



INFORME FINAL

Protocolo de lectura de otolitos de jurel

FIPA N° 2014-32 / Agosto-2016



INFORME FINAL

Protocolo de lectura de otolitos de jurel

FIPA N° 2014-32 / Agosto-2016

REQUIRENTE

**CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y
ACUICULTURA**
Presidente Consejo de Investigación Pesquera y Acuicultura
Raúl Súnico Galdames

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Claudio Bernal Ponce

JEFE DE PROYECTO

José Francisco Cerna Troncoso

AUTORES

IFOP

José Francisco Cerna Troncoso
Cristian Valero Beretta
Guillermo Moyano Altamirano
Lizandro Muñoz Rubio



RESUMEN EJECUTIVO

La revisión de los antecedentes bibliográficos referidos a estudios de crecimiento de especies del género *Trachurus* y en particular de *T. Murphyi*, muestra diferencias importantes entre las distintas especies del mismo género, pudiendo distinguir una mayor tasa de crecimiento en *T. Trachurus*, *T. Capensis*, *T. Declivis*, *T. Japonicus* y *T. Symetricus* que las reportadas para *T. Murphy*. A su vez se puede constatar para *T. Murphy*, la existencia de diferencias entre las áreas de pesca de Perú y Chile, mostrando la zona de Perú peces con una mayor tasa de crecimiento que la registrada para la costa de Chile.

Las características relevantes observadas en la micro-estructura de los otolitos de jurel fueron la presencia de *primordia* secundarios, en un número variable, que originan a su vez zonas de crecimiento secundarias a partir del día 23 después de la eclosión. En esta especie también se aprecian estructuras discontinuas, caracterizadas por anillos más débiles próximos a anillos marcados, formando una suerte de paquetes en la zona de mayor crecimiento.

El perfil del ancho de los micro-incrementos primarios desde el *primordium* al post-rostro del otolito muestra la curva característica de los peces en estado temprano. Un alto crecimiento inicial seguido de una detención del crecimiento entre el día 50 y 80 para luego descender paulatinamente.

La relación edad-talla a la fecha de captura fue ajustada para 45 peces que presentaron una aceptable resolución de los microincrementos primarios (MP) que permitió su lectura. Los datos se ajustaron correctamente a un modelo no-lineal Laird-Gompertz, obteniendo los siguientes parámetros, a saber: $L_{\infty} = 22,4$ cm LH, $G = 0,015$ cm*día⁻¹, $X_0 = 87,2$ días.



Los datos disponibles se pudo estimar inicialmente la longitud horquilla promedio a los 365 días de edad, la que correspondió a 22 cm LH.

La relación entre los micro-incrementos y radio de los macro-anillos translucidos (distancia del core al borde del macro-anillo) evidenció que el primer macro-anillo, que se le asigna un año de acuerdo con los criterios de lectura anual, no corresponde al annulus, ya que presenta un número de MP inferior a 200. Aunque en algunos otolitos la microestructura muestre pequeñas áreas con MP irresolubles, en áreas contiguas a éstas es posible observar MP que le dan continuidad al patrón micro-estructural. Este patrón nos permite sugerir que el primer macroanillo de periodicidad anual (annulus) correspondería al segundo macro-anillo estimado desde la lectura convencional de otolitos enteros.

La periodicidad de formación de los macro-anillos a través del análisis mensual del tipo de borde sugiere que la secuencia de marcas hialinas y opacas son formadas con periodicidad anual al menos en ejemplares con 2 marcas anuales (correspondientes a edad 2). El macroanillo opaco se forma en enero-febrero y el anillo translucido es depositado a través del resto del año. Por su parte el análisis del incremento marginal no mostró diferencias entre meses que permitieran establecer una periodicidad en la formación de los macroanillo, es decir no evidenció la presencia de *annuli*.

El seguimiento de clases anuales fuertes a nivel mensual permitió verificar la tasa de crecimiento derivada de la lectura de micro-incrementos entre los meses 5 al 12, la cual corresponde a 1 cm por mes para el primer año de vida. La tasa de crecimiento para las edades 2 y 3 (tercera y cuarta moda anual) muestra una mayor velocidad de crecimiento que la obtenida de la lectura anual. Sin embargo,



la progresión de estas modas anuales debe ser analizada con cautela ante la posibilidad de mezcla de cohortes en ellas.

EL análisis de radiocarbono mostró que las fechas de formación de los otolitos (nacimiento de los peces) estuvieron en torno a la curva de referencia, con lo cual se considera que las estimaciones de edad son correctas al menos en promedio. El ajuste mejoro cuando se incorporó en las estimaciones de edad, la validación del primer annulus desde el análisis de la microestructura.

Aunque se determinó un alto crecimiento para el jurel durante el primer año de vida, derivado de nuestros resultados de validación del primer annulus, o en los dos años siguientes estimados desde el seguimiento de modas, esta velocidad del crecimiento parece disminuir para tallas mayores a 40 cm LH, de acuerdo con la validación por el método de radiocarbono. Esta combinación de resultados podría sugerir un nuevo patrón de crecimiento individual para esta especie. Sin embargo, aun subyacen dudas respecto al análisis de microestructura, ya que no se ha validado la periodicidad de los MP y la validación de la edad absoluta parece insuficiente con el método de radiocarbono y necesariamente se requiere nuevos estudios que se hagan cargo de la alta variabilidad que puede tener esta especie altamente migratoria.

Se realizó el Workshop de intercalibración de la edad y elaboración del protocolo de lectura de jurel. En el ejercicio de intercalibración participaron 4 de 7 países (Holanda, Ecuador, Rusia y Chile), en tanto que en el Workshop solo lo hicieron 2 de 7 (Ecuador y Chile). Uno de los principales resultados fue la constatación de la gran diferencia existente en los criterios de lectura entre los distintos laboratorios.

Se elaboró el protocolo de lectura con los países participantes del Workshop.



EXECUTIVE SUMMARY

The bibliographic review related to growth studies *Trachurus* species of the genus in particular *T. Murphyi* shows important differences between species of the same genus, can distinguish a higher growth rate in *T. Trachurus*, *T. capensis* *T. Declivis*, *T. japonicus* and *T. symetricus* than those reported for *T. Murphy*. It also can see to *T. Murphy*, of Peru show a growth rate higher than the Chile.

The relevant characteristics observed in the microstructure of jack mackerel's otoliths were the presence of secondary primordia, in a variable number, which in turn originate secondary growth areas from day 23 after hatching. In this species discontinuous structures, characterized by next weakest rings forming a sort of packages in the fastest growing area.

The profile of width of MP in the otolith, from primordium until post-rostrum shows the characteristic curve of fish in early stage. A high initial growth followed by growth arrest between day 50 and 80 and then descend gradually.

The age-length relationship from 45 fish showed an acceptable resolution of the MP in the reading. Data were fitted correctly to a non-linear model Laird-Gompertz, with the following parameters: $L_{\infty} = 22.4$ cm LH, $G = 0.015$ cm * day⁻¹, $X_0 = 87.2$ days. The mean fork length estimated to 365 days old was 22 cm LH.

The relationship between micro-increments with the macro-rings translucent (distance from the core to the edge of the macro-ring) showed that the first macroincrement, which is assigned one year old according to annual ageing criteria , not It corresponds to annulus, because it have lower number of MP, less to 200.

The microestructure pattern suggest that the first annulus correspond to the



second macroincrement estimated from conventional reading of whole otoliths.

The frequency of formation of macroincrement through the monthly analysis of the type of border, suggests that one opaque (January and February) and hyaline (rest of the month) ring was formed annually for fish with two year old. The marginal increment analysis did not show a periodicity in the annulus formation through a year.

Tracking strong year classes verified the monthly growth rate derived from reading microincrements between 5 to 12 month. The rate was 1 cm per month to the first year of life. The growth rate for ages 2 and 3 (third and fourth annual mode) shows a higher growth rate than that obtained from the annual ageing from otolith. However, this result must be analyzed cautiously, because exist the possibility of mixing of cohort in them.

The analysis showed that radiocarbon dates to the otolith formation (birth of the fish) was around the reference curve, then is considered the age estimates are correct at least on average. The relationship improved when the validation of the first annulus was incorporated in the ageing.

Although, the high growth for horse mackerel during the first year of life, derived from our results of validation of the first annulus, or in the next two years estimated from progression of strong year-classes, this growth rate seems to decrease for larger sizes than 40 cm LH, according to validation by the radiocarbon method. This combination of results could suggest a new individual growth pattern for this species. However, underly doubts regarding the analysis of microstructure, as it has not been validated periodicity of the MP and the absolute age validation are insufficient, then more studies are required by this species.



The intercalibration the age exercise, and the "Workshop to elaboration of jack mackerel's reading protocol" was performed. The intercalibration exercise 4 of 7 countries participated (Netherlands, Ecuador, Russia and Chile), while in the Workshop just 2 of 7 countries attended (Ecuador and Chile). The main result was the large difference estimated in reading criteria between different laboratories.

The reading protocol was created with the countries participating in the Workshop.



2. 3NDICE GENERAL

	P3gina
1. RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY -----	1
2. 3NDICE GENERAL -----	7
3. 3NDICE DE FIGURAS, ILUSTRACIONES, TABLAS Y ANEXOS ----	10
4. INTRODUCCI3N-----	21
5. OBJETIVOS GENERAL -----	24
6. OBJETIVOS ESPEC3FICOS -----	24
7. ANTECEDENTES -----	25
7.1 Antecedentes sobre la pesquer3a e historia de vida de jurel -----	25
7.2 Evidencias sobre la microestructura en otolitos de jurel -----	30
7.3 Situaci3n a tener en consideraci3n en la validaci3n de los macro-anillos de jurel -----	36
8. METODOLOG3A -----	39
8.1 Metodolog3a para objetivo espec3fico 3.1-----	39
8.1.1 B3squeda y recolecci3n bibliogr3fica de fuentes primarias y secundarias-----	39
8.1.2 Revisi3n, sistematizaci3n y s3ntesis de la informaci3n-----	42
8.2 Metodolog3a para objetivo espec3fico 3.2-----	42
8.2.1 Muestra de otolitos para an3lisis de la microestructura-----	42
8.2.2 Preparaci3n y an3lisis de la micro-estructura de otolitos -----	43
8.2.3 An3lisis de la informaci3n derivada de la microestructura de otolitos	47
8.2.4 Validaci3n de la periodicidad del primer macro-anillo de crecimiento utilizando micro-incremento primarios -----	48
8.2.5 Taller de validaci3n del primer anillo anual de jurel basado en el an3lisis de la micro-estructura de otolitos -----	49
8.3 Metodolog3a para objetivo espec3fico 3.3-----	50
8.3.1 An3lisis de Incremento marginal (IM) y tipo de borde (TB) -----	50



8.3.2	Seguimiento de clases anuales fuertes a través del análisis de progresión modal de frecuencia de tallas de la captura -----	52
8.3.3	Validación de la edad anual utilizando datos disponibles del nivel de radiocarbono en otolitos -----	54
8.4	Metodología para objetivo específico 3.4-----	57
8.5	Metodología para objetivo específico 3.5-----	58
8.5.1	Elaboración de un Protocolo de lectura de otolitos de jurel -----	58
9.	RESULTADOS -----	60
9.1	Búsqueda y recolección bibliográfica de fuentes primarias y secundarias -----	60
9.2	Análisis de Información derivada de la microestructura de otolitos---	64
9.3	Validación de la periodicidad del primer annulus utilizando micro-incrementos primarios -----	72
9.4	Validar la estimación de la edad mediante la lectura de los anillos anuales -----	78
9.4.1	Análisis del tipo de borde (TB) y del Incremento marginal (IM)-----	78
9.4.2	Validación de los macro-anillos a través del seguimiento de clases anuales fuertes -----	87
9.4.3	Validación de la edad anual utilizando datos disponibles del nivel de radiocarbono en otolitos-----	95
9.5	Colección de referencia y sus imágenes para trabajo inter-calibración de la edad -----	100
9.5.1	Colección de referencia -----	100
9.5.2	Descripción de los procedimientos de lectura de otolitos -----	101
9.6	Estandarización de criterios para la lectura de otolitos de jurel y estimación de la edad -----	108
9.6.1	Conformación de un Grupo de internacional y su agenda de trabajo	108
9.6.2	Elaboración de un Protocolo de lectura de jurel para el Pacífico sur	110
10.	DISCUSIÓN -----	117
11.	CONCLUSIONES-----	132
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	135



ANEXOS

- Anexo I.** Talleres y Reportes: Taller 1: “Validación del primer anillo anual de jurel (*Trachurus murphyi*) basado en el análisis de la microestructura de otolitos; y Taller 2: “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”.
- Anexo II.** Lectura e imágenes colección de referencia (Archivo digital en CD).
- Anexo III.** Plan desarrollo de HH por objetivo específico FIP N° 2014-32.
- Anexo IV.** Base Datos FIP N° 2014-32 (Archivo digital en CD).



3. ÍNDICE DE FIGURAS, ILUSTRACIONES TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de *Trachurus murphyi* en el Pacífico Sur.
- Figura 2.** Fotografía bajo luz transmitida de un otolito juvenil de jurel de 3,6 cm LH con aumento 4X, preparado en sentido sagital.
- Figura 3.** Ilustración de un proceso de lectura en un otolito sagitta utilizando la herramienta "Tag" del programa IMAGE-pro-plus. La flecha amarilla denota el radio máximo (RM) y las marcas rojas el punto en que se mide cada microincremento primario (Imagen FIP 2009-17).
- Figura 4.** Cronología de referencia de radiocarbono del Pacífico norte (*Pacific halibut*) y del Pacífico sur (*Trachurus declivis*).
- Figura 5.** Microestructure of otolith sagitta of *Trachurus Murphyi* of 3,6 cm FL and 62 days, catch in North of Chile. The picture c and d shows the primordium (p) and secondary primordium (sp) than divided the otolith in a Primary Growth Zone (PGZ) and Secondary Growth Zone (SGZ). The picture b shows all extension of PGZ, that in the rostrum area reaches the edge.
- Figura 6.** Microestructura de un otolito de jurel de 10,7 cm LH en que se muestra el trac completo de lectura hacia el post-rostrum. En la foto a) se muestra el otolito completo; b) muestra el primordium (p) y los primeros microincremento primarios (MP); c) muestra el aumento del crecimiento en la porción final de la zona de crecimiento primario(ZCP); d) se observa el comienzo de la zona de crecimiento



secundario (ZCS); e) muestra una secuencia de MP, donde se forman bandas entre ellos y se pueden apreciar estructuras discontinuas (ED), y finalmente en la foto f) se observa anillos más finos, que reflejan una disminución del crecimiento en el borde del otolito sagitta.

- Figura 7.** Relación Longitud total–Radio otolito para 57 peces juveniles de jurel. Se indican los parámetros de la relación lineal y el coeficiente de determinación.
- Figura 8.** Curva que ajusta la longitud del pez (cm) con la edad en días para ejemplares juveniles de *T. murphyi* colectados entre Arica y San Antonio.
- Figura 9.** Perfil del ancho de los micro-incrementos desde el primordio hasta el postrostro en otolitos sagittae de jurel. Los puntos corresponden a la media en μm y su error estándar (línea vertical) medidas en 21 otolitos de peces juveniles colectados en la costa de Chile desde Arica hasta San Antonio.
- Figura 10.** Otolito de izquierdo de un pez de 23 cm LH y 2 años de edad. Se puede apreciar las bandas de crecimiento hialino entre áreas de crecimiento rápido que son difíciles de delimitar debido a que el otolito es mayoritariamente translucido.
- Figura 11.** Relación lineal entre la lectura anual de otolitos enteros de acuerdo al criterio convencional con la edad en días desde la lectura de microincrementos primarios para el mismo otolito. En la gráfica se entregan los parámetros de la regresión con su coeficiente de



determinación y la estimación media de edad en días para cada edad en años de acuerdo con la ecuación.

- Figura 12.** Distribución mensual entre los valores promedio del borde de otolitos de jurel, para los valores agrupados de los años 2007 2008, 2010 y 2014.
- Figura 13.** Distribución mensual entre los valores promedio del borde de otolitos de jurel para cada año de estudio que contaba con un ciclo anual completo.
- Figura 14.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 2 entre el 2007 al 2010.
- Figura 15.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 2 entre el 2011 al 2014.
- Figura 16.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 3 entre el 2007 al 2010.
- Figura 17.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 3 entre el 2011 al 2014.
- Figura 18.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE (grupo de edad) 4 entre el 2007 al 2010.



- Figura 19.** Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE (grupo de edad) 4 entre el 2011 al 2014.
- Figura 20.** Progresión de modas anuales de la distribución de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona nacional. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo 2008-2011 (A) y para el periodo 2013-2015 (B).
- Figura 21.** Progresión de una clase anual fuerte que ingresa en 1987 y se desplaza hasta 1991. La línea roja muestra la progresión y el número sobre la moda corresponde a la talla modal en cm.
- Figura 22.** Progresión de modas mensuales de la distribución de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona Arica-Antofagasta. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo entre julio del 2008 y marzo del 2009.
- Figura 23.** Progresión de modas mensuales de la distribución de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona San Antonio-Antofagasta. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo entre julio del 2008 y marzo del 2009.
- Figura 24.** Porcentaje de acuerdo y diferencias entre la estimación de edad original y la realizada en este estudio por un segundo lector, para los otolitos que les fue estimado el nivel de radiocarbono en el core.
- Figura 25.** Cronología de referencia de $\Delta 14C$ de jóvenes de edad conocida del halibut del Pacífico, perfil medio con su intervalo de confianza estimado con LOESS smoothed, y estimaciones del nivel de radio carbono del core de otolitos de jurel con su año de formación inferido



desde el conteo de incrementos de crecimiento en otolitos seccionados (A y C) y enteros (B y D). La línea azul y roja corresponde al LOEES smoothed, que ajusta el $\Delta^{14}\text{C}$ del core de los otolitos de jurel y el año de formación, derivado de la lectura tradicional y la lectura considerando la validación del primer annulus, respectivamente.

- Figura 26.** Otolito de jurel en que se muestran los componentes principales de la estructura.
- Figura 27.** Zona caudal del otolito de jurel, en donde se muestra la toma de medidas de los radios de cada anillo anual.
- Figura 28.** Rostro del otolito de jurel, en que se indican con un círculo amarillo cada uno de los *annuli* contados.
- Figura 29.** Otolitos de jurel, donde se muestra la zona, entre el annulus 2 y 4, en que principalmente se encuentran marcas falsas..
- Figura 30.** Sección transversal de otolito de jurel, pulida y tostada según la metodología estándar descrita por Moller-Christensen (1964).
- Figura 31.** Otolito de un ejemplar de más de 45 cm LH, en donde se puede observar como paulatinamente los anillos de crecimiento se hacen más difusos acercándose al borde distal de la estructura.
- Figura 32.** Comparación de las lecturas de cada lector con el promedio y el lector 1 de IFOP.



ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Secuencia característica de incrementos de crecimiento diario (D); subdiario (SD) y checks (C). La secuencia de incrementos diarios es apariencia suave y regular; los cambios en el ancho y contraste de los incrementos son frecuentemente graduales (Fuente; Campana, 1992).

Ilustración 2. El sobre-pulido puede hacer aparecer incrementos sub-diarios más prominentes que lo habitual. Los incrementos sub-diarios son prominentes e indistintos, a lo largo de dos marcados ejes de crecimiento de una accidentada superficie de sagitta de flounder (*Platichthys stellatus*). Los incrementos diarios son indicados en negro; el patrón diario es también mas aparente en el área mejor preparada, abajo a la derecha (Fuente; Campana, 1992).



TABLAS

- Tabla 1.** Número de otolitos de jurel disponibles, preparados y analizados por cada zona de procedencia. Se incluye el rango de longitud horquilla (LH) de los peces en la muestra.
- Tabla 2.** Estimación de radiocarbono en centros de otolitos de jurel de Chile.
- Tabla 3.** Resumen de la muestra de otolitos de jurel disponibles para el segundo ejercicio de inter-calibración de la edad. Se incluye la media con el error estándar (EE) de la longitud horquilla del pez. No están disponibles las tallas de los otolitos de Perú.
- Tabla 4.** Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (vB) e Índice de desempeño del crecimiento (\emptyset) de varias especies del genero *Trachurus* estimados por diferentes autores para distintas zonas.
- Tabla 5.** Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (vB) a partir de la relación longitud horquilla en cm (LH) versus edad en años para *Trachurus murphyi* estimados por diferentes autores para distintas zonas del pacifico sur oriental.
- Tabla 6.** Radios promedio (μm) del 1^{er}, 2^{do} y 3^{er} anillo de crecimiento anual (*annuli*) de otolitos de jurel (*T. murphyi*) estimados por diferentes autores.
- Tabla 7.** Longitudes horquilla (LH) promedio estimadas para el primer año de edad de jurel por diferentes autores para las zonas de pesca de Perú y Chile.



- Tabla 8.** Resumen Prueba de Wilconxon para evaluar la reproducibilidad en la lectura de micro-incrementos de 32 otolitos de jurel. N= número de muestra.
- Tabla 9.** Parámetros de crecimiento individual, donde se incluye el error estándar, el estadístico de contraste (t) y la probabilidad de contraste (P valor), para el periodo juvenil de jurel estimados a partir del modelo Laird-Gompertz. Se presenta también el coeficiente de determinación (r^2), el tamaño de la muestra (n), el -logaritmo de la verosimilitud (-logLike) con los grados de libertad (df).
- Tabla 10.** Resultados de lectura de la macro-estructura y micro-estructura de 51 ejemplares juveniles tardíos y adultos tempranos de jurel. Se compara la edad anual estimada con el rango de longitudes horquilla, radio máximo del otolito y la media de la edad en días con su error estándar (DE). n corresponde al número de otolitos leídos.
- Tabla 11.** Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel anuales para la serie 2008-2011 y 2013-2015. d.e. corresponde a la desviación estándar.
- Tabla 12.** Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel mensuales de la zona Arica-Antofagasta para julio del 2008 y marzo del 2009. d.e. corresponde a la desviación estándar.
- Tabla 13.** Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel mensuales de la zona San Antonio-Chiloé entre enero del 2009 y abril del 2010. d.e. corresponde a la desviación estándar.



- Tabla 14.** Comparación entre la tasa de crecimiento estimada a partir de la ecuación de crecimiento derivada de la lectura de micro-incrementos en otolitos y las estimada desde el seguimiento de una moda en tallas para una clase anual ingresada en julio del 2008.
- Tabla 15.** Resumen del análisis de radiocarbono del core de 18 otolitos de jurel asociado con las fechas de nacimiento estimadas a partir de la estimación de edad en otolitos enteros y seccionados, de acuerdo con el criterio de lectura tradicional de IFOP para esta especie. Se entrega una aproximación del rango de fechas de nacimiento y edad media exacta. OE es otolito entero; OS es otolito seccionado; V1A es validación del primer annulus; $\Delta^{13}\text{C}$ es Delta del carbono 13; $\Delta^{14}\text{C}$ es delta del carbono 14.
- Tabla 16.** Resumen del análisis de radiocarbono del core de 18 otolitos de jurel asociado con las fechas de nacimiento estimadas a partir de la estimación de edad en otolitos enteros y seccionados, de acuerdo con el criterio de lectura modificado de acuerdo con la validación del primer annulus. Se entrega una aproximación del rango de fechas de nacimiento y edad media exacta. OE es otolito entero; OS es otolito seccionado; V1A es validación del primer annulus; $\Delta^{13}\text{C}$ es Delta del carbono 13; $\Delta^{14}\text{C}$ es delta del carbono 14.
- Tabla 17.** Resumen de la muestra disponible en la colección de referencia de otolitos de jurel. Se incluye el número de otolitos y el rango de tallas (LH) y edad por año y zona de captura.
- Tabla 18.** Resumen de los datos de los otolitos utilizados para el ejercicio de intercalibración de la edad. e.s= error estándar.



Tabla 19. Fechas de recepción de las lecturas de otolitos del ejercicio de intercalibración de la edad.

Tabla 20. Lista de participantes al Workshop “Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”

Tabla 21. Diferencia de cada uno de los lectores con respecto al lector 1 (IFOP). En verde se presenta las coincidencias.



ANEXOS

- Anexo I. Talleres y Reportes:** Taller 1: “Validación del primer anillo anual de jurel (*Trachurus murphyi*) basado en el análisis de la microestructura de otolitos; y Taller 2: “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”.
- Anexo II.** Lectura e imágenes colección de referencia (Archivo digital en CD).
- Anexo III.** Plan desarrollo de HH por objetivo específico FIP N° 2014-32.
- Anexo IV.** Base Datos FIP N° 2014-32 (Archivo digital en CD).



4. INTRODUCCIÓN

El jurel (*Trachurus murphy*) es una especie que presenta una amplia distribución en el Pacífico sur oriental y ha sido uno de los recursos pelágicos más importantes de la actividad comercial en Chile, focalizándose su extracción en tres áreas de pesca: zona norte ($18^{\circ}21'-24^{\circ}$ S), zona Caldera-Coquimbo ($24^{\circ}-32'S$) y zona centro-sur ($32^{\circ}-43^{\circ}30'S$). En esta última área, pero fuera de Zona Económica Exclusiva (ZEE), el jurel también ha sido explotado por una flota extranjera conformada por barcos con bandera rusa, china, europea, coreana y de Vanuatu. Además, Perú y Ecuador igualmente capturan esta especie dentro de sus respectivas ZEE (Canales *et al.* 2013).

En Chile, en el periodo 1960-1995 la captura de jurel creció en forma sostenida llegando a un máximo de 4,6 millones de toneladas, mas tarde producto de la alta tasa de explotación ejercida sobre el recurso, la captura comienza a declinar hasta alcanzar las 230 mil t el 2013 (Aranis *et al.*, 2014). Conforme evolucionaba la pesquería de jurel se realizaron estudios de evaluación del stock en el Pacífico sur, para así establecer la condición del recurso. En la evaluación se han empleado principalmente modelos edad estructurados, por lo que la determinación de la edad de la especie es una parte esencial en este tipo de estudio.

Actualmente, en la evaluación de stock que realiza el Comité Científico de la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS), se utilizan las claves talla-edad de Chile para estimar la estructura de edad de las capturas de este país como también de las capturas de la flota internacional que opera frente a Chile. Para incluir la información de las pesquerías frente a Ecuador y Perú se han utilizado funciones de crecimiento ya sea de Chile, Rusia y recientemente de Perú.



En el marco del Grupo jurel del ahora Comité Científico (antes Grupo de Trabajo Científico) de la OROP-PS, se ha examinado críticamente la información utilizada en el modelo de evaluación y una de las piezas de información sobre la que ha surgido discrepancia es la determinación de edad del jurel y ello principalmente con Perú. Esta situación dio origen a la realización de un taller de Intercalibración de la edad que se desarrolló en Lima el 2011, siendo su principal recomendación el continuar trabajando en la comparación de lecturas e identificación de criterios estándares para la determinación de la edad, así como la elaboración de un protocolo de lectura común para el uso de los países participantes en la pesquería. Para el desarrollo del trabajo de calibración de la edad, se deben considerar aspectos de validación de la edad como la identificación del primer anillo anual y la formación de los siguientes anillos anuales en el otolito. Para ello se identificó la necesidad de contar con una muestra de otolitos representativa de la región, que sirviera de colección de referencia.

Como consecuencia de la recomendación del taller de Lima, Chile se ofreció para coordinar el grupo de trabajo de edad conformado por participantes de China, Ecuador, Perú, Unión Europea (Polonia) y por cierto de Chile. Para este efecto se elaboró un borrador de términos de referencia para discusión del grupo de tarea, que tiene como objetivo avanzar en el problema de la determinación de edad del jurel y la elaboración de una metodología estándar a través de un nuevo ejercicio de reproducibilidad inter-laboratorio. En esta tarea se avanzó hasta la distribución de imágenes de la colección de otolitos aportados por Ecuador y Chile. En la reunión del Comité Científico de octubre del 2014 Perú presentó una propuesta adicional, y considerando sus coincidencias el Comité Científico (octubre 2013) consideró su fusión en una sola, que constituyó el Anexo 4 del informe de la reunión del Comité (ver informe de la 1ª Reunión del Comité Científico de la OROP-PS). Esta nueva propuesta incluye, adicionalmente a la aproximación



tradicional para la interpretación de los anillos anuales, la lectura de anillos diarios para validar el primer annulus.

Bajo esta nueva tarea demandada por el Grupo de trabajo científico de la OROP-PS, es que se ejecuta este proyecto que está focalizado en la aplicación de metodologías que permitan obtener los resultados necesarios para resolver la controversia en la determinación de edad de jurel del Océano Pacífico sur, que concluirá con la elaboración de un protocolo de lectura de edad anual en otolitos de jurel con los países miembros de esta organización regional.



5. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un protocolo de la determinación de edad del jurel que sirva de guía para contar con estructuras de edad de la captura de jurel calibradas entre los países participantes en la pesquería de jurel del Pacífico sur para su utilización en la evaluación de stock.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1 Revisar estudios relevantes en la determinación de edad y su validación en especies del género *Trachurus*.
- 6.2 Validar la identificación del primer anillo anual.
- 6.3 Validar la estimación de la edad mediante la lectura de anillos anuales.
- 6.4 Disponer de una colección de referencia de otolitos y de sus imágenes para el trabajo de intercalibración de la edad y futuros entrenamientos de lectores.
- 6.5 Estandarizar criterios para la lectura de otolitos de jurel y estimación de la edad.



7. ANTECEDENTES

Para el cumplimiento del objetivo general y específicos, el presente estudio contempla analizar la micro y macro-estructura de los otolitos de jurel (*Trachurus murphyi*), hacia la generación de un protocolo de lectura anual de otolitos con el consenso de los países miembros de la OROP-PS. En forma previa se considera oportuno revisar algunos aspectos del estado del arte relacionados con la pesquería e historia de vida de esta especie, así como también sobre la técnica de micro-incrementos diarios y macro-incrementos anuales de manera de contribuir a la comprensión de los aspectos metodológicos que se desarrollarán posteriormente.

7.1 Antecedentes sobre la pesquería e historia de vida de jurel

El jurel presenta una amplia distribución en el Océano Pacífico Sur-Oriental, que por el norte alcanza hasta 1° 38' N incluido el entorno de las Islas Galápagos y por el sur, hasta el extremo de Chile (55° S) (Serra, 1991). Tanto frente a Perú como de Chile, su distribución sobrepasa el límite de las 200 mn de ZEE; y en el caso específico de la zona centro-sur de Chile se extiende más allá de las 1000 mn (**Fig. 1**). Esta especie expandió su distribución colonizando hacia el oeste a través de la corriente de Deriva del Oeste. Fue detectada a mediados de la década 1980 cerca de Nueva Zelandia (Evsenko, 1987; Bailey, 1989; Serra, 1991) y posteriormente hasta las aguas en torno a Tasmania. Su presencia es reportada en aguas de Nueva Zelandia por primera vez en 1987 (Kasahara *et al.*, 1988 en: Taylor, 2002).

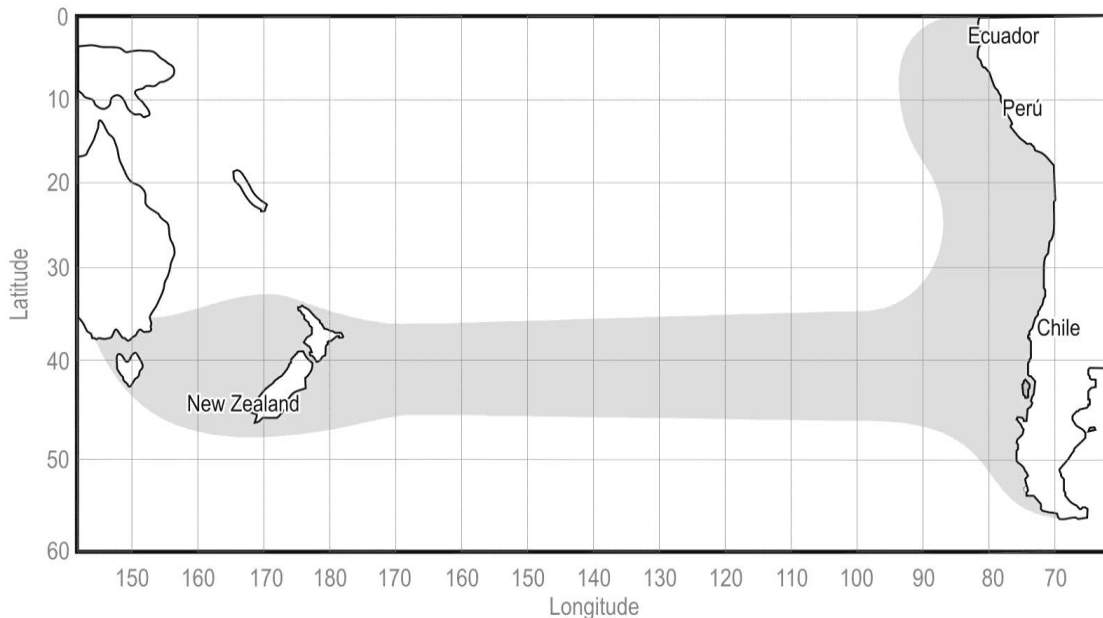


Figura 1. Distribución de *Trachurus murphyi* en el Pacífico Sur.

El jurel chileno pertenece al grupo “*picturatus*” junto con *T. symmetricus* del hemisferio norte y *T. picturatus* del Atlántico; es el grupo más evolucionado del género *Trachurus*, que ha desarrollado un comportamiento nerítico-oceánico, lo que explica la amplia distribución del jurel chileno hacia la Alta Mar y el desarrollo de su ciclo de historia natural en ambos sistemas (Serra, 1991).

El jurel es explotado en toda su distribución. Existen pesquerías en Ecuador, Perú, Chile, Alta Mar frente a Chile central por una flota internacional y en Nueva Zelanda por flotas locales.

Dentro de los aspectos de historia de vida un rasgo importante en los peces teleósteos es la época reproductiva y la transición de la fase juvenil a la madurez sexual, caracterizado por la talla y edad media de madurez sexual. En el caso de jurel un trabajo reciente desarrollado por Leal *et al.* (2013), a través del análisis



histológico de gónadas, confirma que la actividad reproductiva de la especie tiende a concentrarse entre septiembre y enero. En tanto que la longitud media madurez (L_{50}) de las hembras durante la estación reproductiva del 2011, se estimó en 22,7 cm de longitud de horquilla (LH), equivalente a 2,44 años (E_{50}), alcanzando su plena maduración entre los 24 y 25 cm LH (4 años) (Leal *et al.*, 2013).

