UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA PESQUERA

EVALUACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN E INGESTIÓN DE LARVAS, POST – LARVAS, JUVENILES Y REPRODUCTORES DE *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) "MACHA" MANTENIDOS EN CONDICIONES CONTROLADAS, UTILIZANDO TRES MICROALGAS DIFERENTES.

TESIS

PRESENTADO POR:

ESAÚ DANIEL CALAGUA QUISPE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

ILO – PERÚ

2018

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERIA PESQUERA

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El jurado suscribiente, ha calificado el trabajo de TESIS:

TITULADO: **"EVALUACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN E INGESTIÓN DE LARVAS, POST-LARVAS, JUVENILES Y REPRODUCTORES DE *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) "MACHA" MANTENIDOS EN CONDICIONES CONTROLADAS, UTILIZANDO TRES MICROALGAS DIFERENTES"**

.....

PRESIDENTE : DR. WALTER MERMA CRUZ

PRIMER MIEMBRO : ING. PERCY OMAR VELÁSQUEZ CHIRINOS

SEGUNDO MIEMBRO : ING. ELVIS ALBERTO PAREJA GRANDA

Presentado por el (la) Bachiller:

ESAÚ DANIEL CALAGUA QUISPE

Participando en calidad de asesor (es): ING. ALEJANDRO MARCELO GONZALES VARGAS

Después de las preguntas respectivas y habiendo el jurado tomado el tiempo para la deliberación de la misma.

SE DECLARA APROBADO (APROBADO/DESAPROBADO) por UNANIMIDAD (UNANIMIDAD/MAYORÍA), con el calificativo de BUENO (EXCELENTE/MUY BUENO/BUENO/REGULAR/DEFICIENTE), equivalente a 14 ., quedando expedito para que se le confiera el Título Profesional de Ing. Pesquero

Ilo, 21 de diciembre del 2018.

DR. WALTER MERMA CRUZ
Presidente de Jurado

ING. PERCY OMAR VELASSQUEZ CHIRINOS
1ER. MIEMBRO

ING.ELVIS ALBERTO PAREJA GRANDA
2do. Miembro

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA PESQUERA

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO

EVALUACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN E INGESTIÓN DE LARVAS, POST – LARVAS, JUVENILES Y REPRODUCTORES DE *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) "MACHA" MANTENIDOS EN CONDICIONES CONTROLADAS, UTILIZANDO TRES MICROALGAS DIFERENTES.

Tesis sustentada y aprobada el día viernes 21 de diciembre de 2018; estando el jurado calificador y asesor integrado por:

PRESIDENTE : .....

Dr. Walter Merma Cruz

1ER MIEMBRO : .....

Ing. Percy Omar Velásquez Chirinos

2DO MIEMBRO : .....

Ing. Elvis Pareja Granda

ASESOR : .....

Ing. Alejandro Marcelo Gonzales Vargas

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Este proyecto no fue fácil, pero estuviste a mi lado motivándome y ayudándome en todo momento. Te lo agradezco muchísimo, amor.

AGRADECIMIENTOS

Al MSc. Ygor Sanz Ludeña por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis en la Sede Regional – IMARPE Ilo.

Mi agradecimiento especial a la MSc. Sheyla Amanda Zevallos Feria por su asesoramiento, revisión, orientación y guía en la realización de mi tesis.

Al Ing. Roger Ayerbe Ochoa por facilitarme los ejemplares de macha y poder ejecutar mi tesis.

A mis compañeros del Laboratorio de Investigación Acuícola por su apoyo en la realización de mi tesis.

Al Ing. Alejandro Marcelo Gonzales Vargas por su persistente apoyo en la culminación de mi informe tesis.

Al Blgo. Alex Guillermo Tejada Cáceres por la información brindada que sirvió de base fundamental para la presentación del proyecto e informe de tesis.

A los docentes de la Universidad Nacional de Moquegua de la carrera profesional de Ingeniería Pesquera, por sus enseñanzas durante los 5 años de estudio.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

RESUMEN

Se logró evaluar la tasa de filtración (TF) e ingestión (TI) de *Mesodesma donacium* "macha" para cada etapa (larvas, post-larvas, juveniles y reproductores) mantenidos en condiciones controladas, suministrando *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum*. Se trabajó con una densidad aproximada de 4 x 10^6 cel/mL, se realizaron recuentos celulares con la cámara de Neubauer cada 20 min durante una hora. Los resultados para la TF evidenciaron que *Phaeodactylum tricornutum* presento mayores valores de filtración por reproductores con 847 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ y por juveniles con 439 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$; *Isochrysis galbana* presento mayor TF en post-larvas con 3.02 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$, mientras que *Chaetoceros gracilis* presento mayor TF en larvas de macha. La tasa de ingestión siguió un patrón similar a la tasa de filtración. Finalmente, se establecieron las concentraciones adecuadas de alimento en cada etapa del ciclo de vida de *Mesodesma donacium*, contribuyendo con un aporte fundamental para posterior determinación de los requerimientos nutricionales de la macha.

Palabras – clave: Tasa de ingestión, Tasa de filtración, *Mesodesma donacium*, Concentración microalgal

ABSTRACT

It was possible to evaluate the filtration rate (TF) and ingestion (TI) of *Mesodesma donacium* "macha" for each stage (larvae, post-larvae, juveniles and reproducers) maintained under controlled conditions, supplying *Isochrysis galbana, Chaetoceros gracilis* and *Phaeodactylum tricornutum*. We worked with an approximate density of 4 x 10^6 cells / mL, with the Neubauer camera, cell counts performed every 20 min for one hour. The results for the TF showed that *Phaeodactylum tricornutum* had higher filtration values for breeders with 847 ml.ind^{-1}.h^{-1} and for juveniles with 439 ml. ind^{-1}.h^{-1}; *Isochrysis galbana* showed higher TF in post-larvae with 3.02 ml. ind^{-1}.h^{-1}, whereas *Chaetoceros gracilis* showed higher TF in larvae of macha. The ingestion rate followed a pattern similar to the filtración rate. Finally, the appropriate concentration of food established at each stage of the life cycle of *Mesodesma donacium*, contributing with a fundamental contribution for later determination of the nutritional requirements of the macha.

Key Words: Ingestion rate, Filtration rate, *Mesodesma donacium,* microalgal concentration

CONTENIDO

INDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO……..II

DEDICATORIA…….III

AGRADECIMIENTOS…….IV

RESUMEN.....V

ABSTRACT…….....VI

INDICE GENERAL…….....VII

ÍNDICE DE FIGURAS……..…….....XI

ÍNDICE DE TABLAS…….XIV

INTRODUCCIÓN……..... 1

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….. 3

1.1. Descripción de la realidad problemática……... 3

1.2. Formulación de problema……....5

1.2.1. Interrogante general…….....5

1.2.2. Interrogantes secundarias……..…… 5

1.3. Justificación……... 5

1.4. FORMULACION DE OBJETIVOS……..... 7
1.4.1. Objetivo general…….....7
1.4.2. Objetivos específicos…….....7

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS…….. 7

1.5.1. Hipótesis general……...7

1.5.2. Hipótesis específicas…… 8

CAPITULO II: MARCO TEORICO……. 9

2.1. Antecedentes del estudio……....9
2.2. Bases teóricas…… 12
2.2.1. Descripción Taxonómica……..…….. 12
2.2.2. Características generales de la especie……..……. 12
2.2.3. Reproducción……..……. 13
2.2.4. Alimentación……..... 14
2.2.5. Distribución y abundancia…….....…… 15
2.2.6. Hábitat……..…….. 16
2.2.7. Parásitos……..…….. 17
2.2.8. Aspectos Pesqueros……..…….. 17
2.2.8.1. Extracción…… 17
2.2.9. Microalgas y aportes nutricionales..... 19
2.2.10. Filtración……..……..... 20
2.3. Definición de términos…….…….. 21
a) Filtración…..... 21
b) Tasa de Ingestión (TI)…….…….…….. 21
c) Tasa de Filtración (TF)……....…….. 21

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO..... 22

3.1. TIPO Y DISEÑO…….....22
3.1.1. Tipo……..... 22
3.1.2. Diseño …… 22
3.2. Nivel de investigación……22
3.3. Operacionalización de variables……..22
3.3.1. Variable independiente…… 22
3.3.2. Variable dependiente……..... 22
3.4. Población y muestra…….....22
3.4.1. La población…… 22
3.4.2. Muestra…… 23
3.5. Técnicas e instrumentos para recolección de datos……23
3.5.1. Área de estudio…….. 23
3.5.2. Obtención de la muestra…….…… 24
3.5.3. Metodología……..... 24
3.5.3.1. Procedimiento metodológico…… 24
3.6. Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos…… 27
3.6.1. Diseño experimental…… 29
3.6.2. Análisis de los datos…….. 33

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS…… 34

4.1. Resultados…….. 34
4.1.1. Tasa de filtración ……..…… 34
4.1.1.1. Reproductores……..34
4.1.1.2. Juveniles…….…… 35
4.1.1.3. Post-larvas……35

4.1.1.4. Larvas……..…… 36
4.1.2. Tasa de ingestión……..……37
4.1.2.1. Reproductores…… 37
4.1.2.2. Juveniles…….. 37
4.1.2.3. Post-larvas…… 38
4.1.2.4. Larvas…… 39
4.1.3. Concentración media…… 39
4.1.3.1. Reproductores…… 41
4.1.3.2. Juveniles…….. 41
4.1.3.3. Post-larvas…… 42
4.1.3.4. Larvas…… 43
4.2. Comprobación de hipótesis……... 43
4.2.1. Prueba de normalidad…….. 43
4.2.1.1. Reproductores……... 43
4.2.1.2. Juveniles…….. 44
4.2.1.3. Post – larvas……..... 45
4.2.1.4. Larvas……..... 46
4.2.2. Análisis de varianza de un factor……..... 46
4.2.2.1. Reproductores……... 46
4.2.2.2. Juveniles…….. 48
4.2.2.3. Post – larvas……..... 49
4.2.2.4. Larvas…… 50
4.3. Discusión……... 51
CONCLUSIONES…… 55
RECOMENDACIONES……..… 56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS……... 57
ANEXOS…….. 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Fotografía del recurso “Macha” *Mesodesma donacium*.....13

Figura 02. Vista General del Laboratorio de investigación Acuícola……...….23

Figura 03. Bandejas utilizadas para juveniles y reproductores……...24

Figura 04. Placa multipocillo utilizada para post-larvas y larvas…….25

Figura 05. Juveniles de *Mesodesma donacium* “Macha” en ayuno…….....…….....25

Figura 06. Organismos de *Mesodesma donacium* “Macha” asignados por grupos……..26

Figura 07. Células microalgales fijadas con lugol…….....26

Figura 08. Diseño Experimental para Larvas de *Mesodesma donacium* “macha”……..…29

Figura 09. Diseño Experimental para Post Larvas de *Mesodesma donacium* “macha”….....30

Figura 10. Diseño Experimental para Juveniles de *Mesodesma donacium* “macha”……...31

Figura 11. Diseño Experimental para Reproductores de *Mesodesma donacium* “macha”….....32

Figura 12. Tasa de filtración de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes…….34

Figura 13. Tasa de ingestión de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes…….....35

Figura 14. Tasa de filtración de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes…….36

Figura 15. Tasa de ingestión de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..…36

Figura 16. Tasa de filtración de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes…….37

Figura 17. Tasa de ingestión de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes…….38

Figura 18. Tasa de filtración de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..…..38

Figura 19. Tasa de ingestión de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..…..39

Figura 20. Concentración media de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..….41

Figura 21. Concentración media de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..42

Figura 22. Concentración media de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..42

Figura 23. Concentración media de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes……..43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Concentración de alimento por etapa de cultivo……..40

Tabla 02. Determinación de la normalidad de la tasa de filtración de reproductores de macha……44

Tabla 03 Determinación de la normalidad de la tasa de filtración de juveniles de macha……..……....….44

Tabla 04. Determinación de la normalidad de la tasa de filtración de post - larvas de macha……...…45

Tabla 05. Determinación de la normalidad de la tasa de filtración de larvas de macha…….....46

Tabla 06. Análisis de varianza de la TF y TI de reproductores de macha con tres microalgas diferentes…….47

Tabla 07. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de reproductores de macha con tres microalgas diferentes……..……47

Tabla 08. Análisis de varianza de la TF y TI de juveniles de macha con tres microalgas diferentes……..48

Tabla 09. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de juveniles de macha con tres microalgas diferentes……..48

Tabla 10. Análisis de varianza de la TF y TI de post - larvas de macha con tres microalgas diferentes……..49

Tabla 11. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de post - larvas de macha con tres microalgas diferentes…....49

Tabla 12. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de post - larvas de macha con tres microalgas diferentes…....50

Tabla 13. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de larvas de macha con tres microalgas diferentes……..…...51

INTRODUCCIÓN

Mesodesma donacium, conocido comúnmente como “macha”, se caracteriza por ser un lamelibranquio filtrador (Segura, Galindo & Flores, 1998) y por habitar playas arenosas expuestas a fuerte oleaje, pudiendo encontrarse enterrada en la zona meso e infralitoral, desde la banda intermareal hasta 15 metros de profundidad (Lorenzen, Gallardo, Jara, Clasing, Pequeño & Moreno, 1979).

