

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Edad y crecimiento de la merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en los stocks de los océanos Atlántico y Pacífico sur

Proyecto para optar al título de Ingeniero Pesquero
por
María de los Ángeles Cornejo Pérez

Valparaíso, 2013

Comisión del proyecto de Título

Profesor Guía : Dr. Guido Plaza Pasten

Profesor : Dr. Eleuterio Yáñez

Investigador : Sr. Francisco Cerna



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Valparaíso, 03 de enero de 2013

ACTA DE REVISION DE PROYECTO DE TITULO

De : Guido Plaza P. - Profesor Guía
Para : Mariel Campalans B. - Jefe de Docencia
Asunto : Acta de Revisión de Proyecto de Título

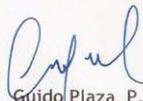
Con fecha 03 de enero de 2013, el comité de revisión se reunió para evaluar el proyecto de título de la alumna María de los Ángeles Cornejo Pérez, de la carrera de Ingeniería Pesquera, denominada "Edad y crecimiento de la merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en los stocks de los océanos Atlántico y Pacífico sur"

Resolución:

- ❖ La comisión ha destacado favorablemente la contribución que ha efectuado este estudio comparativo del crecimiento de este recurso de gran importancia comercial en el cono sur de Sudamérica.
- ❖ El proyecto de título ha sido evaluado con nota 6,0 por la comisión, autorizándose la impresión y empaste de la copia final del documento.

Eleuterio Yáñez R.
Comité de Tesis

José F. Cerna T.
Comité de Tesis


Guido Plaza P.
Profesor Guía

pucv.cl

Av. Brasil 2950, Valparaíso-Chile
Tel: (56-32) 227 3000
Fax: (56-32) 221 2746
Casilla: 4059

ii

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este proyecto sólo con fines académicos.

María de los Ángeles Cornejo Pérez

DEDICATORIA

A mi madre María Elisa, por su entrega y amor incondicional, por su valentía y sacrificio para afrontar la vida, porque gracias a ella soy la mujer que soy. Por ser mi ejemplo a seguir.

A mi tío Carlos, que en paz descanse. Fue un faro en medio de la tormenta.

A Antonio, el sol de mis días, mi luz en la oscuridad.

AGRADECIMIENTOS

No es tarea fácil resumir en una hoja todo el apoyo moral, económico y emocional que muchas personas me han brindado en este larguísimo camino, tanto en la realización del proyecto de título como desde el momento que decidí aventurarme en el camino del conocimiento universitario; más difícil aun, es expresar y retribuir suficientemente mi agradecimiento a cada una de ellas. Sin embargo, al menos quisiera intentar resumir en la tinta de este papel mis humildes palabras de gratitud para todas esas personas.

Al profesor Guido Plaza por ser mi guía y apoyo principal en el proyecto de título, resolviendo mis dudas y brindándome parte de su escaso tiempo cuando era necesario, y más aun, enseñarme a desarrollar mis capacidades en forma autónoma, para abrirme camino frente a las dificultades de este proyecto.

A mi familia, a mi padre y especialmente a mi madre por su apoyo hasta en los momentos más difíciles y por sus reprimendas que fueron necesarias, sin ellas tal vez este proyecto no habría visto nunca la luz.

A mi amado tío Carlos, que aunque ya partió de este mundo, dejó en mi una huella imborrable, fue uno de mis pilares más importantes, guiándome desde el momento que nací, tal como si fuera mi padre, mi más grande soporte, para él mi agradecimiento merece una mención especial.

A mi queridísimo Don Aquiles, quien incondicionalmente ha estado conmigo, siendo mi sostén, no sólo en mi camino universitario, sino también en el de la vida, apoyando mis pasos sobre todo en mis momentos más malos.

A mis amigos y compañeros de laboratorio de Ecología Marina aplicada, tanto los que están como a los que ya partieron hacia otros rumbos, especialmente a Alejandra Hernández, Mackarena Gómez y Daisy Carreño, quienes hacen del día a día una risa constante y siempre están dispuestas a ayudar cuando se las necesita.

A mis amigos y compañeros de infancia y universidad, principalmente a Francisca López, Cristina Morales, Marcelo Barrera y Oscar Castro, quienes tienen un lugar especial en mi corazón, por su amistad y ayuda incondicional; por todos los momentos felices compartidos junto a ellos.

A Antonio, por tantos años de amorosa complicidad, por su apoyo incondicional y por siempre saber escuchar.

A todos los profesores de la escuela de Ciencias del Mar, por ser un aporte a mi formación profesional en todos los años de carrera, forjando parte importante de mi carácter.

Al proyecto Fondecyt N° 1100895 llamado “Stock structure of the southern blue whiting *Micromesistius australis*: contrasting moire topography, volumen speckle field,

shape análisis, and micro-structure of otolitos” dentro del cual se enmarca este estudio, agradezco el financiamiento brindado que hizo posible la parte técnica de este estudio.

A todas las personas que de alguna forma estuvieron presentes en este proceso, tanto directa como indirectamente, a todos ellos les doy las gracias.

CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
COMISION DEL PROYECTO DE TITULO	i
INFORME SOBRE EL PROYECTO	ii
AUTORIZACION DE USO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	vii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES.....	4
3.1 De la especie <i>Micromesistius australis</i>	4
3.1.1. <i>Distribución geográfica y batimétrica</i>	4
3.1.2 <i>Aspectos generales de la historia de vida</i>	5
3.1.3 <i>Migración y desove</i>	6
3.1.4 <i>Edad y crecimiento</i>	6
3.2 Retrocálculo	7
3.2.1 <i>Métodos de retrocálculo</i>	7
3.3 Otolimetría	8
3.3.1 <i>Descripción y función del Otolito</i>	9
3.3.2 <i>Periodicidad de los Incrementos</i>	10
3.4 De la pesquería.....	11
3.4.1 <i>Área de la pesquería</i>	11
3.4.2 <i>Desarrollo histórico</i>	11
3.4.3 <i>Aspectos Legales</i>	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1 Area de estudio.....	13
4.2 Obtención de de muestras de otolitos.....	13
4.3.1 <i>Hidratación de otolitos</i>	14
4.3.2 <i>Procesamiento de imágenes y lectura de anillos</i>	14
4.3.3 <i>Simetría en lecturas de edad</i>	16
4.4 Preparación y medición de otolitos	17
4.4.1 <i>Comprobación de lectura de anillos</i>	17
4.5 Asignación de grupo de edad	19
<i>Método proporcional de retro-cálculo para el océano Atlántico</i>	19
<i>Método no lineal de retrocálculo para el océano Pacífico</i>	20
4.7 Parámetros de regresión	20
4.8 Modelo de crecimiento de Von Bertalanffy	21
4.9 Tasas de crecimiento	22
<i>Tasa de crecimiento Anual</i>	22
5. RESULTADOS.....	23
5.1 Caracterización de los otolitos	23
5.2 Simetría en la determinación de edad entre pares de otolitos	23
5.4 Comprobación de lectura de edad	24
5.5 Grupo de edad	25
5.6 Tablas clave talla-edad.....	26

5.7 Retrocálculo y modelo de Von Bertalanffy.....	29
5.8 Tasas de crecimiento	32
6. DISCUSIÓN	33
6.1 Aspectos metodológicos.....	33
6.2 Modelos de crecimiento	33
6.3 Factores Ambientales	35
7. CONCLUSIONES	36
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Antecedentes Biológicos.	4
Tabla 2 Test de normalidad de Kolmorov-Smirnov, test de homogeneidad de Levene, y test para datos no paramétricos de Kruskal-Wallis para edades observadas en otolitos izquierdo y derecho en datos de los océanos Atlántico y Pacífico de <i>Micromesistius australis</i> .	24
Tabla 3 Análisis de varianza de dos vías para la existencia de diferencias significativas en la asignación de edad bajo lectura de otolitos sagitales pulidos y no pulidos de merluza de tres aletas (<i>Micromesistius australis</i>), para áreas del Atlántico y Pacífico.	24
Tabla 4 Edad-longitud de hembras de merluza de tres aletas, recolectadas en el área de desove del Atlántico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.	27
Tabla 5 Edad-longitud de machos de merluza de tres aletas recolectados en el área de desove del Atlántico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.	27
Tabla 6 Edad-longitud de hembras de merluza de tres aletas recolectadas en el área de desove del Pacífico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.	28
Tabla 7 Edad-longitud de machos de merluza de tres aletas, recolectados en el área de desove del Pacífico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.	28
Tabla 8 Parámetros de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy en longitud para machos, hembras y la totalidad de individuos de <i>Micromesistius australis</i> del Atlántico. L_{∞} (longitud asintótica); K(coeficiente de crecimiento); t_0 (parámetro de condición inicial), r^2 (coeficiente de determinación), EA (Error Estándar Absoluto).	29
Tabla 9 Intervalos de confianza (IC) de los parámetros de crecimiento ajustados con el modelo de Von Bertalanffy para individuos de <i>Micromesistius australis</i> del Atlántico.	29

Tabla 10	Intervalos de confianza (IC) de los parámetros de crecimiento ajustados con el modelo de Von Bertalanffy para individuos de <i>Micromesistius australis</i> del Pacífico.	30
Tabla 11	Comparación de los parámetros de crecimiento por área entre machos y hembras de <i>Micromesistius australis</i> mediante la rutina NLMIXED del Programa SAS Inc.	30
Tabla 12	Comparación de los parámetros de crecimiento por sexo de <i>Micromesistius australis</i> entre las áreas del Atlántico y Pacífico.	30
Tabla 13	Valores de los parámetros de crecimiento en longitud estimados para <i>Micromesistius australis</i> por diferentes autores (1) Atlántico sudoccidental; (2) Pacífico suroriental; (3) Nueva Zelanda.	34

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Áreas de distribución: sectores de mayor abundancia y desove de <i>Micromesistius australis</i>	5
Figura 2 Tipos de otolitos y su ubicación dentro del oído interno	9
Figura 3 Capturas de <i>Micromesistius australis</i> en el período de 1980 a 2004 en Argentina, Chile e Isla Falkland.	12
Figura 4 Áreas de estudio de ejemplares de <i>Micromesistius australis</i> recolectados entre julio y octubre del 2010. A: Pacífico Sur, B: Isla Falkland	14
Figura 5 Otolitos hidratados de <i>Micromesistius australis</i> dentro de microtúbulos.	15
Figura 6 Lupa estereoscópica Leica y analizador de imágenes para procesamiento de fotografías.	16
Figura 7 Fotografías ilustrativas de los procesos de lectura superficial y medición radios de otolitos sagitales hidratados de merluza de tres aletas (<i>Micromesistius australis</i>), para ejemplares recolectados en los océanos Atlántico (A1 & A2) y Pacífico (B1 & B2).	16
Figura 8 Lijas para pulido de otolitos de merluza de tres aletas (<i>Micromesistius australis</i>)	18
Figura 9 Núcleo de otolito de un ejemplar del océano Atlántico de <i>Micromesistius australis</i> . A: núcleo pulido, B: núcleo sin pulir.	18
Figura 10 <i>Annuli</i> compuesto de anillos hialinos (de invierno: H) y opacos (de verano; O) de un otolito sagital de <i>Micromesistius australis</i> de 11 años. Las flechas denotan las dimensiones del núcleo (N) saggita opaco central.	23
Figura 11 Distribuciones de frecuencia de edad de merluza de tres aletas (<i>Micromesistius australis</i>) recolectas las áreas de desove de los océanos Pacífico (A1-C1) y Atlántico (A2-C2), entre Julio y Octubre de 2010.	25
Figura 12 Distribuciones de frecuencia de longitudes de merluza de tres aletas (<i>Micromesistius australis</i>) recolectadas en las áreas de desove de los océanos Pacífico (A1-C1) y Atlántico (A2-C2), entre julio y octubre de 2010.	26

Figura 13	Curvas de crecimiento retro-calculado (círculos) y modelo general de Von Bertalanffy ajustado (línea continua) para hembras y machos de <i>Micromesistius australis</i> recolectados en el Atlántico y Pacífico.	31
Figura 14	Tasas de crecimiento absolutas derivadas con modelo de Von Bertalanffy para ejemplares de <i>Micromesistius australis</i> recolectados en el Atlántico (a) y Pacífico (b).	32

RESUMEN

La merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) es un recurso mesopelagico de gran importancia económica asociado al talud y plataforma continental de extremo sur de Sudamérica. El presente estudio tuvo como objetivo efectuar un análisis comparativo de edad y crecimiento de *M. australis*, con ejemplares capturados entre junio y octubre de 2010, en el océano Pacífico entre los 36°S y 57°S; y entre los 50°S y 52°S del océano Atlántico. La edad se determinó mediante lectura superficial de *annulli*, en otolitos sagitales previamente hidratados. La relación talla-edad fue determinada mediante el ajuste de modelos von Bertalanffy, utilizando longitudes retro-calculadas. Para ello se registró el radio a la formación de cada *annulli*, utilizando un analizador de imágenes. Los parámetros derivados del modelo vB, estimados separadamente para machos y hembras, variaron significativamente en cada océano (Pacífico: $k= 0,165$, $L_{\infty}= 60,62$; $t_0= -2,31$ para hembras; y $k= 0,176$; $L_{\infty}= 58,53$ cm; $t_0= -2,22$ para machos; Atlántico: $k= 0,211$; $L_{\infty}=58,25$; $t_0=-2,83$ para hembras; y $k= 0,241$; $L_{\infty}= 54,99$ cm; $t_0=-1,92$ para machos). Por lo tanto, la comparación de los modelos von Bertalanffy entre el océano Pacífico y el océano Atlántico se efectuaron separadamente por sexo. La comparación arrojó diferencias significativas en todos los parámetros a excepción de L_{∞} en hembras que no varió significativamente.

