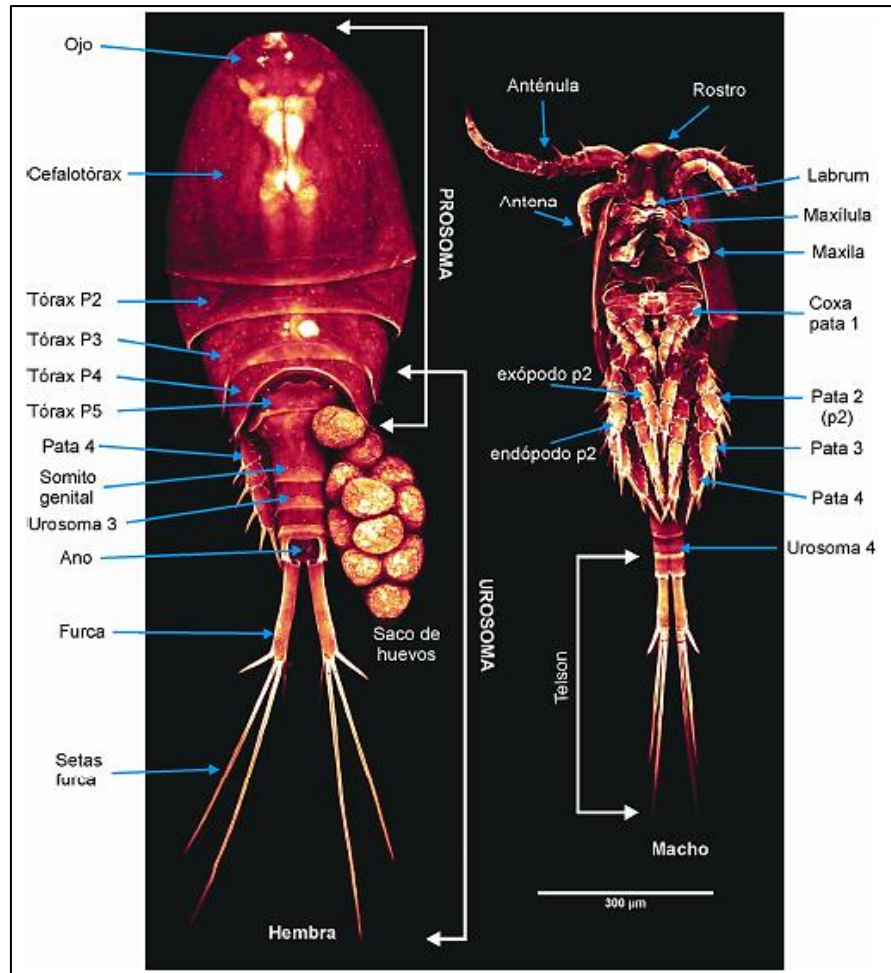
*Oithona* (Cyclopoida) es probablemente el copépodo más abundante (Chew & Chong, 2011; Gallienne & Robins, 2001; McKinnon et al., 2005) y ubícuo en los océanos del mundo (Almeda et al., 2010; Wang et al., 2017). Océano Atlántico en el oeste y el Océano Indico. La comunidad esta dominada por *Oithona* (Williams y Muxagata, 2006; Zakaria et al., 2016; Chew y Chong, 2011; Wang et al., 2017)

Según Miracle (2015) los cyclopoides se pueden diferenciar de los copépodos con cuerpo tipo podoplea (división entre las dos partes del cuerpo pasa por los somitos torácicos que llevan el 4º y 5º par de patas) por alguno de estos caracteres:

- Las anténulas (1er par antenas) de los machos son geniculadas y proporcionales, estas anténulas pueden ser dobladas para sujetar a la hembra.
- Ya que el exópodo ha quedado limitado a una o poca seda, las segundas antenas son unirrámeas.
- Cuentan con una mandíbula de tipo masticatorio (gnatostoma)
- Sus patas locomotoras se encuentran bien desarrolladas, estas se enlazan entre sí por una placa intercoxal
- La pata 5ª o sexual, es igual en los dos sexos, es diferente de las demás patas y considerablemente reducida, pero siempre está presente, por lo menos con una seta; y

- Presenta un somito genital como único poro copulador

Como se puede observar en la Figura 1, las partes principales de un copépodo de orden Cyclopoida.



**Figura 1.** Vista dorsal y ventral de *Eucyclops serrulatus*, copepoda Cyclopoida.

**Fuente:** Imagen de microscopía confocal realizada en la Sección de Microscopía del SCSIE de la Universitat de València E. Navarro, M.R. Miracle & V. Alekseev citado por Miracle (2015).

#### **2.2.3.4. Alimentación**

Los copépodos desempeñan un papel ecológico importante debido a su función básica, que es la de servir de intermediarios entre los productores primarios y los organismos superiores que se alimentan de ellos y en ciclos biogeoquímicos en el océano. (Santhanam y Perumal, 2012; Elité et al., 2012)

Existen distintos tipos de alimentación (herbívora, omnívora, detritívora, carnívora, etc.) la mayor parte de ellos son herbívoros y filtradores, captando las partículas del medio y modificando sus apéndices bucales en función del alimento (Fernández, 2015). *Oithona* son copépodos omnívoros que consumen principalmente zooplancton, dinoflagelates, diatomas y desechos orgánicos (Castellani et al, 2008; Pond & Ward, 2011).

#### **2.2.3.5. Locomoción**

Los copépodos realizan movimientos verticales trasladándose de un lugar a otro por medios propios, pese a ser especímenes de reducidos tamaños y pertenecientes al plancton. Parece incluso que son capaces de desplazarse ligeramente en horizontal y trasladarse de aguas escasas en nutrientes a zonas más ricas. (Fernández, 2015).

#### **2.2.3.6. Reproducción**

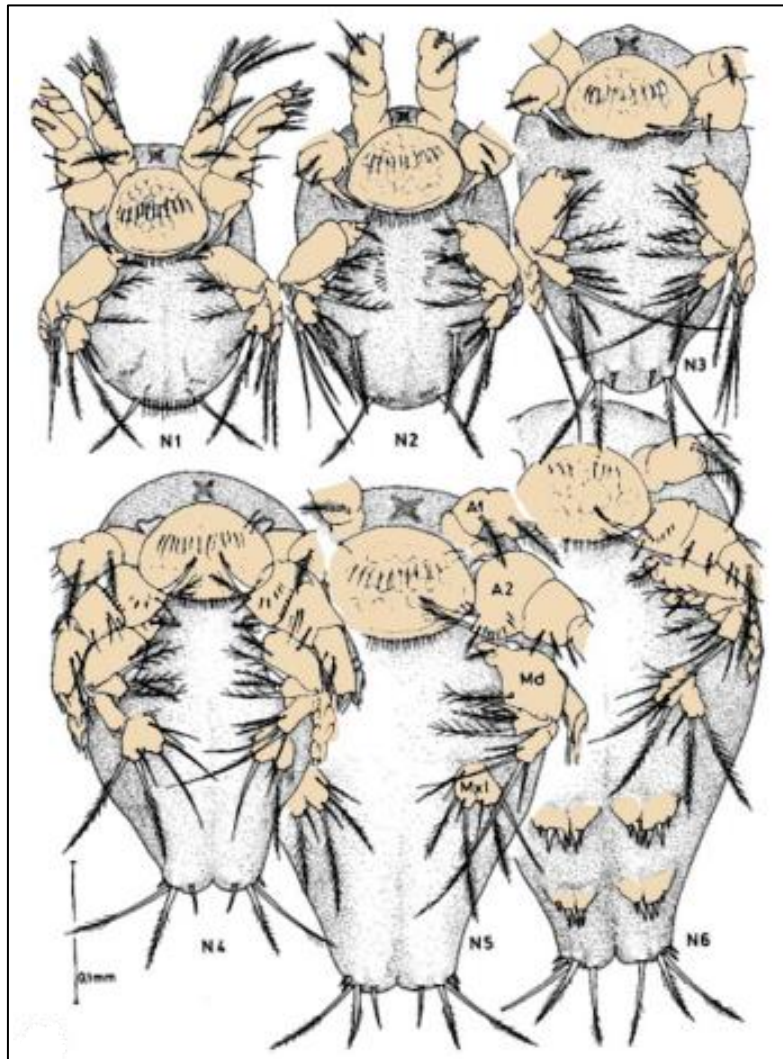
Los copépodos son gonocóricos: los sexos son separados. En el apareamiento no hay copula, el macho transfiere el esperma a la

hembra dentro del espermatóforo (Jaume *et al.*, 2004). En los cyclopoides estudiados (Miracle, 2015) en la cópula, el macho con sus antenas geniculadas agarra ventralmente a la hembra generalmente por el 4<sup>o</sup> par de patas o la base del abdomen, abrazados adhiere dos espermatóforos (de forma ovoide o reniforme), en la parte ventral del segmento genital de la hembra, cerca del poro copulador.

Los dos espermatóforos se alargan y enlazan por un tubo, y penetran en el poro copulador donde los espermatozoides ingresan al receptáculo seminal y son almacenados; por último, espermatóforos vacíos se desprenden. Los espermatozoides pueden vivir varias semanas en el receptáculo y pueden fertilizar varias puestas de huevos (Miracle, 2015). El periodo de puesta puede ser muy variable; hay especies tropicales que presentan una reproducción continua todo el año, mientras que otros solo lo hacen anualmente una sola vez. (Fernández, 2015).

#### **2.2.3.7. Crecimiento**

Una hembra puede liberar entre 7 y 15 pares de sacos a más, presentando pausas entre 2 y 7 días. Del huevo nace la larva nauplio que, mudando sucesivamente, pasará por seis estadios de nauplio (Figura 2) y cinco de copepodito (Figura 3) antes de alcanzar el estado adulto (Figura 4), a partir del cual ya no mudará más (Miracle, 2015).

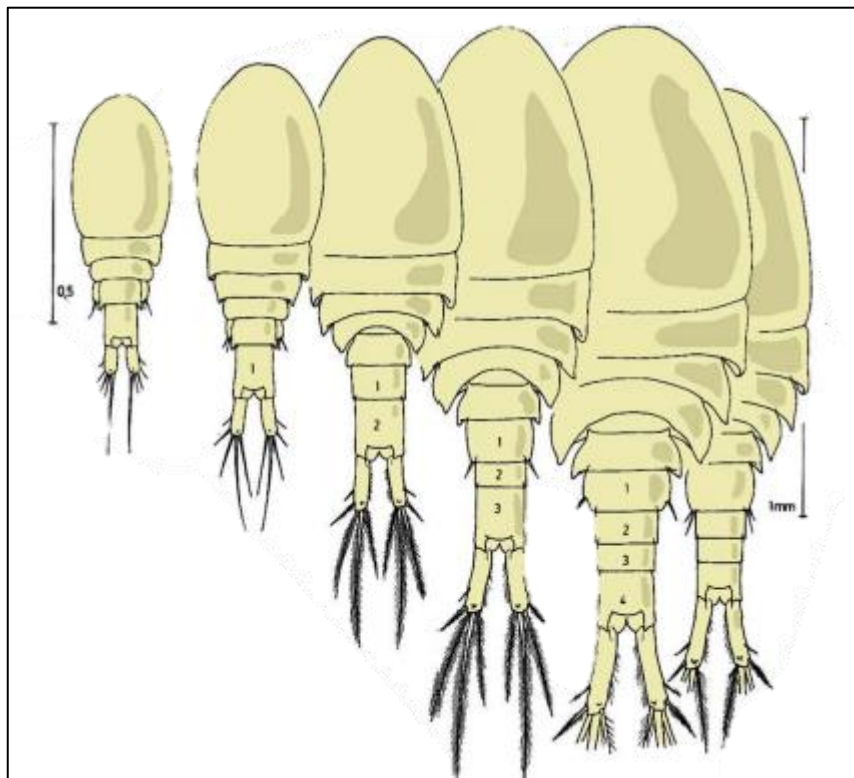


**Figura 2.** Desarrollo de los cyclopoides, estadios de los nauplios.  
**Fuente:** Einlei (1993) adaptadas por Miracle (2015).

Los diferentes estadios se distinguen entre sí por el incremento de tamaño con alargamiento en forma de pera y por el grado de desarrollo de apéndices mencionados y el aumento del número de setas furcales, así como la aparición y desarrollo de las maxílulas (Miracle, 2015). En el N6 aparecen rudimentos de otros apéndices y dos primeros pares de patas natatorias.

De la muda de este último estadio sale el copepodito (Figura 3) el cual tiene cinco segmentos y tres pares de patas adquiriendo sucesivamente los diferentes somitos y pares de apéndices.