Serra (1991) describe una migración estacional que podría explicar la disponibilidad de jurel para la pesquería en la costa de Chile. Esta migración estacional tiende a ser relacionada con procesos de alimentación y desove. Por ejemplo, migración mar afuera para el desove oceánico de primavera, y migración hacia la costa durante el verano-otoño relacionada con la disponibilidad de alimento en aguas costeras (Quiñones *et al.*, 1997; Miranda *et al.*, 1998). De acuerdo con Arcos *et al.* (2001) la población de jurel está estructurada en tres diferentes hábitat: una hábitat de crianza en el al norte de 30° S, una área de alimentación costera en la zona centro-sur de Chile (30° a 40° S), y un área de desove oceánico frente a la zona central de Chile. En relación a esta última área, Cubillos *et al.* (2008) a través de la evaluación de la abundancia de huevos, estima que la mayor parte del desove de jurel tiende a ocurrir en alta mar entre los 80 y 92° W, siendo máximo a 35° S, asociado a una temperatura superficial del mar mayor que $15-16^{\circ}\text{C}$.

La composición de edad de las capturas de jurel es un elemento relevante para entender los cambios en el stock. El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ha realizado estudios de determinación de edad de jurel desde finales de los 70'S, los que han sido usados para construir claves edad-talla y matrices de captura a la edad trimestrales que a su vez constituyen información de entrada para la evaluación de stock de este recurso.



Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimado para el jurel por diferentes autores utilizando lectura de otolitos enteros muestran similares resultados, con una longitud asintótica (L_{∞}) que varía entre 65 y 80 cm de LH, un K entre 0,07 y 0,1 $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$ (Kochkin, 1994; Castillo & Arrizaga, 1987; Gili *et al.*, 1996; Gang Li *et al.*, 2011; Cerna & Bocic, 2011). Estos autores estiman que el jurel del Pacífico sur tiene una longevidad media, con un máximo de edad observada entre 9 y 17 años.

La determinación de edad de jurel se sustenta en la validación indirecta de la edad a través del análisis de la periodicidad en la formación de macro-anillos de crecimiento, que indican la formación de un macro-anillo hialino por año en invierno (Serra & Gili, 1995; Castillo & Arrizaga, 1987). Otros estudios permiten confirmar el criterio de identificación de anillos a través de la comparación o análisis de precisión con investigadores seniors que muestra una alta exactitud en muchas edades (1 a 10 años) y una leve subestimación de la edad por parte de los lectores de IFOP en edades superiores a 11 años, aunque en general concluye que los test de reproducibilidad de la lectura de jurel muestran que la precisión de los lectores regulares es alta y adecuada, mientras que la variabilidad entre lectores se considera aceptable y con un error normal (Morales-Nin, 1997).

En el caso del jurel capturado frente a la costa de Perú, Goicochea *et al.* (2013) presenta resultados de validación del primer annulus a través de lectura de micro-incrementos primarios; y el segundo y tercer anillo con seguimiento de cohorte en tallas, además de estimar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (vB) a través de la lectura convencional de otolitos enteros. Estos autores estiman un $L_{\infty} = 75,2$ cm, $k = 0,165$ $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$, $t_0 = -0,817$, destacando que, basado en estos resultados el jurel de Perú crece más rápido que aquel que habita frente a las



costas de Chile. Gang *et al.* (2011), a partir de muestras colectada en zonas oceánicas fuera de la ZEE de Chile, estiman los siguientes parámetros de crecimiento de vB: $L_{\infty}=73,8$ cm; $k=0,107\text{año}^{-1}$ y $t_0=-1,08$.

La actual validación indirecta del jurel del Pacífico sur que sólo considera la determinación de la frecuencia de formación del incremento de crecimiento opaco en el borde del otolito y el método de análisis del tipo de borde, puede considerarse necesaria pero insuficiente para tener una exactitud en la determinación de edad.

El impacto de la determinación de la edad inexacta sobre los estudios de dinámica poblacional de los recursos debe ser evaluado. Hay muchos casos en que el error en la determinación de edad ha contribuido a la sobreexplotación grave de una población de peces comerciales. El problema a menudo está en la subestimación de la edad más que en la sobreestimación, lo que resulta en estimaciones demasiado optimistas sobre el crecimiento y la tasa de mortalidad (Campana, 2001).

IFOP ha realizado esfuerzos en validar la edad de jurel a través del empleo de métodos más independientes, obteniendo resultados preliminares con el uso de método de radiocarbono, que indican que al menos en promedio la determinación de edad de jurel es correcta (Campana, 2006 en Ojeda *et al.*, 2007). Aunque los resultados de la datación de radiocarbono en otolitos de jurel de Chile constituyen un avance importante, aún queda pendiente el combinar estos resultados con aquellos emanados de la aplicación de otros métodos, que en conjunto hagan más robusta la validación de la determinación de edad de este recurso.



7.2 Evidencias sobre la microestructura en otolitos de jurel

Los micro-incrementos primarios (MP) son formados por la sucesiva deposici3n de una capa rica en carbonato de calcio y de una capa rica en prote3na pero de baja concentraci3n en carbonato de calcio. Ambas capas aparecen como una zona oscura y clara bajo luz transmitida, respectivamente. Panella (1971) fue quien descubri3 estas estructuras y fue el primero en sugerir que su frecuencia de producci3n era diaria. El grosor del micro-incremento primario (MP) puede fluctuar desde menos de 1 μm a 15 μm o m3s.

Los micro-incrementos diarios (MD) son solamente visibles a trav3s de un microscopio, principalmente durante el primer a3o de vida del pez, debido a que su crecimiento es mayor durante dicho per3odo. No obstante, los MP se siguen formando durante la vida del pez, aunque su periodicidad diaria es dif3cil de evaluar, debido a que su grosor disminuye notoriamente, cayendo m3s all3 de la resoluci3n de la microscop3a 3ptica e incluso electr3nica. Algunos incrementos sub-diarios pueden ocurrir, particularmente en aquellos per3odos de crecimiento r3pido. Estas estructuras son menos uniformes y regulares que los incrementos primarios, y por consiguiente pueden f3cilmente ser distinguidos por un lector experimentado (Campana & Jones 1992)

El primordium

Los otolitos se desarrollan de uno o m3s estructuras parcialmente calcificadas denominada "primordium", formado en el o3do interno (Mann *et al.* 1983). Estos centros de crecimiento pueden ser circular, elongado o m3ltiple, dependiendo de la especie. En el caso de primordium m3ltiples, 3stos se fusionan para formar el centro del otolito. El t3rmino "n3cleo" tambi3n ha sido usado para describir la parte



central del otolito, aunque es recomendable usarlo solamente para describir un área mucho mayor que define la zona central en otolitos de peces adultos.

El primer anillo primario

Los otolitos se forman durante la última etapa de desarrollo del huevo. Por algún tiempo después de su formación, los otolitos crecen continuamente y en la mayoría de los casos sin producir capas concéntricas o incrementos primarios. El comienzo de la formación del primer incremento primario varía de una especie a otra, pero en la mayoría de las especies estudiadas, el primer incremento aparece prominente y bien definido. En algunas especies la formación del primer incremento coincide con la eclosión (Lagardere, 1989) y en otros con la primera alimentación (Geffen, 1982). En otras especies han sido observadas estructuras concéntricas antes de la eclosión, aunque aún no está claro si estas estructuras son incrementos diarios, o meramente artefactos visuales. En *Trachurus murphyi* no existen antecedentes de cuantos días antes o después de la eclosión se forma el primer micro-incremento primario. Un antecedente próximo es la estimación realizada en *Trachurus japonicus* por Xie *et al.* (2005), quienes indican que el primer incremento diario se forma 3 días después de la eclosión. Este es un antecedente que puede ser usado en nuestra lectura de micro-incrementos en jurel, sumando 2 anillos al número de MP contados.

Centro secundarios de crecimiento (CSC)

En algunas especies es posible apreciar centros secundarios de crecimiento (CSC) análogos al *primordium*, del cual emanan nuevas estructuras concéntricas. Estos CSC son más comunes en el otolito más grande (*sagitta*) su formación ocurre después de la metamorfosis. Varias hipótesis han sido planteadas para explicar el



origen de estos CSC, entre las cuales se pueden citar: (i) cambio de hábitat (Sogard, 1991), cambios ontogenéticos en la dieta (Marks & Conover, 1993) y/o cambios fisiológicos asociados a la metamorfosis (Hare & Cowen, 1994). En análisis preliminares de la micro-estructura de otolitos *sagitta* de jurel se han observado estas zonas de crecimiento secundario (Cerna & Moyano, 2014). Esta formación de primordios accesorios puede confundir la interpretación del ancho de los MD.

Estructuras discontinuas (ED)

Las ED son elementos sobresalientes, irregulares que ocurren a través de los incrementos primarios. Estas ED pueden interrumpir la sucesión de los MP en forma cíclica o acíclica. Las ED pueden ser distinguidas bajo magnificaciones alta o bajas y generalmente requieren que el otolito sea previamente preparado. Las EDs son típicas de todas las especies y probablemente son productos del estrés ambiental al que los individuos están sujetos. Algunas EDs están relacionadas a eventos tales como asentamiento y/o metamorfosis y aparecen como drásticos cambios en el grosor del incremento. Este tipo de disposición discontinua de micro-incrementos primarios debe tenerse en cuenta en la lectura, ya que han sido observadas en análisis preliminares de otolitos de jurel (Cerna & Moyano, 2014).

Exactitud en la interpretación de microincrementos diarios (MD)

La exactitud en la interpretación del patrón de crecimiento de la microestructura de otolitos requiere el conocimiento de factores que pueden afectar la formación de un incremento por día. Variables ambientales y fisiológicas como el fotoperiodo, temperatura alimentación, crecimiento y el ritmo circadiano endógeno, pueden todos fluctuar cíclicamente y todos tener el potencial para influenciar las deposiciones de material en el otolito (Campana & Neilson, 1985).



Tanaka *et al.* (1981) provee pruebas que sustentan la hip3tesis de que el ritmo circadiano arrastrado por el fotoperiodo sincroniza la formaci3n de incrementos diarios. A su vez el efecto de desorganizaci3n del fotoperiodo decrece con el incremento de la edad, lo que fue observado en el ritmo end3geno de peces (Gibson *et al.* 1981).

Aunque la temperatura no parece ser necesaria para la formaci3n de los microincrementos diarios (MD), esta puede influir en la microestructura de los otolitos. Incrementos no diarios o subdiarios pueden formarse debido a fluctuaciones de la temperatura; de hecho el ciclo de temperatura con periodos de 12 horas origina la formaci3n de 2 incrementos por d3a (Neilson & Green, 1984).

Los cambios en la alimentaci3n no afecta la formaci3n de MD. El n3mero de MD no se ve afectado por la falta de alimento, al menos cuando las reservas de energ3a son suficiente para el crecimiento del esqueleto (Marshall & Parker, 1982; Campana 1983^a; Neilson & Green 1984; Volk *at al.* 1984). A su vez la formaci3n de MD en otolitos no es afectada por la frecuencia de alimentaci3n diaria (Taubertb & Coble, 1977; Campana 1983a), sin embargo, la incidencia de incrementos subdiarios incrementa con la frecuencia de la alimentaci3n, por lo que es probable que alimentaciones m3ltiples induzcan la formaci3n de nuevos incrementos de crecimiento, aunque su ancho reducido y pronostico visual permitir3an identificarlo como un incremento subdiario (Campana 1983a).

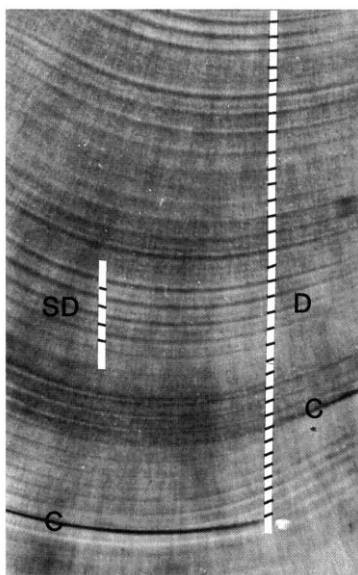
Entonces, en el patr3n de microestructura de otolitos se espera que aparezca una secuencia de MD regularmente recurrentes, donde ocasionalmente se sobreponen o intercalan incrementos subdiarios de origen ambiental (Campana 1992). Los incrementos subdiarios forman un patr3n similar, en que pueden ser de variable intensidad, ancho y faces dentro de un incremento diario. Sin embargo, el patr3n



subyacente de MD es usualmente suave y regular. Estas observaciones que son consistente con la base conceptual subyacente para la formaci3n de MD, simplifica la interpretaci3n de otolitos previamente no examinados, ya que los patrones de crecimiento microestructurales parecen ser omnipresente entre todas las especies (Campana & Neilson, 1985; Jones 1986).

Interpretaci3n de MD

Campana (1992) plantea que las tres caracteristicas que com3nmente se confunde, ene le microscopio de luz, con MD son, en orden de importancia: incrementos subdiarios, artefactos visuales y checks. Los criterios de diferenciaci3n est3n basados en su apariencia visual; en particular el contraste y el ancho relativo (**Ilustraci3n. 1**).



Ilustraci3n 1. Secuencia caracteristica de incrementos de crecimiento diario (D); subdiario (SD) y checks (C). La secuencia de incrementos diarios es apariencia suave y regular; los cambios en el ancho y contraste de los incrementos son frecuentemente graduales (Fuente; Campana, 1992).



Los incrementos diarios y subdiarios son morfológicamente similares haciendo difícil la diferenciación entre estos. Sin embargo, los incrementos diarios se forman a una frecuencia constante y debido a la naturaleza conservativa del crecimiento del otolito, a menudo aparecen como una secuencia regular con suave transición entre incrementos constantes en ancho y contraste (Campana 1992).

Los incrementos subdiarios tienden a ser prevalentes en dos situaciones. La primera es en regiones en que el otolito tiende a crecer rápidamente, resultando en un muy ancho incremento diario. Cuando mas ancha sea la zona de un incremento dado, mayor es el potencial de formación de un incremento subdiario y más fácil es su identificación. Esta es la razón porque la microestructura de otolitos sagitta de juveniles puede ser difícil de interpretar, los incrementos tienden a ser muy anchos (Campana 1992).

La segunda situación que promueve la visibilidad de incrementos subdiarios es un artefacto de la dificultad en la preparación. Por varias razones, el sobrepulido puede generar incrementos subdiarios que aparecen más prominentes que los incrementos diarios. En efecto, las formas pueden ser ambas regulares y bien definidas en preparaciones superficiales, marcando esto una particular secuencia peligrosa para la interpretación. El reconocimiento apropiado de esta región superficial puede minimizar la inexactitud del conteo debido a este efecto (Campana 1992) (**Ilustración 2**).

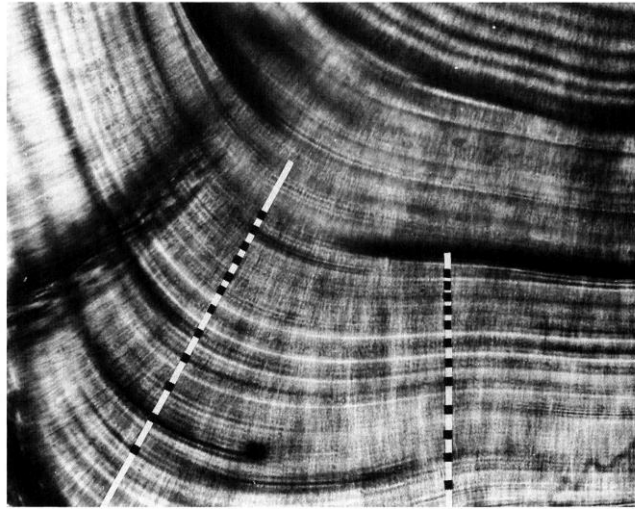


Ilustración 2. El sobre-pulido puede hacer aparecer incrementos sub-diarios más prominentes que lo habitual. Los incrementos sub-diarios son prominentes e indistintos, a lo largo de dos marcados ejes de crecimiento de una accidentada superficie de sagitta de flounder (*Platichthys stellatus*). Los incrementos diarios son indicados en negro; el patrón diario es también mas aparente en el área mejor preparada, abajo a la derecha (Fuente; Campana, 1992).

7.3 Situación a tener en consideración en la validación de los macro-anillos de jurel.

El método de lectura que emplearemos para el jurel está basado principalmente en la identificación de bandas hialinas de crecimiento en otolitos enteros, dispuestos en una lupa bajo luz incidente y fondo oscuro. Cada marca hialina verdadera identificada será medida desde el núcleo (foco) hacia la región caudal del otolito (Holden & Raitt, 1975; Waldron & Kerstan, 2001).

Los otolitos crecen por aposición de capas sucesivas de material calcáreo que se encuentra en equilibrio isotópico con el medio, su función en el oído interno depende de su forma y estructura, por ello sus componentes una vez depositados,



no son movilizados de nuevo y permanecen estables durante toda la vida del pez, esta propiedad permite ser empleado en métodos de determinación de la edad (Morales-nin., 1997). Sin embargo, dicha depositación parece no ser constante en el tiempo y va a depender, por una parte de variables ambientales, tales como el foto-periodo, temperatura, disponibilidad de alimento (Abaunza *et al.*, 2003), así también factores ontogénicos, como los cambios en las tasas de crecimiento durante el desarrollo (Ciclo de Vida) de cada individuo. Debido a esta variabilidad del crecimiento, es necesario un constante esfuerzo en establecer uniformidad de criterios para la identificación de la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento anual.

Pannella (1980) reconoce tres fases en crecimiento del otolito, durante la primera fase, existe un crecimiento rápido y donde raramente podemos observar discontinuidades en la depositación de calcita, en esta fase el crecimiento es isométrico, o sea en todas direcciones. Durante la segunda fase el crecimiento del otolito decae, acá se hacen más frecuentes pequeñas interrupciones en los incrementos, que pueden estar relacionadas con la madurez sexual, donde la movilización de los recursos del organismo hacia la producción de gametos origina cambios en la naturaleza del tejido calcificado. Cuando el desove tiene lugar durante el periodo de formación del anillo de crecimiento lento, éste se marca claramente, ganando en grosor y nitidez, lo que puede dar lugar a una posible marca de desove, que se presenta como un área traslúcida con muchas marcas falsas de crecimiento (Morales-nin, 1997). En la tercera fase hay una mayor reducción en el crecimiento, en donde las discontinuidades se hacen más evidentes. Para disminuir la incertidumbre en este último tramo de crecimiento, se preparará, para los ejemplares mayores a 45 cm de LH, un corte transversal para ser pulido y tostado, ya que se ha comprobado que la dirección del crecimiento del otolito en esta especie, a partir de cierta edad es mayor hacia la cara interna que



en dirección antero posterior. Esto puede introducir un sesgo en la identificación de las últimas marcas anuales por la cara externa en el otolito entero, ya que estas marcas o anillos paulatinamente dejan de ser perceptibles al lector con el método de observación directa.



8. METODOLOGÍA

8.1 Metodología para objetivo específico 3.1:

"Revisar estudios relevantes en la determinación de edad y su validación en especies del género Trachurus."

8.1.1 Búsqueda y recolección bibliográfica de fuentes primarias y secundarias.

Una revisión comprendió la búsqueda de metodologías relacionadas a la caracterización de los aspectos microscópicos usados en la presente propuesta para definirlos (*i.e.*, primer annulus, annuli falsos, zona larval, tipo de borde etc.) que fueron publicados en revistas con comité editor. Una revisión acuciosa de dichos aspectos puede contribuir a fortalecer y/o optimizar los criterios técnicos de asignación de edad derivados de la presente propuesta, particularmente si se realiza en especies emparentadas o del género *Trachurus*. Además de toda la información disponible sobre el estudio del crecimiento individual de las poblaciones de este género.

La revisión a nivel internacional de la bibliografía se realizó, empleando todos los medios y convenios que dispone tanto el Instituto de Fomento Pesquero y universidades, principalmente la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y Universidad de Valparaíso, cuyas bibliotecas tiene convenio con IFOP.

A continuación se enuncian las fuentes de información que se emplearon:



- A través de la Web del Sistema de Biblioteca (<http://www.ifop.cl/biblioteca>) se tiene acceso a las siguientes bases de datos:
 - ASFA (Conexión vía web, referencial)
 - EBSCO (Artículos a texto completo)
 - SCIENCE DIRECT
 - BEIC (Acceso a bases de Datos: Springer, Elsevier, Nature, Oxford University Press, Science Magazine, Wiley-Blackwell)

- Con respecto a las suscripciones de publicaciones periódicas de IFOP en el área, se pueden mencionar las siguientes:
 - American Fisheries Society
 - Aquaculture
 - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
 - Fisheries Research
 - Harmful Algae
 - ICES Journal of Marine Science
 - Journal of Applied Statistics
 - Journal of Marine Research
 - Life Sciences
 - Marine and Freshwater Research
 - Marine Pollution Bulletin
 - New Zealand Journal of Marine and Freshwater research
 - Ocean and coastal management
 - Reviews in fish biology and fisheries
 - Science



- En Convenio con la PUCV, a través de la Web del Sistema de Biblioteca (<http://biblioteca.ucv.cl>) se tiene acceso adicionalmente a las siguientes Bases de Datos:
 - SCOPUS (referencial)
 - OCLC FIRST SEARCH (referencial)
 - ISI WEB OF SCIENCE (referencial)
 - OVID

- En relación a los Títulos de Publicaciones Periódicas (vigentes), se agregan las siguientes suscripciones de la Escuela de Ciencias del Mar, PUCV:
 - Journal of Physical Oceanography
 - Journal of Plankton Research
 - National Fisherman
 - Oceanologica Acta (Sólo hasta 2003)
 - World Fishing

- Además se consultarán las siguientes bases de datos a texto completo open source:
 - SCIENCE, SCIELO, SJR, ANNUAL REVIEW, DOAJ

- Además IFOP tiene acceso al catálogo colectivo latinoamericano (IAMSLIC).

Las fuentes secundarias que se revisaron fueron todos los informes técnico del Fondo Investigación Pesquera, reportes Técnicos de Institutos de Pesca Latinoamericanos, Norteamericanos y Europeos, como INIDEP (Argentina), NMFS (EEUU), BIO de Canadá, Instituto Oceanográfico de España, IMEDEA (Mallorca España), AZTI Tecnalia (País Vasco, España), Instituto de Pesca de Japón, etc.



8.1.2 Revisión, sistematización y síntesis de la información

La información colectada fue seleccionada y revisada en forma detallada, sistematizada en tablas y figuras que resumen los principales aspectos del tema en estudio.

8.2 Metodología para objetivo específico 3.2

“Validar la identificación del primer anillo anual”

8.2.1 Muestra de otolitos para análisis de la microestructura

Para la ejecución de este objetivo se consideró la colección histórica de otolitos de jurel de los muestreos biológicos de la pesquería comercial de cerco y la obtenida a bordo del Buque Científico Abate Molina en los Cruceros de Evaluación Hidroacústicos de anchoveta y sardina común, RECLAN XV-II, RECLAN III y IV y RECLAS V-XIV. En los cruceros de evaluación hidroacústicos de reclutamiento de Pelágicos pequeños de la zona Norte y Caldera-Coquimbo, se pudo colectar otolitos de jurel reclutas y prerreclutas no presentes en la pesquería comercial de jurel (**Tabla 1**).

El muestreo biológico y extracción de otolitos de peces pre-reclutas y reclutas con tallas menores a 10 cm LH, se realizó en el Laboratorio Edad y Crecimiento de IFOP, a su vez los peces con tallas mayores a 10 cm LH fueron muestreados en los laboratorios zonales del IFOP o a bordo del Buque Científico abate Molina. El muestreo consideró las siguientes medidas: las longitud horquilla (LH) con ictiómetro de 1 mm de precisión, peso total con balanza electrónica de precisión $\pm 0,1$ g., identificación del sexo y madurez a ojo desnudo, para finalmente extraer el par de otolitos sagitta, los que fueron almacenados en cartones perforados en el



caso de peces mayores a 10 cm LH y en portaobjetos adheridos con pegamento termoplástico en el caso de los peces con tallas menores e iguales a 10 cm LH.

Tabla 1

Número de otolitos de jurel muestreados, preparados y secuenciados fotográficamente por cada zona de procedencia. Se incluye el rango de longitud horquilla (LH) de los peces en la muestra.

Zona	Rango de Longitud (LH, cm)	Número de otolitos		
		Muestreados	Preparados	Secuencias Fotográficas
Zona Norte	3,1 - 23,0	174	50	25
Zona Caldera-Coquimbo	6,0 - 23,0	86	34	20
Zona Centro-sur	19,0 - 25,0	231	19	19
Total	3,1 - 25,0	491	103	64

8.2.2 Preparación y análisis de la micro-estructura de otolitos

Preparación de otolitos para análisis micro-estructural de jurel

Los otolitos sagitales de juveniles recolectados sobre fueron procesados siguiendo el método SGEM descrito por Plaza *et al.* (2005). En este método los otolitos son montados en pequeños bloques de resina epóxica en portaobjetos. Para la correcta identificación los micro-incrementos embebidos en resina, los otolitos deben ser pulidos hasta lograr una resolución adecuada del primordio utilizando lijas entre 800-2500 de tamaño de grano. Este procedimiento ya ha sido adecuadamente desarrollado para la especie *E. ringens* en los proyectos FIP 2009-16 y FIP 2013-19, donde se determinó que un doble pulido sagital es el más adecuado para la identificación de los micro-incrementos en juveniles. (**Fig. 2**).

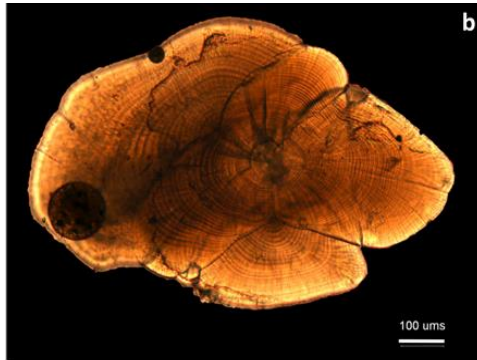


Figura 2. Fotografía bajo luz transmitida de un otolito juvenil de jurel de 3,6 cm LH con aumento 40X, preparado en sentido sagital.

Lectura anual y medici3n de macro-anillos

Los otolitos de jurel sometidos a preparaci3n para lectura de micro-incrementos, fueron previamente leídos de acuerdo a los procedimientos habituales de lectura anual de jurel, que consiste en sumergir ambos otolitos sagittae en una placa petri con fondo oscuro. Los otolitos son cubiertos con vaselina líquida como líquido aclarador. La lectura, identificaci3n, conteo y medici3n de macro-anillos anuales, se realizó bajo microscopio estereoscópico con aumento 10X y luz reflejada. En cada otolito izquierdo se medirá el radio máximo (R_t) que es la distancia entre el núcleo y el borde caudal y el radio de cada macro-anillo. Si identificó también el tipo de borde y se estimó el incremento marginal cuando el anillo fue opaco.

Se tomo una foto del otolito izquierdo y se describió la macro-estructura aunque los anillos observados se consideren falsos, ya que esto ayudará a la comparaci3n de la micro con la macro estructura.



Lectura y medición de micro-incrementos

En el otolito pulido, se midió el radio máximo (RM), que corresponde a la distancia mayor entre el primordio y el borde del otolito en dirección caudal, empleando microscopios con 40X de aumento. En aquellos otolitos que presentaron una alta resolución, se midió el radio de cada micro-incremento desde el primordio hasta el borde opaco de cada anillo. Todas las lecturas y mediciones fueron realizadas dos veces en cada estructura, por un lector entrenado, utilizando la herramienta “Caliper” del analizador de imágenes IMAGE-pro-plus (**Fig. 3**).

Se realizó además una tercera lectura en aquellos casos en que existió una alta diferencia entre la primera y segunda lectura. Cuando la tercera lectura no fue coincidente con alguna de las anteriores se procedió a descartar el otolito.

Cuando la periodicidad de formación de micro-incrementos no ha sido validado, como en el caso de jurel, dos criterios de lectura pueden tenerse en cuenta, a saber: lectura de grupos de bandas (GBR), donde se toma un conjunto cíclico repetitivo de bandas de crecimiento (paquetes de anillos muy próximos) como los incrementos diarios individuales, y la lectura de marcas individuales (IMR), donde cada micro-incremento, independientemente de su apariencia, se consideró como un anillo diario (Cermeño *et al.*, 2008). Para evitar subestimaciones de la edad en nuestra lectura se utilizó el método IMR.

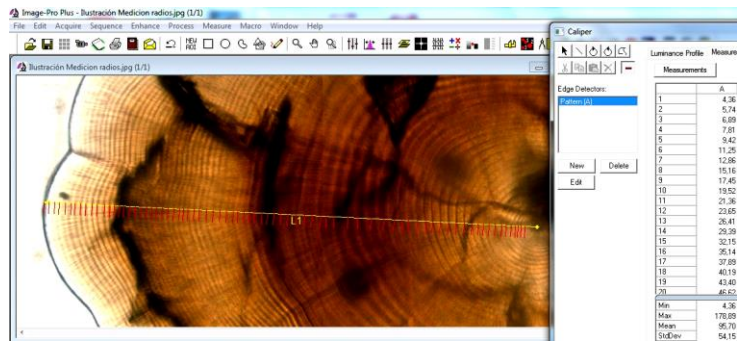


Figura 3. Ilustraci3n de un proceso de lectura en un otolito sagitta utilizando la herramienta "Tag" del programa IMAGE-pro-plus. La flecha amarilla denota el radio m1ximo (RM) y las marcas rojas el punto en que se mide cada microincremento primario (Imagen FIP 2009-17).

An1lisis de reproducibilidad de la lectura de micro-incrementos

Para verificar la precisi3n en la lectura de los micro-incrementos, se estim3 el coeficiente de variaci3n (CV) de los incrementos contados entre dos lecturas consecutivas (Chang, 1982). La exactitud o error relativo (RE) en el conteo del n1mero de incrementos entre dos lectores independientes, se midi3 por medio de una transformaci3n de la ecuaci3n de Beamish & Fournier (1981), esto es:

$$RE = 100N^{-1} \sum_{j=1}^N R^{-1} \sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j) X_j^{-1}$$

donde:

- N = n1mero de otolitos le3dos
- R = n1mero de lecturas de edad para un otolito
- X_{ij} = micro-incrementos le3dos
- X_j = n1mero de micro-incrementos esperados



8.2.3 Análisis de la información derivada de la microestructura de otolitos

Caracterización de la microestructura de otolitos de jurel.

Junto con la lectura y medición de los microincrementos primarios, se caracterizó la micro-estructura del otolito de jurel que considera el número de primordios secundarios y la edad de formación, las zonas de crecimiento primaria y secundaria del otolito en cuanto al número y ancho de los microincrementos, como Proxy de las tasas de crecimiento que se observan en cada una de estas zonas del sagitta.

La información de lectura de micro-incrementos permitió también caracterizar los patrones de crecimiento de jurel juvenil (pre-reclutas y reclutas), a través de un modelo talla-edad a la fecha de captura.

Relación talla-edad a la fecha de captura

La relación talla-edad observada para el rango de longitud de los ejemplares recolectados, fue ajustada a un modelo Gompertz, 1825; Laird *et al.*, 1965, de la forma:

$$L_t = L_\infty \exp[-\exp(-G\{X - X_0\})]$$

donde:

- L_t = longitud promedio a la edad;
- L_∞ = longitud asintótica;
- G = la tasa instantánea de crecimiento;
- X₀ = es el punto de inflexión de la curva.



Los modelos fueron ajustados empleando el paquete no lineal “nl” del software estadístico R (Ihaka and Gentleman, 1996; <http://cran.es.r-project.org/>).

8.2.4 Validación de la periodicidad del primer macro-anillo de crecimiento utilizando micro-incremento primarios.

Para validar la periodicidad de formación del primer macro-anillo utilizando micro-incrementos primarios se prepararon otolitos de peces de talla cercana al año de vida, asignado con el actual criterio. Para la correcta validación del tiempo de formación del primer macro-anillo se realizó un análisis comparativo entre la micro-estructura y macro-estructura, a través de los siguientes procedimientos:

- El otolito izquierdo fue analizado macroscópicamente antes de ser pulido para análisis de micro-incrementos primarios. Esto permitió mantener la consistencia y reducir la influencia de potencial asimetría que pudiese existir entre el otolito izquierdo y derecho.
- Se identifica la primera zona hialina siguiendo los procedimientos metodológicos efectuado por la Sección Edad y Crecimiento de IFOP, descrito en página anterior.
- Cada zona hialina se identifica como un anillo traslúcido (gris oscuro) recorriendo el otolito en toda su superficie, más un crecimiento posterior a éste. Aunque es posible seguir la trayectoria en toda la superficie del otolito, para mantener consistencia la zona translúcida se identificó tanto en la zona anterior como posterior del otolito.



8.2.5 Taller de validación del primer anillo anual de jurel basado en el análisis de la micro-estructura de otolitos.

Se desarrollo un taller de trabajo con el objetivo de analizar y discutir los criterios de identificación de micro-incrementos primarios en otolitos de juveniles y adultos, que son utilizados en la validación del primer annulus de jurel.

Para este taller se invito a todas las instituciones (Laboratorios) que son parte del comité científico de la OROP-PS y que están colaborando en el ejercicio de calibración de la edad anual de jurel. Ningún laboratorio internacional pudo asistir, participando los siguientes investigadores de instituciones nacionales:

Profesional	Categoría	Institución
Guido Plaza Pastén, PhD	Moderador, experto en estimación de edad	Facultad de Recursos Naturales. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
Francisco Cerna	Investigadores	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Guillermo Moyano		
Christian Valero		
Lizandro Muñoz		
Miguel Araya, PhD	Investigador. Presidente del Comité Científico de jurel	Universidad Arturo Prat
Lilian Cisterna	Investigadora	Instituto de Investigación Pesquera VIII Región



En la sesión de trabajo se utilizaron 22 otolitos de peces cuyas longitudes fluctuaron entre 3,4 y 23,0 cm LH. Estos permitieron hacer lecturas de reproducibilidad y comparaciones entre macro y micro-estructura con el propósito determinar la edad de formación de los macro-anillos e identificar el primer annulus.

Los otolitos corresponden a una selección desde la muestra utilizada por IFOP en la determinación de edad diaria en el presente proyecto, los que fueron preparados y leídos inicialmente de acuerdo a la metodologías presentadas en el punto 8.2.2 de este documento.

La mayoría de los ejercicios de reproducibilidad se realizaron desde la lectura de imágenes de otolito, la que fue apoyada por un track o dirección de lectura, sugerido por el equipo de IFOP, e indicado en una fotografía impresa de la micro-estructura de cada otolito que fue leído (**Anexo I**).

8.3 Metodología para objetivo específico 3.3.

“Validar la estimación de la edad mediante la lectura de los anillos anuales ”

8.3.1 Análisis de Incremento marginal (IM) y tipo de borde (TB)

Se analizaron un total de 15.065 otolitos que corresponden a muestras obtenidas en las capturas comerciales realizadas desde enero a diciembre. Dicho material es colectado dentro de los procedimientos de rutina del “Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales” entre los años 2007 al 2014, entre las regiones de Arica a Chiloé. Cada ejemplar tiene asignada una estimación de edad, tipo de borde (opaco o traslucido) y un valor de incremento marginal (IM).



Las estimaciones de edad fueron realizadas usando un Estéreo-microscopio con luz transmitida con una magnificaci3n de 10X. Todos los datos se agruparon mensualmente considerando la fecha de captura. La proporci3n de los valores promedio de los incrementos marginales fue graficada mensualmente para todos los a1os considerados (2007 al 2014).

