



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y
Oceanográficas



Crecimiento de *Lisa Mugil cephalus*
Linnaeus, 1758 en la Costa de Chile Centro-
Sur



Stefany N. Farías-Salcedo

Seminario de Título para optar al título de Biólogo Marino

Profesor Guía: Dr. Ciro Oyarzún González

Concepción, Chile

Marzo, 2022



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Quien suscribe, Stefany Nicole Farías Salcedo, Cédula de identidad 19.050479-4, alumna de la carrera de Biología Marina, de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, de la Universidad de Concepción, declara ser autor de la tesis “Crecimiento de *Lisa Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 en la costa de Chile centro-sur” y conceder el derecho de publicación, comunicación al público y reproducción de esta obra, en forma total o parcial en cualquier medio y bajo cualquier forma del mismo, a la Universidad de Concepción, Chile, para formar parte de la colección de material digital de cualquiera de las bibliotecas de la Universidad de Concepción y del Repositorio UDEC. Esta autorización es de forma libre y gratuita, y considera la reproducción de la obra con fines académicos y de difusión tanto nacional como internacional.

Asimismo, quien suscribe declara que dicha obra no infringe derechos de autor de terceros.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Stefany", written over a horizontal dotted line.

FIRMA

Este Seminario de Título ha sido realizado en el Departamento de Oceanografía de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas.

Profesor Guía:

Dr. Ciro Oyarzún González
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

Comisión Evaluadora:



Dr. Luis Cubillos Santander
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

Dra. Ana Bricia Guzmán-Castellanos
Facultad de Ciencias del Mar y de
Recursos Naturales
Universidad de Valparaíso

Ignacia Rodríguez Balbontín
Bióloga Marina
Universidad de Concepción

Docente coordinador:

Dr. Ariel Valenzuela Saldías
Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

DEDICATORIA



*A Yuki, Diana y Leeloo
Compañeras del alma,
Hermanitas de cuatro patas.*

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos Fondef ID16|20092 “Producción de caviar de lisa *Mugil cephalus* como un nuevo producto comercial en Chile y evaluación biológica y técnica del cultivo” y Fondef ID18|10305 “Cultivo Intensivo de Lisa (*Mugil cephalus*) a escala experimental – Fase 1. Generación y acondicionamiento de un plantel de reproductores en cautiverio”, dirigidos por el Dr. Ariel Valenzuela Saldías, y al Laboratorio de Piscicultura y Patología Acuática de la Universidad de Concepción, que me proporcionaron las muestras y materiales necesarios para trabajar en mi departamento durante la pandemia de covid-19 en el año 2021 y así poder concluir mi carrera.

Al Dr. Ciro Oyarzún, mi profesor guía, a quien considero de esa forma desde mucho antes de empezar este último proceso y agradezco enormemente su confianza y compañía durante los años que estuve en la carrera y espero en los años que vienen.

A Biol. Mar. Ignacia Rodríguez Balbontín, quien participo como parte de mi comisión evaluadora de esta tesis y mucho antes corrigiéndome desde mi segundo año de carrera, a quien considero una amiga y colega invaluable, amante de los condrictios. Agradezco sobre todo las conversaciones en los momentos más deprimentes que tuve durante esta etapa.

A la Dra. Ana Bricia Guzmán-Castellanos, la maravillosa persona que conocí en mi práctica profesional en el ChondroLab de la Universidad de Valparaíso, y desinteresadamente ofreció a colaborar en mi Seminario de Título, sin ella no habría podido hacer la mitad de las cosas que logre en esta investigación. Una investigadora impresionante en su dedicación a la formación de futuros y futuras biólogas marinas, a quien admiro muchísimo por su increíble persona, su entusiasmo y cariño que entrega en todos los ámbitos que alcance a conocer y espero seguir conociendo.

A mis amigos, amigas y familia cercana, por su cariño, apoyo y soportarme con mi mal carácter.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. ANTECEDENTES	18
III. HIPÓTESIS	19
IV. OBJETIVOS	19
V. METODOLOGÍA.....	20
VI. RESULTADOS	30
VII. DISCUSIÓN	48
VIII. CONCLUSIONES.....	51
IX. REFERENCIAS.....	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Gráfico de desembarques (en toneladas) de lisa <i>Mugil cephalus</i> en Chile, desde 1960 a 2020, generado a partir de datos extraídos de Sernapesca	13
Fig 2. Esquema de la ubicación de los otolitos (sagita, asteriscus y lapillus) al interior del neurocráneo de un pez genérico.....	16
Fig. 3. Otolito sagita derecho de <i>M. cephalus</i> , señalando sus estructuras principales correspondientes.....	17
Fig 4. Mapa de A) Chile continental, con ampliación a las localidades muestreadas, B) constitución, Región del Maule y C) La Desembocadura del Río Biobío, Región del Biobío. Editado de pantallazos de Google Earth.	21
Fig 5. Comparación entre otolito sagita sin preparación (A) y el mismo otolito posterior a la preparación (B).....	23
Fig 6. Esquema de las mediciones para radios utilizados en el retrocálculo de edades 1, 2 y 3. Con R_1 como radio medido para la edad 1, R_2 como radio medido para la edad 2 y R_3 como radio medido para la edad 3. Todos medidos desde el centro del otolito hasta el anillo opaco correspondiente del par de anillos que generalmente representan un año de vida.....	27
Fig 7. Histograma de frecuencia de tallas (cm.) para lisa <i>M. cephalus</i>	32
Fig 8. Fotografías de (A) la cara externa y (B) la cara interna del otolito sagita derecho de <i>M. cephalus</i>	33
Fig 9. Fotografías del otolito sagita derecho de <i>M. cephalus</i> en distintas clases de tallas de longitud total (cm.) cada uno con escala correspondiente a 20 μm . A) clase 32,4 – 33,8 cm. B) clase 33,8 – 35,3 cm. C) clase 35,3 – 36,7 cm. D) clase 36,7 – 38,1 cm. E) clase 38,1 – 39,5 cm. F) clase 39,5 – 41,0 cm. G) clase 41,0 – 42,4 cm. H) clase 42,4 – 43,8 cm. I) clase 43,8 – 45,2 cm. J) clase 45,2 – 46,7 cm. K) clase 46,7 – 48,1 cm. L) clase 48,1 – 49,5 cm. M) clase 49,5 – 50,9 cm. N) clase 50,9 – 52,4 cm. O) clase 52,4 – 53,8 cm. P) clase 53,8 – 55,2 cm. Q) clase 55,2 – 56,7 cm. y R) clase 56,7 – 58,1 cm.....	34

Fig 10. Gráfico de dispersión de longitud total (LT) vs peso total (PT) para lisa <i>M. cephalus</i> , con la línea de tendencia potencial.....	38
Fig 11. Gráfico de dispersión para la relación del radio del otolito sagita vs longitud total (LT) para lisa <i>M. cephalus</i>	39
Fig 12. Gráfico de sesgo/edad de los pares de lecturas realizadas al otolito derecho de 160 individuos de <i>M. cephalus</i> . La línea roja corresponde a la asignación 1 a 1 o bisectriz teórica.....	40
Fig 13. Gráfico de legibilidad para el otolito derecho de <i>M. cephalus</i> en la costa centro-sur de Chile, representando los porcentajes de individuos que presentaron legibilidad: 0. Las bandas no se distinguen, 1. Bandas poco visibles, 2. Bandas visibles, con dos conteos más probables, 3. Bandas visibles, con un conteo más probable y 4. Bandas excepcionalmente visibles, según los meses muestreados.....	41
Fig 14. Gráfico de análisis de borde de otolito derecho de <i>M. cephalus</i> en la costa centro-sur de Chile, representando los porcentajes de individuos que presentaron tipo de borde: 1. Hialino formando completamente, 2. Hialino formándose, 3. Opaco formado completamente y 4. Opaco formándose, según los meses muestreados.	42
Fig 15. Gráfico de caja y bigotes para las longitudes totales retrocalculadas para las edades 1, 2 y 3, con la comparación entre el retrocalculo con los radios de los anillos de crecimiento en otolitos de individuos más jóvenes (4 a 5 años) en azul y de los individuos más viejos (10 a 14 años) en naranja.	43
Fig 16. Crecimiento individual estimado para <i>M. cephalus</i> en el Centro-Sur de Chile, según el modelo de von Bertalanffy (1938).....	45
Fig 17. Crecimiento individual estimado para <i>M. cephalus</i> en el Centro-Sur de Chile, según el modelo de Gompertz (1825).	45
Fig 18. Crecimiento individual estimado para <i>M. cephalus</i> en el Centro-Sur de Chile, según el modelo Logístico (Ricker, 1975).	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de los muestreos realizados para el presente seminario de título, con numero muestral (n) total y separado por sexos (H: hembras y M: machos), incluye promedio y desviación estándar de las longitudes totales y pesos totales por muestreo. 30

Tabla 2. Tabla comparativa de los parámetros de crecimiento a partir de la estimación de edad en otolitos reportados por estudios anteriores de *M. cephalus* en distintos países, mencionando los modelos y estimador utilizados, donde se puso un guion alto (-) cuando no fue especificado el estimador empleado.47



RESUMEN

Durante los años 2017 a 2020 se capturaron 535 individuos de lisa *Mugil cephalus* en las costas de las localidades de Constitución, Región de Maule, y la Caleta del Rey, Región del Biobío, cercana a la desembocadura del río Biobío. Para el estudio de crecimiento de esta especie, se tomaron las medidas anatómicas de longitud total (LT) y peso total (PT), presentando un promedio (\pm desviación estándar) de longitud de $48,730 \pm 6,066$ cm. y de peso de $1236 \pm 431,374$ g. Para un acercamiento a la comprensión de la edad en esta especie, se analizaron los otolitos sagita de 160 individuos mediante el conteo de anillos de crecimiento. Se probó con distintos modelos de crecimiento (von Bertalanffy, logístico y Gompertz) para encontrar el que mejor se ajustara a los datos colectados, estimando los parámetros K, L_{∞} y T_0 .

Presentando de 4 a 14 pares de bandas, que no fue posible validar si corresponden o no a años de vida. No se encontraron diferencias significativas entre las tallas según el sexo, presentando valores de a y b de 0,0163 y 2,88, respectivamente, lo que señala (b) una relación isométrica entre el crecimiento en peso y talla. Al no poder validar las edades, no es posible asegurar que los valores de los parámetros de crecimiento sean acordes a la realidad de la especie en el área de estudio señalada.

PALABRAS CLAVE: Lisa, *Mugil cephalus*, Crecimiento, Edad,

ABSTRACT

During the years 2017 to 2020, a total of 535 individuals of Grey Mullet *Mugil cephalus* were captured off the coasts of the towns of Constitución, Maule Region, and Caleta del Rey, Biobío Region, near the mouth of the Biobío River. For the growth study of this species, the anatomical measurements of total length (TL) and total weight (TW) were taken, presenting an average length (\pm standard deviation) of $48,730 \pm 6,066$ cm. and average weight of $1236 \pm 431,374$ g. For an approach to understanding age in this species, the sagitta otoliths of 160 individuals were analyzed by counting growth rings. Different growth models (von Bertalanffy, Logistic and Gompertz) were tested, to find the one with better adjusted to the collected data, estimating the parameters K, L_{∞} y T_0 ,

Presenting 4 to 14 pairs of bands, which it was not possible to validate whether they correspond to years of age. lifetime. No significant differences were found between lengths according to sex, presenting values of a and b of 0.0163 and 2.88, respectively, which indicates (b) an isometric relationship between growth in weight and length. Since we were not able to validate the ages, it is not possible to ensure that the values of the growth parameters are consistent with the reality of the species in the indicated study area.

KEY WORDS Grey Mullet, *Mugil cephalus*, Growth, Age

I. INTRODUCCIÓN

La lisa *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 tiene una importancia comercial relativamente baja en la actualidad () en comparación con la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 o la sardina común *Strangomera bentincki* (Norman,1936), que superan las 200.000 toneladas anuales, mientras que la lisa cuenta con desembarques anuales mucho menores, de entre 20 a 110 toneladas en el periodo 2009 – 2019 (SERNAPESCA, 2020) y se captura mediante redes de enmalle, espinel o línea de mano por la flota artesanal; es uno de los peces teleósteos con distribución circumglobal, considerándose cosmopolita (Whitfield *et al.*, 2012). Las diversas poblaciones parecen ser altamente flexibles en su elección de hábitat, variando en los diferentes climas y latitudes en las que se distribuye (Górski *et al.* 2015). En el Pacífico Oriental se le ha reportado desde San Francisco, California hasta Chile (Fitch & Lavenberg, 1971). Es una especie euriterma y eurihalina, por lo que habita un gran espectro de salinidades, desde aguas costeras a lagunas y estuarios entre latitudes de 42°N y 42°S (Thompson, 1964; Chirichigno & Cornejo, 2001). Los adultos se alimentan principalmente de detritus, incluyendo material particulado y microalgas bentónicas, foraminíferos, algas filamentosas y hasta pequeños invertebrados (Lawson & Jimoh, 2010; Whitfield *et al.* 2012) que encuentran forrajeando en el sedimento, donde entierra la cabeza tomando una bocanada de sedimento asociado con las partículas alimentarias, pasando éste por los dientes faríngeos, eliminando posteriormente la porción no digerible a través de los opérculos y la boca en una acción descrita como “toser y escupir” (Thompson, 1954).

