



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN.
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS.
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA.**

**ESTUDIO BIOLÓGICO PRELIMINAR PARA CULTIVO
INTENSIVO DE *MUGIL CEPHALUS*.**

Tesis para optar al grado de Biólogo Marino

POR: ALFONSO COLIL OLIVA
Profesor Guía: Dr. Ariel Valenzuela S.

Concepción, Chile septiembre 2019



Dedicatoria.

Le dedico este trabajo a mi familia en especial a mi madre y mi hijo, a Dios, mis amigos(as) y a todo aquel que me ayudo ya sea en palabra, fuerza y/o espíritu durante todos mis años académicos en la Universidad de Concepción y en mí vida.

*“Crux Sancti Patris Benedicti Crux Sacra Sit Míhi Lux Non Dráco
Sit Míhi Dux...”*

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente a mi profesor guía el Dr. Ariel Valenzuela Saldías el cual me recibió en su laboratorio y equipo de trabajo, además de ayudarme, tenerme paciencia y guiarme constantemente en mi habilitación profesional; al Dr. Ciro Oyarzun docente del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, por aceptar ser de mi Comisión Evaluadora; Dr. Camilo Werlinger Ibáñez docente del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, por siempre ofrecerme su ayuda y comprensión con la corrección de mi escrito. Agradezco de igual forma al equipo de trabajo del laboratorio de Piscicultura y Patología Acuática de la Universidad de Concepción, a la Bióloga Marina Niza Agurto que tuvo la paciencia y buena disposición para ayudarme con datos e información que necesitaba. A la Tecnóloga Medica Paola Campodónico que me ayudó y enseñó sobre al área histológica. Al Dr. Biotecnología José Miguel Araya, el cual respondió mis dudas siempre y me ayudó en temas laborales. A mis compañeros de promoción, Pedro Cabrera, Pablo Cerda y Boris Ulloa y finalmente, a mi familia, mi madre Gabriela del Rosario Oliva Iribarra, mi padre Enrique Alfonso Colil Oliva y mi hijo Tomas Antonio Colil Varela, los cuales son el motor de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO-

INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCION	11
OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS.....	17
METERIALES Y METODOS	18
1 Pesca de individuos.....	19
1.1 Zona de estudio.....	19
1.2 Captura.....	20
1.3 Traslado.....	21
1.4 Tasa de sobrevivencia.....	21
2 Biología.....	22
2.1 Índices biológicos y estandarización biométrica.....	22
2.1.1 Índice gonadosomatico.....	23
2.1.2 Índice hepatosomatico.....	23
2.1.3 Factor de condición.....	24
2.2 Alimentación.....	24
2.3 Análisis de sangre.....	24
2.3.1 Recuento de leucocitos y eritrocitos.....	25
2.3.2 recuento diferencial leucocitario.....	25
3 Evaluación del medio.....	26
4 Protocolo de histología.....	26
5 Análisis estadístico.....	30
Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea.....	30

RESULTADOS	31
1 Estudio biológico de <i>Mugil cephalus</i> y su entorno.....	31
2 Determinación de parámetros fisicoquímicos de las lagunas.....	34
3 Muestreo en conjunto con la Municipalidad de Talcahuano 2017.....	37
4 Batimetría.....	39
5 Estandarización biométrica.....	40
6 Índices biológicos y condición nutricional.....	40
7 Parámetros hematológicos.....	42
8 Diferencial leucocitario.....	43
9 Parámetros bioquímicos sanguíneos.....	45
10 Análisis histológico.....	47
11 Reproducción.....	48
12 Alimentación.....	50
13 Patologías.....	52
DISCUSIÓN	53
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFIA	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Producción de acuicultura global de Lisa. **Pp13**

Figura N°2: Ciclo de vida de la Lisa y tipo de agua en el que se encuentra en cada uno de estos. **Pp15**

Figura N°3: Mapa de ubicación zona de muestreo, Laguna Redacamo, Talcahuano. **Pp 19**

Figura N°4: Plano red de enmalle multipanel utilizada por investigadores de la Universidad de Concepción para las capturas de ejemplares de Lisa en la laguna Recamo, Talcahuano (Diseño por Sr. Juan Vilches). **Pp 20**

Figuras N°5 y 6: Transporte de individuos a instalaciones de Universidad de Concepción. **Pp 21**

Figura N° 7: Individuo de *Mugil Cephalus*. **Pp 22**

Figura N° 8: Disección de cavidad abdominal, individuo de *Mugil cephalus*. **Pp23**

Figura N° 9: Microwave HistoSTATION KOS. **Pp 27**

Figura N°10: Centro de inclusión MEDITE newpath. **Pp 28**

Figura N°11: Micrótopo Leica RM2125RT. **Pp 28**

Figura N°12: Baño de flotación RWW medizintechnik. **Pp 28**

Figura N°13: Estufa Memmert. **Pp 28**

Figura N°14: Campana GAMHAL. **Pp 29**

Figura N°15: Batería de alcoholes y Xilol para tinción. **Pp 29**

Figura N°16: Compuesto hematoxilina. **Pp 30**

Figura N°17: Microscopio óptico Leica DME. **Pp 30**

Figura N°18: Variaciones de parámetros fisicoquímicos en la laguna Redacamo y Recamo entre enero y septiembre, 2017. **Pp 38**

Figura N°19: Batimetría zona de estudio. **Pp 39**

Figura N°20: Relación potencial LT-PT estimada en hembras de *M. cephalus* durante los meses de junio a octubre del año 2017 **Pp 40**

Figura N°21: (A, B): Índices Biológicos de *Mugil cephalus* efectuados entre los meses de marzo 2017 a marzo 2018 para índice gonadosomático (IGS), factor de condición (FC). **Pp 41**

Figura N°22: Cambios en la concentración de a) eritrocitos de *M. cephalus* durante los meses de agosto a octubre b) Leucocitos. **Pp 42**

Figura N°23: (A, B) Células sanguíneas de *M. cephalus* donde se destacan Polimorfonucleares (PMN), Trombocitos (T), Eritrocitos (E). **Pp43**

Figura N°24: Recuento diferencial leucocitario en promedio absoluto de linfocitos (A), Trombocitos (B), Monocitos (C) y Polimorfonucleares (D) de *M. cephalus* durante los meses de agosto a octubre. **Pp 44**

Figura N°25: (A, B y C) Variación de parámetros bioquímicos sanguíneos (Proteínas totales, albumina y glucosa) de *M. cephalus* obtenidos entre los meses de julio a octubre 2017. **Pp 45**

Figura N°26: Variación de parámetros bioquímicos sanguíneos de *M. cephalus* obtenidos en los meses de julio a octubre 2017. **Pp 46**

Figura N°27: Ovario en estado inactivo (a), solo presencia ovocitos inactivos o crecimiento primario (CP), se observa el núcleo (N) y los nucléolos adosados a la periferia. Ovario en estado previtelogenico con alveolos corticales (CA) y ovocitos con crecimiento secundario (CS) **Pp 47**

Figura N°28: Relación potencial PT - IGS estimada en hembras de *M. cephalus* desde marzo 2017 a marzo 2018 (n= 3002). **Pp 56**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos analizados, características de equipos e instrumental utilizando en las mediaciones de Laguna Recamo y Redacamo en Talcahuano. **Pp 35**

Tabla 2: Resumen de parámetros fisicoquímicos de la laguna Redacamo, recopilados por la Municipalidad de Talcahuano. **Pp 36**

Tabla 3: Resumen de parámetros fisicoquímicos de la laguna Recamo, recopilados por la Municipalidad de Talcahuano. **Pp 36**

Tabla 4: Características de la cría del mágil. (Bardach, et al. (1972); Chen (1976); Nash & Kuo (1974); Mires (1972); Bishara (1977)). **Pp 51**

Tabla 5: Síntomas y causas de las principales enfermedades conocidas en lisa (Snieszko y Axelrod). **Pp 52**

Tabla 6: Peso gónadas, peso total y longitud total promediados y sesgados por sexos. **Pp 57**

RESUMEN

La lisa (*Mugil cephalus*) es un recurso pobremente explotado en Chile, debido al bajo valor que tiene su carne en el mercado y que no posee normas pesqueras. Sin embargo, las gónadas de hembras maduras se consideran un producto de alto valor agregado a nivel nacional e internacional. Este estudio se enfocó en la búsqueda de las bases para la ejecución de un cultivo intensivo e integral de *Mugil cephalus*, con el objetivo de desarrollar la explotación de este recurso de una forma sustentable. La zona de estudio fue la comuna Talcahuano, específicamente en la laguna de Redacamo, donde se analizaron datos históricos de los parámetros de la laguna, con la finalidad de establecer los rangos de tolerancia a salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez para el cultivo en condiciones de cautiverio. Igualmente se probarán métodos de captura y traslado de los peces capturados en la desembocadura del río Biobío, así como también se definirán las condiciones básicas para mantenerlos en cautiverio (alimentación, reproducción, análisis de sangre).

ABSTRACT

The striped mullet is a Chilean resource not very well exploited, due to the fact that its meat has low prices and also because it is not part of the fishing norms. Nevertheless, the “gonadas” of a grown up female of this species are considered in both, Chile and internationally as products very well paid. This study was focused in a previous research which was needed for the realisation of an integral and intensive growing of the *Mugil cephalus* with the aim of developing this resource in a sustainable way. The area in which this study was made is Talcahuano commune, specifically at the Redacamo Lake, where historical information about environmental parameters were taken to subsequently establish the ranges of tolerance to salinity, temperature, dissolved oxygen, pH and turbidity that individuals already have in captivity. In addition, methods of capture and transfer of striped mullet obtained at the mouth of the Biobío River will be established, as well as the studies necessary to establish the basic conditions to keep them in captivity (feeding, reproduction, blood tests).

INTRODUCCIÓN

La industria pesquera aparece en la actualidad seriamente amenazada, debido a que la sobrepesca está superando los límites de la sostenibilidad para un gran número de especies. Una situación como esta, agregada a la sobrepoblación humana y el deterioro del medio por contaminación ambiental, nos lleva a establecer cambios en la utilización de los recursos, pero promoviendo la conservación de estos bajo la óptica de la sustentabilidad (Nelson, 2006). La piscicultura es una de las formas de solucionar la pérdida y agotamiento de recursos naturales, además de ser una alternativa de menor impacto ambiental si es bien orientada. La producción de peces en estanques es una práctica antigua, presumiblemente desarrollada por los primeros agricultores para asegurar el provisionamiento de alimentos. La fecha más antigua de esta práctica es de aproximadamente 4000 años atrás en China y de 3500 años, en Mesopotamia. Existiendo antecedentes de que la cría de peces era también practicada por los antiguos romanos de la época imperial. (FAO ,1995).

Atendiendo a la densidad y técnica de siembra los sistemas de cultivo pueden ser de diferentes tipos existiendo los sistemas de acuicultura extensivos, semi intensivos e intensivos; siendo los dos primeros los que generan la mayor parte de la producción acuícola. Los sistemas de producción extensivos utilizan tecnologías poco sofisticadas, empleando alimentos naturales producidos por el propio medio y usan una baja proporción de insumos por unidad de producción. Mientras que la semi intensiva son cultivos realizados en agua, que es del medio natural, sin ningún sistema de bombeo, pero se aportan alimentos y se realiza un mínimo control del cultivo (FAO, 1999). En Chile, los primeros esfuerzos en acuicultura se realizaron en el periodo de 1921–1973, mediante planes e

iniciativas, principalmente estatales, sobre la base de cultivos extensivos y semi intensivos. En esos años se crearon centros de cultivo de especies salmónidas introducidas para la creación y el desarrollo de pesquerías comerciales basadas en el cultivo tipo “ranching” (Basulto, 2003). Sin embargo, la acuicultura en general se inició en Chile en la década de los 80, incentivando la actividad privada, la apertura al comercio internacional y también como respuesta a la sobreexplotación del stock pesquero de las especies nativas. Así rápidamente se dirigió al comercio exterior, basado en el cultivo de especies introducidas de alto valor comercial y cuya técnica de cultivo era conocida. Durante todo este tiempo el mayor desarrollo tecnológico ha estado asociado al cultivo de peces, seguidos por el cultivo de ostiones y ostras (FAO, 1995).

Las lisas son peces de importancia para el consumo humano en muchos países, ya que constituyen parte fundamental de la dieta de las comunidades aledañas a los sistemas lagunares durante la época de reproducción (Polanco et al., 1987; Ibáñez-Aguirre et al., 1999; McDonough *et al.*, 2005). La finalidad comercial de esta especie es su filete y sus gónadas, esta última es extraída del pez en su ovario original y sometida a un proceso de salazón y secado para obtener un producto que se conoce con diferentes nombres dependiendo de la zona geográfica, tales como Karasumo en Japón, Bottarga en Italia o Avgotaracho en Grecia (Piras *et al.*, 2014). Situación que ha estimulado fuertemente su producción acuícola a través de los años (Figura 1).

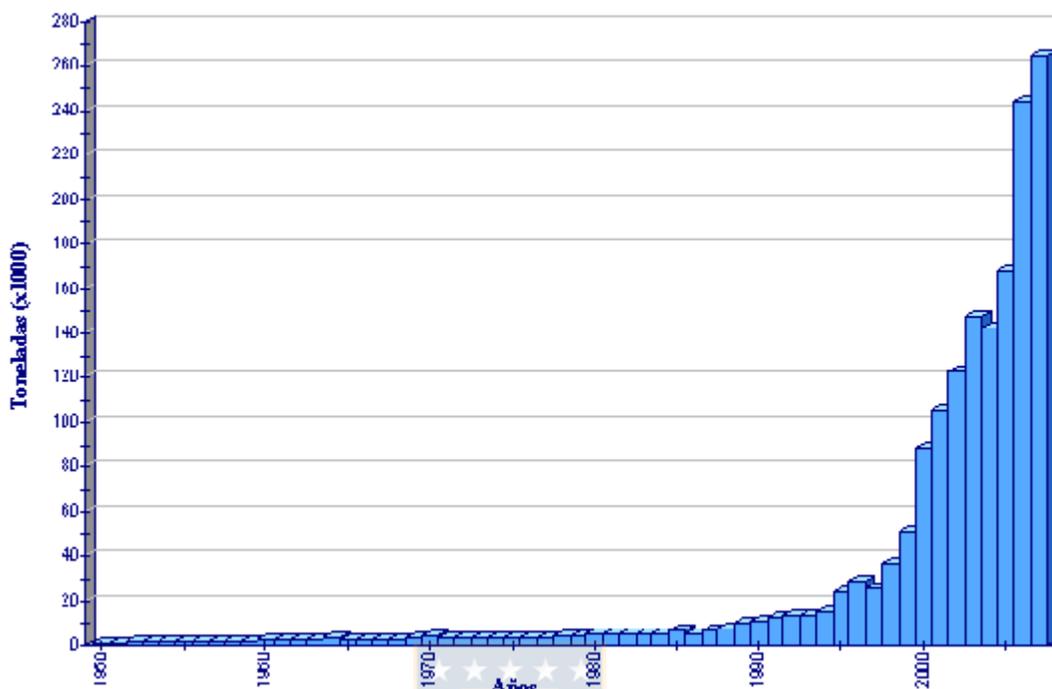


Figura 1. Producción de acuicultura global de Lisa (FAO 2013 estadísticas pesqueras)

Estas “huevas de lisa” ya procesadas se comercializan como ovarios completos, en condiciones de vacío, rallados y/o enlatados, además tiene importancia comercial en muchos países de Asia-Pacífico, África y Europa (Biswas et al., 2012). Sin embargo, en Chile no es un recurso explotado ni aprovechado con ese objetivo. Según estadísticas de Serna pesca del año 2017 a nivel nacional hubo un desembarque total de 42 Toneladas, con un aporte de 27 toneladas proveniente de la Región del Maule y solo 2 toneladas por parte de la Región del Bio-bio donde el producto más utilizado es su filete.