Para la validaci3n de la periodicidad de la formaci3n de los anillos se realiz3 mediante los m3todos de an3lisis de formaci3n mensual del borde clasific3ndolos de acuerdo con el criterio se1alado por Dannevig (1933). Para describir la relaci3n del incremento marginal usamos la t3cnica del an3lisis de los incrementos marginales (IM). El incremento marginal (IM) se calcular3 para cada ejemplar de la siguiente forma (Lai *et al.*, 1996):

$$IM = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

Donde:

R : radio del otolito

R_n y R_{n-1} : distancia desde el foco de otolito hasta el anillo n y n-1.

Se utiliz3 una prueba de ANOVA de una v3a para ver diferencias en las medias aritm3ticas de los valores mensuales de IM y para ver diferencias entre los meses utilizamos una prueba de comparaci3n de grupos de Tuckey.



8.3.2 Seguimiento de clases anuales fuertes a través del análisis de progresión modal de frecuencia de tallas de la captura.

El muestreo de los pulsos periódicos de reclutamiento tiende a proveer valor en los estudios de annulus de algunos peces de larga vida. El método de “progresión de clases anuales fuertes” compara el intervalo entre periodos (por ejemplo anuales) de muestras y el incremento en la aparente edad modal de cada pulso de reclutamiento.

Este método requiere seguir en el tiempo las clases anuales, modas de distribución de tallas de la captura, ingresadas a la pesquería (reclutas) y compararlas con las tallas medias estimadas a partir de la lectura de edad desde otolitos de tal forma de verificar la periodicidad de los anillos identificados.

Se analizó la serie de distribuciones de frecuencia de longitud horquilla de la captura, en la pesquería de jurel de la zona norte (Arica-Antofagasta), zona centro-sur (San-Antonio-Chiloé) y nacional, para el periodo 2008 al 2015.

Los datos de frecuencia longitud fueron obtenidos del muestreo de longitud a partir de una muestra al azar en que se registrarán los siguientes datos de cada pez, a saber: longitud total (LH), sexo, madurez sexual macroscópica. Estos datos de frecuencias fueron ponderados por lance de pesca y expandidas a la captura por mes y zona.

Cada conjunto de datos de frecuencia de talla mensual fue analizada con el algoritmo estadístico-numérico de MacDonald & Pitcher (1979), implementado en el programa computacional MIX (MacDonald & Green, 1988). Mix considera un conjunto de datos de frecuencia de probabilidad (fdf), y utiliza la estimación de



m3xima probabilidad de encontrar par3metros desconocidos que describen cada pdf en la mezcla (MacDonald & Pitcher, 1979). Se asume que cada clase tiene una funci3n de densidad de probabilidad normal. Por lo tanto, los par3metros a estimar ser3n la proporci3n en la mezcla de, la longitud media y la desviaci3n est3ndar de la longitud. El n3mero de clases ser3 determinado por inspecci3n visual del histograma de frecuencia, y el an3lisis se realizar3 sin restringir los par3metros. Se utilizar3 el programa "mixdist" (<http://icarus.math.mcmaster.ca/peter/mix/mix.html>, Du Juan 2002) disponible para el software R (<http://cran.es.r-project.org/>).

El programa computacional, MIX, utiliza los algoritmos de McDonald & Pitcher (1979). El an3lisis se basa en el m3todo de estimaci3n de par3metros por m3todos de m3xima verosimilitud. La mezcla distribucional, cuya forma observable es un histograma de frecuencias se puede representar por:

$$g(l) = \sum_{i=1}^k p_i f_i(l)$$

donde p_i es la proporci3n del n3mero total de individuos que est3n representados en la distribuci3n "i" en la mezcla; $f_i(l)$ es una funci3n de densidad de probabilidad en funci3n de la longitud (l). Existen k de estas funciones en la mezcla distribucional, donde l es la longitud y las funciones corresponden a la distribuci3n de probabilidad normal, pero MIX puede analizar otras funciones de distribuci3n de probabilidad diferentes a la normal (Cubillos, 2005).

La funci3n de probabilidad normal est3 caracterizada por dos par3metros que deben ser estimados: la media (longitud promedio) y la desviaci3n est3ndar. Por esta raz3n, cuando un histograma de longitud se descompone en k componentes normales de edad, se requiere estimar 3k par3metros: k medias, k desviaciones est3ndar, y k proporciones cuando no se impone ninguna restricci3n al an3lisis; exceptuando



aquellas lógicas que indican que la desviación estándar sea mayor que 0, que las longitudes promedio vayan en orden creciente, y que la suma de las proporciones sea igual a 1. La proporción de cada componente normal representa el aporte de dicho componente (área bajo la curva) en la mezcla total (Cubillos, 2005).

Se realizaron ajustes de progresión de clases anuales en base anual para el periodo 2008-2011 y 2003-2014. Para el periodo 2008-2009 se analizó un pulso de reclutamiento, en base mensual, ingresado en julio del 2008 y las modas identificadas en la zona centro-sur, también en base mensual, para el periodo 2009-2010. Se analiza la relación entre la clase anual reclutada en la zona norte con las modas observadas en la zona centro-sur el año siguiente. Se comparan también estos resultados con la identificación de una clase anual fuerte en 1987 y seguida hasta 1991.

8.3.3 Validación de la edad anual utilizando datos disponibles del nivel de radiocarbono en otolitos.

Durante el 2005 y 2007 la Sección Edad y Crecimiento de IFOP ejecutó un Proyecto INNOVA-CORFO conducente al desarrollo de nuevas metodologías en la determinación de edad de merluza común y jurel. Este proyecto consideraba la validación de la edad de estas especies entre otras actividades, por lo cual se subcontrato al Otolith Research Laboratorio del Bedford Oceanography Institute de Canada, para que realizará la datación del nivel de radiocarbono ($\Delta^{14}\text{C}$) en otolitos de jurel para validar la edad.



Este proyecto generó información del nivel de $\Delta^{14}\text{C}$ para 18 otolitos que pueden ser empleados para validar la edad absoluta de jurel para peces de una edad mayor a 7 años. En tabla 2 se muestra los datos de otolitos con $\Delta^{14}\text{C}$ estimado.

Tabla 2.
Estimación de radiocarbono en centros de otolitos de jurel de Chile.

Numero de muestra	Año de captura	Longitud horquilla de pez (cm)	Año de nacimiento basado en la edad estimada desde secciones	Edad Secciones de otolitos (años)	Año de nacimiento basado en la edad		Edad del nucleo del otolito	$\delta^{13}\text{C}$	$\Delta^{14}\text{C}$
					estimada desde otolitos enteros	Edad de otolitos enteros (años)			
9	1981	45	1969,5	13	1973,5	9	3	-5,03	92,30
21	1974	39	1967,0	8	1965	10	2	-5,45	76,80
27	1976	42	1966,0	11	1967	10	2	-5,05	52,80
1	1980	46	1968,5	13	1971,5	10	3	-4,74	77,00
5	1980	45	1971,5	10	1971,5	10	3	-4,75	118,30
11	1971	48	1963,5	9	1962,5	10	3	-5,85	75,80
25	1975	48	1967,0	9	1965	11	2	-4,83	96,80
28	1976	43	1964,0	13	1966	11	2	-5,28	97,70
10	1971	48	1963,5	9	1961,5	11	3	-4,4	12,00
12	1971	47	1961,5	11	1961,5	11	3	-2,78	-39,30
18	1973	50	1961,5	13	1963,5	11	3	-3,74	-45,60
12	1982	42	1972,5	11	1972,5	11	3	-4,86	76,70
13	1982	47	1973,5	10	1972,5	11	3	-4,88	76,70
9	1971	47	1965,5	7	1960,5	12	3	-5,23	70,20
20	1973	54	1963,5	11	1962,5	12	3	-5,05	-44,70
24	1975	47	1967,5	9	1964,5	12	3	-4,4	92,30
15	1982	49	1971,5	12	1971,5	12	3	-4,82	112,30
16	1972	60	1960,5	13	1959,5	14	3	-4,78	-36,60

El método de validación a través de radiocarbono consiste en, comparar los niveles de radiocarbono de otolitos de peces de edad estimada por la lectura convencional, con una cronología de referencia que registra la secuencia de variación de ^{14}C en el mar, producida por las pruebas nucleares de finales de la década de los '50s. Para esta comparación podremos usar la cronología de referencia del Halibut del Pacífico norte, y/o las de *Trachurus declivis* de Nueva Zelanda y Australia en el Pacífico sur (**Fig. 4**).

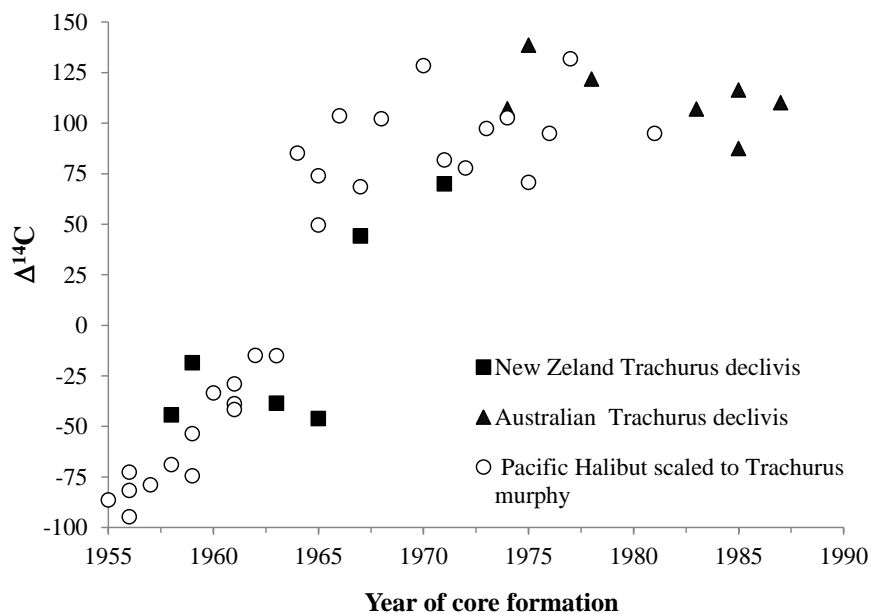


Figura 4. Cronología de referencia de radiocarbono del Pacífico norte (*Pacific halibut*) y del Pacífico sur (*Trachurus declivis*).

Se realizó una nueva lectura de 18 otolitos entero, para determinar la edad de aquellos peces a los que les fue estimado, usando el otolito derecho, el nivel de radiocarbono en el núcleo o core de la estructura. Un segundo análisis consistió en reasignar una nueva edad, ajustando las lecturas con el resultado de validación del primer annulus, y luego comparar ambos casos con la cronología de referencia del radiocarbono.



8.4 Metodología para objetivo específico 3.4.

“Disponer de una colección de referencia de otolitos y de sus imágenes para el trabajo de intercalibración de la edad y futuros entrenamientos de lectores.”

El procedimiento para la selección de otolitos se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia de pasos:

1. Se definió inicialmente un número de otolitos a coleccionar por talla, edad, zona de pesca, mes, año y la legibilidad, la que puede ser de condición “Muy bueno”, “bueno” y “regular”.
2. La selección se inició con la observación de la lectura para luego buscar el par de otolitos y chequear su estado con estereomicroscopio, de tal forma de seleccionar aquellos que estén en buenas condiciones
3. El par de otolitos fue separado de su envase original y almacenado en un nuevo cartón. De la misma forma la lectura original fue separada en una nueva base de datos que se complementó con información biológica y de origen del pez capturado.

Toma de fotografía de cada par de otolitos seleccionados.

Los otolitos seleccionados para la colección de referencia fueron fotografiados cada uno por separado (izquierdo y derecho), con el aumento utilizado en la lectura (10X) y una medida de referencia. Para esto se utilizó un sistema de análisis de imágenes conectado a una cámara incorporada en el microscopio estereoscópico.



8.5 Metodología para objetivo específico 3.5.

“Estandarización de criterios para la lectura de otolitos de jurel y estimación de la edad.”

8.5.1 Elaboración de un Protocolo de lectura de otolitos de jurel.

Este objetivo se desarrollo en tres etapas, a saber:

- 1) Conformación de un grupo de trabajo internacional de laboratorios del Pacífico sureste con experiencia en la estimación de edad de jurel (*Trachurus murphyi*), que estuviera dispuesto a colaborar en la realización de un ejercicio de intercalibración de la edad de esta especie.
- 2) El desarrollo por parte de los laboratorios participantes, de un ejercicio de intercalibración de la edad de jurel, a partir de las lecturas de imágenes de otolitos, coordinados por IFOP. Para esto se seleccionaron otolitos de Chile (IFOP), Perú (IMARPE) y Ecuador (INP), aportados por cada país.
- 3) El desarrollo de un taller (Workshop) internacional para discutir el resultado del ejercicio de intercalibración y elaboración de un Protocolo de lectura de edad de otolitos de jurel que contenga los criterios de estimación de la edad de consenso del grupo de expertos.

Selección y toma de imágenes de otolitos de jurel del Pacífico sur para ejercicio reproducibilidad de la edad inter-laboratorios.



Se seleccionaron para el ejercicio inter-calibración de la edad (reproducibilidad) 100 pares de otolitos constituidos por 26 de Ecuador, 37 de Perú y 37 de Chile. Se seleccionó un número menor de Ecuador, debido a que el rango de tallas de la muestra original era muy estrecho, siendo el criterio estructurar una muestra con una amplia distribución de longitudes (**Tabla 3**).

Tabla 3

Resumen de la muestra de otolitos de jurel disponibles para el segundo ejercicio de inter-calibración de la edad. Se incluye la media con el error estándar (EE) de la longitud horquilla del pez. No están disponibles las tallas de los otolitos de Perú.

	Número Otolitos	Longitud del pez (cm)		
		Media	± EE	Rango min - max
Chile	37	28,5	± 1,88	8 - 53
Ecuador	26	39,8	± 0,45	37 - 47
Perú	37		±	-
Total	100	33,2	± 10,46	8 - 53

Las fotografías de la muestra seleccionada fueron dispuestas para el grupo de trabajo en una carpeta Dropbox, sugiriendo como periodo de lectura entre septiembre y diciembre del 2015 (**Ver Anexo II**).



9. RESULTADOS

9.1 Búsqueda y recolección bibliográfica de fuentes primarias y secundarias.

En la **Tabla 4** se presentan los parámetros de crecimiento y "Growth performance index" para varios stocks del género *Trachurus* (Adaptado de Cubillos & Arancibia, 1995 y Goicochea *et al.*, 2013). Los resultados del indicador de crecimiento (\emptyset') sugieren que *T. Murphy* tiene un mejor desempeño en el crecimiento en su conjunto que otros stocks de *Trachurus* en el mundo. *Trachurus capensis* también presenta altos valores de \emptyset' , lo que puede ser propio poblaciones que habitan zonas de surgencia donde los stocks, como Horse Macherel (*T. capensis*), pueden tener un enorme impacto predatorio, creciendo con un mejor desempeño que sus equivalentes ecológicos en otras áreas (Cubillos & Arancibia, 1995).

Si comparamos las estimaciones de los parámetros de crecimiento del jurel peruano cabe destacar que todos los valores son similares, esto se refleja en los últimos resultados obtenidos por Goicochea *et al.* (2013), donde observamos que los parámetros de crecimiento resultantes son muy semejantes a los estimados por Dioses (1995, 2013) y Díaz (2013) y el índice de crecimiento phi prima (\emptyset') confirma este patrón de crecimiento similar pare el jurel capturado en las costas de Perú (Goicochea *et al.*, 2013), registrando un coeficiente de variación menor que el estimado para el jurel de Chile por Cubillos y Arancibia (1995) equivalente al 7%.

En relación al jurel Chileno, la longitud asintótica estimada por Cubillos y Arancibia (1995), es similar a lo encontrado en Castillo y Arrizaga (1987) y mayor que lo registrado por Aguayo *et al.* (1981). Si comparamos los parámetros de crecimiento del jurel peruano con los obtenidos para el jurel chileno vemos que las



tallas medias a la edad y las velocidades de crecimiento son considerablemente más bajas que las estimadas para el jurel capturado en las costas del Perú (**Tabla 5**)

En la **Tabla 6** podemos apreciar la diferencia que existe en las medidas de los anillos de crecimiento de los otolitos dadas a conocer por varios autores. Se comparan los radios promedio (μm) de los primeros tres anillos de crecimiento registrados en varios trabajos del jurel de Chile y Perú. Aquí observamos que el radio del primer anillo anual encontrado es un 13% mayor en otolitos del jurel del Perú que de Chile y esta diferencia se incrementa al analizar las medidas del radio de otolitos de individuos de dos y tres años, pudiendo llegar a ser estas medidas un 16% mayor a las reportadas para el jurel chileno por Shcherbich (1991), Aguayo *et al.* (1981), Gili *et al.* (1995) y Alegría *et al.* (1995).



Tabla 4

Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (vB) e Índice de desempeño del crecimiento (\emptyset) de varias especies del genero *Trachurus* estimados por diferentes autores para distintas zonas.

Especie	Autor	Zona estudio	Parámetros de crecimiento		
			L_{∞}	k	\emptyset
<i>Trachurus trachurus</i>	Trouvery (1977)	ICES Subarea VIII-j	46,1	0,17	2,56
<i>Trachurus trachurus</i>	Trouvery (1977)	ICES Subarea VIIIb	47,9	0,16	2,55
<i>Trachurus trachurus</i>	Trouvery (1977)	ICES Subarea VIIIa	49,1	0,14	2,54
<i>Trachurus trachurus</i>	Trouvery (1977)	Celtic Sea/G. of Gascogne	45,3	0,20	2,62
<i>Trachurus trachurus</i>	Nazarov (1978)	English Channel	40,2	0,14	2,35
<i>Trachurus trachurus</i>	Nazarov (1978)	Celtic Sea/G. of Biscay	44,9	0,12	2,40
<i>Trachurus trachurus</i>	Nazarov (1978)	North Sea	33,9	0,29	2,52
<i>Trachurus trachurus</i>	Lourdes <i>et al.</i> (1978)	ICES Subarea IX/N	40,5	0,25	2,61
<i>Trachurus trachurus</i>	Lourdes <i>et al.</i> (1978)	ICES Subarea IX/S	58,1	0,12	2,62
<i>Trachurus trachurus</i>	Fariña (1983)	Galician shelf	41,6	0,20	2,53
<i>Trachurus trachurus</i>	Kerstan (1985)	W. Great Britain/Ireland	41,6	0,22	2,59
<i>Trachurus trachurus</i>	Borges (1991)	Western Iberian waters	40,4	0,29	2,67
<i>Trachurus trachurus</i>	Borges (1991)	Western Iberian waters	42,9	0,24	2,65
<i>Trachurus trachurus</i>	Borges (1991)	Western Iberian waters	50,0	0,14	2,54
<i>T. trachurus capensis</i>	Geldenhuys (1973)	ICSEAF Division	54,3	0,13	2,57
<i>T. trachurus capensis</i>	Kompowski & Slósarczyk (1975)	ICSEAF Division	47,0	0,25	2,74
<i>T. trachurus capensis</i>	Terré (1976)	ICSEAF Division	56,4	0,11	2,54
<i>T. trachurus capensis</i>	Wengrzyn (1976)	ICSEAF Division	55,0	0,11	2,52
<i>T. trachurus capensis</i>	Babayán & Bulgakova (1983)	ICSEAF Division	62,6	0,11	2,63
<i>T. trachurus capensis</i>	Uozumi & Kawahara (1983)	ICSEAF Division	43,5	0,43	2,91
<i>T. trachurus capensis</i>	Sosa (1984)	ICSEAF Division	52,4	0,13	2,55
<i>T. trachurus capensis</i>	Helcht (1990)	ICSEAF Division	50,3	0,43	3,03
<i>T. trachurus capensis</i>	Naish <i>et al.</i> (1991)	ICSEAF Division	48,8	0,56	3,12
<i>T. symmetricus symmetricus</i>	Wine & Knaggs (1975)	Southern California Bight	60,3	0,09	2,53
<i>Trachurus Japonicus</i>	Pauly (1980)	Japan	51,2	0,28	2,87
<i>Trachurus indicus</i>	Edwards & Shafer (1991)	Gulf of Aden	34,0	0,39	2,65
<i>Trachurus declivis</i>	Stevens & Hausfeld (1982)	South-east Australia	46,4	0,20	2,63
<i>Trachurus declivis</i>	Stevens <i>et al.</i> (1984)	Great Australian Bight	41,7	0,19	2,52
<i>T. murphyi</i>	Kaiser (1973)	Coastal waters off Chile	92,7	0,14	3,08
<i>T. murphyi</i>	Pavez & Saa (1978)	off Valparaiso (Chile)	116,5	0,11	3,17
<i>T. murphyi</i>	Abramov & Kotlyar (1980)	Oceanic waters off Perú	79,1	0,09	2,75
<i>T. murphyi</i>	Aguayo <i>et al.</i> (1981)	off Talcahuano (Chile)	49,1	0,18	2,64
<i>T. murphyi</i>	Nekrasov (1982)	Oceanic waters off Chile	81,6	0,09	2,78
<i>T. murphyi</i>	Shevshuk & Chur (1984)	Oceanic waters off Chile	99,1	0,12	3,07
<i>T. murphyi</i>	Castillo & Arrizaga (1984)	Central southern Chile	71,7	0,07	2,56
<i>T. murphyi</i>	Nekrasov (1987)	Oceanic waters off Chile	105,1	0,06	2,82
<i>T. murphyi</i>	Nosov (1989)	Oceanic waters off Chile	85,4	0,08	2,77
<i>T. murphyi</i>	Kochkin (1994)	Oceanic waters off Chile	81,5	0,01	2,87
<i>T. murphyi</i>	Goicochea <i>et al.</i> (2013)	Coastal waters off Perú	75,2	0,17	2,97
<i>T. murphyi</i>	Dioses (1995-2013)	Coastal waters off Perú	80,8	0,16	3,01
<i>T. murphyi</i>	Diaz (2013)	Coastal waters off Perú	81,6	0,17	3,05



Tabla 5

Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (vB) a partir de la relación longitud horquilla en cm (LH) versus edad en años para *Trachurus murphyi* estimados por diferentes autores para distintas zonas del pacifico sur oriental.

Autor	Zona de estudio	Método estimación de edad	Parámetros de Crecimiento de vB		
			L_{∞}	k	t_0
Kaiser (1973)	Chile (Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso)	Lectura tradicional de anillos anuales	70,1	0,184	-0,340
Pavez & Saa (1978)	Chile (Valparaíso)	Lectura tradicional de anillos anuales	108,3	0,108	-0,877
Aguayo <i>et al.</i> (1981)	Chile (Arica-Iquique)	Lectura tradicional de anillos anuales	45,9	0,167	-0,881
Abramov & Kotylar (1981)	Perú	Lectura tradicional de anillos anuales	72,5	0,093	-2,230
Shevshuk & Chur (1984)	8° a 50°S	Lectura tradicional de anillos anuales	90,4	0,115	-1,429
Castillo & Arrizaga (1987)	Talcahuano	Lectura tradicional de anillos anuales	65,2	0,074	-2,410
Kochkin (1992)	Chile (33° a 39° S)	Lectura tradicional de anillos anuales	74,2	0,110	-0,811
Alegria <i>et al.</i> (1995)	Chile (Zona Norte)	Lectura de incrementos diarios	78,5	0,154	-0,098
Alegria <i>et al.</i> (1995)	Chile (Zona Norte)	Lectura tradicional de anillos anuales	53,5	0,111	-1,796
Alegria <i>et al.</i> (1995)	Chile (Zona Norte)	Lectura de anillos anuales en cortes transversales	48,4	0,184	-0,945
Dioses (1995)	Perú	Lectura tradicional de anillos anuales	80,8	0,155	-0,356
Cubillos & Arancibia (1995)	Chile (Centro-Sur)	Análisis de frecuencia de tallas (ELEFAN)	78,6	0,138	
Serra & Canales (2007)	Chile (Centro-Sur)	Lectura tradicional de anillos anuales	77,8	0,094	-0,896
Díaz (2013)	Perú	Análisis de frecuencia de tallas (ELEFAN)	81,6	0,167	
Goicochea <i>et al.</i> (2013)	Perú	Lectura tradicional de anillos anuales	75,2	0,165	-0,817

Tabla 6

Radios promedio (μm) del 1^{er}, 2^{do} y 3^{er} anillo de crecimiento anual (*annuli*) de otolitos de jurel (*T. murphyi*) estimados por diferentes autores.

Autores	Zona de Pesca	Radios de los annuli (μm)		
		1	2	3
Aguayo <i>et al.</i> (1981)	Chile	2125	2781	3218
Gili <i>et al.</i> (1995)	Chile	1950	2540	3060
Alegria <i>et al.</i> (1995)	Chile	1978	2625	3118
Shcherbich (1991)	Chile	2070	2800	3265
Kochkin (1995)	Perú	2325	2910	3400
Dioses (2013)	Perú	2180	3140	3940
Goicochea <i>et al.</i> (2013)	Perú	2485	3360	3970



El tiempo transcurrido para la formaci3n del primer anillo anual seg3n lo observado a partir del an3lisis de los anillos diarios en los otolitos del jurel peruano fue de 364,8 d3as, llegando a una longitud total promedio de 19,5 cm, equivalente a 17,7 cm LH (Goicochea *et al.*, 2013). Esto implica que la talla media al primer a3o es un 31% (5 cm) m3s alta en el jurel peruano que el jurel de las costas de Chile (**Tabla 7**).

Tabla 7

Longitudes horquilla (LH) promedio estimadas para el primer a3o de edad de jurel por diferentes autores para las zonas de pesca de Per3 y Chile.

Autores	Pa3s	LH (cm)
Abramov & Kotlyar (1980)	Per3	19,1
Nekrasov (1982)	Chile	17,4
Nekrasov (1987)	Per3	18,2
Nosov et al. (1989)	Per3	14,1
Kochkin (1994)	Per3	13,4
Shcherbich (1991)	Chile	8,2
Araya <i>et al.</i> (1993)	Chile	8,6
Goicochea <i>et al.</i> (2013)	Per3	17,7

9.2 An3lisis de Informaci3n derivada de la microestructura de otolitos

Caracterizaci3n de la microestructura de otolitos de jurel

La microestructura de otolitos de peces juveniles de jurel (*Trachurus murphyi*) se caracteriza por presentar un *primordium* inicial y un n3mero variable de *primordia* secundarios que se forman entre 23 a 50 d3as despu3s de la eclosi3n, dependiendo de la zona del otolito *sagitta* (**Fig. 5; Foto c y d**).



La existencia de más de un *primordium* origina centros secundarios de crecimiento que surgen a partir de los *primordia* secundarios (ps), dividiendo el otolito en una zona de crecimiento primario (ZCP), rodeada por una zona de crecimiento secundaria (ZCS) (**Fig. 5; foto c y d**). La ZCS comienza a formarse aproximadamente a los 23 días en la zona ventral del *sagitta* y aproximadamente a los 50 días en la zona dorsal hacia el post-rostrum. Hacia el rostro se observa la prolongación de la ZCP hasta el borde del otolito (**Fig. 5; foto b**).

En la microestructura de otolitos de jurel también se observan estructuras discontinuas cercanas a micro-incrementos primarios (MP) que pueden ser confundidos con éstos. Se observan principalmente en otolitos de peces mayores a 4 cm LH (**Fig. 6; foto e**).

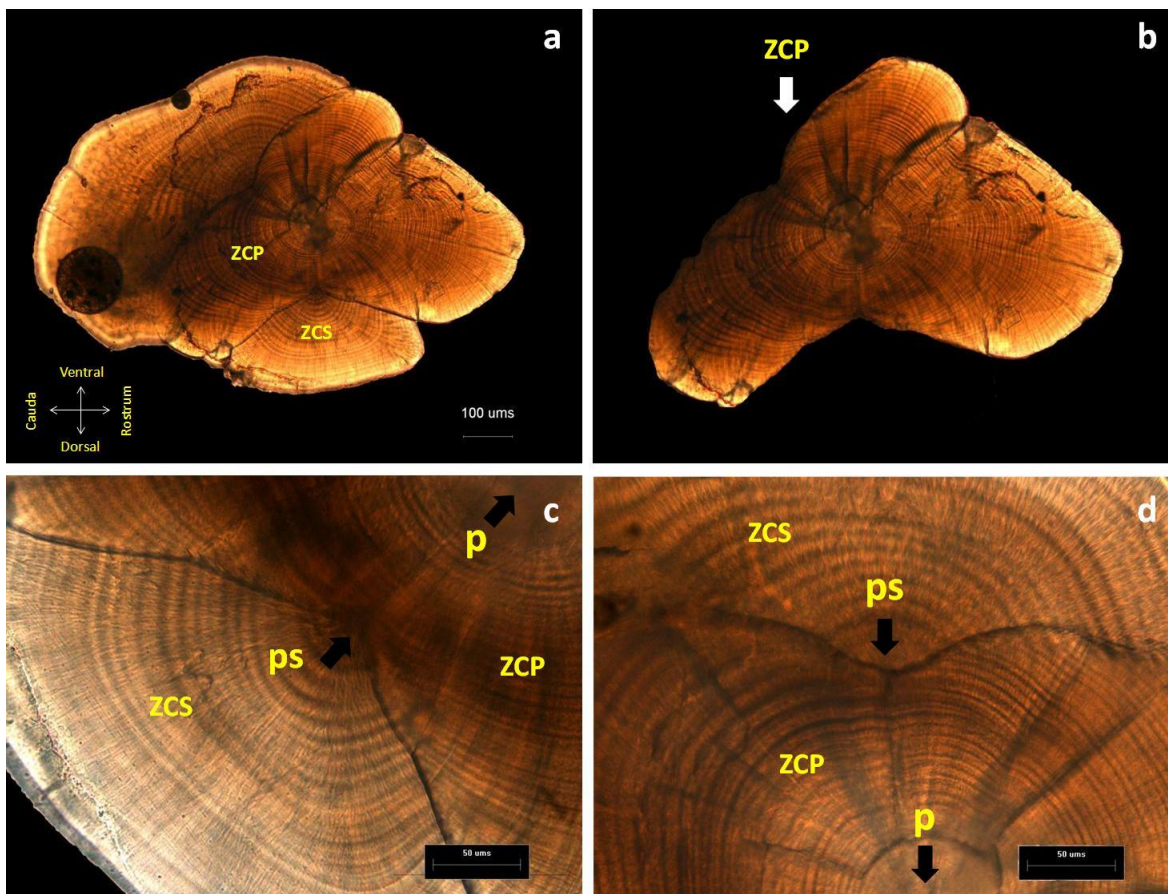


Figura 5. Microestructura de otolito sagitta de *Trachurus Murphyi* de 3,6 cm FL and 62 días, catch in North of Chile. The picture c and d shows the primordium (p) and secondary primordium (sp) than divided the otolith in a Primary Growth Zone (PGZ) and Secondary Growth Zone (SGZ). The picture b shows all extension of PGZ, that in the rostrum area reaches the edge.

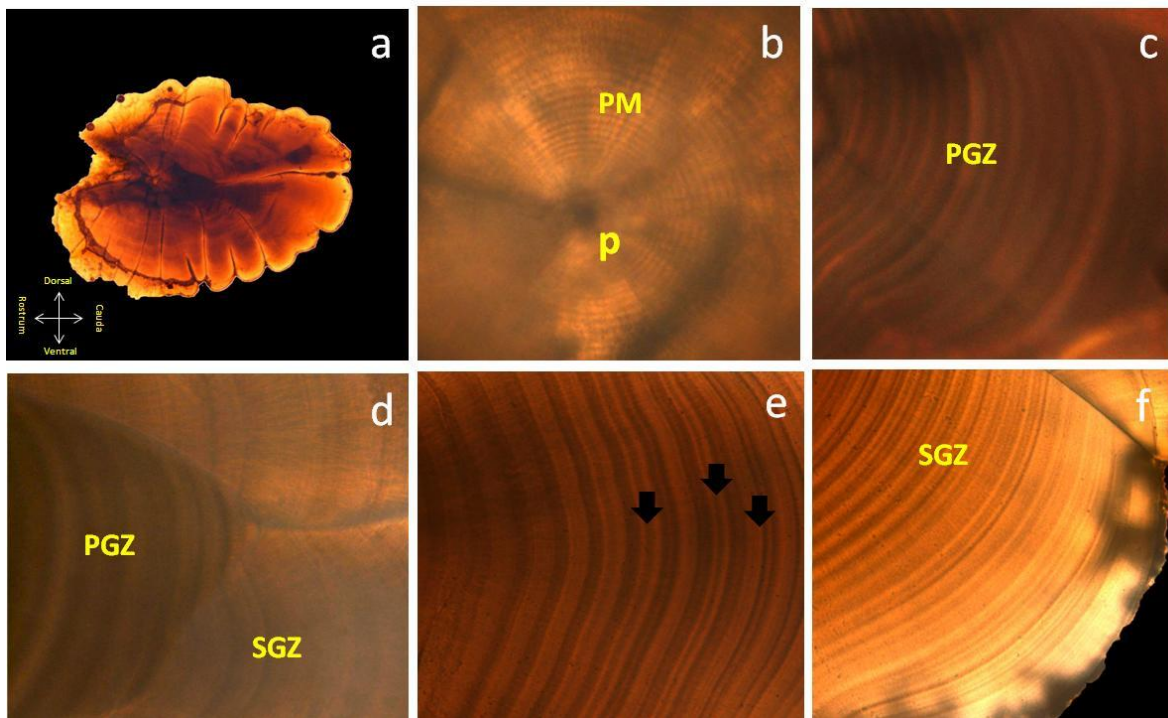


Figura 6. Microestructura de un otolito de jurel de 10,7 cm LH y 131 dıas de edad, en que se muestra el trac completo de lectura hacia el post-rostrum. En la foto a) se muestra el otolito completo; b) muestra el primordium (p) y los primeros micro-incremento primarios (MP); c) muestra el aumento del crecimiento en la porci3n final de la zona de crecimiento primario (ZCP); d) se observa el comienzo de la zona de crecimiento secundario (ZCS); e) muestra una secuencia de MP, donde se forman bandas entre ellos y se pueden apreciar estructuras discontinuas (ED), y finalmente en la foto f) se observa anillos m1s finos, que reflejan una disminuci3n del crecimiento en el borde del otolito sagitta.

An1lisis de reproducibilidad

El nivel de error en la lectura de micro-incrementos de 32 otolitos de jurel entre dos lectores independientes fue aceptable, con una media de $176,6 \pm 142,6$ y $176,8 \pm 111,6$ para lector 1 y 2, respectivamente, para un rango de tallas entre 3,0 y 19,0 cm y edades entre 51 y 550 dıas. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon no



detectó diferencias significativas en el número de anillos contados entre los dos lectores (**Tabla 8**).

Tabla 8.

Resumen Prueba de Wilconxon para evaluar la reproducibilidad en la lectura de micro-incrementos de 32 otolitos de jurel. N= número de muestra.