I.1. Importancia del estudio del crecimiento y la edad

El crecimiento depende del alimento que es consumido, la energía adquirida de este se utiliza principalmente para el mantenimiento corporal y reproducción, mientras que alrededor de un tercio se emplea en crecimiento en talla y biomasa de los organismos (King, 1995). El crecimiento es una de las actividades más complejas del organismo, siendo resultado neto de una serie de procesos fisiológicos como la ingesta, digestión, absorción, asimilación, gasto metabólico y excreción de desechos (Wootton, 1990; Gómez

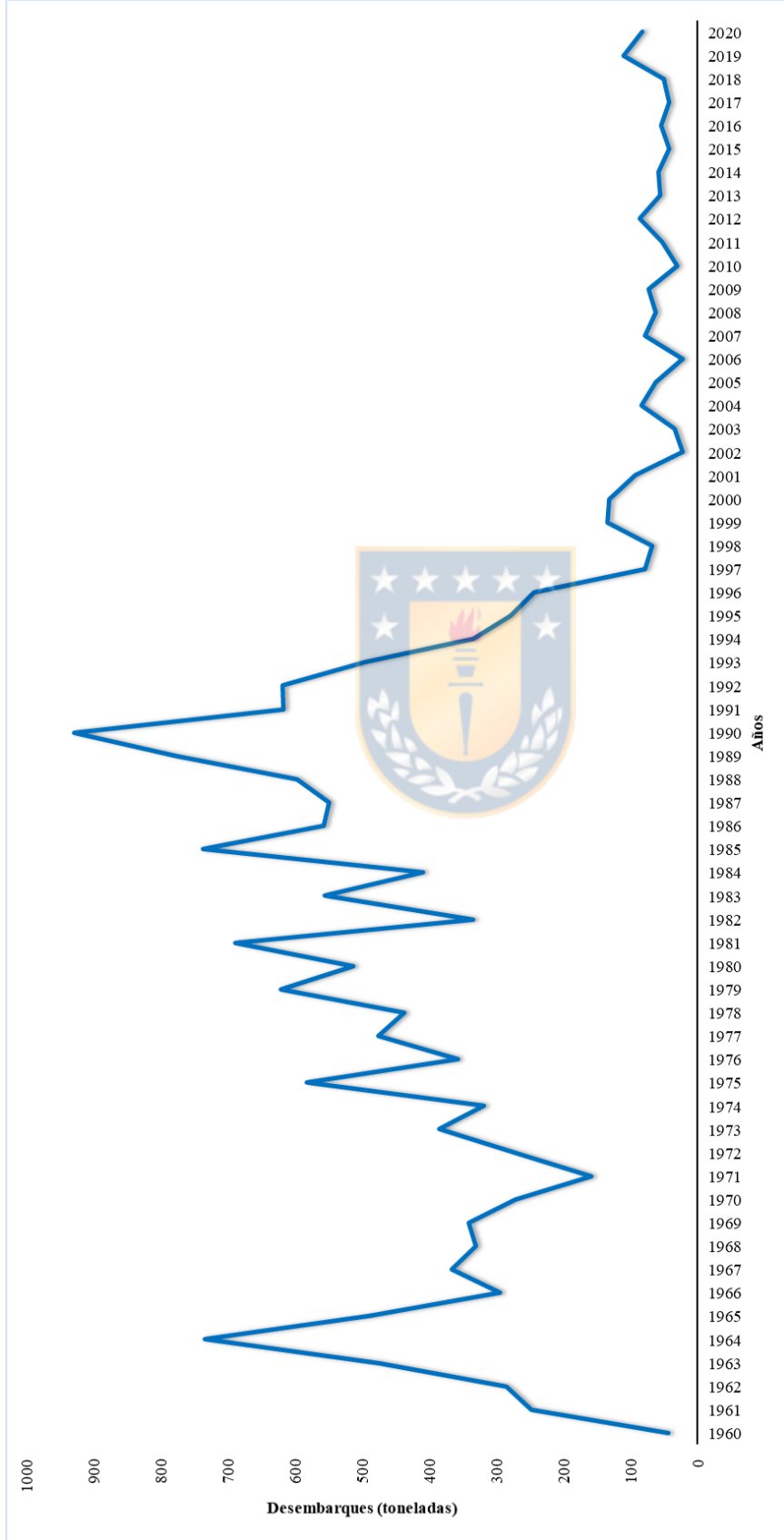


Fig 1. Gráfico de desembarques (en toneladas) de *Iisa Mugil cephalus* en Chile, desde 1960 a 2020, generado a partir de datos extraídos de Sernapesca

et al. 2020). También es uno de los parámetros básicos para el análisis de pesquerías, debido a que implica el crecimiento en biomasa de la población; y es esencial para la aplicación de modelos analíticos a partir del crecimiento individual (Gómez *et al.* 2020). Por lo que conocer la edad y crecimiento de una población es fundamental para la evaluación de stock y posterior fijación de cuotas en especies objetivo de pesquería. Además, se utilizan para estimar parámetros de historia de vida de la especie de interés tales como la talla de primera madurez, tasas de crecimiento, mortalidad natural y edad máxima, entre otros; y estudiar la estructura demográfica y la dinámica de la población explotada (Panfili *et al.* 2002). Estos parámetros pueden usarse para determinar la “salud” del stock, ya que en una población saludable se evidenciarían individuos de edades variadas, mientras que si escasean peces jóvenes podría haber un problema en el reclutamiento, que causaría repercusiones en el futuro de la población. Y, por otro lado, si se carece de individuos más viejos es un indicador de que la población podría estar sobreexplotada (Vitale *et al.* 2019).

I.2. Métodos para la estimación de la edad y su relación directa para describir el crecimiento

El estudio de la edad y la dimensión temporal de los organismos a través de estructuras duras se denomina Esclerocronología, que se basa en señales estructurales, químicas y/u ópticas que marcan una referencia temporal (Panfili *et al.* 2002; Gómez *et al.* 2020); esta es una parte central de la biología pesquera para lograr una explotación sustentable de los recursos hidrobiológicos (Morales-Nin, 1992; King, 2013; Gómez *et al.* 2020).

La determinación de edad en peces puede realizarse a través de diversos métodos, el más directo es la recaptura de un individuo marcado de edad conocida o que es criado bajo condiciones naturales. Si bien es costoso y requiere de mucho tiempo, es útil para la validación de determinaciones de edad con otros métodos (Casselman, 1983). Un método anatómico es el recuento de marcas de crecimiento en estructuras calcificadas como escamas, espinas, radios, vertebras y otolitos (Isely & Grabowski, 2007). De éstos, el

método más popular es la lectura de anillos de crecimiento en las escamas. Si bien no es necesario sacrificar a los peces para conseguir datos de edad (Isely & Grabowski, 2007), se cree que bajo ciertas circunstancias puede llevar a suposiciones erróneas (Casselman, 1983), por ejemplo, al ser escamas regeneradas o en individuos adultos los anillos se hacen cada vez más estrechos y difíciles de diferenciar entre sí (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996). En el caso de espinas y radios, la desventaja radica en el lumen de éstas, ya que a medida que crece el pez este espacio central en espinas y radio se expande, erosionando las marcas de crecimiento de la vida temprana del pez, por lo cual las estimaciones de edad pueden estar sesgadas (Nash & Irwin, 1999; Buckmeier *et al.* 2002). Mientras que el método con vertebras es utilizado principalmente en peces cartilagosos, cuya calcificación esquelética es baja, pero se evidencia una acumulación de anillos relativos al tamaño, útiles para la determinación de edad (Natanson *et al.* 2001; Isely & Grabowski, 2007). Los otolitos en cambio muestran marcas permanentes, que no se regeneran como en las escamas y son un registro de la historia de vida del pez que se preservan incluso en fósiles (Wyodack & Morales-Nin, 2001). Además, los otolitos proveen una mejor resolución para las clases de tallas mayores, que son las susceptibles a los artes de pesca, en comparación a las escamas (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996).

I.3. Estimación de la edad en peces óseos

Los otolitos son estructuras cristalinas que forman parte del oído interno, están compuestos principalmente por carbonato de calcio, en su forma cristalizada de aragonita con una matriz proteica orgánica, conocida como otolina (Morales-Nin, 1992; Moyle & Cech, 2004; Gómez *et al.* 2020). Los peces poseen tres pares de otolitos, situados al interior de los laberintos membranosos a cada lado del neurocráneo en sus respectivas cámaras óticas: el otolito sagita dentro del sacculus, el asteriscus en la lagena y el lapillus dentro del utriculus (Fig 2), este último otolito cumple funciones en el equilibrio y percepción de la gravedad, mientras que los dos anteriores se relacionan más a la percepción del sonido, normalmente siendo el otolito sagita el más grande de los tres, por

lo que es el más común que se utiliza para la determinación de edad (Gómez *et al.* 2020). Estas estructuras cristalinas (Fig. 3) crecen debido a depositación cíclica de material en su superficie, e isométricamente a la talla del pez, es decir, crecen a medida que el organismo

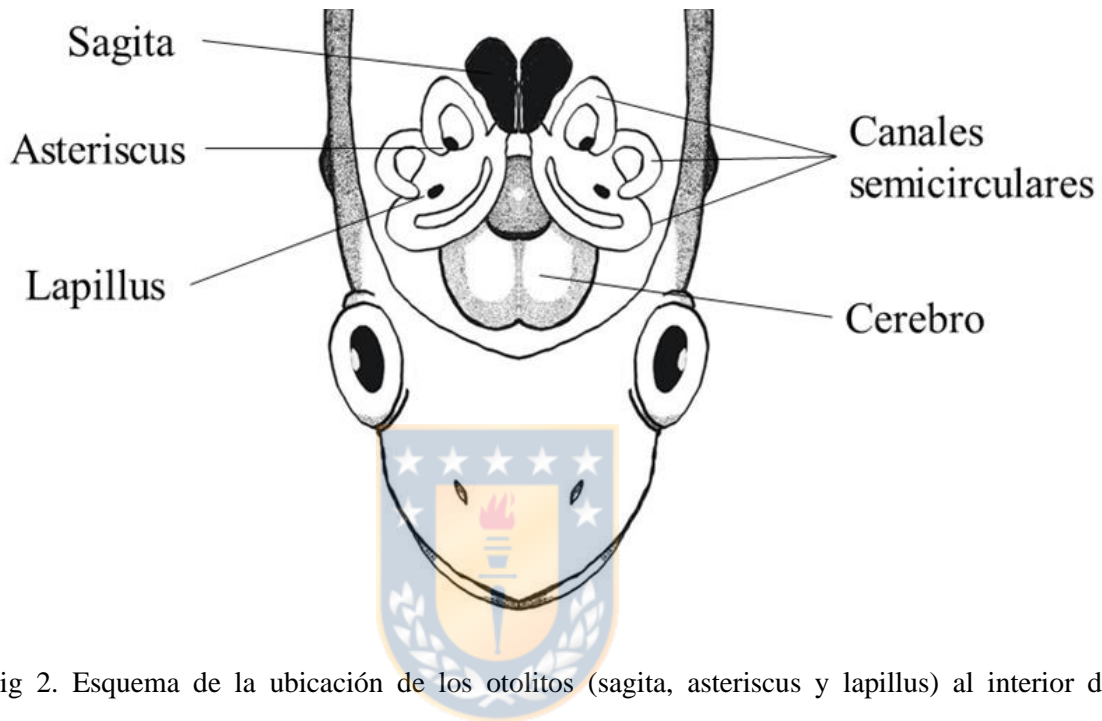


Fig 2. Esquema de la ubicación de los otolitos (sagita, asteriscus y lapillus) al interior del neurocráneo de un pez genérico.

lo haga también; esto en función a ritmos internos, aunque su crecimiento puede verse afectado por variaciones estacionales, lo que permite registrar periodos de estrés fisiológico y ambiental (Campana, 2004). Dentro de las variaciones estacionales, se destaca el efecto de la temperatura sobre el ancho de los incrementos, asumiendo que las bandas opacas, más densas con abundante proteína, corresponden a periodos favorables para el crecimiento del individuo, tales como alta temperatura, abundante alimento, mayor fotoperiodo, etc., por el contrario, en periodos desfavorables, las bandas que se forman son menos densas, llamados anillos hialinos o traslúcidos (Campana, 2004; King, 2013).

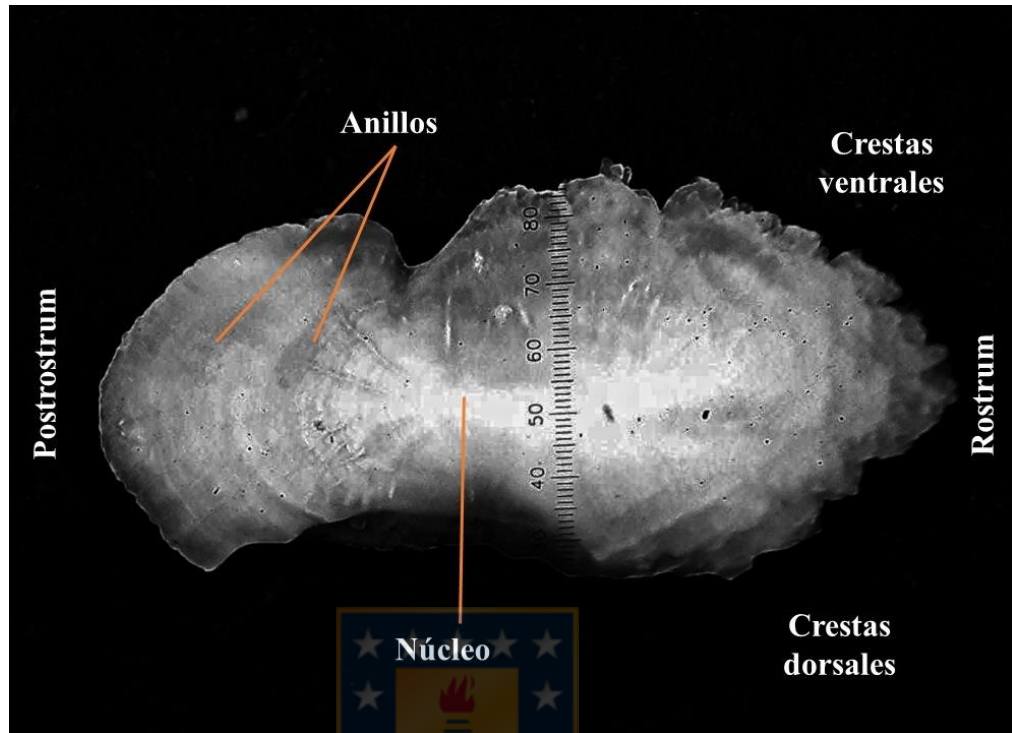


Fig. 3. Otolito sagita derecho de *M. cephalus*, señalando sus estructuras principales correspondientes.

II. ANTECEDENTES

Existe un amplio registro en edad y crecimiento de esta especie en países como Estados Unidos, Egipto, India, Australia, México y Perú, y muchas veces en conjunto a otra especie del mismo género, *M. curema* Valenciennes, 1836. Se encontraron estudios de tasas de crecimiento y desarrollo juvenil de *M. cephalus* en la costa este de Estados Unidos, reportando edades de entre 5 y 6 años, con la madurez al segundo año de vida y desoves cada año en octubre a noviembre (Jacot, 1920); desarrollo larval, tanto con larvas tomadas del ambiente natural (Anderson, 1958), como con ovas fertilizadas e incubadas en condiciones controladas (Kuo *et al.* 1973), este último reportó una talla de nacimiento promedio de $2,65 \pm 0,23$ mm. Entre los métodos utilizados por los diversos estudios, se encuentran la frecuencia de tallas (Anderson, 1958; Kuo *et al.* 1973; Lawson & Jimoh, 2010; Panda *et al.* 2018), a veces combinada con conteos de marcas de crecimiento en escamas (Grant & Spain, 1975; Chubb *et al.* 1981; Aleleye-Wokoma *et al.* 2001; El-Ganainy *et al.* 2002) y otolito sagita (Arrieta *et al.* 2010; Solano Ramirez, 2014; Reis & Ates, 2020), o bien una comparación entre los anillos de crecimiento presentes en estas dos estructuras (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996).

Pese a la abundante información en edad y crecimiento en diversos países, su importancia comercial a nivel local en Chile y el potencial de cultivo de esta especie, no se registran estudios de este tipo en el territorio nacional. La carne de lisa se vende en fresco, mientras que el más alto valor monetario se encuentra en las gónadas maduras de las hembras: las “huevas” o “botarga” como comúnmente se le llama, entre 7.500 a 9.000 CLP los 100 g en formato salado-seco, a través de proveedores en línea. Al ser este su producto de mayor valor, el recurso podría fácilmente caer en colapso, ya que la extracción sistemática de hembras maduras impediría su reproducción y posterior reclutamiento para sustentar las generaciones siguientes, por lo que es imprescindible proponer cuotas que eviten este riesgo (Flood *et al.* 2014).

Como alternativa a la pesquería de esta especie se han llevado a cabo cultivos experimentales para la producción de caviar de lisa en Chile, los proyectos Fondef ID16|20092 “Producción de caviar de lisa *Mugil cephalus* como un nuevo producto comercial en Chile y evaluación biológica y técnica del cultivo” y Fondef ID18|10305 “Cultivo Intensivo de Lisa (*Mugil cephalus*) a escala experimental – Fase 1. Generación y acondicionamiento de un plantel de reproductores en cautiverio”, ambos a cargo del Dr. Ariel Valenzuela, y de los cuales se han colectado las muestras para el presente estudio.