El copepodito cambia por completo el uso de los apéndices y especialmente la forma de alimentación que es ya parecida a la del adulto (Miracle, 2015).



**Figura 3.** Desarrollo de los cyclopoides, estadios de los copepoditos.

**Fuente:** Einlei (1993) adaptadas por Miracle (2015).

Estadio	Características
NI	Recién salido del huevo
NII	Muda 1
NIII	Muda 2
NIV	Muda 3
NV	Muda 4
NVI	Muda 5
CI	sólo 3 pares de patas.
CII	4 pares de patas.
CIII	5 pares de patas, 1 somito urosomal ápodo + telson.
CIV	5 pares de patas, 2 somitos urosomales ápodos + telson.
CV	5 pares de patas, aunque las ramas no han alcanzado la segmentación definitiva, 3 somitos urosomales ápodos + telson.
Adulto	5 pares de patas con la segmentación definitiva, 4 somitos urosomales ápodos + telson. La mayoría de las hembras sólo cuenta con 3 somitos urosomales ápodos + telson por la integración del somito genital y el primer somito abdominal en uno sólo.

**Figura 4.** Estadios de los copépodos.

**Fuente:** Jaume *et al.*, (2004) adaptada por Torres-Taipe (2019).

#### 2.2.3.8. Clasificación

Según Fernandez (2015), los copépodos, que tienen categoría de Clase, se dividen en ocho órdenes:

- O. Calanoida
- O. Misophrioida
- O. Harpacticoida
- O. Mormonilloida.
- O. Monstrillioida
- O. Siphnostomatoida
- O. Cyclopoida
- O. Poecilostomatoida

Predominando los órdenes de Cyclopoida 46 %, Calanoida 34 % y Harpacticoida 19 % (Eswari y Ramanibai, 2004).

#### **2.2.4. Cultivo de copéodos**

La producción de zooplancton adecuado es requisito de enriquecimiento para el cultivo en etapa temprana en la larvicultura (Sontakke et al., 2019), para poder alcanzar mayor supervivencia, facilitar los procesos digestivos y estimular el desarrollo de enzimas endógenas en las larvas (Prieto-Guevara et al., 2016).

#### **2.2.5. Dieta en el cultivo del copéodo**

En los estudios de producción de copéodos y sus diferentes parámetros las microalgas juegan un papel importante, ya que estas son el alimento principal en el cultivo de copéodos, entre las más utilizadas están: *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri*, *Tetraselmis suecica*, *Rhodomonas salina*, *Nannochloropsis oculata*, las dietas tienen un efecto significativo sobre todos los parámetros de cultivo y en la composición de ácidos grasos del copéodo, las mejores dietas recomendadas son *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros muelleri*. La producción de copéodos se relacionó positivamente con la relación de DHA y EPA en su dieta, por ello es recomendable dietas mixtas. (Payne y Ripplingale, 2000; Puello-cruz et al., 2009, Anzueto, 2014).

La relación DHA/EPA fue mayor en *Isochrysis galbana*, considerando que *I. galbana* es una de las mejores fuentes de DHA, al mezclarla con *Chaetoceros muelleri* que es rica en EPA y ARA, se

complementa el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, ya que permite una mayor eficiencia productiva del copépodo en el cultivo. (Payne y Ripplingale, 2000; Cazares, 2014; Prieto-Guevara *et al*, 2016)

#### **2.2.6. Salinidad**

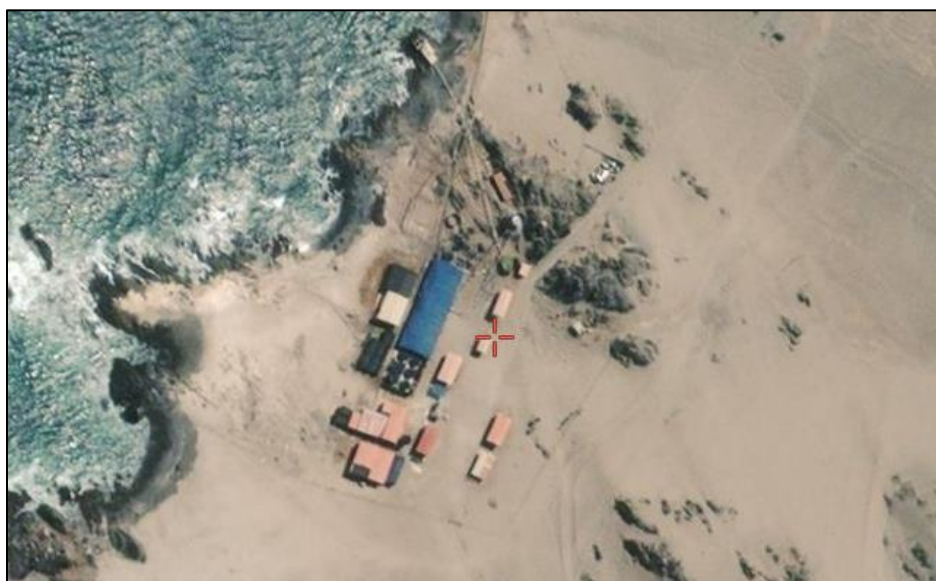
La salinidad afecta en la supervivencia, el tiempo de desarrollo, el rendimiento reproductivo y el crecimiento de la población para definir la salinidad óptima para el cultivo. (Ohs *et al.*, 2010). Según Peck y Holste, (2006) y Ohs *et al.*, (2010), la salinidad óptima para el cultivo de copépodo calanoida debe estar entre un rango de 14 a 25 ups. En las investigaciones realizadas que 20 a 30 ups de salinidad, el copépodo se alimentará normalmente. (Li *et al.*, 2008). Según Milione y Zeng, (2008), para un crecimiento máximo de la población y el éxito de la eclosión de los huevos, de calanoida tropical debe cultivarse a una salinidad de 30 ups.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación presente se realizó en marco al proyecto: “Investigación y desarrollo de las tecnologías de cultivo de peces marinos de importancia económica: Corvina *Cilus gilberti* y Sargo *Anisotremus scapularis* en la región de Tacna” en el laboratorio de alimento vivo del proyecto de la UNJBG en convenio con el Centro de acuicultura de Morro Sama-Tacna, FONDEPES, situado en el km 75 de la autopista Costera Tacna-Ilo, en la localidad de Morro Sama, distrito de Sama-Las Yaras, Provincia y Región Tacna. Figura 1.



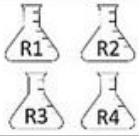
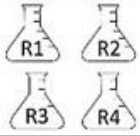
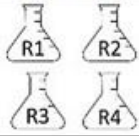
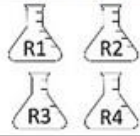
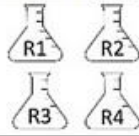
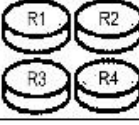
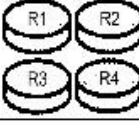
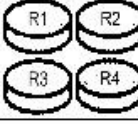
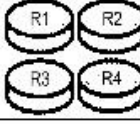
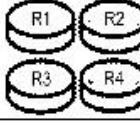
**Figura 5.** Vista satelital del Centro acuícola de Morro Sama-FONDEPES, Tacna. Coordenadas: 80°52'1.89"O Longitud y 5°46'15.44"S Latitud Sur.

**Fuente:** Satellites.pro, (2020).

### 3.2. Tipo, diseño y nivel de investigación

El tipo de investigación fue experimental.

Diseño de la investigación es DCA (Diseño completamente al azar):

	Trat 1 (15 ups)	Trat 2 (20 ups)	Trat 3 (25 ups)	Trat 4 (30 ups)	Trat 5 (35 ups)
E1					
E2					

**Figura 6.** Diseño experimental de copépodo *Cyclopoida Oithona nana*; con diferentes salinidades.

Donde: ups es “unidades prácticas de salinidad”.

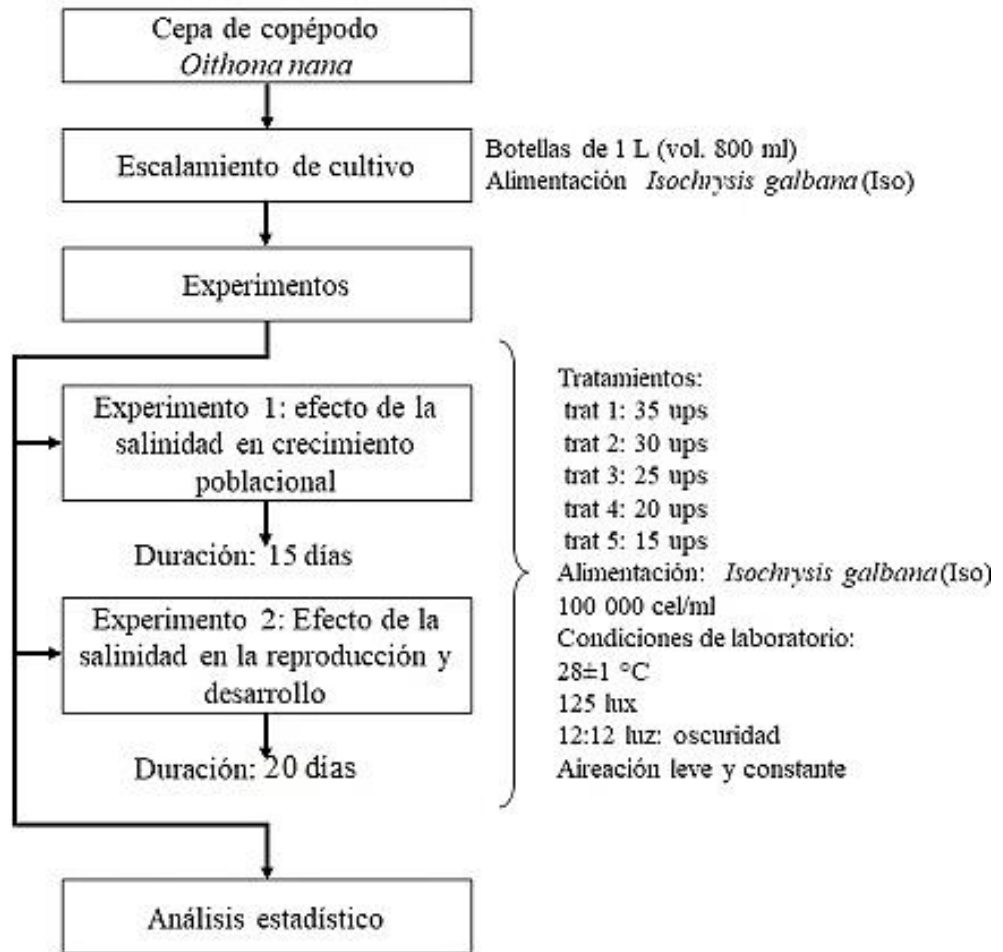
E1: experimento 1, matraz.

E2: experimento 2, placa Petri.

R1, R2, R3 y R4 son repeticiones.

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

## Flujograma del diseño experimental



**Figura 7.** Flujograma del cultivo del copépodo *Cyclopoida Oithona nana*.

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

El trabajo es de nivel aplicativo y explicativo.

### 3.3. Operacionalización de variables

#### 3.3.1. Variable dependiente: indicadores

Producción total de la biomasa de copépodos *Cyclopoida Oithona nana*

- Densidad: población total de copépodos (ind)

### 3.3.2. Variable independiente: indicadores

Diferentes salinidades.

- Parámetro físico: cinco salinidades diferentes (ups).

**Tabla 1.** Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Son diminutos microorganismos acuáticos.	Cultivo de copépodo <i>Oithona nana</i> . Biótica	Densidad poblacional.	Ind/ml
Producción de <i>Oithona nana</i>				
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Contenido de NaCl disuelta en un cuerpo de agua	Sólidos disueltos totales. Físico-químico	Salinidad	mg/L (ups)
Salinidad				

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

### 3.4. Población y muestra

#### 3.4.1. Población

Copéodos marinos aislados en el laboratorio del proyecto cultivo de Corvina y Sargo, Morro Sama.

#### 3.4.2. Muestra

La muestra fue direcciona a la especie *Oithona nana*.