Palabras clave: otolitos, retro-cálculo, crecimiento, von Bertalanffy

ABSTRACT

The southern blue whiting (*Micromesistius australis*) is a mesopelagic resource of great economical importance associated with the continental shelf and slope of South America. This study aimed to perform a comparative analysis of age and growth of *M. australis*, with specimens collected between July and October 2010, in the Pacific Ocean between 36 ° S and 57 ° S, and between 50 ° S and 52 ° S in the Atlantic Ocean. Age is determined by superficial reading of *annuli*, using superficial reading of sagittal otoliths previously hydrated. The age-length relationship was determined by adjusting von Bertalanffy models using back-calculated lengths. This was measured at the radius of each annuli formation, using an image analyzer. The derived parameters vB model, estimated separately for males and females differed significantly in each ocean (Pacific: $k = 0.165$, $L_{\infty} = 60.62$, $t_0 = -2.31$ for females and $k = 0.176$, $L_{\infty} = 58$, 53 cm; $t_0 = -2.22$ for males; Atlantic: $k = 0.211$, $L_{\infty} = 58.25$, $t_0 = -2.83$ for females and $k = 0.241$, $L_{\infty} = 54.99$ cm, $t_0 = -1.92$ for males). However, there was no difference in growth parameters (L_{∞} , K and t_0) between the Pacific Ocean and the Atlantic Ocean in the independent adjustment for males and females, with the exception of L_{∞} that only females showed no difference between oceans. These results support the current theory of the existence of two separate stocks, with life history parameters variables, presumably modeled by different oceanographic conditions between the two oceans.

Keywords: otoliths, back-calculation, growth, von Bertalanffy

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad básica de la evaluación de stocks es asesorar sobre la explotación de recursos como los peces, que al igual que otros recursos vivos son limitados aunque renovables. La evaluación de stocks de peces se puede definir como la búsqueda de un nivel de explotación que permita a largo plazo obtener el rendimiento óptimo en peso de una pesquería (Cubillos, 2005). Para determinar si una población conforma más de una unidad de stock es necesario entre otras cosas examinar sus áreas de desove, sus parámetros poblacionales y sus características genéticas y morfológicas. Este proceso no es simple y a menudo se puede determinar incorrectamente una unidad, principalmente por dos razones: (i) que no se abarque toda la zona de distribución del stock considerando así sólo una parte de esta, y (ii) contrariamente que varios stocks independientes permanezcan agrupados debido por ejemplo, a una superposición de sus áreas de distribución. Varios países pueden explotar un mismo stock, como ocurre en especies migratorias como *Micromesistius australis*. En ocasiones ocurre que un país puede hacer una evaluación de un tipo de “stock compartido” como si se tratase de un recurso explotado únicamente por él.

Los organismos marinos realizan migraciones hacia sus áreas de desove y estas rutas de migración son claves para comprender su estructura, ya sea a través de experimentos de marcado o con datos e información proporcionados por pesquerías comerciales. Es evidente que para llevar a cabo evaluaciones de stock adecuadas de un recurso dado es necesario conocer algunas características de su estructura poblacional, dentro de las cuales la edad y el crecimiento adquieren gran importancia. (Sparre *et al.*, 1997). Hasta la fecha la determinación de la estructura poblacional puede realizarse integrando diversos enfoques metodológicos: genético, biológico-pesquero, morfología de otolitos, prevalencia parasitaria y microquímica de otolitos. Adicionalmente, los parámetros de historia de vida, entre ellos sus tasas de crecimiento, pueden ser también muy útiles en dilucidar la estructura poblacional de un recurso dado, debido a que son aspectos fenotípicos modelados mayoritariamente por el ambiente y factores denso-dependientes (Niklitscheck *et al.*, 2009).

El estudio del crecimiento significa básicamente determinar el tamaño corporal en función de la edad; por tanto, muchos métodos de evaluación de poblaciones trabajan esencialmente con datos de composición por edades (Sparre *et al.*, 1997). Hasta la fecha, la aplicación de los métodos tradicionales para la determinación de la edad y el crecimiento incluyen los métodos directos, a través de la lectura de anillos de crecimiento en partes duras como escamas, otolitos y huesos, y los métodos indirectos basados en distribuciones de frecuencias de tallas (Holden & Raitt, 1975; Panfili *et al.*, 2002). Los métodos directos permiten obtener estimaciones confiables de edad, que puede ser posteriormente utilizada para obtener información de la dinámica del crecimiento a través del ajuste de modelos talla edad. (Casselman 1983; Casselman 1987). Los parámetros derivados de estos modelos pueden variar dentro de una población en función del sexo y/o de cohortes sucesivas que pueden crecer en forma

diferente según las condiciones ambientales (Panfili *et al.*, 2002). Por consiguiente, es imprescindible determinar las potenciales fluctuaciones de los modelos de crecimiento, cuando hay evidencias preliminares de segregación espacial y/o temporal de un recurso determinado, como es el caso particular de la merluza de tres aletas *Micromesistius australis*.

Merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) es una especie mesopelágica, que se distribuye en el Atlántico sudoccidental, Pacífico sur-oriental y Nueva Zelanda. En el cono sur de América su explotación comercial comenzó a finales de la década de los 70, primeramente como fauna acompañante de pesquerías como de congrio dorado y merluza de cola. Posteriormente sus capturas comenzaron a cobrar importancia principalmente en la década de los 90, sobre todo en las costas argentinas (Niklitschek *et al.*, 2009). Sus principales mercados de exportación son Japón, Ucrania y España (SUBPESCA, 2010). Tanto en el Atlántico como en el Pacífico la actividad pesquera esta fuertemente relacionada con migraciones reproductivas hacia las zonas de desove, situadas hacia el Sur de las Islas Malvinas (Falkland) en el atlántico sur-occidental y en el entorno del Golfo de Penas en el pacífico sur-oriental (Céspedes *et al.*, 1998; Pájaro & Macchi, 2001). Este desplazamiento ha llevado a postular diversas hipótesis sobre la dinámica espacial e identidad poblacional del recurso, para explicar las variaciones estacionales en su distribución y biomasa (Payá *et al.*, 2002; Arkhipkin *et al.*, 2009). Estas hipótesis sugieren la presencia de uno o más de un stock de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), compartidos entre los océanos Pacífico y Atlántico. Frente a este escenario es razonable preguntarse si existen diferencias en los parámetros de crecimiento de la relación talla-edad de ejemplares recolectados en ambos océanos. Aunque hasta la fecha hay variados estudios, en ambos océanos (Aguayo, 2010, Barrera-Oro & Tomo, 1987; Chong, 2002, Payá *et al.*, 2002), que describen dicha relación, todavía no hay intentos por evaluar el crecimiento de esta especie en forma simultánea bajo un misma escala temporal y metodología comparable.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la edad y el crecimiento de la merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) distribuida en los océanos Atlántico y Pacífico Sur.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar la macro-estructura de otolitos sagitales de ejemplares colectados en ambos océanos.

Determinar las longitudes retro-calculadas de merluza de tres aletas en ejemplares recolectados en áreas de desove del Atlántico y Pacífico Sur.

Determinar y comparar los parámetros de crecimiento en ejemplares recolectados en áreas de desove de los océanos Atlántico y Pacífico Sur.

3. ANTECEDENTES

3.1 De la especie *Micromesistius australis*

Tabla 1. Antecedentes Biológicos.

Clase	Actinopterigos
Orden	Gadiformes
Familia	Gadidae
Hábitat	Bentopelágico 50-900 m
Alimentación	Crustáceos planctónicos (eufásidos y anfípodos)
Longitud máxima (cm)	67 cm
Longitud promedio(cm)	51cm
Longevidad (años)	23-30 años
Edad de reclutamiento (y /o talla)	3 años
Edad de primera madurez (y/o talla)	3-4 años (38-44 cm)

FUENTE: Informe técnico, SUBPESCA 110-2010.

3.1.1. *Distribución geográfica y batimétrica*

El género *Micromesistius* está representado por *Micromesistius australis* en el Atlántico sudoccidental, Pacífico sur-oriental y nueva Zelanda. Es una especie mesopelágica de gran movilidad y que soporta grandes rangos de profundidad. Esta presenta relación con las aguas subantárticas, y está asociada a la plataforma y talud continental de la región sur austral de Chile y Argentina, Mar de Escotia (alrededor de las islas Georgias, Shetland del Sur, Orcadas) y sur de Nueva Zelanda. Esta especie se distribuye desde los 37° S hasta los 55° S dentro de la plataforma Argentina y se encuentra relacionada con temperaturas de fondo que fluctúan entre los 3-10° C. En el océano Pacífico sur-oriental el recurso se extiende entre las latitudes 42° S y 57° S, en un rango de profundidades de 130 a 800 m (Lillo *et al.*, 2007; Niklitschek, 2009) (Fig. 1).

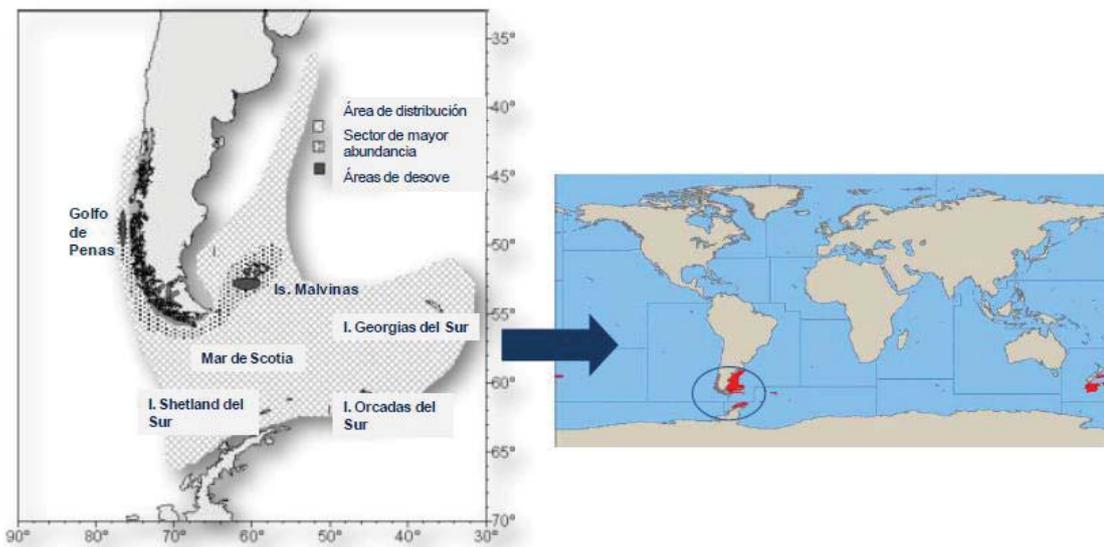


Figura 1. Áreas de distribución: sectores de mayor abundancia y desove de *Micromesistius australis*. Fuente: SUBPESCA, 2012.

3.1.2 Aspectos generales de la historia de vida

Merluza de tres aletas es una especie relativamente longeva, con una edad máxima estimada de 30 años para la población del océano Atlántico (Wöhler *et al.*, 2001). Desde las costas del Pacífico se han recolectado individuos de no más de 20 años, con rango de talla entre 32-64 cm (Lillo *et al.*, 2005); mientras que en el Atlántico suroccidental se han encontrado individuos de hasta 23 años, con un rango de talla entre 17-60 cm (Cassia, 2000). Los valores estimados de mortalidad natural para hembras son de 0,20 a 0,33 años⁻¹ y para machos de 0,23-0,29 años⁻¹ (Ojeda *et al.*, 1998).

En lo que respecta a su proceso reproductivo, merluza de tres aletas presenta un desarrollo ovárico de tipo sincrónico, con un solo grupo modal de ovocitos (450 - 1.125 micras) que madura para ser desovados en tandas sucesivas en corto tiempo, sin que se registre un proceso continuo de reclutamiento desde el stock de ovocitos maduros en reserva, características que la identifican como un desovador parcial con fecundidad anual determinada (Lillo *et al.*, 2002). El valor de fecundidad visto para una hembra de 51,1 cm LT es cercano a los 478 mil ovocitos (Macchi & Pájaro, 1999).

3.1.3 Migración y desove

A mediados de año (mayo-junio) la merluza de tres aletas ingresa a las costas chilenas por el extremo sur desde aguas atlánticas, desplazándose al norte para desovar alrededor de agosto, permaneciendo en aguas chilenas asociadas a la plataforma y talud continental hasta noviembre de cada año. Luego del desove, el recurso retornaría al Atlántico, donde es sugerido un desplazamiento de grandes cardúmenes que atraviesan la zona oeste del Banco de Burdwood por el sur a inicios de invierno, con altas concentraciones al oeste de la Isla de los Estados. Posteriormente, en invierno y primavera el desplazamiento se dirige a la costa sur de las Islas Malvinas (Falkland), presentándose en ésta área una mayor actividad reproductiva, donde los cardúmenes se desplazan dentro del área para desovar. Finalmente, cerrando el patrón migratorio se sugiere en el verano una probable dispersión en dirección sur (Céspedes *et al.*, 1998). Las conductas migratorias planteadas presentan la posibilidad de uno o más stock compartidos entre el Pacífico y el Atlántico. Sin embargo, existe información que señala que la flota Argentina explota una fracción del recurso al sur de la Isla de los Estados, previo al ingreso del recurso e inicios de la temporada de pesca en Chile, e inmediatamente después de terminada la temporada en aguas nacionales (noviembre-diciembre). Esto sugiere que parte del stock que ingresa anualmente a aguas nacionales se somete a una presión de pesca en el lado Atlántico y por lo tanto el stock explotado en aguas nacionales no conformaría una unidad cerrada (Payá *et al.*, 2002).

El proceso de desove en el Pacífico se lleva a cabo entre mediados de julio y septiembre (Córdova & Céspedes 1997, Lillo & Céspedes 1998, Lillo *et al.*, 2002, Córdova *et al.*, 2003). En promedio la mayor actividad reproductiva ocurre entre agosto-septiembre, con más del 50% de las hembras en proceso de desove activo. En septiembre se ha observado un 73% de gónadas en regresión y hacia octubre y noviembre, junto a los ejemplares con gónadas en regresión se ha observado hembras inmaduras, pero ninguna en proceso de desove (Saavedra *et al.*, 2007). En el Atlántico suroccidental el desove anual se produce entre agosto y septiembre, prolongándose ocasionalmente hasta noviembre (Sánchez *et al.*, 1986).