En este estudio se abordará la posibilidad de realizar cultivo intensivo de Lisa en la región del Bio-Bio para la obtención de “caviar de Lisa”. *Mugil cephalus*,

comúnmente conocido como lisa o mújol de la familia mugilidae, vive en regiones templadas y tropicales entre los 42° N y 42° S (Thomson, 1963). En Chile se distribuye desde Arica a Chiloé (Campos, 1998), posee un cuerpo fusiforme plateado y vientre de color blanquecino, alcanza una talla máxima de 65 cm. Habita en fondo arenoso y fangoso a baja profundidad. Presenta migraciones remontando los ríos y retirándose hacia el mar desde el litoral para desovar (Figura 2) por esto mismo es una especie eurihalina y euriterma. Es omnívoro y se alimenta de detritus de plantas y microflora (Moriarty, 1976; Odum, 1970), lo que lo hace una especie de importancia y relevancia ecológica ya que se alimenta a un nivel trófico bajo. Esta especie penetra en estuarios y aguas dulces; sin embargo, desova en el mar y luego los jóvenes entran en el estuario (Fischer 1984). El desove sería lejos de la costa, pero los juveniles se acercan al litoral en diciembre permaneciendo en aguas estuariales y marinas costeras hasta los tres años de vida (Oliver 1943, Ruiz-Campos 1995), lo cual en gran medida coincide con lo estudiado por Fischer (1984) en el cuerpo de agua estuarina de Lenga en Concepción. Durante el periodo de reproducción las lisas se congregan en cardúmenes para migrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García-Sandoval, 1982).



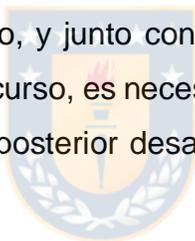
Figura 2. Ciclo de vida de la Lisa y tipo de agua en el que se encuentra en cada uno de estos.

En este periodo se intensifica la actividad pesquera ya que tanto la carne como las gónadas de esta especie localmente conocida como “hueva”, alcanzan un elevado valor comercial en el mercado internacional (Ibáñez Aguirre et al., 1999; Gómez-Ortiz et al., 2006). El valor de la carne varía entre US\$ 0,4 y US\$ 1,2 por kilo, mientras que el caviar de lisa tiene un valor entre US\$ 64,4 y US\$ 77,5 por kilo. Debido a estas particularidades, esta especie es adecuada para monocultivo y compatible con otras especies en policultivo (Gómez-Ortiz et al., 2006).

Según datos de la FAO (1995) la lisa ha sido cultivada durante siglos en estanques extensivos y semi-intensivos en varios países. El cultivo de subsistencia en estanques y corrales cerrados ha sido tradicional en la región del Mediterráneo, el sureste asiático, la Provincia China de Taiwán, Japón y Hawái, pero no hay registros de cultivo intensivo en esta especie, por lo que existe la

necesidad de afinar la técnica de cultivo, por ejemplo, realizar estudios para la producción de alimento adecuado y como suministrárselos en el medio de cultivo. El cultivo tradicional en estanque y semi-intensivo estará principalmente condicionado por la disponibilidad de semillas a partir del medio natural ya que en las etapas iniciales de vida crece lentamente (Hickling, 1970; Bishara, 1978; De Silva, 1979; Saleh, 2008).

La oportunidad de utilizar las “huevas de lisa” como un potencial producto de alto valor comercial exportado se asocia a la necesidad de realizar un uso sustentable del recurso no necesariamente extrayéndolos de hembras en proceso de maduración sexual, considerando que esta práctica requiere la captura de peces en estado reproductivo, provoca un impacto negativo sobre la población de *Mugil cephalus* y de sus interactuantes biológicos-tróficos, y por consiguiente inducir el colapso del recurso. Por esto, y junto con el desarrollo de caviar de lisa como producto derivado de este recurso, es necesario proyectar previamente el estudio biológico de la especie y el posterior desarrollo de la tecnología para el cultivo intensivo de lisa en Chile.



OBJETIVO GENERAL.

- Realizar estudios preliminares de ciertos parámetros biológicos y de rangos ambientales tendientes a desarrollar cultivo intensivo de *Mugil cephalus*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Establecer metodología de pesca y captura de individuos vivos.
- Evaluar las condiciones ambientales en el hábitat natural de *Mugil cephalus*.
- Obtener y analizar datos sobre reproducción, alimentación y perfil bioquímico sanguíneo, para establecer protocolos base.
- Realizar análisis histológico de las gónadas de *M. cephalus* y determinar el IGS y época reproductiva.
- Proponer un sistema de cultivo para *M. cephalus*.

MATERIALES Y METODOS

La metodología de captura de los ejemplares tiene que provocar las mínimas condiciones de maltrato y estrés para asegurar altas tasas de sobrevivencia durante el periodo de muestreo y traslado al laboratorio. Para esto último se utilizará un estanque de fibra de vidrio con agua estuarina, suministro de oxígeno constante y registro de temperatura durante el traslado, para obtener peces vivos y en buen estado. Por lo que se requiere una metodología de muestreo no destructiva y que permita capturar un número importante de ejemplares de *Mugil cephalus*. Para cumplir con la premisa anterior se definieron algunos requisitos que debiesen reunir los lugares de recolección, que corresponden a: que se dedicará a la pesquería de la lisa, periodicidad de captura en el año y la cercanía al laboratorio de Piscicultura de la Universidad. Y posteriormente se recorrieron las caletas pesqueras artesanales de la región del Biobío para identificar las que se ajustaron a los requerimientos, identificando como apta la laguna Redacamo sector Rocuant, Talcahuano, la que se definió formalmente como lugar de muestreo.

El sitio de estudio definido para este fin cuenta con las condiciones ideales para el calado de la red de enmalle y además tiene una abundante presencia de ejemplares de Lisa, durante todo el año, eso sí, no está reflejado en las estadísticas de desembarque oficiales de pesca (anuario estadístico, Sernapesca). Dada todas las características y la capacidad de la Lisa para adaptarse a diferentes rangos de salinidad, temperatura y cautiverio además del potencial económico, ayudar a la biodiversidad en la piscicultura nacional y posiblemente internacional se plantea que es posible cultivar de forma intensiva a *Mugil cephalus* para así establecer bases paramétricas y protocolos a seguir

a futuro, además de abrir nuevas investigaciones en el área tecnológica y productiva acuícola

1) Pesca de individuos

1.1 Zona de estudio.

El presente estudio se realizará sobre la base de muestreos de ejemplares de *M. cephalus* obtenidos mediante red de enmalle, en la laguna Redacamo sector de Rocuant, Talcahuano ($36^{\circ}07' S - 73^{\circ}10' W$) (Figura 3).

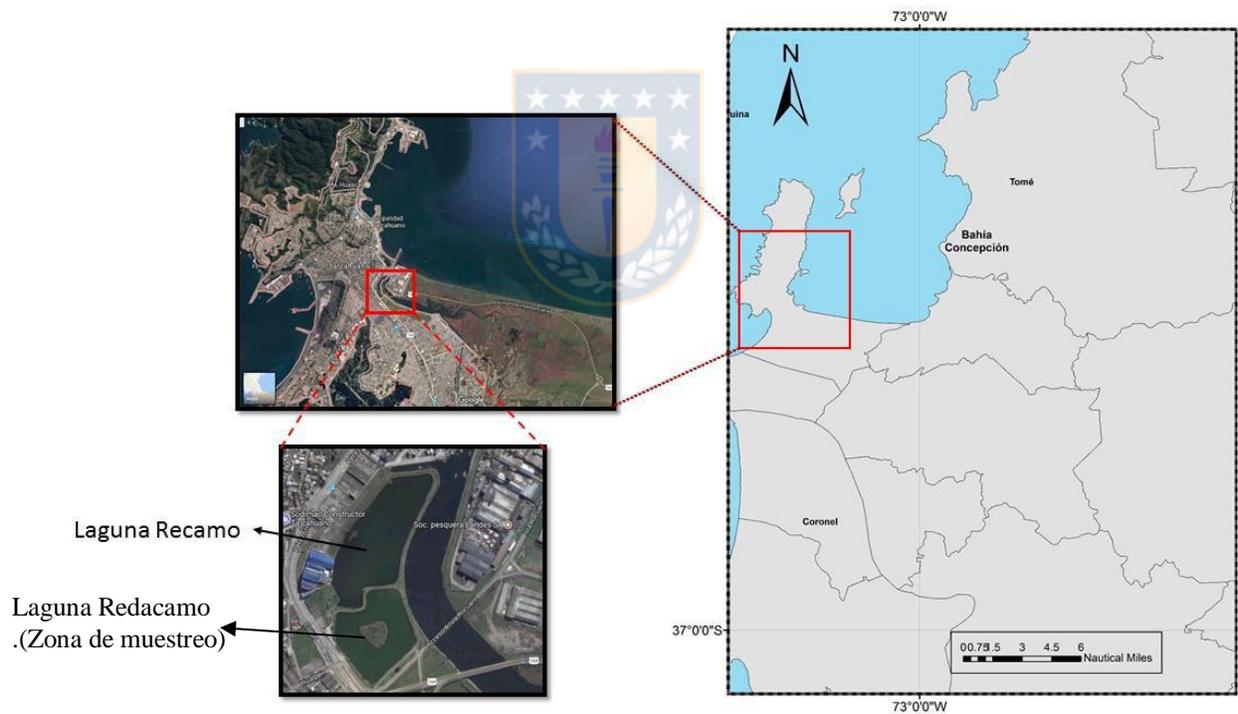


Figura 3. Mapa de ubicación zona de muestreo, Laguna de Redacamo, Talcahuano.

1.2 Captura

Para obtener peces en buen estado, la metodología de captura de los ejemplares tiene que implicar, por un lado, el mínimo de maltrato para asegurar altas tasas de sobrevivencia durante todo el periodo de muestreo, y por otro, de una metodología que permita capturar un número importante de ejemplares. De los métodos disponibles para capturar peces en zonas estuarinas se optó por el uso de una red de enmalle (Figura 4). El que consiste en calar de forma transversal al borde de la laguna, de manera de evitar la muerte de los peces considerando que el objetivo es capturar los individuos vivos para posterior análisis en el laboratorio y realizar muestreos biológicos que permitirán evaluar los diferentes parámetros de la especie en estudio.

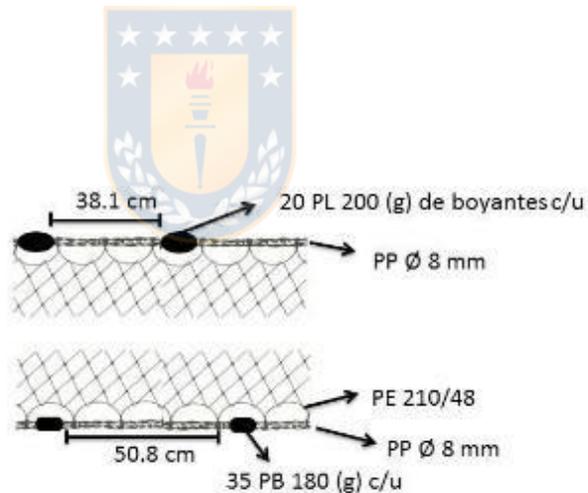


Figura 4. Plano red de enmalle multipanel utilizada para las capturas de ejemplares de Lisa en la laguna Recamo, Talcahuano. (Diseño por Sr. Juan Vilches).

1.3 Traslado

Una vez obtenidos los individuos, estos se trasladarán en un estanque de fibra de vidrio con agua de la misma laguna oxigenada mediante una bomba de aire. El estanque de transporte dispone de 800 litros útiles, con medidas de 0,9m de diámetro y 1,2m de largo y adaptado para ser dispuesto en cualquier camioneta doble cabina.



Figura 5 y 6. Transporte nocturno de individuos a instalaciones de Universidad de Concepción.

1.4 Tasa de sobrevivencia

Es de suma importancia tomar en cuenta la tasa de sobrevivencia y mortalidad que se produce en este tipo de maniobras de captura y traslado, ya que ambas situaciones producen estrés en los individuos provocando muertes por enfermedades debido a la baja de defensas y porque, además, no todos se logran aclimatar al ambiente de laboratorio. Por lo anterior es importante reducir lo más posible el estrés de modo de alcanzar una mayor tasa de sobrevivencia. La que es de aproximadamente de un 10%. En el caso de los individuos muertos se les realiza necropsia, análisis biológico y exámenes de sangre.

2) Biología

2.1 Índices biológicos y estandarización biométrica.

Este estudio es de suma importancia ya que para realizar un cultivo intensivo es necesario conocer variables como el ciclo de vida, migraciones reproductivas, épocas del año en que se reproducen, dónde y cómo lo hacen y qué variables gatillan estos procesos. Para este estudio se necesitará realizar estandarización biométrica y obtención de índices biológicos (como lo es el Índice Gonado-Somático). Para lo anterior se realizará un muestreo biológico en el Laboratorio de Piscicultura y Patología Acuática (Universidad de Concepción) donde se cuantificaron aspectos morfológicos de cada ejemplar, registrando el peso (W) en una balanza analítica Arquimed Gx 1500; la longitud total (LT) con ayuda de un ictiómetro, en ambos casos por sexo el que se determina mediante disección de la cavidad abdominal para inspeccionar el desarrollo gonadal. Posteriormente se extrajeron las gónadas que fueron almacenadas en frascos plásticos con formalina al 10% para la fijación del tejido. Finalmente, se establecerá un protocolo y análisis histológico con el fin de conocer en qué estadios reproductivos se encuentran respecto al mes en que se muestrearon.



Figura 7. Individuo de *Mugil cephalus*.



Figura 8. Disección de cavidad abdominal, individuo de *Mugil cephalus*.

2.1.1 Índice Gonadosomático (IGS)

Se determinó utilizando lo indicado por Maddock & Burton (1998) y se calculó de la siguiente forma.

$$IGS = \frac{\text{peso gonada}}{\text{peso total} - \text{peso gonadas}} \times 100$$

2.1.2 Índice Hepatosomático. (IHS)

Para determinar este índice se utilizó el peso total y el peso del hígado, ambos determinados con una balanza analítica, se calculó de la siguiente forma:

$$IHS = \frac{\text{Peso hígado}}{\text{peso total} - \text{peso hígado}} \times 100$$

2.1.3 Factor de Condición (FC)

Para determinar el estado nutritivo de *Mugil cephalus* durante el periodo desove se cuantificó numéricamente la condición o estado en que el organismo se encuentre. Esto determinará mediante el peso y la longitud total utilizando el índice de Fulton ($K=100 (W/L^3)$) (Nikolsky, 1963), donde W es el peso corporal húmedo en gramos y L la longitud en cm.

2.2 Alimentación

Para los fines de este estudio la información indicada se obtendrá tanto a partir de análisis bibliográfico como a partir de análisis de contenido estomacal para poder estimar los requerimientos nutricionales en la fabricación de alimento artificial.

2.3 Análisis de sangre



El conocimiento hematológico es una herramienta la cual es utilizada como un eficaz y sensible índice para monitorear cambios fisiológicos y patológicos en los peces. Se obtendrán muestras de aproximadamente 1 mL de sangre, mediante punción caudal en el seno venoso, utilizando jeringas de 3mL previamente heparinizadas para evitar la coagulación sanguínea. Luego se almacenarán en tubos Eppendorf con anticoagulante y finalmente refrigeradas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y así conservarlas para un posterior análisis. Para obtener plasma sanguíneo, cada muestra se centrifugará a 7000 rpm durante 10 minutos y luego se congelarán. Con el plasma obtenido se determinarán pruebas bioquímicas utilizando Kits de ensayo clínicos PINREACT y Human Trol N. Estas mediciones se realizarán en un espectrofotómetro Riele 5010.