Los volúmenes de extracción en el litoral peruano mostraron un paulatino incremento desde 1964 (36 t) a 1997 (597 t), alcanzando sus máximos picos entre 1978 y 1979 (4000 t), seguido de una declinación entre 1980 y 1985, causado por los efectos de la sobreexplotación y el fenómeno del Niño 82 y 83 (Quiroz & Barriga, 1996). Entre 1986 y 1989 se nota una recuperación del recurso, pero sin alcanzar los niveles de 1978 – 1979 (Defeo *et al*., 1993). Los niveles de extracción del recurso macha en el litoral sur peruano han descendido considerablemente, como consecuencia de la sobreexplotación ejercida por el aumento excesivo de presión por pesca en los bancos naturales (Quiroz & barriga, 1996). Durante marzo de 1998 realizó la evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium)* en el litoral de Moquegua y Tacna, llegando a concluir que ambas regiones se estuvieron afectadas a causa del fenómeno El Niño 1997 – 1998 (Quiroz & Barriga, 1998).

Posterior al evento El Niño (1982 - 1983), las abundancias poblacionales eran casi nulas (IMARPE, 2006). En la primavera del 2006 se registró un asentamiento importante lo cual propició la recuperación de los bancos naturales en las playas de Tacna e Islay - Arequipa (IMARPE, 2007).

Los factores mencionados anteriormente, ocasionaron una disminución notable del recurso lo que motivó a las autoridades a colocar una veda permanente, permitiendo su extracción únicamente con fines exploratorios (Resolución Ministerial N° 099-99-PE).

La acuicultura constituye una alternativa interesante para incrementar la abundancia de “macha” en medio natural (Zevallos, 2014); el IMARPE sede Ilo ha desarrollado experiencias de cultivo de “macha” desde el 2007; logrando la obtención de su ciclo de vida, estableciendo condiciones de cultivo en medio controlado, producción de juveniles y actualmente cuenta con un protocolo y manual de cultivo (IMARPE, 2016)

Sin embargo, los aspectos fisiológicos como tasa de filtración (TF) e ingestión (TI) de la “macha” en todas las etapas de su ciclo de vida no han sido estudiadas, siendo estos medida del consumo de alimento de los organismos filtradores en medio controlado. Por lo tanto, el presente estudio determinó la tasa de filtración e ingestión del recurso *Mesodesma donacium* en las diferentes etapas de su ciclo de vida (reproductores, juveniles, post-larvas y larvas), asimismo, se determinó la concentración media, para optimizar la dieta suministrada como un aporte fundamental en su requerimiento nutricional y mejorar los procedimientos de la tecnología de cultivo en condiciones controladas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El recurso *Mesodesma donacium* “macha” (Lamarck, 1818), es un molusco bivalvo de importancia comercial que se distribuye desde Sechura (5°S) (Perú) hasta la Isla Chiloé (43°S) Chile (Álamo & Valdivieso 1997). Habita en el intermareal y submareal somero arenoso, conformando conglomerados densos denominados “parches” (Tejada A.; R. Pastor; B. Buitrón & R. Castillo, 2011).

Se encuentra en veda (Resolución Ministerial N° 099-99-PE) debido a su biomasa el recurso” *Mesodesma donacium* “macha ha disminuido en relación a las registradas en los últimos años, no presentando condiciones para su explotación (Tejada & Baldarrago, 2015). La biomasa total del recurso “macha” para el 2009 en el litoral arenoso de Tacna fue estimada en 720,2 t (±17,33%) y la población en 23 900 484 ejemplares (±17,38%). Considerando que su población se encontraba constituida principalmente por ejemplares adultos, y ante la incierta probabilidad de ocurrencia de futuros reclutamientos anuales exitosos, se propuso una “pesca experimental” autorizada por Resolución Ministerial 033–2010– PRODUCE (19.02.10) que recomendó una cuota de extracción de 264 toneladas en el área comprendida entre las localidades de Rancho Chico y Santa Rosa (Región Tacna), con la participación de los inspectores de PRODUCE Tacna y observadores de IMARPE; mientras que en las playas de Ilo no se registró recuperación de las poblaciones de “macha” (Tejada *et al*., 2011).

Los volúmenes de extracción del litoral peruano mostraron un paulatino incremento desde 1964 (36 t) a 1977 (597 t), alcanzando sus máximos picos entre 1978 y 1979 (4000 t), seguido de una declinación entre 1980 y 1985, causado por los efectos de la sobreexplotación y el fenómeno El Niño 82-83 (Quiroz & Barriga, 1996).

En vista de lo anterior Zevallos & Toledo (2017) plantean alternativas de recuperación de las poblaciones diezmadas mediante la acuicultura; que requiere inicialmente acondicionar reproductores usando tres diferentes mezclas de microalgas para favorecer el desarrollo gonadal de los reproductores de *Mesodesma donacium* bajo condiciones controladas, por lo que el Laboratorio de Investigación Acuícola del IMARPE llo viene desarrollando el paquete tecnológico del cultivo de “macha”, sin embargo, existen una serie de aspectos fisiológicos que deben ser estudiados, como las tasas de filtración (TF) e ingestión (TI) que presenta la “macha” en sus diferentes etapas de desarrollo, debido a que los estudios relacionados a las TF y TI se han realizado específicamente en organismos adultos de esta especie (Baldarrago & Zevallos, 2009); existiendo información sobre este tema en *Argopecten purpuratus* (Chávez, 2009; Arraya *et al*., 1993; Dionicio *et al*., 2015), *Pecten maximus* (Laing, 2004), *Nodipecten subnodosus* (López, 2003); *Ruditapes decussatus* (Pérez *et al*., 2002). Asimismo, es necesario establecer la concentración adecuada de dieta microalgal que se le suministra a los ejemplares de macha en sus diferentes etapas de desarrollo que permita un crecimiento adecuado, con el fin de producir juveniles destinados a repoblamiento de zonas diezmadas, que presenten características resistentes a las condiciones ambientales

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante general

- ¿Cuál de las tres microalgas suministradas permitirá mayor tasa de filtración e ingestión de larvas, post-larvas, juveniles y reproductores de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) “Macha” en condiciones controladas?

1.2.2. Interrogantes secundarias

- ¿Cómo varía la tasa de filtración en sus diferentes etapas de *Mesodesma donacium*, con las tres microalgas suministradas?
- ¿Cómo varía la tasa de ingestión en sus diferentes etapas de *Mesodesma donacium*, con las tres microalgas suministradas?
- ¿Se podrá establecer la concentración microalgal adecuada en cada una de las etapas de desarrollo de *Mesodesma donacium*, utilizando tres microalgas diferentes?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Son escasos los trabajos de investigación que nos brinden un conocimiento de los aspectos fisiológicos relacionados con organismos filtradores, destacan los trabajos de Pérez *et al*. (2002) en *Ruditapes decussatus*; Gonzalez *et al*. (2003) en *Mytilus chilensis*; Baldarrago & Zevallos (2009) en *Mesosdesma donacium*; Dionicio & Flores (2015) en *Argopecten purpuratus*, los cuales constituyen fuentes de información importantes en la toma de decisiones para el manejo de las poblaciones de bivalvos. Los trabajos de Imarpe - Ilo realizados durante el 2004, 2005, 2006 y 2007 estuvieron enfocados en la distribución y abundancia del

recurso en los bancos naturales de la zona sur; cuyos resultados muestran las bajas densidades presentes en las playas de fondo blando de las Regiones Moquegua y Tacna (Tejada *et al*., 2011).

El interés en repoblar bancos naturales de *Mesodesma donacium* "macha" ha incrementado en los últimos años; por lo que, el Laboratorio de Investigación Acuícola del IMARPE Ilo ha adaptado técnicas de cultivo de moluscos bivalvos desde el 2012, mejorando la tecnología de cultivo de "macha" en condiciones controladas, es así, que realizaron 8 incorporaciones de juveniles de macha en medio natural en el año 2017, con la finalidad de la recuperación poblacional de la especie en la playa Pozo de Lizas, fueron 18 786 ejemplares incorporadas con rangos de talla de 13 a 41 mm (IMARPE, 2017).

Desde esta perspectiva la investigación posee un fuerte impacto social, debido a que el desarrollo de este trabajo permitirá recuperar las poblaciones diezmadas de "macha". Es decir, generará nuevas fuentes de trabajo y oportunidades en términos económicos para los pescadores que se dedicaban a la extracción de macha.

A pesar de lo anterior, resulta relevante concentrar esfuerzos en las investigaciones orientadas a procesos fisiológicos de "macha"; por lo que el presente trabajo pretende determinar la tasa de filtración e ingestión de *Mesodesma donacium* en cada etapa del ciclo de vida (larvas, post-larvas, juveniles y reproductores) en medio controlado, que mejoren las estrategias de alimentación como aporte fundamental para su tecnología de cultivo en medio controlado.

1.4. FORMULACION DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos general

- Evaluar la tasa de filtración e ingestión de larvas, post-larvas, juveniles y reproductores de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) “Macha” en condiciones controladas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la tasa de filtración en sus diferentes etapas de *Mesodesma donacium*.
- Determinar la tasa de ingestión en las diferentes etapas de desarrollo de *Mesodesma donacium*.
- Establecer la concentración microalgal adecuada en cada una de las etapas de desarrollo de *Mesodesma donacium.*

1.5. FORMULACION DE HIPOTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Las concentraciones celulares de microalgas determinadas a partir de la tasa de filtración e ingestión de larvas, post-larvas, juveniles y reproductores de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) “macha” optimizará la dieta suministrada y mejorará los procedimientos de la tecnología de cultivo en condiciones controladas.

1.5.2. Hipótesis específicas

H0: No existe diferencia significativa en la evaluación de la tasa de filtración e ingestión de larvas, post-larvas, juveniles y reproductores de *Mesodesma donacium*.

Hi: Existe diferencia significativa en la evaluación de la tasa de filtración e ingestión de larvas, post-larvas, juveniles y reproductores de *Mesodesma donacium*.

H0: No existe efecto de las concentraciones celulares de microalgas para optimizar la dieta suministrada.

Hi: Existe efecto de las concentraciones celulares de microalgas para optimizar la dieta suministrada.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Baldarrago & Zevallos (2009). Realizaron estudios sobre la tasa de filtración (TF) (litro/hora/animal) y tasa de ingestión (TI) (célula/hora/animal) en ejemplares adultos de "macha" suministrando tres dietas monoespecíficas, compuestas por *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* y *Chaetoceros gracilis* a 21 ± 5°C, mostraron los siguientes resultados:

Tasa de Filtración (TF) e Ingestión (TI) de *Mesodesma donacium*

Especie	Tasa de Filtración (L/hora/Animal)	Tasa de Ingestión (cél./hora/Animal)
Isochrysis galbana	2,27	2014,6
Pavlova lutheri	2,12	1541,5
Chaetoceros gracilis	6,36	4988,2

Chávez (2009). Determinó la tasa de filtración y la tasa de respiración de individuos de *Argopecten purpuratus* de tres tallas obteniendo una relación inversa entre la tasa de filtración por gramo y las tallas.

Dionicio & Flores (2015). Mostraron en sus resultados que existe un efecto significativo de la temperatura en la tasa de aclaramiento (TA) ($L.h^{-1}$) y Tasa de ingestión (TI) ($cel.h^{-1} \times 10^5$) sobre los individuos de *Argopecten purpuratus* de mayor tamaño (7.6 ± 0.265 cm), observándose a 22°C un

incremento promedio, respecto a 17°C, de hasta 250% para TA y 48% para TI. Además, se observó una relación directa del tamaño corporal con las TA y TI en ambas temperaturas.

Gonzalez, Navarro & Chaparro (2003). Establecieron en su trabajo tasa de aclaramiento para ejemplares de 1 g peso seco, presentó sus máximos valores en la especie *Mytilus chilensis* (Epifauna) (2,39±0,4 L/h), por su parte *Venus antiqua, Mulinia edulis y Tagelus dombeii* (Infauna) no presentaron diferencias significativas (P>0.05) entre sí. La tasa de ingestión siguió un patrón similar a la tasa de aclaramiento.

Pérez, Delgado & Albentosa (2002). Establecieron en su trabajo referido a la influencia del tamaño de los ejemplares y la concentración de alimento sobre las tasas de aclaramiento e ingestión de la almeja *Ruditapes decussatus*, donde permitió establecer las raciones de alimento adecuadas para el crecimiento y la maduración de esta especie.

Arraya, Pozo, Avendaño & Escribano (1993). Concluyeron en la publicación de su artículo sobre dinámica de alimentación de individuos de *Argopecten purpuratus L.,* en condiciones de laboratorio, que a bajas concentraciones microalgales la tasa de filtración (F) y la tasa de ingestión (I) no difieren mayormente, sin embargo con el aumento de la oferta alimenticia, tanto “F” como “I” tienden aumentar el tamaño de los individuos.

Madrigal, Pacheco, Zamora, Quesada & Alfaro (1985). Analizaron la tasa de filtración de individuos de *Crassostrea rhizophorae* (ostión del manglar) a diferentes salinidades y temperaturas, en el cual concluyeron que la tasa de filtración óptima corresponde a 1.43 L/h a los 28°C con una salinidad de 25 ºꟾ.

En un estudio realizado por Laing (2004) para *Pecten maximus* se observó una relación inversa entre la concentración microalgal y la tasa de filtración, teniendo un rango de 0,94 - 9.66 mgl^{-1}, sus mejores tasas de filtración las obtuvo con temperaturas de 11 y 16 °C.