### **3.5. Materiales, equipos e instrumentos**

#### **3.5.1. Equipos**

- Microscopio óptico compuesto binocular OPTIKA 469945-S/M
- Estereoscopio trinocular OPTIKA-SZM-LEDZ
- Termostato de 150 W de 20-34°C (5 unidades)
- Termómetro de mercurio (20-110°C) TAYLO
- Refractómetro
- Luxómetro
- Bomba de vacío VACUNBRAND
- Filtro de nitrocelulosa 0,45 µm
- Esterilizador con lámparas UV
- Aire acondicionado

#### **3.5.2. Instrumentos**

- Tamices (20, 55, 105, 150, 200, 300 y 500 µm)
- 1 tanque rectangular de fibra de vidrio de 400 L
- 3 fluorescentes de luz blanca
- 3 piedras difusoras

#### **3.5.3. Materiales**

##### **3.5.3.1. Materiales biológicos**

- Microalga *Isochrysis galbana* – laboratorio de alimento vivo de morro Sama FONDEPES.

- Copépodo Cyclopoida *Oithona nana* - laboratorio de alimento vivo de morro Sama Proyecto de cultivo de Corvina y Sargo.

### **3.5.3.2. Materiales de vidrio**

- 3 vasos precipitados de borosilicato 100 ml
- 3 vasos precipitados de borosilicato 500 ml
- Pipeta Pasteur 10, 5, 1 ml
- 23 placas de Petri de vidrio
- Lámina portaobjeto
- Lámina cubreobjetos
- 20 matraces Erlenmeyer de borosilicato 1000 ml, marca ISO LAB
- Cámara de Sedwick-rafter KYNTEL
- Cubre objeto para cámara de Sedwick-rafter
- Cámara de Neubauer con espejo de vidrio 76mm x 31mm – MARIENFIELD
- Cubre objeto para cámara de Neubauer
- Probeta de borosilicato 50, 100, 500 ml

### **3.5.3.3. Materiales de metal**

- Estilete
- Conto metro manual de cuatro dígitos

### **3.5.3.4. Materiales de plástico**

- Bombilla para pipeta
- Tetina para pipeta Pasteur
- Placas Petri de plástico

- 20 m de manguera de acuario
- Placa de Petri cuadriculada
- 20 (llaves, tes y uniones de manguera de acuario)
- 3 botellas de 7 L
- Filtro para jeringa 0,45  $\mu\text{m}$
- 3 baldes de 20 L
- Vaso precipitado de plástico 500, 1000 ml
- Jeringa 5 ml

#### **3.5.3.5. Materiales de BPM**

- Algodón
- Botas
- Toca
- Mascarilla
- Guante de látex
- Guante de jebe
- Mandil de PVC

#### **3.5.3.6. Materiales de limpieza**

- Lejía (hipoclorhidrato de sodio 4 %)
- Ácido muriático
- Paños absorbentes
- Escobilla para botella
- Detergente
- Scotch-brite

### **3.5.3.7. Materiales de escritorio**

- Laptop
- Cuaderno de apuntes
- Útiles de escritorio
- Impresiones
- Bitácora

### **3.5.4. Reactivos**

- Alcohol 70 y 96 %
- Lugol
- Yodo
- H<sub>2</sub>O de mar UV estéril
- H<sub>2</sub>O destilada
- H<sub>2</sub>O dulce

### **3.5.5. Métodos**

#### **3.5.5.1. Tratamiento del agua de mar**

Los cultivos se realizaron en matraces, se empleó agua de mar filtrada con cartuchos de 20 µm, 10 µm y 5 µm, posteriormente en laboratorio se pasó por un filtro de 1 µm, donde se irradió con luz ultravioleta.

Además, se efectuó un tratamiento químico del agua de mar:

1° se llenó 20 L de agua de mar UV.

2° se agregó 0,5 ml/L de cloro por 24 h.

3° se agregó 30 ppm de tiosulfato de sodio.

4° se filtró en una bomba de vacío por un filtro de membrana de nitrocelulosa de 0,45 µm.

### **3.5.5.2. Mantenimiento y cultivo de *Oithona nana***

Las cepas fueron mantenidas en botellas de vidrio de 1 L, y posteriormente a botellas de 7 L, cultivado a temperatura ambiente (17-21°C), salinidad de 35 ups, fotoperiodo natural, sin aireación y alimentado con *Isochrysis galbana*.

### **3.5.5.3. Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de *Oithona nana***

Se sembró 10 copépodos hembras ovadas en matraces de 1 000 ml de capacidad, con un volumen útil de 700 ml de agua de mar microfiltrada 0,45 µm esterilizada UV y agua dulce, con irradiación de 125 lux, aireación microfiltrada ligera y continua por medio de una pipeta Pasteur, la temperatura se mantuvo constante en baño maría, para ello se sumergió parcialmente en un tanque rectangular de fibra de vidrio con 3 termostatos con la temperatura de  $28 \pm 1$  °C, fotoperiodo de 12:12 (luz:oscuridad) y con alimentación a base de microalga *Isochrysis galbana* a una densidad continua de 100 000 cel/ml.

Las salinidades experimentales fueron (15, 20, 25, 30 y 35 ups) con cuatro repeticiones para cada tratamiento, respectivamente. Las salinidades experimentales se establecieron a partir de agua de mar y

se ajustó con agua dulce. La salinidad de cada tratamiento se midió con un refractómetro y se verificó con un conductímetro. La duración de este experimento fue de 15 días.

#### **3.5.5.4. Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

##### **A. Desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

Se sembró 1 hembra ovada en cada placa Petri con un volumen útil de 40 ml de agua de mar UV filtrada a 0,45  $\mu\text{m}$ , esterilizada UV y agua dulce, con irradiación de 125 lux, la temperatura fue de  $28\pm 1$  °C, fotoperiodo de 12:12 (luz:oscuridad) y con alimentación a base de microalga *Isochrysis galbana* a una densidad continua de 100 000 cel/ml.

Las salinidades experimentales fueron (15, 20, 25, 30 y 35 ups) con cuatro repeticiones en cada tratamiento, respectivamente. Las salinidades experimentales se establecieron a partir de agua de mar ajustada con agua potable. Se midió la salinidad en cada tratamiento con un refractómetro y se verificó con un conductímetro.

Se observaron las hembras cuatro veces al día para y precisar el tiempo en la liberación de los sacos. Posterior a la liberación, estas fueron retiradas, quedando únicamente nauplios y se observó el desarrollo y la reproducción, cuatro veces al día hasta que alcanzaron el estadio adulto. La duración de este experimento fue de 20 días.

## **B. Relación macho/hembra de *Oithona nana***

Al alcanzar los copépodos el estadio adulto en cada tratamiento, observando el desarrollo y la reproducción de ello, se contabilizó la cantidad de copépodos machos y hembras, para determinar la relación de copépodos maduros macho/hembra según cada tratamiento.

## **C. Cantidad de huevos por hembra de *Oithona nana***

Al alcanzar la reproducción de los copépodos, se tomaron las hembras ovadas de cada tratamiento, y se contabilizó la cantidad de huevos que cada una de ellas tenía en sus dos sacos ovigeros, para determinar si la salinidad afecta la fertilidad en los copépodos *Oithona nana*.

## **D. Tiempo de desove/ eclosión de huevos de *Oithona nana***

Del experimento anterior de cada tratamiento se tomó una hembra ovada, esta se sembró en placa Petri a razón de 40 ml de agua de mar UV filtrada a 0,45  $\mu\text{m}$ , esterilizada UV y agua dulce, con irradiación de 125 lux, la temperatura fue de  $28\pm 1$  °C, fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad) y con alimentación a base de microalga *Isochrysis galbana* a una densidad continua de 100 000 cel/ml.

Respetando las salinidades experimentales (15, 20, 25, 30 y 35 ups) con cuatro repeticiones en cada tratamiento, respectivamente.

Las hembras fueron separadas apenas estas fueron ovadas, se monitoreo durante 2 días, seis veces al día; para determinar el momento exacto en que eclosionan los nauplios, para obtener los tiempos de desove, y determinar si la salinidad afecta el tiempo de eclosión en los copépodos *Oithona nana*.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Experimentos**

Los resultados muestran el efecto de la salinidad en el cultivo, desarrollo y reproducción del copépodo *Oithona nana*, con cinco tratamientos experimentales.

##### **4.1.1. Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de *Oithona nana***

Estadísticamente sí existe diferencia significativa; se comparó por medio de análisis de varianza, para así encontrar diferencias significativas en la salinidad de cada tratamiento y por estadio (Tabla 2, 3, 4 ,5 y 6); debido a que ANOVA no sugiere cuáles o cuál establece dicha diferencia, se realizó un análisis Tukey (tabla 7) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), con el cual se encontró que el tratamiento con salinidad de 25 ups es diferente significativamente del resto de los tratamientos.

El crecimiento poblacional de *Oithona nana* fue mayor con el tratamiento de 25 ups (tabla 7), obteniendo un promedio de densidad poblacional total de  $3634,75 \pm 869,44$  individuos, siendo el estadio de

copepodito superior con  $2451,50 \pm 675,43$  individuos (67,4%), a diferencia del tratamiento con 35 ups logrando una densidad promedio total de  $1305,50 \pm 396,99$  individuos, (Figura 8).

**Tabla 2.** ANOVA de densidad de nauplios con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.

Nauplios	g. l.	S. C.	C. M.	F	p
Intercepción	1	8900448	8900448	57,26571	0,000002
Tratamientos	4	792748	198187	1,27514	0,323215
Error	15	2331356	155424		
Total	19	3124104			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 3.** ANOVA de densidad de copepoditos con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.

Copepoditos	g. l.	S. C.	C. M.	F	p
Intercepción	1	37125400	37125400	77,39742	0,000000
Tratamientos	4	10062488	2515622	5,24446	0,007597
Error	15	7195085	479672		
Total	19	17257573			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 4.** ANOVA de densidad de copépodos machos con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.

<b>Copépodos machos</b>	<b>g. l.</b>	<b>S. C.</b>	<b>C. M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercepción	1	341911,2	341911,2	131,2192	0,000000
Tratamientos	4	37915,0	9478,8	3,6378	0,029029
Error	15	39084,8	2605,7		
Total	19	76999,8			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 5.** ANOVA de densidad de copépodos hembra con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.

<b>Copépodos hembras</b>	<b>g. l.</b>	<b>S. C.</b>	<b>C. M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercepción	1	920205,0	920205,0	91,28988	0,000000
Tratamientos	4	69940,5	17485,1	1,73463	0,194770
Error	15	151200,5	10080,0		
Total	19	221141,0			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 6.** ANOVA de densidad poblacional total con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.

Densidad poblacional	g. l.	S. C.	C. M	F	p
Intercepción	1	112793501	112793501	121,4555	0,000000
Tratamientos	4	12693671	3173418	3,4171	0,035532
Error	15	13930224	928682		
Total	19	26623895			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

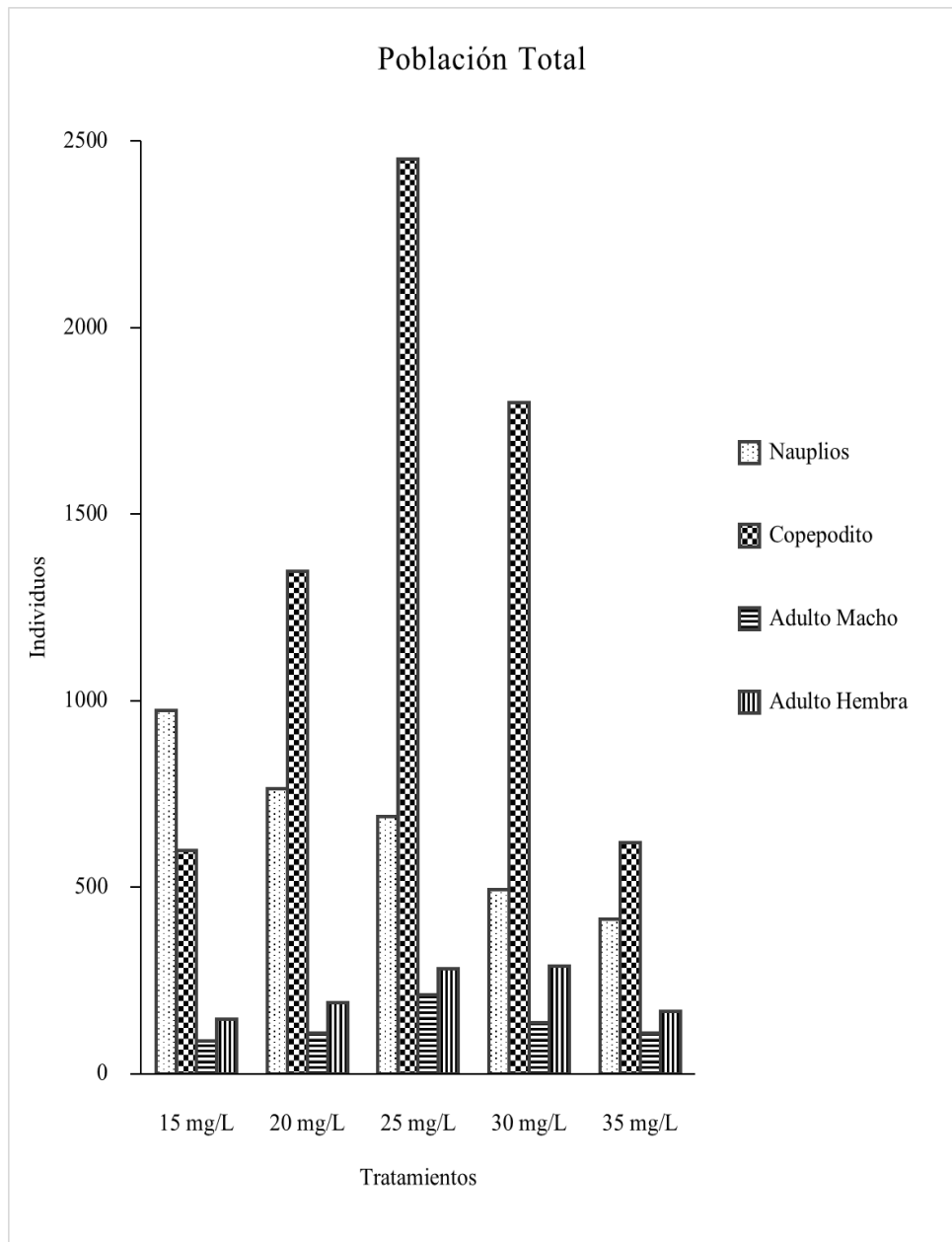
p = probabilidad.