	N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	Significancia asintótica (bilateral)
Rangos negativos	14 ^a	17,11	239,50	-0,458 ^a	0,647
Rangos positivos	18 ^b	16,03	288,50		
Empates	0 ^c				
Total	32				

a. Lector 2 < Lector 1; b. Lector 2 > Lector 1; c. Lector 2 = Lector 1

Relación radio máximo del otolito – longitud del pez

La relación entre el radio máximo (RO), medido desde el primordio hacia el eje posterior máximo del otolito y la longitud horquilla del pez (LH) fue analizada en un total de 57 peces juveniles. La relación de estas dos variables se ajusta a un modelo lineal con un alto coeficiente de determinación, $r^2=0,96$ (**Fig. 7**). Se debe subrayar que para efectos de retro-cálculo en estudios posteriores, es imprescindible revelar si la relación RO-LH sigue una tendencia lineal.

Relación edad-talla a la fecha de captura

La relación edad-talla de ejemplares juveniles de jurel se basó en los otolitos colectados desde Arica a San Antonio, que provienen de peces cuyo rango de tallas osciló entre los 3,4 y 23,0 cm LT y edades entre 56 y 550 días. Los datos presentan una distribución normal, de acuerdo con el test de normalidad Shapiro-



Wilk (W) con un valor de 0,984 (Pvalor=0,792). Esta relaci3n fue explicada significativamente por la ecuaci3n de crecimiento de Laird-Gompertz (**Fig. 8**). El ajuste present3 un alto coeficiente de determinaci3n ($r^2=0,80$) y los par3metros valores significativos (**Tabla 9**). Con los datos disponibles se pudo estimar la longitud horquilla promedio a los 365 d3as de edad, la que correspondi3 a 22,0 cm LH.

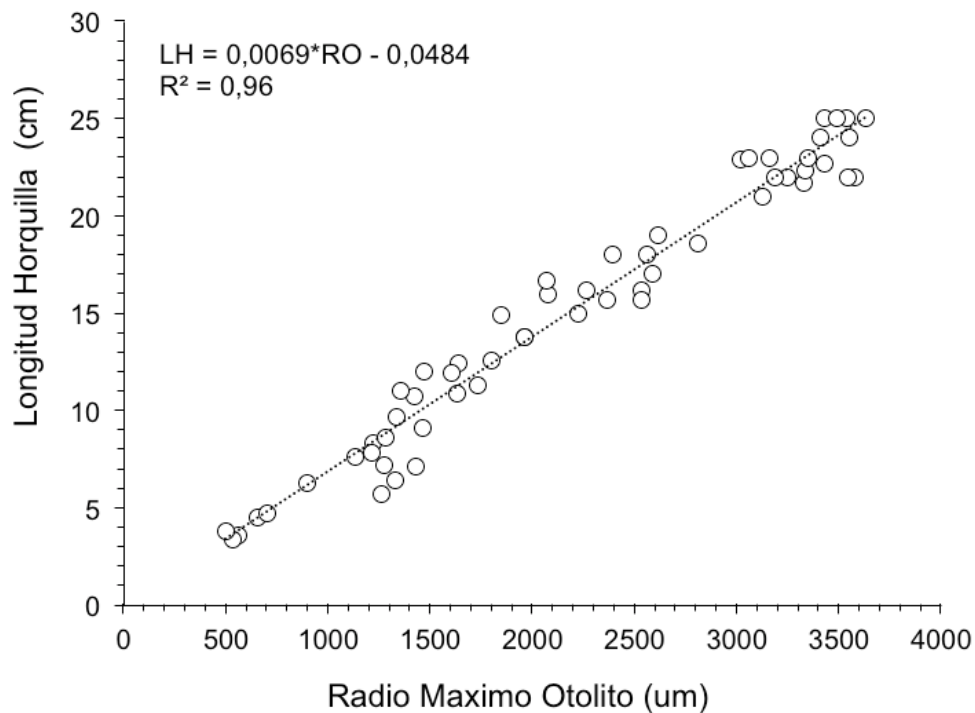


Figura 7. Relaci3n Longitud total–Radio otolito para 57 peces juveniles de jurel. Se indican los par3metros de la relaci3n lineal y el coeficiente de determinaci3n.

**Tabla 9.**

Parámetros de crecimiento individual de jurel de Chile estimados a partir del modelo Laird-Gompertz, se incluye el error estándar (EE), el estadístico de contraste (t) y la probabilidad de contraste (P valor), significancia de cada parámetro. Se presenta también el coeficiente de determinación (r^2), el tamaño de la muestra (n), el -logaritmo de la verosimilitud (-logLike) con los grados de libertad (df).

Parameter	Estimaci3n ± E.E	t valor	P valor
L_{∞}	22,38 ± 0,97	22,96	< 2E-16
G	0,015 ± 0,00	5,28	4,2E-06
X_0	87,20 ± 5,59	15,59	< 2E-16
R^2	0,80		
-LogLike	-108,36 (df=4)		
n	45		

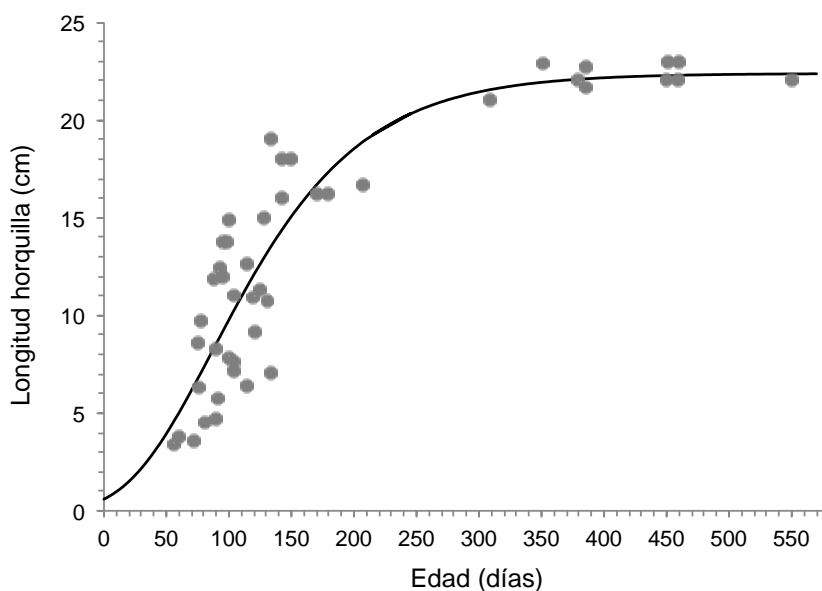


Figura 8. Curva que ajusta la longitud horquilla del pez (cm) con la edad en días para ejemplares juveniles de *T. murphyi* colectados entre Arica y San Antonio.



Perfiles del grosor de micro-incrementos

Las estructuras que presentaron una resolución de micro-incrementos adecuada desde el *primordium* hasta el borde del otolito permitieron la estimación de grosor de los micro-incrementos por días transcurridos. Este perfil correspondió a la ontogenia de jurel para la etapa larval y juvenil temprana. El perfil del ancho de los micro-incrementos primarios desde el *primordium* al post-rostro del otolito muestra la curva característica de los peces en estado temprano. Un aumento gradual del ancho desde 3,4 μm del primer incremento, hasta un máximo alrededor de los 20 μm entre el día 50 y 80, a partir del cual comienza a descender gradualmente hasta alcanzar un ancho medio 2,1 μm a los 170 días (**Fig. 9**).

La variación observada en los anchos medios de los micro-incrementos primarios de jurel juvenil puede indicar variación en el crecimiento y tasas de desarrollo durante la etapa larval y juvenil temprano. Entonces, si se usa el ancho medio diario como proxy de tasa de crecimiento, un aumento progresivo de la tasa de crecimiento ocurre desde la eclosión hasta el día 50, posiblemente asociado al crecimiento experimentado en la etapa larval y el comienzo del periodo juvenil con el necesario cambio de dieta y hábitat. Después del día 80 cuando finaliza el periodo de alto crecimiento, la tasa comienza un gradual declive (**Fig. 9**).

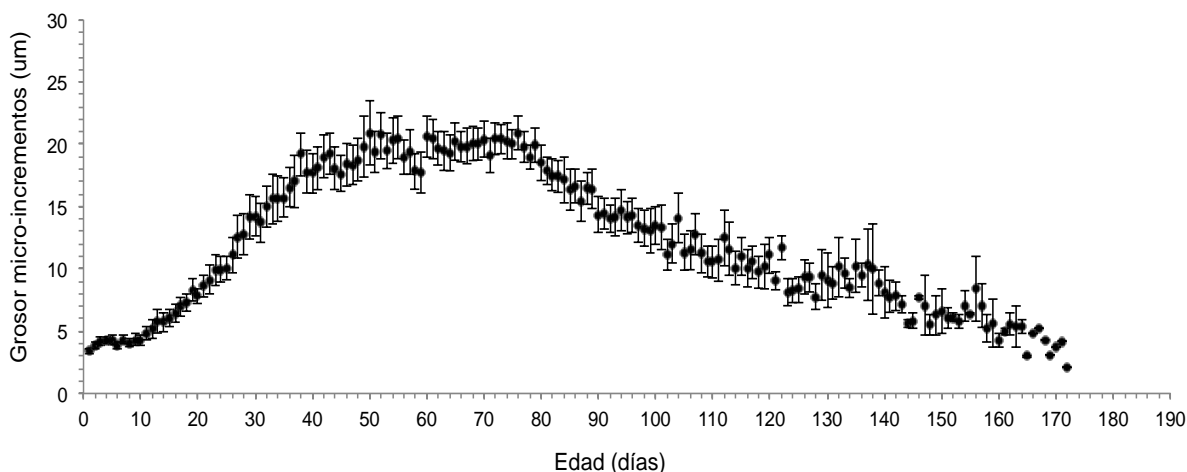


Figura 9. Perfil del ancho de los micro-incrementos desde el *primordium* hasta el postrostro en otolitos *sagittae* de jurel. Los puntos corresponden a la media en μm y su error estándar (línea vertical) medidas en 21 otolitos de peces juveniles colectados en la costa de Chile desde Arica hasta San Antonio.

9.3 Validaci3n de la periodicidad del primer annulus utilizando micro-incrementos primarios.

Validaci3n del primer annulus

El otolito sagita de jurel presenta una gran cantidad de perturbaciones que dificulta la interpretaci3n de annulus verdaderos, particularmente en los primeros aros de vida, lo que es una de las principales fuentes de incertidumbre en la determinaci3n de edad anual de esta especie. En la mayoría de los casos no se observa una clara alternancia de anillos hialinos (translucidos) y opacos, sino mas bien una amplia área translucida, constituida por múltiples anillos (bandas) que solo se diferencian unos de otros por la intensidad, donde no es posible apreciar con nitidez las zonas de crecimiento rápido (anillos opacos) (**Fig. 10**).



Figura 10. Otolito de izquierdo de un pez de 23 cm LH y 2 años de edad. Se puede apreciar las bandas de crecimiento hialino entre áreas de crecimiento rápido que son difíciles de delimitar debido a que el otolito es mayoritariamente translucido.

La falta de nitidez en la alternancia de macro-anillos opacos y translucidos dificulta la asociación entre macro y microincrementos. Considerando que un annulus debiera estar compuesto por una zona de crecimiento rápido, con microincrementos de buena resolución, y una zona translúcida que da cuenta de una brusca caída del crecimiento que los microincrementos pueden ser irresolubles. En el caso de los otolitos de jurel no se observan estas zonas de crecimiento lento en que disminuye el grosor de los micro-incrementos o se hacen irresolubles, sino que por el contrario se aprecia una continuidad en el patrón de microincrementos, sin detenciones aparentes en la mayoría de los otolitos, lo que hace más problemática la asociación o comparación de la macro-estructura (macro-anillos hialinos) con una característica propia de la microestructura de estas zonas.



Sin embargo, en algunos otolitos de peces con tallas superiores a 20 cm LH se pudo observar ciertas zonas de detención del crecimiento (irresolubles), tres de ellas fueron analizadas en extenso en el Taller de trabajo que se realizó en diciembre del 2015 y que contó con la presencia del Dr. Guido Plaza, experto en microestructura de otolitos, cuyos resultados se entregan en **Anexo I**.

Estas aparentes detenciones de crecimiento o zonas irresolubles en la microestructura, están directamente asociadas, y así se comprobó, con la presencia de macro-anillos hialinos (*annuli*) en el otolito entero, sin embargo la microestructura de estos no presentan una apariencia de anuló, es decir no son concéntricas, no es una zona que se pueda observar en todo el otolito alrededor del core, sino que son pequeñas áreas que están en ciertos puntos o sectores, y son además adyacentes a zonas en que los micro-incrementos son claros y factibles de contabilizar.

Estos antecedentes nos indican que en el otolito de jurel, no es posible verificar a través del patrón de microestructura, la presencia del primer annulus, debiendo recurrir a la relación entre número de microincrementos primarios con edad en años, o radio del primer annulus en la lectura convencional de la macro-estructura del otolito.

Para la comparación macro-microestructura se dispuso de 51 peces juveniles y adultos tempranos con tallas entre 3,4 y 23,0 cm LH, alrededor de la talla media de madurez (22,7 cm LH: Leal *et al.*, 2013), que permitieran situar la ubicación del primer macro-anillo de crecimiento anual a partir del análisis de micro-incrementos primarios (“diarios”). Los peces con una edad anual, a través de la lectura convencional de otolitos, de 0 y 1 año, presentan una edad, a través de lectura de MP, menor a 365 días. Los peces de edad anual de 2 años tienen una edad media



con su error estándar de 352 ± 79 días. Los peces de edad anual 3 años tienen una edad en días de 489 ± 58 días, levemente superior al año (**Tabla 10**).

Tabla 10

Resultados de lectura de la macro-estructura y micro-estructura de 51 ejemplares juveniles y adultos tempranos de jurel. Se compara la edad anual estimada con el rango de longitudes horquilla, radio máximo del otolito y la media de la edad en días con su error estándar (DE), n corresponde al número de otolitos leídos.

Edad (años)	Longitud del pez (cm)	Radio máximo otolito (μm)	Edad (días)	
	min - max	min - max	Media \pm ES	n
0	3,4 - 13,8	469,4 - 1954,9	96 \pm 20	28
1	15,7 - 17,0	2060,0 - 2550,0	185 \pm 34	5
2	18,6 - 23,0	2790,0 - 3290,0	352 \pm 79	5
3	22,0 - 25,0	3150,0 - 3640,0	489 \pm 58	13

Desde el punto de vista gráfico se representa la relación entre los macro-anillos anuales y el número de microincrementos primarios leídos en 23 otolitos. En este se confirma lo mostrado en la **tabla 9**, donde otolitos con 365 micro-incrementos están próximos al macro-anillo hialino que es identificado como el segundo annulus de acuerdo a la lectura convencional de edad anual. Este resultado deja en evidencia que el primer annulus identificado desde la lectura convencional no sería un annulus verdadero (**Tabla 10; Fig. 11**).

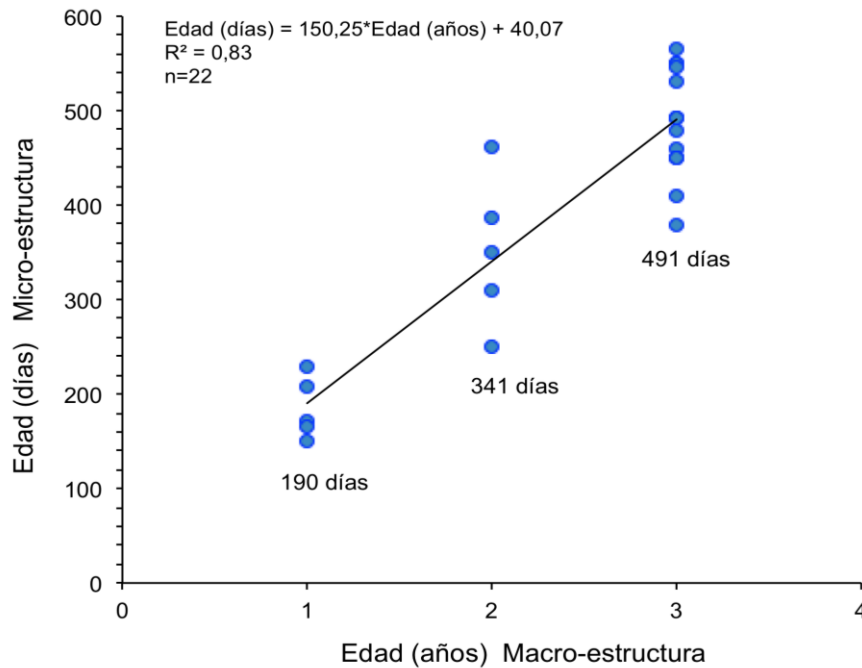


Figura 11. Relaci3n lineal entre la lectura anual de otolitos enteros de acuerdo al criterio convencional con la edad en días desde la lectura de microincrementos primarios para el mismo otolito. En la gráfica se entregan los parámetros de la regresi3n con su coeficiente de determinaci3n y la estimaci3n media de edad en días para cada edad en años de acuerdo con la ecuaci3n.

Resultados del Taller de Validaci3n del 1^{er} annulus

El taller sobre validaci3n del primer anillo anual de jurel basado en análisis de microestructura, fue realizado entre el 14 y 18 de diciembre del 2015, y estuvo moderado por el experto en micro-estructura de otolitos, el Dr. Guido Plaza Pasten de la Facultad de Recursos Naturales de la PUCV. En este taller se busc3 verificar nuestros criterios de indentificaci3n de microincrementos primarios en el otolito de peces juveniles y adultos. Los principales resultados emanados del reporte de realizado por el Dr. Plaza se resumen a continuaci3n:



Se pudo constatar que los procedimientos utilizados para la preparación de otolitos para análisis micro-estructural de juveniles menores de un año, utilizado por el equipo técnico de IFOP, correspondió a un doble pulido sagital. Mediante este procedimiento se generaron secciones de otolitos de elevada calidad que permitieron que los micro-incrementos fuesen claramente identificables. El doble pulido en posición sagital se alinea con los procedimientos descritos para otras especies de carángidos, debido a que permite que toda el área micro-estructural esté disponible para la identificación de los micro-incrementos primarios, lo que es particularmente útil en especies que poseen centros secundarios de crecimiento asociados al crecimiento temprano como es el caso del jurel.

La observación y análisis de la micro-estructura en secciones sagitales de las tres muestras de ejemplares adultos analizadas evidencian que en esta especie es posible observar secuencias de micro-incrementos a partir del primordio y hacia la periferia del otolito, utilizando microscopía del luz. El número de micro-incrementos visibles sobrepasó incluso los 365, y su secuencia apareció ininterrumpida, particularmente en ejemplares menores a 20 cm LH. En ejemplares de mayor tamaño se observaron zonas difusas donde los micro-incrementos no pudieron ser distinguibles; no obstante, entre las zonas de transición se observaron micro-incrementos distintivos.

Una de las principales sugerencias fue: “Es indispensable efectuar un estudio de validación de la periodicidad diaria en juveniles menores de 1 año, que aún no ha sido llevado a cabo en esta especie, mediante estudios de marcaje químico en condiciones de confinamiento. Este aspecto es crucial debido a que el patrón micro-estructural mostró una gran presencia de estructuras bi y tripartitas que influyen en el proceso de interpretación de los micro-incrementos primarios y en consecuencia podrían impactar las conclusiones sobre la validación del tiempo de formación del primer ánulo”.



9.4 Validar la estimaci3n de la edad mediante la lectura de los anillos anuales

9.4.1 An3lisis del tipo de borde (TB) y del Incremento marginal (IM)

An3lisis de borde

El porcentaje de borde opaco fue superior en pr3cticamente en la mayor3a de los meses para todos los a3os agrupados, con m3ximos observados entre los meses de enero a marzo y valores que est3n entre el 80 a 83%. A pesar del mayor porcentaje de borde opaco, desde el segundo semestre el porcentaje de anillos hialinos en el borde comienza a aumentar paulatinamente, llegando a un m3ximo en octubre con un valor de 52% (**Fig. 12**).

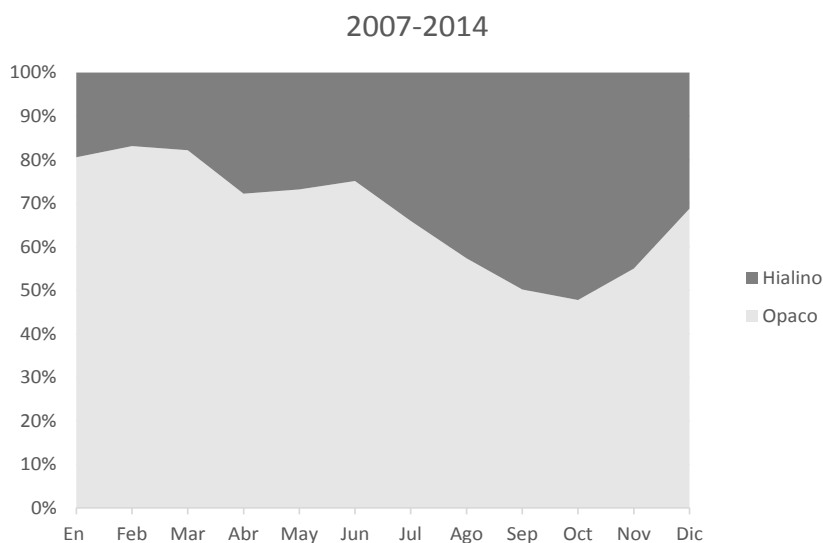


Figura 12. Distribuci3n mensual del porcentaje del tipo de borde de otolitos de jurel, para los valores agrupados de los a3os 2007 2008, 2010 y 2014.

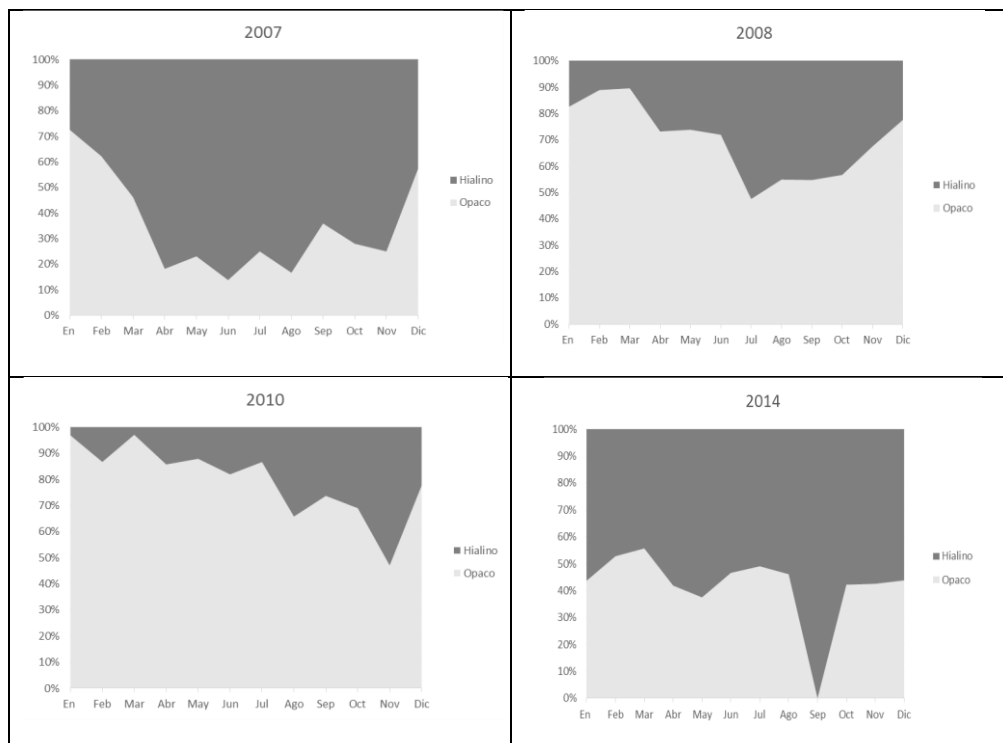


Figura 13. Distribución mensual del porcentaje del tipo de borde de otolitos de jurel para cada año de estudio que contaba con un ciclo anual completo.

En relación a los resultados cada año independientemente, cabe destacar que se consideraron solamente los años 2007, 2008, 2010 y 2014, puesto que fue solo en estos casos donde contamos con datos mensuales ininterrumpidos durante todo el ciclo anual.

Los años donde se describe una tendencia sinusoidal más cercana fue durante el 2007 y 2008, aquí podemos observar una clara dominancia de los bordes opacos durante los meses de verano (enero, febrero y marzo). En el 2007 el periodo de verano presenta una clara dominancia de los bordes opacos, con una abrupta caída en el mes de abril (18%). Durante mayo hasta noviembre observamos dominancia de los bordes hialinos, con valores mensuales entre 86% 64%. El 2008 esta tendencia es menos drástica, donde observamos un descenso paulatino



de importancia del borde opaco hasta alcanzar un valor mínimo en el mes de julio (47% opaco 53% hialinos) (**Fig. 13**).

Análisis de incremento marginal

Se efectuaron análisis de los incrementos marginales considerando rangos de edades según lo sugerido por Campana (2001).

Se compararon los valores promedio mensual del IM entre ejemplares con 2, 3 y 4 marcas de crecimiento, entre cada año de estudio (**Fig. 14, 15 16, 17, 18 y 19**). Las pruebas estadísticas de ANOVA sugieren diferencias significativas entre los promedios mensuales de los incrementos marginales para las tres edades analizadas de forma independiente y durante los ocho años analizados ($p > 0,05$).

Si observamos la comparación entre meses para cada año encontramos que, principalmente en los ejemplares de dos años de edad (dos marcas anuales) fue posible encontrar diferencias con las que podemos sugerir con cierta seguridad un patrón anual de crecimiento con un máximo en los meses de verano (enero febrero y marzo) debido a que los valores promedio de sus incrementos marginales son estadísticamente distintos ($p > 0,05$) al resto del año (**Fig. 14 y 15**).

En los ejemplares con edad 3 y 4, si bien se encontraron diferencias en los valores promedio del IM dentro del año (ANOVA $p > 0,05$), no fue posible establecer si existía un periodo de meses (o un mes) que marcara una diferencia significativa en comparación con el resto del año, encontrándose diferencias entre todos los meses sin mostrar un patrón definido (**Fig. 16, 17, 18 y 19**).

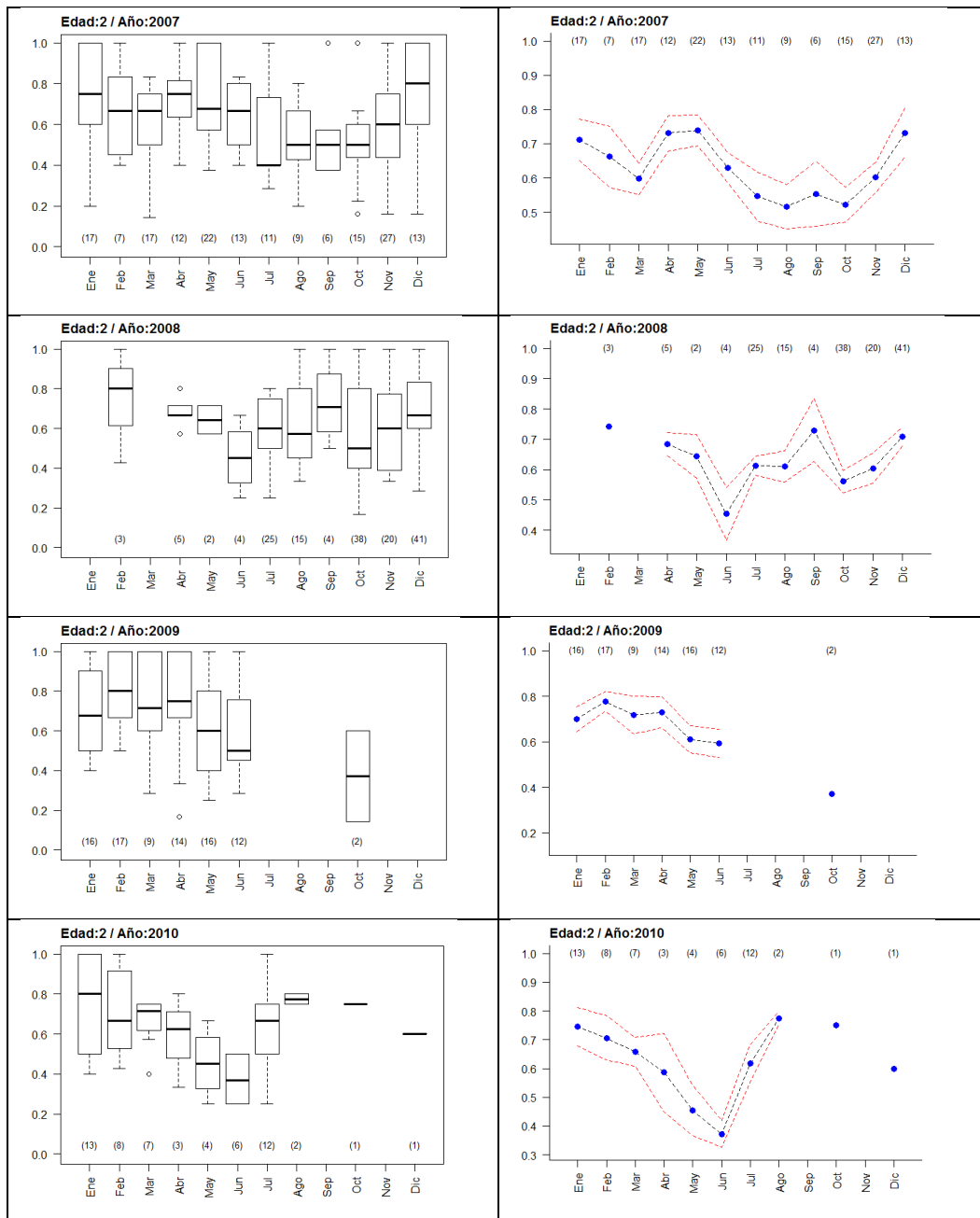


Figura 14. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (translucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 2 entre el 2007 al 2010.

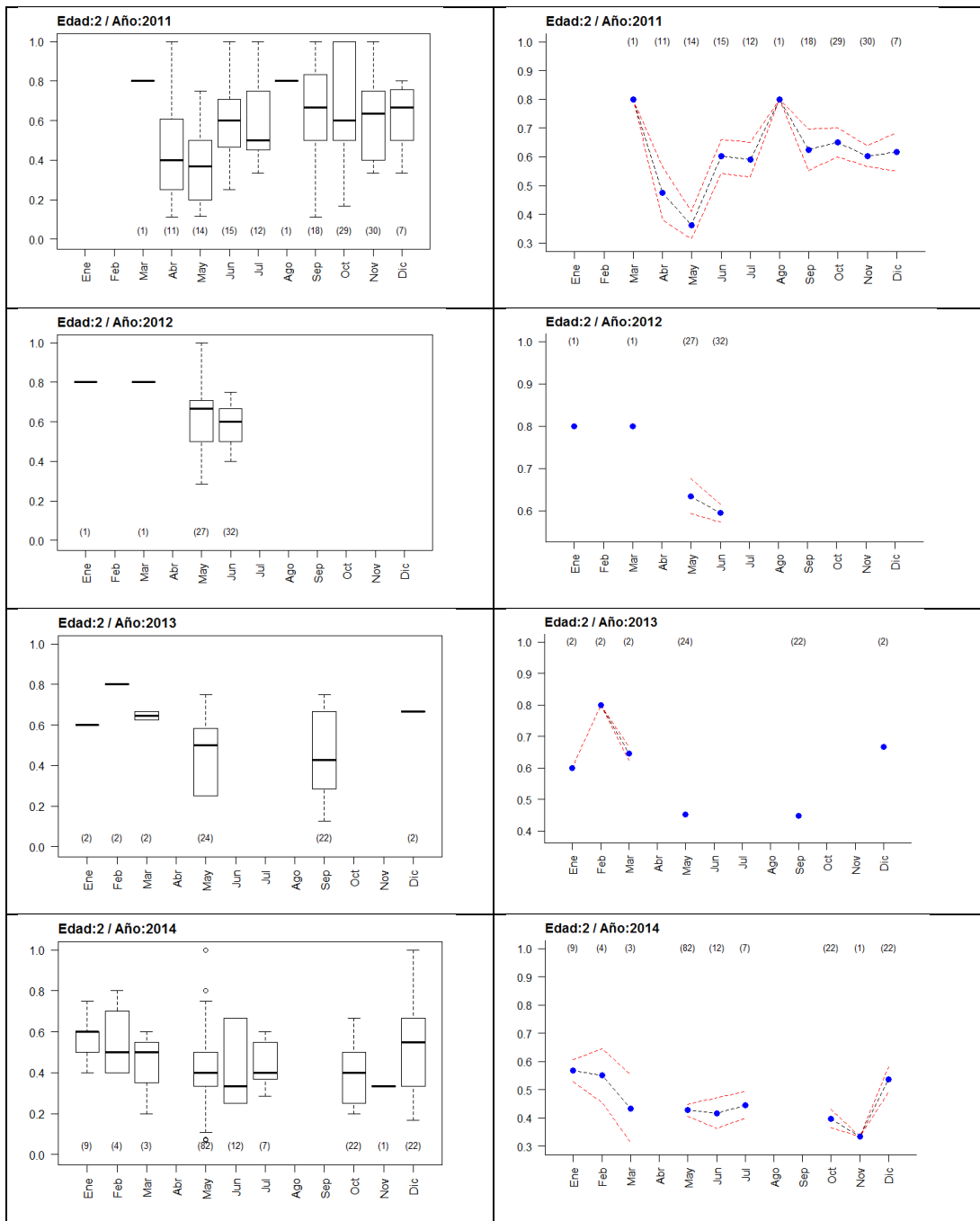


Figura 15. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 2 entre el 2011 al 2014.