3.1.4 Edad y crecimiento

Aspectos generales

Merluza de tres aletas tiene un crecimiento relativamente rápido, alcanzando el 60 % de la longitud teórica máxima en la primera madurez sexual. En el Pacífico comienza a desovar de 31 cm (2 años) y sobre los 45 cm la totalidad de las hembras están maduras (Lillo *et al.*, 2002, Córdova *et al.*, 2003). Las hembras alcanzan mayores tallas que los machos. Para el Atlántico sudoccidental se ha encontrado que el mayor incremento de longitud anual en individuos ocurre entre los 4-5 primeros años, donde

alcanzan una talla de 38-45 cm, coincidiendo con el rango de su madurez sexual. En el stock del Atlántico reportan una talla media de madurez de 35,4 cm para machos y 38,01 cm para hembras (Sánchez *et al.*, 1986), mientras que Macchi & Pájaro (1999) señalan un valor menor cercano a los 31 cm para hembras.

3.2 Retrocálculo

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite extraer información de la historia del crecimiento de un pez, cuyo registro se encuentra contenido en las marcas presentes de las estructuras duras (escamas, otolitos, vértebras u otros), mediante varias medidas tomadas del organismo para inferir su longitud en una o varias etapas precedentes. Puntualmente se usan las dimensiones de las marcas de crecimiento de las estructuras duras, y la longitud total del cuerpo al momento de la captura, para estimar la longitud en el tiempo de formación de cada una de estas marcas (Chungunova 1963; Everthart *et al.*, 1976; Ricker 1975; Francis 1990). El uso principal que se le ha dado es de estimar la longitud de los peces a edades tempranas, cuando no se tienen ejemplares jóvenes en la muestra con el fin de ajustar la curva de crecimiento.

El retrocálculo es útil para monitorear tasas de crecimiento promedio de varias clases de edad en la población, identificando años o estaciones de crecimiento lento o rápido (Smith, 1983.) Además, la información puede ser utilizada para establecer correlaciones con factores ambientales y entregar datos básicos para construir modelos predictivos de crecimiento. Weatherley (1972) afirma que, desde el punto de vista práctico, los efectos de los cambios en la pesca o la presión de los predadores pueden ser inferidos a partir de los datos de crecimiento retro-calculados. El retrocálculo se ha utilizado con varios propósitos entre los cuales está: reconstruir la historia de vida temprana (Shafer, 2000), determinar el momento de formación del primer anillo de crecimiento en otolitos (Melo 1984), estudio de la dinámica del crecimiento de los primeros estadios de vida (Laiding *et al.*, 1991), determinar el comienzo de la maduración sexual (Rijnsdorp & Storbeck, 1991) y cambios de longitud a la edad en diferentes años (Sjöstrand, 1992).

3.2.1 Métodos de retrocálculo

En 1910 se propone la primera fórmula de retrocálculo, en la cual asume una directa proporcionalidad entre el crecimiento del pez y sus escamas (Lea, 1910; Dahl, 1910). A partir de esto, investigadores han trabajado en el diseño de metodologías para realizar el retro-cálculo, se distinguen dos aproximaciones:

Métodos proporcionales: Al igual que el método de regresión, comienzan con la estimación de los parámetros de la ecuación que relaciona la longitud del pez y el tamaño del otolito al momento de la captura, incorporando la información de cada pez lo que da cuenta de la variación individual. Entre estos se encuentran: método de Dahl-Lea, método de Fraser-Lee, método de Hile, método de Whitney & Carlander, método de Crecimiento Tiempo-Variante (CTV), método BHP, no Lineal (Araya *et al.*, 2002)

Método de regresión: Usa la ecuación para estimar las longitudes pretéritas a cada edad directamente desde las marcas periódicas, sin preocuparse de la variación en el tamaño del otolito entre los peces. La diferencia fundamental de este método con los métodos tradicionales es que la regresión define sólo una línea para el crecimiento de la población, lo cual determina su insensibilidad. Los métodos de retrocálculo tradicionales, si bien se basan en su mayoría en las mismas regresiones, no usan éstas para el cálculo directo de las longitudes (Carlander, 1981), sino que determinan o "reconstruyen" el crecimiento de cada uno de los individuos de la muestra para posteriormente promediar las longitudes a cada edad pretérita.

3.3 Otolimetría

La otolimetría es una sub-disciplina de la esclerocronología que es la ciencia que tiene como objetivo reconstruir la historia pasada de los organismos vivos a partir del estudio de sus estructuras calcificadas (como vértebras, escamas y otolitos). Su ámbito de aplicación, abarca los problemas de la estimación de la edad; así como la estimación del tiempo y la duración de los eventos del ciclo vital. Los datos sobre la edad y el crecimiento de los peces son esenciales para la comprensión de las características vitales de las especies y las poblaciones (por ejemplo, tiempo de vida, la edad al momento del reclutamiento, la edad de madurez sexual, los períodos de reproducción, las migraciones, la mortalidad) y el estudio de la estructura de la población y su dinámica demográfica (por ejemplo, en la edad de evaluación basada en acciones) (Panfili, 2001).

La otolimetría se usa mucho en las especies de teleósteos para la estimación de la edad a través del uso de los otolitos que son permiten estudiar los ciclos de crecimiento anuales y estacionales. Los otolitos han sido cada vez más utilizados para la estimación de la edad de los peces y también son valiosos en otros campos del estudio de la edad y el crecimiento (Fossum *et al.*, 2000).

3.3.1 Descripción y función del Otolito

Dentro del oído interno en peces teleósteos se encuentran los otolitos que detectan las ondas de sonido y aceleraciones lineales y angulares que permiten a los organismos mantener el equilibrio. Estas estructuras son concreciones de carbonato de calcio con un crecimiento indefinido, donde actúan como mecano receptores estimulando la kinocilia de la mácula que detecta el sonido. Existen tres diferentes tipos de otolitos: sagitta, lapillus y asteriscos y se encuentran contenidos respectivamente dentro de tres sacos óticos: sacculus, utrículus, lagena. (Panfili, 2001) (Fig 2).

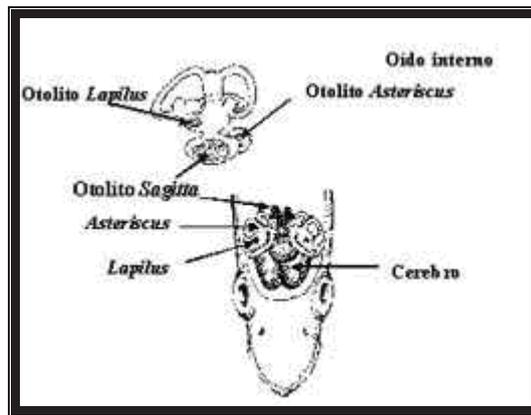


Figura 2. Tipos de otolitos y su ubicación dentro del oído interno. Fuente: Manual of fish Sclerochronology, Panfili *et al.*, 2002.

Los otolitos de los tres sacos son diferentes en tamaño y forma lo que tiende a relejar la filogenia y el desarrollo aunque existe una considerable variación inter e intra-específica. Entre las diferencias específicas en la forma parece deberse a las influencias tanto genéticas como ambientales (Lombarte & Lleonart, 1993; Nolf, 1995; Torres *et al.*, 2000). Los otolitos han demostrado ser útiles en estudios taxonómicos, debido a que su forma posee una elevada variación inter-específica (Hecht, 1979), así como también la forma del otolito permite el estudio de las redes alimentarias de restos parcialmente digeridos, entre otras cosas, (Suter & Morel, 1996; Watanabe & Saito, 1998; Alonso *et al.*, 1999, Panfili, 2001) En la mayoría de las especies, el otolito más grande es el sagitta, que se usa con mayor frecuencia en la estimación de la edad. Sin embargo, el asteriscus es el mayor otolito en especies Ostariophysean (Adams, 1940). La mayoría de los estudios de formación de los otolitos se han hecho en sagitta y lapillus.

3.3.2 Periodicidad de los Incrementos

Los otolitos presentan una serie de estructuras adicionales que a menudo se forman regularmente en escalas de tiempo que van desde la sub-diurna a anual. La estimación de la edad del pez depende de los cambios visibles en el crecimiento de los otolitos. Los patrones de crecimiento de mayor interés se encuentran en cuatro niveles de resolución:

a-Incrementos primarios: Permiten una resolución de días.

b-Las zonas estacionales: Permiten una resolución de varios meses o una temporada de crecimiento.

c-Los incrementos anuales: Permiten una resolución de años.

d-Discontinuidades en la estructura del otolito (ultra): que corresponden a varios tipos de estrés que no son necesariamente regulares durante el ciclo de vida del individuo.

En cuanto a los niveles de resolución a continuación se explicarán más detalladamente en el punto b y c.

Incrementos estacionales: También denominadas zonas de temporada, marcas, anillos, suelen ser distinguibles en otolitos. A menudo son visibles en las zonas tropicales, así como especies de clima templado. Estas zonas pueden ser visibles en los dos enteros (sin tratar) otolitos y/o después de algún tipo de preparación. Los dos tipos principales de zonas estacionales tienen diferentes opacidades. Bajo la luz transmitida la zona opaca es oscura y la zona translúcida es brillante, y bajo la luz reflejada se observa el patrón inverso. Además de su aspecto macroscópico las dos zonas estacionales difieren con respecto al ancho de sus incrementos primarios, el espesor y tamaño de los cristales de aragonito (Morales-Nin, 1987a), la frecuencia de las discontinuidades de crecimiento y las capas orgánicas (Mugiya *et al.*, 1985), la relación de carbonato de calcio a la proteína de matriz (Casselman, 1974, 1982, 1987; Mugiya, 1984), y las proporciones elementales (Casselman, 1982, 1983; Kalish, 1989, 1991). Es la combinación de estos factores los que conducen a las diferencias en las densidades ópticas de las dos zonas.

Los incrementos anuales: También denominadas marcas anuales o anillos a menudo se interpretan teniendo en cuenta la sucesión de varios incrementos estacionales. La mayoría de las especies tropicales templadas presentan incrementos anuales, generalmente comprenden zonas opacas y translúcidas. Sin embargo, en algunos incrementos de especies tropicales de crecimiento semestrales se han reportado, probablemente relacionado con plurianuales cambios en los factores ambientales e hidrológicos (Yosef & Casselman, 1995).

3.4 De la pesquería

3.4.1 Área de la pesquería

En nuestro país, la temporada de pesca es entre mayo y noviembre, dentro de los 47° y 57° S. Sin embargo, durante el periodo de desove (aproximadamente en agosto), entre los 43° y 57° también se captura, debido a una mayor concentración del recurso en esta zona (www.ifop.cl)

3.4.2 Desarrollo histórico

En Chile la explotación comercial de la merluza de tres aletas comenzó indirectamente con el desarrollo de la pesquería demersal austral (PDA) en la década del 70, donde era fauna acompañante de congrio dorado y merluza de cola como recursos objetivo (Niklitschek *et al.*, 2009). Entre los años 1981 y 1992, los desembarques fluctuaron entre 2000 y 5000 toneladas pero luego se aumentaron progresivamente en los años siguientes sobre las 20000 ton anuales (Niklitschek *et al.*, 2009) En el período que va desde el 2000 al 2008 los desembarques fluctuaron las 25000 ton, para luego decaer a 3000 en el 2009. (SUBPESCA, 2010). En el Atlántico las capturas (al igual que en el Pacífico Sur) fueron poco importantes hasta finales de la década del 70. Luego se acrecentaron rápidamente principalmente debido a la actividad de pesqueros de Polonia alrededor de las Islas Malvinas (Falkland) (Wöhler, *et al.*, 2001), donde está la mayor concentración del recurso, el stock ha sido fuertemente explotado durante los últimos 20 años causando una fuerte reducción en sus niveles de biomasa (Macchi *et al.*, 2005; Niklitschek *et al.*, 2009). En Isla Falkland *Micromesistius australis* constituye uno de los principales recursos de explotación en otoño y primavera austral esta pesquería es una de las más importantes con capturas aproximadas a las 25000 toneladas. Su pesquería data aproximadamente desde la década de los 80, se observó un descenso de las capturas en los años 2007 y 2008, con un total anual de 13,275 toneladas. Desde el 2007 los buques de surimi han comenzado a operar a principios de octubre y continúan hasta principios de diciembre. Durante este período, los buques pescan agregaciones post-desove del recurso que se alimentan de las aguas del lugar antes de que el recurso se dispersa hacia el sur (Falkland Islands Government, 2009).

Con el fin de detener el descenso del stock, la prohibición de pesca fue impuesta en el 2010 sobre la zona de desove del recurso a 11 cuadrículas en la parte suroccidental de la zona de manejo y conservación interina de las Islas Falkland (FICZ) para la duración del periodo de desove; el año 2010 fue la pesquería alcanzó su nivel más bajo con 6414 toneladas (Falkland Islands Government, 2009).

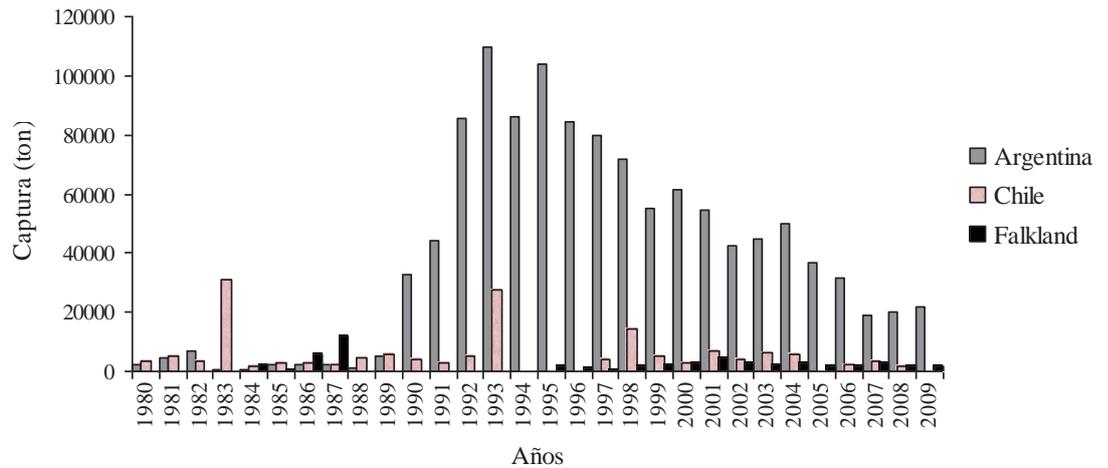


Figura 3. Capturas de *Micromesistius australis* en el período de 1980 a 2004 en Argentina, Chile e Isla Falkland. Fuente: Anuario FAO, 2009.