**Tabla 7.** Población total (ind) de *Oithona nana* al final del experimento. Diferentes letras entre columnas indican diferencia significativa (Med±SD, n=4, p<0,05).

	15 ups	20 ups	25 ups	30 ups	35 ups
Nauplios	973,50±432,65	764,50± 615,60	690,25± 238,47	493,25±305,65	414,00±246,32
Copepoditos	597,75±371,82 b	1346,25±1117,60 ab	2451,50± 675,43 a	1798,75±722,64 ab	618,00±180,72 b
Copépodo M	88,50± 65,38 b	108,00± 66,13 ab	212,00±42,90 a	137,50± 42,97 ab	107,75± 26,35 ab
Copépodo H	146,25± 78,92	191,00± 93,51	281,00± 77,58	288,50±169,98	165,75± 22,69
Densidad poblacional	1806.00±749,12 ab	2409,75±1601,04 ab	3634,75± 869,44 a	2718,00±778,06 ab	1305,50±396,99 b

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: Copépodo M; copépodo maduro macho.  
Copépodo H; copépodo maduro hembra.



**Figura 8.** Población total de *Oithona nana*.

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

#### **4.1.2. Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

##### **A. Desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

Todos los datos se expresan como la media del error estándar de la media ( $Med \pm SD$ ), se realizó análisis de varianza para encontrar diferencias significativas en la salinidad de cada tratamiento y por estadio, en la Tabla 8 se puede visualizar la  $p = 0,2118$ , la cual indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para el estadio naupliar; en las Tablas 9 y 10 se puede observar que sí hay diferencia significativa entre los tratamientos para los estadios de copepoditos y adultos maduros; debido a que ANOVA no sugiere cuáles o cuál establece dicha diferencia, se realizó un análisis Tukey (Tabla 11) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), se encontró diferente significativamente en los tratamientos de 15 ups y 20 ups.

Tabla 11 y Figura 9 muestran que el menor tiempo de desarrollo por estadio de *Oithona nana*, con el tratamiento de 15 ups obteniendo copépodos adultos maduros en un tiempo total de  $6,88 \pm 0,23$  días; siendo los tiempos de desarrollo por estadios los siguientes: nauplios en  $3,25 \pm 0,08$  días, copepoditos en  $2,25 \pm 0,03$  días y adultos maduros (macho y hembra) en  $1,38 \pm 0,14$  días en adelante y el tratamiento con mayor tiempo fue con 35 ups, obteniendo copépodos adultos maduros en un tiempo total de  $9,71 \pm 0,41$ , nauplios ( $3,42 \pm 0,39$  días), copepoditos

(3,50 ± 0,17 días) y copépodos adultos maduros (2,79 ± 0,16 días) en adelante.

**Tabla 8.** ANOVA de desarrollo naupliar con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p= 0,2118$  no hay diferencia entre medias.

Naupliar	g. l.	S. C.	C. M	F	p
Intercepción	1	247,7376	247,7376	2962,246	0,000000
Tratamientos	4	0,5546	0,1387	1,658	0,211800
Error	15	1,2545	0,0836		
Total	19	1,8091			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 9.** ANOVA de desarrollo del estadio copepoditos con tratamientos diferentes de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p = 0,000$  si hay diferencia entre medias.

Copepodito	g. l.	S. C.	C. M	F	p
Intercepción	1	164,9102	164,9102	14064,84	0,000000
Tratamientos	4	4,0822	1,0205	87,04	0,000000
Error	15	0,1759	0,0117		
Total	19	4,2581			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 10.** ANOVA de desarrollo de copépodo adulto maduro sexualmente con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p = 0,000$  si hay diferencia entre medias.

<b>Adulto maduro</b>	<b>g. l.</b>	<b>S. C.</b>	<b>C. M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercepción	1	88,03208	88,03208	1078,516	0,000000
Tratamientos	4	7,74777	1,93694	23,730	0,000002
Error	15	1,22435	0,08162		
Total	19	8,97212			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

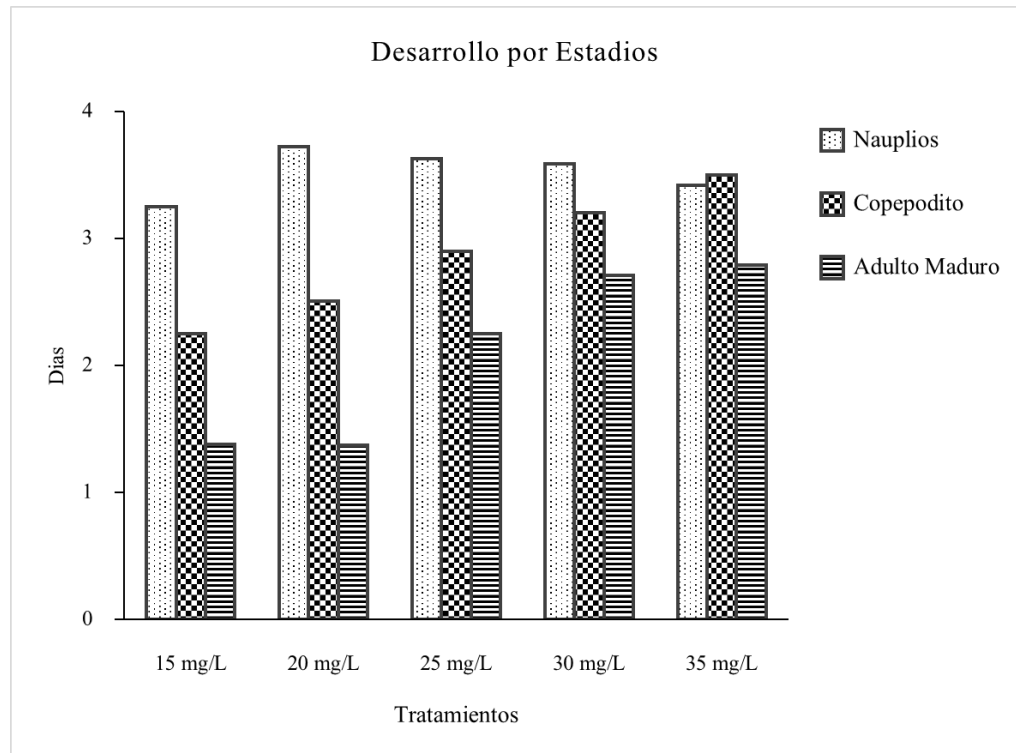
F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 11.** Tiempo de desarrollo (días) por estadio de *Oithona nana*, según las salinidades experimentales (Med±S.D., n=4, p<0,05). Si existe diferencia significativa.

	15 ups	20 ups	25 ups	30 ups	35 ups
Nauplios	3,25±0,08	3,72±0,32	3,63±0,30	3,59±0,25	3,42±0,39
Copepoditos	2,25±0,03 a	2,51±0,05 b	2,90±0,14 c	3,20±0,08 d	3,50±0,17 e
Adultos maduros	1,38±0,14 a	1,37±0,38 a	2,25±0,40 b	2,71±0,25 b	2,79±0,16 b
Tiempo Desarrollo total	6,88±0,23	7,60±0,49	8,77±0,69	9,49±0,55	9,71±0,41

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).



**Figura 9.** Desarrollo por estadios de *Oithona nana*.  
**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

## B. Relación macho/hembra de *Oithona nana*

Todos los datos se interpretan como la media del error estándar de la media ( $Med \pm SD$ ), se realizaron por medio de análisis de varianza, para encontrar disimilitudes significativas en la salinidad de cada tratamiento y la relación macho/hembra, en la Tabla 12 se puede visualizar la  $p= 0,486484$ , la cual indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos en la relación de macho/hembra.

La Figura 10 muestra la relación de copépodos macho/hembra de *Oithona nana*, según los diferentes tratamientos y salinidades, se puede observar, que el tratamiento con 35 ups, tiene una relación de  $2,83 \pm 0,53$

macho/hembra, para cada 2,83 machos hay 1 hembra aproximadamente; a su vez el tratamiento con 15 ups mostró una relación de  $1,33 \pm 1,48$  macho/hembra, lo que nos da entender que por cada 1,33 machos le corresponde 1 hembra.

**Tabla 12.** ANOVA de relación macho/hembra con diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p = 0,486$  no hay diferencias significativas.

Relación macho/hembra	g. l.	S. C.	C. M	F	p
Intercepción	1	81,33889	81,33889	57,28902	0,000002
Tratamientos	4	5,13206	1,28302	0,90366	0,486484
Error	15	21,29698	1,41980		
Total	19	26,42905			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

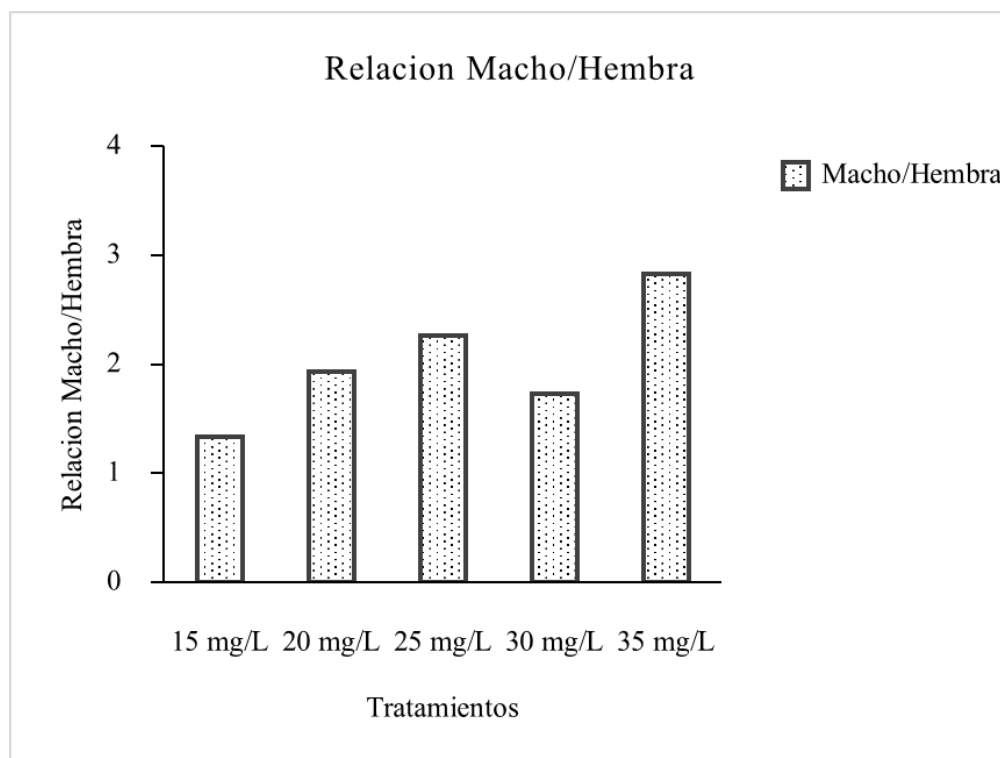
Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.