2.3.1 Recuento de leucocitos y eritrocitos

En este análisis se utilizaron 10 µL de sangre diluida en una solución Rees-ecker en concentración 1:1000, posteriormente se realizó un recuento diferencial de células de eritrocitos y leucocitos en una cámara de Neubauer. El recuento celular se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de Eritrocitos } /mm^3 = \frac{N^{\circ} \text{ de Celulas}}{\text{superficie} * \text{profundidad} * \text{dilución}}$$

Donde:

- Superficie contada: 0,2 mm²; Profundidad de la cámara: 0,1 mm; Factor de dilución: 1:100 ó 1/100

$$N^{\circ} \text{ de Leucocitos } /mm^3 = \frac{N^{\circ} \text{ de Celulas}}{\text{superficie} * \text{profundidad} * \text{dilución}}$$

Donde:

- Superficie contada: 4 mm²; Profundidad de la cámara: 0,1 mm; Factor de dilución: 1:100 ó 1/100.

2.3.2 Recuento diferencial leucocitario

Para el recuento diferencial de leucocitos se procedió a realizar extensiones sanguíneas (frotis) a partir de la sangre conservada con heparina. Se colocó una gota de sangre en el portaobjeto, de manera extendida y uniforme, una vez hecha la extensión, se dejó secar a temperatura ambiente, posteriormente fue teñida con una solución de May-Grünwald- Giemsa, la cual fue conservada para su lectura. Para el estudio microscópico del frotis sanguíneo, se llevó a cabo la lectura con un aumento de 100x (inmersión), el recuento diferencial de leucocitos se realizó por medio de un conteo mínimo de 300 células por cada frotis, finalmente se estimarán los valores totales de linfocitos (L), monocitos (M), polimorfonucleares (PMN) y trombocitos (T), los datos obtenidos son expresados en valores absolutos (células/l) de cada tipo celular.

3) Evaluación del medio

Es necesario tener conocimiento del medio en el que *Mugil cephalus* se desenvuelve de forma natural, en este caso el medio de estudio será en la laguna Redacamo, en donde se obtendrán las muestras de lisa. Los parámetros a evaluar son pH, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. Como se dijo anteriormente, la calidad de agua es de suma importancia para los peces, por lo que tener datos históricos ayuda a la hora de evaluar los rangos de tolerancia que pueden tener los individuos que posteriormente estarán en cautiverio. Para esto se acudirán a registros de la municipalidad de Talcahuano y el Programa de Control y Seguimiento de Elementos Ambientales que esta tiene (Tabla 1).

4) Protocolo de histología

Determinar las condiciones de la alimentación es de suma importancia, ya que puede ser causal de problemas de nutrición en condiciones de cultivo. Ya que en un sistema de producción intensivo la producción de peces depende exclusivamente de alimentos completos, y la densidad de siembra no depende de la disponibilidad de alimentos, sino que de otros factores como, por ejemplo, la calidad de agua. flotación con agua a 40°C (Figura 12) para extender el tejido. Cada corte fue adherido a un portaobjeto con Albumina de Mayer y finalmente las muestras fueron llevadas a una estufa a 45°C para su secado y desparafinación (Figura 13). El proceso de tinción se realizó bajo campana (Figura 14) y por medio de una batería de alcoholes y xilol (Figura15), las muestras fueron teñidas con hematoxilina (Figura 16), la cual al ser básica tiñe estructuras ácidas en tonos azul-purpura (como por ejemplo núcleos celulares), y eosina la cual tiñe componentes básicos en tonos de color rosa, esto debido a su naturaleza ácida. En la última etapa de deshidratación se utilizó una serie de alcoholes con graduación creciente, finalizando con xilol para su aclaramiento.

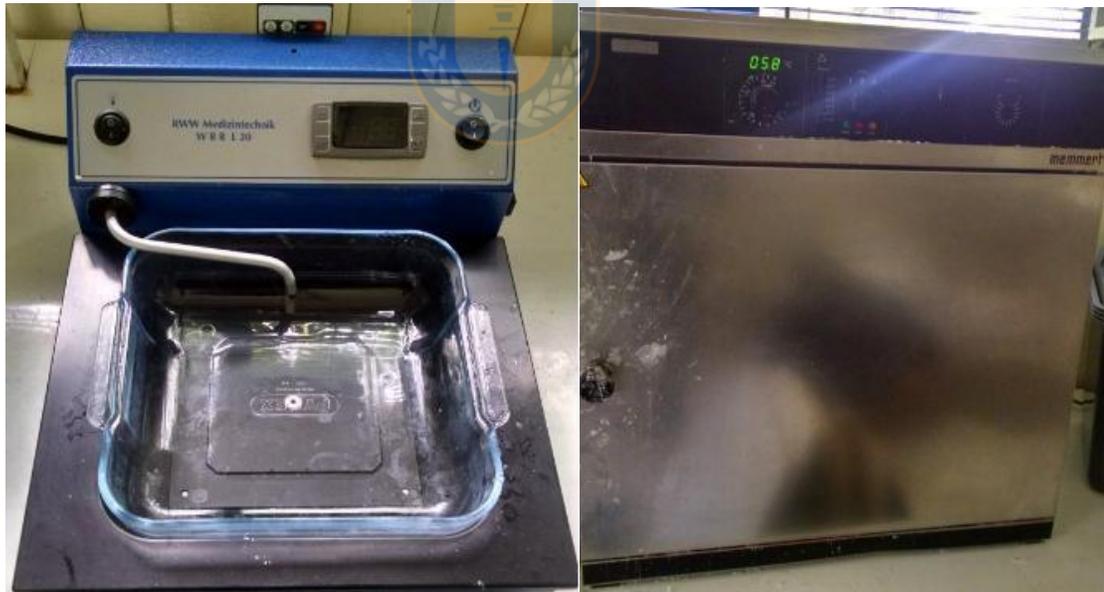
Para la preservación de los cortes histológicos se montaron los cubre objetos con Bálamo de Canadá. El análisis de los cortes se realizó con un microscopio óptico Leica DME (Figura.17) para ver las estructuras que componen el tejido gonadal.



Figura 9 Microwave HistoSTATION KOS.



Figuras 10 y 11. Centro de inclusión MEDITE newpath y Micrótopo Leica RM2125RT, respectivamente.



Figuras 12 y 13. Baño de flotación RWW medizintechnik y estufa Memmert, respectivamente.



Figuras 14 y 15. Campana GAMHAL y batería de alcoholes y Xilol para tinción.



RESULTADOS

1) Estudio biológico de *M. cephalus* y su entorno.

En la dinámica de las aguas de la Bahía de Concepción se distinguen: el periodo de circulación estuarina y el periodo de surgencia (Ahumada & Chuecas, 1979), siendo el último fenómeno el que aporta una gran cantidad de material orgánico, generando cambios físicos y químicos tales como la disminución de la temperatura y oxígeno, aumentando la cantidad de nutrientes especialmente nitratos (Mann & Lazier 1991). En los últimos 40 años la bahía experimentó cambios fisicoquímicos, cambios físicos y alteraciones en la diversidad de especies, que como consecuencia ocasionó el incremento en la biomasa bacteriana, superando la capacidad asimiladora del sistema, lo que produjo una coloración rojiza y anóxica en las zonas cercanas a los efluentes, que se extendió por gran parte de la bahía, aumentando concentración de *Pseudomona* sp y *Aeromonas* sp (Ahumada et al. 1989). El sector más afectado por este incidente correspondió a la marisma Rocuant, sistema litoral ubicado en la cabeza de la Bahía de Concepción, que ha sido estudiada durante los últimos años debido al fuerte impacto ambiental producido en ella por material orgánico de origen antrópico (Ahumada & Rudolph 1987). Gran parte de los problemas generados en la marisma han sido eliminados, o al menos reducido, como consecuencia de las actividades desarrolladas a partir del programa PRAT (Plan de Recuperación Ambiental de Talcahuano) el cual posteriormente fue ejecutado por la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad en el año 2002. Actualmente no se observa la eliminación directa de residuos dentro de la marisma y gran parte de los sedimentos contaminados han sido removidos, disminuyendo considerablemente la generación de malos olores y contribuyendo a la recuperación de este cuerpo de agua, uno de los indicios evidente del cambio es

el crecimiento de plantas acuáticas, algas y la llegada de poblaciones de peces, (Urrutia et al. 2017) entre ellos la de mayor abundancia de Lisa (*Mugil cephalus*).

Dentro de la evaluación, los aspectos que debemos destacar en los peces ante un evento de polución, son los órganos metabolizadores dentro de esto, el hígado que cumple un rol fundamental en el almacenamiento de sustancias tóxicas (Hamilton & Mehrle 1986) tanto hepáticas como pancreáticas; ya que al ser un metabolizador de todas las sustancias que le llegan por el torrente sanguíneo, sirve como referente histológico para el análisis de algún tipo de daño tisular causado por agentes polutantes presentes en del medio, tales como pesticidas, metales pesados y otros (Amaral et al. 2002). Unos de los mayores agravantes presente en Redacamo son contaminantes que pudieron persistir en sedimentos formando capas de detritus contaminado bioacumulable a lo largo de los años. Por lo tanto, se ven afectados especialmente organismos que obtienen alimento desde el fango, alimento principal de la Lisa (*Mugil cephalus*). En el año 2007, el Centro de Ciencias Ambientales (EULA-Chile) presentó un estudio que determinó el contenido de materia orgánica y las concentraciones de metales en la laguna, que obteniendo como resultado una alta concentración de cadmio y se tipificó a la laguna como un cuerpo eutrofizado. Por otro lado, el Tsunami que afectó en el 2010 en la zona, contribuyó en gran parte al recambio de agua y a una remoción de sedimento cambiando el panorama de la contaminación existente. Por lo tanto, se cree que existe la probabilidad de que aún existan anomalías que dificulten el asentamiento de lisas, que desde el punto de vista de la acuicultura es una especie promisoría ya que tiene una tasa de crecimiento rápido, se adapta muy bien a condiciones de confinamiento y acepta una gran variedad de alimentos concentrados (Ferrer 1988). Por otro lado, la probabilidad de enfermedades en un medio alterado conlleva a una serie de eventos que pueden desencadenar la mortalidad de la población por lo tanto se realiza la importancia de caracterizar el lugar de muestreo. Entre las causas de estos problemas podemos tener una amplia gama que incluye desde agentes biológicos (virus, bacterias, parásitos, hongos) a agentes no infecciosos (neoplasias,

malformaciones, manipulación, agentes fisicoquímicos, alimentación) que pueden actuar solos o mediante combinaciones entre agentes, que en muchos casos pueden inducir sinergias que son las causantes de los problemas (Padrós *et al.* 2005).

El conocimiento de los parámetros hematológicos es una herramienta importante que puede ser utilizado como un indicador eficaz y sensible para monitorear cambios fisiológicos y patológicos en peces. Los rangos normales entre especies puede variar de acuerdo a los parámetros sanguíneos que establezcan los diferentes investigadores especializados en fisiología y patología (Xiaoyun *et al.* 2009), de esta manera se recurren a diversas áreas para afinar el estudio fisiológico, una de estas es la ictiohematología que se centra en el estudio la sangre, se basa en la observación de las células sanguíneas desde la perspectiva morfológica, bioquímica, funcional y órganos hematopoyéticos, que se ven directamente relacionado con algún fenómeno o patología lo que implica la relación de las células y sus órganos productores (Valenzuela *et al.*, 2003.).

En peces los indicadores más rápidos y eficaces ante cualquier perturbación fisiológica corresponden a los métodos que evalúan los parámetros hematológicos y la química sanguínea, que comúnmente se utilizan en cultivos intensivos debido a la alta susceptibilidad de los peces a sufrir enfermedades nutricionales, infecciones o reacciones ante la interacción con el ambiente (Sandnes *et al.* 1988), debido a estos antecedentes en un ambiente alterado, el grado de toxicidad puede producir algún daño patológico, por lo tanto es importante evaluar adecuadamente la calidad acuática de un sistema mediante análisis microbiológicos que determinan el contenido de una serie de microorganismos que pueden ser perjudiciales para la salud del pez, y pueden revelar un agente concreto de alguna patología asociada (Roberts, 1981), o bien evaluar la calidad sanitaria del medio para poder dilucidar si se encuentra en un buen estado para la extracción del recurso para uso humano. Una de las formas de cuantificar el estado sanitario de un sistema, es a través de análisis microbiológicos en el que se utiliza la cuantificación de microorganismos como

un indicador de contaminación, entre ellos los coliformes totales y coliformes fecales (Fuentes et al. 2005).

En el perfil bioquímico de los peces, los substratos que se analizan comúnmente son las proteínas totales, la fracción de albúminas y los lípidos (colesterol y triglicéridos). Las proteínas totales son fundamentales para el crecimiento, renovación y reemplazo tisular, asimismo contribuyendo a una fuente de energía en el metabolismo (Roberts, 1981). La albúmina al ser sintetizada por el hígado, puede develar alguna enfermedad hepática al disminuir de manera acelerada, pero también puede ser resultado de una enfermedad renal ya que esta permite que la albúmina se escape por la orina, al encontrarse la albumina en bajas concentraciones puede explicar que la dieta de los peces se encuentre pobre en proteínas (Casillas et al, 1986) por lo tanto, la importancia de establecer los niveles de estos parámetros sanguíneos de un individuo pueden verse implicadas en un evento patológico al igual que todo el perfil bioquímico clínico.

2) Determinación de parámetros fisicoquímicos de las lagunas artificiales

El Programa de Control y Seguimiento de Elementos Ambientales, desarrollado por la Dirección de Medio Ambiente y la Municipalidad de Talcahuano, es el encargado de la observación, muestreo, medición, análisis de datos técnicos y ambientales, que se realizan para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades del sector y sus tendencias. El Programa considera la evaluación de las matrices agua y aire realizando monitoreo permanente de parámetros referidos a su calidad. La data proporcionada por la Municipalidad de Talcahuano muestra los resultados obtenidos en los puntos de muestreo denominados Canal El Morro, Canal El Morro sector puente, Laguna Recamo y Laguna Redacamo, desde el 2011 a la fecha. Pero los datos de interés para este proyecto son los indicados para las lagunas Recamo y Redacamo.

El muestreo de agua se realiza considerando parámetros físicos como temperatura y turbidez, así como parámetros químicos como Oxígeno disuelto pH, salinidad y H₂S en el agua como se indica en la siguiente Tabla 2 y 3.

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos analizados, características de equipos e instrumental utilizando en las mediaciones de Laguna Recamo y Redacamo en Talcahuano.