3.4.3 Aspectos Legales

En Chile actualmente, el recurso se encuentra declarado en régimen de plena explotación al sur del paralelo 41° 28,6' S, y es regulado mediante Límites Máximos de Captura por Armador (D. Ex. N° 1587 21.12.2005; D. Ex. N° 1362 30.12.2005). (Niklitschek, 2009). Se ha establecido una cuota de captura en el área comprendida entre las latitudes 41°28,6' y 47° S, donde opera principalmente la flota demersal de la pesquería sur austral. Esta pesquería no tiene vedas biológicas ni existe indicaciones de talla mínima legal en nuestro país. (www.ifop.cl).

En Argentina el recurso se regula bajo la resolución CFN N° 20/2009 de asignación de Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC) sobre la base de la Captura Máxima Permisible otorgadas por el Consejo Federal Pesquero Observatorio de Políticas Publicas. En Isla Falkland el departamento de pesquerías (FIFD) ha prohibido la pesca en zonas de desove que se realiza desde el 1 de agosto al 15 de para arrastre pelágico, y desde el 1 de septiembre al 15 de octubre para pesca de arrastre de fondo con la finalidad de que los peces desovasen sin perturbaciones (www.fish.com Falkland.fish).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El área de estudio para el presente trabajo estuvo comprendida entre los 36°S y 57°S en el Pacífico Sur y entre los 50°S y 52° S en Isla Falkland, donde se realizó el muestreo por barcos arrastreros tanto de la flota chilena como de Isla Falkland.

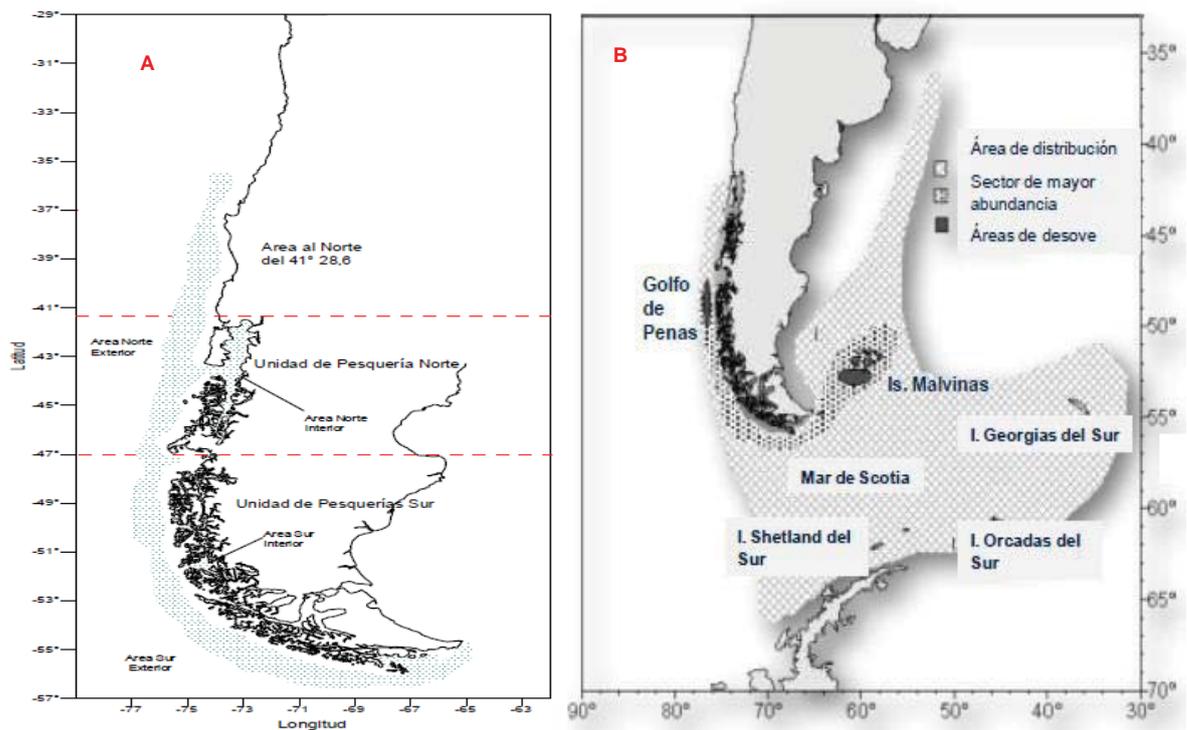


Figura 4. Áreas de estudio de ejemplares de *Micromesistius australis* recolectados entre julio y octubre del 2010. A: Pacífico Sur, B: Isla Falkland

4.2 Obtención de de muestras de otolitos

Para el presente estudio se contó con 372 muestras de otolitos sagitales izquierdos y derechos, 136 provenientes del océano Atlántico;(72 machos y 64 hembras) y específicamente de la Zona Económica Exclusiva de la Islas Falkland (ZEE) (50°S y 52°S), muestras facilitadas por el Dr. Alexander Arkhipkin del departamento de Pesquerías de Islas Falkland. También se dispuso de 236 muestras de otolitos izquierdos y derechos sagitta provenientes del Pacífico Sur de Chile (36°S y 57°S), 107 machos y 129 hembras, en muestreos realizados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Las muestras fueron colectadas en primavera e invierno del 2010, durante el período

reproductivo de ambas zonas. El conjunto de muestras fueron ingresadas al Laboratorio de Biología Marina Aplicada de la Escuela de Ciencias del Mar de la PUCV, previamente descontados los otolitos quebrados y defectuosos, para lo cual se hizo una revisión individual de cada otolito.

4.3 Procedimiento de la lectura de anillos

4.3.1 Hidratación de otolitos

Las muestras se sumergieron en agua por 24 horas en micro-tubos individuales, para mejorar la visibilidad de los anillos mediante la hidratación del carbonato de calcio contenido dentro de los otolitos. De este modo se buscó mejorar la lectura posterior de los anillos anuales de cada otolito (Fig.5).



Figura 5. Otolitos hidratados de *Micromesistius australis* dentro de microtúbulos

4.3.2 Procesamiento de imágenes y lectura de anillos

Se utilizó una lupa estereoscópica Leica EZ4D para tomar imágenes con luz incidente de cada otolito, con aumento 8X y dimensiones 1024 x 768 (Fig. 6). Con el programa Image Pro Plus 6.0 se analizaron las fotografías, tomando medidas de los anillos anuales en cada uno de los otolitos. Para esto se contó como anillo anual la suma de un anillo opaco más un anillo hialino. Posteriormente se midió cada uno de los radios

formados en cada anillo hialino de cada otolito, desde del núcleo hasta el borde del extremo dorsal del mismo (Fig. 7) (Aguayo, 2010).



Figura 6. Lupa estereoscópica Leica y analizador de imágenes para procesamiento de fotografías

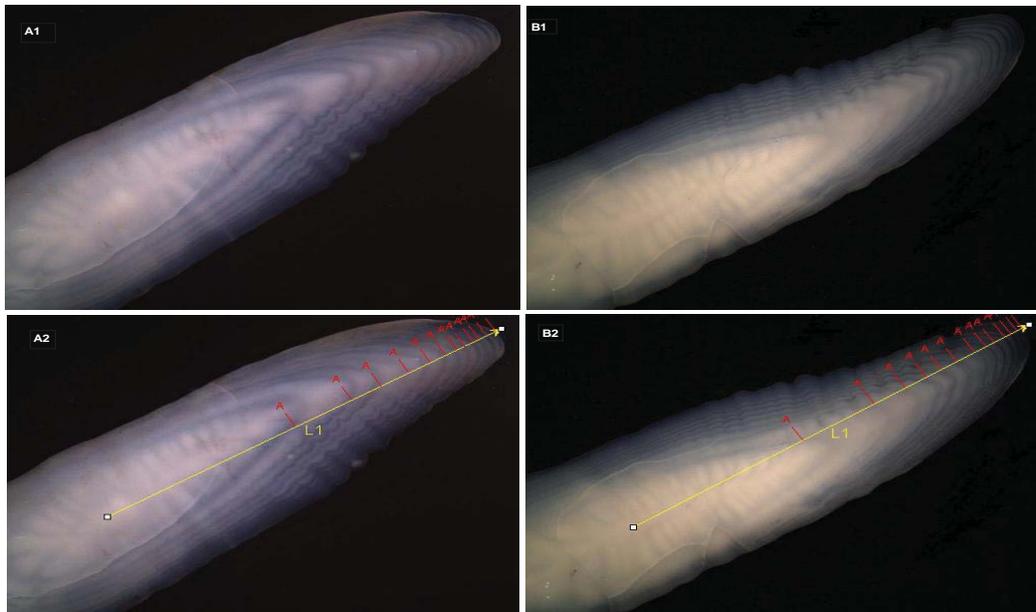


Figura 7. Fotografías ilustrativas de los procesos de lectura superficial y medición de radios de otolitos sagitales hidratados de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), para ejemplares recolectados en los océanos Atlántico (A1 & A2) y Pacífico (B1 & B2).

4.3.3 Simetría en lecturas de edad

Previo a la asignación de edad es necesario determinar si ésta difirió significativamente entre pares de otolitos (izquierdo y derecho), mediante un test no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-S), debido a que no se cumplió el supuesto de homocedasticidad de los datos para efectuar un análisis de varianza paramétrico. Para este análisis se utilizaron 150 pares de otolitos, siguiendo los procedimientos de las secciones anteriores (hidratación, procesamiento de imágenes y lectura de anillos), donde se eligió cada otolito en forma independiente y aleatoria, desconociendo la rotulación en el procedimiento de lectura de anillos.

4.3.4 Reproducibilidad de lecturas

La verificación de las lecturas de edad de un lector o entre lectores consiste en medir el grado de reproducibilidad o consistencia del conteo de anillos de crecimiento. (Wilson *et al.*, 1987). Considera que las lecturas son independientes y ninguno de los lectores conoce las lecturas del resto. En este estudio se realizaron 6 lecturas con dos lectores, cada uno de los cuales realizó 3 lecturas separadas por un espacio de tiempo de 7 días entre cada una. La precisión de las lecturas de edad se realizó mediante el método de Beamish & Fornier, 1981 el cual compara el porcentaje de error promedio y utiliza la siguiente expresión:

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

donde:

N: número de peces con asignación de edad

R: número de veces que la muestra fue leída

X_{ij} : es la i-ésima determinación de edad del j-ésimo pez

X_j : es la edad promedio calculada para el j-ésimo pez

4.4 Preparación y medición de otolitos

4.4.1 Comprobación de lectura de anillos

Para determinar si los resultados de las lecturas superficiales de edades observadas fueron consistentes con la edad de cada pez, se realizó una comparación entre lecturas de anillos superficiales sin pulir y pulidos, tanto de otolitos del Atlántico como del Pacífico, con el objetivo de comprobar la existencia o no de diferencias significativas entre lecturas. Para ello se tomaron 40 muestras de ambas áreas, 20 sin pulir y 20 pulidos, y se realizó la comparación entre procesos y área (Atlántico, Pacífico). El modelo utilizado para este fin fue un análisis de varianza de dos vías (Cánavos, 1998):

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{ij}$$

donde:

y_{ij} = edad observada

μ = media global

α_i = efecto principal causado por el proceso en las muestras (i=2)

β_j = efecto principal causado por el área de las muestras (j=2)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de interacción del proceso y área de las muestras (i*j=4)

ξ_{ij} = k-ésimo error aleatorio de proceso y área

Decisión: con un nivel de significancia de 0,05 H_0 se acepta si $p > \alpha$

4.4.2 Pulido de otolitos

La lectura superficial de otolitos sagitales ha sido la metodología estándar para datar ejemplares de esta especie en el océano Pacífico. Por el contrario, en el océano Atlántico se utilizan cortes transversales para el mismo fin. Para mantener una metodología consistente, se utilizó la lectura superficial con un tiempo prolongado de hidratación para ejemplares recolectados en ambos océanos. El tiempo y radio de formación del primer *annuli* no ha sido validado para esta especie y su identificación puede ofrecer dificultades en lectura superficial. En este estudio la ubicación del primer *annuli* correspondió a la primera banda hialina que circunda un núcleo visiblemente compacto. Para soslayar una potencial incertidumbre en la identificación del primer *annuli*, se comparó la edad en un otolito sin pulir (sólo hidratado) con la edad del mismo otolito pulido ligeramente para descubrir el núcleo. Para este propósito, se tomaron 10 otolitos derechos del Atlántico y 10 del Pacífico, previamente hidratados por 24 horas, y luego se pulieron manualmente con lija de grano P320 (Fig. 8), por aproximadamente treinta minutos hasta hacer visible el núcleo (Fig. 9). Posteriormente se evaluaron las diferencias en edad entre otolitos pulidos y sin pulir, mediante un análisis de varianza de dos vías.



Figura 8. Lijas para pulido de otolitos.