**Figura 10.** Relación macho/hembra de *Oithona nana*.  
**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

### C. Cantidad de huevos por hembra de *Oithona nana*

Todos los datos se expresan como la media del error estándar de la media (Med $\pm$ SD), se realizó análisis de varianza para encontrar diferencias significativas en la salinidad de cada tratamiento, en la Tabla 13 se puede visualizar la  $p = 0,971819$ , la cual nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos en la cantidad huevos por hembra ovígera.

La Figura 11 muestra la cantidad de huevos por hembra ovada de *Oithona nana*, en el tratamiento se encontró una mayor cantidad de huevos en los sacos de las hembras ovígeras, fue con 25 ups (30,00 $\pm$ 8,29 huevos/hembra ovígera) y 35 ups (28,50 $\pm$ 5,80

huevos/hembra ovígera); de manera similar los tratamientos de 15 ups (27,50±8,81 huevos/hembra ovígera), 20 ups (27,25±5,38 huevos/hembra ovígera) y 30 ups (27,25±4,11 huevos/ por hembra ovígera).

**Tabla 13.** ANOVA de cantidad huevos por hembra en los diferentes tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p > 0,05$  no hay diferencias.

<b>Cantidad huevos/hembra</b>	<b>g. l.</b>	<b>S. C.</b>	<b>C. M</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Intercepción	1	15792,20	15792,20	349,6428	0,000000
Tratamientos	4	22,30	5,58	0,1234	0,971819
Error	15	677,50	45,17		
Total	19	699,80			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

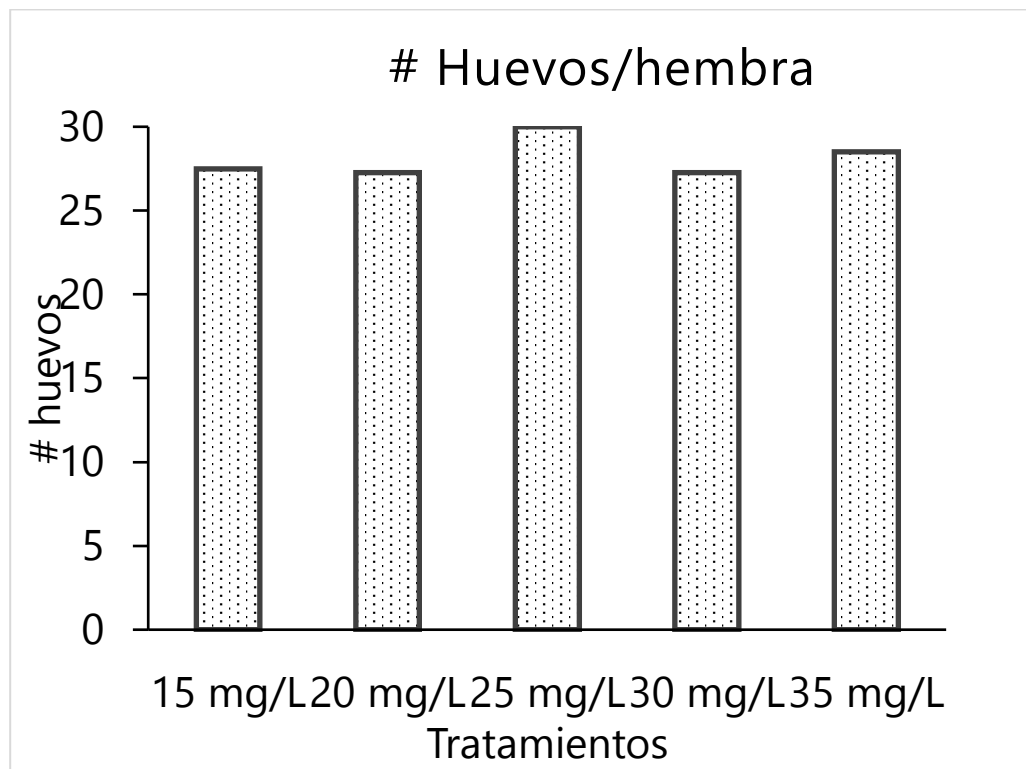
Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.



**Figura 11.** Huevos por hembra ovígera de *Oithona nana*.  
**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

#### D. Tiempo de desove/ eclosión de huevos de *Oithona nana*

Todos los datos se expresan como la media del error estándar de la media (Med±SD), se realizó medio de análisis de varianza para encontrar diferencias significativas en la salinidad de cada tratamiento y el tiempo de eclosión de huevos a nauplios, en la Tabla 14 se visualiza  $p= 0,000$ , la cual indica que, si hay diferencia significativa entre los tratamientos en el tiempo de desove de las hembras; así pues ANOVA no sugiere dicha diferencia, se realizó un análisis Tukey (Tabla 17) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), el tratamiento con salinidad de 15 ups, logró la eclosión de huevos a nauplios en menor tiempo.

En la Tabla 15 se muestra que el menor tiempo de desove de *Oithona nana* fue con 15 ups, con un promedio total de  $13,13 \pm 1,65$  horas desde que se la encontró ovada hasta la eclosión de los nauplios, en cuanto a salinidad 35 ups, el promedio de eclosión fue de  $29,50 \pm 1,29$  horas.

**Tabla 14.** ANOVA del tiempo de desove en los tratamientos de salinidad, con réplicas de *Oithona nana*.  $p > 0,05$  si hay diferencias.

Desove o eclosión	g. l.	S. C.	C. M	F	p
Intercepción	1	8507,812	8507,812	1376,854	0,000000
Tratamientos	4	846,750	211,688	34,258	0,000000
Error	15	92,687	6,179		
Total	19	939,438			

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Donde: g. l. = grados de libertad.

S. C. = suma de cuadrados.

C. M. = cuadrado medio.

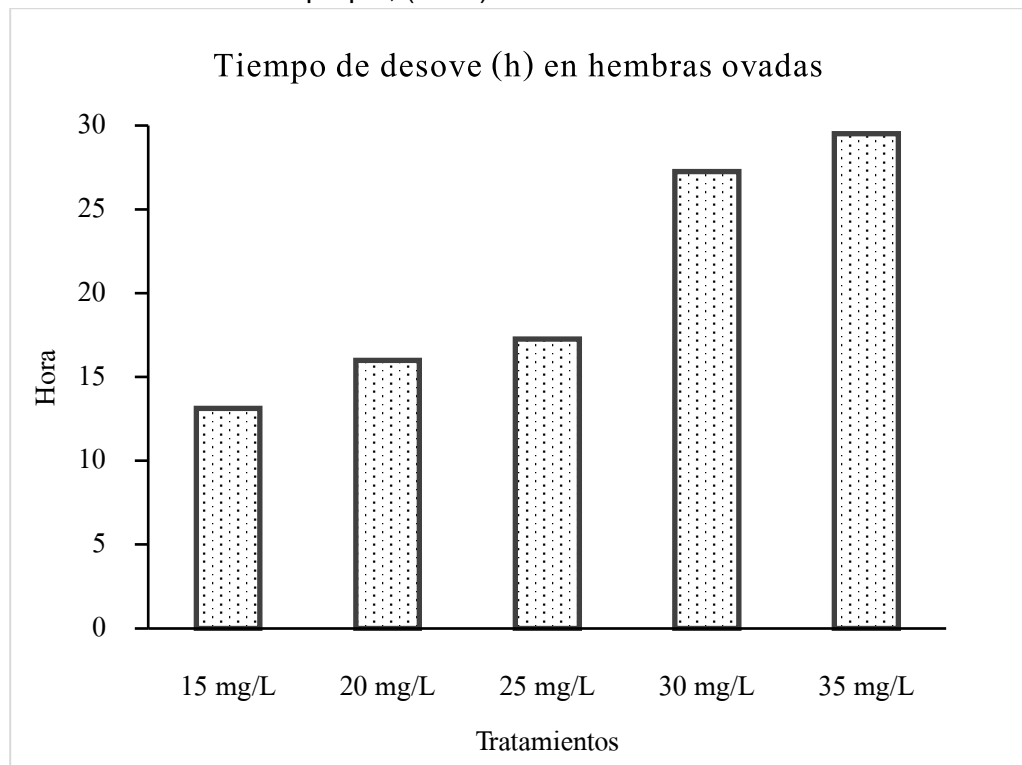
F = (Valor crítico de la distribución F).

p = probabilidad.

**Tabla 15.** Tiempo de eclosión de huevos a nauplios (h), hembra ovadas de *Oithona nana*, según las salinidades experimentales (Med  $\pm$  S.D.,  $n=4$ ,  $p < 0,05$ ). Si hay diferencia significativa.

	15 ups	20 ups	25 ups	30 ups	35 ups
Tiempo desove	$13,13 \pm 1,65$ b	$16,00 \pm 2,94$ b	$17,25 \pm 3,20$ b	$27,25 \pm 2,75$ a	$29,50 \pm 1,29$ a

Fuente: Elaboración propia, (2020).



**Figura 12.** *Tiempo de desove de hembra ovígera de Oithona nana.*

Fuente: Elaboración propia, (2020).

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

Los resultados del actual estudio revelan que las diferentes concentraciones de salinidad afectadas significativamente en la población total, en el desarrollo y reproducción de *O. nana*. Los efectos de la salinidad en diferentes concentraciones podrían mejorar la dinámica poblacional de los copépodos, ya que está influenciada por el desarrollo y la supervivencia (Chen et al., 2006; Miller y Marcus, 1994; Pan et al., 2016); y entender esto mejoraría la productividad de una especie de copépodo en un entorno controlado. Según Ohs et al., (2010), confirma que factores ambientales esenciales como la salinidad son cruciales para la supervivencia y comercialización de especies para el uso de la acuicultura. Según Pan et al., (2016) la tasa de supervivencia del nauplio es un parámetro que afecta el crecimiento de la población, siendo el caso de *O. nana* que la menor salinidad tenía una mayor producción de nauplio. En *O. davisae* se estima un rango de tolerancia a la salinidad de 3-40, con una tasa de mortalidad del 10 % según (Svetlichny y Hubareva, 2014).

## **Experimento 1: Efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de *Oithona nana***

Los valores del reciente trabajo de investigación señalan que la población total de *Oithona nana*, fue mayor con 25 ups con  $3634,75 \pm 869,44$  individuos; el estadio de copepodito superior con  $2451,50 \pm 675,43$  individuos, según Ohs *et al.*, (2010), el rango óptimo para lograr una alta supervivencia de *P. pelagicus* es de 15 a 25 ups; dado que el porcentaje de hembras ovígeras es mayor. Por el contrario, en el cultivo experimental de Calanoida tropical, *Acartia sinjiensis* la salinidad óptima para su cultivo fue 30 ups (Milione y Zeng, 2008). Pan *et al.*, (2016), obtuvieron crecimiento máximo con 20 ups ( $1917,25 \pm 316,5$ ) seguido por 25 ups, en el cultivo de *Apocyclops royi*. Por otro lado, Chilmawati *et al.*, (2019) obtuvo una densidad poblacional de *Oithona similis* de  $165,40 \pm 2,41$  de individuos con una salinidad de 18 ups, donde muestra un aumento significativo del día 16 al 20, en cada tratamiento. La reproducción total más alta 334 a 171,6 nauplio con una tasa de supervivencia de naupliar (98,33 %) a los 15 ups (Chen *et al.*, 2006). La densidad máxima de *O. rigida* se registró como 2,625 nauplio, 2,110 copepoditos y 1,987 adultos por litro, el crecimiento máximo se observó con 35 ups (Vasudevan *et al.*, 2013).