III. HIPÓTESIS

Debido a la amplia distribución y variedad de hábitats en que se presenta *M. cephalus* antes mencionadas, los parámetros de crecimiento (k , L_{∞} y t_0) resultantes de este estudio diferirán significativamente de los reportados por otros estudios.

IV. OBJETIVOS

- a) Objetivo General
 - a) Determinar el crecimiento y la edad de *Mugil cephalus* para la costa centro-sur de Chile.

- b) Objetivos Específicos
 - a) Determinar si existen diferencias en la talla por sexo de *M. cephalus*.
 - b) Estimar el crecimiento individual para *M. cephalus*.
 - c) Proponer el modelo de mejor ajuste para describir los parámetros de crecimiento para *M. cephalus*.

V. METODOLOGÍA

V.1. Área de estudio

La costa de la región del Biobío (~36° 30' S) incorpora una combinación de fuerzas y geografía que la hacen compleja desde el punto de vista de la oceanografía física (Atkinson *et al.*, 2002), al tener una de las más prominentes líneas de costa y vientos hacia el Ecuador favorables para la surgencia (Figueroa & Moffat, 2000) esta zona goza de una alta productividad biológica debido a las aguas frías y ricas en nutrientes de la Corriente Subsuperficial Chile-Perú (Strub *et al.*, 1998), además del aporte de aguas dulces de los ríos en la región, que causan variaciones y mezcla en la estratificación de la columna de agua (Atkinson *et al.*, 2002); con vientos favorables a la surgencia desde septiembre a abril, alcanzando máximos entre diciembre y febrero (Letelier *et al.*, 2009).

Los individuos fueron recolectados en las costas de Constitución (35°16'27,49''S 72°24'50,99''O), Región del Maule, y en la Caleta Alto del Rey (36°49'28,86''S 73°08'55,99''O), Desembocadura del río Biobío, Región del Biobío, en los meses de diciembre 2019 y marzo 2020, respectivamente, con artes o aparejos de pesca autorizados por SUBPESCA, es decir, redes de cerco, espinel o línea de mano, y posteriormente congeladas hasta el momento de extracción de los otolitos y obtención de medidas anatómicas. Con alrededor de una (1) semana de diferencia entre la captura y la extracción de las muestras.

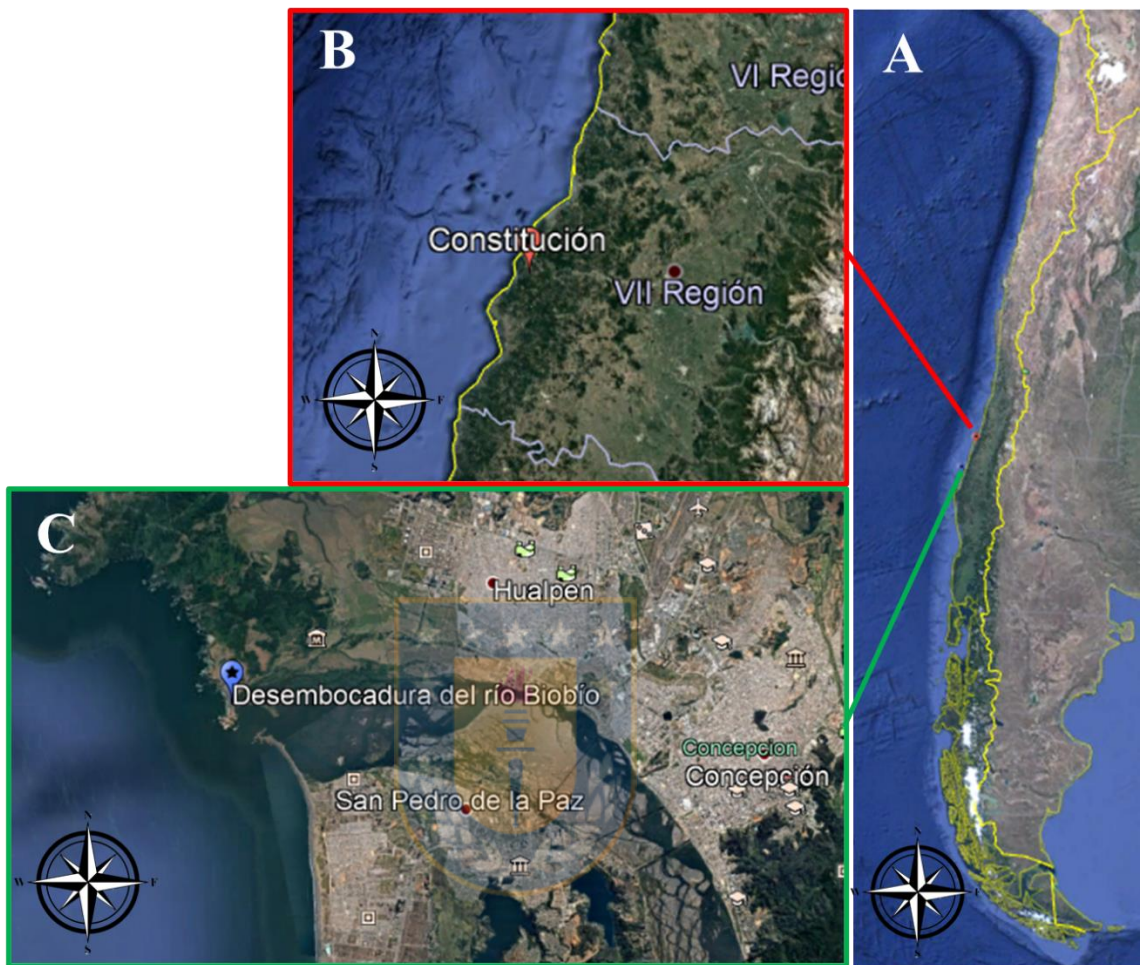


Fig 4. Mapa de A) Chile continental, con ampliación a las localidades muestreadas, B) constitución, Región del Maule y C) La Desembocadura del Río Biobío, Región del Biobío. Editado de pantallazos de Google Earth.

V.2. Artes de pesca

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) clasifica los artes de pesca en dos categorías, distinguiendo los materiales que los componen:

a) Aparejo de pesca: sistema o artificio de pesca preparado para la captura de recursos hidrobiológicos, formado por líneas o cabos con anzuelos o con otros útiles que, en general, sean aptos para dicho fin, pero sin utilizar paños de redes.

b) Arte de pesca: sistema o artificio de pesca preparado para la captura de recursos hidrobiológicos, formado principalmente con paños de redes.

Además, pueden clasificarse en otras dos categorías principales, según el comportamiento relativo a la especie objetivo de la pesca y del arte de pesca (Bjordal, 2005):

1) Arte de pesca pasivo: la captura se basa en el movimiento de la especie objetivo hacia el arte de pesca, más comúnmente utilizados en pesquerías de pequeña escala y artesanales. En esta clasificación se encuentran las redes, trampas, sedales y anzuelos.

2) Arte de pesca activo: la captura por lo general involucra una persecución de la especie objetivo de la pesca. Aquí se encuentran las lanzas, arpones, redes de arrastre, dragas, redes de tiro, chinchorros y redes de cerco.

En el caso de la lisa *M. cephalus* SUBPESCA autoriza su captura con: a) redes de cerco, comúnmente utilizadas para especies que forman cardúmenes, b) espinel, aparejo de pesca que utiliza una carnada para atraer a los peces hacia el anzuelo, y c) línea de mano, aparejo de pesca constituido por una lienza y un anzuelo simple (Ramírez, 2020).

V.3. Trabajo de laboratorio

Se tomaron datos de longitud total (LT), peso total (PT) e identificación del sexo, clasificados en hembra (H) y macho (M), de cada individuo al que se le extrajeron otolitos.

Los otolitos fueron extraídos por la parte dorsal de la cabeza con tijeras quirúrgicas para exponer la cápsula ótica y pinzas de punta redonda para retirarlos cuidadosamente, los otolitos fueron limpiados con agua corriente y papel secante para quitar restos de tejido e impurezas, y almacenados en tubos Eppendorf debidamente rotuladas con el número del individuo y en bolsas diferenciadas por localidad.

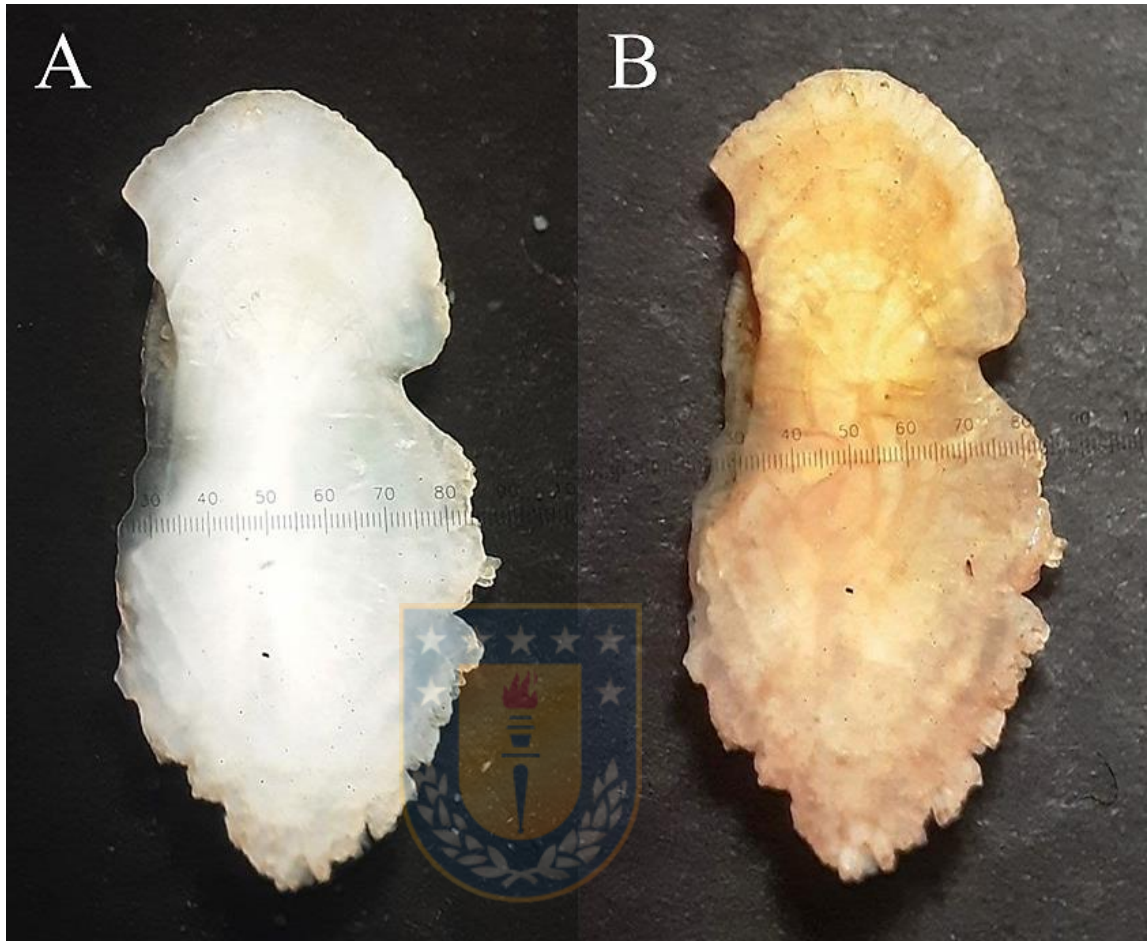


Fig 5. Comparación entre otolito sagita sin preparación (A) y el mismo otolito posterior a la preparación (B).

Previo a la preparación para la lectura, los otolitos fueron limpiados nuevamente, esta vez sumergiendo en alcohol por 1 minuto y luego cepillado suavemente, esto para retirar cualquier resto de tejido conectivo que aun permaneciera adherido a la superficie.

La preparación para la lectura consistió en exponer el otolito derecho a altas temperaturas, en este caso, la llama de un mechero Bunsen sobre una superficie metálica hasta quedar de color café, esto permite identificar más fácilmente el núcleo del otolito y diferenciar los anillos anuales verdaderos, como se puede observar en la Fig 5, siguiendo lo realizado por Arrieta *et al.* (2010) y Solano Ramirez (2014). El otolito derecho preparado se

sumergió completamente en alcohol al 70% en una placa Petri con fondo oscuro para contrastar a la luz reflejada del estereoscopio modelo Olympus SZ61 en aumento de 15X.

V.4. Estructura de tallas

Para evidenciar diferencias en las tallas entre machos y hembras se realizaron histogramas de frecuencia, en el caso de encontrar diferencias significativas entre sexos, se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov, que se utiliza para medir el grado de concordancia de los datos de la muestra con la distribución teórica de la población (Zar, 2009).

$$D = \text{Máx}|F(Y1) - F(Y2)|$$

Donde F(Y1) y F(Y2) corresponden a frecuencias acumuladas relativas.

Ya que el tamaño muestral fue mayor a 50, se calculó el valor crítico de tabla para la prueba de Kolmogorov-Smirnov como:

$$\text{valor crítico de tabla} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$$

Donde n corresponde al número de muestras.

Para la amplitud de los rangos de talla se utilizó la raíz de n (\sqrt{n}), debido a que el tamaño muestral fue mayor a 100.

V.5. Descripción del otolito sagita

Se realizó una observación detallado del otolito sagita derecho de *M. cephalus*, al no estar descrito en literatura previa en el territorio chileno, para comparar la forma del otolito tanto con estudios realizados en otros países, como entre las clases de tallas reportadas por el presente seminario de título, y así evidenciar si existen variaciones en la forma, además del tamaño, a medida que el individuo crece.

V.6. Crecimiento

V.6.1. Relación longitud – peso

Con los datos colectados de longitud total y peso total se procedió a graficar los datos mediante el programa Microsoft Excel, para la ecuación potencial:

$$PT = a \cdot LT^b$$

O en su forma logarítmica como:

$$\log_{10} PT = \log_{10} a + b \cdot \log_{10} LT$$

La constante b, conocida como coeficiente alométrico, indica cómo se comportan los cambios en proporcionalidad de X e Y, en este caso LT y PT respectivamente, con un valor igual 3, se advierte que los cuerpos poseen similitud geométrica, es decir, son isométricos; por otro lado, si es mayor a 3, significa que existe un crecimiento mayor de una variable sobre la otra, o alometría positiva, y negativa en caso a ser menor a 3. (Ibáñez, 2016).

V.6.2. Relación del radio del otolito vs longitud total

Para evaluar la utilidad del otolito sagita de *M. cephalus*, se calculó la relación entre el radio del otolito (r) y la longitud total (LT) del individuo correspondiente a través de una ecuación lineal, así como su R², que evidencian la proporcionalidad entre el crecimiento del individuo en talla y el crecimiento del otolito.

$$r = m \cdot LT + b$$

El radio del otolito se midió a través del ocular del estereoscópico equipado con una regla de 100 µm, midiéndose desde el borde del postrostrum hacia el centro del otolito.

Los coeficientes m y b de la ecuación lineal fueron estimados mediante el método de mínimos cuadrados, mientras que la relación entre las variables se midió con la tasa de determinación (R²) (Zar, 2009). De corroborarse una relación positiva significativa

indicaría que los otolitos sagita son una estructura apropiada para la estimación de parámetros de crecimiento para la especie.