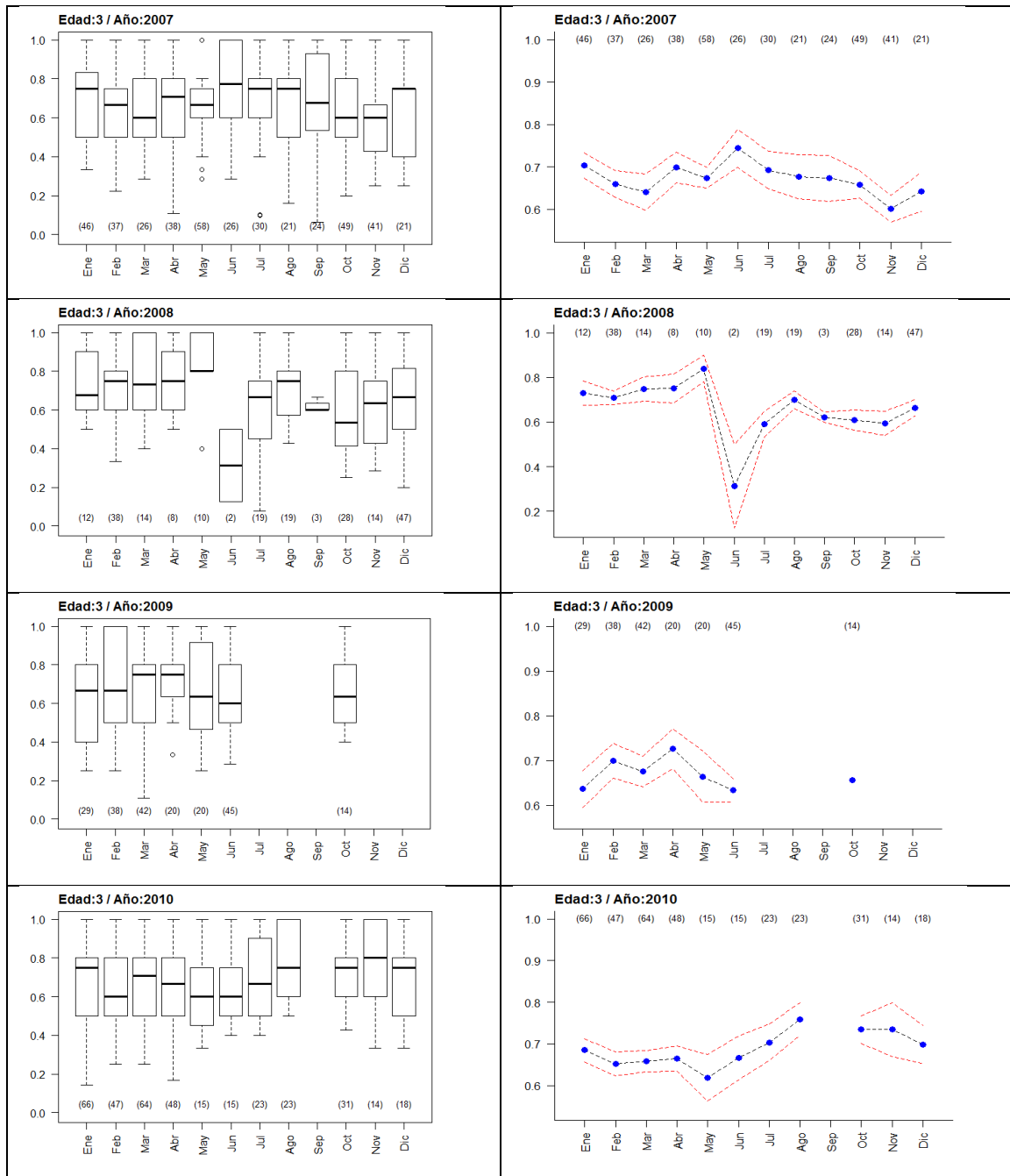


Figura 16. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 3 entre el 2007 al 2010.

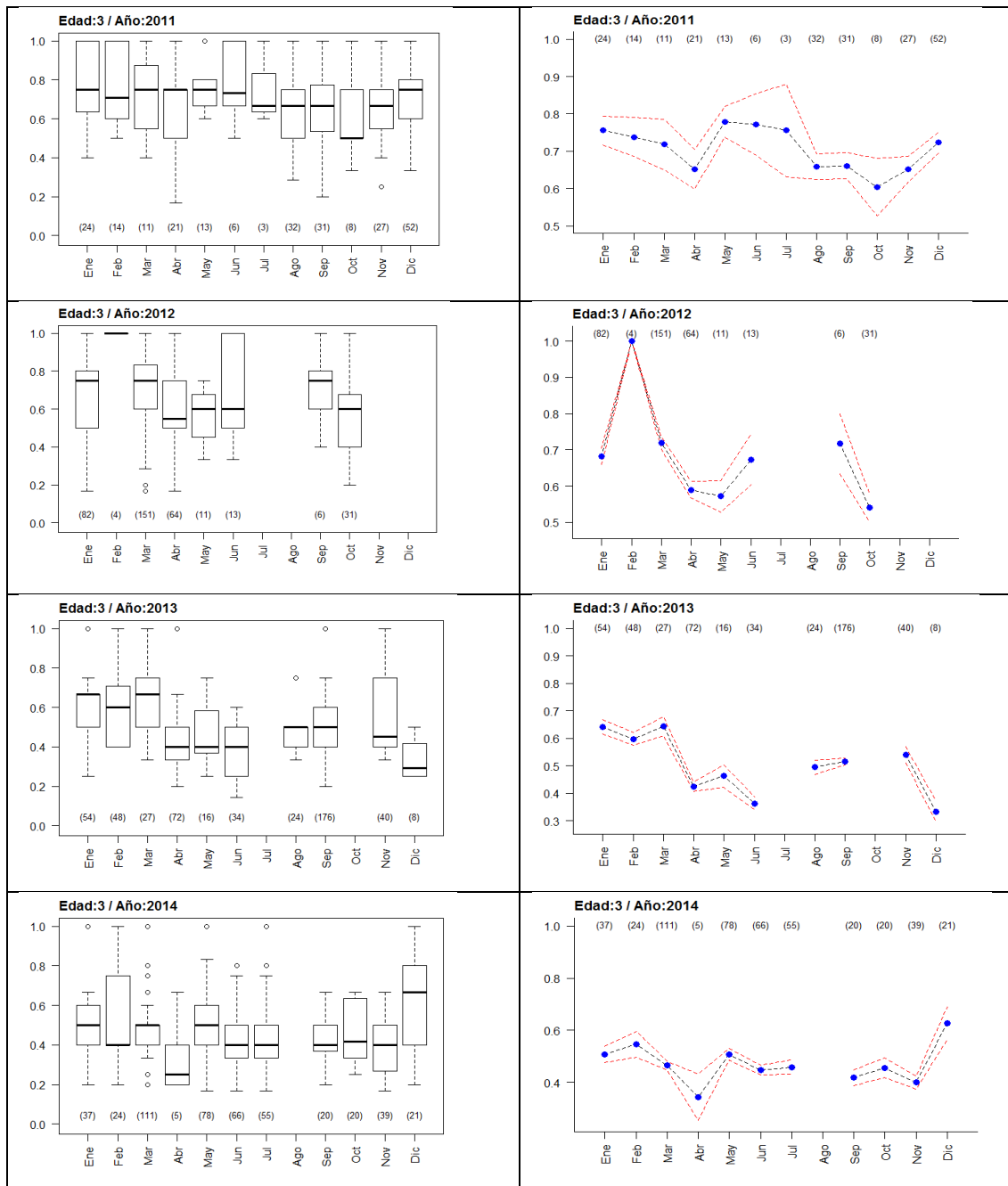


Figura 17. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (translucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE 3 entre el 2011 al 2014.

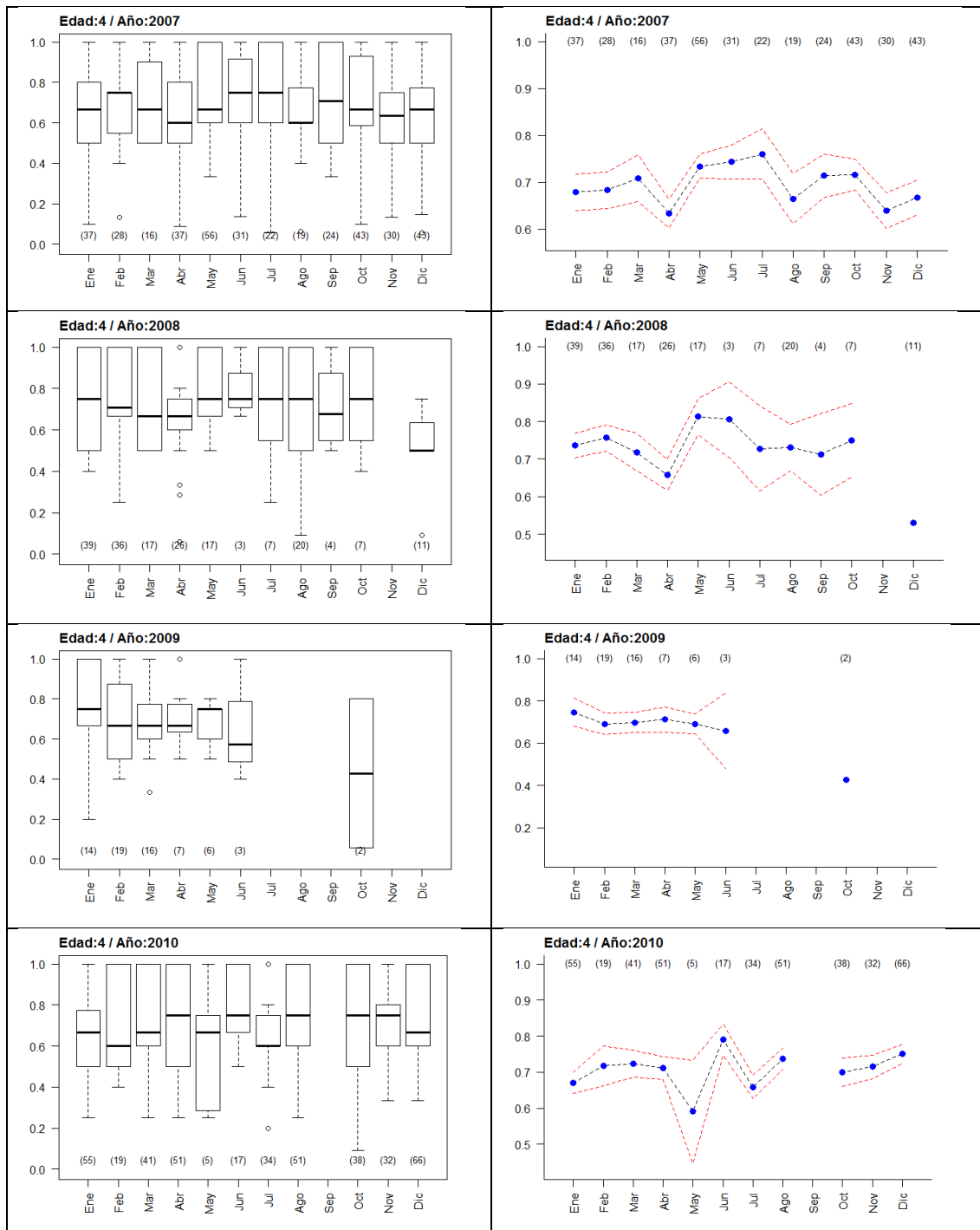


Figura 18. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE (grupo de edad) 4 entre el 2007 al 2010.

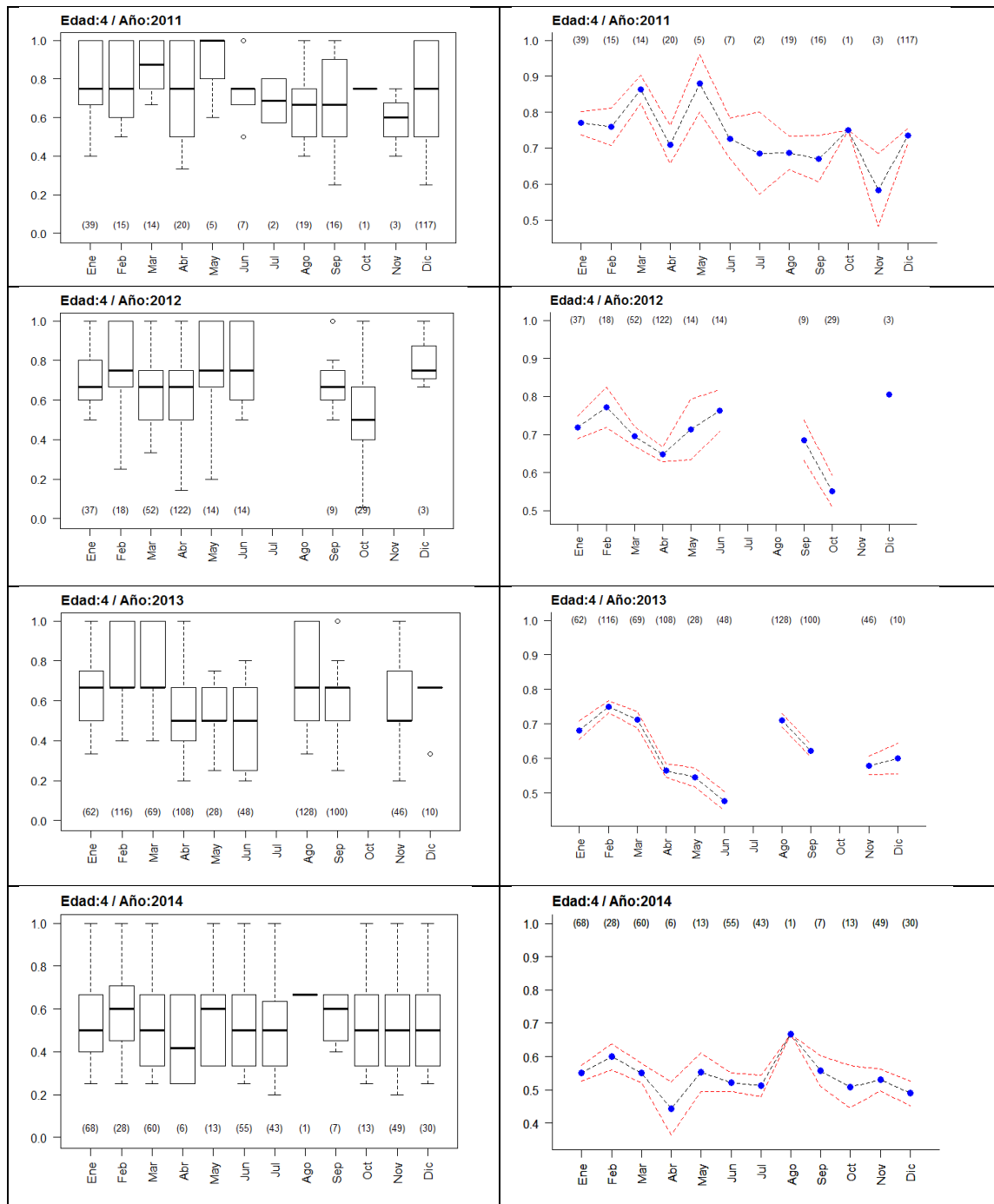


Figura 19. Gráficas de box plot del promedio mensual del IM (traslucidos y opacos) en contraste con sus valores de mediana para ejemplares del GE (grupo de edad) 4 entre el 2011 al 2014.



9.4.2 Validación de los macro-anillos a través del seguimiento de clases anuales fuertes.

La descomposición de la captura en modas de distribución de frecuencias de longitud, en base anual para el periodo 2008-2011, muestra para el 2008 la presencia de cuatro modas tres pueden ser seguidas hasta el año siguiente y la primera moda hasta el 2011. Esta última puede ser seguida con mayor confianza debido a la falla en el reclutamiento observada los años siguientes (2009 al 2011), que evita la mezcla de modas (**Fig. 20A**). De la misma forma, la estructura de tallas del 2013 se descompuso en tres modas de las cuales dos de ellas pudieron ser seguidas hasta el 2015 (**Fig. 20B**). La primera moda ingresada el 2008 tiene una talla media con su desviación estándar de $14,6 \pm 1,5$ cm, la cual se continua el año siguiente en la segunda moda con $23,1 \pm 2,43$ cm, la misma que toma el 2010 y 2011 una talla media de $27,0 \pm 3,1$ y $30,0 \pm 3,1$, respectivamente (**Tabla 11**). Lo mismo ocurre con la primera moda del 2013 con una talla media de $16,7 \pm 1,5$ cm, que se desplaza a la segunda moda del 2014 con $21,2 \pm 2,0$ cm y la tercera moda del 2015 con $26,1 \pm 1,6$ cm (**Tabla 11**).

Esto resulta en tasas de crecimiento absoluto para la cohorte 2008 de 8,5; 3,9 y 3,0 $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$, entre las moda 1 a la 2, 2 a la 3 y 3 a la 4, respectivamente. En el caso de la cohorte 2013 alcanzan 4,5 y 5,0 $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$, el primer y segundo año, respectivamente.

El resultado anterior es similar al obtenido del seguimiento de modas anuales entre el 1987 y 1991, en que la moda de 24 cm LH se desplaza hasta alcanzar 37 cm en 1991, con tasas de crecimiento anual entre 3 y 4 $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$, similar a lo registrado desde la moda 2 a la 4 para la cohorte 2008 (**Fig. 21 y 20A**).



Tabla 11

Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel anuales para la serie 2008-2011 y 2013-2015. d.e. corresponde a la desviación estándar.

	Modas de frecuencia de longitud (cm)									
	1		2		3		4		5	
	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e
2008	14,6	1,54	18,2	1,92	30,0	3,16	39,0	4,12		
2009			23,1	2,41	32,9	3,44	37,9	3,96		
2010					27,0	3,13	38,3	4,45		
2011							30,0	3,12	39,4	4,11
2013	16,7	1,46			27,7	2,42	31,7	2,77		
2014	14,2	1,36	21,2	2,02	26,4	2,53	35,0	3,35	41,7	3,98
2015	13,5	0,83			26,1	1,60	33,5	2,05	40,5	2,48
2008-2015	14,4	1,35	18,2	1,71	27,8	2,60	35,1	3,28	42,7	3,99

Para corroborar estas tasas de crecimiento anuales, al menos entre la primera y segunda moda, se hizo un análisis en base mensual, para la cohorte 2008. En julio del 2008 el reclutamiento se verifica, en la zona Arica-Antofagasta, con la presencia de una moda con una talla media de $14,9 \pm 1,6$ cm, que se sigue con claridad hasta marzo del 2009 en que alcanza una talla media de $23,1 \pm 2,3$ cm. Esto significa que en 8 meses, los peces experimentan una tasa de crecimiento de $1,0 \text{ cm} \cdot \text{mes}^{-1}$ (**Tabla 12; Fig. 22**).

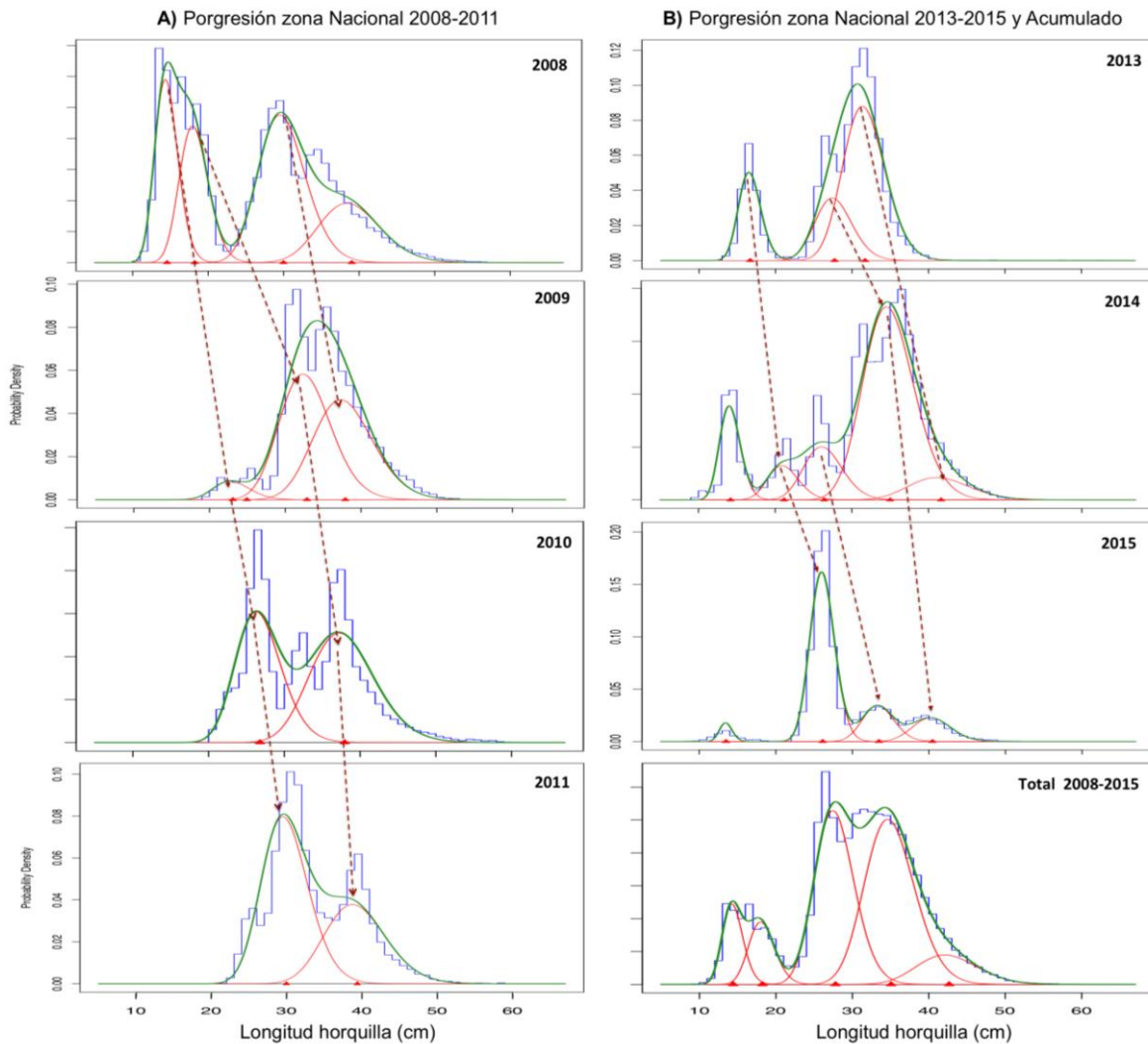


Figura 20. Progresión de modas anuales de la distribución de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona nacional. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo 2008-2011 (A) y para el periodo 2013-2015 (B).

En la zona San Antonio-Valdivia se observa una moda en febrero del 2009 con una talla media de $22,1 \pm 1,7$ cm que puede ser seguida hasta abril del 2009 con un aumento de 0,8 cm en dos meses. Entre abril y noviembre del 2009 no se observa esta moda en las capturas, la que aparece nuevamente en las capturas de diciembre del mismo año con una talla media de $25,0 \pm 2,2$ cm que alcanza los



26,2±2,0 cm en abril del 2010, aproximadamente 0,25 cm*mes⁻¹ (Tabla 12; Fig. 23).

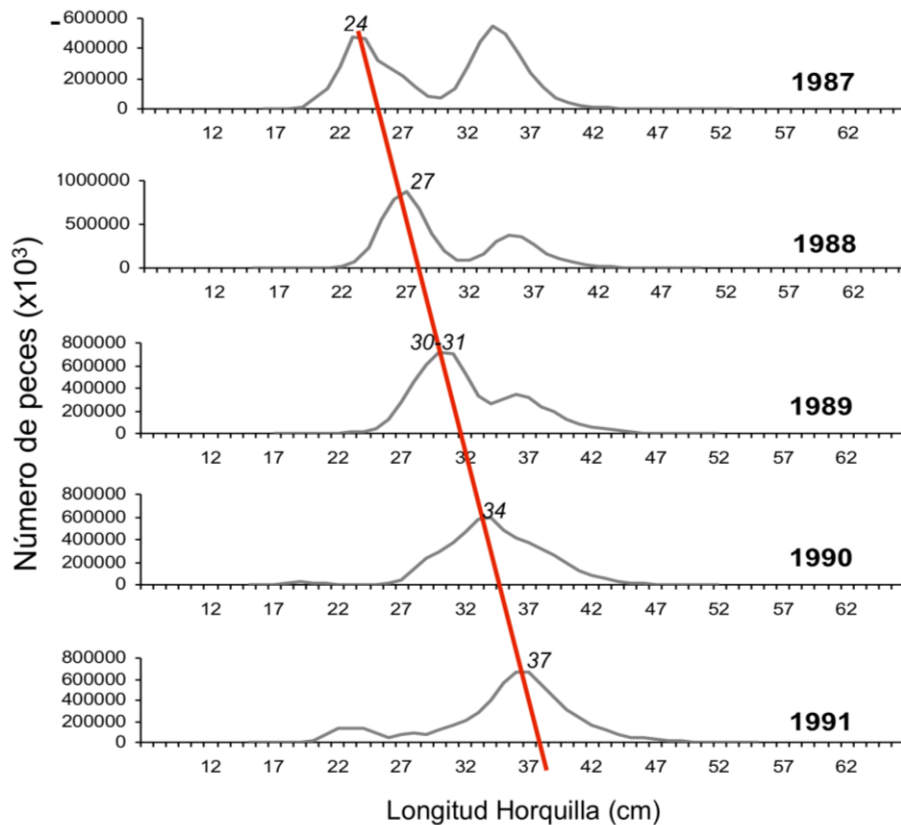


Figura 21. Progresión de una clase anual fuerte que ingresa en 1987 y se desplaza hasta 1991. La línea roja muestra la progresión y el número sobre la moda corresponde a la talla modal en cm.

Las modas 3, 4 y 5 son difíciles de seguir e interpretar en una escala mensual, debido a que no muestran un patrón claro de progresión en el tiempo.



Los resultados del seguimiento de clases mensuales, nos confirman que las tallas medias de la primera y segunda moda anual, se corresponden con las tasas de crecimiento mensual, presentando tallas medias alrededor de 15 y 22 cm, respectivamente. La primera moda de julio-08, que es la clase anual reclutada (~14 cm), el siguiente a1o, al no existir un nuevo reclutamiento, corresponderá a la segunda moda del 2009 (~23 cm), con una tasa de crecimiento de al menos 8 cm (Tabla 11; Tabla 13).

Tabla 12

Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel mensuales de la zona Arica-Antofagasta para julio del 2008 y marzo del 2009. d.e. corresponde a la desviaci3n estandar

	Modas de frecuencia de longitud (cm)							
	1		2		3		4	
	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e
jul-08			14,9	1,60	27,0	2,9		
ago-08			16,0	1,65	27,9	2,9		
sep-08			17,0	2,35				
oct-08			17,8	1,75	29,0	2,8		
nov-08			19,0	2,86				
dic-08			20,0	2,88				
ene-09	14,1	1,94	21,0	2,90				
feb-09			22,0	2,36	27,0	2,9		
mar-09	15,2	1,50	23,1	2,27	29,0	2,8		

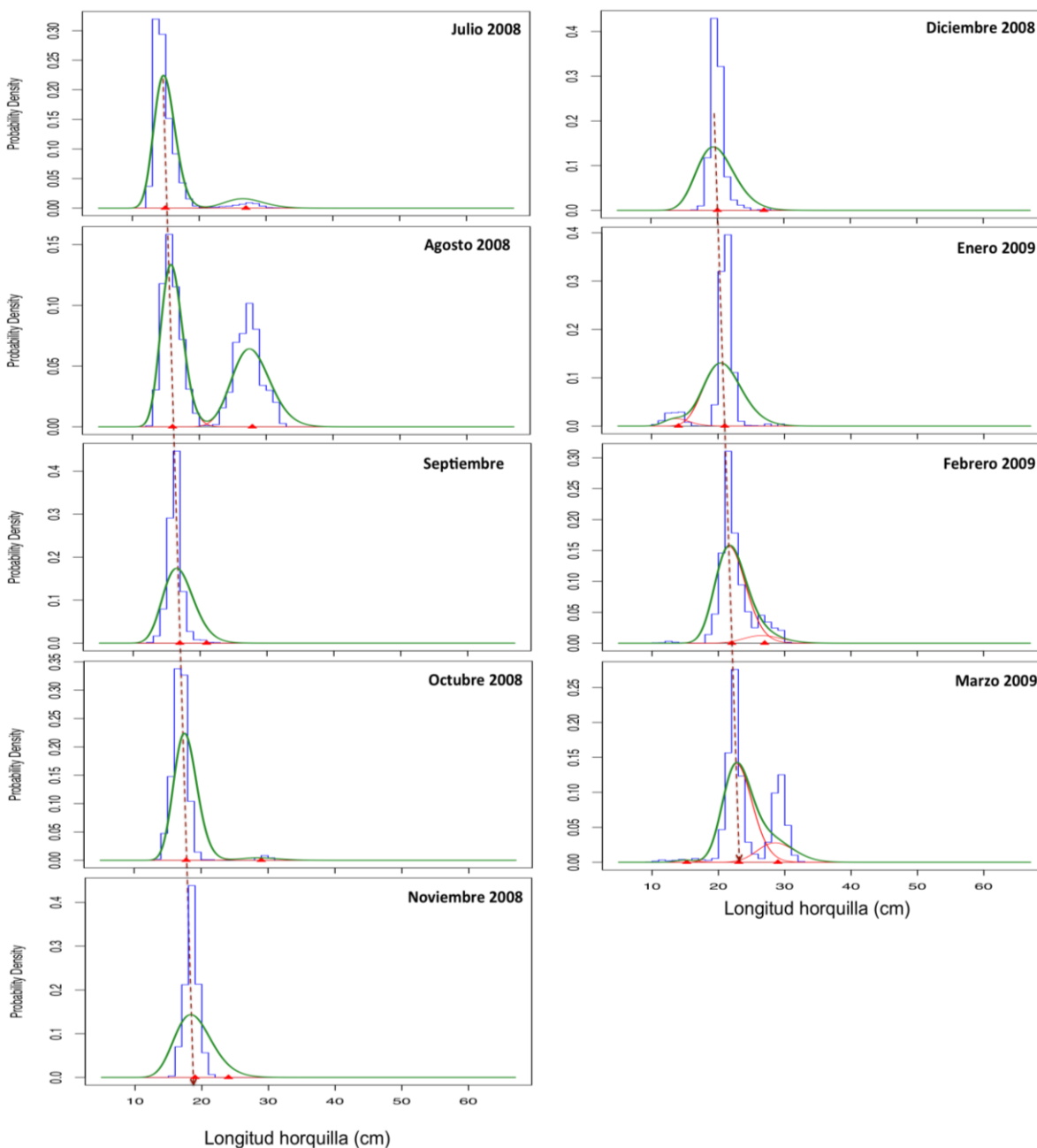


Figura 22. Progresi3n de modas mensuales de la distribuci3n de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona Arica-Antofagasta. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo entre julio del 2008 y marzo del 2009.



En un segundo análisis, se compararon las tallas medias observadas en la progresión modal de julio del 2008 a febrero del 2009 con las tallas medias mensuales estimadas de la lectura de micro-incrementos en otolitos sagittae de peces juveniles, ajustados con modelo de crecimiento Laird-Gompertz. Para esta comparación se hizo coincidir la talla media de la moda inicial (jul-08), con el mes de vida (desde lectura de otolitos) que tuviera una talla media mensual similar, la que correspondió al quinto mes. Desde este mes se comparan las tallas medias mensuales hasta el mes 12, febrero del 2009. Las tasas de crecimiento resultaron ser muy similares mostrando ambas una tasa de $1 \text{ cm cm}^*\text{mes}^{-1}$ (**Tabla 14**).

Tabla 13

Tallas medias estimadas a partir del ajuste de modas de frecuencia de longitud horquilla de jurel mensuales de la zona San Antonio-Chiloé entre enero del 2009 y abril del 2010. d.e. corresponde a la desviación estándar.

	Modas de frecuencia de longitud (cm)											
	1		2		3		4		5		6	
	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e	media	d.e
ene-09					28,2	3,07	37,5	4,09				
feb-09			22,1	1,7			34,6	2,65				
mar-09			22,4	1,7			33,6	2,48	40,1	2,97		
abr-09			22,9	1,3	31,6	1,80	36,7	2,09	42,5	2,42		
may-09					30,3	1,81	36,8	2,19	43,3	2,58		
jun-09							38,0	2,53	44,8	2,98		
jul-09							37,5	2,08	43,7	2,42		
ago-09							38,4	2,32	44,1	2,66		
sep-09							38,4	2,32	44,1	2,66		
oct-09							40,0	2,42	44,7	2,70		
nov-09												
dic-09			25,0	2,2	32,4	2,82						
ene-10			25,6	2,1	33,2	2,71						
feb-10			27,2	2,9							52,9	5,71
mar-10			26,4	2,3	36,5	3,20			48,8	4,28		
abr-10			26,2	2,0	38,2	2,95						

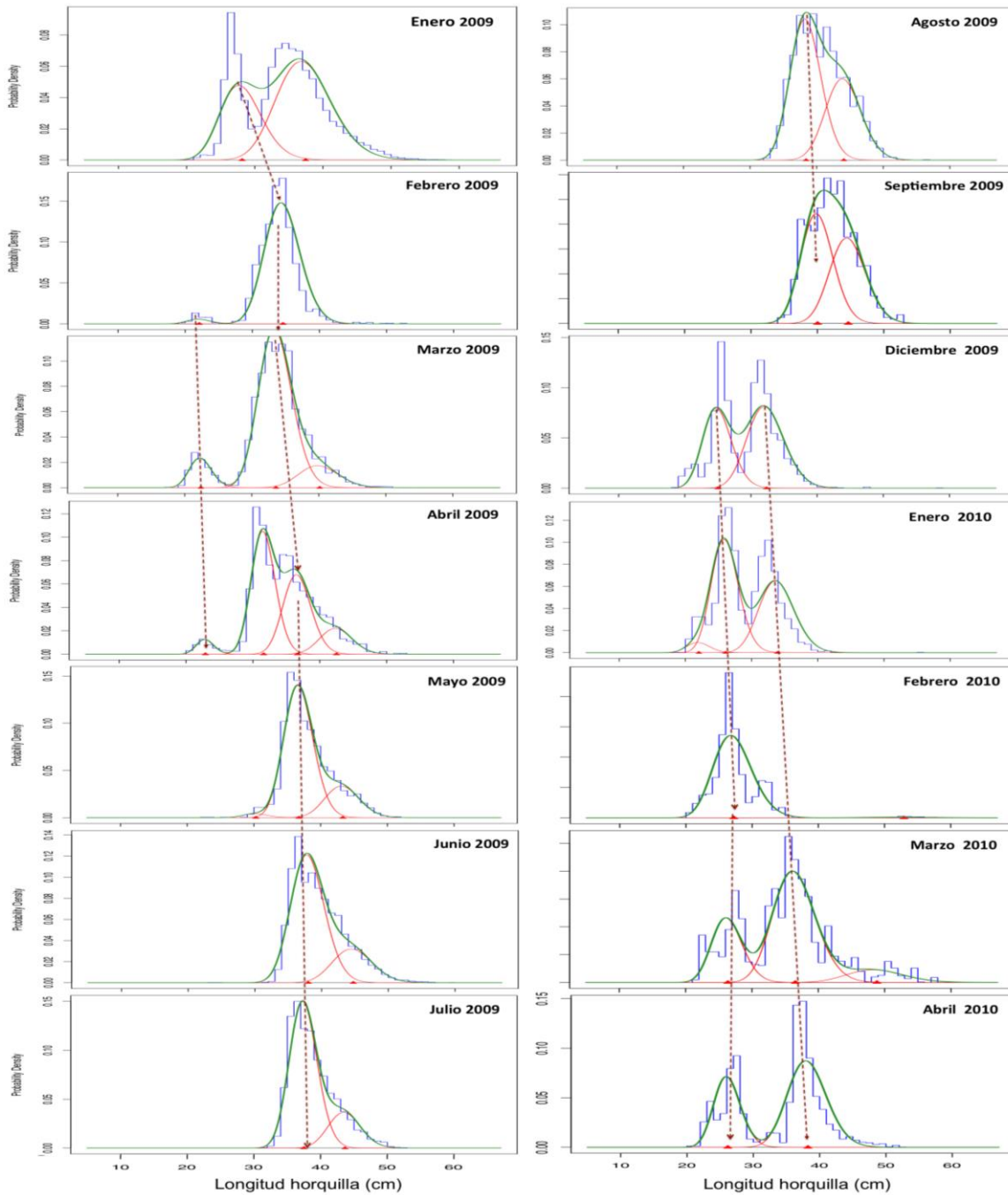


Figura 23. Progresión de modas mensuales de la distribución de frecuencia de tallas de la captura de jurel para la zona San Antonio-Antofagasta. Las modas fueron ajustadas con el modelo Mix para el periodo entre julio del 2008 y marzo del 2009.