## **Experimento 2: Efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

### **Desarrollo y reproducción de *Oithona nana***

Los valores del reciente trabajo de investigación indican que el desarrollo y reproducción de *Oithona nana* fue en menor tiempo con 15 ups consiguiendo nauplios en  $3,25 \pm 0,08$  días, copepoditos en  $2,25 \pm 0,03$  días y copépodos adultos maduros (reproducción) en  $1,38 \pm 0,14$  días en adelante, siendo en total  $6,88 \pm 0,23$  días del desarrollo de la eclosión del nauplio hasta el copépodo adulto maduro sexualmente; según Pan et al., (2016) obtuvo el desarrollo del copépodo *A. royi* óptimo con 20 ups y temperatura de 28 °C ( $12,74 \pm 1,40$  días) y 10 ups ( $12,69 \pm 1,44$  días), el trabajo realizado de la *Oithona nana* mostró un desarrollo mucho menos a pesar de ser del mismo orden. Periodo de maduración a nauplio  $5,9 \pm 0,08$  maduración a copepodito  $3,2 \pm 0,05$  días del copépodo cyclopoida *Paracyclopina nana* (Lee et al., 2006); según (Rhyne et al., 2009) la madurez total de *P. pelagicus* tarda  $12,8 \pm 0,4$  días a 24 °C y  $8,0 \pm 0,0$  días a 34 °C; el trabajo realizado en *Oithona nana* mostró mucho menos desarrollo a pesar de ser del mismo orden. Por otro lado, el copépodo *Paracyclopina nana* tuvo un período de maduración naupliar de  $5,9 \pm 0,08$  a copepodito de  $3,2 \pm 0,05$  días (Lee et al., 2006). El tiempo de desarrollo de la etapa de naupliar *Eurytemora affinis* (N1-N3) fue significativamente más corto en 5 ups de salinidad que en 15 y 25 ups y (N4 - N6) fue más corto en 15, 5 y 25 ups respectivamente. Los tiempos de desarrollo del

copépodo y el copépodo adulto fueron similares en todas las condiciones de salinidad, siendo mejores 5 y 15 ups (Beyrend-Dur et al., 2009), lo que muestra que este copépodo *E. affinis* a menor salinidad (entre 5 a 15 ups) presenta un desarrollo más rápido, similar al de *O. nana*.

### **Relación macho/hembra de *Oithona nana***

Según el trabajo de investigación presente se encontró en el tratamiento, salinidad de 15 ups una relación de  $1,33 \pm 1,48$  macho/hembra como la mejor relación siendo 1,33 macho:1 hembra; según Osorio-Galindo (1998), para 30 °C, con 25 y 35 ups encontró una proporción mayor de machos y con 23 °C con 25 y 35 ups encontró una proporción de 1:1 del copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus*. según Rhyne et al., (2009), encontró una relación sexual de *P. pelágica* sin diferencia significativa de 1:1 macho/hembra en tratamientos con diferentes temperaturas. El copépodo *Microarthridion littorale* se vio afectado con supervivencia en hembras (98,9 % - 99,6 %) y supervivencia en machos (84,0 % - 90,0 %), con salinidades de 12 a 30 ups (Staton et al., 2002) los copépodos machos son más susceptibles a los cambios de salinidad. En la acuicultura y en general a mayor cantidad de hembras mayor densidad poblacional.

### **Cantidad de huevos por hembra de *Oithona nana***

Según Osorio-Galindo, (1998) número de huevos contabilizados 30 °C y 25-35 ups fue de 9-10 huevos por saco, encontrados en copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus* y en el presente trabajo de investigación la

cantidad de huevos contabilizados con una temperatura de 30 °C y salinidad de 35 ups a 15 ups fue de 27-30 huevos, presentando la mayor cantidad  $30,00 \pm 8,29$  huevos por hembra ovígera (25 ups), sin embargo, no presentó diferencia significativa. Comparando los resultados de esta investigación con Osorio-Galindo, (1998), la cantidad de huevos encontrados de *Oithona nana* es mayor, quizás se deba a la diferencia del orden del copépodo. La producción de huevos de *E. affinis* no mostró diferencias significativas entre las salinidades de 5 y 15 ups, fue significativamente mayores a 15 °C 13 huevos/hembra/día (Devreker et al., 2009). Lee et al., (2006)  $15,1 \pm 0,88$  huevos por saco de hembra ovada de *Paracyclops nana*; *A. discaudata* el promedio máximo de  $21,1 \pm 3,1$  huevos/hembra, se registró a una salinidad de 25 ups (Castro-Longoria, 2003). 28-30 °C varía de  $25,2 \pm 1,0$  huevos a  $16,2 \pm 1,5$  huevos por hembra, encontrados en el copépodo *P. pelagicus* (Rhyne et al., 2009), Chilmawati et al., (2019) encontró una producción de huevos de *Oithona similis* de  $24,40 \pm 0,55$  huevos/individuo (18 ups)  $19,60 \pm 0,89$  huevos/individuo (26 ups), *A. tonsa*, presentó  $26,9 \pm 0,6$  y  $17,4 \pm 1,2$  huevos/hembra en salinidades de 20 y 30 ups respectivamente (Peck y Holste , 2006), así mismo Chen et al., (2006) determinó como salinidad óptima 15 ups para la fertilidad de *Pseudodiaptomus annandalei* con una descendencia promedio de  $22 \pm 6,4$  nauplios/hembras. El rango de salinidad para *P. nana* con la mayor fertilidad fue de 15 ups, seguido de 5 y 25 ups (Lee et al., 2017); la producción de huevos se ve afectada solo ligeramente en la salinidad (30-35 ups) (Pan et al., 2016). Para Devreker et al., (2009) el

rendimiento reproductivo de los copépodos puede cambiar mucho según la salinidad, para *Oithona nana* la salinidad no afecta la cantidad de huevos.

### **Tiempo de desove/ eclosión de huevos de *Oithona nana***

Se ha trabajado poco sobre el papel que podría desempeñar la salinidad al influir en la fecundidad y el desarrollo de los huevos de los copépodos, el tiempo menor de eclosión de los huevos de *Oithona nana* fue  $13,13 \pm 1,65$  horas con 15 ups y el mayor tiempo de eclosión de  $29,50 \pm 1,29$  horas en 35 ups y según Castro-Longoria, (2003) la eclosión de *A. discaudata* nauplio se registró después de 24 h en todos los protocolos de salinidad 30 ups 86 %, y la eclosión de los huevos de *A. margalefi* fue mayor a 25 ups, con el 100 % de los huevos eclosionados después de 24 h, las diferencias se pueden deber a la diferencia de orden y la alimentación proporcionada, según Jepsen et al., (2018) el éxito de eclosión de *A. tonsa* se obtuvo después de 48 h, con una eclosión óptima del 67,7 % a  $27,5 \times 0,5$  ups.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó el efecto de la salinidad en el cultivo de *Oithona nana*, se llegó a la conclusión que existen evidencias estadísticas de que la salinidad afectó significativamente el cultivo: el crecimiento, el desarrollo y la reproducción de *Oithona nana*, siendo mejor producción en salinidades de 15 ups a 25 ups.
2. Se determinó que la salinidad afectó significativamente el crecimiento poblacional de *Oithona nana*, siendo la salinidad de 25 ups mejor para producción poblacional con  $3634,75 \pm 869,44$  individuos al finalizar el experimento.
3. Se determinó que, el desarrollo y la reproducción de *Oithona nana*, fue afectado significativamente por la salinidad, siendo en menor tiempo el desarrollo naupliar 15 ups con:  $3,25 \pm 0,08$  días, copepoditos  $2,25 \pm 0,03$  días y copépodo adulto maduro (reproducción) con  $1,38 \pm 0,14$  días; y siendo mayor el tiempo del desarrollo con 30-35 ups; con una eclosión de huevos a nauplios en menor tiempo  $13,13 \pm 1,65$  horas (15 ups) y una relación poco significativa macho/hembra 1,33:1 (15 ups).

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a posteriores tesis de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de la especialidad de Ingeniería Pesquera y carreras afines, continuar con más ensayos, como la calidad del agua, fotoperiodo, temperatura y así optimizar los parámetros de producción.

Realizar ensayos en larvas de peces marinos con los copépodos como alimento vivo en conjunto con rotíferos y *Artemia*, para optimizar el cultivo y desarrollo larval.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Almeda, R., Calbet, A., Alcaraz, M., Yebra, L. y Saiz, E. (2010).** *Effects of temperature and food concentration on the survival, development and growth rates of naupliar stages of Oithona davisae (Copepoda, Cyclopoida).* *Marine Ecology Progress Series.* Vol 410:97-109.
- Anzueto S., M. (2014).** *Efecto de la dieta y la temperatura en los parámetros poblacionales y en el valor nutricional del copépodo Pseudodiaptomus euryhalinus cultivado en laboratorio.* Tesis de Doctor en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México.
- APROMAR Asociación Empresarial de Productos de cultivos marinos de España (2015).** *La acuicultura en España.* España. p. 5.
- Ariza, S., Barragán, E., Cuello, H., Osuna, L. y Valdelamar, P. (2010).** *Producción masiva de zooplancton en tres fracciones de seston.* Programa de zootecnia. Universidad de Sucre. Sincelejo.
- Beyrend-Dur, D., Souissi, S., Devreker, D., Winkler, G. y Hwang, J. (2009).** *Life cycle traits of two transatlantic populations of Eurytemora affinis (Copepoda: Calanoida): salinity effects.* *Journal of Plankton Research*, 31: 713–728.

- Castro-Longoria, E. (2003).** *Producción de huevos y éxito de eclosión de cuatro especies de Acartia bajo diferentes regímenes de temperatura y salinidad. Journal of Crustacean Biology, 23(2):289–299.*
- Castellani, C., Irigoien, X., Mayor, D., Harris, R. y Wilson, D. (2008).** *Feeding of Calanus finmarchicus and Oithona similis on the microplankton assemblage in the Irminger Sea, North Atlantic. J. Plankton Res., 30 (10): 1095-1116.*
- Cazares S., Araceli (2014).** *Efecto de dietas mixtas de microalgas marinas en el cultivo y composición de ácidos grasos esenciales del copépodo Pseudodiaptomus euryhalinus.* Tesis de grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Baja California, México.
- Chen, Q., Sheng, J., Lin, Q., Gao, Y. y Lv, J. (2006).** *Effect of salinity on reproduction and survival of the copepod Pseudodiaptomus annandalei Sewell, 1919. Aquaculture, 258: 575-582.*
- Chew, L. y Chong, V. (2011).** *Copepod community structure and. Hydrobiologia, 666(1): 127—143.*
- Chilmawati, D., Hutabarat, J., Anggoro, S. y Suminto, S. (2019).** *Biomolecular identification and optimization of growth performance and egg production in Oithona sp. under different salinity culture conditions. AACL Bioflux, 12 (2): 575-585.*

- Coppock, R., Galloway, T., Cole, Fileman, E., Queirós, A. y Lindeque, P. (2019).** *Microplastics alter feeding selectivity and faecal density in the copepod, Calanus helgolandicus. Science of The Total Environment.* 687: 780-789.
- Devreker, D., Souissi, S., Winkler, G., Forget-Leray, J. y Leboulenger, F. (2009).** *Effects of salinity, temperature and individual variability on the reproduction of Eurytemora affinis (Copepoda; Calanoida) from the Seine estuary: A laboratory study. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 368: 113-123.
- Eswari, Y. y Ramanibai, R. (2004).** *Estuarine copepod abundance and diversity in relation to environmental variables, southeast coast of India. J. mar. biol. Ass. India.* 46: 10-20.
- Etilé, R., Aka, M., Pagano, M. y N'douba, V. (2012).** *Spatiotemporal variations in the abundance, biomass, fecundity, and production of Oithona brevicornis (Copepoda: Cyclopoida) in a West African tropical coastal lagoon (Grand-Lahou, Côte d'Ivoire). Zoological Studies* 51, 627–643.
- FAO Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016).** *Estado mundial de la pesca y acuicultura 2016.* Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. p. 22.

- FAO Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2020).** *Estado mundial de la pesca y acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción.* Roma. p. 22-24.
- Fernández P., L. (2015).** Orden Calanoida. *IDE@-SEA.* 89:1-27.
- Gallienne, C. y Robins, D. (2001).** *Is Oithona the most important copepod in the world's oceans?. Journal of Plankton Research.* Vol 23(12): 1421–1432.
- Gourmelon, A. y Ahtiainen, J. (2007).** *Developing Test Guidelines on invertebrate development and reproduction for the assessment of chemicals, including potential endocrine active substances—The OECD perspective.* *Ecotoxicology* 16, 161–167.
- Jaume, D., Conradi, M. y Lopez-Gonzales, P. (2004).** Copépodos. En: *curso práctico de Entomología, J.A. Barrientes (ed),* 303-331. CIBIO, Asociación Española de Entomología y Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Jenkins, G. y Black, K. (2018).** *Contrasting impact of diatoms on dominant calanoid and cyclopoid copepods in a temperate bay.* *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 217: 211-217.
- Jepsen, P., Thoisen, C., Carron-Cabaret, T., Pinyol-Gallemí, A., Nielsen, S. y Hansen, B. (2018).** *Effects of Salinity, Commercial Salts, and Water Type on Cultivation of the Cryptophyte Microalgae Rhodomonas salina and the Calanoid Copepod Acartia tonsa.* *Journal of the World Aquaculture Society,* 50: 1-15.