V.6.3. Lecturas de anillos de crecimiento y asignación de la edad

La edad se asignó mediante la observación de los anillos de crecimiento presentes en el otolito sagita derecho, para evitar posibles variaciones entre los otolitos de un mismo individuo (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996; Gallardo-Cabello *et al.* 2012), el conteo fue realizado por dos lectores independientes, efectuando tres (3) conteos cada una, sin información previa sobre sexo y tallas de los individuos, agregando un último conteo simultáneo para reducir el sesgo del lector inexperto.

Los conteos se realizaron a través de las fotografías que se tomaron en el ocular del estereoscopio modelo Olympus SZ61 en aumento de 15X y editadas por el programa Fotor, siendo etiquetadas con su respectivo número de muestra y una abreviación de la localidad de origen, considerando una zona opaca y una zona translúcida, que corresponden a un año de vida (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996; Solano, 2014).

Los criterios de lectura acordados fueron: a) Considerar la primera banda posterior al núcleo del otolito como la marca de un (1) año de vida, b) Se contó a partir de las bandas opacas más evidentes, seguidas por bandas hialinas o translúcidas, y c) considerar el anillo de crecimiento en su totalidad, buscando la continuidad de la banda donde la estructura lo permitiese.

También se asignó un criterio de legibilidad como: 0- las bandas no se distinguen, 1- bandas poco visibles, 2- bandas visibles con dos conteos más probables, 3- bandas visibles con un conteo más probable y 4- bandas excepcionalmente visibles. Y se registró el tipo de borde: 1- hialino formado completamente, 2- hialino formándose, 3- opaco formado completamente y 4- opaco formándose.

V.6.4. Retrocálculo de tallas a la edad

Se realizaron mediciones desde el centro del otolito derecho a los anillos de crecimiento para las edades faltantes de 1 a 3 años en los individuos más jóvenes (4 a 5 pares de anillos) y los individuos más viejos (10 a 14 pares de anillos) de la muestra, finalmente se calculó el promedio y desviación estándar para cada juego de mediciones para cada año medido, llamados R_1 para el radio del primer par de anillos correspondiente al primer año de vida, R_2 para el segundo y R_3 para el tercero (Fig 6).

La talla a la edad (1, 2 y 3) se calculó a través de una regla de tres simple con la talla del individuo, el conteo correspondiente de anillos y el radio medido para las edades faltantes (Cubillos, L. *com. pers.* 23 de mayo, 2022).

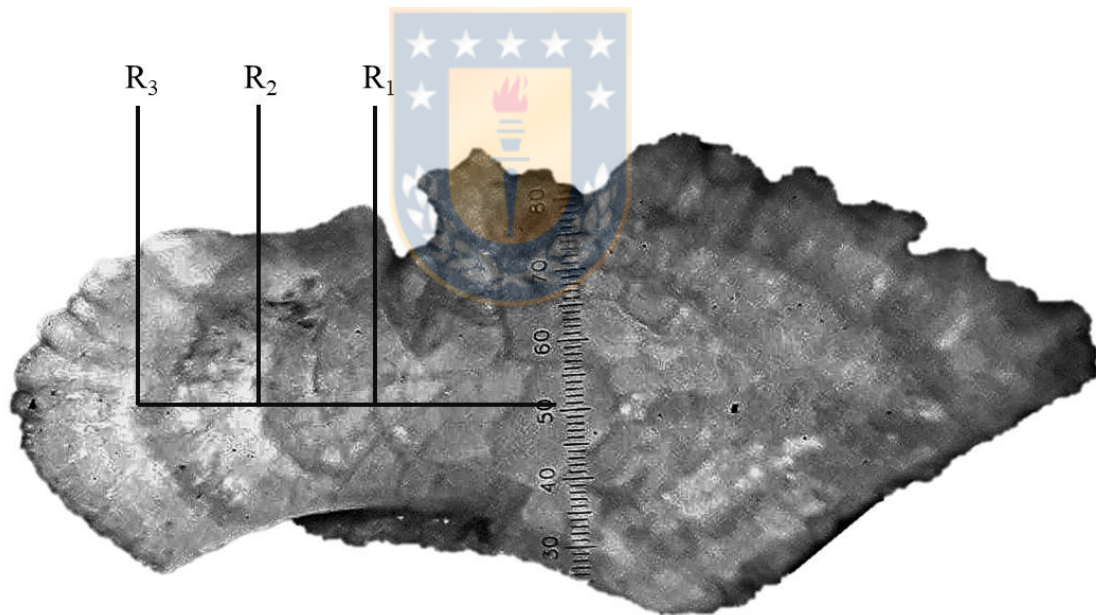


Fig 6. Esquema de las mediciones para radios utilizados en el retrocálculo de edades 1, 2 y 3. Con R_1 como radio medido para la edad 1, R_2 como radio medido para la edad 2 y R_3 como radio medido para la edad 3. Todos medidos desde el centro del otolito hasta el anillo opaco correspondiente del par de anillos que generalmente representan un año de vida.

V.6.5. Precisión de lectura de anillos de crecimiento

Al realizar conteos de anillos, existió la posibilidad de generar variabilidad en la asignación de la edad dependiendo de la lectora, por lo que, para disminuir este sesgo, se realizó un análisis de regresión lineal simple entre las lecturas realizadas por cada lector (Campana *et al.* 1995). La precisión en la determinación de edad entre lectoras se evaluó mediante la técnica del Porcentaje de Error Promedio (PEP), o APE por sus siglas en inglés (Average Percent Error), de acuerdo con Beamish & Fournier (1981) con los supuestos de que: a) la variabilidad en las lecturas de cada organismo abarca todos los grupos de edad y se expresa en términos relativos, y b) todas las fuentes de variabilidad serán iguales, así como todos los diseños experimentales.

$$\frac{1}{N} = \sum_{i=1}^R \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_i)}{X_j} \right]$$

Donde N es el número de muestra, R es el número de veces que se leyó cada muestra, X_{ij} es la i-ésima determinación de edad para el j-ésimo organismo y X_i es el promedio de las edades calculadas para el i-ésimo organismo.

El conjunto de estimaciones de edad con el índice PEP más bajo resulta ser el más preciso (Beamish & Fournier, 1981). Mientras que, para obtener la mejor precisión en la repetición de lecturas, se utilizó el método de Chang (1982), con el cual se calcula el coeficiente de variación (CV):

$$V_j = \sqrt{\frac{(\sum (x_{ij} - x_j)^2)}{(R - 1) x_j}}$$

Donde V_j es el coeficiente de variación para el j-ésimo organismo, R es el número de veces que fue leída o determinada la edad, x_{ij} es la i-ésima determinación para el j-ésimo organismo y x_j es la edad promedio calculada para el j-ésimo organismo.

Además, se propuso un porcentaje de acuerdo para la estimación intra e inter-lector:

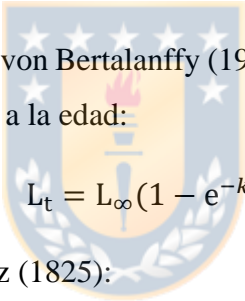
$$PA = \left(\frac{Ll}{Lt} \right) \times 100$$

Donde Ll es el número total de lecturas iguales y Lt es el número total de lecturas realizadas por cada muestra.

V.7. Estimación de parámetros de modelos de crecimiento

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se seleccionaron tres modelos asintóticos en base a talla y edad, y se determinó cual fue el que mejor se ajustaba tanto a los datos obtenidos como a los parámetros de crecimiento individual calculados:

Se utilizó el modelo de von Bertalanffy (1938) para caracterización de crecimiento en longitud del pez en función a la edad:


$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

El modelo de Gompertz (1825):

$$L_t = L_\infty (e^{-e^{-k_3(t-t_2)}})$$

El modelo Logístico (Ricker, 1975):

$$L_t = \frac{L_\infty}{1 + e^{-k_2(t-t_1)}}$$

Donde L_t corresponde de la longitud a la edad t , L_∞ la longitud asintótica, k es el coeficiente de crecimiento, y t_0 es la edad hipotética donde la longitud es cero.

VI. RESULTADOS

VI.1. Muestreo

Se desarrollaron 12 muestreos durante los años 2017 a 2020 (Tabla 1), donde se colectaron en total 535 individuos, correspondientes a 282 hembras y 253 machos, con un promedio total de talla $48,7 \pm 6,1$ cm., y promedio de peso $1236,2 \pm 431,4$ g. Según Jacot (1920) luego de los 30,0 cm. de longitud total, los individuos de esta especie se encontrarían maduros, por lo que todos los especímenes capturados serían adultos, lo que se condice con los artes de pesca dirigidos a los individuos de mayor tamaño.

Además, se calculó la proporción sexual mediante una prueba de chi-cuadrado (χ^2), comprobándose una relación de 1:1 entre hembras y machos ($\chi^2 = 27,034$; g.l. = 534; $p < 0,05$).

Tabla 1. Detalle de los muestreos realizados para el presente seminario de título, con numero muestral (n) total y separado por sexos (H: hembras y M: machos), incluye promedio y desviación estándar de las longitudes totales y pesos totales por muestreo.

Fecha	n	n (H)	n (M)	LT (cm.)		PT (g)	
				Prom	Desvest	Prom	Desvest
25-02-2017	1	0	1	47,900	0,000	1184,3	0,000
07-03-2017	45	25	20	48,424	3,746	1313,513	306,495
06-04-2017	45	13	32	48,356	2,969	1259,902	187,654
20-07-2017	31	18	13	52,303	3,526	1408,068	254,313
12-08-2017	49	23	26	48,967	4,493	1126,141	328,824
06-10-2017	33	19	14	50,158	6,587	1182,691	476,683
29-11-2017	32	11	21	52,388	2,941	1414,994	310,603
29-12-2017	38	21	17	52,087	3,179	1437,032	267,417
09-01-2018	14	10	4	51,236	5,691	1425,107	446,990
18-01-2018	42	36	6	56,857	3,497	1897,143	336,019
12-12-2019	100	57	43	49,873	2,794	1325,660	254,067
26-02-2020	105	49	56	40,410	4,362	708,838	254,291

Se extrajo, preparó y analizó el otolito sagita derecho de 170 individuos, correspondientes a 82 hembras y 88 machos. Luego de múltiples pruebas de preparación (al natural, teñido y quemado) con luz transmitida y luz reflejada, se decidió que el mejor modo de preparación fue el de quemado con luz reflejada. Cabe destacar que este método de preparación vuelve más frágil la estructura, por lo que se recomienda manipularlos cuidadosamente y registrar buenas imágenes de la muestra en caso de que se quiebre. Los otolitos registraron radios desde 56 a 84 μm . ($68,9 \pm 5,7 \mu\text{m}$.), mientras que los individuos midieron en longitud total de 32,4 a 57,5 cm. ($44,7 \pm 5,9 \text{ cm}$.).

VI.2. Estructura de tallas

Las tallas variaron desde los 32,4 a 65,4 cm. de longitud total (LT), con las mayores frecuencias en las tallas medias registradas, entre los intervalos de [47 – 48,1] a [50,9 – 52,4] cm., siendo esta última la de mayor frecuencia con 60 individuos. Mientras que las menores frecuencias se encontraron más cercanas a los individuos de tallas cercanas a los 60 cm. de longitud total.

Una prueba de Kolmogorov-Smirnov evidenció que no existen diferencias significativas ($K-S = 0,055$; g.l. = 534; $p > 0,05$) entre las tallas de hembras y machos de esta muestra, por lo que se optó por agrupar las tallas solamente en un histograma de frecuencia (Fig 7).

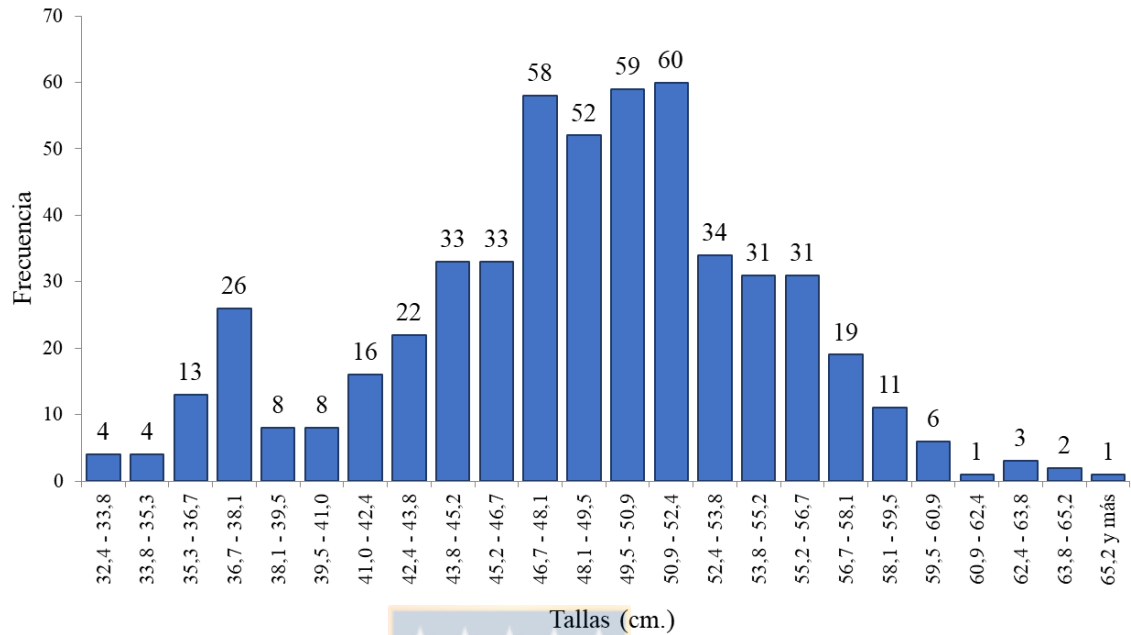


Fig 7. Histograma de frecuencia de tallas (cm.) para lisa *M. cephalus*.

VI.3. Descripción del otolito sagita

El otolito sagita de lisa *M. cephalus* es una estructura gruesa y alargada, de extremo anterior (rostrum) puntiagudo y extremo posterior (postrostrum) redondeado, con diversas irregularidades en un patrón aserruchado en los bordes dorsal y ventral del extremo anterior, como se puede observar en la Fig 8, donde se distingue la cara externa (A) de forma cóncava, mientras que la cara interna (B) es de forma convexa y se identifican de mejor manera los anillos o bandas de crecimiento y el núcleo al centro.

Al ser una estructura robusta en grosor, se optó por contar los anillos con luz reflejada y a partir de la cara interna del otolito derecho, ya que la luz transmitida no logró atravesar la estructura, por lo que no era posible diferenciar los anillos ni por la cara externa ni por la cara interna.