Tabla 14

Comparaci3n entre la tasa de crecimiento estimada a partir de la ecuaci3n de crecimiento derivada de la lectura de micro-incrementos en otolitos y las estimada desde el seguimiento de una moda en tallas para una clase anual ingresada en julio del 2008.

Lectura micro-incremento otolitos					Seguimiento Moda Clase anual 2008				
Edad		Longitud Horquilla media estimada (cm)	Tasa de Crecimiento (cm*mes ⁻¹)		Mes	Longitud horquilla media observada (cm)	Tasa de Crecimiento (cm*mes ⁻¹)		
días	meses		Mensual	Acumulada			Mensual	Acumulada	
0	0	0,6							
30	1	2,2	1,6						
60	2	5,0	2,8						
90	3	8,6	3,6						
120	4	12,1	3,5						
150	5	15,1	3,0		jul-08	14,9			
180	6	17,4	2,3	2,3	ago-08	16,0	1,1	1,1	
210	7	19,0	1,7	3,9	sep-08	17,0	1,0	2,0	
240	8	20,2	1,1	5,1	oct-08	17,8	0,8	2,9	
270	9	20,9	0,8	5,9	nov-08	19,0	1,2	4,1	
300	10	21,4	0,5	6,4	dic-08	20,0	1,0	5,1	
330	11	21,8	0,3	6,7	ene-09	21,0	1,0	6,1	
360	12	22,0	0,2	6,9	feb-09	22,0	1,0	7,1	

9.4.3 Validaci3n de la edad anual utilizando datos disponibles del nivel de radiocarbono en otolitos.

La nueva lectura de los otolito utilizados para el an3lisis de radiocarbono mostro edades similares a las obtenidas en la lectura original realizado por otro lector el a3o 2006. Se obtuvo un 72% de coincidencias y un error promedio APE =1,3% y un CV=1,8%, para lecturas que no muestran un sesgo y tendencia a la sub o sobre estimaci3n (**Fig. 24**).

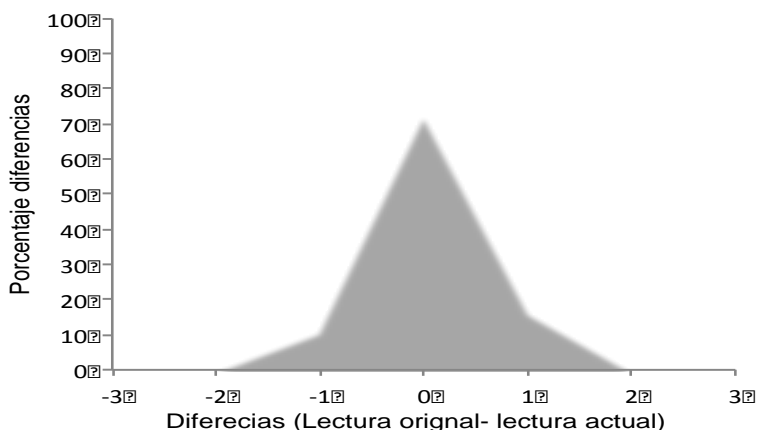


Figura 24. Porcentaje de acuerdo y diferencias entre la estimación de edad original y la realizada en este estudio por un segundo lector, para los otolitos que les fue estimado el nivel de radiocarbono en el core.

El análisis de radiocarbono mostró que la estimaciones de edad son exactas al menos en promedio para la lectura de la secciones realizadas por el Otolith Research Laboratory. La lectura de los otolitos enteros realizada de acuerdo a los criterios de lectura de IFOP, es similar a la lectura de secciones, pero muestra que algunos peces (n=5) podrían ser mas jóvenes que lo estimado, me la misma forma otros (n=3) deberían presentar una mayor edad (**Fig. 25 A y B**). Si se considera el resultado de la validación del primer annulus desde el análisis de la microestructura del otolito y ajustamos las lecturas anuales con este nuevo criterio de identificación, el resultado varía. En este nuevo escenario las estimaciones de edad se observan mas próximas a la cronología de referencia, lo que es mas evidente para la lectura de los otolitos enteros, ajustadas con la curva LOESS Smoothed (**Fig. 25 C y D**).

Considerando el nivel de radiocarbono presente en los otolitos se pudo establecer un rango de años de formación del core (“nacimiento de los peces”) exactos para cada otolito (pez), en relación con la observación de la cronología de referencia y



su intervalo de confianza. Las fechas de nacimiento estimadas desde la lectura tradicional de otolitos enteros, en un 38% estuvieron dentro del rango de referencia. Este valor aumento al 50% cuando las lecturas fueron corregidas en -1 año de acuerdo con la validación del primer annulus derivada de la microestructura de otolitos (**Tabla 15 y 16**).

Las edades medias exactas para los otolitos analizados de acuerdo con la observación de la cronología de referencia, oscilaron entre 5 y 16 años para tallas entre 39 y 60 cm LH. Es decir, la cronología de referencia del radiocarbono del halibut del Pacífico, utilizada para la validación de la edad absoluta de jurel nos sugiere, para el rango de tallas estudiado, que la edad máxima de jurel debiera alcanzar al menos los 16 años (**Tabla 15 y 16**).

Tabla 15

Resumen del análisis de radiocarbono del core de 18 otolitos de jurel asociado con las fechas de nacimiento estimadas a partir de la estimación de edad en otolitos enteros y seccionados, de acuerdo con el criterio de lectura tradicional de IFOP para esta especie. Se entrega una aproximación del rango de fechas de nacimiento y edad media exacta. OE es otolito entero; OS es otolito seccionado; V1A es validación del primer annulus; $\Delta^{13}\text{C}$ es Delta del carbono 13; $\Delta^{14}\text{C}$ es delta del carbono 14.

Número	Año Captura	Zona	Longitud	Edad otolito entero (OE)	Edad otolito sección (OS)	Año Nacimiento OE	Año Nacimiento OS	Edad del Core	$\Delta^{13}\text{C}$ otolito	$\Delta^{14}\text{C}$ otolito	Correcto año de Nacimiento	Rango Edad exacta	Media Edad exacta
9	1981		45	9	13	1974	1970	3,0	-5,0	92,3	1968 - 1970	13 - 11	12
21	1974	centro	39	11	8	1964	1967	2,0	-5,5	76,8	1966 - 1967	8 - 7	7,5
27	1976	centro	42	10	11	1967	1966	2,0	-5,1	52,8	1964 - 1965	12 - 11	11,5
1	1980		46	10	13	1972	1969	3,0	-4,7	77	1966 - 1967	14 - 13	13,5
5	1980		45	10	10	1972	1972	3,0	-4,8	118,3	1970 - 1977	10 - 3	6,5
11	1971	norte	48	9	9	1964	1964	3,0	-5,9	75,8	1966 - 1967	5 - 4	4,5
25	1975	centro	48	10	9	1966	1967	2,0	-4,8	96,8	1968 - 1970	7 - 5	6
28	1976	Centro	43	11	13	1966	1964	2,0	-5,3	97,7	1968 - 1970	8 - 6	7
10	1971	Norte	48	11	9	1962	1964	3,0	-4,4	12	1962 - 1963	9 - 8	8,5
12	1971	Norte	47	11	11	1962	1962	3,0	-2,8	-39,3	1960 - 1961	11 - 10	10,5
18	1973	Sur-Austral	50	12	13	1963	1962	3,0	-3,7	-45,6	1959 - 1960	14 - 13	13,5
12	1982		42	11	11	1973	1973	3,0	-4,9	76,7	1966 - 1967	16 - 15	15,5
13	1982		47	11	10	1973	1974	3,0	-4,9	76,7	1966 - 1967	16 - 15	15,5
9	1971	Norte	47	11	7	1962	1966	3,0	-5,2	70,2	1966 - 1967	5 - 4	4,5
20	1973	Sur-Austral	54	12	11	1963	1964	3,0	-5,1	-44,7	1959 - 1960	14 - 13	13,5
24	1975	Norte	47	12	9	1965	1968	3,0	-4,4	92,3	1968 - 1970	7 - 5	6
15	1982		49	12	12	1972	1972	3,0	-4,8	112,3	1970 - 1977	12 - 5	8,5
16	1972	Norte	60	14	13	1960	1961	3,0	-4,8	-36,60	1960 - 1961	12 - 11	11,5



Tabla 16

Resumen del an3lisis de radiocarbono del core de 18 otolitos de jurel asociado con las fechas de nacimiento estimadas a partir de la estimaci3n de edad en otolitos enteros y seccionados, de acuerdo con el criterio de lectura modificado de acuerdo con la validaci3n del primer annulus. Se entrega una aproximaci3n del rango de fechas de nacimiento y edad media exacta. OE es otolito entero; OS es otolito seccionado; V1A es validaci3n del primer annulus; $\Delta^{13}\text{C}$ es Delta del carbono 13; $\Delta^{14}\text{C}$ es delta del carbono 14.

N3mero	Año Captura	Zona	Longitud	Edad otolito entero (OE)	Edad otolito secci3n (OS)	Año Nacimiento OE	Año Nacimiento OS	Edad del Core (V1A)	$\Delta^{13}\text{C}$ otolito	$\Delta^{14}\text{C}$ otolito	Correcto año de Nacimiento	Rango Edad exacta	Media Edad exacta
9	1981		45	8	12	1974	1970	2,0	-5,0	92,3	1968 - 1970	13 - 11	12
21	1974	centro	39	10	7	1965	1968	1,0	-5,5	76,8	1966 - 1967	8 - 7	7,5
27	1976	centro	42	9	10	1968	1967	1,0	-5,1	52,8	1964 - 1965	12 - 11	11,5
1	1980		46	9	12	1972	1969	2,0	-4,7	77	1966 - 1967	14 - 13	13,5
5	1980		45	9	9	1972	1972	2,0	-4,8	118,3	1970 - 1977	10 - 3	6,5
11	1971	norte	48	8	8	1964	1964	2,0	-5,9	75,8	1966 - 1967	5 - 4	4,5
25	1975	centro	48	9	8	1967	1968	1,0	-4,8	96,8	1968 - 1970	7 - 5	6
28	1976	Centro	43	10	12	1967	1965	1,0	-5,3	97,7	1968 - 1970	8 - 6	7
10	1971	Norte	48	10	8	1962	1964	2,0	-4,4	12	1962 - 1963	9 - 8	8,5
12	1971	Norte	47	10	10	1962	1962	2,0	-2,8	-39,3	1960 - 1961	11 - 10	10,5
18	1973	Sur-Austral	50	11	12	1963	1962	2,0	-3,7	-45,6	1959 - 1960	14 - 13	13,5
12	1982		42	10	10	1973	1973	2,0	-4,9	76,7	1966 - 1967	16 - 15	15,5
13	1982		47	10	9	1973	1974	2,0	-4,9	76,7	1966 - 1967	16 - 15	15,5
9	1971	Norte	47	10	6	1962	1966	2,0	-5,2	70,2	1966 - 1967	5 - 4	4,5
20	1973	Sur-Austral	54	11	10	1963	1964	2,0	-5,1	-44,7	1959 - 1960	14 - 13	13,5
24	1975	Norte	47	11	8	1965	1968	2,0	-4,4	92,3	1968 - 1970	7 - 5	6
15	1982		49	11	11	1972	1972	2,0	-4,8	112,3	1970 - 1977	12 - 5	8,5
16	1972	Norte	60	13	12	1960	1961	2,0	-4,8	-36,60	1960 - 1961	12 - 11	11,5

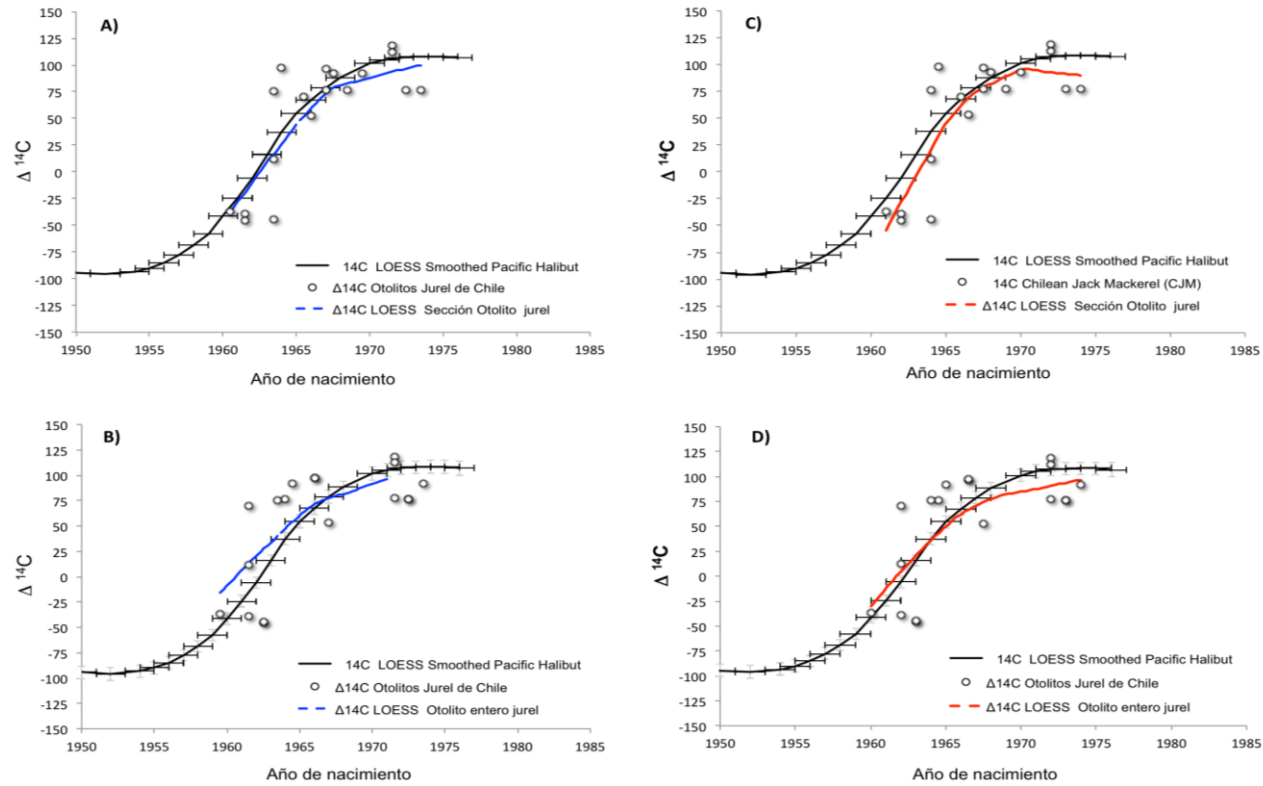


Figura 25. Cronología de referencia de $\Delta^{14}\text{C}$ de jóvenes de edad conocida del halibut del Pacífico, perfil medio con su intervalo de confianza estimado con LOESS smoothed, y estimaciones del nivel de radio carbono del core de otolitos de jurel con su año de formación inferido desde el conteo de incrementos de crecimiento en otolitos seccionados (A y C) y enteros (B y D). La línea azul y roja corresponde al LOESS smoothed, que ajusta el $\Delta^{14}\text{C}$ del core de los otolitos de jurel y el año de formación, derivado de la lectura tradicional y la lectura considerando la validación del primer annulus, respectivamente.



9.5 Colección de referencia y sus imágenes para trabajo inter-calibración de la edad.

9.5.1. Colección de referencia

La colección de referencia, elaborada en este estudio, dispone actualmente de 147 pares de otolitos correspondientes a peces con tallas entre 8 y 53 cm longitud horquilla (LH) y edades estimadas entre 0 y 14 años. La muestra incluye ejemplares de la zona norte (Arica-Antofagasta), zona Caldera-Coquimbo y zona centro-sur (San Antonio-Chiloé), del 2011 y 2012, además de 37 pares de otolitos de Perú y 27 de Ecuador (**Tabla 17**).

Tabla 17

Resumen de la muestra disponible en la colección de referencia de otolitos de jurel. Se incluye el número de otolitos y el rango de tallas (LH) y edad por año y zona de captura.

	2011					2012					2013				
	LH (cm)			Edad (años)		LH (cm)			Edad (años)		LH (cm)			Edad (años)	
Zona Pesca	n	min	max	min	max	n	min	max	min	max	n	min	max	min	max
Arica- Antofagasta	22	8	23	0	3	17	18	29	2	5					
Caldera-Coquimbo						29	24	44	3	10					
San Antonio-Chiloé						16	41	53	8	14					
Ecuador											26	37	47	0	5
Perú*	37														
Nacional	59	8	23	0	3	62	18	53	2	14	26	8	23	0	3

*ejemplares sin información de longitud de horquilla ni fecha de muestreo

Las colecciones de referencia se van poblando cada año, en el entendido que entre más grande sea esta, aumenta su utilidad para el trabajo de control de calidad y los entrenamientos de nuevos lectores.



9.5.2 Descripción de los procedimientos de lectura de otolitos

Las lecturas que componen esta colección de referencia fueron realizadas con los criterios de asignación de edad convencionales con que IFOP ha caracterizado la estructura de edad de jurel desde fines de la década de los 70's. Como referencia del estado actual de las metodologías de determinación de edad que son objeto de revisión, a continuación se entrega un resumen de los procedimientos y criterios de lectura anual básicos vigentes actualmente, los que podrían eventualmente variar una vez se avance en un protocolo de lectura de consenso para la determinación de edad del jurel del Pacífico sureste.

Procedimiento de lectura

Los estudios sobre edad y crecimiento del jurel están basados principalmente en la lectura de otolitos enteros, dispuestos en una lupa bajo luz incidente y fondo oscuro. En segundo lugar, como una técnica complementaria, se prepara un corte transversal, pulido y tostado (Moller-Christensen, 1964). Esto se emplea en los ejemplares mayores a 45 cm de LH ya que, se ha comprobado que el crecimiento del otolito en esta especie, a partir de cierta edad, es mayor en grosor hacia la cara interna que en longitud antero-posterior, lo que introduce un sesgo en la identificación de las últimas marcas anuales, cuando se lee el otolito entero, que paulatinamente dejan de ser perceptibles al lector.

La interpretación del patrón estructural de algunas piezas óseas como otolitos, permite determinar la edad de cada individuo con bastante precisión (Holden y Raitt, 1975). Donde se considera como un anillo verdadero a una banda (o marca) opaca o una hialina, cuya periodicidad de formación es anual. Cada marca hialina verdadera es medida desde el núcleo (foco) hacia la región caudal del otolito (**Fig. 26**).

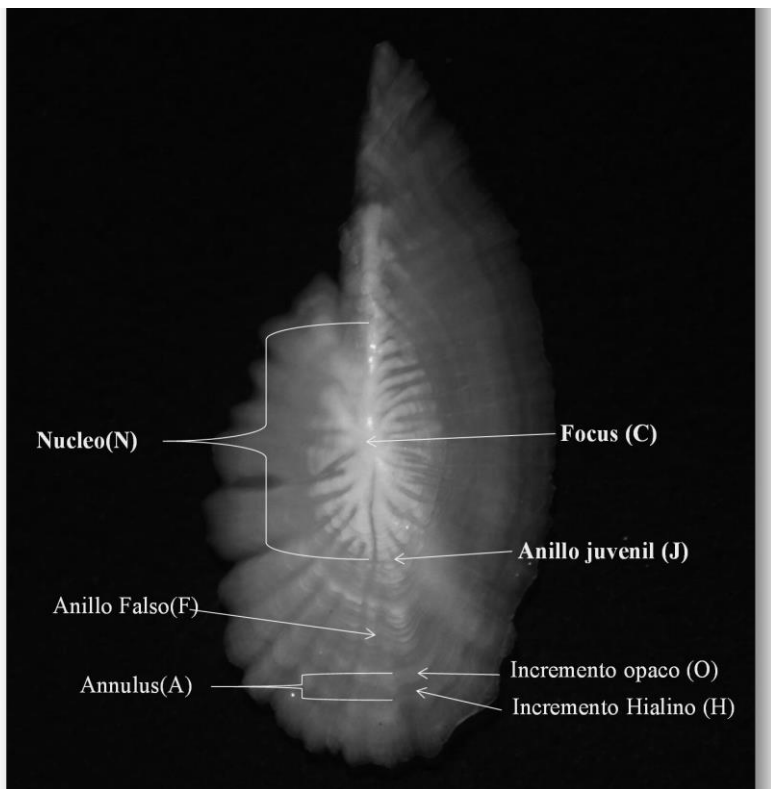


Figura 26. Otolito de jurel en que se muestran los componentes principales de la estructura.

Lectura de otolito entero

El otolito se deposita en una capsula Petri con liquido clarificante (glicerina liquida). El otolito se analiza bajo microscopio estereosc3pico con un aumento de 10X, aunque se emplea un mayor aumento para la observaci3n de detalles e identificaci3n del tipo de borde. Se emplea luz incidente para la identificaci3n del focus y para el recuento de anillos de crecimiento cuyo n3mero determina la edad del ejemplar.



Usualmente se usa el otolito izquierdo, sin embargo en la mayorfa de los casos esta lectura ha de ser confirmada con la observaci3n del otolito derecho, o definitivamente cuando el otolito izquierdo es ilegible o est3 ausente.

Procedimiento de rutina para la observaci3n de otolito entero de jurel

1. **Observaci3n del Cauda:** En esta zona es donde se hace la primera estimaci3n del n3mero de anillos y es donde pueden ser medidas las distancias desde el focus del n3cleo a cada marca anual (**Fig. 27**).

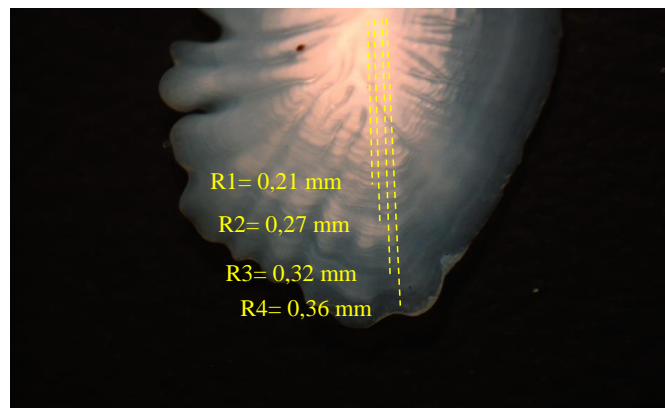


Figura 27. Zona caudal del otolito de jurel, en donde se muestra la toma de medidas de los radios de cada anillo anual.

2. **Leer a los costados:** Desde la zona caudal se sigue cada marca a trav3s del borde hacia la zona rostral. Esto ayuda cuando los anillos no est3n bien definidos en el cauda. Es en esta zona en particular donde se observa y discrimina claramente el borde (hialino u opaco). Para discriminar entre estas dos opciones, el borde se considera hialino u opaco completo cuando puede ser observado en gran parte del contorno.



3. **Leer en el rostro:** Una vez seguidos los macro-anillos desde la zona caudal hasta el rostro, pueden proseguirse hacia el borde ventral. En toda esta área del rostro del otolito las marcas verdaderas se observan bien definidas, lo que permite confirmar el número de bandas de crecimiento concéntricas en torno al núcleo (**Fig. 28**).

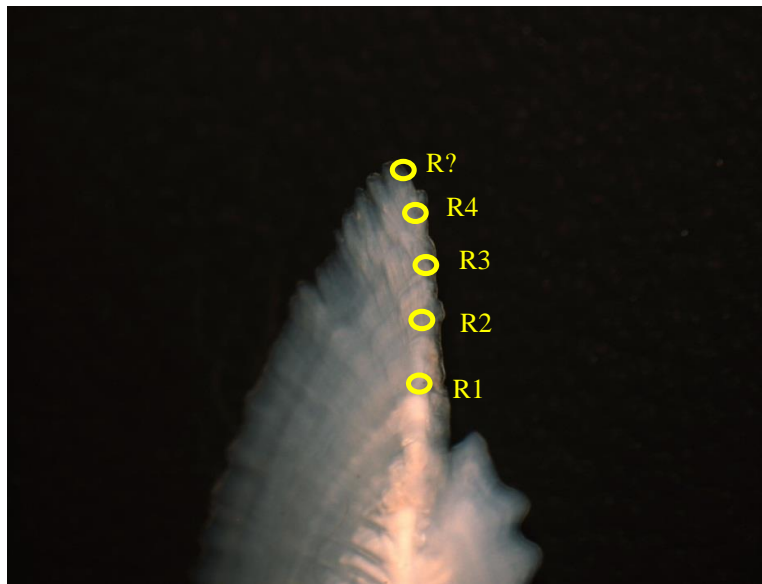


Figura 28. Rostro del otolito de jurel, en que se indican con un círculo amarillo cada uno de los *annuli* contados.

4. **Dar vuelta:** Por último, una práctica recomendable es dar vuelta el otolito y observar su cara interna. Las marcas anuales pueden confirmarse como verdaderas al ser contadas en ambas caras del otolito.
5. **Marcas falsas entre el anillo 2 y 4:** Existen una tendencia a encontrar marcas falsas entre las marcas anuales que se hacen evidentes entre el 2º y 4º marca anual, éstas se ubican generalmente entre los 2,1 y 3,4 milímetros desde el foco del núcleo hacia el borde caudal del otolito (**Fig.29**).

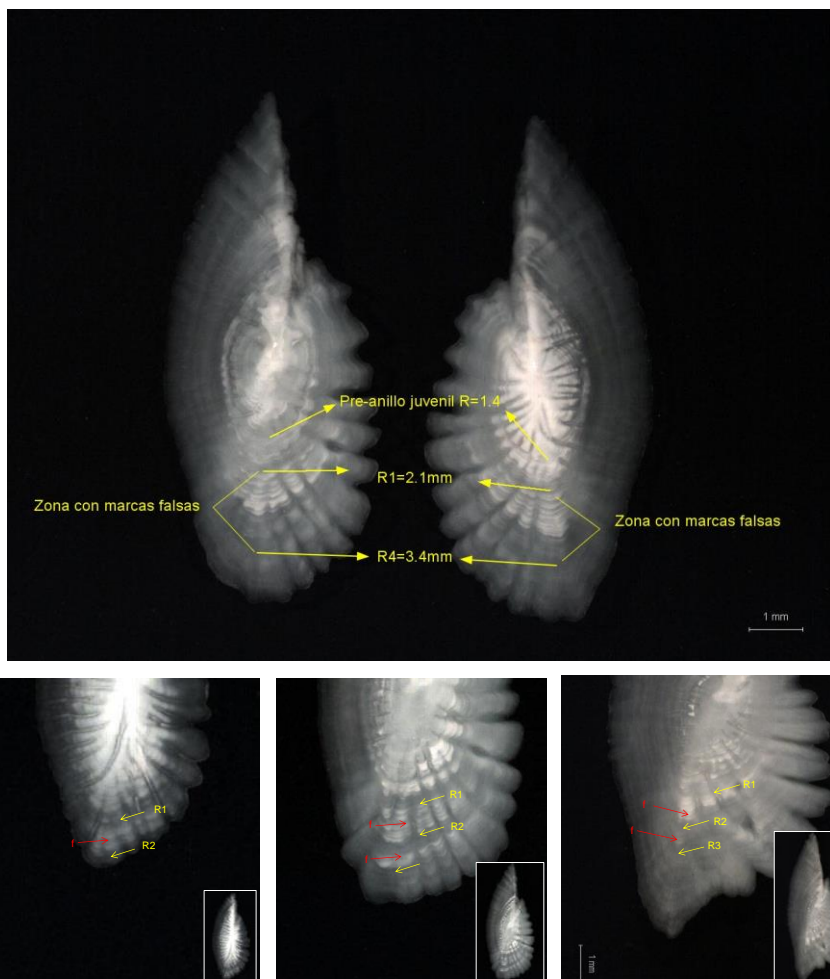


Figura 29. Otolitos de jurel, donde se muestra la zona, entre el annulus 2 y 4, en que principalmente se encuentran marcas falsas.

Procedimiento de rutina para la observaci3n de otolitos seccionados de jurel

En los ejemplares con longitud de horquillas mayores a 45 cm, se utiliza el otolito derecho seccionado transversalmente en la regi3n del focus, posteriormente pulido y tostado seg3n la metodolog3a est3ndar descrito por Moller-Christensen (1964), debido a que en peces de mayor edad las secciones permiten obtener una mayor resoluci3n de los anillos de crecimiento pr3ximos al borde **Fig. 30**).

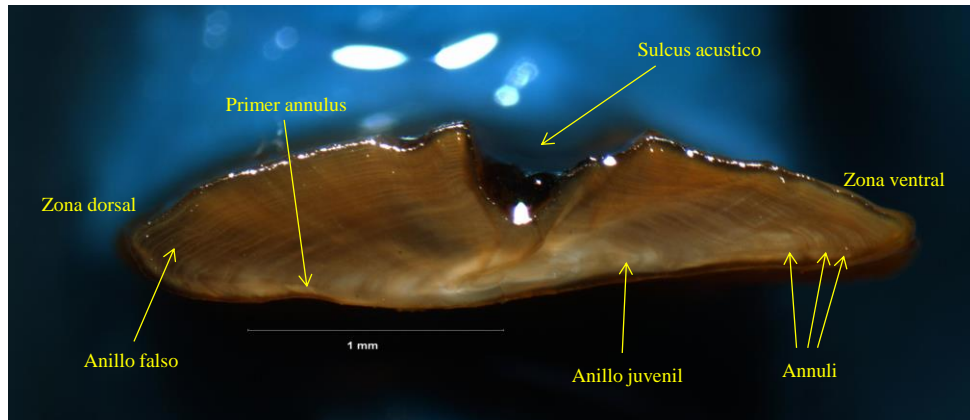


Figura 30. Secci3n transversal de otolito de jurel, pulida y tostada segun la metodologfa estandar descrita por Moller-Christensen (1964).

Anillos del borde distal de otolitos de peces longevos

En los ejemplares superiores a 45 cm de longitud de horquilla, se pueden encontrar diferencias en el nmero de anillos anuales contados en el otolito entero en comparaci3n a la secci3n pulida y tostada, la raz3n de esta diferencia se debe a que en el borde distal de los ejemplares mas longevos, los anillos de crecimiento est3n muy juntos, siendo muy f3cil cometer errores al contarlos, por lo que se emplea m3s aumento (20x) al observar esta zona. **(Fig. 31)**

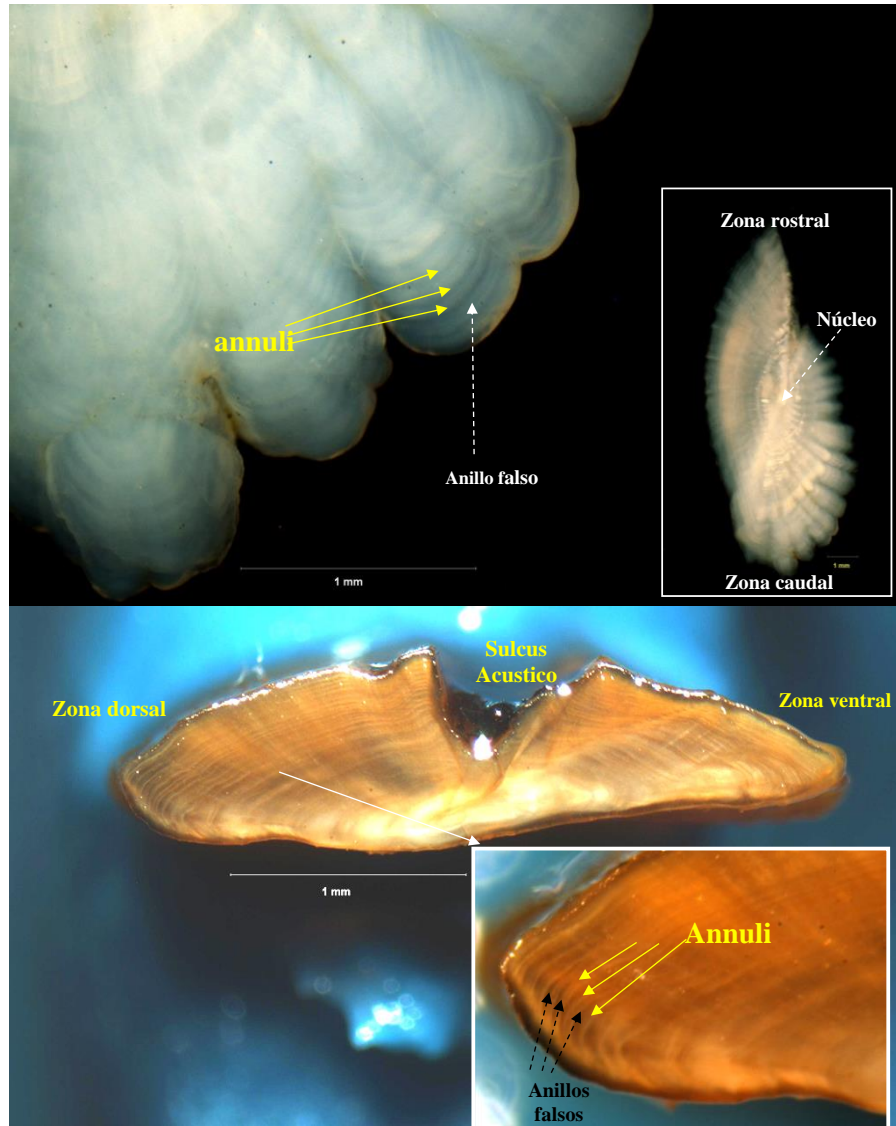


Figura 31. Otolito de un ejemplar de m1s de 45 cm LH, en donde se puede observar como paulatinamente los anillos de crecimiento se hacen m1s difusos acerc1ndose al borde distal de la estructura.



9.6 Estandarización de criterios para la lectura de otolitos de jurel y estimación de la edad.

9.6.1 Conformación de un Grupo de internacional y su agenda de trabajo.

Durante el primer semestre del 2015 quedo conformado el grupo de trabajo internacional que asumió el compromiso de participar en el proceso de intercalibración de la edad y el Workshop en que se elaboraría el protocolo de lectura de otolitos de jurel. En el caso particular de IMARPE (Perú) y INP (Ecuador) solicitaron a IFOP cartas de invitación de tal forma de formalizar y asegurar el financiamiento para su participación en los actividades comprometidas (**Ver cartas en ANEXO I**).