Lopez (2003). Indicó que la tasa de filtración de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* (S*owerby, 1835*) fue dependiente de la concentración de partículas entre 1.7 x 10^4 y 2.0 x 10^5 cel/mL. El punto de inflexión ocurrió a 4.5 x 10^6 y 2.1 x 10^6 cel/g/min en almejas de 46.1 ± 2.2 y 65.1 ± 1.9 mm respectivamente. Los resultados indican que *N. subnodosus* es un filtro alimentador continuo, capaz de mantener su TF constante durante 75 horas a temperatura, concentración de partículas y flujos estables.

Zevallos (2014). Considera en sus resultados que es importante implementar un sistema de alimentación continua, el cual servirá como estrategia en el manejo del acondicionamiento reproductivo; ya que estaría garantizando la disponibilidad constante de microalgas en fase exponencial – estacionaria con un flujo de 1,2 L/hora y concentración promedio de 2,0 x 10^5 cel/mL.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción Taxonómica

Reino: Animalia
Subreino: Bilateral Animales triploblásticos
Rama: Protostomia
Filo: Mollusca.
Clase: Pelecypoda - Bivalvia
Subclase: Heterodonta
Orden: Veneroida
Superfamilia: Mactroidea
Familia: Mesodesmatidae
Subfamilia: Mesodesmatinae
Género: Mesodesma (Deshayes, 1831)
Especie: *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818)
Nombre común: "macha"

2.2.2. Características generales de la especie

Bivalvo filtrador, forma parte de la biocenosis de la hipofauna de los fondos arenosos blandos, conformado por agregaciones independientes (bancos naturales) (Ibarcena, Muñante, Muñante & Vasquez, 2004).

Sus valvas son triangulares y alargadas, con el borde posterior truncado y corto. Cada valva presenta, tanto en su porción dorsal como anterior, una protuberancia denominada umbo. La cara externa es policromática, la interna presenta un color porcelana-nacarado. La unión inter-valvar dada por la charnela. El cierre está asegurado por un par de dientes laterales divergentes, ubicados en ambos lados de la excavación triangular donde se aloja el ligamento, por acción de tres músculos aductores. La concha está compuesta por tres capas: periostraco externo, el intermedio y el nácar

interior. En el umbo se ubican líneas concéntricas que indican las fases de crecimiento (Ibarcena *et al.*, 2004).



Figura 1. Fotografía del recurso “Macha”
Fuente: Imagen propia

2.2.3. Reproducción

El primer trabajo sobre los aspectos reproductivos de *M. donacium* en el Perú fue el de Salgado e Ishiyama (1979), quienes elaboraron una escala de madurez gonadal provisional con siete estadios: inmaduro, madurez incipiente, madurez intermedia, madurez total, evacuación parcial, evacuación total y reversión gonadal.

Presenta alto índice de actividad reproductiva, es una especie dioica sin dimorfismo sexual. Su fecundación es externa. La hembra pone los óvulos y una sustancia que a través del agua determina la eyaculación de espermatozoides. El desove se produce entre los 47 a 57 mm de longitud y su reproducción entre los 2 a 6 años. (Ibarcena *et al.*, 2004).

2.2.4. Alimentación

Ingiere fito y zooplancton (Dinoflagelados, Diatomeas y Tintinnidos), así como larvas de moluscos, crustáceos y poliquetos. Se alimenta de partículas orgánicas filtradas provenientes de la fauna intersticial del fondo arenoso (Ibarcena *et al.*, 2004).

Según los resultados de Flores (2007); dentro de los diferentes componentes de la dieta se pudo observar que el detritus constituyo la parte más importante del material orgánico encontrado en los estómagos, lo cual confirma que la alimentación de esta especie está basada principalmente en detritus y fitoplancton.

Flores (2007). Concluyó que la dieta de *Mesodesma donacium* estuvo influenciado directamente por la disponibilidad del alimento en el ambiente. Para la zona de Arequipa el ítem con mayor frecuencia lo ocupo *Amphiprora sp.1* (Diatomea), de la misma manera para la zona de Tacna estuvo predominado por *Prorocentrum micans* (Dinoflagelado) reflejándose el resultado obtenido en los análisis de fitoplancton en el agua.

Zevallos (2014). Indica que los ejemplares adultos de *Mesodesma donacium*, también conocidos como “macha” colectados en La Punta-Mollendo (17º11’S–71º47’W) fueron acondicionados bajo condiciones ambientales controladas aplicando tres dietas diferentes, compuestas por dietas mixtas de microalgas: dieta 01 (*Isochrysis galbana* 35%, *Chaetoceros sp* 30% y *Phaeodactylum tricornutum* 35%), dieta 02 (*I. galbana* 35%, *Chaetoceros gracilis* 30%, y *Pavlova lutheri* 35%), dieta 03 (*Chaetoceros sp* 35%, *I. galbana* 30% y *Pavlova lutheri* 35%) y una dieta control (compuesto por *I. galbana* 35%*, Ch. gracilis* 30% y *P. lutheri* 35%).

Las diferentes dietas mixtas proporcionadas a ejemplares adultos de *Mesodesma donacium* influyeron en la madurez gonadal. La dieta 02 resultó la más adecuada, obteniendo un mayor porcentaje de individuos en el estadio madurante (III) esto se reflejó a los 44 días de acondicionamiento reproductivo con una temperatura promedio de 16ºC, oxígeno disuelto de 3,61 mL/L y salinidad de 34,824 UPS (Zevallos, 2014).

2.2.5. Distribución y abundancia

El recurso *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) "macha", es un molusco bivalvo de importancia comercial que se distribuye desde Sechura (5°S) (Perú) hasta la Isla Chiloé (43°S) Chile (Álamo & Valdivieso, 1997).

En el banco natural Pozo de Lizas (Moquegua): no se logró colectar ejemplares durante el muestreo, presuntamente porque la población de macha en este banco ha desaparecido como consecuencia de sucesivas varazones, asimismo se le atribuyó a la presencia del fenómeno El Niño 1997 – 1998 la mortalidad masiva de las poblaciones durante el verano 1998 (Quiroz & Barriga, 1998).

El banco natural Boca del Rio - Frontera Sur (Tacna): en esta zona se colecto 8 ejemplares en los transectos 1 y 3, ubicados en la frontera sur (Playa Santa Rosa), (18°20'46.3" S y 70°22'39.2" W), a una profundidad de 1.5 m y delante de la rompiente de ola; en los transectos restantes la ausencia fue total por presencia del fenómeno El Niño 1997 - 1998 (Quiroz & Barriga, 1998).

En el litoral de Tacna su distribución es discontinua, desde el balneario Boca del Rio hasta la Playa Santa Rosa. En el área comprendida entre boca del Rio hasta Rancho Grande, la producción es mesurada. En el área desde los Palos hasta Santa Rosa es la más ubérrima (Ibarcena *et al.*, 2004).

En Ilo, durante los muestreos por orilla (delante de la rompiente) se colectaron 15 ejemplares juveniles de “macha” mientras que por mar (detrás de la rompiente) 3 ejemplares; del total de 18 ejemplares colectados, 10 fueron en la zona de Boliviamar y 8 en Pozo de Lizas (Tejada *et al*., 2011).

Tejada *et al*. (2011). Determinaron en la región de Tacna durante mayo de ese año, que el recurso “macha” se encontró distribuido uniformemente desde Cenizales hasta el Chasqui, asimismo en los sectores S5 (Santa Rosa) y el en sector S1 (LLostay), las densidades fueron casi nulas. Las densidades de “macha” fluctuaron entre 0 a 29 ejem/m^2; las mayores concentraciones se ubicaron en el sector S4 que comprende las zonas de “Cenizales” y “Pueblo Libre” con valores que alcanzaron los 29 ejem/ m^2, seguido del sector S3 donde se registraron densidades de hasta 18 ejem/ m^2 en la zona de “Rancho Grande”.

La biomasa total del recurso “macha” entre “Santa Rosa” y “Cerro Cortado” fue estimada en 286,1 T (± 4,86%) y la población en 6 978 545 ejemplares (± 4,70%). Las mayores densidades y biomasas se registraron en los sectores S3 (Rancho chico – Kulauta) y S4 (Kulauta – Cenizales), mientras que las menores en el sector S5 (Cenizales – Santa Rosa) y S1 (Cerro cortado – Chasqui) (Tejada *et al*., 2011).

2.2.6. Hábitat

Busca aguas agitadas de la zona intermareal, donde el oleaje remueve la arena. Se guarecen de la dinámica marina introduciéndose en los sustratos blandos de arena, a profundidades de 5 a 20 cm (Ibarcena *et al.,* 2004).

Las playas habitadas por *Mesodesma donacium* presentan la misma morfología a lo largo de toda la costa de Chile, conformadas por una parte terrestre de meandros y dunas litorales y una franja de playa alta separada

de la anterior por un microacantilado erosionado por las tempestades (Tarifeño, 1980).

Este hábitat es altamente dinámico y está determinado por la acción de las mareas, el oleaje y el tipo de sedimento. Que a su vez produce diferentes tipos de morfodinámica en las playas, siendo base para clasificarlas en diferentes tipos (Defeo & McLachlan, 2005): **playas disipativas** (playas de arena fina con suave pendiente) (McArdle & McLahlan, 1992; Defeo & McLachlan, 2005)*,* **playas reflectivas** (playas de arena gruesa con pendiente alta) (McArdle & McLahlan, 1992; Defeo & McLachlan, 2005).y **playas intermedias** (con características entre playas disipativas y reflectivas) (McArdle & McLahlan, 1992).

2.2.7. Parásitos

Según Tejada *et al*. (2015). Determinaron que los poliquetos del género *Polydora*, forman lesiones en la valva del molusco, incluso acumula materia orgánica en su interior, indican que de los ejemplares analizados, el 76% presentó *Polydora sp,* los cuales formaron ampollas en sus valvas.

La prevalencia de la hidromedusa *Clytia sp*, en ejemplares de *Mesodesma donacium*, se determinó en cada uno de los muestreos, siendo mayor en los sectores ubicados entre Rancho Chico a Santa Rosa (S3, S4 y S5), con porcentajes mayores al 20% (Tejada *et al*., 2011).

Ibarcena *et al.* (2004). Describieron que el parásito *Rodobothrium Mesodesmatidae* se localiza en la parte interna del pie, es ahí donde se encuentra fijada la larva del parásito y parte del cuerpo se halla en las gónadas de la macha.

La infestación de gusanos espiónidos se manifiesta con la presencia de ampollas de lodo en la superficie interna de la concha, o en la base del

músculo abductor, lo cual provoca que el bivalvo sea más susceptible a los depredadores (Ibárcena *et al*., 2004).

2.2.8. Aspectos Pesqueros

2.2.8.1. Extracción

La extracción se realizaba por centenares de familias, quienes desde la orilla colectaban en forma manual el recurso, haciendo girar los pies para desenterrar las “machas”, tomarlas y depositarlas en una bolsa de malla denominada “chinguillo”. Su labor fue durante las horas de baja marea y en días cuando el mar está regularmente tranquilo, incidiendo la extracción en áreas de la playa donde se han formado planicies denominadas “pampas”. Una vez extraídas son llevadas a la playa, donde son desvalvadas y en algunos casos pre cocidas y secadas al sol para su posterior comercialización (Quiroz & Barriga, 1996).

Ibarcena *et al*. (2004). Indicaron que la extracción se realizaba por los denominados “macheros”, los cuales formaban campamentos rudimentarios en las playas y operaban principalmente en verano. Las faenas se realizaban en marea baja o cuando las condiciones del mar son favorables, especialmente en playas donde se han formado planicies, de tal forma que permitía ingresar al mar y descubrir los bancos mediante movimiento rotatorio de los pies de los macheros. La macha era extraída desde la orilla de la playa y a distancias de 0,0 hasta 30,0 metros mar adentro.

La ejecución de la “Pesca Experimental” en febrero de 2010, evidenció las extracciones ilegales producidas entre diciembre 2009 y febrero 2010, por lo que el volumen de extracción observado fue muy inferior a lo registrado durante la pesca exploratoria de enero/febrero del 2009, donde

se alcanzó 14,2 t en un día; asimismo, la CPUE durante estos días varío entre 14,6 a 30,0 kg/machero y un promedio de 22,2 Kg/machero (enero/febrero 2009: 13,8 a 102,9 kg/machero y un promedio de 69,2 kg/machero); por lo que es necesario fortalecer los mecanismos de control y vigilancia en la playas del litoral de Tacna (Tejada *et al.*, 2011).

Tejada *et al*. (2011). Señalaron que se extrajeron 8,97 t de Macha *Mesodesma donacium* durante el régimen de Pesca Experimental (RM N°033-2010-PRODUCE).

2.2.9. Microalgas y aportes nutricionales

Farías (2008). Refiere que todas las microalgas marinas presentan los diez aminoácidos esenciales en cantidad suficiente para suplir las demandas de los bivalvos, así también la principal fuente energética son los triglicéridos y en particular los ácidos grasos de cadena corta y saturados.

Farías & Uriarte (2002). Informaron que las microalgas enriquecidas con DHA como *T-Iso* y con EPA como *Chaetoceros* spp deben incluirse en la alimentación de los bivalvos cultivados en medios controlados. Así también menciona que las microalgas pueden ser manipuladas para aumentar su contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos.