Según Gallardo-Cabello *et al.* (2012), la forma del otolito sagita varía entre individuos, e incluso en un mismo individuo del otolito derecho al izquierdo, además de

alterarse el aspecto del rostrum, volviéndose más romo con el paso de los años; por lo que a continuación se realizó una revisión de estas características en las clases de tallas presentadas en la Fig 7 y que pueden ser observadas en la Fig 9:

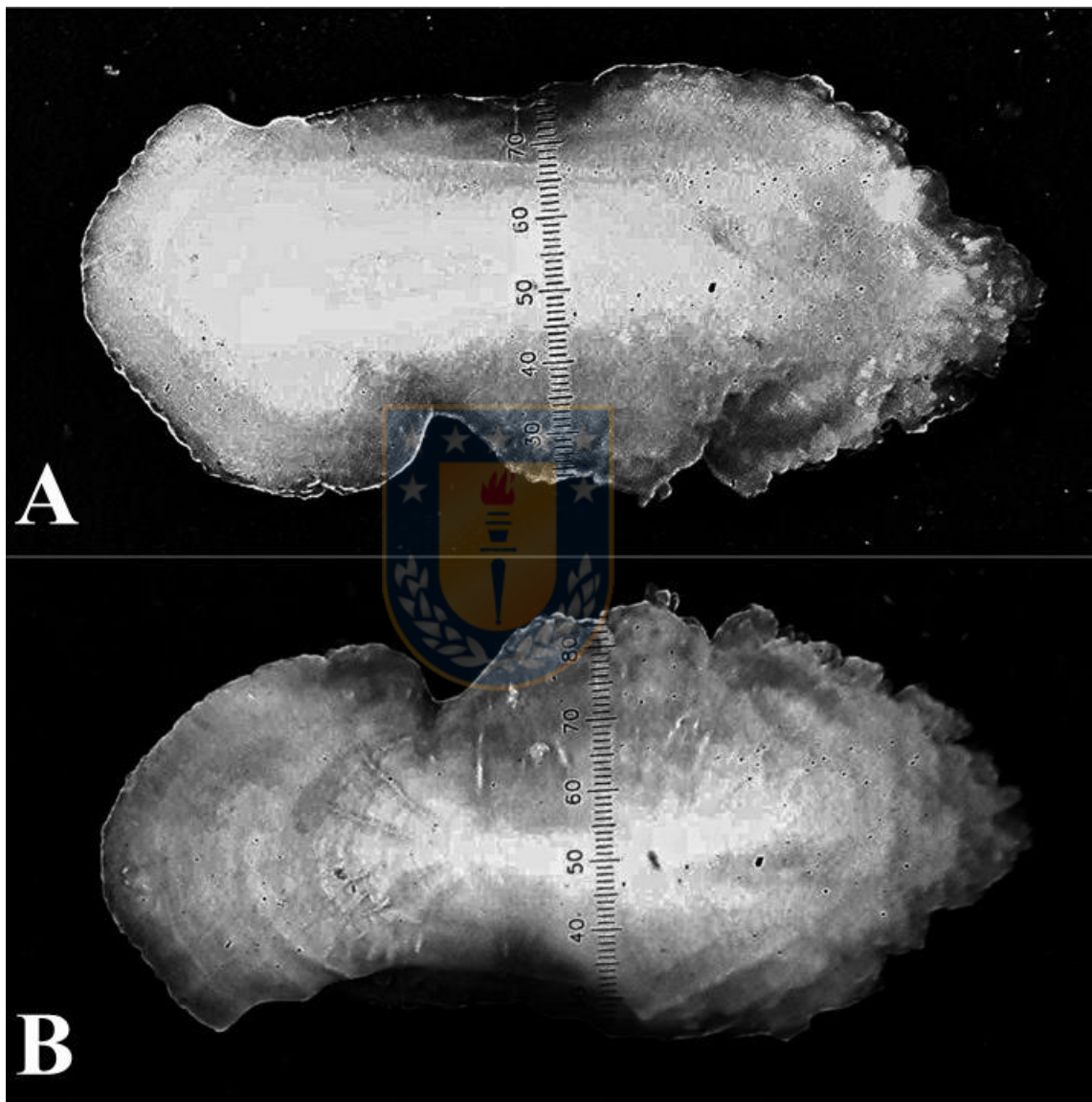


Fig 8. Fotografías de (A) la cara externa y (B) la cara interna del otolito sagita derecho de *M. cephalus*.

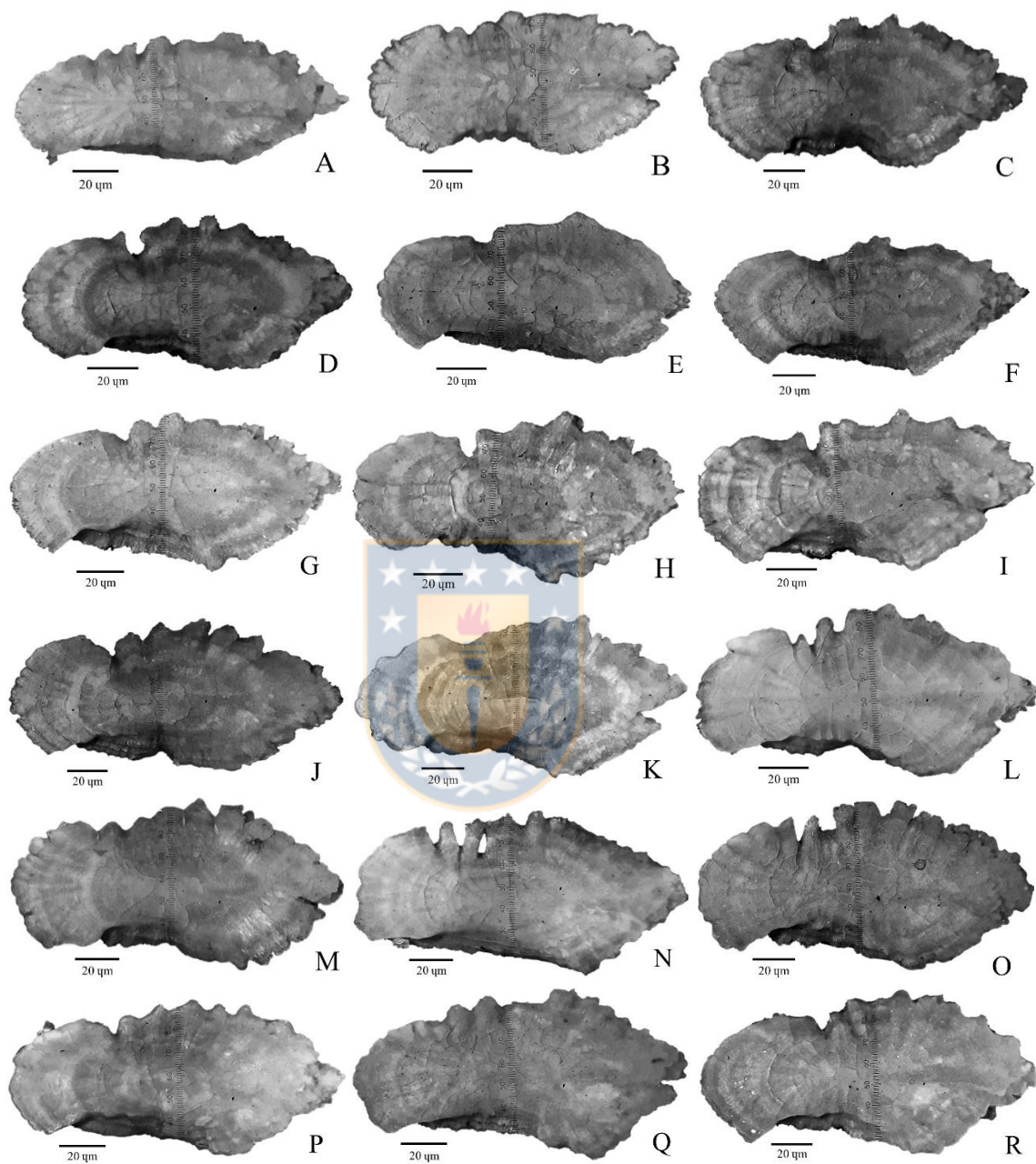


Fig 9. Fotografías del otolito sagita derecho de *M. cephalus* en distintas clases de tallas de longitud total (cm.) cada uno con escala correspondiente a 20 µm. A) clase 32,4 – 33,8 cm. B) clase 33,8 – 35,3 cm. C) clase 35,3 – 36,7 cm. D) clase 36,7 – 38,1 cm. E) clase 38,1 – 39,5 cm. F) clase 39,5 – 41,0 cm. G) clase 41,0 – 42,4 cm. H) clase 42,4 – 43,8 cm. I) clase 43,8 – 45,2 cm. J) clase 45,2 – 46,7 cm. K) clase 46,7 – 48,1 cm. L) clase 48,1 – 49,5 cm. M) clase 49,5 – 50,9 cm. N) clase

50,9 – 52,4 cm. O) clase 52,4 – 53,8 cm. P) clase 53,8 – 55,2 cm. Q) clase 55,2 – 56,7 cm. y R) clase 56,7 – 58,1 cm.

- A. 32,4 – 33,8 cm.: De forma alargada y menos curva, más bien aplanada, rostrum agudo y con irregularidades pronunciadas en los bordes anteriores, tanto dorsal como ventral. La proporción de largo y ancho fue de 2,3:1 en promedio.
- B. 33,8 – 35,3 cm.: El otolito toma una forma menos alargada de proporción 2,1:1, con los bordes irregulares menos pronunciados. Se aprecia mayor curvatura que en la clase de talla menor.
- C. 35,3 – 36,7 cm.: El otolito comienza a formar una especie de cintura a un tercio del largo total desde el postrostrum y las irregularidades de los bordes anteriores se presentan menos puntiagudos, además, en ocho de los trece individuos se muestra una división del rostrum en dos lóbulos.
- D. 36,7 – 38,1 cm.: En la mayoría de los otolitos observados (once de veintiuno) se presentó una acentuación de la cintura anteriormente mencionada, y se exhibe una curvatura cóncava por el medio del otolito en el lado dorsal. En cuanto al rostrum, se presentó más romo en siete de los veintiún individuos.
- E. 38,1 – 39,5 cm.: Los bordes irregulares aserrados se presentan menos agudos, se aprecia mayor grosor de la estructura y acentuación de la curvatura del borde dorsal. Visualmente, podría parecer que son más alargados en esta clase de talla, sin embargo, la proporción de largo y ancho del otolito se mantiene en 2,1:1.
- F. 39,5 – 41,0 cm.: El borde posterior (postrostrum) presentó irregularidades de menor tamaño en comparación a las del borde anterior (rostrum), los anillos de crecimiento fueron particularmente visibles a los extremos, no así al centro del otolito.
- G. 41,0 – 42,4 cm.: La mayoría de los individuos (nueve de dieciséis) presentó el rostrum visiblemente más redondeado que en las clases de tallas menores y mayor espesor y curvatura, dificultando la visibilidad de las bandas de crecimiento.
- H. 42,4 – 43,8 cm.: Esta clase de tallas evidenció una mayor heterogeneidad de formas, pero manteniendo las características básicas, con otolitos que presentaron

lobulaciones en los bordes dorsal y ventral, bordes aserrados más pronunciados o diferencias evidentes en el ancho del extremo anterior sobre el posterior.

- I. 43,8 – 45,2 cm.: La forma es alargada, evidentemente más convexa que en las clases de talla anteriores, si se le ve por la cara interna del otolito, con bordes aserrados irregularmente por toda su extensión.
- J. 45,2 – 46,7 cm.: La forma se mantiene alargada, con su respectiva proporción longitud-ancho de 2,1:1, y los bordes aserrados se aprecian menos puntiagudos que en las clases de talla anteriores.
- K. 46,7 – 48,1 cm.: Los bordes se observan evidentemente más “desgastados”, con puntas más romas y algunas de estas formando proyecciones que sobresalen al margen principal.
- L. 48,1 – 49,5 cm.: Se mantiene la forma alargada, con una leve curvatura y el extremo anterior (rostrum) evidentemente más redondeado en comparación a los otolitos de tallas menores.
- M. 49,5 – 50,9 cm.: El extremo anterior se presenta redondeado en dieciséis de los dieciocho individuos, una proporción mucho mayor que en las tallas anteriores, las características antes mencionadas también se mantienen.
- N. 50,9 – 52,4 cm.: Los otolitos presentan una clara curvatura convexa si se les mira por la cara interior, más pronunciada que en tallas menores y se aprecia un mayor grosor de la estructura a simple vista. Se observó una calcificación más irregular en los bordes del otolito.
- O. 52,4 – 53,8 cm.: Los siete otolitos observados presentaron el rostrum redondeado, al igual que bordes aserrados de manera irregular por lo que es complejo describir una forma en particular.
- P. 53,8 – 55,2 cm.: En ambos otolitos observados se presentó una apariencia desgastada de los bordes y el rostrum romo, la proporción largo/ancho se mantuvo en 2,1:1.
- Q. 55,2 – 56,7 cm.: No se observaron mayores cambios en forma del otolito, sin embargo, solo se pudo obtener un otolito de esta clase de talla.

R. 56,7 – 58,1 cm.: Se aprecia una mayor curvatura en la estructura, pero sin cambios de la forma en otros ámbitos.

VI.4. Crecimiento

VI.4.1 Relación longitud – peso

La longitud total (LT) presentó una relación de tipo potencial con respecto al peso total (PT) de los individuos colectados, con valores desde 32,4 a 65,4 cm. LT y desde 333,0 a 2760,0 g. PT respectivamente (Fig 10). El valor de la pendiente (b), o coeficiente alométrico, fue de 2,879 ($a = 0,0163$; $R^2 = 0,889$), que, al ser diferente a un valor teórico de 3 para una relación isométrica, indica una relación alométrica donde la proporción entre longitud y peso varía a través del tiempo.

Sin embargo, la prueba t demostró que no existen diferencias entre LT y PT para la muestra ($t = 2,737^{254}$; g.l. = 534; $p > 0,05$), por lo que se infiere que en las tallas y pesos registrados en este estudio existiría isometría, es decir, crecen en la misma proporción tanto en longitud como en peso.

La ecuación alométrica resultante fue:

$$PT = 0,0163 \cdot LT^{2,879}$$

O en su forma logarítmica:

$$\log_{10} PT = \log_{10} 0,0163 + 2,879 \cdot \log_{10} LT$$

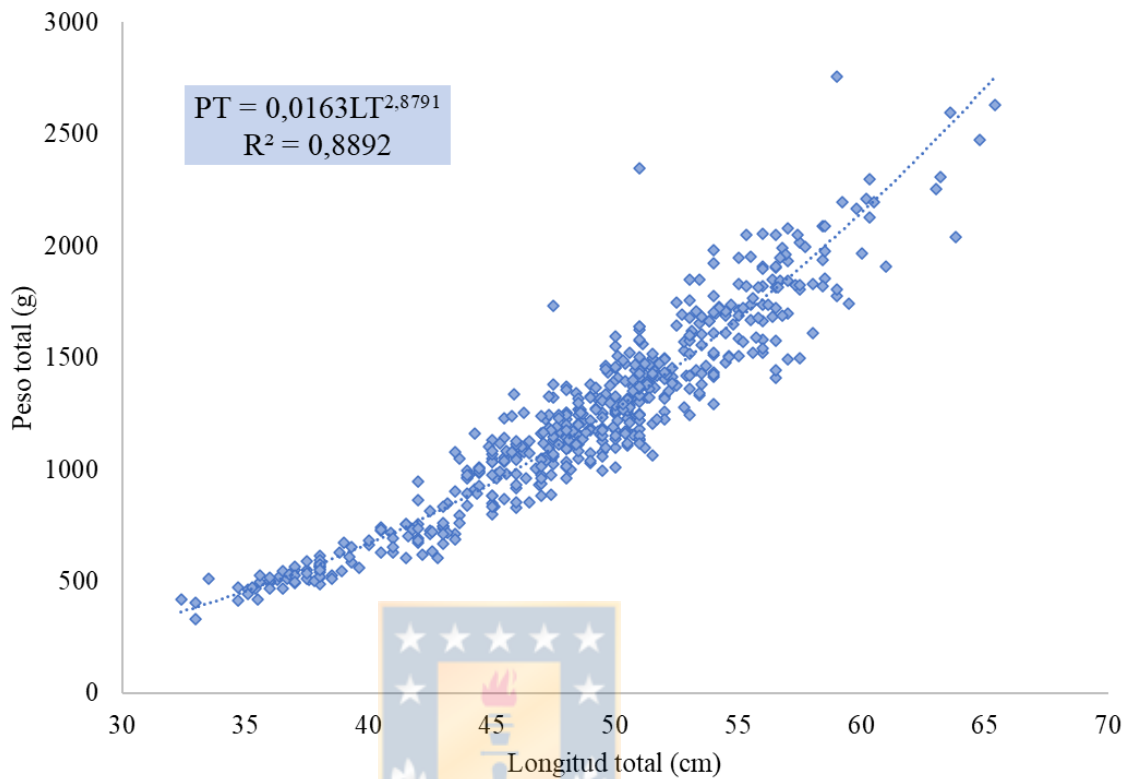


Fig 10. Gráfico de dispersión de longitud total (LT) vs peso total (PT) para lisa *M. cephalus*, con la línea de tendencia potencial.