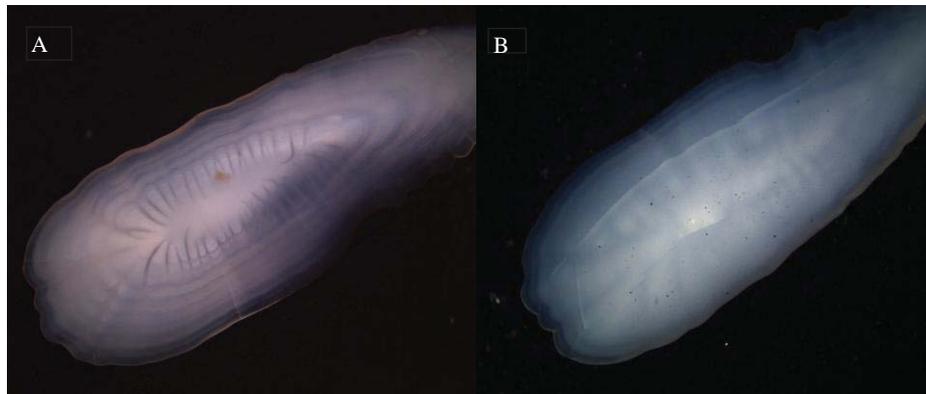


Figura 9. Núcleo del otolito de un ejemplar del océano Atlántico de *Micromesistius australis*.
A: núcleo pulido; B: núcleo sin pulir.

4.5 Asignación de grupo de edad

Antes del análisis estadístico se le asignó a cada otolito un grupo de edad específico. Para ello se usó el criterio empleado para merluza de cola (*Macruronus magallanicus*), derivado de la metodología propuesta por ICSEAF (1983), sobre la base que tanto merluza de cola como merluza de tres aletas desovan durante el mismo periodo de tiempo (junio-agosto). La mayor cantidad de acumulación de marcas hialinas ocurre durante el período de invierno para ambas especies. Por lo tanto, se consideró como cumpleaños de la especie el 1° de julio para el océano Atlántico, puesto que es la fecha que designó Giussi (1996) para merluza de cola en ese océano, y el mismo cumpleaños se asignó para el océano Pacífico, debido a que es la fecha que se asigna a las especies del hemisferio sur. Se analizó el tipo de borde de cada otolito, dando notaciones H (borde grueso) y h (borde delgado) para bandas hialinas, O (borde grueso) y o (borde delgado) para bandas opacas, dependiendo de la fecha de captura y el cumpleaños para designar esta notación.

4.6 Edad y crecimiento

4.6.1 Retrocálculo

En el presente estudio los patrones de edad y crecimiento fueron estudiados utilizando retrocálculo. El método utilizado correspondió a uno de tipo proporcional denominado BHP, de forma lineal para el océano Atlántico y uno potencial para el océano Pacífico.

Método proporcional de retro-cálculo para el océano Atlántico

BPH: Este método supone que el coeficiente entre el tamaño promedio del pez y el tamaño de un pez en particular a un determinado tamaño del otolito es constante a través de su vida para cualquier annulus (Araya *et al.*, 2002). Para merluza de tres aletas Barrera & Tomo (1988) reportaron que la relación radio máximo–longitud total del pez es lineal. Por consiguiente este modelo fue utilizado para determinar longitud de edades pretéritas en el presente estudio, con la siguiente ecuación:

$$L_i = \left\langle (c + dR_i) \middle| (c + dR_c) \right\rangle * L_c$$

donde:

L_i = Longitud del pez al momento de formación del i-ésimo anulus
 c =intercepto de la función $g(R)$ cuando es lineal
 d = Pendiente de la función $g(R)$ cuando es lineal
 R_i =Tamaño del otolito al momento de formación del i-ésimo anulus (radio máximo)
 L_c = Longitud del pez al momento de la captura

Método no lineal de retrocálculo para el océano Pacífico

La reconstrucción de las longitudes previas de la especie se llevó a cabo mediante el método de retrocálculo no lineal descrito por Monastyrsky (Araya *et al.*, 2002) cuya función de Retrocálculo empleada fue la siguiente:

$$L_i = \left(\frac{R_i}{R_c} \right)^v * L_c$$

donde:

v: pendiente de regresión potencial

L_i : Longitud del pez a la edad i

R_i : Tamaño del otolito a la edad i

L_c : Longitud del pez al momento de la captura

R_c : Tamaño del otolito al momento de la captura

4.7 Parámetros de regresión

Previo al retrocálculo se requirió conocer los coeficientes de la relación entre la longitud del pez y la longitud del otolito. Para el océano Atlántico los coeficientes fueron obtenidos de la ecuación de Barrera-Oro & Tomo(1987), como sigue:

$$L_i = 18,8851 R_i - 1,3122$$

donde:

Pendiente=18,8851

Intercepto=1,3122

Para el océano Pacífico las ecuaciones fueron facilitadas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), obtenidas en el año 2010.

$$\text{Hembras: } LT = 0,1139 * R_i^{1,3178}$$

$$\text{Machos: } LT = 0,1585 * R_i^{1,2402}$$

$$\text{Total: } LT = 0,131 * R_i^{1,2833}$$

donde:

LT= Longitud total del pez

R_i = Radio máximo del otolito

4.8 Modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Luego de determinar las longitudes a edades pretéritas se procedió a describir la relación talla-edad mediante el modelo de Von Bertalanffy tradicional. Este modelo es utilizado ampliamente en estudios de edad y crecimiento cuya expresión matemática es como sigue:

$$L_t = L_\infty * (1 - e^{-K(t-t_0)}) + \xi$$

donde

L_t = Longitud total a la edad t

L_∞ = Longitud máxima promedio

K= Coeficiente de crecimiento

T= Edad en punto de inflexión de curva

t_0 = Edad teórica a longitud cero

ξ = Error asociado a la estimación de los parámetros

El ajuste del modelo a los valores de talla y edad se efectuó a través del método de máxima verosimilitud, disponible en módulos de regresión no lineal del programa SYSTAT versión 12.0. Para establecer si existieron diferencias entre los parámetros de crecimiento de hembras y machos se utilizó el comando “CONSTRAS”, disponible en el módulo “NLMIXED” del programa estadístico SAS Inc.

4.9 Tasas de crecimiento

Al estimar longitudes a edades pretéritas se pudo obtener la tasa de crecimiento individual (TCA) como:

Tasa de crecimiento Anual

$$TCA = t_{i+1} - t_i$$

donde: t_i = Longitud del pez a la edad i

La tasa de crecimiento absoluto (g), a la edad i derivada del modelo de von Bertalanffy, utilizada para cálculo de tasas corregidas con el modelo. (Campana, 1996), es estimada como sigue:

$$g(x) = K(L_{\infty} - L_i)$$

donde:

K = Coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy

L_{∞} = Longitud asintótica

L_i = Longitud del pez a la edad i

5. RESULTADOS

5.1 Caracterización de los otolitos

Un aspecto distintivo de la macro-estructura de otolitos sagitales de esta especie fue el hecho de que los *annuli* se tornaron más visibles luego de un día de hidratación, lo que facilitó su lectura. En cada otolito sagitta se observó que un *annuli* estuvo compuesto alternadamente por un anillo hialino y opaco del crecimiento y lento, respectivamente (Fig. 10). El número máximo de *annuli* observados fue de 19.

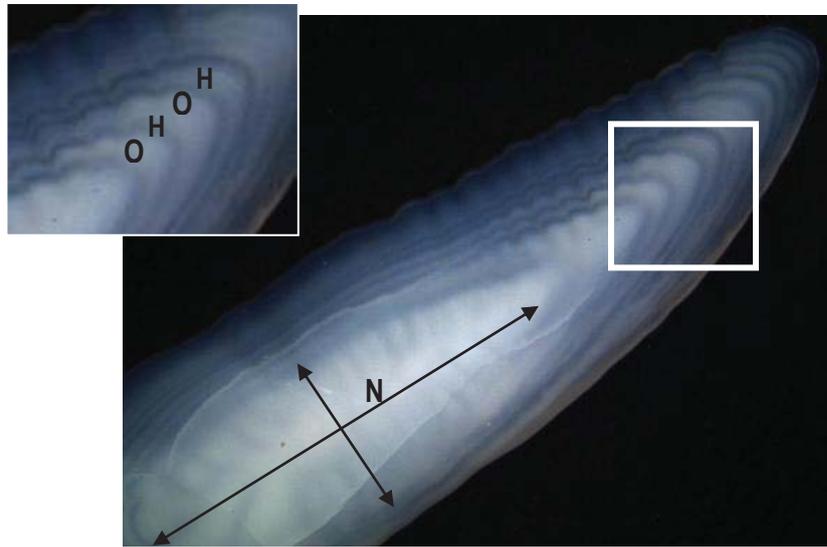


Figura 10. *Annuli* compuesto de anillos hialinos (de invierno: **H**) y opacos (de verano; **O**) de un otolito sagital de *Micromesistius australis* de 11 años. Las flechas denotan las dimensiones del núcleo (N) sagitta opaco central.

5.2 Simetría en la determinación de edad entre pares de otolitos

Para establecer diferencias significativas en la determinación de edad entre el par derecho e izquierdo de otolitos sagitales se utilizó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W), debido a la ausencia de normalidad en la distribución de los datos (Tabla 3). Los resultados muestran que no existieron diferencias significativas en las lecturas de edad entre los otolitos izquierdo y derecho (Tabla 3).

Tabla 2. Test de normalidad de Kolmorov-Smirnov, test de homogeneidad de Levene y test de Kruskal-Wallis para edades observadas en otolitos izquierdo y derecho en datos del Atlántico y Pacífico de *Micromesistius australis*.

Test	Pacífico		Atlántico	
	Estadístico	Valor potencia	Estadístico	Valor potencia
K-S	0,153	0	0,105	0
Levene	0,014	0,905	0,474	0,492
Kruskal-Wallis		0,885		0,602

5.3 Verificación de lectura de edad

Se seleccionó una muestra de 30 otolitos, abarcando todo el rango de tallas disponible. Cada lector realizó 3 lecturas independientes por un espacio de tiempo de 7 días por lectura. Los porcentajes de errores promedio (APE) fueron entre 2,5 y 3,3%, para el lector 1 y 2, respectivamente.

5.4 Comprobación de lectura de edad

La determinación de edad se hizo utilizando lectura superficial en otolitos hidratados de ejemplares de ambos océanos. La lectura de edad se hizo algo más difusa en los primeros *annulis* que circundan al núcleo. Para verificar la correcta identificación del primer *annuli* se realizó una prueba de varianza para corroborar la consistencia de la lectura desde el primer anillo en otolitos pulidos y sin pulir, en una muestra piloto de 30 ejemplares. Los resultados no mostraron diferencias en las lecturas de edades con ambos procesos (Tabla 4).

Tabla 3. Análisis de varianza de dos vías para analizar diferencias significativas en la asignación de edad bajo lectura de otolitos sagitales pulidos y no pulidos de merluza de tres aletas de áreas del Atlántico y Pacífico.

Variable	Tipo III SS	GL	Cuadrados medios	F	Valor potencia
Proceso	0,085	1	0,085	0,019	0,892
Area	142,866	1	142,866	31,35	0
Proceso*área	0,4	1	0,4	0,088	0,769
Error	154,944	34	4,557		

5.5 Grupo de edad

Se determinó la edad a través de la lectura de anillos, contando un año como la suma de un anillo hialino (de invierno) mas un anillo opaco (de verano). Posteriormente los individuos fueron asignados a un grupo de edad para seguidamente realizar histogramas de frecuencia de edad y longitud, donde se observó que los datos no tienen una distribución definida. Para los individuos del Atlántico se realizaron frecuencias de edad (Fig. 11) y talla (Fig. 12) y se pudo observar que los datos no tienen una tendencia definida. Las hembras presentan una distribución de edad más homogénea que los machos, los cuales concentran el mayor porcentaje de individuos de 11 a 14 años y en el total de los individuos se aprecia que las edades más frecuentes son la 12,14 y 15. En general se distinguen pocos individuos en los primeros y últimos años de vida. En cuanto a la frecuencia de tallas, se encontraron longitudes máximas de 62 cm con una distribución heterogénea más marcada en machos que en hembras. Estas últimas tienen una distribución más equitativa y se aprecia mayor cantidad de individuos en las tallas 54, 55 y 59. Para los machos las mayores tallas se encuentran en los 53 y 54 cm; la menor cantidad de ejemplares encontrados corresponden a peces más longevos (Fig. 11)

Las edades mínimas y máximas observadas en individuos del Pacífico fueron de 3 y 19 años (Fig. 11). Entre las longitudes se encontraron mínimas y máximas de 34 y 62 cm (Fig. 12). Se encontraron edades sobresalientes, entre las cuales destacan las edades 6, 9, 10 y 12. La totalidad de los individuos se encuentran en mayor medida concentrados hasta la edad 12, y el tamaño de los peces se concentra en mayor medida desde los 50 a los 62 cm, sobre todo en las edades 52, 53 y 57 (Fig.12).

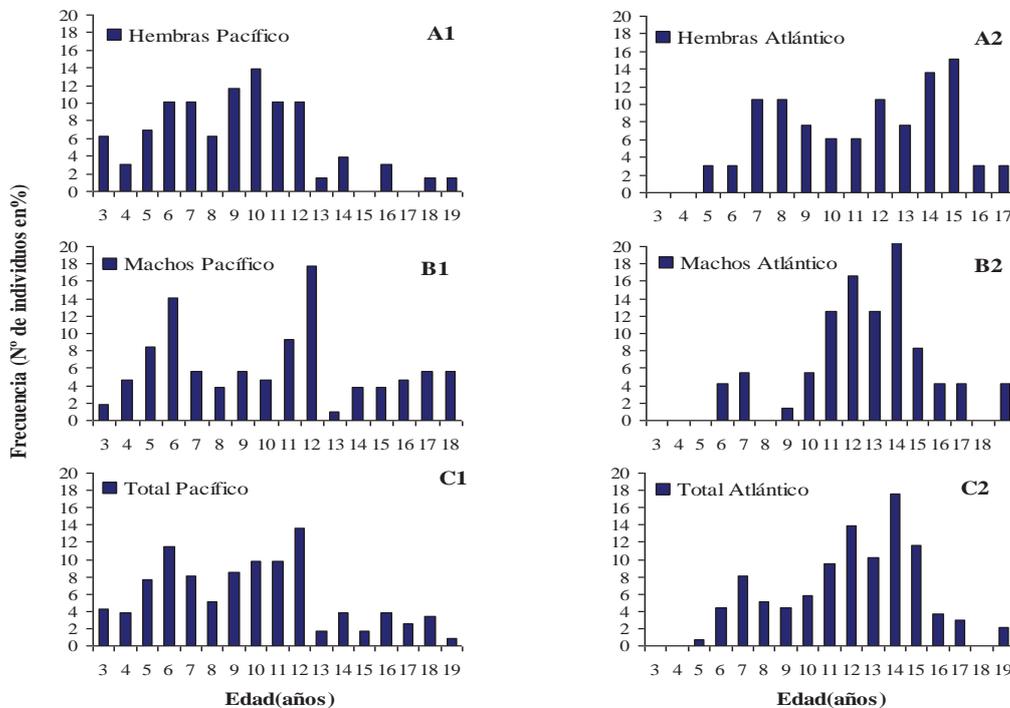


Figura 11. Edades de merluza de tres aletas recolectas en las áreas de desove del Pacífico (A1-C1) y Atlántico (A2-C2), entre julio y octubre de 2010.