Ibárcena *et al.* (2004). Mostraron datos para el análisis proximal de *M. donacium* fresca procedente de Pozo Lizas (Ilo) con valores promedios de proteínas y lípidos de 14.4 % y 0.8% respectivamente, mientras que para Santa Rosa (Tacna) los valores para proteínas y lípidos fue de 14.9% y 0,7% respectivamente.

Zevallos (2014). Concluyó que el contenido de lípidos totales de *Mesodesma donacium* alimentadas con microalgas locales durante el

acondicionamiento reproductivo presentó porcentajes superiores a los hallados en medio natural, indicando que el suministro de las dietas mixtas en medio controlado generó un incremento en el porcentaje de lípidos totales.

2.2.10. Filtración

Los bivalvos filtradores se alimentan removiendo el material particulado que se encuentra suspendido en el agua el que además de fitoplancton incluye partículas inertes que componen el detritus, pudiendo ser este último de origen orgánico o inorgánico. La remoción de partículas suspendidas en el agua recibe el nombre de tasa de aclaramiento y se entiende como el volumen de agua liberada de sus partículas por unidad de tiempo (litros/hora) (Navarro, 2001).

La cantidad de alimento consumido por los filtradores está determinado por la tasa de filtración y la velocidad de flujo de agua, además de la eficiencia de retención de partículas y el tamaño de los individuos del cual se conoce que los de mayor tamaño consumen mayor alimento que los pequeños (Pares Sierra, 1999).

Chávez (2009). Determinó la tasa de filtración y la tasa de respiración de individuos de *Argopecten purpuratus* de tres tallas obteniendo una relación inversa entre las tasas de filtración por gramo y las tallas así como determinó la influencia de los cambios estacionales sobre la respiración de los individuos.

Flores (2012). Observó mayores valores promedio de la tasa de filtración para ejemplares adultos y los menores para las semillas de *Argopecten purpuratus* a diferentes temperaturas, corroborando así el resultado del experimento de Winter *et al*., 1984 y Uribe *et al*., 1996 en el que se observó que la tasa de filtración de otros bivalvos se incrementaba a medida que aumentaba el tamaño corporal.

2.3. Definición de términos

a) **Filtración:** Tipo de alimentación mediante un mecanismo de atrapamiento pasivo o activo (bombeo, cilios, tentáculos) de partículas en suspensión, las cuales son retenidas en los filamentos branquiales y luego transportadas a la abertura bucal. (Tam, Vera, Pinto & Sánchez, 2001).

b) **Tasa de Ingestión (TI):** Cantidad de alimento (células de microalgas) consumido por un organismo filtrador durante un periodo determinado de tiempo (*e.g.* cél.ind^{-1}. h^{-1}) (Tam *et al.* 2001).

c) **Tasa de Filtración (TF):** Volumen de agua filtrado por un organismo durante un periodo determinado de tiempo (*e.g.*mL.ind^{-1}. h^{-1}) (Tam *et al.* 2001).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO

3.1.1. Tipo

El tipo de investigación es experimental pura, porque se va a trabajar con ejemplares de *Mesodesma donacium*, los cuales serán sometidos a una concentración media de tres diferentes microalgas y se tendrá un grupo control.

3.1.2. Diseño

Según el método de manipulación de datos es cuantitativo.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nivel predictivo o experimental.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable independiente: indicadores

Etapas del ciclo de vida de *Mesodesma donacium* “macha” (larva, post larva, juvenil y reproductor).

3.3.2. Variable dependiente: indicadores

Concentración celular microalgal filtrada e ingerida en cada etapa del ciclo de vida de *Mesodesma donacium* “macha”.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. La población

La población estuvo constituida por los ejemplares de *Mesodesma donacium* “macha” procedentes de las diferentes etapas de su ciclo de vida, como parte de la producción del Laboratorio de Investigación Acuícola en condiciones controladas.

3.4.2. Muestra

Se seleccionaron ejemplares de cada etapa del ciclo de vida (larvas, post-larvas, juveniles y reproductores) cultivado en condiciones controladas. Se trabajaron con 9 ejemplares por cada etapa, es decir un total de 36 ejemplares de *Mesodesma donacium*.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de investigación Acuícola (LIA) del laboratorio costero de Ilo - Instituto del Mar del Perú (IMARPE), situado en Jr. Mirave – Ilo.



Figura 02. Fotografía del Laboratorio de investigación Acuícola.
Fuente: Imagen propia.

3.5.2. Obtención de la muestra

Los ejemplares de "macha" *Mesodesma donacium* en sus diferentes etapas de desarrollo: larvas, post-larvas, juveniles y reproductores, fueron facilitados 36 ejemplares de *Mesodesma donacium* por el área de cultivo de moluscos, asimismo las microalgas (*Isochrysis galbana, Chaetoceros gracilis y Phaedactylum tricornutum*) fueron suministradas por el área de cultivo de microalgas del Laboratorio de Investigación Acuícola de la sede regional del IMARPE-Ilo.

3.5.3. Metodología

3.5.3.1. Procedimiento metodológico

Los individuos de *Mesodesma donacium* "Macha" se dividieron en 4 grupos: larvas, post-larva, juveniles y reproductores, cada grupo fue constituido por tres ejemplares los cuales se midieron y pesaron.

En todas las experiencias se utilizó agua de mar pasada por filtros cuno de 10, 5, 1 µ (micra) e irradiadas por lámparas de luz ultravioleta (UV).

Para la determinación de la tasa de filtración e ingestión, se utilizaron bandejas de 2 L (litros), cada bandeja fue llenada con 1 L de agua de mar filtrada esto para el caso de juveniles y reproductores; se utilizó una placa multipocillo de 13 mL (mililitros) para post-larvas y larvas de *Mesodesma donacium*, cada placa multipocillo fue llenada con 6 mL de agua de mar filtrada.



Figura 03. Bandejas utilizadas para juveniles y reproductores
Fuente: Imagen propia



Figura 04. Placa multipocillo utilizada para post-larvas y larvas
Fuente: Imagen propia

Los grupos de macha se mantuvieron en ayuno 24 horas antes de la realización de cada experimento, con la finalidad de vaciar su contenido estomacal; los mismos individuos se utilizaron para el experimento con las tres diferentes microalgas.



Figura 05. Juveniles de *Mesodesma donacium* “Macha” en ayuno.
Fuente: Imagen propia

Luego del ayuno, los organismos de *Mesodesma donacium* “Macha” fueron dispuestos en bandejas según el grupo que se le asignó, la distribución de los organismos fue totalmente al azar, así cada experiencia se realizó con un control y por triplicado para cada grupo y por cada especie de microalga; es decir, 3 organismos de *Mesodesma donacium* “Macha” para la microalga *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum* respectivamente.



Figura 06. Organismos de *Mesodesma donacium* “Macha” asignados por grupos.
Fuente: Imagen propia

Una vez dispuestos los organismos en las bandejas y en las placas multipocillos con una concentración microalgal de 4 x 10^6 cel/mL, cada 20 minutos se realizó el recuento con el apoyo de una cámara de Neubauer por el periodo de una hora, para este procedimiento se tomó un alícuota de 1 mL de alimento vivo, el cual fue depositado en

un tubo falcón y fijado con lugol. El conteo celular se aplicó a cada grupo con sus respectivos controles.



Figura 07. Células microalgales fijadas con lugol.
Fuente: Imagen propia

3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Se aplicó el procedimiento estandarizado de operación: Método de determinación de la tasa de ingestión de organismos filtradores (PEO-IMP-TI-001) de la línea de investigación en Ecotoxicología Acuática – IMARPE.

Se utilizó la formula modificada por Arraya *et al.* 1993 para determinar la tasa de filtración.

Tasa de filtración

$$TF: V (b + d) / N$$

$$b: (Ln (Fc/ Ic)) / T \qquad d: (Ln (Fe/ Ie)) / T$$

Donde:

TF : Tasa de filtración (ml x ind^{-1}x h^{-1})
V : Volumen de agua
N : Número de individuos en el experimento
b : tasa de incremento de microalgas en el control (h^{-1})
d : tasa de decremento de microalgas en el experimento (h^{-1})

Ic : densidad celular inicial en el control (ce lx ml^{-1})
Fc : densidad celular final en el control (cel x ml^{-1})
Ie : densidad celular inicial en el experimento (cel x ml^{-1})
Fe : densidad celular final en el experimento (cel x ml^{-1})
T : Período de tiempo de medición

Se determinó la concentración media a través de la siguiente ecuación:

Concentración media

$$Cm: Ie\ (e^{-d \times t} - 1) / (-d \times t)$$

Donde:

Cm : densidad celular promedio
Ie : densidad celular inicial en el experimento (cel x ml^{-1})
d : tasa de decremento de microalgas en el experimento (h^{-1})
t : tiempo en minutos

Se determinó la tasa de ingestión a través de la siguiente ecuación:

Tasa de ingestión

$$TI: TF \times Cm$$

Donde:

TI : Tasa de Ingestión (cel x ind^{-1}x h^{-1})
TF : Tasa de filtración (ml x ind^{-1}x h^{-1})
Cm : Densidad celular promedio.

3.6.1. Diseño experimental

Se utilizó un multipocillos con 6 compartimentos, los cuales fueron trabajados con un control y tres replicas por cada especie de microalga, es decir, se utilizaron 9 ejemplares para larvas de macha.

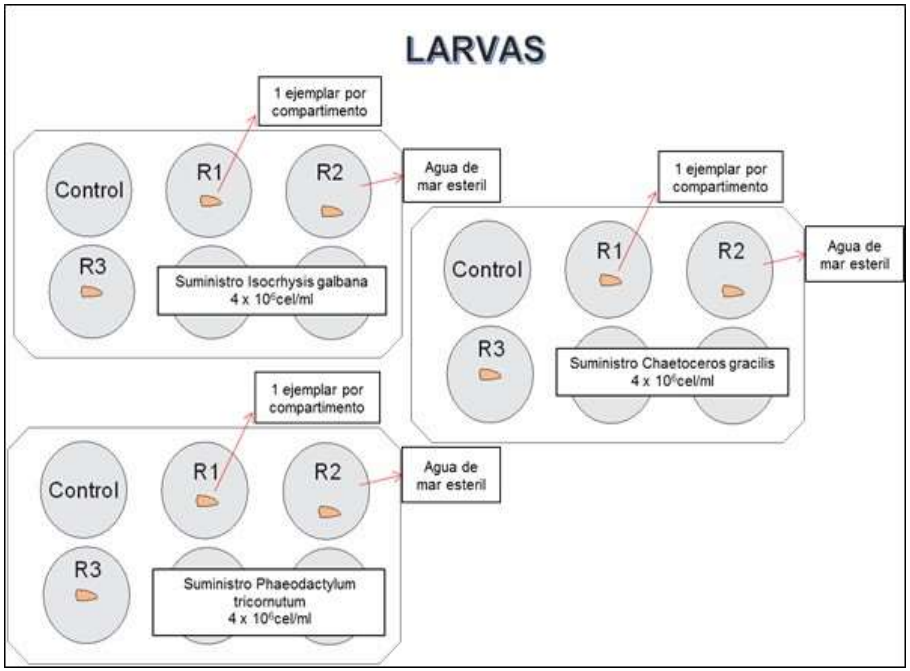


Figura 08. Diseño Experimental para Larvas de Mesodesma donacium “macha”.
Fuente: Elaboración Propia.

Se utilizó un multipocillos con 6 compartimentos, los cuales fueron trabajados con un control y tres replicas por cada especie de microalga, es decir, se utilizaron 9 ejemplares para post – larvas de macha.

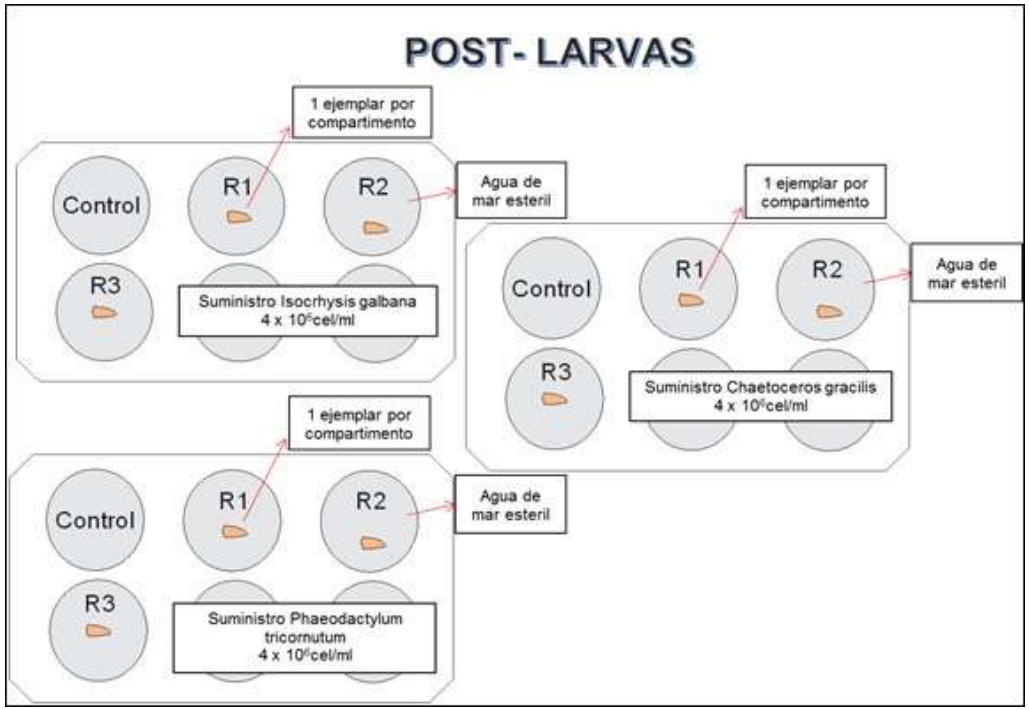


Figura 09. Diseño Experimental para Post Larvas de *Mesodesma donacium* "macha".
Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó bandejas de 2 litros, los cuales fueron trabajados con un control y tres replicas por cada especie de microalga, es decir, se utilizaron 9 ejemplares para juveniles de macha.