VI.4.2 Relación del radio del otolito vs longitud total

La relación del radio (r) del otolito sagita derecho contra la longitud total (LT) de los 170 individuos a los que se les extrajo, se ajustó a una ecuación lineal (Fig 11). Mediante una prueba t , se evidenció que no existen diferencias significativas en el radio de los otolitos entre hembras y machos ($t = 0,879$; g.l. = 169; $p > 0,05$), por lo que se calculó la ecuación para el total de la muestra:

$$r = 0,582 \cdot LT + 42,894$$

Con R^2 igual a 0,3695. Si bien es bajo, evidencia una relación positiva entre la longitud total y el radio del otolito, por lo que sería correcto afirmar que el otolito crece a medida que también lo hace el cuerpo del individuo.

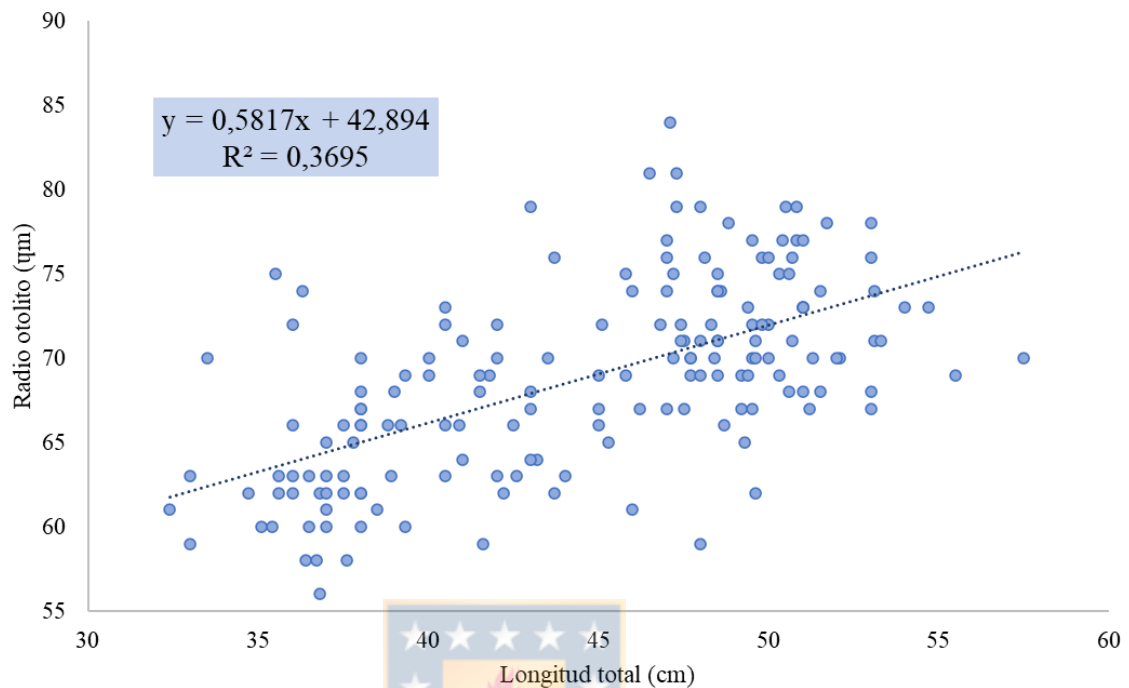


Fig 11. Gráfico de dispersión para la relación del radio del otolito sagita vs longitud total (LT) para lisa *M. cephalus*.

VI.4.3. Asignación de la edad y precisión de lectura de anillos de crecimiento

La edad máxima estimada a partir del conteo de pares de bandas de crecimiento en los otolitos fue de 14 años, con una menor precisión del lector sin experiencia en relación con el lector experimentado, tal como demuestran los análisis de sesgo. No se reportaron edades menores a los 4 años, posiblemente por la selectividad en el arte de pesca utilizado para capturar a los individuos muestreados. Se observó que la dispersión aumento en las edades de 12 y 14 años, a diferencia de las edades menores, por lo que se notó una mayor dificultad en la asignación de edad de organismos mayores (Fig 12).

El porcentaje de error promedio (APE = 6,4%), el coeficiente de variación (CV = 9,0%) y el porcentaje de acuerdo (PA = 6,4%).

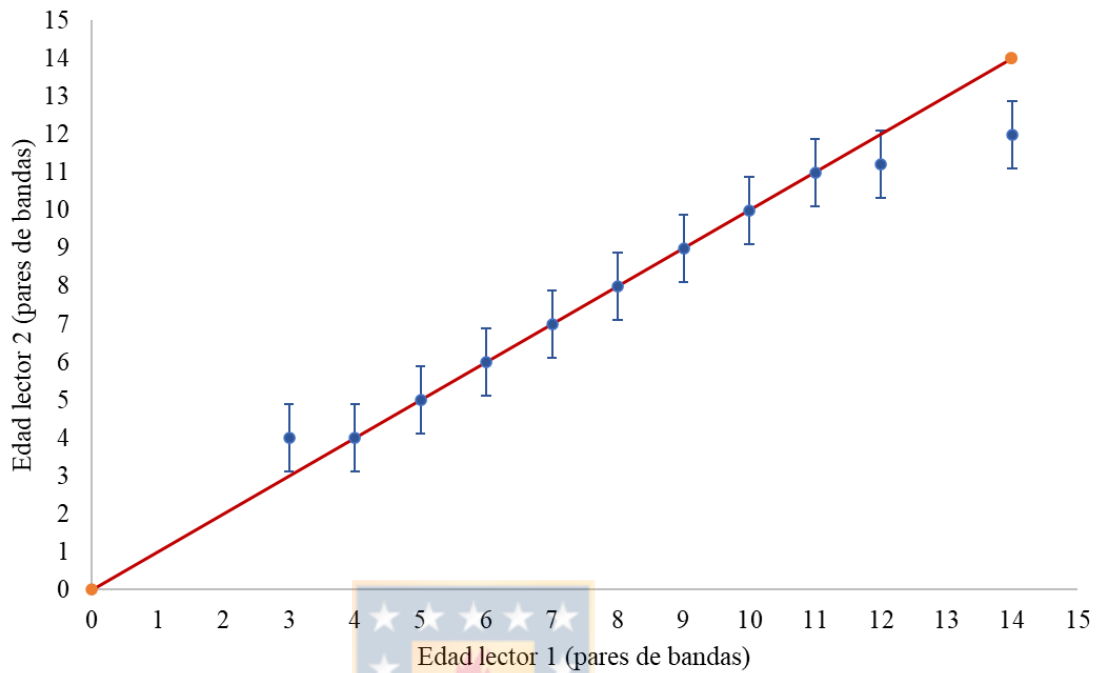


Fig 12. Gráfico de sesgo/edad de los pares de lecturas realizadas al otolito derecho de 160 individuos de *M. cephalus*. La línea roja corresponde a la asignación 1 a 1 o bisectriz teórica.

La legibilidad de los otolitos en su mayoría fue entre 1 y 2 (bandas poco visibles y bandas visibles, con un conteo más probable, respectivamente) para ambos meses de muestro (Fig 13), incluso con muestras que se decidió descartar por la escasa visibilidad de las bandas, clasificadas como legibilidad 0 (las bandas no se distinguen), quedando 160 otolitos legibles de los 205 individuos muestreados en los meses de diciembre de 2019 y marzo de 2020.

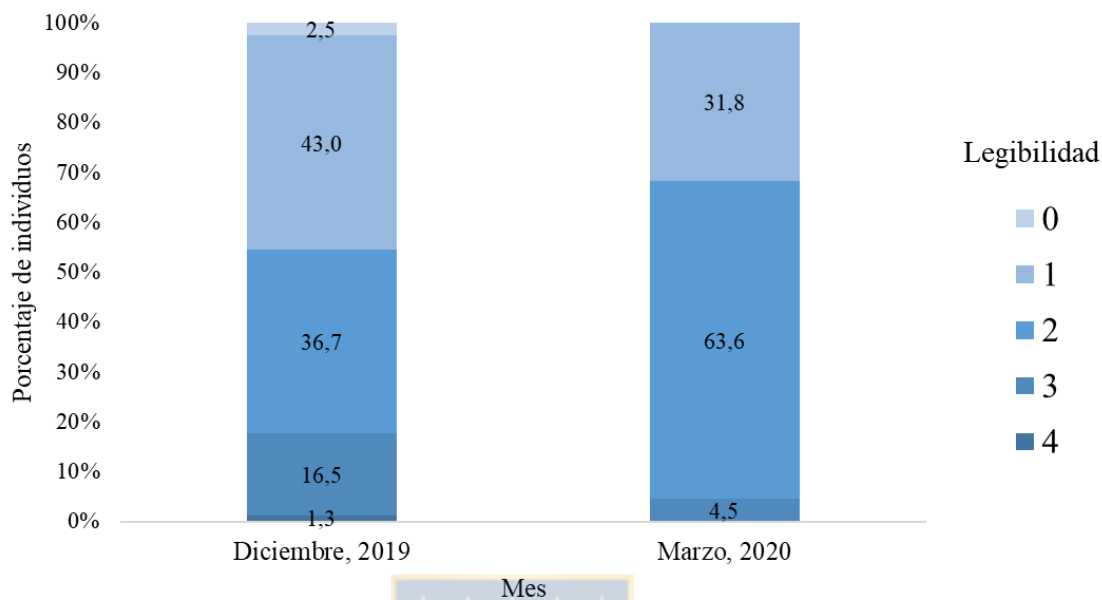


Fig 13. Gráfico de legibilidad para el otolito derecho de *M. cephalus* en la costa centro-sur de Chile, representando los porcentajes de individuos que presentaron legibilidad: 0. Las bandas no se distinguen, 1. Bandas poco visibles, 2. Bandas visibles, con dos conteos más probables, 3. Bandas visibles, con un conteo más probable y 4. Bandas excepcionalmente visibles, según los meses muestreados.

VI.4.4. Análisis de borde

Los individuos muestreados en el mes de diciembre de 2019 resultaron 6 (8,0%) de borde hialino formado completamente, 22 (29,3%) de borde hialino formándose, 13 (17,3%) de borde opaco formado completamente y 59 (78,7%) de borde opaco formándose; evidentemente, el mayor porcentaje se encontró en el borde opaco formándose, lo que se condice con la formación de la banda opaca en épocas de alta productividad como son primavera y verano (Campana, 2004; King, 2013). Mientras que los otolitos de los individuos capturados en marzo de 2020 presentaron 2 (2,4%) de borde hialino formado completamente, 32 (37,6,2%) de borde hialino formándose y 31 (36,5%) de borde opaco formándose.

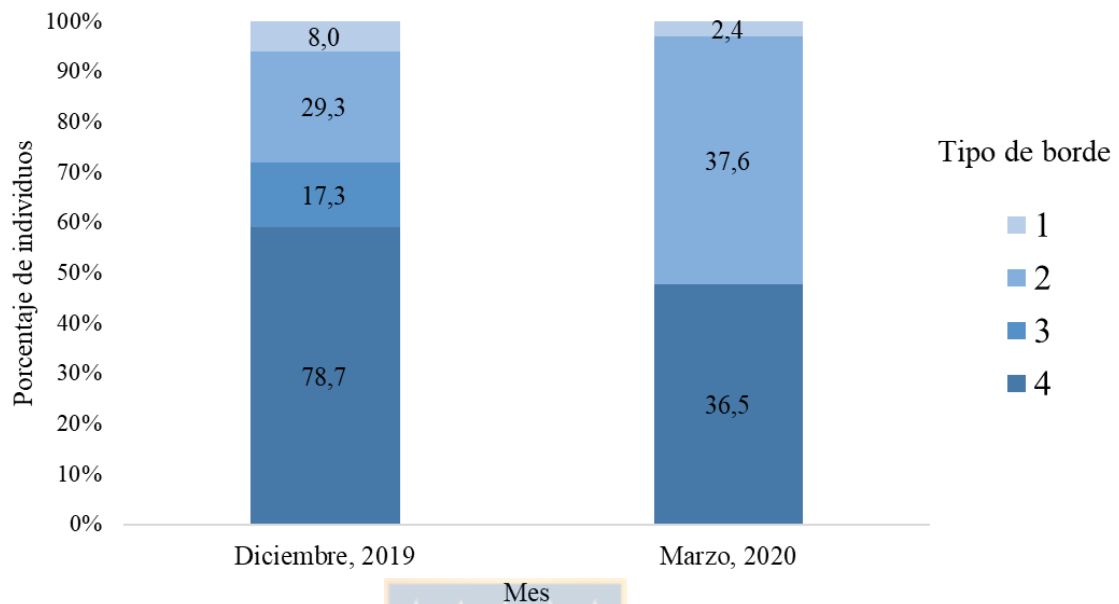


Fig 14. Gráfico de análisis de borde de otolito derecho de *M. cephalus* en la costa centro-sur de Chile, representando los porcentajes de individuos que presentaron tipo de borde: 1. Hialino formando completamente, 2. Hialino formándose, 3. Opaco formado completamente y 4. Opaco formándose, según los meses muestreados.

VI.4.5. Retrocálculo de tallas a la edad

Se realizó el retrocálculo con 45 individuos de edades entre 4 y 5 años, considerando 1 año como el par de anillos hialino y opaco, en el caso de los más jóvenes de la muestra, y 29 individuos de edades entre 10 y 14 años, los más viejos de la muestra.

Finalmente, se prefirió incluir el retrocálculo con los otolitos de los individuos más jóvenes, debido a que presentaban un mayor número de individuos y menor desviación estándar de las longitudes totales retrocalculadas en todas las edades, en comparación a las calculadas para con los radios de los otolitos de individuos más viejos (Fig 15).