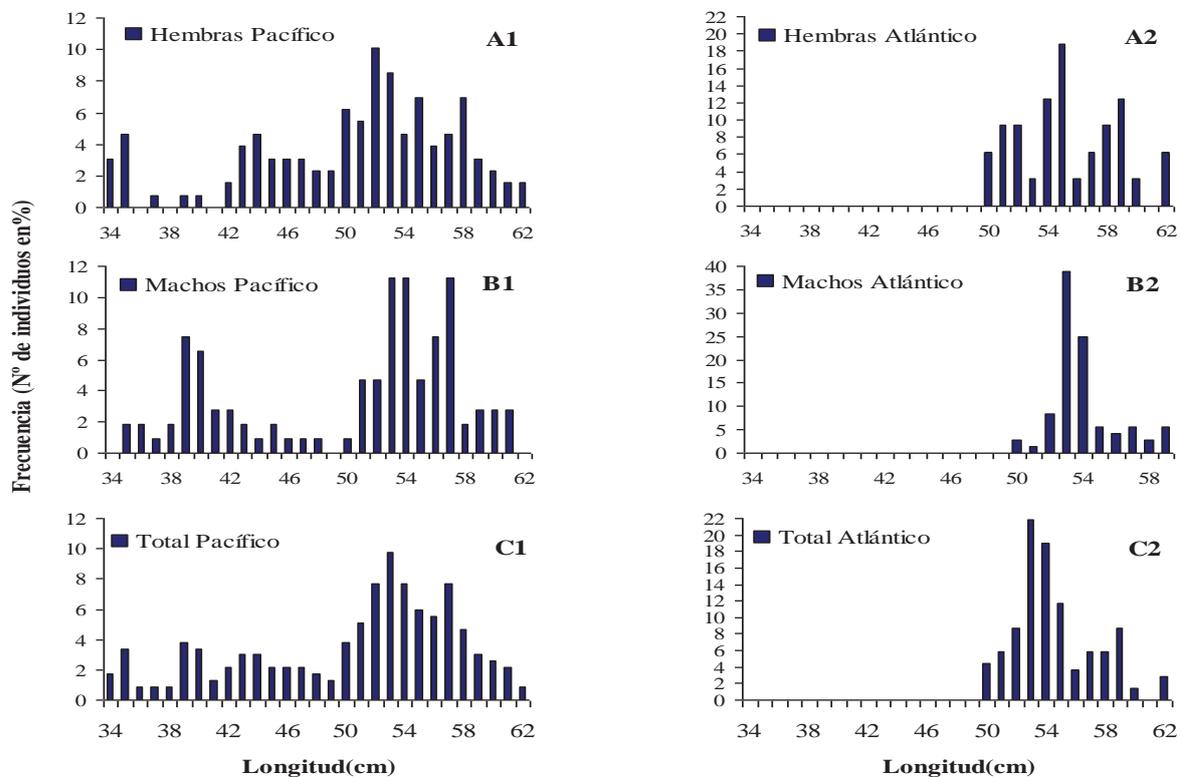


Figura 12. Frecuencia de longitudes de merluza de tres aletas recolectadas en áreas de desove del Pacífico (A1-C1) y Atlántico (A2-C2), entre julio y octubre de 2010.

5.6 Tablas clave talla-edad

Para la estimación del crecimiento en longitud mediante Retrocálculo, el número de longitudes retrocalculadas en machos fue de 372 en total, 194 en hembras y 179 en machos. Para individuos del Atlántico se encontraron edades mayores en hembras e individuos más longevos en machos. La mayor cantidad de individuos se encontraron a la edad 15 en hembras y a las edades 12, 13 y 14 en machos. La menor cantidad de individuos se concentró en edades 5, 6, 16, 17 y 6, 9, 16, 17 y 19 en hembras y machos respectivamente (Tablas 5 y 6).

En general, para especímenes del Pacífico se aprecian longitudes similares en los primeros años entre hembras y machos; a partir de la edad 5 se observan diferencias, presentando mayores longitudes las hembras. Existe una baja cantidad de individuos que superando la edad 60. La mayor concentración de individuos se encuentra en las edades 9 y 10 para las hembras y en las edades 11 y 12 en los machos (Tablas 7 y 8).

Tabla 4. Edad-longitud de hembras de merluza de tres aletas, recolectadas en el área de desove del Atlántico. Edad en años; rango, longitud media (LT media) y desviación estándar (DE) en cm.

Hembras Atlántico				
Grupo de edad	N	Rango (Lt)	Lt media	DE
5	1		50	0,00
6	2	51-55	53	2,83
7	7	50-54	51,57	1,27
8	7	50-59	54,57	3,51
9	5	51-56	54,60	2,07
10	4	53-55	53,75	0,96
11	4	54-58	55,25	1,89
12	7	50-60	55,86	3,24
13	5	54-62	58	3,39
14	9	54-62	57,11	2,37
15	10	52-62	57	3,65
16	2	52-57	54,50	3,54
17	1		62	0,00

Tabla 5. Edad- longitud de machos de merluza de tres aletas recolectados en el área de desove del Atlántico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.

Machos Atlántico				
Grupo de edad	N	Rango (Lt)	Lt media	DE
6	3	51-53	52,33	1,15
7	4	50-52	51	1,15
9	1		53	0,00
10	4	53-54	53,50	0,58
11	9	52-57	53,78	1,64
12	12	52-57	53,67	1,23
13	10	53-56	53,90	1,45
14	15	52-58	55,13	2,29
15	6	53-57	54,50	1,38
16	3		53	0,00
17	3	53-57	54,67	2,08
19	3	53-59	57	3,46

Tabla 6. Edad-longitud de hembras de merluza de tres aletas recolectadas en el área de desove del Pacífico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.

Hembras Pacífico				
Grupo de edad	N	Rango (Lt)	Lt media	DE
3	8	34-35	34,63	0,52
4	4	34-53	41,00	8,37
5	9	39-51	43,67	3,20
6	13	43-53	46,23	3,49
7	13	47-56	51,85	3,24
8	8	35-55	49,50	6,72
9	15	46-60	51,27	3,63
10	18	42-58	52,11	4,25
11	13	51-58	54,38	2,57
12	13	50-59	56,08	2,22
13	2	46-54	50	5,66
14	5	52-61	56,60	3,58
16	4	55-61	58,50	2,52
18	2	62	62	0,00
19	2	60	60	0,00

Tabla 7. Edad-longitud de machos de merluza de tres aletas, recolectados en el área de desove del Pacífico. Edad en años; rango, longitud media (Lt media) y desviación estándar (DE) en cm.

Machos Pacífico				
Grupo de edad	N	Rango (Lt)	Lt media	DE
3	2	35-42	38,50	4,95
4	5	35-39	37,20	1,79
5	9	36-53	40,56	4,90
6	15	38-53	42,33	4,53
7	6	39-53	48,17	5,60
8	4	42-57	50,25	6,24
9	6	48-57	51,83	2,93
10	5	42-54	48,8	4,76
11	10	53-57	54,7	1,64
12	19	43-57	53,89	2,92
13	1		56	0,00
14	4	54-59	56,25	2,63
15	4	55-59	57	1,83
16	5	54-60	56,60	2,30
17	6	57-61	58	1,79
18	6	51-57	58,33	3,88

5.7 Retrocálculo y modelo de von Bertalanffy

En el Atlántico las longitudes retrocalculadas en edades menores a 16 años fluctuaron entre 53 y 58 cm en hembras y entre 51 y 55 cm en machos. En el Pacífico en tanto las LT fluctuaron entre 34 y 58 cm en hembras y entre 38 y 56 cm en machos, respectivamente. En general, en ambas áreas de desove y géneros el crecimiento retrocalculado medio siguió un patrón tipo alométrico, con longitudes a la edad menores en machos que en hembras. El crecimiento curvilíneo se ajustó significativamente ($p < 0,001$) a una modelo von Bertalanffy tradicional (VB), donde la edad explicó entre el 98 y 99 % de las LTRs.

Los parámetros derivados del modelo por sexo y área de desove se muestran en la Tabla 9, conjuntamente con sus intervalos de confianza (Tablas 10 & 11). En general, la longitud asintótica (L_{∞}), el coeficiente de crecimiento (K) y el t_0 , variaron significativamente entre sexo y entre cada geográfica, con excepción de L_{∞} en las hembras que no difirió significativamente entre áreas geográficas (Tablas 12 & 13).

Tabla 8. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy en longitud para machos, hembras y totalidad de individuos de *Micromesistius australis* del Atlántico y Pacífico. L_{∞} (longitud asintótica); K (coeficiente de crecimiento); t_0 (parámetro de condición inicial), r^2 (coeficiente de determinación), EA (Error Estándar Absoluto).

Area	Sexo	$L_{\infty} \pm EA$	$K \pm EA$	$t_0 \pm EA$	r^2	n
Atlántico	Hembras	58,251 \pm 0,227	0,211 \pm 0,08	-2,831 \pm 0,211	0,98	64
	Machos	54,992 \pm 0,157	0,241 \pm 0,007	-1,917 \pm 0,138	0,98	72
Pacífico	Hembras	60,616 \pm 0,858	0,165 \pm 0,014	-2,316 \pm 0,411	0,97	129
	Machos	58,431 \pm 0,476	0,176 \pm 0,009	-2,221 \pm 0,256	0,99	107

Tabla 9. Intervalos de confianza (IC) de los parámetros de crecimiento ajustados con el modelo de von Bertalanffy para individuos de *Micromesistius australis* del Atlántico.

Parámetros	IC 95% Hembras		IC 95% Machos		IC 95% Total	
Lmáx	57,761	58,74	54,652	55,331	55,739	56,564
K	0,193	0,228	0,225	0,256	0,215	0,251
t_0	-3,287	-2,373	-2,216	-1,619	-2,632	-1,862

Tabla 10. Intervalos de confianza (IC) de los parámetros de crecimiento ajustados con el modelo de von Bertalanffy para individuos de *Micromesistius australis* del Pacífico.

Parámetros	IC 95% Hembras		IC 95% Machos		IC 95% Total	
L _{máx}	58,761	62,47	57,401	59,458	57,57	60,015
K	0,135	0,195	0,156	0,196	0,155	0,203
t ₀	-3,204	-1,428	-2,772	-1,667	-2,775	-1,477

Tabla 11. Comparación de los parámetros de crecimiento por área entre machos y hembras de *Micromesistius australis* mediante la rutina NLMIXED del Programa SAS Inc.

Parámetros	Atlántico			Pacífico		
	Hembras v/s Machos			Hembras v/s Machos		
	Grados de Libertad	F valor	Pr < F	Grados de Libertad	F valor	Pr < F
K	1,32	1,08E+30	0,001	1,32	1,47E+25	0,001
t ₀	1,32	1,08E+30	0,001	1,32	1,47E+25	0,001
L _{máx}	1,32	204,55	0,001	1,32	14,99	0,005

Tabla 12. Comparación de los parámetros de crecimiento por sexo de *Micromesistius australis* entre las áreas del Atlántico y Pacífico

Parámetros	Hembras			Machos		
	Atlántico v/s Pacífico			Atlántico v/s Pacífico		
	Grados de Libertad	F valor	Pr < F	Grados de Libertad	F valor	Pr < F
K	1,32	6,47E+21	0,0001	1,32	6,87E+24	0,0001
t ₀	1,32	134,29	0,0001	1,32	63,52	0,0001
L _{máx}	1,32	0,01	0,9195	1,32	6,72	0,0142

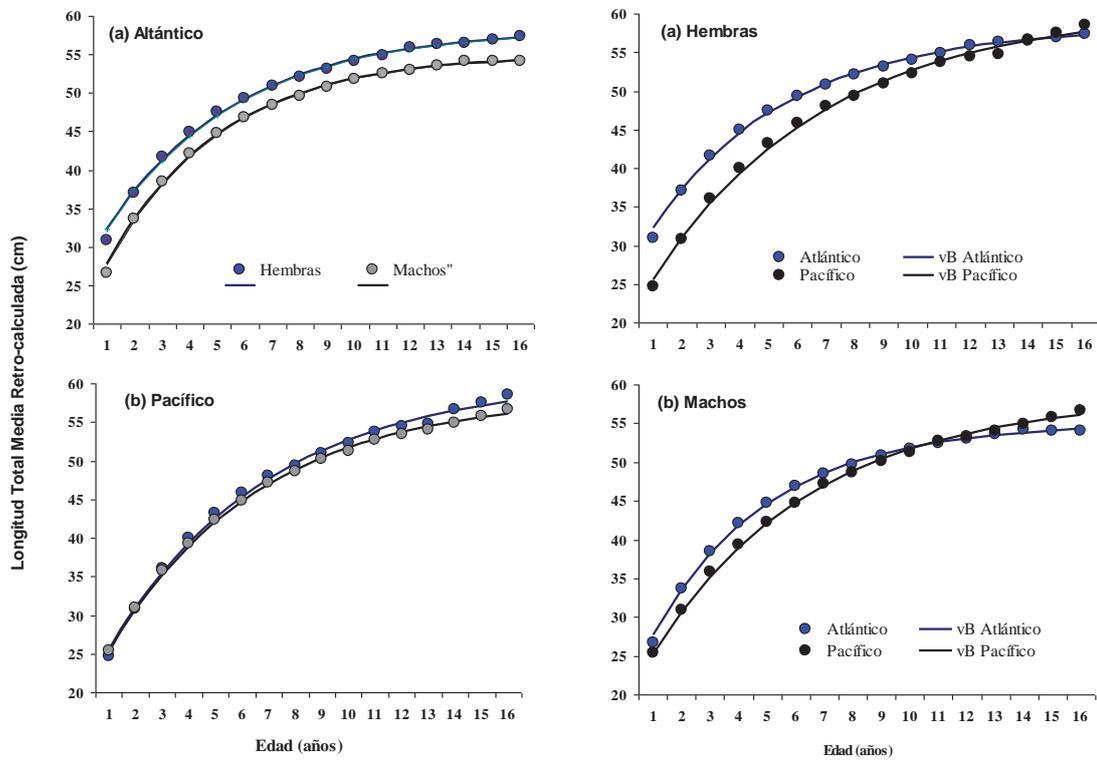


Figura 13. Curvas de crecimiento retro-calculado (círculos) y modelo general de von Bertalanffy ajustado (línea continua) para hembras y machos de *Micromesistius australis* recolectados en el Atlántico y Pacífico.