	PARAMETROS	EQUIPOS O INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	RANGO DE MEDICIÓN
FISICOS	Temperatura del agua	Sonda de temperatura de pH-metro modelo HI 9026 de Hanna Instruments	0.0 - 60.0 °C
	Turbidez	Turbidímetro	0 - 2000 UNT
QUIMICOS	Oxígeno disuelto	Oxímetro modelo HI 9141 de Hanna Instruments	0.00 - 19.99 ppm
	Salinidad	Refractómetro manual de la serie MR de Hanna Instruments	0 - 100 ‰
	pH	pH-metro modelo HI9026 de Hanna Instruments	0 - 16
	H ₂ S en el agua	Kit de ensayo para la determinación de H ₂ S	0.2 - 20 ppm

Tabla 2 Resumen de parámetros fisicoquímicos de la laguna Redacamo, recopilados por la Municipalidad de Talcahuano.

año	pH	O2 disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Turbidez (NTU)
2011	9	7 - 10	16 - 24	-	-
2012	9	5 - 15	12 - 20	17 - 27	30 – 100
2013	9	6.1 - 9	10 - 21	10 - 35	<5 – 30
2014	8	0 - 11.6	13 - 21	11 - 30	<5 – 40
2015	9	5.6 - 13	21	20 - 23	<5 – 55
2016	9	4 - 10	-	20 - 29	<5 – 15

Tabla 3 Resumen de parámetros fisicoquímicos de la laguna Recamo, recopilados por la Municipalidad de Talcahuano

año	pH	O2 disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Turbidez (NTU)
2011	9	6 - 11	15 - 25	-	-
2012	8 - 9	5 - 10	11- 21	26 - 30	<5 – 50
2013	8 - 9.6	5.8 - 7.6	13.2 - 20.8	10 -32.5	<5 – 28
2014	7.8 - 8.8	3.8 - 9.01	12.9 - 21.1	15 - 28	<5 - 43.3
2015	8	6 - 9	22	25 - 32	<5 – 60
2016	9	4 - 12	-	17 - 30	<5 – 50

3) Muestreo en conjunto con municipalidad de Talcahuano 2017.

La Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Talcahuano en conjunto con el equipo de trabajo del proyecto recolectaron datos fisicoquímicos y biológicos de las lagunas Recamo y Redacamo. Lo que ha permitido por una parte continuar con el monitoreo ambiental que ha llevado a cabo la Municipalidad, así como también aportar al conocimiento del estado en el cual se encuentra la fauna, especialmente el stock de lisa. Esto con el uso del bote inflable adquirido por el proyecto y puesto en disposición para la colaboración entre el municipio y la Universidad de Concepción.

Laguna Redacamo durante lo que va del año presentó un pH estable con valores cercanos a 9. El oxígeno disuelto fluctuó entre 3 y 12 mg/L, atribuible a la gran cantidad de producción primaria que presentan. La temperatura del agua mostró la esperable tendencia a la disminución asociada con la estacionalidad. La salinidad varió entre 26 y 27‰ con una fuerte disminución en septiembre a 16‰. La turbidez varió entre 15 y valores inferiores a 5 UNT (figura 18a).

Laguna Recamo durante este primer periodo presentó un pH estable con valores cercanos a 8, valores que fluctúan dentro de la normalidad para este cuerpo de agua. El oxígeno disuelto varió entre 4 y 9 mg/L aproximadamente, la temperatura mostró tendencia a la disminución con la estacionalidad. La salinidad se mostró variable entre 25 y 28‰ con disminución en septiembre a 16 ‰, parámetro influenciado por el manejo de la compuerta que permite el intercambio de aguas con el canal El Morro y de las aguas lluvias provenientes de los diferentes colectores que desembocan en la laguna Recamo. La turbidez varió entre 50 y valores inferiores a 5 UNT, el valor más alto es registrado en el mes de abril, en donde cada año se registra la mayor producción de biomasa fitoplanctónica, que da mayor turbidez a las aguas. (Figura 18b)

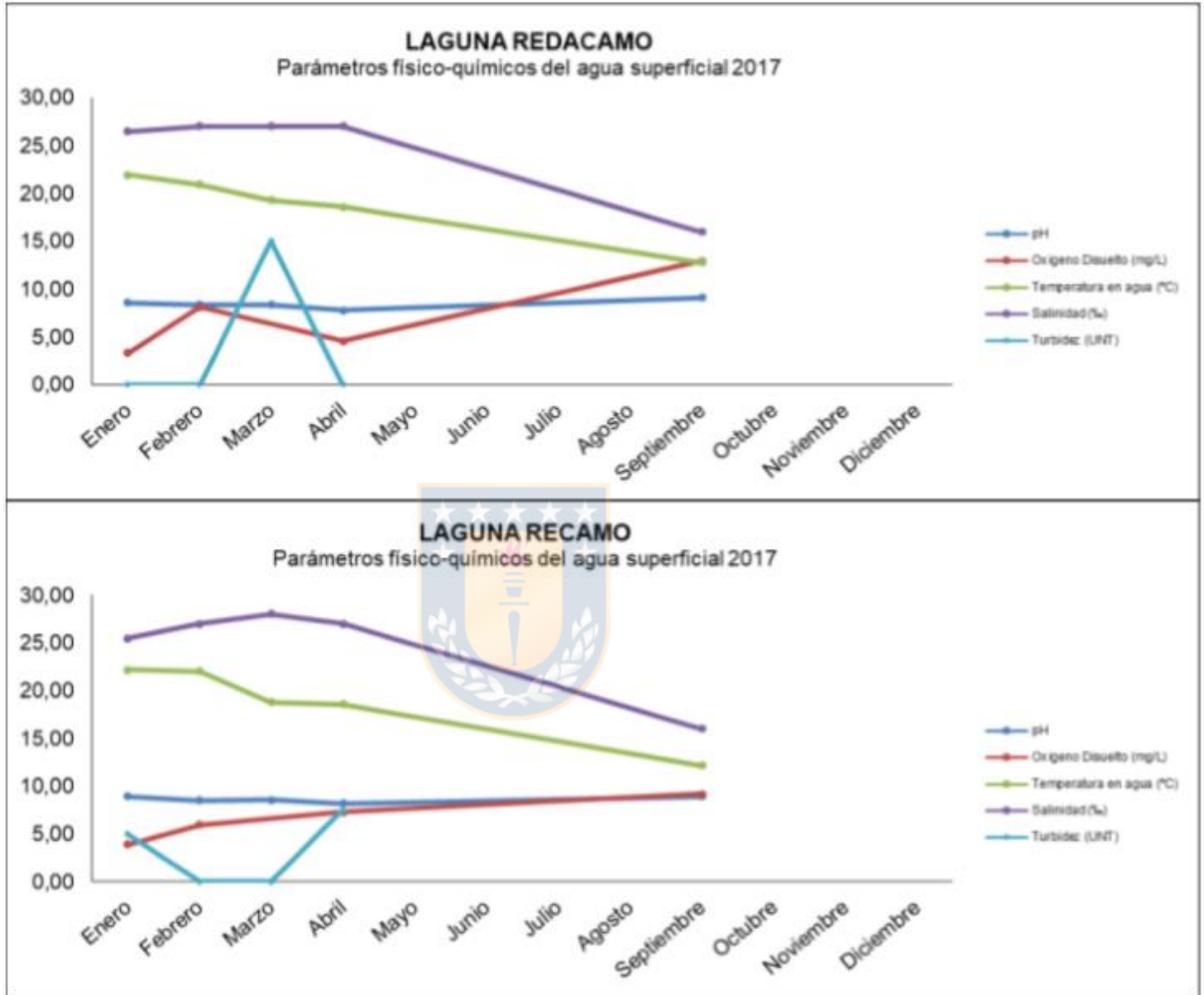


Figura 18. Variaciones de parámetros físicoquímicos en la laguna Redacamo (a) y Recamo (b) entre enero y septiembre, 2017.

4) Batimetría.

Se realizó un levantamiento batimétrico para la laguna Redacamo. Fue realizado el sábado 4 de agosto del 2012, desde las 11:30 a las 12:30 hrs. Para el periodo muestreado la altura de marea considerada fue de 1.92m, a las 12:04., según la información obtenida en las tablas de mareas de SHOA. La profundidad en metros fue determinada en 181 puntos utilizando un ecosonda Garmin Fishfinder 120 y un GPS Garmin etrex, a bordo de un bote Zodiac. Los datos fueron procesados en una planilla electrónica formato "Microsoft Excel" y posteriormente ingresados al programa Surfer versión 8.0, para obtener la batimetría en 2D y 3D. Uno de los gráficos obtenidos que demuestra la batimetría de la laguna Redacamo se muestra en la figura 19, la cual sirve para definir la profundidad y obtener información detallada sobre la forma y estructura del lecho marino donde se encuentra la especie a muestrear.

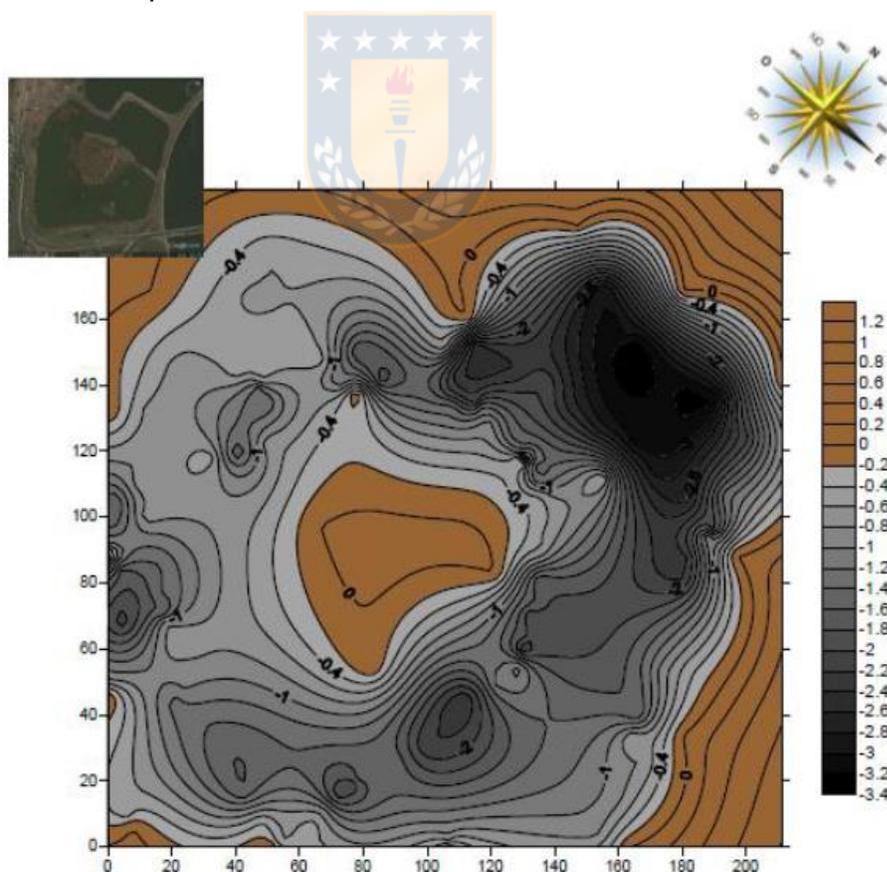


Figura 19. Batimetria Laguna Redacamo

5) Estandarización biométrica.

La biometría de *Mugil cephalus* durante los meses de marzo a octubre presentaron un peso (W) promedio de $307,9 \pm 1645$ g, y de Longitud Total (LT) un promedio de $31 \pm 65,1$ cm de un total de 66 individuos. La relación Longitud total (LT) – Peso total (PT) en individuos capturados en los meses de marzo a octubre, presentó un mejor ajuste con un modelo lineal de la siguiente forma:

Para el periodo de muestreo la función determinada fue: $PT = 0,0722 LT^2 + 2,4643$ con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,9099$ y un valor de significancia de $p \ll 0,0001$; $F(1,64) = 805,219$ (Figura 20).

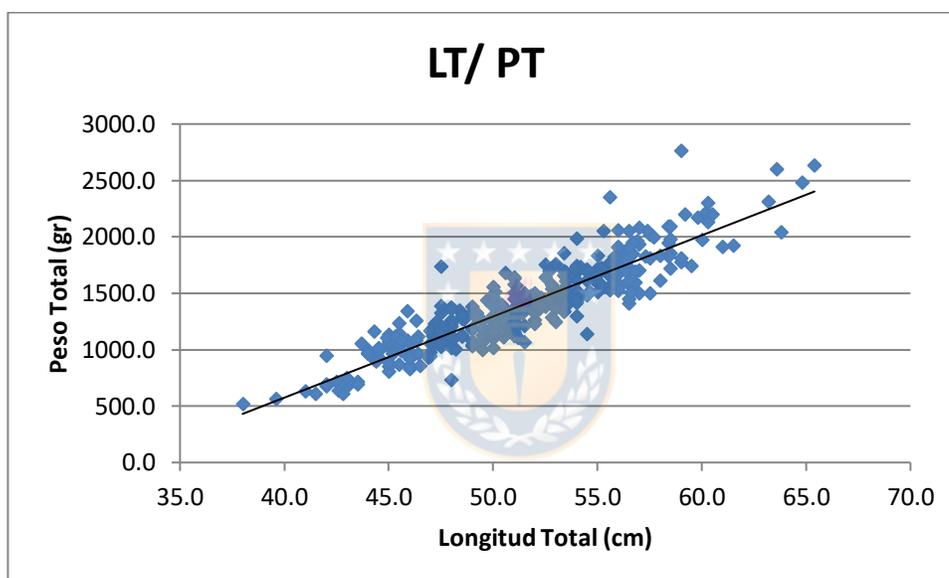


Figura 20. Relación lineal LT – PT estimada en hembras de *M. cephalus* durante los meses de junio a octubre del año 2017; (n= 350)

6) Índices biológicos y condición nutricional.

Los análisis biológicos presentan un valor promedio más alto en FC los meses de marzo y abril y el mínimo en enero, especialmente en machos. El IGS más alto se presenta en el mes de enero (Figura 21).

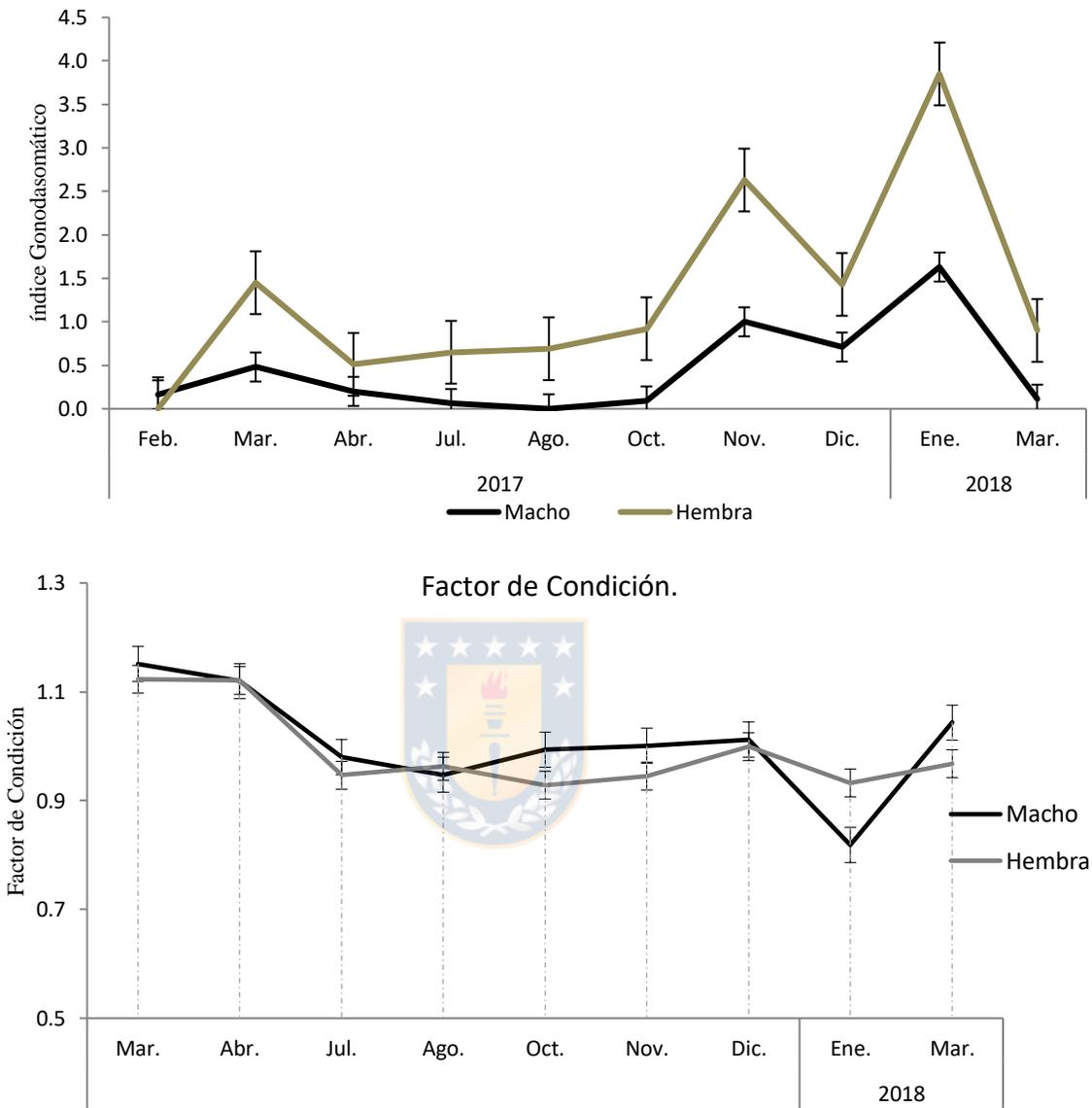


Figura 21. (A, B): Índices Biológicos de *Mugil cephalus* efectuados entre los meses de marzo 2017 a marzo 2018 para índice gonadosomático (IGS), factor de condición (FC).