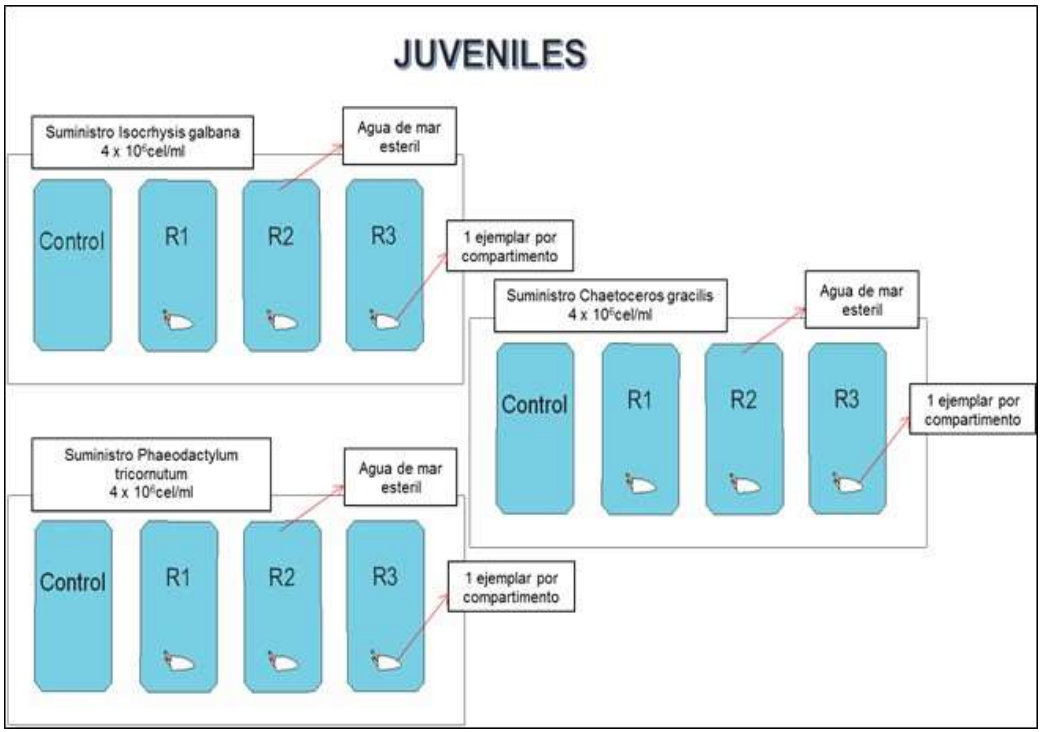


Figura 10. Diseño Experimental para Juveniles de *Mesodesma donacium* "macha".
Fuente: Elaboración Propia.

Se utilizó bandejas de 2 litros, los cuales fueron trabajados con un control y tres replicas por cada especie de microalga, es decir, se utilizaron 9 ejemplares para reproductores de macha.

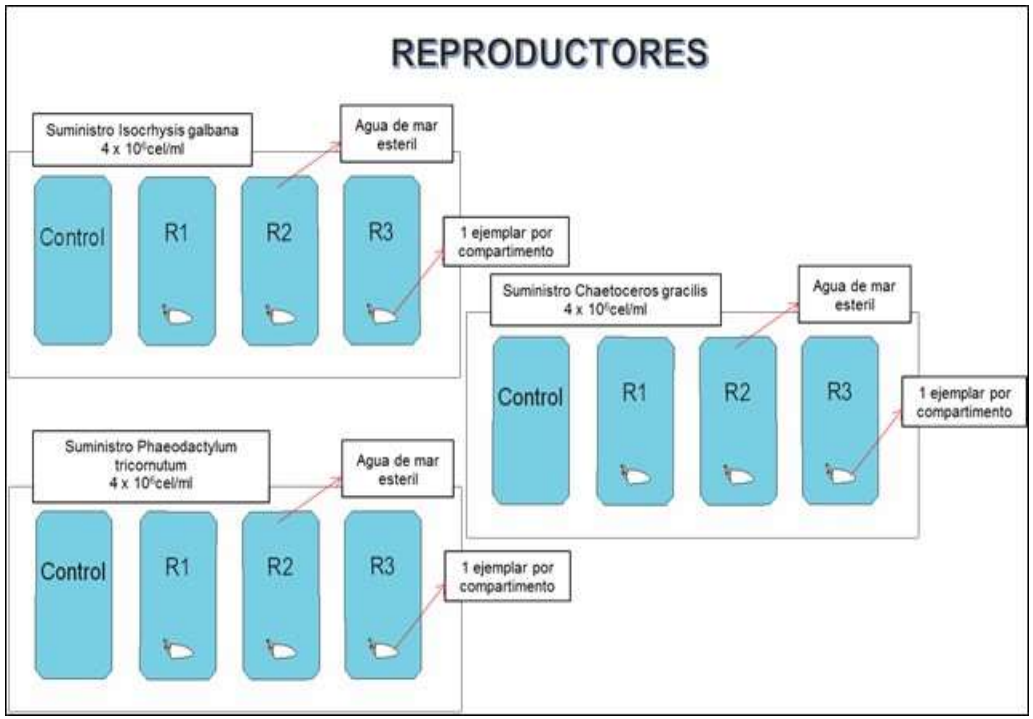


Figura 11. Diseño Experimental para Reproductores de *Mesodesma donacium* "macha".
Fuente: Elaboración Propia

3.6.2. Análisis de los datos

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en los recuentos celulares, se utilizó las formulas establecidas por el método de determinación de la tasa de ingestión de organismos filtradores (PEO-IMP-TI-001), asimismo se utilizó el programa Excel 2013 para realizar los respectivos cálculos y gráficos. Se aplicó ANOVA (P=0.05) para determinar la significación estadística de las variaciones observadas con las tres dietas microalgales experimentales, utilizando el software estadístico SPSS versión 21.0, previa comprobación de la normalidad de los datos y homocedasticidad de sus varianzas y posteriormente se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Tasa de filtración

4.1.1.1. Reproductores

La tasa de filtración de reproductores de “macha” presentó valores 847 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ para *Phaeodactylum tricornutum*, seguido de *Isochrysis galbana* con 704 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ y *Chaetoceros gracilis* con 629 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$, es decir, que la microalga con mayor tasa de filtración fue *Phaeodactylum tricornutum* para el caso de los reproductores (Figura 12).

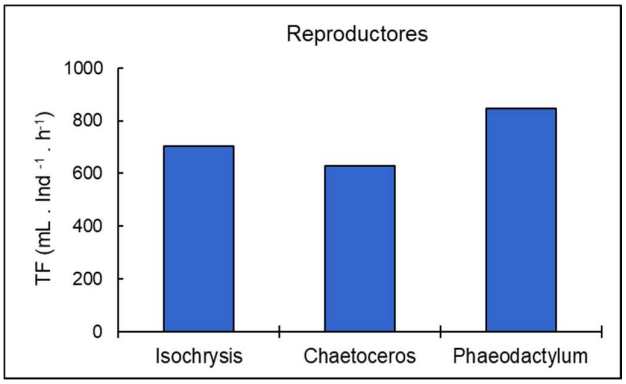


Figura 12. Tasa de filtración de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.1.2. Juveniles

La tasa de filtración de juveniles de "macha" presentó valores 439 ml.ind^{-1}.h^{-1} para *Phaeodactylum tricornutum*, seguido de *Chaetoceros gracilis* con 423 ml.ind^{-1}.h^{-1} e *Isochrysis galbana* con 225 ml.ind^{-1}.h^{-1}, es decir, que la microalga con mayor tasa de filtración fue para la microalga *Phaeodactylum tricornutum* para el caso de los juveniles (Figura 13).

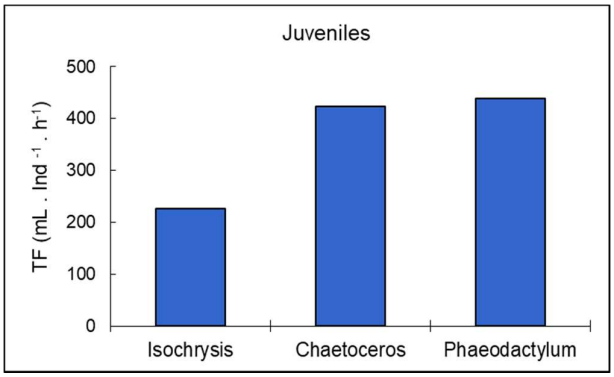


Figura 13. Tasa de filtración de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.1.3. Post-larvas

Para esta etapa, la microalga con mayor tasa de filtración fue para *Isochrysis galbana* con valores de 3.02 ml.ind^{-1}.h^{-1}, seguido de *Chaetoceros gracilis* con 2.20 ml.ind^{-1}.h^{-1} y *Phaeodactylum tricornutum* con 2.14 ml.ind^{-1}.h^{-1}. (Figura 14).

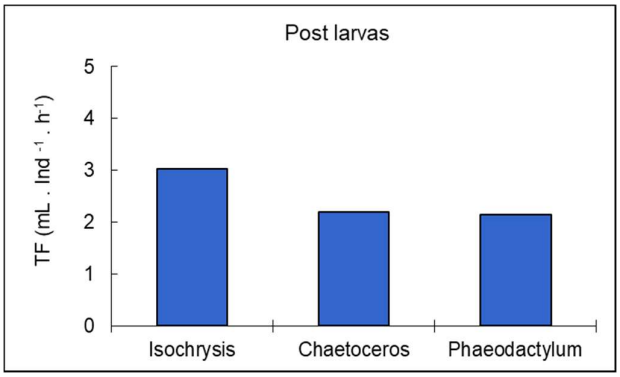


Figura 14. Tasa de filtración de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.1.4. Larvas

La mayor tasa de filtración para larvas de "macha" fue de la microalga *Chaetoceros gracilis* con valores de 4.76 ml.ind^{-1}.h^{-1} e *Isochrysis galbana* con 2.61 ml.ind^{-1}.h^{-1}, *Phaeodactylum tricornutum* presentó filtración negativa (Figura 15).

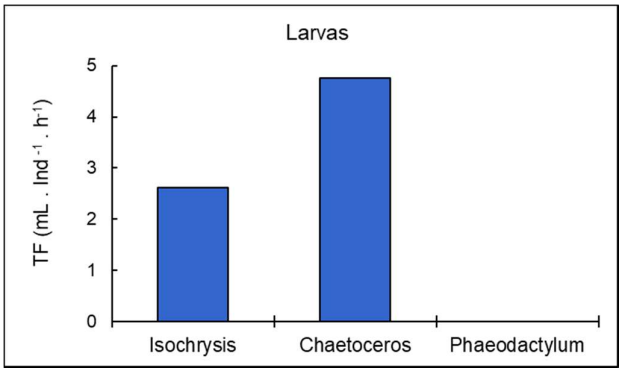


Figura 15. Tasa de filtración de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.2. Tasa de Ingestión

4.1.2.1. Reproductores

La mayor tasa de ingestión para el caso de reproductores de "macha" la presentó *Phaeodactylum tricornutum* con valores de 3228 cel.ind^{-1}.h^{-1} para, seguido de *Isochrysis galbana* con 2040 cel.ind^{-1}.h^{-1} y *Chaetoceros gracilis* con 1796 cel.ind^{-1}.h^{-1} (Figura 16).

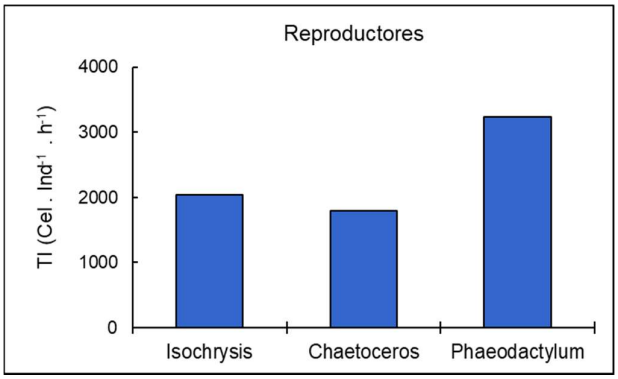


Figura 16. Tasa de ingestión de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.2.2. Juveniles

La tasa de ingestión de juveniles de "macha" presentó valores de 1088 cel.ind^{-1}.h^{-1} para *Phaeodactylum tricornutum*, seguido de *Chaetoceros gracilis* con 1014 cel.ind^{-1}.h^{-1} e *Isochrysis galbana* con 466 cel.ind^{-1}.h^{-1}, es decir, que la microalga con mayor ingestión fue *Phaeodactylum tricornutum* (Figura 17).