El grupo de trabajo en edad estuvo conformado por aquellos investigadores que participaron en el Workshop de intercalibración de la edad realizado en Lima el 2011, a saber: Perú, Polonia, Rusia y Chile, más la incorporación de otros países como Ecuador, Holanda y China. Para este efecto se envió invitación a los siguientes investigadores para participar en el 2^{do} ejercicio de calibración de la edad inter-laboratorios:

Equipo de trabajo:

Chile:	Francisco Cerna	francisco.cerna@ifop.cl
	Cristian Valero	cristian.valero@ifop.cl
	Lizandro Muñoz	lizandro.muñoz@ifop.cl
China:	Gang Li	g-li@shou.edu.cn
Ecuador	Natalia González	ngonzalez@inp.gob.ec
	Viviana Jurado	vjurado@inp.gob.ec
Polonia (UE)	Kordian Trella	trella@mir.gdynia.pl
Rusia (UE)	Nikolay Timoshenko	timoshenko@atlant.baltnet.ru
Peru	Teobaldo Dioses	tdioses@imarpe.gob.pe
	Carlos Goicochea	cgoicochea@imarpe.gob.pe
Holanda	Jacobo De Klerk	codeklerk@yahoo.fr



La respuesta a esta invitaci3n y el compromiso de participaci3n de cada uno de los pa3ses, fue confirmada en el "3rd Meeting of the Scientific Committee Port Vila, Vanuatu" de la OROP-PS, que se efectu3 entre el 28 de septiembre y 3 de octubre del 2015.

Este segundo ejercicio de calibraci3n fue realizado a distancia, a trav3s de las lecturas de im3genes de otolitos enteros que estuvieron disponibles en una carpeta Dropbox. Los resultados de estas lecturas deb3an ser enviados a IFOP para su an3lisis.

Propuesta de agenda que estuvo disponible:

Fecha	Actividad
Agosto, 2015	Se env3a la propuesta del T3rminos t3cnico de referencia y los archivos de imagines son subidos en el sitio Dropbox y se deja disponible.
Sept. a dic. 2015	Periodo de lectura
04 de enero 2016	Resultado de las lecturas deben ser enviadas a Francisco Cerna.
25 de enero 2016	IFOP env3a el resultado del ejercicio.
14 al 18 de marzo 2016	Fecha propuesta para el 2 ^{do} Workshop

La lectura deb3a ser realizada en cada uno de los laboratorios, considerando los procedimientos y sugerencias de criterios b3sicos de lectura establecidos en el Workshop de intercalibraci3n de edad celebrado en Lima, Per3 el 2011. Se adjuntaron los t3rminos de referencia para la discusi3n de los pa3ses miembros en la "3rd Meeting of the Scientific Committee Port Vila, Vanuatu" de la South Pacific Fisheries Regional Organization (Ver **Anexo II**).



En dicha reunión se extendió además una invitación a todos los países miembros de Comité Científico de la OROP-PS, para participar en una actividad que estaba fuera del compromiso del 2^{do} ejercicio de calibración y Workshop, pero que es relevante para la discusión del protocolo de lectura, se trata del Workshop de validación del primer annulus en otolitos de jurel. En este taller, IFOP ponía a disposición de la comunidad científica asociada a la OROP-PS el trabajo de validación para ser revisado y discutido, lo que consistía desde la comparación de lectura de microincrementos diarios hasta la revisión conjunta de los análisis realizados para validar el primer annulus en otolitos de jurel.

A esta reunión confirmaron su participación el INP (Ecuador) y el IMARPE (Perú), instituciones que finalmente no asistieron al taller y en el caso particular de IMARPE dio aviso de esto el mismo día que comenzó la reunión (**Anexo II, cartas**).

Los resultados del taller de validación del primer annulus se presentan en el punto 9.3 y el Informe del evaluador externo en **Anexo I**.

9.6.2 Elaboración de un Protocolo de lectura de jurel para el Pacífico sur.

Selección y toma de imágenes de otolitos de jurel del Pacífico sur para ejercicio reproducibilidad de la edad inter-laboratorios.

La muestra consiste en 100 otolitos de los cuales 37 corresponden a Perú, 26 fueron proveídos por Ecuador y 37 por Chile. La distribución de longitud de Ecuador fue más estrecha lo que explica el menor número de otolitos considerados en la muestra total. En el caso de las muestras aportadas por Perú, no se tuvo acceso a las longitudes de los peces, solo se usó el tamaño de los



otolitos para poder seleccionar una amplia distribuci3n de tama1os e indirectamente de tallas desde esa 1rea. El n1mero de muestra y la distribuci3n de tallas de cada pa1s se entregan en la **Tabla 17**.

Tabla 17

Resumen del los datos de los otolitos utilizados para el ejercicio de intercalibraci3n de la edad. e.s= error est1ndar.

Pa1s	N1mero de otolitos	Longitud del pez (cm)	
		Longitud media \pm es	Rango de longitud
Chile	37	28.5 \pm 1.88	8-53
Ecuador	26	39.8 \pm 0.45	37-47
Per1	37	No disponible	No disponible
Total	100		

Los otolitos fueron seleccionados, limpiados y fotografiados con un sistema de an1lisis de im1genes que consiste en un estereomicroscopio provisto de c1mara fotogr1fica conectada a un computador que esta equipado con el software Image-Pro Plus (*Mediacybernetic*). Para lograr una mayor claridad de la imagen, los otolitos fueron inmersos en aceite sobre un fondo negro e iluminado con luz reflejada. Las fotograf1as fueron tomadas con 10X de aumento, a las que se les incorpor3 una medida de referencia de un mil1metro.

IFOP puso a disposici3n las im1genes para la lectura a trav3s de una sitio Dropbox, cursando invitaciones de acceso a los miembros del grupo de trabajo a trav3s de un correo electr3nico (**ver Anexo II**). Esta estuvo disponible a partir de septiembre del 2015.



Lectura anual de otolitos, ejercicio reproducibilidad inter-laboratorios (Grupo Trabajo OROP-PS).

El periodo de lectura fue definido entre septiembre y diciembre del 2015, de tal forma de hacer el análisis de las lecturas en enero del 2016 y entregar los resultados al grupo de trabajo el 25 de enero del 2016. Este calendario no fue respetado por la mayoría del grupo de trabajo, lo que obligo hacer los análisis y reportar el resultado del ejercicio durante el Workshop realizada entre el 14 y 18 de marzo del 2016 (**Tabla 19**).

Las lecturas de Perú fueron recibidas el jueves 17 de marzo, durante el Workshop y correspondió a un número menor de lecturas de las solicitadas (**Ver anexo II; Reporte del Workshop**).

Tabla 19

Fechas de recepción de las lecturas de otolitos del ejercicio de intercalibración de la edad.

País	Fecha recepción de lecturas	Observación
Chile	4 enero 2016	100 lecturas, 2 lectores, con edad, bordes y medidas
Holanda	10 enero 2016	100 lecturas, entrega edad, no bordes, no medidas
Ecuador	10 febrero 2016	100 lectura, con edad, con borde, no medidas
Rusia	26 febrero 2016	100 lecturas con edad, bordes y medidas
Perú	17 marzo 2016	64 lecturas, 30 con criterio trimestral, 34 criterio anual.
Polonia	No fueron recibidas	
China	No fueron recibidas	

Alternativamente la moderadora del workshop, Dra. Beatriz Morales Nin, solicitó información adicional previa al evento, como; la experiencia de los lectores, las



metodologías de lectura de jurel empleadas por cada institución. Esta información fue remitida por Chile, Ecuador, Holanda, China y Rusia.

Workshop “Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”

El Workshop fue realizado entre el 14 y 18 de marzo del 2016, la misma fecha sugerida en los términos de referencia entregados para discusión y sanción a la tercera reunión del Comité Científico de las OROP-PS (Port Vila, Vanuatu, 28 septiembre al 3 de octubre 2015).

Los participantes en el Woekshop se resumen en la **Tabla 20**.

Tabla 20.

Lista de participantes al Workshop “Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”

Nombre	Institución	Tipo Participación	País
Beatriz Morales Nin	IMEDEA CSIC-UIB	Moderador/experto i	España
Francisco Cerna T.	IFOP	Coordinador	Chile
Christian Valero B.	IFOP	Lector edad jurel/investigador	Chile
Lizandro Muñoz R	IFOP	Lector edad jurel	Chile
Natalia González	INP	Lector edad jurel/investigador	Ecuador
Miguel Araya C.	UNAP	Academico/Pte. Com. Cient. jurel	Chile

Principales resultados

En el taller de trabajo se decidió, debido a la baja y regular experiencia en lecturas de algunos analisisistas del grupo, utilizar al lector 1 de IFOP, que tiene mayor experiencia en lectura de otolitos, como experto para algunas comparaciones. El lector de ecuador es el más nuevo en la interpretación de esta especie, mostrando



una subestimación de la edad. Dos grupos de lectores, Rusia y Ecuador, pueden ser considerados como aquellos que sistemáticamente entregan edades más jóvenes.

El índice de error porcentual promedio (APE) fue 36%, el coeficiente de variación (CV) 48% y el índice de Chang (D) 21%, mostrando con ello una clara discrepancia de las lecturas de los distintos laboratorios. La tendencia generalmente fue a la subestimación comparado con la edad promedio (**Fig.32; Tabla 21**). El bajo número de participantes y su diferente nivel de experiencia limitaron la obtención de mejores conclusiones.

Descripción del protocolo realizado

En protocolo considero los criterios de lectura que realiza el IFOP como los mas apropiados, ya que el método de validación de radiocarbono confirma las edad para ejemplares >40 cm LH (entre 8 y 16 años). Aunque el resultado de la microestructura de otolitos no haya cofirmado el primer macro-anillo como annulus, la Dra. Morales Nin considera que la falta de validación de la periodicidad diaria de los microincrementos resta validez a este resultado y sugiere no considerarlo en la elaboración del protocolo de lectura.

El protocolo de lectura de otolitos de jurel se entrega en extenso en el **ANEXO II** de este Informe.



Tabla 21.

Diferencia de cada uno de los lectores con respecto al lector 1 (IFOP). En verde se presentan la coincidencias.

Diferencia	Lect 2 IFOP	Holanda	Rusia	Ecuador
14				
-13				1
-12				
-11				1
-10			2	1
-9				1
-8			6	3
-7		1		6
-6	1		8	8
-5	1		14	18
-4	1	4	22	20
-3	6	15	17	13
-2	15	24	20	4
-1	20	23	4	10
0	38	26	7	10
1	12	7		4
2	4			
3	1			
4	1			
	100	100	100	100

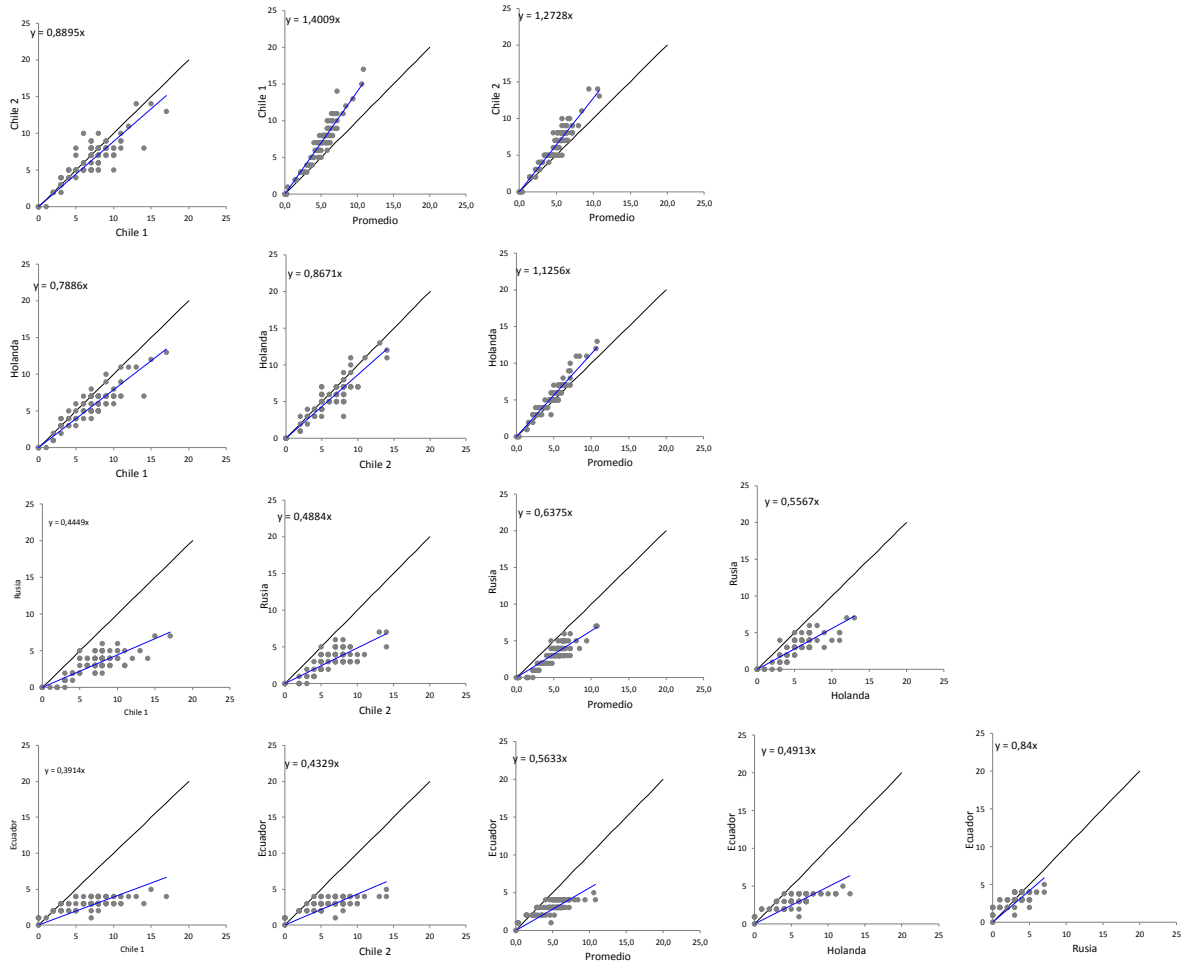


Figura 32. Comparaci3n de las lecturas de cada lector con respecto al promedio y al lector 1 de IFOP.



10. DISCUSIÓN

Búsqueda de Información bibliográfica

Los estudios de edad y crecimiento realizados para las especies del género *Trachurus*, comparados con el índice de desempeño del crecimiento (\emptyset'), muestran una baja estabilidad entre las distintas estimaciones de los parámetros, estas diferencias pueden estar explicadas en que son distintas especies provenientes de distintos hábitat. Sin embargo, si la comparación se hace intraespecífica se puede concluir que la especie *Trachurus Trachurus* y *Trachurus murphyi* de Perú presentan estimaciones más consistentes entre si con rangos más estrechos de \emptyset' , entre 2,54-2,67 y 2,78-3,05 para *T. trachurus* y *T. murphyi* de Perú, respectivamente. *T. murphyi* de Chile presenta una menor consistencia entre sus estimaciones que la misma especie del Perú, al exhibir un amplio rango del índice \emptyset' , entre 2,64-3,17. Si llevamos estos índices a un valor medio con su error estándar, evidenciamos que la especie en Chile presenta un valor medio inferior ($2,85 \pm 0,06$) al registrado en Perú ($3,01 \pm 0,02$).

Otro indicador comparable son las velocidades de crecimiento a través de los valores medios y el error estándar del coeficiente de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (K), que representa una tasa instantánea de crecimiento. Este coeficiente es mayor para los peces capturados en la costa de Perú ($0,16 \pm 0,015$ cm*año⁻¹) que el registrado frente a Chile ($0,10 \pm 0,004$ cm*año⁻¹). A su vez, el valor K, es menor en *T. murphyi* comparado con otras especies del género *Trachurus* del mundo, ya que *T. Trachurus*, *T. capensis* y *T. Declivis*, presentan valores de $0,19 \pm 0,016$ cm*año⁻¹, $0,25 \pm 0,058$ cm*año⁻¹, $0,20 \pm 0,005$ cm*año⁻¹, respectivamente.



Las diferencias en los parámetros de crecimiento entre dos áreas de pesca de una misma especie (Perú y Chile), pueden estar explicadas por diferencias en la tasa de crecimiento de peces que están sujetos a distintas condiciones ambientales, lo que podría sugerir además, la existencia de poblaciones distintas si estas diferencias se extendieran a otros indicadores de la historia de vida como, el área y ciclo de desove, entre otras. O por el contrario podría ser solo el efecto de diferencias en los criterios de estimación de la edad (lectura de otolitos), ya que subestimaciones y sobreestimaciones de la edad, están asociadas a altas y bajas tasas de crecimiento, respectivamente. Esta última posibilidad podría tener asidero ya que, existen diferencias en la identificación de los *annulus* en las lecturas de los otolitos de Perú y Chile, registrándose valores medios más altos de los radios de los *annuli* 1, 2 y 3, medidos en Perú que los registrados en otolitos de Chile.

Esta revisión de los antecedentes bibliográficos referidos a estudios de crecimiento de especies del género *Trachurus* y en particular de *T. Murphyi*, muestra diferencias importantes entre las distintas especies del mismo género, pudiendo identificar una mayor tasa de crecimiento en *T. Trachurus*, *T. Capensis*, *T. Declivis*, *T. Japonicus* y *T. symetricus* que las reportadas para *T. Murphyi*. A su vez se puede constatar para *T. Murphyi*, la existencia de diferencias entre las áreas de pesca de Perú y Chile, mostrando la zona de Perú peces con una mayor tasa de crecimiento que la registrada para la costa de Chile.

Análisis de la microestructura de otolitos

La característica relevante observada en la micro-estructura de los otolitos de jurel fue la presencia de *primordia* secundarios, en un número variable, que originan zonas de crecimiento secundarias a partir de los 23 días después de la eclosión.

La formación de *primordia* secundarios y zonas de crecimiento secundarias se han



observado también en otolitos sagita de *Trachurus japonicus*. En esta especie el primer *primordium* secundario se forma a los 25 días, durante la mitad del estado de post-flexión y fue asociado con la metamorfosis, en tanto que a los 42 días la zona de crecimiento primaria es encerrada por una zona de crecimiento marginal excepto en el área anterior, cuando la morfología del otolito *sagita* corresponde a la de un adulto (Xie *et al.*, 2005).

En esta especie también se aprecian estructuras discontinuas, caracterizadas por anillos más débiles próximos a anillos marcados, formando una suerte de paquetes en la zona de mayor crecimiento. Este tipo de estructuras se han observados en otras especies como *Engraulis ringens* (Plaza & Cerna, 2015; Cerna & Plaza, 2016) y *Engraulis encrasicolus* (Cermeño *et al.*, 2008). Después de esta zona del otolito los MP se vuelven más finos y difícil de seguir en un solo eje de lectura, principalmente en los otolitos de peces con tallas mayores a 10 cm LH. Estas dificultades hacen necesario leer más de una vez las muestras y hace imprescindible un análisis de reproducibilidad entre lectores.

El resultado del análisis de reproducibilidad fue aceptable, no mostrando diferencias significativas en el número de anillos contados entre lectores ($P=0,239$). Sin embargo, los índices de error debieran ser menores que los estimados (RE=6,1%; CV=8,6%), ya que, sobre la base de la literatura revisada, muchos estudios de determinación de edad pueden desarrollarse con un CV menor a 7,6%, lo que corresponde a un APE de 5,5%. Las discusiones informales con varios laboratorios indican que un CV de 5% debiera ser un punto de referencia para muchos peces de la longevidad y complejidad moderada de la lectura (Campana, 2001).

La relación entre el radio máximo del otolito (RO) y la longitud horquilla del pez (LH) presentó un buen ajuste lineal, con un alto coeficiente de determinación, lo



cual permitirá más adelante realizar estimación de edad por retrocálculo y tasas de crecimiento confiables.

La estimación de edad-talla a la fecha de captura fue ajustada para 45 peces que presentaron una resolución de los MP que permitió su lectura. Los datos se ajustaron correctamente a un modelo no-lineal Laird-Gompertz, mostrando una alta tasa de crecimiento en los primeros 200 días. Esta tasa de crecimiento es mayor que la estimada para jurel de Perú por Goicochea *et al.* (2013). Aunque dicho autores no incluyeron los parámetros de crecimiento, el mismo modelo Laird-Gomperz permite observar una talla media a los 150 días de aproximadamente 10 cm de longitud total (9,3 cm LH) en comparación con los 15 cm LH, para la misma edad, estimados en el presente estudio.

El perfil del ancho de los micro-incrementos primarios desde el *primordium* al post-rostro del otolito muestra la curva característica de los peces en estado temprano. Un alto crecimiento inicial seguido de una detención del crecimiento entre el día 50 y 80 para luego descender paulatinamente. Este perfil de ancho de MP es similar al observado en *Trachurus japonicus* por Xie & Watanabe (2005), con un alto crecimiento hasta el día 40 en que el ancho alcanza 20 μm , ancho que se mantiene hasta el día 80 aproximadamente, para luego comenzar a disminuir hasta un ancho de 10 μm a los 180 días. La única diferencia con lo observado en *T. Murphy* es que el periodo de descenso es más pronunciado en esta última especie, donde el ancho de los MP pueden llegar a 2,1 μm en los 170 días después de la eclosión.

La similitud del perfil de ancho de los micro-incrementos primarios con otras especies de genero *Trachurus*, es una forma de verificación de la correcta asignación de los micro-incrementos primarios a una periodicidad diaria en los



otolitos del jurel de Chile, cuando los micro-incrementos en dichas especies han sido validados.

Validación de los macro-anillos

Hay que tener presente que a nivel micro-estructural un annulus se caracteriza por una disminución gradual del grosor y/o interrupción de la secuencia de micro-incrementos que le preceden, en un área concéntrica irresoluble que en la macro-estructura corresponde al anillo translucido de crecimiento lento, seguido de una recuperación de la secuencia de microincrementos de mayor grosor, que corresponderían a la zona de crecimiento rápido del siguiente annulus (Victor & Brother 1981; Wright et al 2002; Cerna & Plaza, 2015). Entonces, a nivel micro-estructural en la mayoría de los casos el ánulo comienza a formarse antes de los 365 días, particularmente en especies de crecimiento lento donde los micro-incrementos en la zona hialina llegan a ser irresolubles (Waldron 1994; Radtke *et al.*, 1985; Waldron & Kerstan 2001; Beckman & Calfee 2014).

En el caso del jurel la macroestructura presenta una serie de perturbaciones o detenciones permanente del crecimiento que originan amplias áreas con anillos translucidos, siendo difícil observar una clara alternancia de macro-anillos opacos y translucidos. Esta dificultad también se observa en la micro-estructura en que los macroanillos translucidos no presentan un patrón micro-estructural que de cuenta de una detección del crecimiento, con MP muy finos o irresolubles, sino por el contrario se observa una continuidad en el patrón de microincrementos sin detenciones aparentes, siendo necesario relacionar el número de microincremento con la distancia en la que asignan los annulus en la lectura de la macro-estructura. En la literatura se han descrito situaciones de este tipo, en que ha sido posible cuantificar 365 micro-incrementos sin que se distinga microscópicamente un



macro-anillo translucido (zona irresoluble) que complete el annulus (Iles & Johnson 1962; Waldron & Kerstan 2001; Cerna & Plaza 2016).

La relación entre los micro-incrementos y el radio de los macro-anillos translucidos (distancia del core al borde del macro-anillo) evidenció que el primer macro-anillo que se le asigna un año, de acuerdo con los criterios de lectura anual, no corresponde al annulus, al presentar un número de MP inferior a 200. Aunque en algunos otolitos la microestructura muestre pequeñas áreas con MP irresolubles, en áreas contiguas a estas es posible observar MP que le dan continuidad al patrón micro-estructural. Este patrón nos permite sugerir que el primer annulus correspondería al segundo macro-anillo translucido identificado desde la lectura convencional de otolitos enteros. Aunque el anillo translucido en todos los casos no se termina de formar a los 365 días, se acepta valores próximos atendiendo a que el año de vida y/o posición del annulus puede ser variable dependiendo de la cohorte de nacimiento (mes, año) y del área de desove, en un recurso con tan amplia distribución.

Otra manera de validar el primer annulus, en este tipo de especies en que no es posible caracterizar el annulus a través de la microestructura, es a través de la relación talla-edad en días. En el caso del jurel de Chile el ajuste de estas variables con el modelo de Laird-Gompertz, permiten estimar una talla media de 22 cm LH a los 365 días. Este resultado muestra una alta velocidad de crecimiento para el primer año de vida, superior incluso a lo reportado por Goicochea *et al.* (2013) para la zona de Perú, quienes obtienen una talla media de 17,7 cm LH.

Aunque el informe del taller de “validación del primer annulus”, elaborado por un experto externo, indica que los procedimientos empleados tanto en la preparación como en la lecturas de micro-incrementos son correctos, la presencia de anillos



múltiples, con gran presencia de estructuras bi y tripartitas en la zona de crecimiento rápido (entre 50 y 80 días), entrega cierta duda en la interpretación que solo puede ser zanjada con un estudio de validación de la periodicidad de los micro-incrementos primarios en otolitos de peces juveniles. Aunque en Chile existe un estudio de validación de micro-incrementos realizado por Araya *et al.* (2003), este se efectuó en peces adultos con tallas mayores a 27 cm LH.

Análisis del tipo de borde e incremento marginal

Un aspecto importante en este tipo de estudio es, determinar si las zonas de crecimiento lento y rápido que se observan en el otolito, tiene una periodicidad de formación anual. Los resultados del análisis mensual del tipo de borde sugieren que la secuencia de marcas hialinas y opacas son formadas con periodicidad anual al menos en ejemplares con 2 marcas anuales (correspondientes a edad 2). En los años observados, principalmente en el 2007 y 2008, cada zona opaca es formada en un corto periodo de tiempo, (principalmente entre enero y marzo) y el material translucido es depositado a través del resto del año. La banda translucida se forma principalmente entre los meses de abril y octubre (fase de crecimiento lento de invierno).

En el jurel chileno la relación entre los bordes hialino y opacos no parece ser tan definida. Una posible explicación a esto puede ser la dificultad para discriminar un anillo verdadero en el borde, debido a la alta presencia de anillos translucidos falsos principalmente a partir del tercer macro-anillo. Esta situación también se refleja en el análisis del incremento marginal (IM), en que las pruebas estadísticas nos permitieron identificar diferencias del IM entre meses de cada año.

Tanto el análisis de frecuencia mensual del tipo de borde como el IM no muestra una periodicidad anual de los macroanillo para las distintas edades, en



consecuencia no es posible apreciar un patrón de formación de los macroanillos en los otolitos de jurel, que permita establecer la periodicidad en la formación de estos macro-anillos, y por tanto la presencia de *annuli*.

Seguimiento de clases anuales fuertes

El seguimiento de la clase anual 2008, en los siguientes años 2009, 2010, 2011, muestran una alta tasa de crecimiento, principalmente entre la moda 2008 a la 2009, la cual es superior a la tasa de crecimiento absoluta registrada desde la lectura de edad anual en los otolitos entre el GE I asignado el 2008 y el GE II asignado el 2009. Esta diferencia en las tasa de crecimiento podrían deberse a la sobreposición de las modas que podrían contener más de un grupo de edad, sin embargo el desplazamiento de modas mensuales desde julio del 2008 a marzo del 2009, para la zona Arica-Antofagasta, muestra una progresión modal muy clara que confirma esta alta tasa de crecimiento entre la primera moda del 2008 con la segunda moda del 2009. La tasa de crecimiento mensual fue similar a la estimada desde la curva de crecimiento derivada de la lectura de micro-incrementos primarios (diarios) para el mismo intervalo de tiempo. Esta podría ser considerado otro modo de verificación de la correcta interpretación de los microincrementos en la determinación de la edad en días, ya que las modas de talla mensuales, que son seguida en su progresión mensual, son de poca amplitud y podría representar correctamente el crecimiento de los reclutas ingresados a la pesquería en invierno del 2008.

La talla media de la moda recluta ingresada en julio del 2008 es muy similar a la talla media de los peces con 5 meses de edad de acuerdo con la lectura de MP. Estos mismos peces, siete meses después (a los 12 meses) presentan una talla



media de 22 cm LH, el mismo valor de la misma talla modal en febrero del 2009, fecha probable del cumpleaños de este grupo de peces. Esta concordancia entre las tasas de crecimiento mensual derivada de la progresión modal de tallas modales con la estimada a partir de la lectura de micro-incrementos, es otra forma de verificación de la correcta asignación de la edad en días.

El seguimiento de clases anuales fuertes da cuenta de velocidades de crecimiento más altas que las estimadas desde la lectura de edad anual en otolitos de jurel. Esto porque al igual que los estudios de crecimiento desde el ajuste de modas de frecuencia de tallas, como los realizados por Cubillos & Arancibia (1995) para el jurel de Chile, Díaz (2013) para el jurel de Perú, las modas de talla no pueden reproducir todas las edades en peces de longevidad media como el jurel, y estas modas podrían contener mezclas de cohortes.

El seguimiento de clases anuales fuertes es un buen indicador cuando este representa adecuadamente una cohorte, sin evidencias de mezclas con otras. El análisis de modas anuales puede ser menos confiable, debido a que dentro de un año puede existir más de una cohorte, lo cual rompería uno de los principales supuestos. En nuestro estudio creemos se logró esto, solo al hacer el seguimiento mensual de la moda más pequeña registrada en julio del 2008 en la zona norte, la cual pudo ser seguida hasta febrero del 2009 sin ingreso de una nueva cohorte hasta enero del 2009. Esto indica que el jurel de Chile presenta una alta tasa de crecimiento antes del primer año de vida o antes del segundo año de vida, dependiendo si a la cohorte reclutada se le asigna 0 o 1 año de edad, respectivamente.



Validación de la edad usando radiocarbono

La datación de otolitos de jurel con el método de radiocarbono fue realizada el 2006 y las fechas de formación de los otolitos fueron estimadas a partir de lecturas de edad realizadas en ese momento. En este proyecto se realizó una nueva lectura de los otolitos a cargo de otro analista. La nueva estimación de edad presentó una alta precisión respecto a la lectura original, con lo cual se confirma la reproducibilidad de la lectura, análisis que no se había realizado el año 2006.

EL análisis de radiocarbono mostró que las fechas de formación de los otolitos (nacimiento de los peces) estuvo en torno a la curva de referencia, con lo cual se considera que las estimaciones de edad son correctas al menos en promedio, tanto para el análisis de secciones (realizado por Otolith Research Laboratory, bajo sus propios criterios de lectura) y otolitos enteros realizados por IFOP. Si nos centramos en los años de formación obtenidos desde la lectura de otolitos enteros, podemos observar que cuando se modifica la lectura (descuenta un año), de acuerdo al resultado de la validación del primer *annulus* desde el análisis de la microestructura de otolitos, el ajuste del LOESS Smoothed del jurel es mucho más próximo a la curva de referencia utilizada, que aquella proveniente de la lectura sin modificar el primer año, con lo cual podríamos decir que la estimación de edad mejora con la validación del primer *annulus*.

Aunque la validación del primer *annulus* mejora la estimación de las fechas de formación de los otolitos, aun podemos observar que algunos peces podrían ser más viejos y otros más jóvenes que lo estimado, lo que podría ser motivo de ajuste de las lecturas. En este sentido, usando la curva de referencia del radiocarbono, se proyectaron las fechas de formación correctas (edades) para el nivel de radiocarbono del core de los otolitos de jurel. El resultado mostro un



amplio rango de edades, entre 5 y 16 años para peces entre 39 y 60 cm LH, lo cual sugiere una velocidad de crecimiento menor que lo estimado por Dioses (2013), Goicochea *et al.* (2013) para tallas medias y grandes. Así, peces de 42 o 47 cm LH podrían tener 16 años, lo que además, confirma una edad máxima más alta que la estimada desde lecturas de otolitos del Perú por autores anteriormente mencionados.

Pese al alto crecimiento que podría tener el jurel el primer año de vida, derivado de nuestros resultados de validación del primer annulus, o en los dos años siguientes estimados desde el seguimiento de modas, esta velocidad del crecimiento parece disminuir para tallas mayores a 40 cm LH, de acuerdo con la validación por radiocarbono, lo cual podría sugerir un nuevo patrón de crecimiento individual para esta especie.

Colección de referencia

Una colección de referencia la podemos definir como una colección de estructuras duras (otolitos) de edad conocida, o derivada del consenso en la edad, que sea representativa de todo los factores que pueden razonablemente ser esperados que influyeran la apariencia o tamaño relativo de los incrementos de crecimiento (Campana, 2001).

La colección de referencia de otolitos u otras estructuras duras para determinación de edad son importantes y fundamentales en los programas de determinación de edad (Campana 1995; Gröger, 1999). El primer rol de la colección de referencia es el monitoreo de la consistencia en la determinación de edad en el tiempo y entre lectores. Un segundo rol de la colección de referencia es el entrenamiento de



nuevos lectores, en donde una sub-muestra de la colección puede facilitar este proceso.

En el proyecto hemos podido estructurar una colección de referencia de jurel con 147 pares de otolitos y sus lecturas. Esta muestra presenta una amplia distribución de tallas, edades y zonas de procedencia, ya que se incluyen los otolitos procedentes de Perú y Ecuador que fueron utilizados en el ejercicio de intercalibración de la edad.

En esta colección no se dispone de un mayor número de otolitos debido a que aun estamos en un proceso de validación de la edad y de estructuración de un protocolo de lectura definitivo ante la baja participación de los países miembros en la reciente reunión de Chile. Como se indica en el primer párrafo la colección de referencia, "...son estructuras duras que cuentan con un consenso en la edad", dicho consenso en la edad aún está pendiente para el jurel del Pacífico sur oriental.

Junto con la colección de referencia se incluyó la descripción básica con los procedimientos de lectura de edad anual de otolitos de jurel, metodologías de preparación, observación de esta estructura, y los principales elementos que deben tenerse en cuenta para la interpretación de los macro-anillos de crecimiento anual. Esta forma de interpretación fue la usada en el Workshop de intercalibración de la edad de jurel y elaboración del protocolo de lectura.



Estandarización de los criterios de lectura de los otolitos de jurel.

La estandarización de los criterios de lectura se abordó apropiadamente, considerando que esta debía realizarse con todos los laboratorios de los países miembros de la ORPS-PS. En ese entendido la primera actividad fue la conformación de un grupo de trabajo para abordar un segundo ejercicio de inter-calibración de la edad y un workshop internacional para discutir y elaborar un protocolo de lectura de otolitos de jurel.

Esta etapa se llevó a cabo satisfactoriamente, conformando un grupo de trabajo con el compromiso de participación de Perú, Ecuador, China, Rusia, Polonia, Holanda y Chile.