7) Parámetros hematológicos.

El recuento de eritrocitos muestra la existencia de diferencias significativas entre los meses de agosto y septiembre $F(1,38) = 4,317$; $p < 0,05$, donde septiembre presenta mayor número de eritrocitos. (Figura 22).

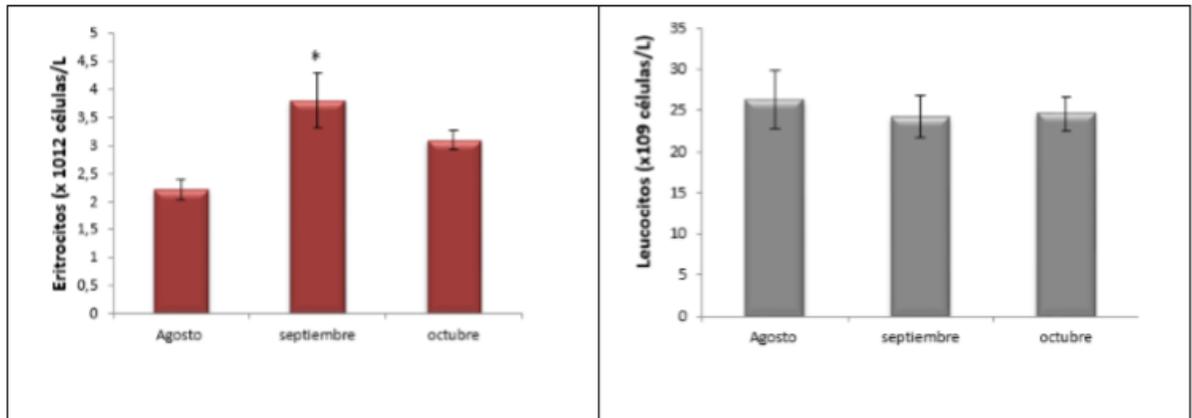


Figura 22. Cambios en la concentración de a) eritrocitos (\pm E.E) de *Mugil cephalus* durante los meses de agosto a octubre B) Leucocitos. (*) Indica diferencias significativas en los meses.

Se encontraron una gran cantidad de Leucocitos, de acuerdo con lo señalado por el análisis de ANOVA (una vía), no presentan diferencias significativas $F(138) = 0,1565$; $p > 0,05$, $p = 0,855$.

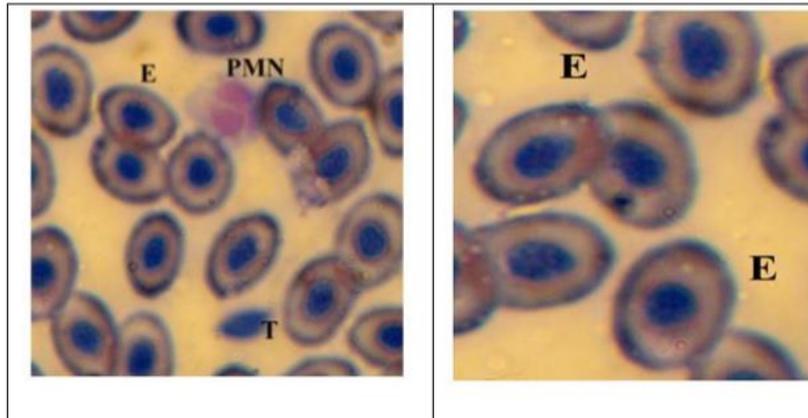


Figura 23 (A, B): Células sanguíneas de *Mugil cephalus*, donde se destacan Leucocitos Polimorfo nucleares (PMN), Trombocitos (T), Eritrocitos (E).

8) Diferencial Leucocitario

El análisis de varianza de una vía reveló que no existen diferencias significativas entre los meses de muestreo y la concentración de linfocitos presentes *M. cephalus* F (1, 36); $p = 0,924$, observándose promedios similares entre cada mes. Sin embargo en el recuento de trombocitos se encontraron diferencias significativas en los meses de septiembre y octubre siendo este último con una mayor cantidad de células ($N= 39$) = 9,6072; $p = 0,0082$ (Fig. 24B) .En el caso las células Polimorfonucleares se hallaron una mayor numero de células en el mes septiembre, por medio de un análisis de varianza (ANOVA una vía) se observó F (1,36); $p = 0,309$ sin diferencias significativas, (Fig.24D). La concentración de monocitos tuvo un descenso paulatino durante el tiempo, siendo diciembre la menor cantidad de células con un promedio de $0,015 \times 10^9$ células/l, parámetro evaluado con el análisis de Kruskal Wallis, $H (2, N= 39) = 3,417$; $p = 0,181$ (Fig.24C).

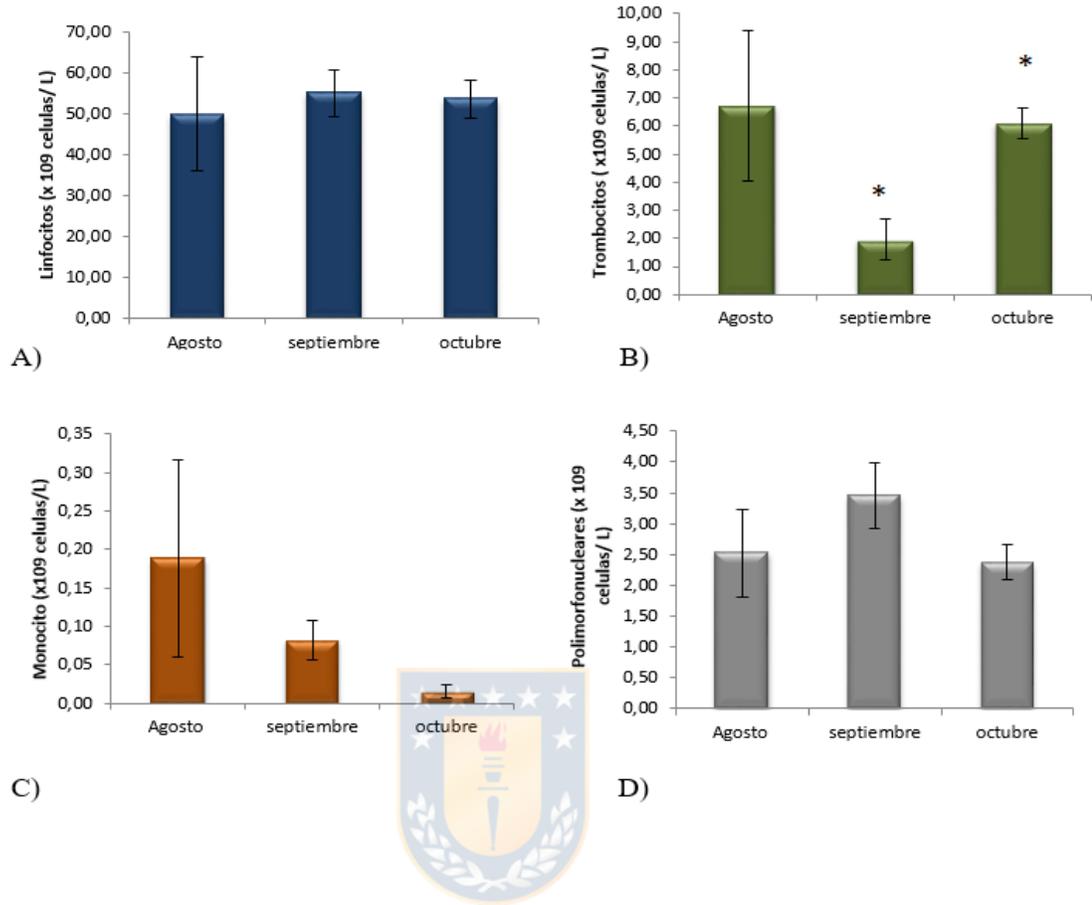


Figura 24. Recuento diferencial leucocitario en promedios absolutos de linfocitos (A) Trombocitos (B) monocitos (C) y polimorfonucleares (D) (\pm error estándar) de *Mugil cephalus* durante los meses de agosto a octubre. (*) Indica diferencias significativas en los meses

9) Parámetros bioquímicos sanguíneos.

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA), las proteínas totales (A) no presentaron cifras significativas, por lo tanto, no difieren entre sus medias $F(1,55) = 1,6046$; $p = 0,1987$. Para el caso de la albumina, esta presenta diferencias en todos sus niveles $F(1,55) = 41,382$; $p = 0,0000$).

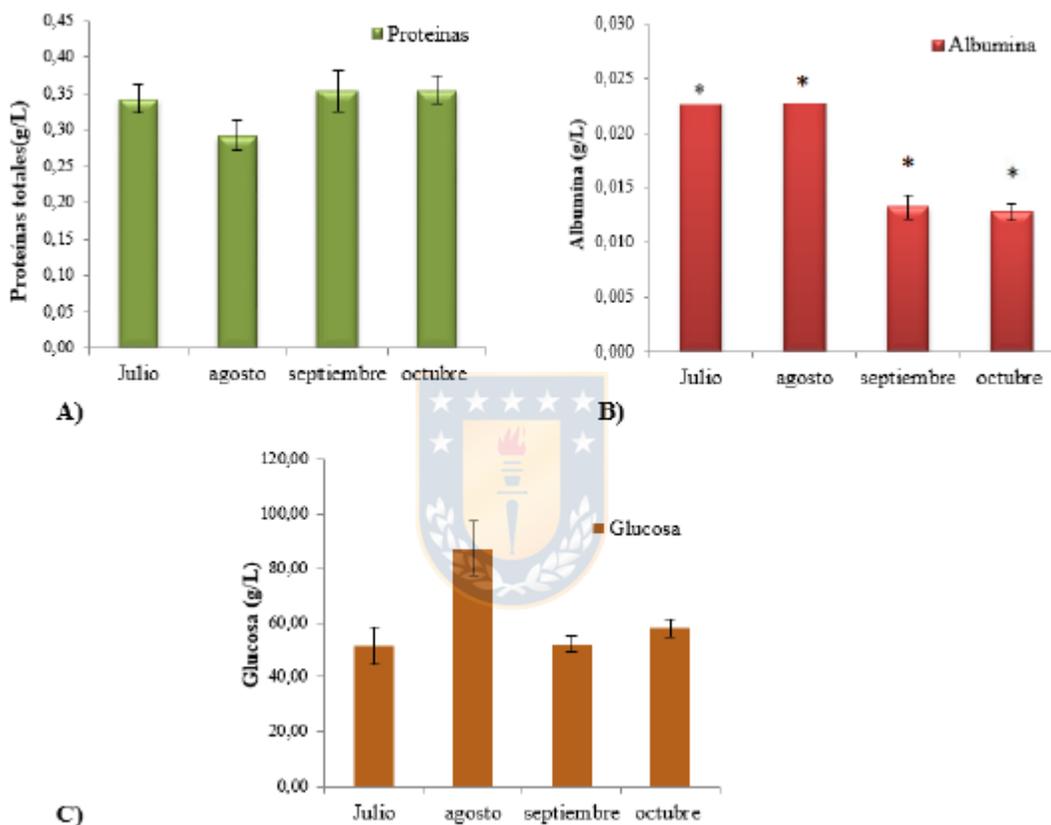


Figura 25. (A, B y C): Variación de parámetros bioquímicos sanguíneos (proteínas totales, albumina y glucosa) (\pm E.E) de *M. cephalus* obtenidos entre los meses de julio a octubre 2017 (*) Indica diferencias significativas.

El análisis no paramétrico de Kruskal Wallis (H) determinó que en cada parámetro bioquímico presento diferencias significativas, donde se obtuvieron los siguientes resultados: Glucosa $H(3, N=59) = 12,185$; $p = 0,068$ (Figura 25); Colesterol, $H(3, N=59) = 7,987$; $p = 0,0463$; Creatinina $H(3, N=59) = 32,577$; $p = 0,000$; TGS $H(3, N=59) = 22,327$; $p = 0,000$ y GOT $F(1,55) = 24,44$; $p < 0,05$. (Figura 26).

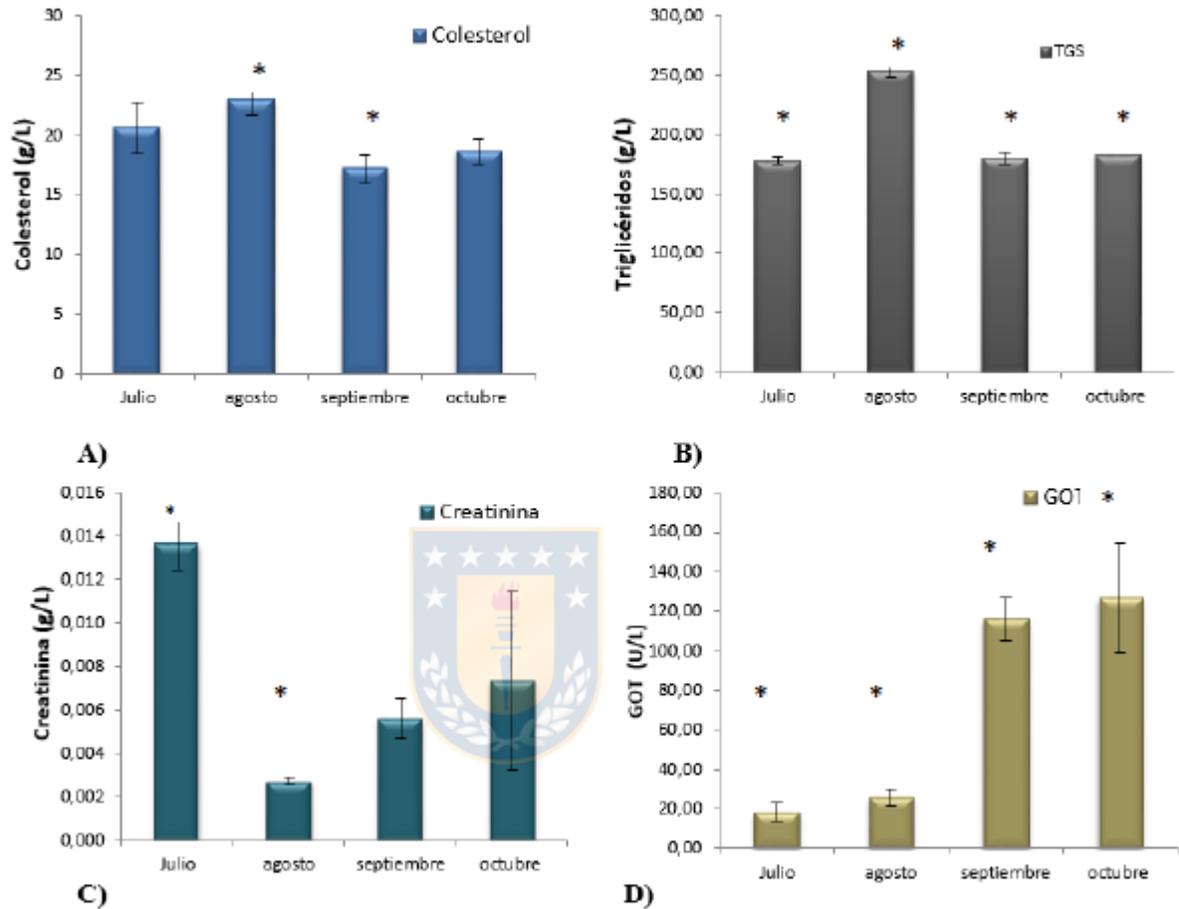


Figura 26. Variación de parámetros bioquímicos sanguíneos (colesterol, Triglicéridos, Creatinina y GOT) (\pm E.E) de *Mugil cephalus* obtenidos entre los meses de julio a octubre 2017(*) Indica diferencias significativas en los meses.