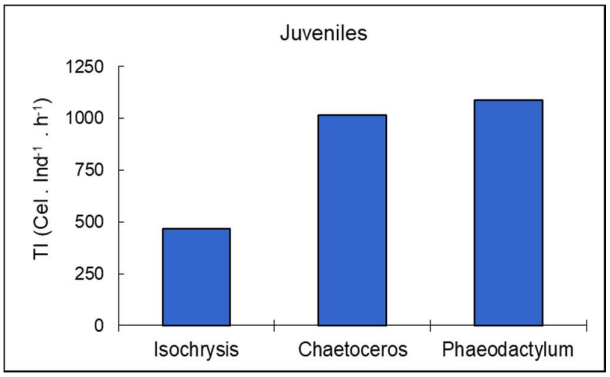


Figura 17. Tasa de ingestión de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.2.3. Post – larvas

Para el caso de post-larvas de "macha", la microalga con mayor ingestión fue *Isochrysis galbana* la cual presentó valores de 8 cel.ind^{-1}.h^{-1} para, seguido de *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum* con 5 cel.ind^{-1}.h^{-1} respectivamente (Figura 18).

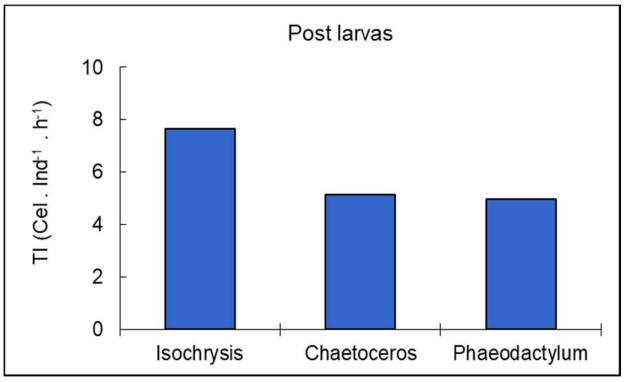


Figura 18. Tasa de ingestión de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.2.4. Larvas

La tasa de ingestión de larvas de "macha" presentó valores de 15 cel.ind^{-1}.h^{-1} para *Chaetoceros gracilis* y 6 cel.ind^{-1}.h^{-1} para *Isochrysis galbana*, es decir que la microalga con mayor ingestión en esta etapa fue *Chaetoceros gracilis*. Asimismo, las larvas de macha no presentaron tasa de ingestión para *Phaeodactylum tricornutum* (Figura 19).

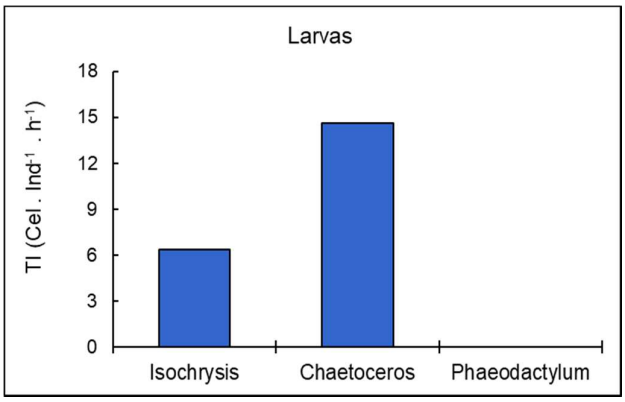


Figura 19. Tasa de ingestión de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.3. Concentración media

Las concentraciones microalgales obtenidas por cada etapa de cultivo de *Mesodesma donacium* y por cada especie de microalga se presenta a continuación (tabla 01):

Tabla 01. Concentración de alimento (cel/mL) por etapa de cultivo.

Tiempo de cultivo	Etapa de cultivo	Especie	Densidad	Densidad Propuesta	Proporción It:Ch:Ph	Proporción propuesta
0 – 23 días	Larvas	It	$2,0 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	1,0	0,5
		Ch			0,0	0,5
		Ph			0,0	0,0
30 días	Post Larvas	It	$8 - 12 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	0,3	0,4
		Ch			0,3	0,3
		Ph			0,4	0,3
60 días	Juveniles	It	$12 - 24 \times 10^4$	23×10^4	0,2	0,2
		Ch			0,2	0,3
		Ph			0,6	0,5
Adultos	Reproductores	It	$29 - 50 \times 10^4$	32×10^4	0,2	0,25
		Ch			0,2	0,25
		Ph			0,6	0,5

It = *Isochrysis galbana*

Ch = *Chaetoceros gracilis*

Ph = *Phaeodactylum tricornutum*

4.1.3.1. Reproductores

La concentración media de reproductores de “macha” presentó valores de 38 x 10^4 cel.mL^{-1} para *Phaeodactylum tricornutum*, seguido de *Isochrysis galbana* con 29 x 10^4 cel x mL^{-1} y *Chaetoceros gracilis* con 29 x 10^4 cel x mL^{-1}, es decir, que la concentración media tuvo una relación directa con la tasa de filtración e ingestión porque en ambos casos la microalga *Phaeodactylum tricornutum* presentó sus mayores valores (Figura 20).

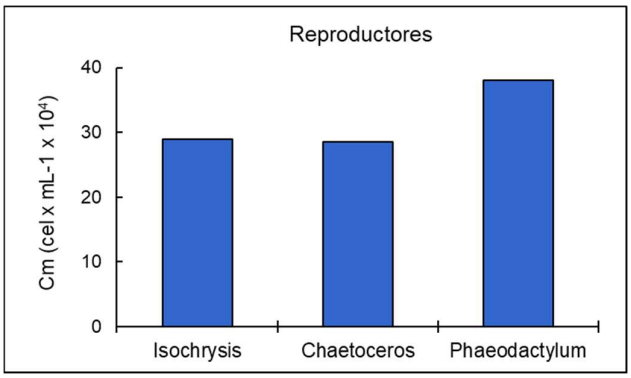


Figura 20. Concentración media de reproductores de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.3.2. Juveniles

La concentración media (Cm) de juveniles de “macha” presentó valores de 25 x 10^4 cel.mL^{-1} para *Phaeodactylum tricornutum*, seguido de *Chaetoceros gracilis* con 24 x 10^4 cel.mL^{-1} e *Isochrysis galbana* con 21 x 10^4 cel.mL^{-1}, es decir, que la Cm tuvo una relación directa con la tasa de filtración e ingestión porque en ambos casos la microalga *Phaeodactylum tricornutum* presentó sus mayores valores (Figura 21).

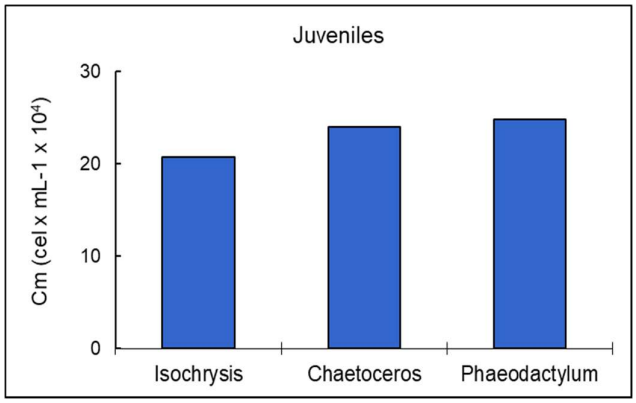


Figura 21. Concentración media de juveniles de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.3.3. Post-larvas

La concentración media (Cm) de post-larvas de "macha" presentó valores de 2,5 x 10^4 cel.mL^{-1} para *Isochrysis galbana*, seguido de *Chaetoceros gracilis* con 2,3 x 10^4 cel.mL^{-1} y *Phaeodactylum tricornutum* con 2,3 x 10^4 cel.mL^{-1}. Para este caso la microalga *Isochrysis galbana* mostró una Cm mayor (Figura 22).

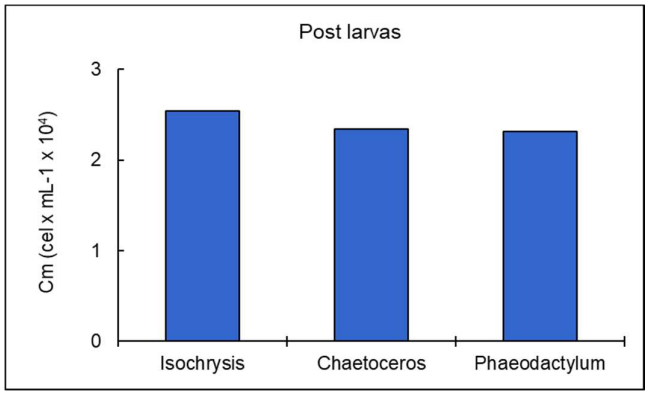


Figura 22. Concentración media de post-larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.1.3.4. Larvas

Para este caso la concentración media (Cm) de larvas de "macha" presentó valores para *Chaetoceros gracilis* de 3,1 x 10^4 cel.mL^{-1}, para *Isochrysis galbana* 2,4 x 10^4 cel.mL^{-1} y no presentó valores para *Phaedactylum tricornutum* al igual que la tasa de filtración (TF) e ingestión (TI) (Figura 23).

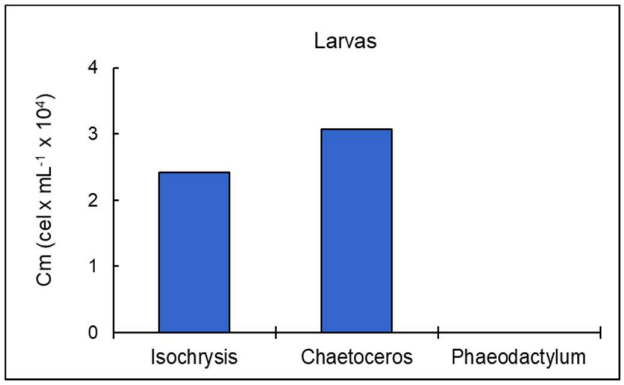


Figura 23. Concentración media de larvas de *Mesodesma donacium* con tres dietas diferentes.

4.2. Comprobación de hipótesis

4.2.1. Prueba de Normalidad

4.2.1.1. Reproductores

Se trabajó con 9 reproductores de macha, los mismos que fueron distribuidos al azar en bandejas; se utilizó 3 reproductores de macha por especie de microalga y 1 ejemplar por bandeja, previamente se determinó la distribución normal de los recuentos celulares de microalgas usando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Tabla 02):

Tabla 02. Determinación de la normalidad de la TF y TI de reproductores de macha.

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Grupos_Rep	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Datos_Rep	Rep_It	,174	16	,200*	,934	16	,280
	Rep_Ch	,155	16	,200*	,907	16	,103
	Rep_Ph	,189	16	,129	,895	16	,068

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los valores de significancia del recuento celular durante 1 hora para las 3 especies de microalgas en reproductores de *Mesodesma donacium* mostraron que no hay diferencias significativas (p>0,05), por lo tanto, aceptamos la Ho la cual indica que la distribución es normal y rechazamos la Hi

4.2.1.2. Juveniles

Se trabajó con 9 juveniles de macha, los mismos que fueron distribuidos al azar en bandejas; se utilizó 3 juveniles de macha por especie de microalga y 1 ejemplar por bandeja, previamente se determinó la distribución normal de los recuentos celulares de microalgas usando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Tabla 03):

Tabla 03. Determinación de la normalidad de la TF y TI de juveniles de macha.

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Grupos_Juv	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Datos_Juv	Juv_It	,181	16	,172	,923	16	,190
	Juv_Ch	,137	16	,200*	,932	16	,266
	Juv_Ph	,094	16	,200*	,959	16	,648

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los valores de significancia del recuento celular durante 1 hora para las 3 especies de microalgas en juveniles de *Mesodesma donacium* mostraron que no hay diferencias significativas (p>0,05), por lo tanto, aceptamos la Ho la cual indica que la distribución es normal y rechazamos la Hi.

4.2.1.3. Post – larvas

Se trabajó con 9 post - larvas de macha, los mismos que fueron distribuidos al azar en bandejas; se utilizó 3 post - larvas de macha por especie de microalga y 1 ejemplar por bandeja, previamente se determinó la distribución normal de los recuentos celulares de microalgas usando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Tabla 04):

Tabla 04. Determinación de la normalidad de la TF y TI de post - larvas de macha.

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Grupos_Plarvas	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Datos_PLarvas	PLarvas_It	,216	16	,044	,896	16	,069
	PLarvas_Ch	,155	16	,200*	,908	16	,109
	PLarvas_Ph	,192	16	,117	,907	16	,104

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los valores de significancia del recuento celular durante 1 hora para las 3 especies de microalgas en post - larvas de *Mesodesma donacium* mostraron que no hay diferencias significativas (p>0,05), por lo tanto, aceptamos la Ho la cual indica que la distribución es normal y rechazamos la Hi.

4.2.1.4. Larvas

Se trabajó con 9 larvas de macha, los mismos que fueron distribuidos al azar en bandejas; se utilizó 3 larvas de macha por especie de microalga y 1 ejemplar por bandeja, previamente se determinó la distribución normal de los recuentos celulares de microalgas usando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Tabla 05):

Tabla 05. Determinación de la normalidad de la TF y TI de larvas de macha.