- Jerez-Guerrero, M., Giraldo, A. y Criales-Hernández, M. (2020)** *Epipelagic copepods of Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific: Taxonomy, size range, and sexual proportion. Regional Studies in Marine Science.* 34: 101015.
- Lee, K., Park, H., Lee, S. y Kang, H. (2006).** *Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod Paracyclops nana Smirnov. Aquaculture,* 256, 1-4: 346-353.
- Lee, K., Raisuddin, S., Hwang, D., Park, H. y Lee, J. (2007).** *Acute toxicities of trace metals and common xenobiotics to the marine copepod Tigriopus japonicus: Evaluation of its use as a benchmark species for routine ecotoxicity tests in Western Pacific coastal regions. Environmental Toxicology,* 22(5).
- Lee, S., Lee, M., Puthumana, J., Park, J., Kang, S., Hwang, D., Shin, K., Park, H., Soussi, S., Om, A., Lee, J. y Han, J. (2017).** *Effects of salinity on growth, fatty acid synthesis, and expresión of stress response genes in the cyclopoid copepod Paracyclops nana. Aquaculture,* 470(1): 182-189.
- Li, Ch., Luo, X., Huang, X. y Gu, B. (2008).** *Effects of Temperature, Salinity, pH, and Light on Filtering and Grazing Rates of a Calanoid Copepod (Schmackeria dubia). TheScientificWorld,* 8:1219-1227.
- Martin, J. y Davis, G. (2001).** *Copépoda.* Recuperado 21 de marzo de 2019 de <http://web.vims.edu/tcs/LACM-39-01-final-pdf>.

- McKinnon, A., Duggan, S. y De'ath, G. (2005).** *Mesozooplankton dynamics in nearshore waters of the Great Barrier Reef. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(4): 497-511.
- Milione, M. y Zeng, Ch. (2008).** *The effects of temperature and salinity on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, Acartia sinjiensis. Aquaculture*, 275:116-123.
- Miller, D. y Marcus, N. (1994).** *The effects of salinity and temperature on the density and sinking velocity of eggs of the calanoid copepod Acartia tonsa Dana. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 179: 235-252.
- Miracle, M. R. (2015).** *Orden Cyclopoida. IDE@-SEA*. 95:1-19.
- Moorhead, J. y Zeng, C. (2010).** *Development of Captive Breeding Techniques for Marine Ornamental Fish: A Review. Reviews in Fisheries Science*, 18: 315-343.
- Ohs, C., Rhyne, A., Grabe, S., DiMaggio, M., Stenn, E. (2010).** *Effects of salinity on reproduction and survival of the calanoid copepod Pseudodiaptomus pelagicus. Aquaculture*, 307:219-224.
- Øie, G. y Evjemo, J. (2014).** *Copepods in first feeding of European lobster and Bluefin tuna. Hatcheryfeed*, 2(1): 2-4.
- Olivotto, I., Planas, M., Simões, N., Holt, G., Avella, M., & Calado, R. (2011).** *Advances in breeding and rearing marine ornamentals. J. World Aquacult Soc.*, 42: 135-166.

- Osorio-Galindo, M. (1998).** *Efecto de la temperatura y la salinidad en parámetros poblacionales de Pseudodiaptomus euryhalinus Johnson (Crustacea: Copepoda: Calanoidea) en condiciones controladas.* Tesis de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz B. C. S. México.
- Pan, Y., Souissi, A., Souissi, S.1, y Hwang, Sh. (2016).** *Effects of salinity on the reproductive performance of Apocyclops royi (Copepoda, Cyclopoida).* *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 475, 108-113.
- Payne, M. y Rippingale, R. (2000).** *Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod Gladioferens imparipes.* *Aquaculture*, 187:85-96.
- Payne, M., & Rippingale, R. (2001).** *Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod Gladioferens imparipes.* *Aquaculture*, 201: 251–262.
- Peck, M. y Holste, L. (2006).** *Effects of salinity, photoperiod and adult stocking density on egg production and egg hatching success in Acartia tonsa (Calanoida: Copepoda): Optimizing intensive cultures.* *Aquaculture*, 255: 341-350.
- Pinkerton, M., Décima, M., Kitchener, J., Takahashi, K., Robinson, K., Stewart, R., y Hosie, G. (2020).** *Zooplankton in the Southern Ocean from the continuous plankton recorder: Distributions and long-term change.* *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 103303.

- Pond, D. y Ward, P. (2011).** *Importance of diatoms for Oithona in Antarctic waters. Journal of Plankton Research*, 33(1): 105–118.
- Prieto G., M., Castaño, F., Sierra, J., Logato, P. y Botero, J. (2006).** *Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: Copépodos y Mesocosmos. MVZ Córdoba*, 11(1): 30-36.
- Prieto G., M. y Atencio G., V. (2008).** *Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. MVZ Córdoba*, 13(2): 1415-1425.
- Prieto-Guevara, M., Ochoa-Tovar, M., Pabón-Correa, Sch., Jiménez-Velásquez, C. y Torres-Valencia, G. (2016).** *Evaluación de dietas en el cultivo del copépodo Calanoide Parvocalanus crassirostris: producción de nauplios. Revista Investigación Pecuaria*, 101-102.
- Puello-Cruz, A., Gonzales-Rodríguez, B. y García-Ortega, A. (2008).** *Investigación en producción y uso de copépodos en larvicultura marina. Avances en nutrición Acuícola IX. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, Nuevo León, México*, 90-107.
- Puello-Cruz, A., Mezo-Villalobos, S., González-Rodríguez, B. y Voltolina, D. (2009).** *Culture of the calanoid copepod Pseudodiaptomus euryhalinus (Johnson 1939) with different microalgal diets. Aquaculture*, 290:317-219.
- Puello-Cruz, A., Gonzales-Rodríguez, B. y García-Ortega, A. (2011).** *Compilación sobre el uso y producción de copépodos como alimento vivo para larvicultura marina en el CIAD-Mazatlan. Avances en la acuicultura y*

*el manejo ambiental*. Cap. 7: Alimento vivo alternativo para la acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, México. 123-135.

**Rhyne, A., Ohs, C. y Stenn, E. (2009).** *Effects of temperature on reproduction and survival of the calanoid copepod Pseudodiaptomus pelagicus. Aquaculture, 292: 53-59.*

**Ronge, Björn (2017).** *Producción comercial de copépodos. Internacional Aquafeed.* Recuperado marzo 18 del 2019 de <http://www.aquafeed.co/produccion-comercial-copepodos/>.

**Ruiz Rios, L. (2012).** *Estado de la acuicultura en el Perú. Aquatic, 37:99-106.*

**Santhanam, P. y Perumal, P. (2012).** *Feeding, survival, egg production and hatching rate of the marine copepod Oithona rigida Giesbrecht (Copepoda: Cyclopoida) under experimental conditions. J. Mar. Biol. Ass. India, 54 (1), 38-44.*

**Shao, L. y Zeng, C. (2020).** *Survival, growth, ingestion rate and foraging behavior of larval. Aquaculture, 520: 734958.*

**Sontakke, R., Chaturvedi, C., Saharan, N., Tiwari, V., Haridas, H. y Babitha Rani, A. (2019).** *Growth response, digestive enzyme activity and stress enzyme status in early stages of an endangered fish, Notopterus chitala (Hamilton, 1822) fed with live feed and formulated diet. Aquaculture, 510: 182-190.*

**Spinelli, M., Pájaro, M., Martos, P., Esnal, G., Sabatini, M. y Capitano, F. (2012).** *Potential zooplankton preys (Copepoda and Appendicularia) for*

*Engraulis anchoita* in relation to early larval and spawning distributions in the Patagonian frontal system (SW Atlantic Ocean). *Sci. Mar.* 76 (1): 39-47.

**Staton, J., Schizas, N., Klosterhaus, S., Griffitt, R., Chandler, G. y Coull, B. (2002).** *Effect of salinity variation and pesticide exposure on an estuarine harpacticoid copepod, Microarthridion littorale (Poppe), in the southeastern US. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 278: 101-110.

**Svetlichny, L. y Hubareva, E. (2014).** *Salinity tolerance of alien copepods Acartia tonsa and Oithona davisae in the Black Sea. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 461: 201-208.

**Torres-Taibe, F. (2019).** *Efecto de las microalgas Isochrysis galbana y Chaetoceros sp. en la producción de copépodos marinos nativos cultivados en condiciones de laboratorio en la Región de Tacna.* Tesis para Título de Ingeniero Pesquero. UNJBG-Tacna.

**Vasudevan, S., Arulmoorthy, M., Gnanamoorthy, P. y Ashok prabu, V. (2013).** *Intensive Cultivation of the Calanoid Copepod Acartia Gracilis for mariculture purpose. International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 3: 317-323.

**Walter, T. y Boxshall, G. (2020).** *World of Copepods database. Oithona nana Giesbrecht, 1893.* Accessed through: World Register of Marine Species

at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=106651> on 2020-08-07.

**Wang, L., Du, F., Wang, X., Li, Y. y Ning, J. (2017).** *Distribution and role of the genus Oithona (Copepoda: Cyclopoida) in the South China Sea. Oceanologia*, 59(3): 300-310.

**Williams, J. y Muxagata, E. (2006).** *The seasonal abundance and production of Oithona nana (Copepoda:Cyclopoida) in Southampton Water. J. Plankton Res.* 28 (11), 1055-1065.

**Zakaria, H., Hassan, A., Abo-Senna, F. y El-Naggar, H. (2016).** *Abundance, distribution, diversity and zoogeography of epipelagic copepods off the Egyptian Coast (Mediterranean Sea). The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(4), 459–473.

## ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

“EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE *Oithona nana* (COPEPODA: CYCLOPOIDA) EN CONDICIONES DE LABORATORIO.”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<p>Problema general.</p> <p>¿Cuál será el efecto de la salinidad en el cultivo de <i>Oithona nana</i> en condiciones de laboratorio?</p>	<p>Objetivo general.</p> <p>Evaluar el efecto de la salinidad en el cultivo <i>Oithona nana</i> en condiciones de laboratorio.</p>	<p>Hipótesis general.</p> <p>El cultivo <i>Oithona nana</i> será afectado por las diferentes salinidades.</p>	<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <p>Salinidad.</p>	Salinidad	15 mg/L 20 mg/L 25 mg/L 30 mg/L 35 mg/L
<p>Problemas específicos.</p> <p>¿Cuál será el efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i>?</p> <p>¿Cuál será el efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i>?</p>	<p>Objetivos específicos.</p> <p>Determinar el efecto de la salinidad en el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i>.</p> <p>Determinar el efecto de la salinidad en el desarrollo y reproducción <i>Oithona nana</i>.</p>	<p>Hipótesis específicas.</p> <p>Las variaciones de salinidad afectarán el crecimiento poblacional de <i>Oithona nana</i>.</p> <p>El desarrollo y reproducción de <i>Oithona nana</i> serán afectados por las variaciones de salinidad.</p>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>Producción de <i>Oithona nana</i>.</p>	Densidad poblacional: -nauplios -copepoditos -adulto: (macho/hembra)	Ind

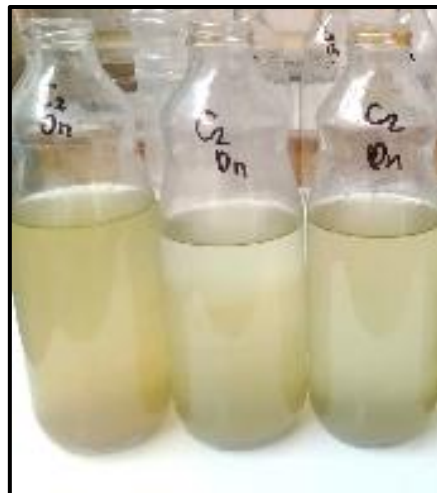
Fuente: Elaboración propia (2020).