10) Análisis Histológico

Gónadas femeninas.

El examen histológico de ovarios se pudo identificar dos estados de madurez presentes, entre los meses de marzo a octubre. a) Estado Inactivo, ovocitos primarios (CP), con núcleo esférico de gran tamaño y de tipo basófilo, con numerosos nucléolos en su periferia (Figura 27a) solo se presentaron entre los meses de marzo a junio (N= 22); en cambio para el estado previtelogenico existe mayor ocurrencia entre los meses de agosto a octubre (N=44), ovocitos de mayor tamaño, con presencia de vesículas lipídicas en la periferia del citoplasma además de ovocitos primarios y secundarios en mayor proporción (Figura 27b)

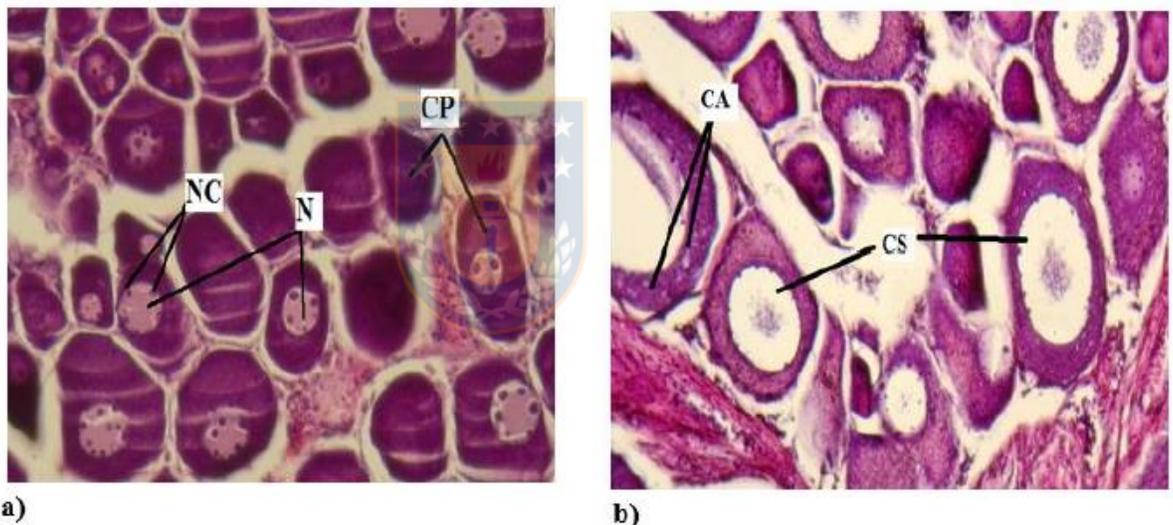


Figura 27. Ovario en estado Inactivo (a), sólo presencia de ovocitos inactivos o crecimiento primario (CP); se observa el núcleo (N) y los nucléolos adosados a la periferia. Ovario en estado previtelogenico, con alveolos corticales (CA) y ovocitos con crecimiento secundario (CS)

REPRODUCCIÓN

La hembra de *M. cephalus* realiza la puesta en mar abierto, donde se efectúa también la fecundación. Cada hembra adulta puede contener entre $1-3 \times 10^6$ huevos (Coll 1991). El periodo de puesta varía entre latitudes. En cautiverio, si bien no se ha conseguido la puesta espontánea, si se ha conseguido inducirla con inyecciones hormonales, obteniéndose los mejores resultados con gonadotropina de salmón parcialmente purificada. La puesta espontánea del *Mugil cephalus* en cautividad todavía no se ha conseguido debido a que la hembra no alcanza el grado total de madurez sexual. La puesta inducida por inyección hormonal se administra intramuscularmente o bien mediante administración abdominal. Se han utilizado distintos tipos de hormonas para inducir la puesta, pero de todas estas la gonadotropina de pituitaria de salmón y la coriónica humana son preferibles a las demás, debido a que: hay métodos precisos para su preparación, son uniformes y se pueden inyectar en dosis exactas, y no hay que sacrificar a los individuos de los que se toman (Coll 1991). La maduración sexual del macho de *Mugil cephalus* en cautividad se realiza espontáneamente en la estación normal de reproducción, aunque también se ha logrado inducirla con 17-metiltestosterona, y al aplicar gonadotropina de pituitaria de salmón o coriónica humana se evita el problema de reabsorción del esperma que aumenta la viscosidad impidiendo su dispersión. Tanto la puesta como la producción de espermatozoides parece ser más efectiva con la gonadotropina de salmón que la coriónica humana. Las dosis de gonadotropina se aplican en dos tiempos primero un tercio y tras 24 horas los otros dos tercios restantes o viceversa, obteniéndose una puesta completa. Si se divide la dosis total en dos concentraciones iguales la puesta será parcial. La reproducción inducida permite realizar una selección de los reproductores realizando una selección genética. Variando el fotoperiodo y la temperatura se ha conseguido adelantar la estación

normal de puesta en cuatro meses. (Coll, 1991). Un problema importante a la hora de conseguir que el rendimiento de la inducción sea óptimo, es el desarrollo del huevo en el ovario (Pickford y Atz, 1957; Clemens, 1968; Shehadeh, 1970; Chen *et al.*, 2006). El tamaño del huevo y su desarrollo interno son los dos factores que influyen en conseguir o no una buena puesta. Tiene que tener en lo posible un tamaño de 650 μ y su grado de desarrollo interno debe encontrarse en el estado en el cual las sustancias nutritivas que constituyen el vitelo están esparcidas por todo el interior del huevo rodeada de gotas de grasa. Para la fecundación artificial se puede utilizar el método seco o el húmedo. El método seco se mezcla espermatozoides y huevos, el tiempo de fecundación es de una hora. Y el método húmedo se mezcla la espermatozoides y el huevo junto con agua salada; el tiempo es de cinco minutos. En ambos métodos se utilizan dos o tres machos por hembra, diez horas después de la inyección de gonadotropina. Finalmente, los huevos fecundados se lavan con agua de mar. Tras la fecundación los huevos no viables caen al fondo. Se incuban en rangos de temperatura entre 20-24°C, salinidad entre 30-35‰ y en general elevado contenido de oxígeno, además de superficies limpias, no mover de forma muy brusca el agua, al igual que mantener las mínimas variaciones de temperatura en el agua. Los huevos viables se lavan con agua de mar y se dejan en agua de mar con penicilina y estreptomicina para evitar patologías (Coll, 1991).

ALIMENTACIÓN

Según la información del Departamento de Pesca y Acuicultura (FAO 1995) la lisa tiene hábitos alimenticios diurnos consumiendo principalmente zooplancton, materia vegetal en descomposición y detritos. Su estómago tiene segmentos de paredes anchas y parecidas a una molleja, así como tracto gastrointestinal que le permite alimentarse de detritos. Al alimentarse succiona la capa superior del sedimento, con lo cual elimina detritos y las micro algas. Al hacer esto degluten sedimento para moler la comida en la parte de la molleja del estómago. La lisa también se alimenta de epifauna y epífitos del huero, al igual que se alimentan de la capa superficial del agua que contiene micro algas en la interfase aire-agua. Las larvas de lisa se alimentan principalmente de micro crustáceos, aunque se han encontrado también larvas de mosquitos, copépodos y desechos de plantas en estómagos de larvas de menos de 35 mm de longitud. La cantidad de arena y desechos encontrados en contenidos estomacales aumenta con la talla, indicando que consume más alimento del sustrato a medida que el pez madura. En la fase I Y II (larva y alevines), las larvas nacen con una longitud promedio de 2.65mm. Abren la boca entre el segundo y tercer día. Usando las reservas nutritivas del vitelo (rico en hidrato de carbonos y proteínas) y glóbulo de aceite (rico en grasas); el vitelo se absorbe por completo al quinto día, y el glóbulo de aceite depende de la temperatura, pero a 24°C se consume al décimo día. Luego de ya usar las reservas (vitelo y glóbulo de aceite) y que la larva ya abra su boca se añade alimentación suplementaria entre el segundo y tercer día, la cual consiste en zooplancton (huevo, larvas de ostras) y *nauplii* de *Artemia*. La longitud media a esta altura es de 3,44 mm. El crecimiento en longitud se acelera desde el noveno día. La alimentación del alevín de *Mugil* durante los primeros 15-18 días es, exclusivamente, materia viva; huevos fecundados y larvas de ostras, algas, rotíferos, así como *nauplii* de *Artemia* (Coll, 1991) Tras este periodo

se puede añadir hasta el día 42-44 una alimentación suplementaria de: yema de huevo cocida, salvado de arroz y harina de trigo, además de *Artemia* adulta y otros copépodos (Chen, 2006). Todo esto a través de alimentación seca que se da diariamente y se estima su concentración en relación al peso del cuerpo del alevín, pero aún más importante es la temperatura ya que de este factor dependerá la cantidad exacta (Mires y Sarig, 1971). En la actualidad no existen datos sobre cultivo intensivo en la etapa de engorde, ya que hay poca sobrevivencia en la fase II. Después día 42-44, el índice de sobrevivencia baja a un 0.2-0.3%.

Un estudio comparativo de abonos hecho por Bishara (1978), da a conocer que el superfosfato es el más eficiente, con una dosis de 20kg/seis meses, alcanzando medidas en longitud de 24.27 cm y 172g de peso.



Tabla 4. Características de la cría del Mugil (Bardach, Ryther, McLarney (1972); Chen (2006); Nash & Kuo (1974); Mires (1970); Bishara (1978)).

Reproducción	
Maduración sexual	4.6 años
Periodo natural de puesta	Otoño-invierno
Temperatura/Luz	22°/Dependiente
Numero de huevos /kg	1.2-2.7 x 10 ⁶
Incubación	34-38 horas a 23-24.5°C 49-50 horas a 22.5-23.7°C

PATOLOGÍAS

Las principales enfermedades hasta ahora han sido descritas en cultivos realizados en Israel. Los principales agentes causantes de la mortalidad por infección en el *Mugil cephalus*, son: Algas, hongos, trematodos, copépodos y flagelados (Tabla 5). Los principales productos que se han utilizado en el tratamiento, son: Verde malaquita y formalina. Cuando el ataque es en la primera fase del desarrollo del *múgil*, se cuida la calidad de la alimentación (Coll, 1991).

Tabla 5. Síntomas y causas de las principales enfermedades conocidas en lisa (Coll, 1991).



SINTOMAS	CAUSAS
Zona blanca en la piel.	Hongo <i>Saprognia (phicoluyceto)</i>
Alteraciones en la aleta caudal.	Protozoo (<i>Inthyophirius</i>)
Alteraciones en las branquias	Protozoo flagelado (<i>Costia</i>)
Alteraciones en la aleta caudal, músculos e intestinos.	Esporozoo (<i>Mixobolus</i>)
Bacteria en la sangre	Flagelado (<i>Prymnesium</i>)
Mortalidad en la fase larval	Trematodo (<i>Ergenstrema</i>)
Quistes en el musculo	Trematodo (<i>Heterophyes</i>)
Cabeza y abdomen abultados	Copépodo (<i>Ergasilus</i>)
Cuerpos extraños en las branquias	Copepodo (<i>Argulus</i>)
Intoxicación del agua	Algas cianofíceas (<i>Microystes</i>)

DISCUSIÓN.

Considerando las características mostradas en el estudio realizado de *Mugil cephalus*, se puede decir que, teóricamente, aún no es posible cultivarlo de forma intensiva, aunque tenga características eurihalina, euriterma y buena aclimatación al cautiverio, siguen existiendo varias aristas a corregir, problemas que requieren investigación para mejorar el cultivo intensivo de la lisa, en especial en lo que es alimentación con énfasis en la fase II ya que en esta es donde se encuentra la mayor mortalidad. Además, se necesita estandarizar dietas y raciones para las lisas cultivadas. Pero todo esto requiere realizarse *in vitro* para poder comprobarlo de forma fidedigna, ya que el cautiverio hace que los peces tengan un comportamiento fuera de lo natural, pudiendo tener problemas reproductivos, nutricionales, patológicos, así como también problemas etológicos y de densidad. Todo esto es necesario realizarlo paso a paso considerando la tasa de sobrevivencia, para así poder trabajar con una cantidad de individuos con la cual se puedan obtener resultados significativos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado sobre la alimentación, será necesario realizar un estudio centrado en esto. Determinar las condiciones de la alimentación es de suma importancia, ya que puede ser causal de problemas de nutrición en condiciones de cultivo. Ya que en un sistema de producción intensivo la producción de peces depende exclusivamente de alimentos completos, y la densidad de siembra no depende de la disponibilidad de alimentos, sino que de otros factores como, por ejemplo, la calidad de agua. La lisa posee hábitos alimenticios diurnos (FAO ,1995) por lo que el fotoperiodo es un factor a considerar, junto con el método de alimentación que se aplicara, ya sea natural, complementario o completo. La alimentación natural puede ser detrito, bacterias, plancton, gusanos, insectos, caracoles, plantas acuáticas y peces. La

abundancia de estos dependerá de la calidad del agua. Los alimentos complementarios son alimentos que se suministran regularmente en los peces en los estanques, normalmente consiste en materiales económicos y disponibles ocasionalmente, por ejemplo, productos derivados de la agricultura, y los alimentos complemento consisten en una mezcla de ingredientes cuidadosamente seleccionados para proporcionar todos los elementos nutritivos necesarios para que los peces crezcan bien. Además, deben estar hechos de forma que sean fácil de ingerirlos y digerirlos (FAO, 1995), ya que en la fase II existe una alta tasa de mortalidad la cual puede ser debido a la rápida absorción del saco vitelino y/o del alimento añadido que taponan su sistema digestivo. Una alimentación más intensiva se puede dar desde el día nueve y una sobrealimentación a partir del periodo entre el decimosegundo y decimoquinto día (Coll, 1991).