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Grupos_Larvas	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Datos_Larvas	Larvas_It	,210	16	,058	,933	16	,275
	Larvas_Ch	,118	16	,200*	,957	16	,610
	Larvas_Ph	,201	16	,083	,927	16	,219

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los valores de significancia del recuento celular durante 1 hora para las 3 especies de microalgas en larvas de *Mesodesma donacium* mostraron que no hay diferencias significativas ($p>0,05$), por lo tanto, aceptamos la Ho la cual indica que la distribución es normal y rechazamos la Hi.

4.2.2. Análisis de varianza de una factor

4.2.2.1. Reproductores

El análisis de varianza de un factor, indica que hay diferencias estadísticas entre cada una de las especies de microalgas filtradas ($p<0,05$), para la tasa de filtración (TF) y la de ingestión (TI) de reproductores de macha (Tabla 06):

Tabla 06. Análisis de varianza de la TF y TI de reproductores de macha con tres microalgas diferentes.

Datos_Rep

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2326,625	2	1163,313	16,306	,000
Dentro de grupos	3210,375	45	71,342		
Total	5537,000	47			

De acuerdo con la prueba de post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre las microalgas *Isochrysis galbana* (It) y *Phaeodactylum tricornutum* (Ph); *Chaetoceros* gracilis (Ch) y *Ph*; es decir, que las microalgas It y Ch presentaron valores similares y Ph presentó mayor aceptación con respecto a la tasa de TF y TI para los reproductores de macha (Tabla 07).

Tabla 07. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de reproductores de macha con tres microalgas diferentes.

Variable dependiente: Datos_Rep

HSD Tukey

(I) Grupos_Rep	(J) Grupos_Rep	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Rep_It	Rep_Ch	-4,06250	2,98625	,370	-11,3000	3,1750
	Rep_Ph	-16,37500*	2,98625	,000	-23,6125	-9,1375
Rep_Ch	Rep_It	4,06250	2,98625	,370	-3,1750	11,3000
	Rep_Ph	-12,31250*	2,98625	,000	-19,5500	-5,0750
Rep_Ph	Rep_It	16,37500*	2,98625	,000	9,1375	23,6125
	Rep_Ch	12,31250*	2,98625	,000	5,0750	19,5500

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

4.2.2.2. Juveniles

El análisis de varianza de un factor, indica que hay diferencias estadísticas entre cada una de las especies de microalgas filtradas ($p<0,05$), para la tasa de filtración (TF) y la de ingestión (TI) de juveniles de macha (Tabla 08):

Tabla 08. Análisis de varianza de la TF y TI de juveniles de macha con tres microalgas diferentes.

Datos_Juv

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	37723,042	2	18861,521	229,839	,000
Dentro de grupos	3692,875	45	82,064		
Total	41415,917	47			

De acuerdo con la prueba de post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre las tres microalgas It, Ch y Ph. Se logró determinar que las microalgas Ch y Ph presentaron mayor aceptación en cuanto a la TF y TI para el caso de juveniles de macha (Tabla 09).

Tabla 09. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de juveniles de macha con tres microalgas diferentes.

Variable dependiente: Datos_Juv

HSD Tukey

(I) Grupos_Juv	(J) Grupos_Juv	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Juv_It	Juv_Ch	11,31250*	3,20281	,003	3,5501	19,0749
	Juv_Ph	-53,00000*	3,20281	,000	-60,7624	-45,2376
Juv_Ch	Juv_It	-11,31250*	3,20281	,003	-19,0749	-3,5501
	Juv_Ph	-64,31250*	3,20281	,000	-72,0749	-56,5501
Juv_Ph	Juv_It	53,00000*	3,20281	,000	45,2376	60,7624
	Juv_Ch	64,31250*	3,20281	,000	56,5501	72,0749

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

4.2.2.3. Post – larvas

El análisis de varianza de un factor, indica que hay diferencias estadísticas entre cada una de las especies de microalgas filtradas ($p<0,05$), para la tasa de filtración (TF) y la de ingestión (TI) de post - larvas de macha (Tabla 10):

Tabla 10. Análisis de varianza de la TF y TI de post - larvas de macha con tres microalgas diferentes.

Datos_PLarvas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10426,042	2	5213,021	65,583	,000
Dentro de grupos	3576,937	45	79,487		
Total	14002,979	47			

De acuerdo con la prueba de post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre las tres microalgas It, Ch y Ph. Se logró determinar que la microalga *Isochrysis galbana* presentó mayor aceptación en cuanto a la TF y TI para el caso de post - larvas de macha (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de post - larvas de macha con tres microalgas diferentes.

Variable dependiente: Datos_PLarvas

HSD Tukey

(I) Grupos_Plarvas	(J) Grupos_Plarvas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
PLarvas_It	PLarvas_Ch	15,00000*	3,15213	,000	7,3604	22,6396
	PLarvas_Ph	-20,93750*	3,15213	,000	-28,5771	-13,2979
PLarvas_Ch	PLarvas_It	-15,00000*	3,15213	,000	-22,6396	-7,3604
	PLarvas_Ph	-35,93750*	3,15213	,000	-43,5771	-28,2979
PLarvas_Ph	PLarvas_It	20,93750*	3,15213	,000	13,2979	28,5771
	PLarvas_Ch	35,93750*	3,15213	,000	28,2979	43,5771

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

4.2.2.4. Larvas

El análisis de varianza de un factor, indica que hay diferencias estadísticas entre cada una de las especies de microalgas filtradas ($p<0,05$), para la tasa de filtración (TF) y la de ingestión (TI) de larvas de macha (Tabla 12):

Tabla 12. Análisis de varianza de la TF y TI de larvas de macha con tres microalgas diferentes.

Datos_Larvas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13720,875	2	6860,438	309,048	,000
Dentro de grupos	998,938	45	22,199		
Total	14719,813	47			

De acuerdo con la prueba de post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre las tres microalgas It, Ch y Ph. Se logró determinar que la microalga *Chaetoceros gracilis* presentó mayor aceptación en cuanto a la TF y TI para el caso de larvas de macha. Asimismo, Ph presento una TF y TI negativa debido a que las larvas de macha no consumieron esta microalga (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de post – hoc de Tukey de la TF y TI de larvas de macha con tres microalgas diferentes.

Variable dependiente: Datos_Larvas

HSD Tukey

(I) Grupos_Larvas	(J) Grupos_Larvas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Larvas_It	Larvas_Ch	17,43750*	1,66578	,000	13,4003	21,4747
	Larvas_Ph	-23,81250*	1,66578	,000	-27,8497	-19,7753
Larvas_Ch	Larvas_It	-17,43750*	1,66578	,000	-21,4747	-13,4003
	Larvas_Ph	-41,25000*	1,66578	,000	-45,2872	-37,2128
Larvas_Ph	Larvas_It	23,81250*	1,66578	,000	19,7753	27,8497
	Larvas_Ch	41,25000*	1,66578	,000	37,2128	45,2872

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

4.3. DISCUSIÓN

Son escasos los trabajos de investigación que nos brinden un conocimiento de los aspectos fisiológicos tasa de filtración e ingestión de *Mesodesma donacium* “Macha”, por lo tanto, estos últimos han sido determinados para cada una de las etapas (larvas, post-larvas, juveniles y reproductores) y así aportar conocimiento para dichos procesos fisiológicos. En el presente trabajo un caso particular presentaron las larvas de macha, las cuales no realizaron la filtración ni la ingestión de la microalga *Phaeodactylum tricornutum*, debido a que estas células son alargadas y de mayor tamaño a comparación de los cilios que poseen las larvas de macha, por tanto, no le permite filtrar y mucho menos ingerir el alimento suministrado.

El experimento determinó que la tasa de filtración (TF), de ingestión (TI) y la concentración media (Cm) en individuos de *Mesodesma donacium*, presentan una relación directamente proporcional, es decir, que mientras mayor sea la Cm, mayor será la filtración y por ende mayor será la ingesta de células de microalgas, coincidiendo con Gonzalez *et al*. (2003) cuando menciona que la especie de la Epifauna (*Mytilus chilensis*) presentó mayores valores de tasa de aclaramiento a comparación de las especies de la Infauna (*Venus antiqua, Mulinia edulis y Tagelus dombeii*) las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí, y que la tasa de ingestión siguió un patrón similar a la tasa de aclaramiento.

En el presente ensayo se manejó una temperatura de 18 ± 1°C, con una concentración microalgal de 4 x 10^6 cel/mL) en cada una de las etapas de *Mesodesma donacium* (larva, post- larva, juveniles y reproductores). Sin embargo, Dionicio *et al*. (2015), trabajó con una concentración de 1 x 10^6 cel/mL de *Chaetoceros calcitrans*, con temperaturas de 17° y 22°C y con 3 grupos de tallas de *Argopecten purpuratus* (7,6 ± 0,265; 4,9 ± 0,058 y 3,7 ± 0,173 cm), observó una relación directa tanto de las tasas de aclaramiento (TA) y de ingestión (TI) con la temperatura. Al igual que Arraya *et al.* (1993), concluyó que a bajas concentraciones microalgales de *Chaetoceros calcitrans* la tasa de filtración (F) y la tasa de ingestión (I) no difieren mayormente, sin embargo con el aumento de la oferta alimenticia, tanto “F” como “I” tienden aumentar el tamaño de los individuos de *Argopecten purpuratus* (2,99 ± 0,062; 5,47 ± 0,031 y 9,63 ± 0,323 cm). Sin embargo, Chávez (2009) determinó la tasa de filtración y la de respiración de tres rangos tallas de *Argopecten purpuratus*, obteniendo una relación inversa entre las tasas de filtración y las tallas así como determinó la influencia de los cambios estacionales sobre la respiración de los ejemplares.

En esta experiencia se trabajó con ejemplares de 0.5 g de peso húmedo (juveniles) en promedio; la microalga que presentó los valores mayores para la tasa de filtración fue *Phaeodactylum tricornutum* con 439 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$, seguido en importancia de *Chaetoceros gracilis* con 423 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ e *Isocrhysis galbana* con 225 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$. Asimismo, Madrigal *et al.* (1985) concluyó para *Crassostrea rhizophorae* (ostión del manglar) que la tasa de filtración máxima corresponde a 4 510 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ a los 28°C y la tasa de filtración óptima corresponde a 1 430 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ a una salinidad de 25 $^{o}/_{oo}$. Por otra parte Gonzalez *et al*. (2003), determinó en sus resultados que en el mes de mayo *Mytilus chilensis* presentó mayor actividad de filtración alcanzando valores de 1870 ± 340 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ a comparación de *Tagelus dombeii* 670 ± 180 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ que presentó menor actividad de filtración para ejemplares de 1 g peso seco ($P>0.05$).

La concentración microalgal media (Cm) del trabajo; en reproductores fue de 29 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracilis* respectivamente y 38 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Phaeodactylum tricornutum*; en la etapa juveniles fue de 21 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Isochrysis galbana* 24 x 10^4 *Chaetoceros gracilis* y 25 x 10^4 para la microalga *Phaeodactylum tricornutum*; en la etapa de post - larvas fue 2,5 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Isochrysis galbana* y 2,3 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum*; en larvas fue 2,4 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Isochrysis galbana* y 3,0 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ para *Chaetoceros gracilis*, estableciendo una base en cuanto a las raciones de alimento adecuadas para el crecimiento de *Mesodesma donacium* en cada una de las etapas del ciclo de vida. No obstante, Pérez *et al*. (2002), estableció en su trabajo referido a la influencia del tamaño y concentración de alimento (C) sobre las tasas de aclaramiento (TA) e ingestión (TI) de la almeja *Ruditapes decussatus*, donde indica que no encuentra relación entre la concentración del alimento y la tasa de aclaramiento, mientras que entre la tasa de ingestión y la C la relación es

significativa. Por lo tanto mencionamos que la tasa de filtración en algunos casos es dependiente de la concentración media (Cm) y en otros no es dependiente de la Cm.

Para este experimento en condiciones controladas “TI” para reproductores, juveniles, post – larvas y larvas de *Mesodesma donacium*, muestra una relación directa con “TF”, es decir, que a mayor volumen de agua filtrado, mayor será la probabilidad de que el recurso ingiera células de microalgas, coincidiendo con Baldarrago & Zevallos (2009) en su trabajo evaluación de la tasa de ingestión y filtración de reproductores de macha *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) mantenidos en condiciones controladas. Sin embargo, en un estudio realizado por Laing (2004) se observó una relación inversa entre la concentración microalgal y la tasa de filtración de *Pecten maximus*, teniendo un rango de 0,94- 9.66 mg/L^{-1}, esto pudo deberse a que trabajo con diferentes temperaturas como las de 6, 8, 11, 16, 18 y 21 °C y ejemplares de mayor tamaño con un máximo de 15 cm, sus mejores tasas de filtración las obtuvo con temperaturas de 11 y 16 °C.

CONCLUSIONES

- Se determinó la tasa de filtración en cada una de sus etapas del recurso *Mesodesma donacium*, para el caso de los reproductores y juveniles la microalga *Phaeodactylum tricornutum* presentó mayor filtración con 847 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ y con 439 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ respectivamente; *Isocrhysis galbana y Chaetoceros gracilis* fueron las microalgas que presentaron mayor tasa de filtración para post – larvas con 3,02 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ y larvas 4,76 $ml.ind^{-1}.h^{-1}$ respectivamente.