**Anexo 2.** Escalamiento de cultivo de *Oithona nana*.



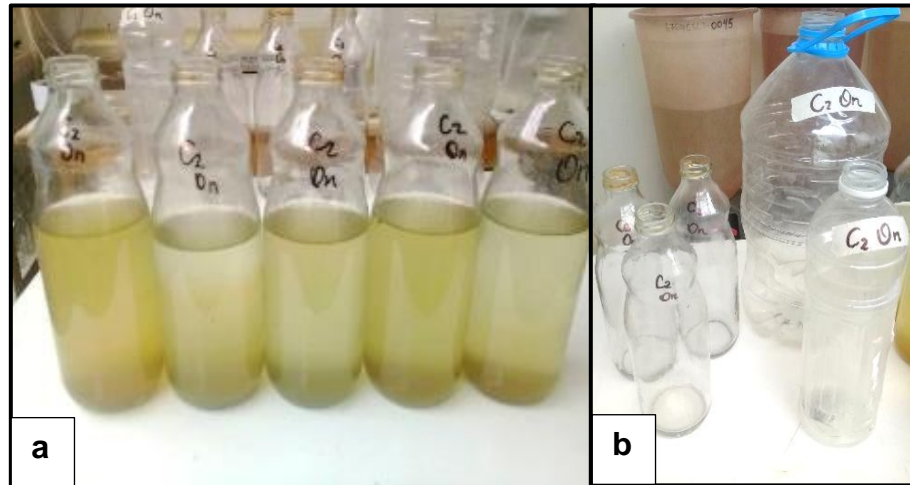
**Figura 13.** Cepa de copépodo *Cyclopoida Oithona nana* por parte del laboratorio de alimento vivo de morro Sama – Proyecto de cultivo de Corvina y Sargo UNJBG.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 14.** Escalamiento de copépodo *Cyclopoida Oithona nana* en botellas de vidrio de 1 L, segunda semana - laboratorio de alimento vivo de morro Sama.

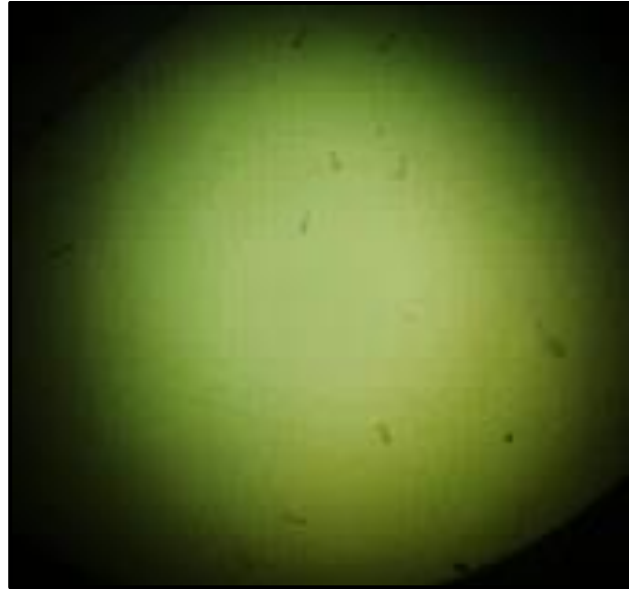
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 15.** a) Escalamiento de copépodo *Cyclopoida Oithona nana* en botellas de vidrio de 1 L tercera semana; b) escalamiento de copépodo *Cyclopoida Oithona nana* en botellas de vidrio de 1 L y 7 L, cuarta semana - laboratorio de alimento vivo de morro Sama.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

**Anexo 3.** Experimento 1: Crecimiento poblacional de *Oithona nana*.



**Figura 16.** Selección de 10 copéodos hembras para cultivo en matraces.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



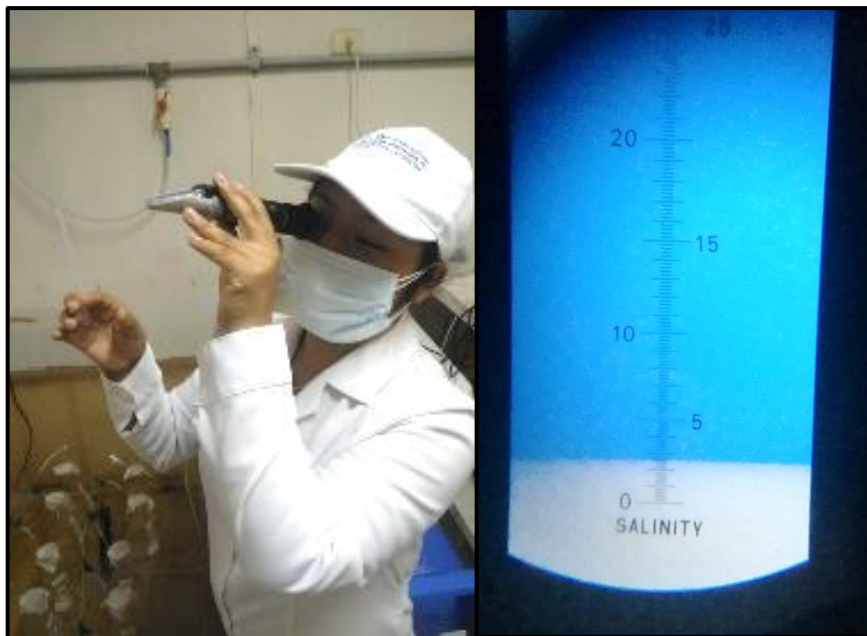
**Figura 17.** Experimentación de copéodos *Oithona nana* en condiciones controladas (cultivo en matraces).

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 18.** Cultivo de *Oithona nana* en matraces y en baño maría, toma parámetro de salinidad con el Refractómetro.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 19.** Toma parámetro de salinidad con Refractómetro.

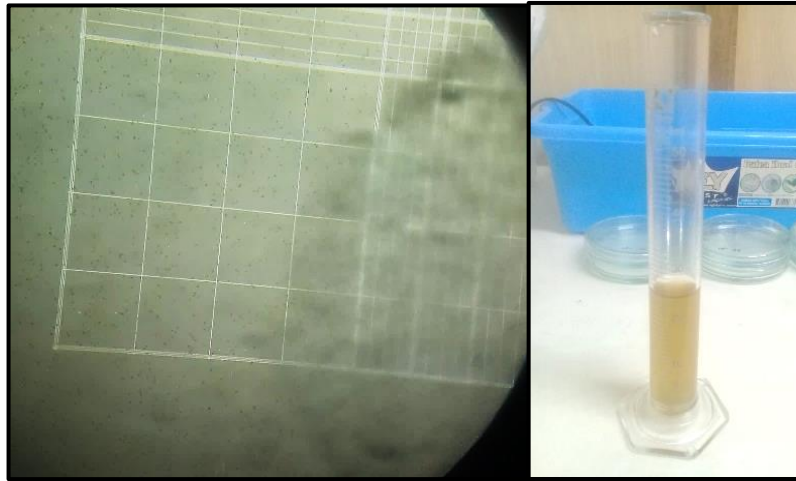
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



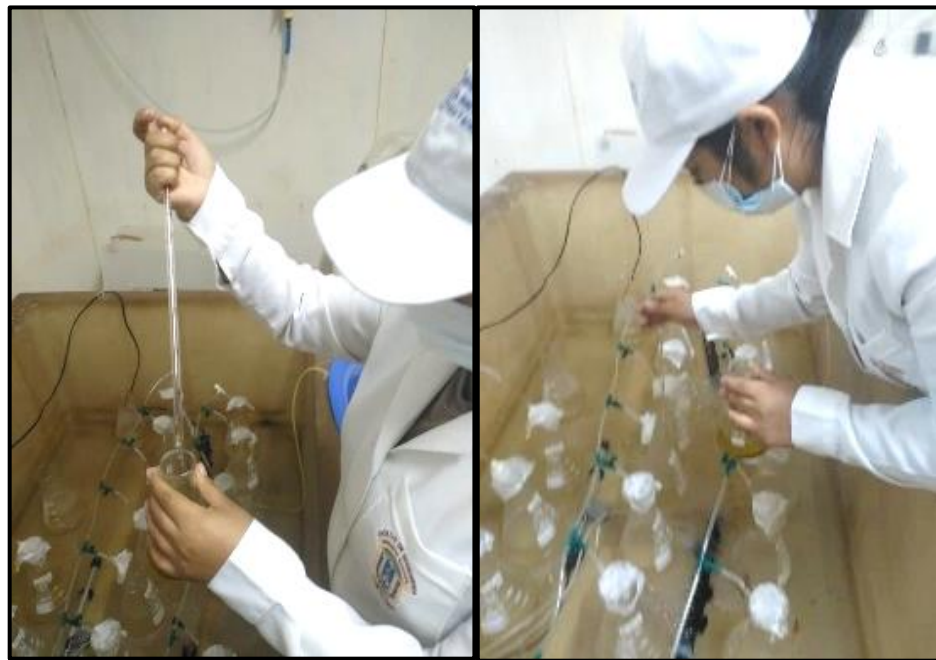
**Figura 20.** Toma parámetro de temperatura.  
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 21.** Conteo diario de *I. galbana* de cada tratamiento y repetición.  
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 22.** *Conteo de I. galbana, con la cámara de Neubauer.*  
**Fuente:** Elaboración propia (2020).

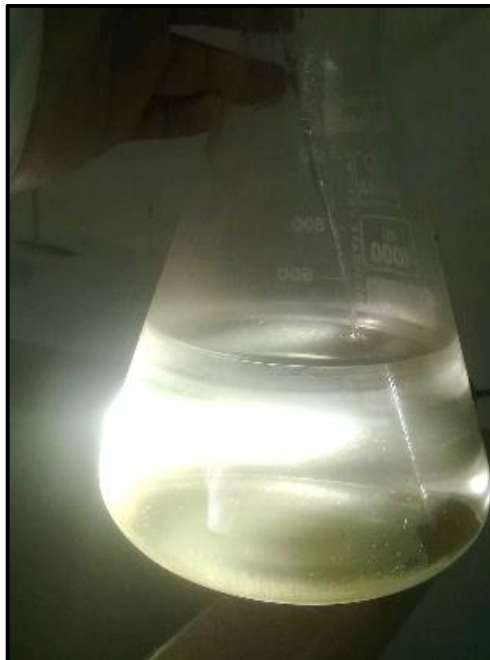


**Figura 23.** *Inoculación diaria de I. galbana.*  
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 24.** Observación constante de los matraces en el experimento.

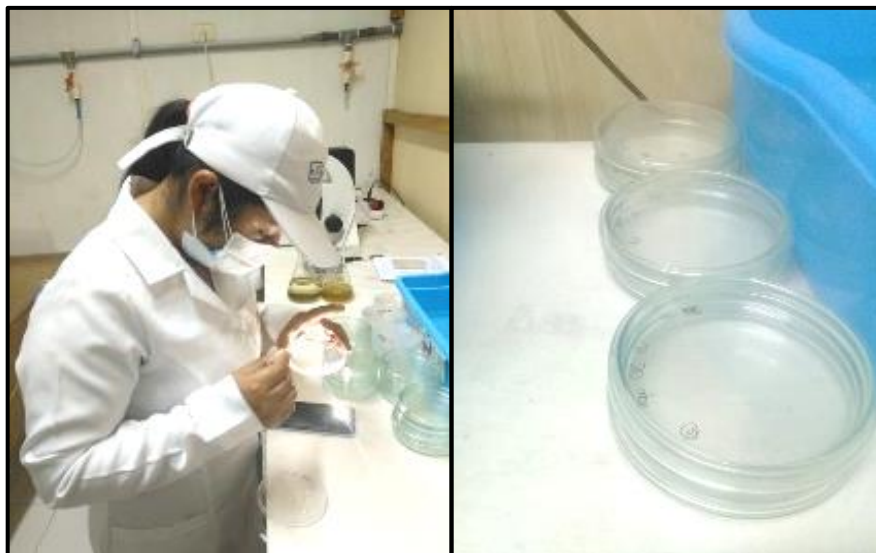
**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 25.** En el siguiente matraz de cultivo se puede observar la presencia de copépodos en estadio naupliar y copépodos hembras ovadas.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

**Anexo 4.** Experimento 2: El desarrollo y reproducción de *Oithona nana*.



**Figura 26.** Se seleccionó una hembra ovada y se sembró en cada placa para cada tratamiento (15, 20, 25, 30, 35 ups) con sus respectivas repeticiones. Con parámetros controlados.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 27.** Se observó el desarrollo por estadios: nauplios, copepoditos y copépodos adultos maduros. Separación de hembras y nauplios recién eclosionados.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 28.** Se tomó parámetros y se controló que las salinidades de cada tratamiento se mantuvieran constantes.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).



**Figura 29.** Se mantuvo la concentración de *I. galbana* a 100 000 cel/ml.

**Fuente:** Elaboración propia (2020).

**Anexo 5.**      *Conteo de huevos en sacos de Oithona nana.*



**Figura 30.** *Copépedo hembra ovada.*

**Fuente:** Elaboración propia (2020)



**Figura 31.**      *Para determinar la fertilidad se contó el número de huevos por saco ovígero de cada copépedo hembra.*

**Fuente:** Elaboración propia (2020).