Según lo estudiado por Fernández y Díaz (2014), *Mugil cephalus* compone su dieta mayoritariamente de diatomeas pelágicas, asociadas a las bentónicas; además de copépodos calanoideos y eufausidos, resultados que contrastan con lo estudiado por Odum (1970), Wells (1984), Romer & McLachlan (1986), quienes observaron la fuerte afinidad de la lisa por presas bentónicas y en menor grado por las presas pelágicas (Romer & McLachlan, 1986; Drake *et al.*, 1984; Odum, 1970; Cardona, 1990). En tanto, la presencia de presas zooplanctónicas indicaría su carácter oportunista con una alta tasa de ingesta de presas y una baja eficiencia de asimilación (Odum 1970), permitiéndole sobrevivir con alimentos de diverso origen y poco exigente en sus requerimientos nutricionales (Franco & Bashirullah 1992). Sin embargo, la composición de la dieta posee variación estacional donde dominan las diatomeas pelágicas (otoño, invierno y parte de primavera), otras presas (invierno, primavera) y dinoflagelados (verano), además de la presencia de eufausidos (finales de primavera) y diatomeas bentónicas (otoño, invierno y primavera) (Fernández y Díaz, 2014). Dado el amplio espectro trófico de la lisa, y su carácter oportunista, es posible alimentar a las lisas en cautiverio con fitoplancton obtenidos de un cultivo accesorio con agua verde y

alimentos que aporten los nutrientes necesarios para complementar su dieta la cual es poco exigente según Franco & Bashirullah, (1992).

La reproducción por su parte es un tema al cual también es necesario abordar en cautiverio debido a que, al ser peces catádroinos, es decir, se encuentra en ambientes salinos y de agua dulce, la complejidad aumenta debido a su ciclo reproductivo. Se han encontrado adultos de *Mugil cephalus* en aguas cuyo rango de salinidad oscila desde 0 hasta 75%, mientras que los juveniles solo toleran estos rangos cuando alcanzan una talla de 4 a 7 cm (en el caso de la zona estudiada los rangos oscilan entre 10-35 PSU). Los adultos forman grandes bancos cerca de la superficie en fondo arenoso o lodoso, y migran de la costa para desovar en conjunto. Las larvas regresan a la costa, a aguas muy poco profundas, lo cual los protege de depredadores al tiempo que provee alimentos. Tras alcanzar los 5cm de largo, los juveniles se mudan a aguas ligeramente más profundas. (FAO, 1995). Toda esta dinámica reproductiva en cautiverio no es replicable por lo que los parámetros a regular son varios, tales como salinidad, temperatura, pH, disponibilidad de alimentos y otros factores fisicoquímicos que son de interés a la hora de la reproducción. Actualmente se han realizado pruebas para la reproducción artificial de la lisa, pero la mayor parte de la producción acuícola comercial aun depende de crías silvestre, ya que resultan más baratas. Existen varios caminos a seguir para poder establecer los protocolos adecuados y bajar la tasa de mortalidad de las semillas que se producirán. Debido a que aún no se afina la técnica de cultivo la supervivencia de juveniles de 42 días, con un tamaño de 27 mm, es solamente de 0.3% (Liao *et al.*, 1971).

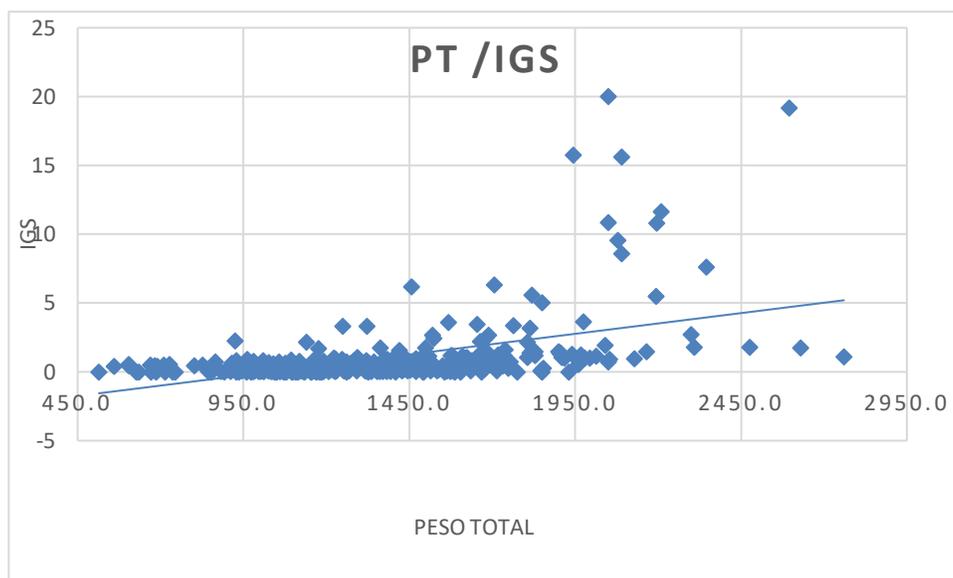


Figura 28. Relación potencial PT - IGS estimada en hembras de *M. cephalus* desde marzo 2017 a marzo 2018 (n= 3002).

Según los datos obtenidos el IGS de las hembras y machos de *Mugil cephalus* presento una distribución temporal semejante (Tabla 6), lo que sugiere que el proceso de maduración y desove esta sincronizado entre ambos sexos. Aunque Nikolsky (1963) señala que la proporción de sexos puede variar considerablemente dentro de la misma especie en diferentes cuerpos de agua, menciona que esta proporción tiende a ser de 1:1. Margalef (1977) señaló que la relación entre el número de machos y hembras está influida por mecanismos genéticos y de regulación ambiental. Los máximos valores de IGS se encontraron en los meses de; enero, marzo, noviembre y diciembre, lo que concuerda con un estudio realizado anteriormente en el Pacífico (Ramos-Santiago et al, 2010) y en otras especies del mismo género como lo es que *Mugil curema* que muestra resultados similares a *M. cephalus*. En general, los peces se reproducen cuando las condiciones ambientales son favorables para la supervivencia de las larvas proporcionándoles el alimento adecuado, y con esto propician su rápido crecimiento, lo cual contribuye a disminuir el número de depredadores (Chellappa

et al., 2010). En cambio, el peso de las gónadas si se vio diferenciado entre sexos, siendo en promedio en machos menor que en el de las hembras por y a su vez la longitud total y peso total de hembras también fue mayor (Tabla 6).

Tabla 6. Peso gónadas, peso total y longitud total promediados y sesgados por sexos.

Peso Gónadas		Peso Total		Longitud Total	
Sexo	Promedio de PG	Sexo	Promedio de PT	Sexo	Promedio de LT
Macho	7,559	Macho	1265,758	Macho	50,054
Hembra	28,786	Hembra	1503,994	Hembra	52,646
promedio	20,548	promedio	1387,535	promedio	51,251

Tener densidades optimas en función al tamaño de los peces y las dimensiones de los harchery es importante, ya que al tener problemas de densidad aumenta el estrés lo que puede generar enfermedades (Tabla 5). En las granjas piscícolas, las enfermedades se presentan por la interacción de variables ambientales o de manejo, presencia de agentes patógenos y condiciones subóptimas tanto nutricionales como inmunológicas de los organismos en cultivo. En dicho ambiente, los peces cohabitan o están infectados de numerosos agentes patógenos sin generarle la enfermedad, esta situación se establece por un equilibrio entre la resistencia del huésped y la virulencia del agente patógeno. Dicha condición se rompe, cuando existen factores de estrés suficientemente importante, para que el animal enferme (Balbuena *et al.*, 2011). Según Coll, 1991, la densidad óptima para la fase larval es de $13 \times 10^5 / m^3$ mientras que para la fase de engorde es de 300/ha, pero para este último se considera un método de cultivo semi-intensivo ya que las condiciones óptimas en esta fase están poco estudiadas aún.

La densidad es una de las tantas variables que afectan al bienestar de los peces en el cultivo, ya que dentro de un ambiente, como el agua, donde las enfermedades y agentes patógenos se propagan de forma más eficaz entre individuos, los factores ambientales como temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, tiene que estar regulados de tal forma que no causen estrés o dificultades a los peces, ya que esto disminuiría su resistencia a las enfermedades y aumentaría la probabilidad de que se presenten problemas sanitarios. Además de los factores ambientales, una alimentación inadecuada puede producir enfermedades causadas por deficiencia nutritivas. Los agentes que más afectan a *Mugil cephalus* son del tipo bacteriano, como, por ejemplo; *Vibrio anguillarum*, *Streptococcus faecalis*, *Aeromonas*, los cuales se pueden evitar a través de vacunas y principalmente mejora ambiental, estas son las más frecuentes cuando el sistema de cultivo de peces se hace intensivo y los peces obtienen menos nutrientes de organismos naturales. Aunque se puede evitar con un buen manejo, asegurando un suministro de agua de calidad, suficiente y libre de contaminación, con niveles adecuados de concentración de oxígeno disuelto, limpiando los estanques y cambiando el agua de esta para eliminar residuos sólidos y en suspensión que pueden quedar (escamas, pellets fecales, alimento sobrante, microalgas). La lisa al ser cultivada de forma intensiva se necesitará la tecnología y los protocolos adecuados para poder mantener en equilibrio en el medio, los cuales aún no existen del todo. También está la posibilidad de añadir un estanque de agua verde como cultivo accesorio para obtener algas unicelulares, las que tiene alto contenido de carotenos y proteínas. Además de que estas mismas desarrollan otros organismos como gusanos rojos, larvas de mosquitos, artemias y otras especies de organismos filtradores que también servirán como otro excelente suplemento alimenticio.

Dentro de la ictiopatología, el examen hematológico constituye una herramienta que provee un diagnóstico mejorado y pronóstico asertivo dentro de una población acuícola. Esta interpretación del análisis nos revela el estado nutricional, sanitario y las variaciones sufridas durante un estado patológico. El

individuo es considerado un representante del grupo de peces que se quiere analizar, donde las muestras sanguíneas de un número determinado de individuos nos muestran un perfil sanguíneo de la población, el que puede revelar ciertas anormalidades (Messenger & Aldrin, 1980). También es importante una evaluación integral del sistema, particularmente el análisis de la relación salud-enfermedad y su efecto sobre la producción y el ambiente, lo que involucra identificar y considerar los límites que establecen la aparición y propagación de agentes patógenos, para proyectar programas de control a mediano o largo plazo integrando a productores y creando un cambio de actitud hacia la prevención (Nieto, *et al.* 1997)

En relación a la química sanguínea, se encontraron que en el mes de agosto la GOT fue baja lo que puede significar que hay bajo riesgo de problemas hepáticos ya que su elevado nivel puede sugerir problemas hepáticos menores como hígado graso o problemas más graves como hepatitis y problemas al corazón. La creatinina, tuvo bajas concentraciones el mes de agosto, lo que sugiere bajo riesgos de enfermedades renales ya que los riñones son los encargados de filtrar la creatinina para que se excrete a través de la orina, el colesterol y los Triglicéridos tuvieron sus altas concentraciones en agosto, mes donde el FC empieza a bajar y el IGS a subir, esto podría significar que están preparados fisiológicamente para la reproducción, ya que, el colesterol tiene que ver con el bienestar fisiológico y condición nutricional en que están los peces antes y después de la época reproductiva (De-Pedro *et al.*, 2005), y por su parte los triglicéridos son la principal forma de almacenamiento de energía y transporte de ácidos grasos. Además de tener una segunda función que es proporcionar aislamiento para las bajas temperaturas (Nelson y Cox. 2005). La albumina disminuye a después de agosto, lo cual puede ser causal del uso reproductivo para la formación del yolk o también se puede asociar a un bajo aporte proteico en la dieta, por mal nutrición o ayuno (Thrall *et al.*, 2012), igualmente puede significar algún tipo de anemia ya que se puede observar un aumento en los

eritrocitos en el mes de septiembre, lo que puede significar una respuesta fisiológica a estrés hipóxico (Alaye-Rahy N. 2013).

La lisa tiene un buen mercado a nivel mundial, especialmente en la región sur y oriental del Mediterráneo y varios países asiáticos. Pese a esto, el valor agregado de su carne no es alta, por lo que su cultivo intensivo y toda la inversión y tecnología que se tiene que emplear no es rentable. Sin embargo, si se cultiva para la extracción y venta de sus gónadas maduras, el valor agregado de estas es bastante alto, lo suficiente para que la inversión sea rentable. Hasta el momento la producción de lisa tiene un futuro incierto y la inversión en la actividad actual (Cultivo extensivo y semi-intensivo) está decayendo. Esto debido a que se vuelve menos atractivo debido al limitado potencial de exportación de su carne, pero si se logra realizar el cultivo intensivo para la obtención de caviar de lisa la actividad y el cultivo aumentará.

En Chile la Pesquería comercial y la pesquería de orilla aumenta la presión extractiva sobre las poblaciones de *Múgil cephalus* que, por sus características conductuales, se prestan para una captura relativamente fácil. Se ha registrado periodos de disminución en los desembarques pesqueros, por ejemplo, entre los años 1989 y 2001, y en la última década (Sernapesca, 2017) lo cual podría estar afectando las poblaciones (Pequeño y Olivera 2005). Ya en el año 1971, se señalaba: “En Chile se le pesca en grandes cantidades con redes, tanto en aguas salobres como en el mar, se le encuentra con frecuencia en los mercados del país” (Duarte et al. 1971). En países como México las gónadas de lisa durante la época reproductiva adquieren un alto valor comercial, lo cual propicia que las hembras sean el objetivo de la pesca y predominen en la captura comercial del recurso en cierta época del año (Ramos-Santi et al., 2010). De igual forma, las estrategias de migración reproductiva en la lisa conllevan a la formación de cardúmenes que emigran a la costa, haciéndolas más vulnerable a su captura durante el periodo de desove (Ferrer, 1988). En relación a lo anterior, durante el estudio se observó que no existe la fiscalización ni el registro de la real captura

de lisas, lo cual deja de manifiesto la carencia de vigilancia en la captura del recurso. Las condiciones ambientales y alimenticias idóneas en zona estuarina de la desembocadura del río Biobío son factores importantes que determinan el crecimiento y el reclutamiento de organismos juveniles de la familia de los mugílidos (Yáñez-Arancibia, 1976; Baumar et al., 2003). Será necesario tener la tecnología y protocolos estandarizados para poder realizar el cultivo integral e intensivo de *M. cephalus*, así como afinar la técnica, estudiar y entender las razones del porque ha fallado este tipo de cultivo, teniendo en cuenta los puntos críticos mencionados anteriormente (fase larval y engorde).



CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos en este estudio biológicos preliminar de *Mugil cephalus* se puede concluir que:

- La zona de estudio, en donde se obtuvieron los individuos evaluados estaba seriamente afectada y contaminada durante los últimos 40 años lo que produjeron cambios físico-químicos en la bahía y al mismo tiempo produciendo cambios fisiológicos en las especies que habitan ahí. Actualmente no existe contaminación directa y los sedimentos contaminados fueron removidos lo que permitió que se asentaran algas y peces en donde, la de mayor abundancia es la Lisa, ya que esta especie tiene gran tolerancia a cambios, lo que nos da un candidato a la hora de aclimatarlos y tenerlos en cautiverio.

Cultivo intensivo.

- Los rangos de los parámetros fisicoquímicos que soporta *Mugil cephalus* en la zona de estudio son: pH variaron entre 8-9, en O₂ disuelto entre 0-15 (mg/L); Temperatura (°C) 10-24; Salinidad varia en 10-35 ppt; y una Turbidez (NTU) <5-100. Esta información será aplicada a la hora de poseer los peces en cautiverio y poder tener estandarizados los rangos en los cuales los peces tienen un mejor rendimiento y al mismo tiempo gasten menos energía en regular los parámetros como salinidad y temperatura.
- En el periodo de engorde de la fase II existen dos crisis larvarias asociadas a altas tasas de mortalidad que dificultan el cultivo intensivo de *Mugil cephalus*:
 1. Entre los días 2-3, se produce por la caída de las larvas al fondo del estanque de cultivo, produciendo elevadas tasas de mortalidad.