Además, los anillos de crecimiento más tempranos, cercanos al centro del otolito, se vuelven poco o difícilmente visibles en los individuos más viejos, así como se puede ver en la sección VI.4.3 sobre la precisión en la lectura (Fig 12), donde los individuos más

jóvenes tuvieron una mayor concordancia entre lectores, a diferencia de los individuos más viejos

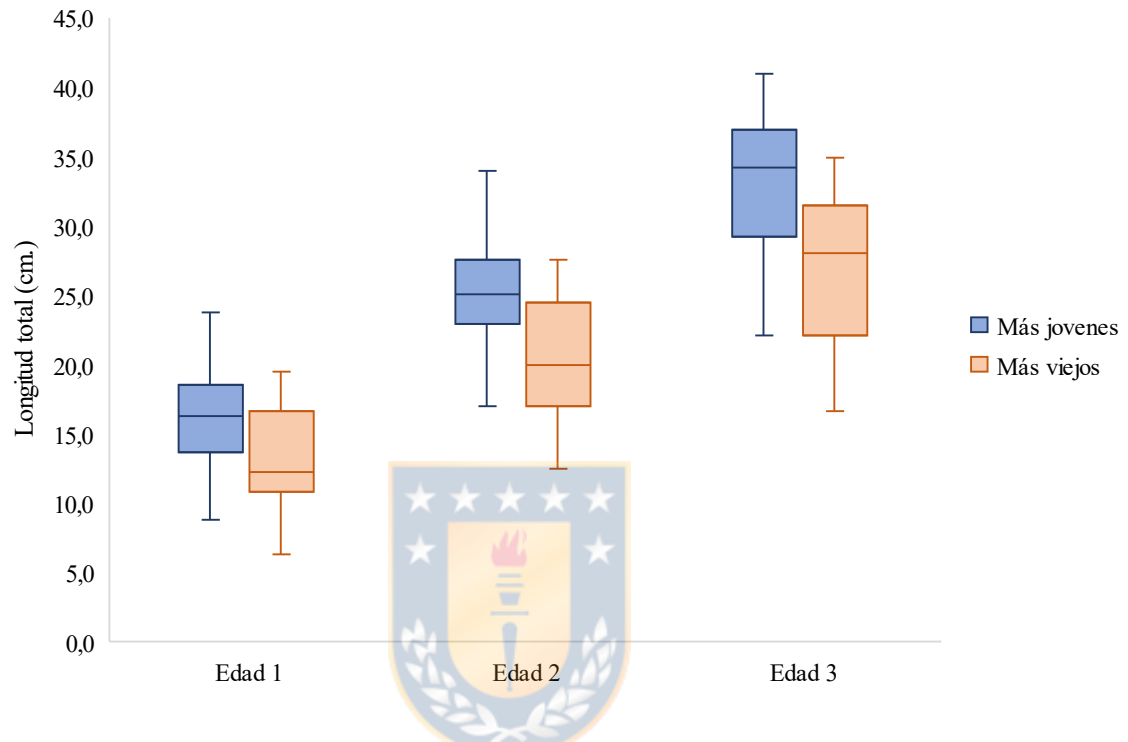


Fig 15. Gráfico de caja y bigotes para las longitudes totales retrocalculadas para las edades 1, 2 y 3, con la comparación entre el retrocálculo con los radios de los anillos de crecimiento en otolitos de individuos más jóvenes (4 a 5 años) en azul y de los individuos más viejos (10 a 14 años) en naranja.

VI.4.6. Validación de anillos anuales

Debido a que inicialmente el muestreo no se diseñó con la idea de realizar un estudio de edad y crecimiento de la especie, solo se extrajeron los otolitos de 2 últimos muestreos, por lo que no es posible validar la periodicidad de formación de anillos de crecimiento, ya que para esto es necesario analizar otolitos de 12 meses consecutivos para así observar la formación de las bandas hialina y opaca en diferentes épocas del año. Además, cabe señalar, que por la pandemia de covid-19 no fue posible planificar nuevos muestreos después de marzo del año 2020 ya que la situación de contagios fue impredecible.

VI.5. Estimación de parámetros de modelos de crecimiento

En base a la asignación de edades y la estructura de tallas para los individuos de *M. cephalus*, se estimó el patrón de crecimiento para los datos de talla-edad para 160 individuos sin distinción entre sexos, ya que no se encontró una diferencia significativa entre las tallas de hembras y machos.

Los modelos asintóticos utilizados fueron modelo de von Bertalanffy (Fig 16), modelo de Gompertz (

Fig 17) y modelo Logístico (Fig 18), incorporando tanto los datos de talla-edad de la muestra, así como los datos de talla-edad retrocalculados (1 a 3 años) con las medidas de radio de los anillos de crecimiento de los individuos más jóvenes (4 a 5 años).

Los parámetros de crecimiento estimados para cada modelo fueron L_{∞} o longitud asintótica, el coeficiente de crecimiento k , y t_0 o edad teórica donde la longitud es cero. La longitud asintótica estimada para *M. cephalus* en el centro-sur de Chile fueron 46,34 cm. para el modelo de von Bertalanffy; 45,72 para el modelo de Gompertz y 45,36 para el modelo Logístico, mientras que los valores de el coeficiente de crecimiento fueron 0,4937; 0,6977 y 0,9300, respectivamente.

Una comparación más detallada entre los datos resultantes de este estudio y los datos aportados por otros estudios en algunos de los diferentes países donde se encuentra esta especie se puede observar en la Tabla 2.

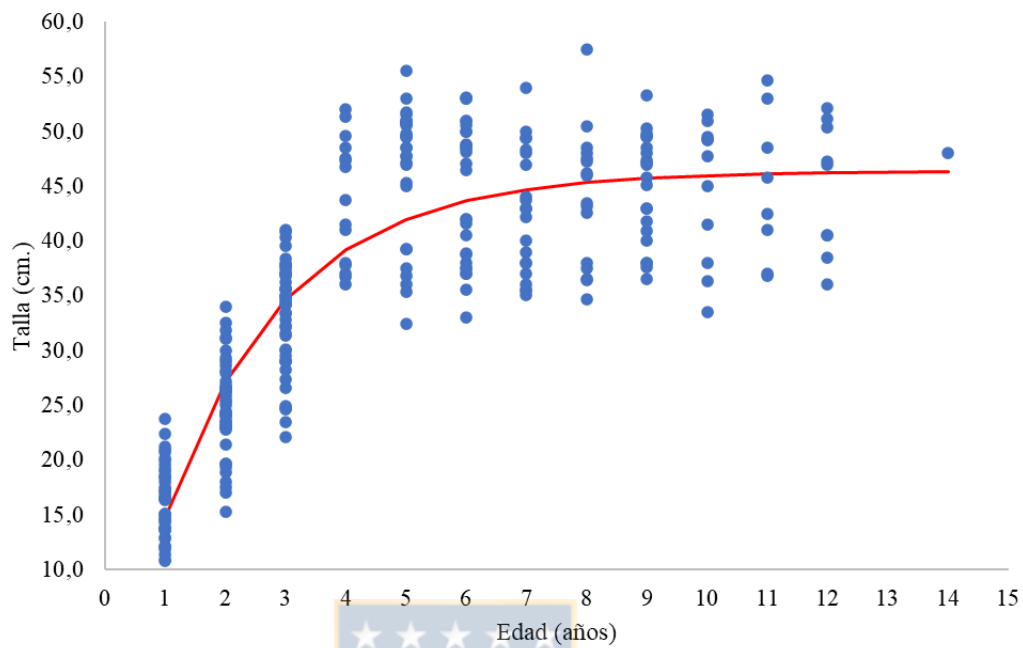


Fig 16. Crecimiento individual estimado para *M. cephalus* en el Centro-Sur de Chile, según el modelo de von Bertalanffy (1938).

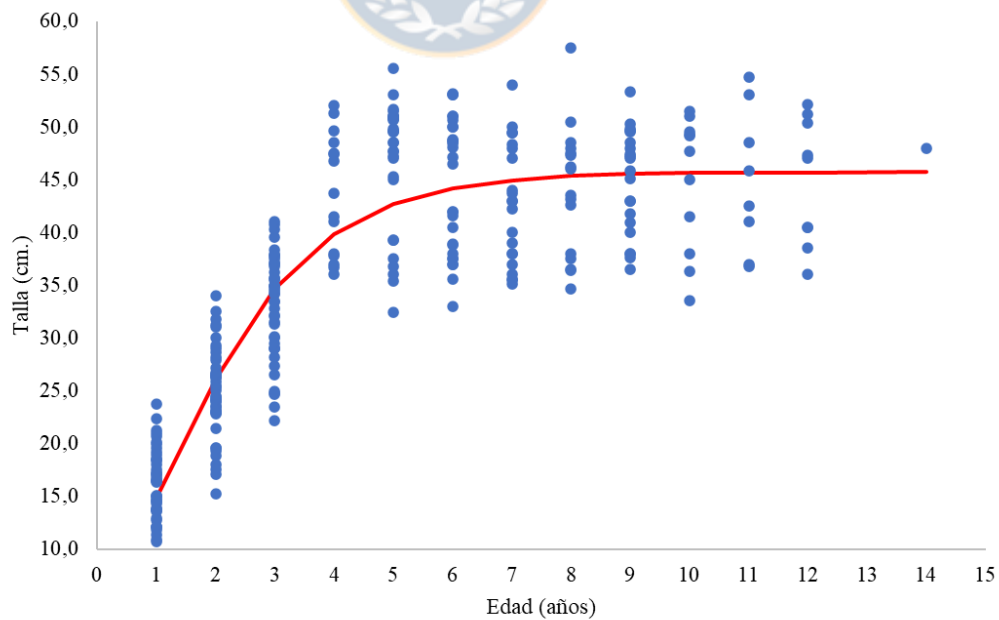


Fig 17. Crecimiento individual estimado para *M. cephalus* en el Centro-Sur de Chile, según el modelo de Gompertz (1825).

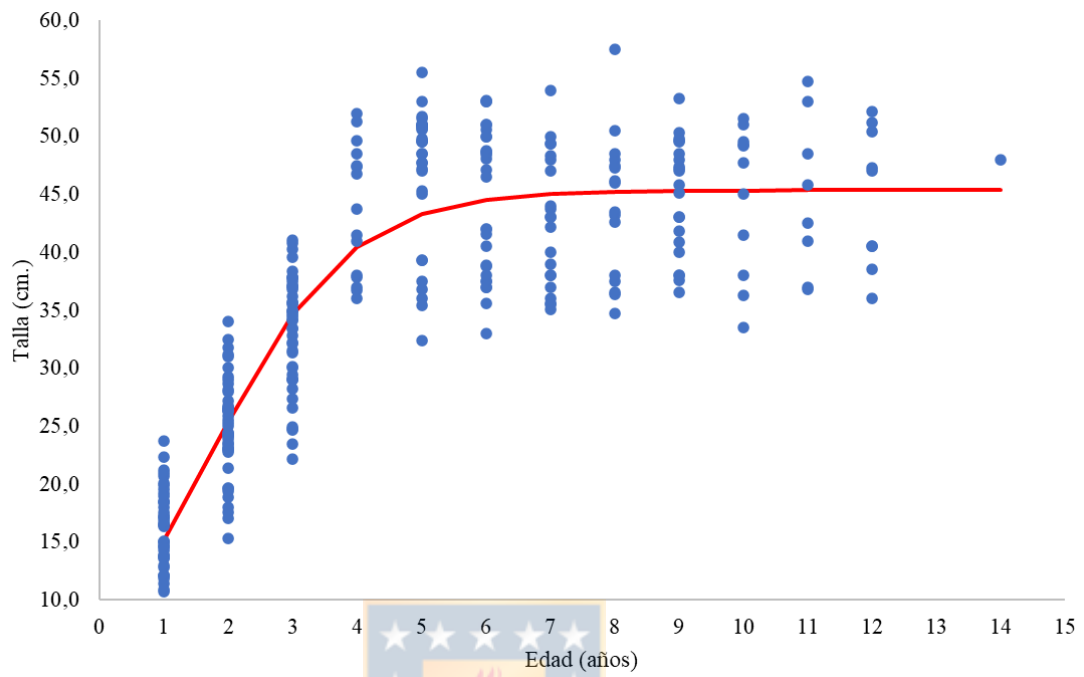


Fig 18. Crecimiento individual estimado para *M. cephalus* en el Centro-Sur de Chile, según el modelo Logístico (Ricker, 1975).

Tabla 2. Tabla comparativa de los parámetros de crecimiento a partir de la estimación de edad en otolitos reportados por estudios anteriores de *M. cephalus* en distintos países, mencionando los modelos y estimador utilizados, donde se puso un guion alto (-) cuando no fue especificado el estimador empleado.

Autores	País	Modelo de crecimiento	Estimador de parámetros	L_{∞} (cm.)	k	t_0
Ibáñez-Aguirre & Gallado-Cabello (1996)	Laguna de Tamiahua, Veracruz, México	Ecuación de von Bertalanffy	-	64,24	0,099	-2,849
Ibáñez-Aguirre <i>et al.</i> (1999)	Laguna de Tamiahua, Veracruz, México	Ecuación de von Bertalanffy	Método de Allen (1966)	64,20	0,0993	-2,848
Arrieta <i>et al.</i> (2010)	Mar del Callao, Perú	Ecuación de von Bertalanffy	Método de Allen (1966)	47,90	0,34	-0,072
			Método de mínimos cuadrados	52,00	0,2725	-0,2363
Solano Ramirez (2014)	Región La Libertad, Perú	Ecuación de von Bertalanffy	-	48,08	0,3233	-0,2284
Reis & Ates (2020)	Laguna Köycegiz, Turquía	Ecuación de von Bertalanffy	-	59,99	0,169	-0,0132
Este estudio	Chile centro-sur	Ecuación de von Bertalanffy	Algoritmo de Newton (Solver)	46,37	0,4937	0,2184
		Modelo logístico		45,36	0,9300	1,7424
		Modelo de Gompertz		45,72	0,6977	1,1648

VII. DISCUSIÓN

En Chile, se realizan actividades extractivas de 154 especies en total, para este fin llamadas recursos hidrobiológicos, de las cuales 137 son peces óseos (SERNAPESCA, 2021) que corresponden al 88,96% de la actividad pesquera del país; según SUBPESCA (2021), en el informe de Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas año 2020, son 44 las pesquerías consideradas para revisión cada año, de estas solamente 27 tienen sus Puntos Biológicos de Referencias informados, y 15 de estas 27 especies corresponden a peces óseos, es decir, que sólo un 10,95% de las especies de peces óseos sujetas a pesquería tienen un marco biológico que permite la toma de decisión informada sobre su estado. Si bien, sólo estas 15 especies proveyeron el 91,48% de los desembarques totales del año 2020, no debe ser excusa para postergar el manejo sostenible del 89,05% restante de las especies que son explotadas.

La lisa *Mugil cephalus* es una de las especies más frecuentemente estudiadas a nivel mundial de la familia Mugilidae, con el 25,8% de los estudios de su familia, y la especie con el crecimiento más rápido en la misma, con tallas de 14,0 a 22,0 cm. de longitud total en menos de un año (Chubb *et al.* 1981; McDonough & Wenner, 2003; Ibáñez, 2016) y alcanzando los 194 cm. de longitud asintótica (Ibáñez, 2016).

La relación Longitud-Peso para este estudio pareció bastante buena, considerando que la pendiente ($b = 2,88$) fue muy cercana a 3, correspondiente a un valor teórico para relaciones L-P isométricas, por lo que se puede decir que la lisa *M. cephalus* crece proporcionalmente en talla y peso. Sin embargo, se podría considerar como un crecimiento alométrico negativo, ya que el valor de b es menor a 3, como reportan Solano Ramirez (2014) y Arrieta *et al.* (2010), con valores de b iguales a 2,72 y 2,77 respectivamente, en regiones costeras de Perú, e Ibáñez-Aguirre *et al.* (1999) con $b = 2,80$. Como lo indica Ibáñez (2016), estos valores “apenas isométricos” o alométricos negativos pueden verse influenciados debido a que la mayoría de los estudios de esta índole se realizan con

muestras capturadas en la pesca comercial, por lo que es posible que los individuos sean en su mayoría adultos delgados o adultos jóvenes, de contextura menos robusta.