5.8 Tasas de crecimiento

Luego de retro-calcular y corregir las edades a la edad con el modelo de von Bertalanffy general, se calcularon las tasas de crecimiento absoluto a la edad, para hembras y machos de ambos océanos. Para ambas áreas se aprecia un decaimiento exponencial, donde el mayor cambio en crecimiento ocurre en los primeros cinco años de vida (Fig. 14).

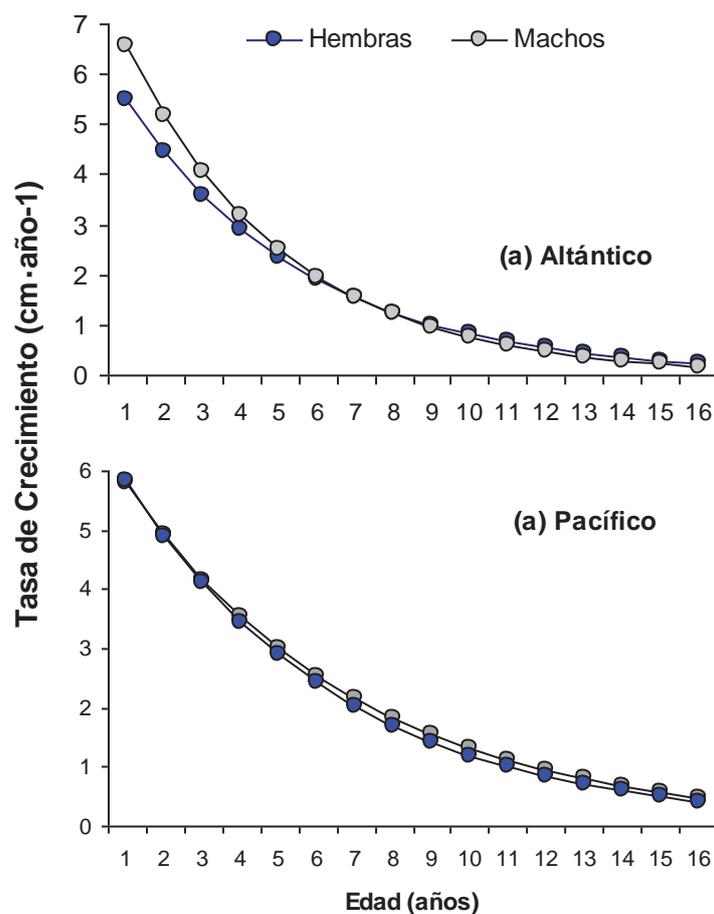


Figura 14. Tasas de crecimiento absolutas derivadas con modelo de von Bertalanffy para ejemplares de *Micromesistius australis* recolectados en el Atlántico (a) y Pacífico (b).

6. DISCUSIÓN

6.1 Aspectos metodológicos

En el presente estudio la determinación de edad se basó en el método de lectura superficial de otolitos sagitales, los que fueron previamente hidratados por un intervalo de 24 horas, periodo suficiente para identificar los *annulis* con relativa facilidad. En este contexto se debe destacar que periodos similares de hidratación se han utilizado en determinación de edad con la misma metodología y/o con ligeras modificaciones en la misma especie (Aguayo, 2010; Payá 1997; Ojeda *et al.*, 1998), así como también en otras especies emparentadas (Ojeda & Aguayo, 1986). Adicionalmente se debe enfatizar que hasta la fecha no hay reportes de lectura superficial de *M. australis* para el océano Atlántico, donde se ha utilizado exclusivamente lectura de secciones delgadas y transversales (Barrera-Oro & Tomo, 1998, Cassia 2000), debido a que la lectura superficial no arrojó resultados satisfactorios. Sin embargo, en el presente estudio se demostró que la lectura superficial es una alternativa cuando se utilizan periodos de hidratación adecuados, lo que permite obtener una secuencia clara de *annulis* desde el núcleo hasta el borde del otolito, comprobándose por medio de lecturas a otolitos con dos tratamientos previos (hidratado pulido e hidratado sin pulir) que la lecturas realizadas en este trabajo son acertadas. Por consiguiente, se puede inferir que los resultados asociados a la determinación de la edad de la especie objetivo en este estudio son confiables.

6.2 Modelos de crecimiento

Los principales hallazgos derivados del ajuste de los modelos talla-edad a longitudes retro-calculadas fueron: (i) diferencias significativas en los parámetros de crecimiento entre ambos océanos; (ii) longitudes asintóticas mayores en las hembras que en machos, patrón que se repite en ambos océanos, y (iii) ausencia de variabilidad en las longitudes asintóticas de las hembras, cuando se comparan entre océanos.

En este estudio las estimaciones de los parámetros de crecimiento derivados del modelo vB difirieron en general con los estudios previos de crecimiento en la misma especie. En el Pacífico los valores determinados para longitud asintótica fueron mayores que las estimaciones reportadas en estudios anteriores, excepto por el trabajo de Ojeda *et al.*, (1998) que reportó valores similares. En el caso del coeficiente de crecimiento (K) y t_0 las estimaciones fueron menores a los resultados encontrados en los estudios previos. En cuanto a los resultados obtenidos en el Atlántico los resultados obtenidos en L_∞ y K son similares a los de Cassia, (2000), pero difieren en t_0 donde utilizó edad-longitud actual (Tabla 14). Las diferencias encontradas pueden ser atribuidas a diferencias interanuales asociadas más a que a diferencias asociadas a factores

metodológicos, debido a que la resolución de los *annulis* es bastante elevada en otolitos sagitales de esta especie. No obstante, es recomendable señalar que ligeras diferencias metodológicas pueden tener cierta incidencia al menos en la estimación de “ t_0 ”, debido al tiempo de formación del primer *annulis* de esta especie que aún no ha sido validado. Por ejemplo, en los estudios de Payá (1997), Ojeda *et al.*, (1998) y Aguayo (2010) se utilizaron otolitos enteros pulidos, mientras que Hanchet & Uozomi 1996 utilizaron secciones. En el presente trabajo se utilizaron otolitos enteros sin pulir, ya que se pudo comprobar que a través de la hidratación del carbonato de calcio fue suficientemente para realizar lecturas de edad en los otolitos. Otro aspecto que dificulta el análisis comparativo es la inconsistencia en la medida de longitud entre estudios (total vs horquilla).

Tabla 13. Valores de los parámetros de crecimiento en longitud estimados para *Micromesistius australis* por diferentes autores (1) Atlántico sudoccidental; (2) Pacífico suroriental; (3) Nueva Zelanda.

Sexo	L_{∞}	K	t_0	Fuente	Estructura Observada	Información utilizada
M	56,9	0,198	-1,840	Barrera-Oro & Tomo 1988 (1)	Secciones delgadas	Edad-Longitud retrocalculada
H	60,1	0,177	-2,070			
M	54,8	0,2781	-1,258	Cassia 2000 (1)	Secciones transversales	Edad-longitud actual
H	59,7	0,2168	-1,429			
M	55,3	0,2330	-1,460	Payá 1997 (2)	Otolito entero pulido	Edad-Longitud retrocalculada
H	56,4	0,2260	-1,164			
M	46,5	0,3900	-0,680	Hanchet & Uozomi 1996(3)	Secciones delgadas	edad-longitud(horquilla) actual
H	50,1	0,3500	-0,710			
M	46,7	0,3600	-0,010	Hanchet & Uozomi 1996(3)	Multifán	Frecuencias de longitud (horquilla)
H	49,4	0,4000	0,190			
M	51,5	0,2677	-1,593	Ojeda <i>et al</i> 1998(2)	Otolito entero pulido	Edad-Longitud retrocalculada
H	55,2	0,2465	-1,469			
M	55,0	0,2551	-1,8871	Ojeda <i>et al</i> 1998(2)	Otolito entero pulido	Edad-longitud actual
H	59,1	0,2388	1,6109			
M	52,0	0,1800	-3,3960	Ojeda <i>et al</i> 1998(2)	Otolito entero pulido	edad-logitud actual+retrocalculada
H	55,9	0,1680	-3,2620			
M	52,1	0,2621	-1,6852	Aguayo <i>et al</i> 2010(2)	Otolito entero pulido	Edad-Longitud retrocalculada
H	55,7	0,2390	-1,6789			
M	54,99	0,241	-1,920	Estudio actual 2012(1)	Otolito entero	Edad-Longitud retrocalculada
H	58,25	0,211	-2,830			
M	58,53	0,176	-2,22	Estudio actual 2012(2)	Otolito entero	Edad-Longitud retrocalculada
H	60,62	0,165	-2,310			

El hecho de que el tamaño de las hembras sea mayor que en los machos es algo que se repite en todos los estudios de crecimiento revisados durante la realización de este trabajo, tanto de *Micromesistius australis* (Aguayo, 2010; Barrera-Oro & Tomo, 1987; Cassia, 2000; Payá, 1997; Hanchet & Uozomi, 1996; Ojeda *et al.*, 1998), como de peces demersales del género *Merluccius*, donde las hembras presentan además mayores tasas de crecimiento a partir del segundo año, lo que podría estar relacionado con el comienzo más tardío de la madurez en hembras (Arana *et al*, 1975). Otro factor que pudiese influir en el tamaño mayor de las hembras a los machos es el hecho que el desarrollo gonadal de hembras, con una modalidad de reproducción ovípara, demanda una gran cantidad de espacio de la cavidad abdominal, debido al proceso de hidratación de los ovocitos en su etapa de maduración. De hecho la cantidad de ovocitos contenidos en su interior guarda relación con el tamaño total del cuerpo. Así a mayor longitud total

mayor cantidad de ovocitos, de este modo hembras mas grandes producen más huevos que hembras jóvenes en su periodo reproductivo (Macchi *et al.*, 2005). Esta inferencia puede ser útil para la ausencia de variabilidad en la longitud asintótica encontrada en hembras entre ambos océanos en el presente estudio, sugiriendo que independiente de la una estructura poblacional distinta hay una homogeneidad en el L_{∞} , que puede estar respondiendo a una cuestión de eficacia reproductiva.

Otro aspecto a tomar en cuenta en el crecimiento es el tipo de alimento y la conducta alimenticia, ya que esto pudiese ser determinante en su patrón de crecimiento. Así, peces ictiófagos tienden a crecer de forma menos rápida que peces oportunistas y/o que recorren grandes distancias para alimentarse. En cambio, los peces que se alimentan de invertebrados crecen a un patrón intermedio mientras que, los peces que tienen longitudes asintóticas mayores a 50 cm tienen crecimientos un poco más lentos que aquellos que tienen una menor longitud asintótica (Buesa, 1987). *M. australis* se ha descrito que recorre grandes distancias y se alimenta principalmente de crustáceos planctónicos, que se encuentran presentes en gran medida en áreas de desove (FAO,2005; Niklitschek *et al.*,2009, Sabatini *et al.*, 1999). En este contexto, de la información derivada del presente estudio y de los estudios previos se puede inferir que *M. australis* puede ser considerada una especie de crecimiento moderado, con coeficientes de crecimiento entre 0,1 y 0,4.

6.3 Factores Ambientales

El crecimiento es determinado por factores exógenos impuestos por el ambiente y factores endógenos relacionados al genotipo y a las condiciones fisiológicas del pez. (Wootton, 1990). Entre los factores exógenos están: la alimentación, temperatura, oxígeno, salinidad, entre otros. Estos factores ambientales que influyen el crecimiento se encuentran asociados a masas y corrientes oceánicas. A pesar que se sabe que esto incide en el desarrollo de las especies marinas, es un tema que falta profundizar en *Micromesistius australis*. Un estudio reciente ha revelado diferencias en elementos traza de otolitos (elementos químicos) en esta especie. Las diferencias en las temperaturas y composición de las masas de aguas y corrientes que ocupan el Sur del Pacífico y las Islas Falkland influyen en la microestructura de otolitos más aun en peces altamente migratorios que habitan diferentes hábitats, pudiendo explicar en parte la composición de la población de *M. australes*, como dos unidades de stock separadas (Arkhipin, 2009). Por consiguiente, es razonable sugerir que las diferencias en los patrones de crecimiento entre ambos océanos pudiesen estar asociadas a sus condiciones oceanográficas particulares. Como corolario se puede destacar que los resultados de la presente investigación sustentan la hipótesis de dos stock, con parámetros de historia de vida distintos modelados por condiciones ambientales particulares, asociadas a ambos océanos.