2. El segundo periodo crítico ocurre entre el séptimo y noveno día, va asociado con cambios morfológicos y fisiológicos y con la nutrición.
- *Mugil cephalus* se aclimata y resiste bien cambios de salinidad y temperatura.
 - La temperatura del agua es un parámetro importante en lo que es reproducción y alimentación.
 - Es necesario tener alimentación suplementaria (Piensos compuestos) para la alimentación en fase II. Teniendo en cuenta estanques con fitoplancton y zooplancton., siendo necesario controlar la densidad del alimento y las tasas de alimentación para asegurar la digestión completa del alimento ingerido.
 - La dieta posee variaciones estacionales.

Índices biológicos.

- El peso y la longitud están estrechamente relacionados, a mayor longitud mayor es el peso.
- Mientras más grandes las hembras mayor cantidad de huevos tendrán, teniendo como promedio $1.2-2.7 \times 10^6$ huevos /kg.
- El IGS y el FC son indirectamente proporcionales, teniendo el IGS un primer aumento en noviembre, y un segundo aumento en enero. Por su parte el FC empieza a bajar en agosto y nuevamente en enero.
- En machos el IGS y el FC es más bajo que en las hembras.

Parámetros hematológicos.

- El conteo de eritrocitos tuvo un aumento de agosto a septiembre.
- No existen diferencias significativas en los parámetros de leucocitos, sin embargo, hay un aumento significativo de septiembre a octubre en la concentración de trombocitos; los leucocitos polimorfonucleares tuvieron alza en el mes de septiembre.

- Por su parte los monocitos tuvieron bajaron su concentración de forma paulatina en el muestreo realizado desde agosto a octubre, siendo agosto la concentración más alta.

Parámetros bioquímicos sanguíneos.

- La glucosa tuvo una concentración alta en agosto, pero luego bajo en septiembre y octubre, las proteínas bajaron su concentración en agosto. El muestreo de estos parámetros es de julio a octubre y no tuvieron diferencias significativas.
- La albumina bajo de agosto para septiembre, teniendo diferencias significativas.
- La concentración de colesterol tuvo cambios significativos, teniendo una mayor concentración en agosto y bajando en septiembre.
- Los triglicéridos totales tuvieron cambios diferencias significativas en todos los meses (julio a octubre) siendo agosto en mes con mayor concentración.
- La creatinina tuvo diferencias significativas, teniendo altas concentraciones en julio y una baja en agosto, para después ir subiendo paulatinamente hasta octubre.
- GOT tuvo diferencias significativas todos los meses, teniendo bajas concentraciones en los meses de julio y agosto, y altas concentraciones en septiembre y octubre.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada R & L Chuecas (1979) Algunas características hidrográficas de la Bahía Concepción (36°40'S - 73°02'W) y áreas adyacentes, Chile. Gayana Miscelánea (Chile) 8: 1-56.
- Ahumada R, A Rudolph, S Madariaga & F Carrasco (1989) Descripción de las condiciones oceanográficas de la Bahía San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. Biología Pesquera (Chile) 18: 37-52.
- Ahumada R & A Rudolph (1987). Análisis del nivel de contaminación por desechos orgánicos en la marisma Rocuant, Talcahuano, Chile. Revista de Recursos Naturales de Chile 11: 45-59
- Alaye-Rahy N, M, José 2013. Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Patzcuaro, Universidad Autónoma Metropolitana Universidad Iztapalapa Michoacán, distrito Federal México. Hidrobiología, vol. 23, núm. 3, pp. 340-347
- Amaral, A. F.; Alvarado, N.; Marigomez, I.; Cunha, R.; Hylland, K. & Soto, M, 2002. Autometallography and metallothionein immunohistochemistry in hepatocytes of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) after exposure to cadmium and depuration treatment. Biomarkers, 7:491-500.

- Bardach, J.E., Ryther, J.H., and McLarney, W.O., 1972. Aquaculture: the Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms, New York: John Wiley & Sons.
- Basulto, S.2003. El largo viaje de los salmones. Una Crónica Olvidada. Propagación y cultivo de especies acuáticas en Chile. Editorial Malva. Chile. 299 pp.
- Baumar, J.M.E., A. Quintero, D. Bussièrre y J.J. Dodson. 2003. Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. Fishery Bulletin 101(4): 809–821.
- Bishara NF 1978. Fertilizing fishponds II- growth of *Mugil cephalus* in Egypt by pond fertilization and feeding. Aquaculture 13, 361–367.
- Biswas G De D Thirunavukkarasu, A R Natarajan, M. Sundaray, J K Kailasam, M Kumar, P Ghoshal, T K Ponniah, A G Sarkar, 2012. Effects of stocking density, feeding, fertilization and combined fertilization-feeding on the performances of striped grey mullet (*Mugil cephalus* L.) fingerlings in brackishwater pond rearing systems. Aquaculture 338–341, 284–292.
- Campos H, G Dazarola, B Dyer, L Fuentes, J F Gavilan y L Huaquin. 1998. Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. Boletín del museo nacional de historia natural. 47: 101-122.

- Casillas, E., Myers, M., Rhodes, L.D. and McCain, B.B. (1986). Serum chemistry of diseased English sole, *Parophrys vetulus* Girard, from polluted areas of Puget Sound, Washington. *J. Fish Dis.*, 8,437-449
- Chellappa, S., J.T. Lima, A. Araujo & N.T. Chellappa. 2010. Ovarian development and spawning of Serra Spanish mackerel in coastal waters of northeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 70: 451-456.
- Chen MF, JA Apperson, GD Marty & YW Cheng. 2006. Cooper sulfate treatment decreases hatchery mortality of larval white seabass *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture* 254: 102-114.
- Clemens, W. A. 1968. Origin and early evolution of marsupials. *Evolution* 22:1-18.
- Coll J. 1991. *Acuicultura Marina Animal*. Ediciones Mundi - Prensa. Tercera Edición. España.
- De Pedro, N., A. I. Guijarro, M. A. Lopez-Patiño, R. Martinez-Alvarez y M. J. Delgado (2005). Daily and seasonal variation in hematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca Linnaesua*, 1758. *Aquaculture Research* 36: 1185-1196.
- De Silva S.S. & E.I.L. Silva 1979a. Biology of young grey mullet, *Mugil cephalus* L. populations in a coastal lagoon in Sri Lanka. *Journal of Fish Biology* 15: 9-20.
- Drake, P.; A.M. Arias & L. Gallego (1984). *Biología de los Mugilidos (Osteichthies, Mugilidae) en los esteros de las salinas de San Fernando*

(Cadiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. *Investigación pesquera*, 48: 337-367.

- Duarte W, R Feito, C Jara, C Moreno y E Orellana (1971) Ictiofauna del sistema hidrográfico del río Maipo. Museo Nacional de Historia Natural de Chile, Boletín 32: 227-268.
- FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO, Rome, Italy. 41 pp.
- Fernández, W.S. & J.F. Dias. 2014. Aspects of the reproduction of *Mugil curema Valenciennes, 1836* in two coastal systems in the southeastern Brazil. *Trop. Zool.*, 26: 15-32.
- Ferrer OJ. 1988. Madurez sexual, diámetro de huevos, fecundidad y factores relacionados de la lisa (*Mugil curema Valenciennes, 1836*) del Lago de Maracaibo. *Zoot Trop.* 6:81–112.
- Fischer, W, G Bianchi 1984. FAO Identification Sheets for Fishery Purposes. Western Indian Ocean, FAO, Rome. Pp. 84
- Franco, L. & K. M. Bashirullah. 1992. Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco-Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 10 (2): 219-238.
- García Sandoval, S. 1982. Evaluación de las capturas de lisa en el NE del golfo de México. Periodo 1965-1979. (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigación Pesquera, Tampico. México 28p.

- Gammanpila, & M J S Wijeyaratne, & U Amarasinghe. (2016). Shedding of gill epithelia by grey mullets (Family Mugilidae) in Negombo Estuary, Sri Lanka. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*. 21. 151.
- Gómez - Ortiz, G A González-Cruz y I Hernández-Tabares. 2006. Lisa y lebrancha en el Golfo de México y Mar Caribe. En: F. Arreguín- Sánchez, L. Beléndez-Moreno, I. M. Gómez-Humarán, R. Solana- Sensores y C. Rangel-Dávalos (eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y manejo*. Instituto Nacional de la Pesca/ SAGARPA. México, pp. 477-502.
- Hamilton, S.J. & Mehrle, P.M. (1986). Metallothionein in fish: Review of its importance in assessing stress from metal contaminants. *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol.115, (4), pp. 596-609.
- Hickling, C.F 1970. A contribution to the natural history of the English grey mullets (Pisces, Mugilidae). *Journal Marine Biology Association UK* 50; 609–633.
- Ibáñez – Aguirre, AL M. Gallardo-Cabello y X. Chiappa-Carrara. 1999. Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus*, and white mullet, *Mcurema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 97(4): 861-872.
- Liao, I.C., Lu, Y.J., Hwang, T.L. and Lin, M.C. 1971. Experiments on induced breeding of the grey mullet (*Mugil cephalus* Lirmaeus). *Fish. Ser. Chin-Am. Jt. Comm. Rur. Reconstr.*, (II): 1-29.
- Luzzana, U Valfré, F Mangiarotti, M Domeneghini, C Radaelli, G Moretti, V.M., Scolari, M., 2005. Evaluation of different protein sources in

fingerling grey mullet *Mugil cephalus* practical diets. *Aquaculture International* 13, 291–303.

- Maddock, D.M. & M.P.M. Burton. 1999. Gross and histological observations of ovarian development and related condition changes in American plaice. *J. Fish Biol.* 53:928-944.
- Mann, K.H. & J.R.N. Lazier. 1991. *Dynamics of marine ecosystems*: 563. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Omega S. A., Barcelona. 600 p.
- McDonough CJ, Roumillat WA, Wenner CA. 2005. Sexual differentiation and gonad development in striped mullet (*Mugil cephalus* L.) from South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin*. 103:601–619.
- Messenger, J.L.; J.F. Aldrin. 1980. exploration sanguine in ichtyopathologie considerations pratiques. *Ichthyophysiological Acta*. 4: 84-107.
- Mires D, 1970. "Preliminary Observation on the Effects of Salinity and Temperature of Water Changes on *Mugil capito* Fry," *Bamidgeh* **22**(1), 19–24.
- Moriarty, D.J.W 1976. Quantitative studies on bacteria and algae in the food of the mullet *Mugil cephalus* L. and the prawn *Metapenaeus bennettiae* (Recek & Dall). *Journal Experimental Marine Biology Ecology* 22, 131–143.
- Nash, C.E., Kuo, C.M., Shehadeh, Z.H., 1974. A procedural guide to induce spawning in grey mullet (*Mugil cephalus* L.). *Aquaculture* 3, 1–14

- Nelson, J. S. Fishes of the world (4th ed.), pp. 262–263. New York, NY: John Wiley and Sons, Inc. (2006).
- Nelson, D. L & M. M. Cox (2005). Lehninger Principles of Biochemistry 4th ed. Freeman and company. New York, NY. 1119 pp.
- Nieto, F.E., Lee, J.J., Koestler, R.J., 1997. Assessing biodeterioration in wood using ATP photometry: Part I. Nucleotide extraction and wood interference. International Biodeterioration & Biodegradation 39, 9–13.
- Nikolsky GV. 1963. The Ecology of Fisher. Academic Press (Ed). London and New York.
- Roberts, R.J. 1981. Patología de los Peces. Mundi Prensa, Madrid, 366p.
- Odum W E (1970). Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet *Mugil cephalus*. Institute of Marine Science. University of Miami. 220-240.
- Oliver S C 1943. Catálogo de los peces marinos del litoral de Concepción y Arauco. Boletín Sociedad de Biología de Concepción 17: 75-126.
- Padrós F, Zarza C, Estévez A, Crespo S, Furones MD (2005) La patología como factor limitante para el desarrollo del cultivo del lenguado. In: Abstract book, 12–16 May 2003, IX Congreso Nacional de Acuicultura, Cádiz, p 343.
- Pequeño G & F Olivera 2005. Peces litorales de Chile objeto de la pesca: primer análisis de conjunto; o ¿Hay en la pesquería litoral una amenaza a la diversidad ictiofaunística, que ha sido humanamente imperceptible

e incalculable? pp. 507-537, En: Biodiversidad Marina: Valoración, Usos y Perspectivas (E. Figueroa, Ed.), Editorial Universitaria, Santiago.

- Pereira PAB, De Silva SS 1978. Studies on the biology of young grey mullet (*Mugil cephalus*) digestion. *Mar Biol* 44(4): 383–387.
- Pickford, G. E., & Atz, J. W. 1957. “The Physiology of the Pituitary Gland of Fishes.” N. Y. Zool. Sot., N. Y.
- Piras, C., Scano, P., Locci, E., Sanna, R., & Cesare, F. (2014). Analysing the effects of frozen storage and processing on the metabolite profile of raw mullet roes using ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 71-79.
- Polanco, JE Mimbela, L Beléndez, P González, M Flores, A Pérez, N Aguilar, R Pérez, R Calderón, J Guerra, J Romo, H Gómez, J Mimbela, H Cabrera, M Peralta, J García y G González. 1987. *Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su administración*. Secretaría de Pesca. México. 1061p.
- Ramos-Santiago, E. Gil-López, H. Labastida-Che, A. Gómez-Ortega, R 2010. Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera* 18(1): 79-89.
- Romer, G. S., & McLachlan, A. (1986). *Mullet grazing on surf diatom accumulations*. *Journal of Fish Biology*, 28(1), 93–104.
- Ruiz-Campos, G., Valles-Rios, M., & Galaviz-Silva, L. (1995). Parasite prevalence and intensity in *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae), from Colorado River, Baja California, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 495-501.

- Saleh, M. 2008. Capture-based aquaculture of mullets in Egypt. In A. Lovatelli and P.F. Holthus (eds). Capture-based aquaculture. Global overview. FAO Fisheries Technical Paper. No. 508. Rome, FAO. Pp. 109-126.
- Sandnes, K., Lie, O., & Waagbo, R. (1988). Normal ranges of some blood chemistry parameters in adult farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology*, 32(1), 129–136.
- Shehadeh, Z. H.; Ellis, J.N. 1970. Induced spawning of the striped Mullet (*Mugil cephalus* L). *J. Fish Biol.* 2: 355-360.
- Thrall MA, Baker DC, Campbell TW, DeNicolla D, Fettman MJ, Lassen ED, Rebar A, Weiser G. 2012. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. Lippincott Williams & Wilkins, USA, Pp 776.
- Thomson, JM 1963. Mullet life history strategies. *Austr. J. Sci.* 25, 414–416.
- Urrutia, Jonathan, Sánchez, Paulina, Pauchard, Aníbal, & Hauenstein, Enrique 2007. Plantas acuáticas invasoras presentes en Chile: Distribución, rasgos de vida y potencial invasor. *Gayana. Botánica*, 74(1), 147-157.
- Valenzuela A, C Oyarzún & V Silva. 2003. Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) (Elasmosbranchii, Scyliorhinidae): La Serie Blanca, *Gayana (Concepción)*, 67(1), 130-137.

- Wells, R. D. S. (1984).The food of the grey mullet (*Mugil cephalus*.) in Lake Waahi and the Waikato River at Huntly. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 18(1), 13–19.
- Xiaoyun, W., Harismendy, O, B Stockwell, T., Y Beeson, K., A Frazer, K. 2009. Evaluation of next generation sequencing platforms for population targeted sequencing studie. *Genome Biology*, 10(R32), 50-62.
- Yáñez-Arancibia G. Curiel & V. L. Yáñez. 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México 3 (1):125-180.