La información de edad es la base para diversos cálculos de tasas de crecimiento, tasas de mortalidad y productividad, por lo que se considera entre las variables biológicas más importantes (Campana, 2001) y uno de los componentes más vitales en el manejo pesquero actual (Casselman, 1983); para este fin, la determinación de edad a través de la interpretación de anillos de crecimiento en otolitos es uno de los métodos más comunes y confiables, en comparación a la lectura de bandas de crecimiento en escamas, logrando mejores ajustes (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996; Solano Ramirez, 2014). No obstante, es necesario una validación correcta de la periodicidad de formación de las bandas o anillos de crecimiento, para lo que se requieren muestreos planificados a plazos de 6 meses a un año, corroborando la depositación periódica y desarrollo sincrónico de bandas opaca-hialina (Morales-Nin, 1992).

La legibilidad de la estructura también pudo haberse visto afectada por la técnica utilizada (exposición a alta temperatura), además de no haber contado con herramientas adecuadas para corte y/o pulido de los otolitos al haberse realizado el tratamiento durante los meses de mayor restricción (abril – julio del 2021) a causa de la pandemia de covid-19 en nuestro país, teniendo que recurrir a un método más “rustico” y menos preciso para la preparación de los otolitos para la lectura, ya que como se pudo ver en la comparación de la Fig 5 los anillos eran muy poco visibles sin preparación. Igualmente, la validación de la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento se vio afectada, ya que no se pudieron planificar nuevos muestreos posteriores a marzo del 2020. Pero, incluso con solo dos meses de muestreo, se observó un cambio en la proporción del tipo de borde, siendo un mes a principio del verano (época favorable), con mayor número de otolitos con borde tipo opaco formándose, mientras que en marzo (termino del verano) aumentó la proporción de otolitos con borde opaco formado completamente.

Ya que la relación Longitud-Peso se muestra acorde con los estudios similares de regiones cercanas, como Perú (Arrieta *et al.* 2010; Solano Ramirez 2014) y México (Ibáñez-

Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996; Ibáñez Aguirre *et al.* 1999), además de que las tallas siguen una distribución normal, se puede inferir que la asignación de edad fue errónea, lo que produjo que los modelos no se mostraran como curvas, al tener individuos de tallas muy diversas en un mismo grupo de edad. Igualmente, no se contó con especímenes de tallas menores a 32,4 cm. debido a la selectividad del arte de pesca comercial, por lo cual solo se observaron individuos adultos (McDonough & Wenner, 2003; Ruiz-Ramírez *et al.* 2017).

Se consideró la importancia de incluir la estimación de más de un modelo de crecimiento, ya que comúnmente se utiliza solo el modelo de von Bertalanffy para describir el crecimiento en peces, seguido por Gompertz (1825) y el modelo logístico (Ricker, 1975) en otros organismos acuáticos (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis & Maravelias, 2008), como se observa en la Tabla 2. La selección de modelos debe estar acorde al principio de parsimonia según la teoría de información de Akaike o AIC (Akaike, 1973), que asigna un valor correspondiente a la aproximación del modelo a los datos reales, considerando el modelo de menor AIC como el de mejor aproximación, sin embargo, se pueden tomar como un buen ajuste modelos que resulten con valores entre 4 y 7 (Anderson & Burnham, 2004; Guzmán-Castellanos *et al.* 2014).

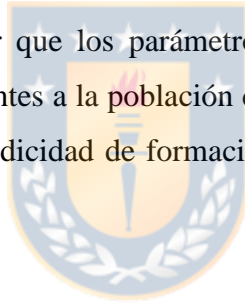
VIII. CONCLUSIONES

Se determinó que no existieron diferencias significativas entre las tallas de hembras y machos de lisa *Mugil cephalus* en la población de la costa centro-sur de Chile.

En base al valor de la pendiente en la relación Longitud-Peso ($b = 2,88$), se concluye que *M. cephalus* crece de forma isométrica, es decir, en igual proporción en talla y peso.

Existe una relación lineal positiva entre la longitud total de los individuos en relación con el radio de sus otolitos ($r^2 = 0,3697$), por lo que se puede deducir que el otolito derecho es una buena estructura para estimar la edad de la especie.

No se puede asegurar que los parámetros de crecimiento presentados en este estudio sean los correspondientes a la población del área de muestreo, debido a que hizo falta la validación de la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en los otolitos.



IX. REFERENCIAS

1. Anderson, W. W. (1958). Larval development, growth, and spawning of striped mullet (*Mugil cephalus*) along the south Atlantic coast of the United States. US Government Printing Office. 501 – 518.
2. Anderson, D. & Burnham, K. (2004). Model selection and multi-model inference. Second. NY: Springer-Verlag, 63(2020): 1 – 10.
3. Arrieta, S., Goicochea Vigo, C., Moquillaza Donayre, P. & Mostacero Koc, J. (2010). Edad y crecimiento de la lisa, *Mugil cephalus* Linnaeus, en el mar del Callao (12°S), Perú. 1996. Informe Instituto del Mar del Perú 37(3-4): 71 – 74.
4. Atkinson, L. P., Valle-Levinson, A., Figueroa, D., De Pol-Holz, R., Gallardo, V. A., Schneider, W., Blanco, J.L. & Schmidt, M. (2002). Oceanographic observations in Chilean coastal waters between Valdivia and Concepción. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 107(C7): 18-1.
5. Beamish, R. J. & Fournier, D. A. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(8): 982-983.
6. Bjordal, Å. (2005). Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca, en *Guía Del Administrador Pesquero: Medidas De Ordenación Y Su Aplicación*, 424, 19.
7. Beverton, R.J.H. & Holt, S.J. (1966) *Manual of methods for fish stock assessment. Part 2. Tables of yield functions.* FAO Fisheries Technical Paper No. 38.
8. Buckmeier, D. L., E. R. Irwin, R. K. Betsill & J. A. Prentice. (2002). Validity of otoliths and pectoral spines for estimating ages of channel catfish. *North American Journal of Fisheries Management* 22: 934 – 942.

9. Campana, S. E., Annand, M. C. & J.I. McMillan (1995). Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transactions of the American fisheries Society*, 124(1): 131-138.
10. Campana, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of fish biology*, 59(2): 197-242.
11. Campana, S. E. (2004). *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean* Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences No. 133. NRC Research press.
12. Casselman, J. M. (1983). Age and growth assessment of fish from their calcified structures—techniques and tools. NOAA Technical Report NMFS, 8: 1 – 17.
13. Chang, W. Y. (1982). A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(8): 1208-1210.
14. Chirichigno F, N. & Cornejo U, M. (2001). *Catálogo comentado de los peces marinos del Perú*. Pub esp. Instituto del Mar del Perú. 314 pp.
15. Chubb, C. F., Potter, I. C., Grant, C. J., Lenanton, R. C. J. & Wallace, J. (1981). Age, stucture, growth rates and movements of sea mullet, *Mugil cephalus* L., and Yellow-eye Mullet, *Aldrichetta forsteri* (Valenciennes), in the Swan-Avon river system, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 32(4): 605-628.
16. FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>. 243 pp.
17. Figueroa, D. & Moffat, C. (2000). On the influence of topography in the induction of coastal upwelling along the Chilean coast. *Geophysical Research Letters*, 27(23): 3905 – 3908.
18. Fitch, J.E. & Lavenberg, R.J. (1971). *Marine food and game fishes of California*. University of California Press, 179 pp.

19. Flood, M., Stobutzki, I., Andrews, J., Ashby, C., Begg, G., Fletcher, R., Gardner, C., Georgeson, L., Hansen, S., Hartmann, K., Hone, P., Horvat, P., Maloney, L., McDonald, B., Moore, A., Roelofs, A., Sainsbury, K., Saunders, T., Smith, T., Stewardson, C., Stewart, J. & Wise, B. (2014). Status of key Australian fish stocks reports 2014. Fisheries Research and Development Corporation, Canberra, ACT, Australia. 623 pp.
20. Gallardo-Cabello, M., Espino-Barr, E., Cabral-Solís, E. G., Puente-Gomez, M., & Garcia-Boa, A. (2012). Study of the otoliths of striped mullet *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 in Mexican Central Pacific. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 7(6): 346 – 363.
21. Gallardo-Cabello, M., Espino-Barr, E., Garcia-Boa, A., & Puentes-Gómez, M. (2016) Fishery Analysis of *Mugil cephalus* in Central Mexican Pacific Coast. *Journal of Marine Biology & Oceanography*. 5(1): 1 – 7. doi: 10.4172/2324-8661.1000151.
22. Gómez Marquez, J.L., Peña Mendoza, B., Guzmán Santiago, J.L., Salgado Ugarte, I.H., Cervantes Sandoval, A., Reyes, C.B. & Alejo Plata, M. de C. (2020) Determinación de la Edad y Crecimiento de Organismos Acuáticos con Énfasis en Peces. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Autónoma de México. 192 pp.
23. Gompertz, B. (1825). XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS &c. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, (115): 513 – 583.
24. Górski, K., De Grujter, C., & Tana, R. (2015) Variation in habitat use along the freshwater–marine continuum by grey mullet *Mugil cephalus* at the southern limits of its distribution. *Journal of Fish Biology*, 87(4): 1059-1071.
25. Grant, C. J., & Spain, A. V. (1975). Reproduction, growth and size allometry of *Mugil cephalus* Linnaeus (Pisces: Mugilidae) from North Queensland inshore waters. *Australian Journal of Zoology*, 23(2): 181-201.

26. Guzmán-Castellanos, A. B., Morales-Bojórquez, E., & Balart, E. F. (2014). Estimación del crecimiento individual en elasmobranquios: la inferencia con modelos múltiples. *Hidrobiológica*, 24(2): 137-150.
27. Ibáñez, A. L. (2016). Age and growth of Mugilidae. *Biology, ecology and culture of grey mullets (Mugilidae)*, 196-226.
28. Ibáñez-Aguirre AL & Gallardo-Cabello M (1996) Age determination of the grey mullet *Mugil cephalus* and the white mullet *M. curema* V. (Pisces: Mugilidae) in Tamiahua lagoon, Veracruz. *Ciencias Marinas* 22:329–345
29. Isely, J. J. & Grabowski, T. B. (2007). Age and growth. Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 187228. 1 – 43
30. Jacot, A. P. (1920). Age, growth and scale characters of the mullets, *Mugil cephalus* and *Mugil curema*. *Transactions of the American Microscopical Society*, 39(3): 199 – 229.
31. Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*, 81(2-3), 229-235.
32. Katsanevakis, S., & Maravelias, C. D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and fisheries*, 9(2): 178-187.
33. King, M. (2013) *Fisheries Biology. Assessment and Management*. Fishing News Books. Blackwell Science. Ltd. 341 pp.
34. Kuo, C. M., Shehadeh, Z. H., & Milken, K. K. (1973). A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, *Mugil cephalus* L. *Journal of Fish Biology*, 5(4): 459-470.
35. Lawson EO, & Jimoh AA-A (2010) Aspects of the biology of grey mullet, *Mugil cephalus*, in Lagos Lagoon, Nigeria. *AAFL Bioflux* 3(3):181–193

36. Letelier, J., Pizarro, O., Nuñez, S., (2009) Seasonal variability of coastal upwelling and the upwelling front off central Chile. *Journal of Geophysical Research* 114: 1–16.
37. McDonough, C. J., & Wenner, C. A. (2003). Growth, recruitment, and abundance of juvenile striped mullet (*Mugil cephalus*) in South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin* 101(2): 343 – 356.
38. Morales-Nin, B. (1992) Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca No. 322. Roma, FAO.
39. Moyle, P.B. & Cech, J.J. Jr. (2004) *Fishes. An Introduction to Ichthyology*. Fourth Edition. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 612 pp.
40. Munro, J. L., & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1(1): 5 – 6.
41. Nash, M. K., & E. R. Irwin. (1999). Use of otoliths versus pectoral spines for aging adult flathead catfish. Pages 309–316 in E. R. Irwin, W. A. Hubert, C. F. Rabeni, H. L. Schramm, Jr., and T. Coon, editors. *Catfish 2000: proceedings of the international ictalurid symposium*. American Fisheries Society, Symposium 24, Bethesda, Maryland.
42. Natanson, L. J., J. J. Mello, & S. E. Campana. (2001). Validated age and growth of the porbeagle shark, *Lamna nasus*, in the western North Atlantic Ocean. *U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin* 100: 266 – 278.
43. Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, J-P., & Wright, P. J. (Eds.) 2002. *Manual of Fish Sclerochronology*. Ifremer-IRD, Brest, France. 463 pp.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.0751d.x>
44. Panda, D., Mohanty, S. K., Pattnaik, A. K., Das, S., & Karna, S. K. (2018). Growth, mortality and stock status of mullets (*Mugilidae*) in Chilika Lake, India. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 23(1): 4 – 16.

45. Ramírez Rueda, H. (2020) Artes y aparejos de pesca, Cartilla informativa 2019. Fundación Terram. 119 pp.
46. Reis, Í., & Ateş, C. (2020) Age, Growth, Mortality, Reproduction, and Exploitation Rates for Fishery Management of Grey Mullet Species in the Köycegiz Lagoon-Estuary (Mediterranean Coast). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 50(3): 301-312.
47. Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1 – 382.
48. Ruiz-Ramírez, S., Molina-Arenas, E. G., Lucano-Ramírez, G., Aguilar-Betancourt, C., Flores-Ortega, J. R., Kosonoy-Aceves, D. & González-Sansón, G. (2017). Aspectos reproductivos de la lisa *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en la laguna costera de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Latin american journal of aquatic research*, 45(2): 443 – 456.
49. SERNAPESCA. (2020). Anuario Estadístico de Pesca, Serie 2009 – 2019.
50. SERNAPESCA. (2021). Desembarque total por especie y región, año 2020.
51. Solano Ramirez, Y. V. (2014). Edad y crecimiento de *Mugil cephalus* “lisa” de la Región La Libertad, 2012. Tesis para optar al título profesional de Biólogo Pesquero. Trujillo, Perú. 55 pp.
52. Strub, P. T., J. M. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant, S. Salinas (1998). Coastal ocean circulation off western South America, in *The Global Coastal Ocean—Regional Studies and Synthesis*, vol. 11, edited by A. R. Robinson and K. H. Brink, pp. 273–313, John Wiley, New York, 1998.
53. SUBPESCA. (2020). Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, Año 2019. Marzo 2020.
54. SUBPESCA. (2021). Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, Año 2020. Marzo 2021.

55. Thomson J.M. (1954). The organs of feeding and the food of some Australian mullet. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 5: 469 – 485.
56. Thomson J.M. (1964). A bibliography of systematic references to the grey mullets (Mugilidae). Division of Fisheries and Oceanography, Technical Paper 16: 1 – 127 pp.
57. Vitale, F., Worsøe Clausen, L. & Ní Chonchúir, G. (2019). Handbook of fish age estimation protocols and validation methods.
58. von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human biology*, 10(2): 181 – 213.
59. Whitfield, A.K., Panfili, J. & Durand, J.D. (2012). A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology, and fisheries aspects of this apparent species complex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 641 – 681.
60. Wootton, R.J. (1990). *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1: 195 pp.
61. Woydack, A., & B. Morales-Nin. (2001). Growth patterns and biological information in fossil fish otoliths. *Paleobiology* 27: 369 – 378.
62. Zar, J. H. (2009). *Biostatistical analysis*. ed. 5ta. New Jersey, USA: Ed.