7. CONCLUSIONES

Los macro anillos de crecimiento anual de los otolitos sagitales de peces capturados en el océano Atlántico, presentan una alta resolución en la lectura superficial del otolito al igual que los correspondientes al océano Pacífico

Todos los coeficientes de crecimiento mostraron elevada variabilidad entre machos y hembras, tanto en el Pacífico como en el Atlántico

Se demostró que los parámetros de crecimiento (L_{∞} , K y t_0) variaron significativamente entre el Pacífico y el Atlántico, a excepción de L asintótico que sólo en las hembras no mostró diferencias entre océanos

Independiente del área geográfica, las hembras mostraron longitudes asintóticas mayores que en machos

Los resultados obtenidos en este estudio soportan la hipótesis de 2 stocks independientes.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, L.A. 1940.** Some characteristic otolith of American Ostariophysi. *J. Morphol.*, 66: 497-527.
- Aguayo, M., J. Chong & I. Payá. 2010.** Edad, crecimiento y mortalidad natural de merluza de tres aletas, *Micromesistius australis* en el océano Pacífico suroriental. *Biol. Mar. Oce.*, 45: 723-735.
- Alonso, M. K., S.N. Pedraza, A.C.M. Schiavini, R.N.P. Goodall & E.A. Crespo. 1999.** Stomach contents of false killer whales (*Pseudorca crassidens*) stranded on the coast of the Strait of Magellan, Tierra del Fuego. *Marine Mammal Science.*, 15: 712-724.
- Arana, P., T. Melo, L. Noziglia, I. Sepúlveda, N. Silva, G. Yani & E. Yáñez. 1975.** Los recursos demersales de la Región de Valparaíso, Chile. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, 3: 39-61.
- Araya, M & L. Cubillos. 2002.** El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana.*, 66(2): 161-179.
- Arkhipkin, A.I., P.C. Schuchert & L. Danyushevsky. 2009.** Otolith chemistry reveals fine population structure and close affinity to the Pacific and Atlantic oceanic spawning grounds in migratory marine fish southern blue whiting (*Micromesistius australis australis*). *Fish. Res.*, 96: 188-194.
- Arquipina, A., P.C. Schucherta & L. Danyushevskyb. 2009.** Otolith chemistry reveals fine population structure and close affinity to the Pacific and Atlantic oceanic spawning grounds in the migratory southern blue whiting (*Micromesistius australis australis*) *Fish. Res.*, 96: 188-194.
- Barrera-Oro, E. R. & A. P. Tomo. 1988.** New information on age and growth in length of *Micromesistius australis*, Norman 1937 (Pisces, Gadidae) in the South-West Atlantic. *Polar. Biol.*, 8: 341-351.
- Buesa, R. 1987.** Growth rate of tropical demersal fishes. *Mar. Ecol.*, 36: 191-199.
- Carlander, K. D. 1981.** Caution on the use of the regression method of back-calculating lengths from scale measurements. *Fisheries*, 6: 2-4.
- Cassia, M. C. 1996.** Edad y crecimiento de la polaca (*Micromesistius australis* Norman 1937) en el Atlántico sudoccidental. *INIDEP Inf. Tec.* 10: 15-24.
- Cassia, M.C. 2000.** Age and growth of the southern blue whiting *Micromesistius australis* in the SW Atlantic. *Sci. Mar.*, 64(3): 269-274.

- Casselman, J.M. 1974.** Analysis of hard tissue of pike *Esox lucius* L. with special referente to age and growth. In: T.B. Bagenal (ed.). The ageing of fish. Old woking, UK, Unwin Brother's Limited, pp.13-27.
- Casselman, J.M.1982.** Chemical analices of the optically different zones in eel otolitos. In: K.H. Loftus (ed.). Proceedings of the 1980 North American Eel Conference, Ontario Fishery Technical Report Series 4: 74-82.
- Casselman, J.M. 1983.** Age and growth assesment of fish from their calcified structures: techniques and tools. In: E.D. Prince & L. M. Pulos (ed.). Proceeding of the International Workshops on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. NOAA Technical Report NMFS 8: 1-17.
- Casselman, J.M. 1987.** Determination of age and growth. In: A.H. Weatherley & H. S. Gill(ed.). The biology of fish growth. USA: Academic Press, Orlando, pp. 209-242.
- Campana, S.E & C.M. Jones. 1992.** Analysis of otolith microstructure data. In: D.K. Stevenson, S.E. Campana(ed.). Otolith microstructure examination and análisis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117: 73-100.
- Cánavos, G. 1988.** Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. Mcgraw Hill. México, 651 pp.
- Chong, J.2002.** Revisión del crecimiento de merluza de cola y merluza de tres aletas. En: Informes técnicos FIP.2000-15, 9pp.
- Chungunova, N.I. 1963.** Age and growth studies in fish. National Science Foundation, Washinton D. C., Israel Program for Translations, Jerusalém, 132 pp.
- Céspedes, R., L. Adasme, P. Galvez, D. Boré, R. Tascheri, C. Montenegro, C. Bravo, H. Robotham & A. Zuleta. 1998.** Análisis de la pesquería de merluza de tres aletas en la zona sur-austral. Informe Final Proyecto FIP 96-39. Fondo de Investigación Pesquera, Valparaíso, Chile. 124 pp.
- Córdoba, J. & R. Céspedes. 1997.** Pesca de investigación de la intervención interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe Final. IFOP, Valparaíso, 34 pp.
- Córdoba, J., M. Barbieri, M. Espejo, A. Saavedra, V. Ojeda, L. Muñoz, L. Chong, R. Céspedes, L. Adasme J. Oliva & E. Diaz. 2003.** Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2002. Informe Final, Proyecto FIP 2002 -20. IFOP, Valparaíso, 34 pp.
- Correa, J.C., R. Iral & L. Rojas. 2006.** Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística, 29: 57-76.

- Cubillos, L. 2005.** Biología Pesquera & Evaluación de Stock. Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, 198 pp.
- Everthart, H.W., A.W. Eipper & W.D. Young. 1976.** Age and growth. In: Principles of Fishery Sciences. Cornell University Press.London.pp,56-58.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1987.** Anuario Estadísticas de Pesca, Vol 65, 369 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1993.** Anuario Estadísticas de Pesca, Vol 77, 425 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2005.** Resumen informativo sobre la pesca por países. 17 de Julio 2012.
- Fossum,P.,J. Kalish & E.Moksness. 2000.** Special issue: 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. Fish. Res., 46, 373 pp.
- Francis, R. I. C.C . 1990.** Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish Biol., 36: 883-902.
- Giussi, A. 1996.** Descripción del otolito de la merluza de cola(*Macruronus magellanicus*, Pisces: Merlucciidae) y su utilización en la determinación de la edad. INIDEP Inf. Tec. 10: 1-13.
- Hanchet, S.M & Y. Uozumi. 1996.** Age validation and growth of southern blue whiting, *Micromesistius australis* Norman , in New Zealand. New Zeal. J Mar. Freshw., 30: 57-67.
- Hetch, T. 1979.** The value of otolith in fresh water fisheries biology and taxonomy. Publications of the University of the North, Series A, 19, 17 pp.
- ICSEAF. 1983. Otolith interpretation guide: Hake. Int. Comm. SE Atl.Fish., 1(70), 18 pp.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt. 1975.** Manual de Ciencia Pesquera, Parte 2. Métodos para investigar los recursos pesqueros y su aplicación. FAO Doc. Téc. Pesca.,115: 1-211.
- Kalish, J.M. 1989.** Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology ,age and enviroment on otolith composition. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 132: 151-178.
- Kalish, J.M. 1991a.** Determinants of otolith chemistry : seasonal variation in the composition of blood plasma, endolymph, and otolitos of bearded rock cod, *Pseudophycis barbattus*. Mar. Ecol-Prog. Ser., 74: 137-159.

- Laidig, T.E., S. Ralston & J.R. Bence. 1991.** Dynamics of growth in the early life history of shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. Fish. Bull., 89: 611-621.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, E. Diaz, Y. Muñoz, A. Saavedra, J. Oliva & L. Adasme. 2002.** Evaluación hidroacústica de merluza de tres aletas. Informe Final Proyecto FIP 2001-20, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile.
- Lillo, S. & R. Céspedes. 1998.** Análisis de los procesos migratorios y biológicos del recurso merluza de tres aletas. Informe Final. IFOP, Valparaíso, 39 pp.
- Lombarte, A. & J. Leonart. 1993.** Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. Environ. Biol. Fish., 37: 297-306.
- Macchi, G., M. Pájaro, O.C. Wöhler, M.J. Acevedo, R.L. Centurión & D.G. Urteaga. 2005.** Batch fecundity and spawning frequency of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the southwest Atlantic Ocean. New Zeal. J Mar. Fres., 39: 993-1000.
- Macchi, G & M. Pájaro. 1999.** Features of the reproductive biology of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). INIDEP, Doc.Cient., 5: 67-79.
- Melo, Y.C. 1984.** Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south west Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., 2:19-31.
- Morales Nin, B. 1987a.** Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otolith of the sea bass. In: R.C. Summerfelt & G.E. Hall (ed.). Age and growth of fish. USA: Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp.331-343.
- Mugiya, Y. 1984.** Diurnal rhythm in otolith formation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Seasonal reversal of the rhythm in relation to plasma calcium concentration. Comp. Biochem. Physiol., 78A: 289-293.
- Mugiya, Y., S. Hirabayashi & T. Ohsawa. 1985.** Microradiography of otoliths and vertebral centra in the flatfish *Limanda herzensteini*. Hypermineralization in the hyaline zone. B. Jpn Soc. Sci.Fish., 51: 219-225.
- Niklitschek, E., C. Canales, S. Ferrada, R. Galleguillos, M. George-Nascimento, E. Hernandez, C. Herranz, A. Lafón, R. Rúa & P. Toledo. 2009.** Unidades poblacionales de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Informe Final Proyecto FIP 2006-15, Universidad Austral de Chile, SUBPESCA, 108 pp.
- Nolf, D. 1995.** Studies on fossil otoliths: the state of the art. In: Recent developments in fish otolith research, pp. 513-544.
- Ojeda, V., F. Cerna, M. Aguayo, I. Payá & C. Chong. 1998.** Estudio de crecimiento y construcción de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola, Proyecto FIP 97-15. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 134 pp.

- Pájaro, M & G.J. Macchi. 2001.** Spawning pattern, length at maturity, and fecundity of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the Routh-wets Atlantic Ocean. New Zeal. J. Mar. Fresh., 35:375-385.
- Panfili,,H. de Pontual, H. Troadec & P.J. Wright. 2002.** Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest, 464 pp.
- Payá, I., P. Rubilar, H. Pool, R. Céspedes, H. Reyes, N. Ehrhardt, L. Adasme & H. Hidalgo. 2002.** Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas. Informe Final Proyecto FIP 2000-15. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 163 pp.
- Ricker, W.E. 1975.** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can., 191:382 pp.
- Rijnsdorp, A.D. & F. Storbeck. 1991.** A method to determine the Honest of maturity from back-calculated growth from otolith of individual female north sea place, *Pleurocetes platesa*. L. Fish. Res., 9:97-117.
- Saavedra, A., V. Correa, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Diaz, J. Oliva & P. Rojas. 2007.** Evaluación hidroacústica del stock parental merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, Año 2005. Proyecto FIP 2005-06, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 48 pp.
- Sabatini, M., L. Álvarez, F. Ramírez. 1999.** Zooplankton biomass in the reproductive area of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*).INIDEP, Doc. Cient.,5: 23-35.
- Sanchez, R., J. Ciechomszki & E. Acha. 1986.** Estudios sobre la reproducción y fecundidad de la polaca (*Micromesistius australis* Norman, 1937) en el mar Argentino. Res. Invest. Des. Pesq., 6: 21-43.
- Shafer, D.J. 2000.** Evaluation of periodic and aperiódico otolith structure and somatic-otolith scaling for use in retrospective life history analisis of a tropical marine goby, *Bathygobius coalitus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 199: 217-299.
- Sjostrand, B. 1992.** Changes in length at age. In Baltic herring, Studied by back-calculation from scales. ICES C.21.
- Smith. C.L. 1983.** Summary of round table discussions on back calculation. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 45-47.
- Sparre, P & S.C. Venema. 1997.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO. Doc. Tec Pesca., 306.1:2:420.
- Subsecretaría de Pesca (SUPESCA). 2010.** Cuota global anual de captura de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Inf. Téc. (R. Pesq.) 110-2010, 17 pp.

- Suter, W. & P. Morel. 1996.** Pellet análisis in the assessment of Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* diet: reducing biases from otolith wear when reconstructing fish length. Colonial Waterbirds 19: 280-284.
- Torres, G.J., A. Lombarte & B. Morales-Nin. 2000.** Sagittal otolith size and shape variability to identify geographical intraspecific differences in three species of the genus *Merluccius*. J. Mar. Biol. Assoc. U. K, Plymouth, 80: 333-342.
- Watanabe, Y. & H. Saito. 1998.** Feeding and growth of early juvenile Japanese sardines in the Pacific Waters off central Japan. J. Fish Biol., 52: 519-533.
- Weatherley, A.H. 1972.** Growth and Ecology of Fishes Populations. Academic Press Inc. London LTD, 293 pp.
- Wöhler, O.C., H. D. Cordo., J. E. Hansen & M. Cassia. 2001.** Análisis secuencial de la población (*Micromesistius australis*) en el período 1987-1997, ajustado con valores de rendimiento por unidad de esfuerzo de pesqueros comerciales. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 14: 37-56.
- Wóler, O.C & N.R. Marí. 1999.** Aspectos de la pesca de la polaca (*Micromesistius australis*) por parte de la flota Argentina en el período 1989-1995. INIDEP Inf. Téc. 25, 26 pp.
- Wootton, R. 1995.** Ecology of teleost fishes. Champan & Hall, 2-6 Boundary Row, London, 396 pp.
- Yosef, T.G. & J.M. Casselman. 1995.** A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiating biannual recruitment. In: D.H. Secor, J.M. Dean & S.E.(ed.). Recent developments in fish otolith research. SC, USA: University of South Carolina Press, Columbia, pp. 247-269.