- Se determinó la tasa de ingestión en cada una de sus etapas del recurso *Mesodesma donacium*, encontrando relación directamente proporcional a la tasa de filtración, es decir, a mayor volumen de agua filtrado, mayor fue la cantidad de células de microalgas ingeridas. Con respecto a los reproductores y juveniles de macha, la microalga *Phaeodactylum tricornutum* presento los mayores valores de TI con 3228 $cel.ind^{-1}.h^{-1}$ y 1088 $cel.ind^{-1}.h^{-1}$ respectivamente.

- Se logró establecer la concentración media (Cm) del recurso *Mesodesma donacium*, para el caso de los juveniles con 25 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ y reproductores con 38 x 10^4 $cel.mL^{-1}$ ambos presentaron mayor Cm para la microalga *Phaeodactylum tricornutum*. Las cuales servirán como base para suministrar raciones de alimento adecuadas para cada una de las etapas de desarrollo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con los estudios de tasa de filtración e ingestión en condiciones controladas y compararlos con ejemplares del ambiente natural.

- Se recomienda realizar el trabajo de tasa de filtración e ingestión exclusivamente con larvas de macha, debido a que esta etapa requiere mayor cuidado y es posible trabajar con diferentes fases (Larva D, Larva Umbonada, Larva Umbonada avanzada, Larva Pediveligera) las cuales se presentan durante los primeros 30 días de cultivo.

- Se recomienda implementar un sistema de alimentación continua en condiciones controladas y de esta forma simular la alimentación en medio natural y se estaría garantizando la disponibilidad constante de microalga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álamo V. & V. Valdivieso (1997). Lista sistemática de Moluscos marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Callao – Perú. 205 pp.
2. Arsenaul D.J. & J.H. Himmelman (1998). Spawning of the Iceland scallop (*Chlamys islándica* Muller, 1776) in the northern Gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *The Veliger*. 41: 180 – 185.
3. Arraya P., A. Pozo, M. Avendaño & R. Escribano (1993). Dinámica de alimentación de individuos de *Argopecten purpuratus L.,* en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. 28,313-329.
4. Baldarrago D. & S. Zevallos (2009). Evaluación de la tasa de ingestión y filtración de reproductores de macha *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) mantenidos en condiciones controladas. Informe interno. Instituto del Mar del Perú, sede Regional Ilo. 9 pp.
5. Bourne, N., C.A. Hodgson y N.C. Whyte. 1989. A manual for scallop culture in British Columbia. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences 1694, 215pp.
6. Chávez, C. 2009. Determinación de la tasa de filtración y la tasa de respiración de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* en playa Atenas, Bahía de Paracas. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero, Facultad de Pesquería. UNALM.
7. Defeo O. & M. Ruefa (1993). Historical landings and management options for the genus *Mesodesma* incoast of South America. Biol Pesq. 22: 41 – 54.
8. Defeo O. & A. McLachlan (2005). Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. Marine Ecology Progress Series 295:1-20.

9. Dionicio J. & J. Flores (2015). Efecto de la temperatura en respuestas fisiológicas de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*. Revista peruana de biología 22(3): 329 – 334.
10. Farías A. (2008). Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. 297–308 pp.
11. Farias A. e I. Uriarte (2002). Nutrición en Larvicultura de pectínidos: Relevancia de Proteínas y Lípidos. Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile. 5 pp.
12. Fernández M., A. Pérez, M. Ferreiro, J. Blanco, M. Planas, M. Campos & U. Labarta (1989). Biomass production and variation in the biochemical profile (total protein, carbohydrates, RNA, lipids and fatty acids) of seven species of marine microalgae. Aquaculture 83: 17-37.
13. Flores A. (2012). Área Funcional de Investigaciones en Acuicultura, DGIA, IMARPE. Estudio bio-oceanográfico para determinación de la capacidad de carga en la bahía de Sechura.
14. Flores F. (2007). “Evaluación de la dieta de la macha *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) en el litoral sur del Perú durante febrero y marzo 2007. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 75 pp.
15. Gonzalez L., J. Navarro & O. Chaparro (2003). “Capacidad de Alimentación y Análisis Endoscópico en Bivalvos filtradores de la Infauna y Epifauna de la Bahía de Yaldad, Chiloé, Chile”. Tesis para optar el grado de Licenciado en Biología Marina. Universidad Austral de Chile.
16. Ibarcena W., L. Muñante, L. Muñante & J. Vásquez (2004). La explotación de la macha (*Mesodesma donacium* Lamarck 1818) en el Litoral de Tacna. Revista Ciencia y Desarrollo. 8: 12 – 22.

17. IMARPE. (2006). Evaluación del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la Región Tacna. Setiembre - 2006. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
18. IMARPE. (2007). Evaluación del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*) en el litoral de la Región Tacna. Febrero – 2007. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno.
19. IMARPE. (2017). Obtención de juveniles de “macha” *Mesodesma donacium* (Lamarck 1818) en medio controlado y cultivo de engorde en sistema suspendido en medio natural. Instituto del Mar Perú. Sede Regional Ilo. Informe Interno Laboratorio de investigación acuícola (LIA). 37 pp.
20. Laing I. (2004). Filtration of king scallops *Pecten maximus* .Aquacualture n 240, pp 369-384.
21. Lopez J. (2003). Tasa de filtración y aclaramiento en la “almeja mano de león” *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) a dos tallas, en función de la temperatura y cantidad de alimento. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias, orientación Acuicultura.
22. Lorenzen S., C. Gallardo, C. Jara, E. Clasing, G. Pequeño & C. Moreno (1979). Mariscos y peces de importancia comercial en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile (c). 131 pp.
23. Madrigal E., O. Pacheco, E. Zamora, R. Quesada & J. Alfaro (1985) .La tasa de filtración de individuos de *Crassostrea rhizophorae* (ostión del manglar) a diferentes salinidades y temperaturas. Rev. Biol. Trop., 33(1): 77-79 pp.
24. Mogollón S. (1987). Aislamiento y cultivo de microalgas de ambientes marinos y dulceacuícolas. Trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Federico Villareal.
25. McArdle S. and A. McLahlan (1992). Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. Journal Coast Research. 8:398-407.

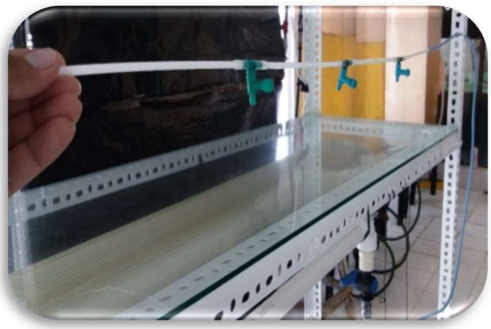
26. Navarro J. (2001). Fisiología energética de pectínidos iberoamericanos. Los moluscos pectínidos de iberoamérica: ciencia y acuicultura. Capítulo 3: p61 - p76.
27. Navarro J. (1983). Oferta alimenticia natural y su efecto sobre los procesos fisiológicos del bivalvo *Mytilus chilensis* en la bahía de Yaldad, Chiloe (sur de Chile). Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura 5(2): 175-187.
28. Pares-Sierra G.M. (1999). Efecto del flujo y la concentración de alimento sobre el crecimiento tasa de filtración de escalopas juveniles (*Nodipecten subnodosus*). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Revista de Ciencias Marinas (2000), 26(4):621-641.
29. Pérez A., M. Delgado y M. Albentosa (2002). Influencia del tamaño y la concentración de alimento sobre las tasas de aclaramiento e ingestión de la almeja *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758). Boletín. Instituto Español de Oceanografía. N° 18 (1-4): 315-320 pp.
30. Quiroz M. & E. Barriga, (1997). Evaluación del recurso macha *Mesodesma donacium* en el litoral sur del Perú, 1996. Inf. Prog. *Inst. Mar Perú.* (71): 14 – 29.
31. Quiroz M. & E. Barriga. (1998). Evaluación del recurso macha *Mesodesma donacium* en el litoral de Moquegua y Tacna. Inf. Prog. Inst. Mar Perú. (86): 3 - 11 pp.
32. Rangel C. (1985). *Phaeodactylum tricornutum*, diatomea apta para la alimentación de organismos en acuacultura. Microscopía electrónica y reclasificación taxonómica. Convergencia 3: 53 - 58 pp.
33. Round F. (1971). Benthic marine diatoms. Oceanogr. Mar. Ann Rev. 98: 83 - 139.
34. Resolución Ministerial N° 033 – 2010 – Produce. Autorizan extracción del recurso “macha” con carácter de pesca experimental en área comprendida entre las localidades de Rancho Chico y Santa Rosa del

departamento de Tacna. Diario Oficial de la República del Perú, El Peruano.

35. Resolución Ministerial N° 099 – 99 – PE. Prohibir las actividades extractivas del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en las áreas Jurisdiccionales de las direcciones Regionales de Pesquería de Arequipa, Moquegua y Tacna.
36. Salgado I. & V. Ishiyama (1979). Ciclo de madurez sexual y desove de la "macha" *Mesodesma donacium*. *Rev. Ciencias U.N.M.S.M*. 71(1):20-28
37. Tam J., G. Vera, E. Pinto & G. Sánchez (2001). Procedimiento estandarizado de operación: método de determinación de la tasa de ingestión de organismos filtradores (PEO-IMP-TI-001). Inf. Prog. Inst. Mar Perú. 153: 11-20.
38. Tarifeño E. (1980). Studies on the biology of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Mesodesmatidae) from Chilean sandy beaches. PhD. Tesis University of California. Los Angeles. 123 pp.
39. Tejada A., R. Pastor, B. Buitrón & R. Castillo (2011). Bases Biológicas para una pesquería sustentable del Recurso Macha en las Regiones de Tacna y Moquegua. Instituto del Mar del Perú. Sede Regional Ilo. 54 pp.
40. Tejada A. & D. Baldarrago (2015). Investigaciones sobre recursos de fondo blando con énfasis en *Mesodesma donacium* (Lamark 1818) "macha" en el litoral de la región de Tacna. Informe Anual 2015.
41. Whyte J. (1987). Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. Aquaculture 60: 231-241.
42. Winter J. (1978). A review on the knowledge of suspension - feeding in Lamelibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. Aquaculture 13: 1-33.

43. Zevallos S. (2014). Evaluación de la madurez sexual de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) alimentadas con microalgas locales. Facultad de Ciencias del Mar. Departamento de Acuicultura. Tesis Magíster en Acuicultura. Pp.68.
44. Zevallos S. & P. Toledo (2017). Uso de microalgas para el acondicionamiento de reproductores de *Mesodesma donacium* (mesodesmatidae). The Biologist (Lima), 2017, 15(1), jan-jun: 109-117.

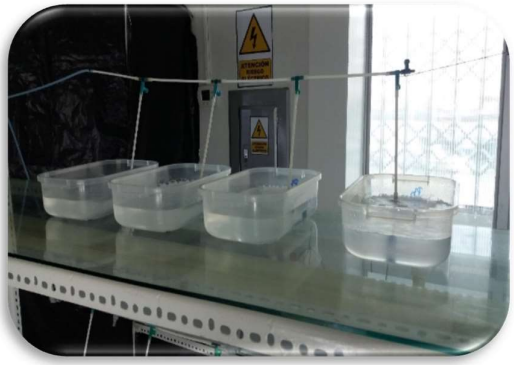
ANEXOS



Anexo 01. Preparación de la zona del experimento.



Anexo 02. Materiales utilizados para el experimento.



Anexo 03. Instalación y acondicionamiento de los materiales.

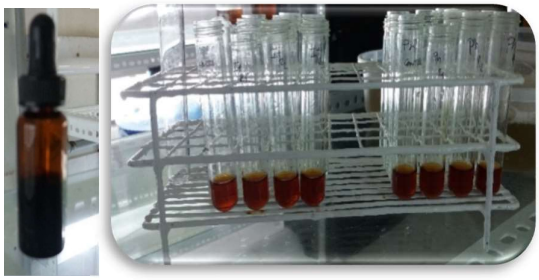


Anexo 04. Muestreo biométrico de reproductores de macha.





Anexo 05. Filtración e Ingestión de Reproductores de macha.



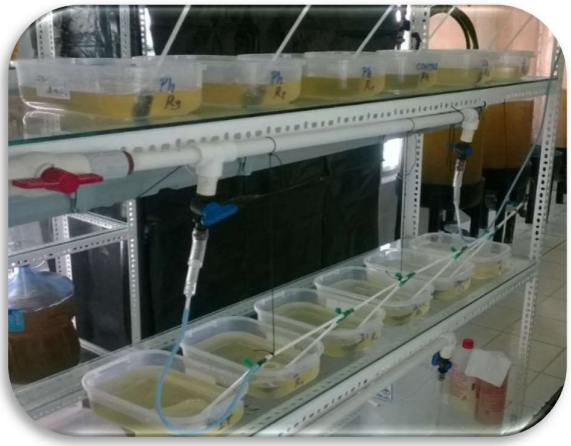
Anexo 06. Lugol y muestras fijadas para recuento celular.



Anexo 07. Recuento celular en microscopio.



Anexo 08. Acondicionamiento y filtración de post – larvas y larvas de macha.



Anexo 09. Acondicionamiento y filtración de reproductores y juveniles de macha.