La agenda de trabajo considero plazos adecuados para las actividades que se debían realizar, sin embargo en la mayoría de los casos no se cumplieron y finalmente solo 4 de 7 países participaron de las lecturas para el ejercicio de inter-calibración de la edad y 2 de 7 asistieron al Workshop que se efectuó en marzo de este año y donde se discutirían los resultado del ejercicio y se laboraría el protocolo de lectura de otolitos de jurel, de acuerdo con el consenso que los países participantes.

El resultado del ejercicio fue muy variable, mostrando altos valores de error en las lecturas comparadas, las diferencias respecto a la media y a un lector de referencia fueron directamente proporcionales a la experiencia del lector, lo que deja de manifiesto que la mayoría de los laboratorios participantes no realizan lecturas de edad en jurel de forma regular, lo cual confiere una dificultad a la hora hacer análisis de precisión y establecer criterios de lectura. Estos resultados fueron similares a los reportados en el 1er Workshop de inter-calibración de la



edad de jurel realizado en Lama el año 2011, y dan cuenta de latas diferencias que requieren un trabajo permanente para llegar a un protocolo común, como también del compromiso efectivo de los países miembros por acometer a este objetivo.

Junto con Chile, que era el país anfitrión, el INP de Ecuador fue el único país extranjero que acudió al Workshop en que se tenía como objetivo elaborar el protocolo de lectura. Otros participantes fueron el Dr. Miguel Araya, académico de la Universidad Arturo Prat y Presidente del Comité Científico de jurel y la Dra. Beatriz Morales Nin, experta en edad y crecimiento, Directora del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA CSIC-UIB), quien oficio de moderadora del Workshop.

En el workshop se decidió, por sugerencia de la Dra. Morales Nin, que en la elaboración del protocolo de lectura no se innovara y se trabajará en base a los criterios definidos por IFOP, validados con el método de radiocarbono. En cuanto a la validación del primer annulus sugirió no considerarlo, debido a que este no es concluyente, por no haberse previamente validado la periodicidad de los micro-incrementos primarios.

El taller concluyó con la elaboración del protocolo de lectura y serie de sugerencia hechas por el grupo de trabajo para mejorar la exactitud en la determinación de edad de jurel. Algunas de la principales recomendaciones, contenidas en el reporte del taller, son las siguientes:

- Para reducir el sesgo en los aspectos metodológicos se recomienda que el protocolo sea ampliamente distribuidos y que cada institución siga el protocolo de edad de jurel.



- La precisión y exactitud debe ser incrementada. Se debe hacer ejercicio para determinar las diferencias en el patrón de crecimiento de otolitos entre áreas. Ejercicios de validación deben ser realizados usando la mayor cantidad de metodologías posibles.
- Experimentos de marcaje-recaptura son recomendables para validar la exactitud de la edad.
- Incrementar el entrenamiento de lectores de otolitos antes de organizar otro workshop presencial.
- Organizar los siguientes workshop en el marco de las reuniones del comité científico de la OROP-PS.



11. CONCLUSIONES

1. Esta revisión de los antecedentes bibliográficos referidos a estudios de crecimiento de especies del género *Trachurus* y en particular de *T. Murphyi*, muestran diferencias importantes entre las distintas especies del mismo género, pudiendo identificar una mayor tasa de crecimiento en *T. Trachurus*, *T. Capensis*, *T. Declivis*, *T. Japonicus* y *T. Symetricus* que las reportadas para *T. Murphyi*. A su vez se puede constatar para *T. Murphyi*, la existencia de diferencias entre las áreas de pesca de Perú y Chile, mostrando la zona de Perú peces con una mayor tasa de crecimiento que la registrada para la costa de Chile.
2. La característica relevante observada en la micro-estructura de los otolitos de jurel fue la presencia de *primordia* secundarios, en un número variable, que originan zonas de crecimiento secundarias a partir del día 23 después de la eclosión. En esta especie también se aprecian estructuras discontinuas, caracterizadas por anillos más débiles próximos a anillos marcados, formando una suerte de paquetes en la zona de mayor crecimiento.
3. El perfil de ancho de los microincrementos primarios (MP) muestra una curva características en los estadios tempranos, que es similar a la reportada para *Trachurus japonicus*. Esto permite verificar indirectamente la precisión en la identificación de los MP de jurel. La relación edad-talla de ejemplares juveniles fue explicada significativamente por la ecuación de crecimiento de Laird-Gompertz.



4. La microestructura no pudo identificar annulus propiamente tal, por lo cual la relación entre la talla y los MP (días) permitió estimar una talla media de 22 cm LH a los 365 días. A partir de esta comparación podríamos sugerir inicialmente que el primer annulus debiera corresponder al menos al segundo macro-anillo, estimado desde la lectura convencional de otolitos enteros. Este resultado aun es relativo, ante la falta de validación de la periodicidad de MP en otolitos de peces juveniles.

5. El análisis del tipo de borde solo presentó una periodicidad anual para los ejemplares de 2 años (2 macro-anillos). En el caso del resto de las edades no fue posible establecer una periodicidad de formación de los macro-anillos. El análisis del incremento marginal tampoco mostró un patrón de periodicidad en la formación de los macro-anillos, es decir la presencia de *annuli*.

6. El seguimiento de clases anuales fuerte permitió verificar la tasa de crecimiento estimada a partir de la lectura de MP para peces menores a un año de vida. La tasa de crecimiento para las edades 2 y 3 (tercera y cuarta moda anual) muestra una mayor velocidad de crecimiento que la obtenida de la lectura de macro-anillos en otolitos.

7. EL análisis de radiocarbono mostró que las fechas de formación de los otolitos (nacimiento de los peces) estuvo en torno a la curva de referencia, con lo cual se considera que las estimaciones de edad son correctas al menos en promedio. El ajuste mejoró, cuando se incorporó en las estimaciones de edad, la validación del primer annulus desde el análisis de la microestructura.



8. Aunque se determinó un alto crecimiento para el jurel durante el primer año de vida, derivado de nuestros resultados de validación del primer annulus, y en los dos años siguientes estimados desde el seguimiento de modas, esta velocidad del crecimiento parece disminuir para tallas mayores a 40 cm LH, de acuerdo con la validación por el método de radiocarbono. Esta combinación de resultados podría sugerir un nuevo patrón de crecimiento individual para esta especie. Sin embargo, aun subyacen dudas respecto al análisis de microestructura, ya que no se ha validado la periodicidad de los MP y la validación de la edad absoluta parece insuficiente con el método de radiocarbono y necesariamente se requiere nuevos estudios que se hagan cargo de la alta variabilidad que puede tener esta especie migratoria.

9. Se realizó el Workshop de intercalibración de la edad y elaboración del protocolo de lectura de jurel. En el ejercicio de intercalibración participaron 4 de 7 países (Holanda, Ecuador, Rusia y Chile), en tanto que en el Workshop solo lo hicieron 2 de 7 (Ecuador y Chile). Siendo uno de los principales resultados, la constatación de la gran diferencia existente en los criterios de lectura entre los distintos laboratorios.

10. Se elaboró el protocolo de lectura con los países participantes del Workshop.



12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abaunza P, L Gordo, C Karlou-Riga, A Murta, A Eltink, M García Santamaría, C Zimmermann, C Hammer, P Lucio & S Iversen. 2003. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (carangidae). Reviews in Fish Biology and Fisheries 13: 27-61.
- Abramov, A.A. & A.N. Kotlyar. 1950. Some biological features of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. Invest. Mar. 6(6):89-100.
- Aguayo M., E. Estay & V. Ojeda. 1981. Determinación de la edad y crecimiento del jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona de Arica-Coquimbo y Talcahuano. Informe Subsecretaría de Pesca. Instituto de Fomento Pesquero. 88 pp.
- Alegría, V., J. Oliva, H. Robotham, H. Miranda, G. Böhm, L. Caballero, D. Boré, U. Parker, V. Baros, S. Peña, G. Claramunt, G. Herrera, C. Padilla, P. Pizarro, M. Medina, H. Arancibia, M. Araya, L. Cubillos, R. Gili, D. Garland, H. Hidalgo & M. Oliva. 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Informes Técnicos FIP-IT/93-17: 221 pp.
- Aranis A., L. Caballero, A. Gómez, MJ Zúñiga. Muñoz, L. Ossa M, F. Cerna, V. Bocic, A. López, C. Machuca, Vera, M. Ramírez, G. Eisele. 2014. Convenio “Asesoría Integral para la Toma de Información en Pesca y Acuicultura, 2013, Actividad 1: Seguimiento General de Pesquerías de Peces y Crustáceos: Pesquería Pelágica Zona Centro sur, 2013”. Informe Final Convenio Subsecretaría de Economía y EMT - IFOP. Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile.



- Araya, M.; Cubillos, L.A.; Guzmán, M.; Peñailillo, J.; Sepúlveda, A. (2001). Evidence of a relationship between age and otolith weight in the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols). *Fisheries Research* 51: 17–26.
- Araya, M., Cubillos, L., Peñailillo J. “Validación de la edad de la anchoveta en la costa de Chile”. Informe Técnico fondo investigación pesquera FIP. Subsecretaria de Pesca y Acuicultura. Chile 138pp
- Arcos D.F, L. Cubillos & S. Núñez, 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*. Volume 49, Issues 1–4, 2001, Pages 597–617.
- Babayán, V. & T.I. Bulgakova. 1983. Estimation of natural mortality and growth parameters of Cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) in divisions 1.3+1.4. *Collect. Sci. Pap. ICSEAF* 10(1):49-53.
- Bailey, K., 1989. Description and surface distribution of juvenile Peruvian jack mackerel, *Trachurus murphyi*, Nichols from the Subtropical Convergence Zone of Central South Pacific. *Fishery Bulletin, U.S.* 87,273-278.
- Beamish RJ, E. Fournie.1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 982-983.
- Beamish, R.J., G.A. McFarlane & D.E. Chilton. 1983. Use of oxytetracycline and other methods to validate a method of age determination for sablefish (*Anoplopoma fimbria*). In *Proceedings of the International Sablefish Symposium*. Anchorage, Alaska, Alaska Sea Grant Report 83-3: 95-116.
- Beamish, R.J.; McFarlane, G.A. (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 735–743.



- Beamish, R. J. & G. McFarlane. 1995. A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye pollock: the world's largest fishery. In *Recent Developments in Fish Otolith Research* (Secor, D. H., Dean, J. M. & Campana, S. E., eds), pp. 545–565. Columbia: University of South Carolina Press.
- Borges, M.F. 1991. Biannual cohorts, growth parameters and migration effects of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) western Iberian waters, using length frequency analysis. ICES C.M. 1991/H: 52. 28p.
- Campana E S, Jones CM. 1992. Analysis of otolith microstructure data, p 73-100. In D.K. Stevenson and SE Campana (ed) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117.
- Campana, S. 1995. Expert age determination of 4VW and 4X haddock otoliths by national and international laboratories. Department of Fisheries and Oceans Atlantic Fisheries Research Document 95/120.
- Campana, S. 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, 197-242.
- Campana, S.E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otolith? *Can. J. Fisher. Aquat. Sci.*, 47: 2219-2227.
- Canales., C, R. Serra, J.C. Saavedra, L. Caballero. 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 71p + anexos.



- Castillo, G y Arrizaga, A. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus Symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. Biol. Pesq. 16: 19-33.
- Casselmann, J. 1982. Age and growth assessment of fish from their calcified structures- Techniques and tools. In: Prince, E., L. Pulos. 1982. Proceeding of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, Billfishes, and sharks. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, National Marine Fisheries Service, NOAA. Miami, Florida. 1-17.
- Cermeño P, Uriarte A, Morales-Nin B, Cotano M, Alvarez P. 2008. Setting up interpretation criteria for ageing juvenile european anchovy otoliths. Scientia Marina 72: 733-742.
- Cerna F. & Plaza G. 2016. Daily growth patterns of juveniles and adults of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) in northern Chile. Marine and Freshwater Research. (<http://dx.doi.org/10.1071/MF15032>).
- Cerna, F y Bocic, V.. 2011. Age validation and growth function of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. Informe Técnico IFOP. 14 p.
- Cerna, F. y Moyano, G. 2014. Preliminary analysis of jack mackerel otolith microstructure. Age and Growth Laboratory - Fisheries Research Division Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. October 2014, 17 p.
- Chang, W. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1208-1210.
- Cubillos L. & H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi* in Chile. Sci. Mar. 59(3-4):647-652.



- Cubillos L.A., J. Paramo, P. Ruiz, S. Núñez, A. Sepúlveda. 2008. The spatial structure of the oceanic spawning of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off central Chile (1998–2001). *Fisheries Research* 90, 261–270.
- Cubillos, L. y A.S. Grechina. 1998. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. In: "Biología y ecología del jurel en aguas chilenas", D. Arcos (Ed.), Instituto de Investigación Pesquera, Editora Anibal Pinto, Concepción, p. 151-161.
- Cubillos, L., Arancibia, H. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi*. In: "International symposium on middle-sized pelagic fish", C. Bas, J.J. Castro y J. Ma. Lorenzo (Eds.), *Scientia Marina* 59(3-4), 647-652.
- Dannevig, A. 1933. On the age growth of the cod (*Gadus callarias* L.). from the Norwegian Skaggerack Cost, Rep. Norw. Fish an Mar. Inv 4(1): 145pp.
- Díaz E. 2013. Estimación del crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* capturado en el Perú, a partir del análisis de las frecuencias por tallas. *Rev. Perú. Biol. Número especial* 20(1): 061- 066.
- Dioses T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú (3). 55 pp.
- Dioses T. 2013. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi*, (Nichols 1920) en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco, M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. Peru. Biol. Número especial* 20(1): 045- 052.



- Donald, D. B., Babaluk, J. A., Craig, J. F. & Musker, W. A. 1992. Evaluation of the scale and operculum methods to determine age of adult gold eyes with special reference to a dominant year-class. *Transactions of the American Fisheries Society* 121, 792–796.
- Edwards, R.R.C. & S. Shafer. 1991. The biometrics of marine fishes from the Gulf of Aden. *Fishbvt* 9(2):27-29.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Fariña, A.C. 1983. Age and growth of the Galician Shelf horse mackerel, (*Trachurus trachurus* L.). ICES C.M. 1983/G:26, 11p.
- Gang Li, Li-jin Zou, Xiao-ron Zou, Ying-qi Zhou, Min Zhang. 2011. Age validation, relationship between age and otolith weight in Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile waters. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, China; Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources. Ministry of Education, Shanghai Ocean University. Shanghai, China.
- Geffen AJ. 1982 Otolith ring deposition in relation to growth rate in herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *Mar. Biol.* 71: 317-326 9.
- Geldenhuys, N.D. 1973. Growth of the South African Maasbanker *Trachurus trachurus* Linnaeus and age composition of the catches. 1950-1971. *Invest. Rep. Sea Fish. Branch S. Afr.* 101, 24 p.
- Gili, R., V. Alegría, V. Bocic, L. Cid, H. Miranda. 1996. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. Sección



Determinaci3n de la estructura de edad del recurso jurel. Informe Final Proyecto FIP 018-93.

Goicochea C, J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topi3o y R. Guevara-Carrasco. 2013. Validaci3n del ritmo de formaci3n de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. Rev. Peru. Biol. N3mero especial 20(1): 053- 060

Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of the human mortality, and on a new mode of determining the value of the contingencies. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 115: 515-585.

Gr3ger, J. (1999). A theoretical note on the interpersonal correction of age readings by means of calibration techniques. Archive of Fishery and Marine Research 47, 77–101.

Hare, J A, Cowen RK. 1994. Ontogeny and otolith microstructure of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Pisces: Pomatomidae). Mar. Biol. 118:541-550.

Hecht, T. 1990. On the life history of cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis* off the south-east coasts of South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci. 9:317-326.

Holden M & D Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2: M3todos para investigar los recursos y su aplicaci3n. Documento T3cnico de Pesca 115, Rev. 1: 1-211.

Ihaka, R. & Gentleman, R., 1996. R: a language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Stat. 5,299–314.

Kaiser, C.E. 1973. Age and growth of the horse mackerel *Trachurus murphyi* of Chile. Trans. Am. Fish. Soc. 102(3):591-595.



- Kawahara S, Uozumi Y and Yamada H (1988). First record of a carangid fish, *Trachurus murphyi* from New Zealand". Japanese Journal of Ichthyology, 35 (2): 212–214.
- Kompowski, A. & W. Slosarczyk. 1975. Biological characteristics of Polish catches of the horse mackerel *Trachurus trachurus capensis* Castelnau. 1861 in the region of the south-west African Shelf. Acta Ichthyol. Pisc. 5(2):25-38.
- Kerstan, M. 1985. Age, growth, maturity, and mortality estimates of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from waters of Great Britain and Ireland in 1984. Arch Fischereiwiss. 36(1/2): 115-154.
- Kochkin, P. 1994 Age determination and estimate growth rate for the peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. J. Ichthyol.,34: 39-50.
- Lagardere, F. 1989. Influence of feeding conditions and temperature on the growth rate and otolith increment deposition of larval Dover sole (*Solea solea* (L)). Cons. Int. Expl. Mer. 191: 390-399.
- Lai H-L, V. Galluci, D. Gunderson, R. Donnelly. 1996. Age determination in fisheries: methods and applications to stock assessment. In: Galluci *et al.*, editors. Stock assessment. p. 82-178
- Laird, A.K., S.A. Tyler, & Barton, AD. 1965. Dynamics of normal growth. Growth 29: 233-248.
- Leal E., E. Díaz, J.C. Saavedra-Nievas & G. Claramunt. 2013. Ciclo reproductivo, longitud y edad de madurez de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 48, No3: 601-611.
- Lourdes, M., C. Monteiro & M. Sobral. 1978. Preliminary study on age and growth of *Trachurus trachurus* L. in sub-area IX. ICES C.M. 1978/ H:60, 11 p.



- Mann, S, S. Parker, M. Ross, A. Scarnulis, R. Williams.1983. The ultrastructure of the calcium carbonate balance organs of the inner ear: an ultra-high resolution electron microscopy study. Proc R Soc Lond B 218:415-424
- Marks RE., D. Conover. 1993. Ontogenetic shift in the diet of young-of-the-year bluefish *Pomatomus saltatrix* during the oceanic phase on the early life history. Fish. Bull. 30: 225-243.
- McDonald, P.D.M. & P.E.J. Green. 1988. User's guide to program MIX: an interactive program for fitting mixtures of distributions. Icthus Data Systems, Hamilton, Ont., 75 p.
- McDonald, P.D.M. & T.J. Pitcher. 1979. Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method for analyzing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can. 36, 987-1001.
- Miranda L, Hernández A, Sepulveda A, Landaeta M. 1998. Alimentaci3n de jurel y análisis de la selectividad en la zona centro-sur de Chile. En: D. Arcos (Ed.), Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigaci3n Pesquera, Talcahuano, Chile. pp. 173-187.
- M3LLER CHRISTENSEN, J. 1964: Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 29: 73-81.
- Morales-Nin B. 1997. Asistencia técnica para la revisi3n de lectura de otolitos de jurel (*Trachurus S. murphyi*) IFOP 18p. Ms tablas y figuras.
- Morales-Nin, B. 2000. Guidelines for validation studies. EFAN Report 4-2000.
- Naish, K.A., T. Hecht & A.I.L. Payne. 1991. Growth of Cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis* off South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci. 10: 29-35.



- Nazarov, N.A. 1978. Age and growth rate of the northeast Atlantic horse mackerel. ICES C.M./H:22. 23pp.
- Nekrasov, V.V. 1982. Distribution, biology and fisheries potential of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the south-eastern Pacific. VNIRO Internal report, Moscow. 43 pp.
- Nekrasov, V.V. 1987. Age and growth of horse mackerel. P. 44-46. *In* Collected papers on the biology and fisheries of Peruvian horse mackerel. VNIRO, Moscow.
- Nosov, E.V., N.P. Markina & P.V. Kalchugin. 1989 (Methods for evaluating spawning stock dynamics, age and growth of Peruvian horse mackerel). p. 3-63. *In* Arch. TINRO. Vladivostock.
- Ojeda, V., F. Cerna, V. Bocic, L. Muñoz. O. Guzmán. Colaboradores: C. Brito, A. Villalón, A. López, J. Olivares, R. Bravo, H. Hidalgo, J. Carrasco, M. González, M. Nilo, G. Pérez 2007. Actualización y perfeccionamiento de metodologías científicas de determinación de edad en peces para la sustentabilidad de los recursos pesqueros nacionales 05CN11IPT-16. Segundo informe de avance INNOVA – CHILE - IFOP.
- Panella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Sci.*, 173: 1124-1125.
- Pannella, G. 1980. Otolith growth patterns: An aid in age determination in temperate and tropical fishes. *In*: Bagenal, T.B. (ed.), *The ageing of fish*. Surrey, Unwin Bros. Ltd., pp. 28-39
- Panfili, J., Puntual H. (de), Troadec H., Wright P.J. (eds), 2002. *Manual of fish sclerochronology*. Brest, France: Ifremer-IRD co-edition, 464 p.



- Pavez, P. & E. Saa. 1978. Determinación de edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. Invest. Mar. 6(6):89-100.
- Plaza G, H. Honda, H. Sakaji, K. Nashida. 2005. Preparing fish sagittae for examination of daily growth increments of young-of-the-year fishes: A modification of the embed method. J. Fish Biol., 66: 592-597.
- Plaza, G. & Cerna, F. 2015. Validation of daily microincrement deposition in otoliths of juvenile and adult Peruvian anchovy *Engraulis ringens*. Journal of Fish Biology, 86 (1): 203-216.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM 39(3):175-192.
- Quiñones, R., Serra, R., Núñez, S., Arancibia, H., Córdova, J., Bustos, F., 1997. Relación espacial entre el jurel y sus presas en la zona centro-sur de Chile. In: Tarifeño, E. (Ed.), Gestión de sistemas oceanográficos del Pacífico oriental. UNESCO COI/INF – 1046, pp. 187–202.
- Richards, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot., 10: 290-300.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Investigaciones Pesqueras Chile, 36: 67-83.
- Serra, R. and R. Gili. 1995. Identificación de anillos anuales en otolitos de Chilean jack mackerel. Informe de Taller, IFOP. Junio, 1995.
- Shevshuk, L.V. & V.N. Chur. 1984. (methods for estimation of growth in horse mackerel *Trachurus murphyi* in the southeastern Pacific), p. 97-104. In Fisheries studies of the open waters of the world ocean. VNIRO. Moscow.



- Shcherbich, L.V. 1991. Aging methods for Pacific horse mackerel in the Subarea of Chile. En: Informe final proyecto FIP 95-10. Validación de los métodos aplicados en la determinación de la edad y crecimiento y determinación de la mortalidad de jurel de la zona centro-sur. Instituto de investigación pesquera VIII región S.A. Talcahuano 1998. 170 p.
- Stevens, J.D. & H.F. Hausfeld. 1982. Age determination and mortality estimates on an unexploited population of jack mackerel *Trachurus declivis* (Jenyns, 1841) from south-east Australia. CSIRO Mar. Lab. Rep. 148. 14 p.
- Stevens, J.D. H.F. Hausfeld & S.R. Davenport. 1984. Observations on the biology, distribution and abundance of *Trachurus declivis*, *Sardinops neopilchardus* and *Scomber australasiacus* in the great Australian Bight. CSIRO Mar. Lab. Rep. 164. 27 p.
- Sogard SM. 1991. Interpretation of otolith microstructure in juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): ontogenetic development, daily increments validation, and somatic growth relationships. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1862-1871.
- Sosa, M. 1981. Edad y crecimiento del jurel (*Trachurus trachurus* Linneaus) de la división 1.3 del área de ICSEAF. Collect. Sci. Pap. ICSEAF. 8(2):255-266.
- Taylor, P.R., 2002. Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand.
- Terré, J.J. 1976. Growth and fecundity of horse mackerel (*Trachurus trachurus*. Linneaus) in ICSEAF Divisions 1.3 and 1.4. Collect. Sci. Pap. ICSEAF 3:39-44.



- Trouvery, M. 1977. Croissance du chinchard *Trachurus trachurus* (Linné) dans le Golfe de Gascogne et sur le Plateau Celtique. ICES C.M. 1977/J: 10. 17pp.
- Uozumi, Y. & S. Kawahara. 1983. A preliminary growth estimation of preadult Cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) on the Agulhas Bank on the basis of size composition. Collect. Sci. Pap. ICSEAF 10(1): 203-208.
- Vilizzi, L. & Walker, K. F. (1999). Age and growth of the common carp, *Cyprinus carpio*, in the River Murray, Australia: validation, consistency of age interpretation, and growth models. Environmental Biology of Fishes 54, 77–106.
- Volk, E. C., Schroder, S. L. & Grimm, J. J. (1999). Otolith thermal marking. Fisheries Research 43, 205–219.
- Waldron M, M. Kerstan. 2001. Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. ICES Journal of Marine Science, 58: 806–813.
- Wengrzyn, J. 1976. Results of investigations on age and growth rate of the horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in south-west African waters. Collect. Sci. Pap. ICSEAF 3:51-57.
- Wine, V. & E. Knaggs. 1975. Maturation and growth of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*. Calif. Fish Game Mar. Res. Rep. 21:1-26.
- Wootton, 1998. Ecology of teleosts fishes, Second edition, Fish and Fisheries Series 24. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 386 pp.
- Xie, S., Y. Watanabe, T. Saruwatari, R. Masuda, Y. Yamashita, C. Sassa, Y. Konishi. 2005. Growth and morphological development of sagittal otoliths of larval and early juvenile *Trachurus japonicus*. Journal of Fish Biology 66, 1704-1719.

A N E X O S

A N E X O I

Taller 1 y 2, Reportes y
Protocolo

Taller 1

**Taller de validación del primer anillo anual del jurel
(*Trachurus murphy*), basado en el análisis
de la microestructura de otolitos**

Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
(14-18 diciembre 2015)

- ✓ Programa
- ✓ Presentaciones
- ✓ Listas de asistentes
- ✓ Fichas de otolitos
- ✓ Reporte final



Programa General Taller 1

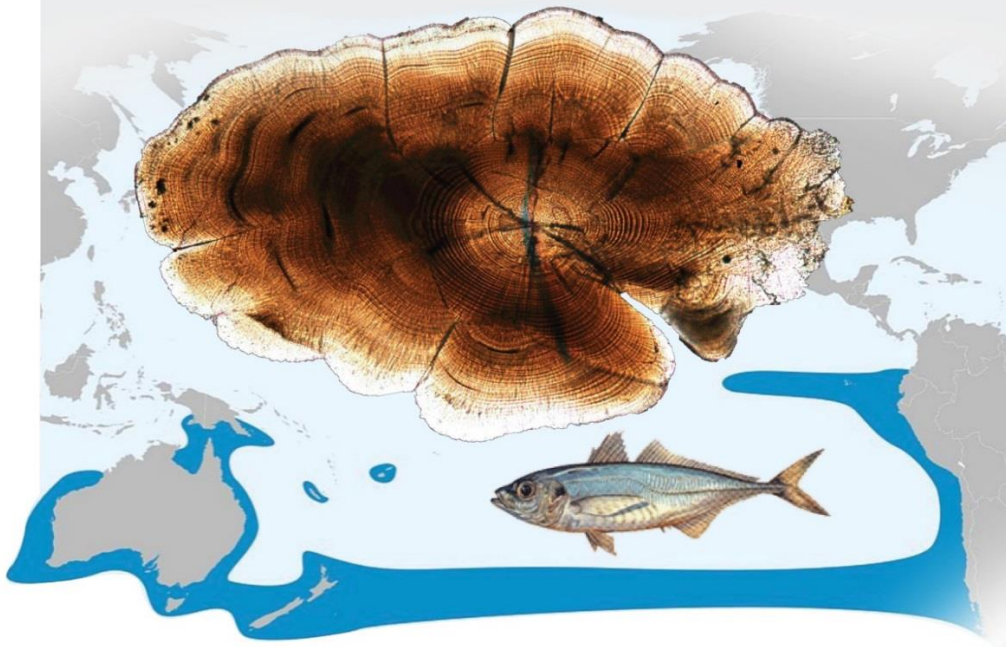
Taller de validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus murphyi*), basado en el análisis de la microestructura de otolitos.



WORKSHOP

VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*TRACHURUS MURPHYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS

Associated to the research project: FIP 2014-32 "Protocolo de lectura de otolitos de jurel"



December 14-18, 2015, Valparaíso, Chile

ADDRESS: **Meeting Room** of Diego de Almagro Hotel,
Molina street N° 76, Valparaíso.

ORGANIZERS: Instituto de Fomento Pesquero, IFOP - Chile.



INTRODUCTION

The **Chilean jack mackerel (CJM)** is a wide distributed carangid throughout the southeastern Pacific, ranging from the Galapagos Islands and south of Ecuador to southern Chile. Its current distribution also extends from south-central Chile across the Pacific Ocean, to New Zealand and Tasmanian waters (Evseenko, 1987; Serra, 1991; Elizarov *et al.*, 1993; Taylor, 2002).

The CJM population can be characterized by a spawning area distributed from 35° to 40°S and to 90°W; a coastal feeding habitat of adults in the central-southern area off Chile (33°S-40°S), where the juveniles are recruited, and the existence of a nursery habitat further north of 30°S in warm oceanic and coastal waters (Arcos *et al.*, 2001).

Peruvian researchers suggest an isolated stock off Peru coast. On the other hand, the "Jack Mackerel Scientific Work Group" of SPRFMO considered the existence of only one stock for whole South Pacific. This last stock definition was used in the jack mackerel's stock assessment.

The CJM age composition catches, has particularly been a relevant element for understanding the changes in the stock. The Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) has been carrying out studies on ageing and growth since late 1970's, which have been used for developing size-age keys and catch-at-age matrix per zone in quarterly basis, that are input data in stock assessment.

The ageing of jack mackerel is supported in indirect age validation as periodicity of growth increment formation, which indicated the

hyaline ring formation by year in winter seasons (Serra and Gili, 1995; Castillo and Arrizaga, 1987).

The actual CJM age validations only consider the frequency of type of border and marginal increment analysis. We considered, that these two indirect methods are insufficient for gain an accurate age determination.

Recently Goicochea *et al.* (2013) using microstructure analysis of transversal section of otoliths validated the first annual ring, based in the count of microincrements previously validated the daily periodicity of these in adult fish by Araya *et al.* (2003). This results indicated that the mean length at 365 day was 17.7 cm fork length by the mean otolith radio of 2.49 mm.

The prevalence and impact of inaccurate age determinations on the accuracy of population dynamics studies cannot be overstated. There are many instances in with ageing error has contributed to the serious overexploitation of a population species. The problem is often on of age underestimation rather than overestimation, resulting in overly optimistic estimates of growth and mortality rate (Campana, 2001).

OBJECTIVE

Analyze and discuss the criteria of identification of primary-micro increments in otoliths of juveniles and adult, in order to validate the first annulus of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*).



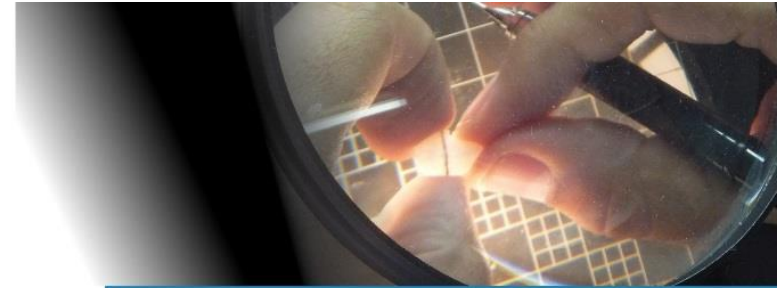
WORKSHOP FORMAT

The laboratory-based workshop where Dr. Guido Plaza, expert researcher in the discipline of otolith microstructure will participate as reviewer of IFOP's microstructure analysis methods and chairs the workshop in close collaboration with Biol. Francisco Cerna in order to developed the comparison of otolith's reading, analysis and discussion. The discussion will focus on validation of first annulus.

Before of start the comparison analysis the readers will be categorized according his expertise level in order to standardize the results according criteria of reading experience.

PROGRAM

The workshop program proposed corresponds to a draft guideline, because some modifications could be possible depending on either progressing of laboratory tasks and/ or suggested specific tasks required by the research leader.



Monday, december 14

- 09:30-10:30 - Introduction to workshop and participants.
- First words from **Dr. Guido Plaza**.
- Workshop program.
- Workshop modality and others.
- 10:30-11:30 - Introduction to the scientific problem associated to early growth of *Trachurus murphyi* and result obtained as part of the research project "FIP 2014-32" / **Francisco Cerna**.
- Methodological procedures used to mount otolith of Chilean jack mackerel for examination of primary-microincrements.
- Illustration of the digitalizing image process and methodology of counting / **Guillermo Moyano**.
- 11:30-11:50 *Coffee break* ☕
- 11:50-12:30 Questions and discussion.
Discussion about the modality of workshop.
- 12:30-13:00 Classification of readers according expertise in microstructure analysis.
- 13:00-14:30 *Lunch* 🍴
- 14:30-17:30 Laboratory work: **Reproducibility exercises**.
Reproducibility test using otoliths Images of juveniles and adults *Trachurus murphyi* collected in field research and prepared according IFOP methods.

PARTICIPANTS

Name	Category	Affiliation
Dr. Guido Plaza Pasten	Chair, expert in microstructure analysis	Faculty of Natural Recourses of Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Chile
Francisco Cerna Troncoso Guillermo Moyano Altamirano Christian Valero Beretta Lizandro Muñoz Rubio	Chilean Researchers	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile
Teobaldo Dioses Romero Carlos Goicochea Vigo	Peruvian Researchers	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú
Miguel Araya Christie	Chilean Researchers	Universidad Arturo Prat (UNAP), Chile
Lilían Cisterna Aguayo	Chilean Researchers	Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA), VIII Región-Chile



Thursday, december 15

- 09.30-11.00 **Laboratory work: Reproducibility exercises.**
Continue of Reproducibility test.
- 11.00-11.20 **Coffee break** ☕
- 11.20-13.00 **End of Reproducibility test.**
- 13.00-14.30 **Lunch** 🍴
- 14.30-16.15 **Laboratory work: Reproducibility test results and discussion.**
- Reading of otoliths Images of juveniles and adults *Trachurus murphyi* collected in field research and prepared according IFOP methods.
- 16.15-16.35 **Coffee break** ☕
- 16.35-17.30 **Laboratory work: Reproducibility test results and discussion.**
- Reading of otoliths Images of juveniles and adults *Trachurus murphyi* collected in field research and prepared according IFOP methods.

Wednesday, december 16

- 09.30-11.00 **Laboratory work: Presentation of the results of "Reproducibility exercises"** Question and discussion.
- 11.00-11.20 **Coffee break** ☕
- 11.20-13.00 **Laboratory work: Discussion of primary-microincrements.**
Check of otoliths images to analysis of the disagree readings.
- 13.00-14.30 **Lunch** 🍴
- 14.30-16.15 **Laboratory work: Studies of other Laboratories.**
Presentation results of :
- jack mackerel microstructure analysis of IMARPE.
- jack mackerel microstructure analysis of INPESCA VIII Región.
- jack mackerel microstructure analysis of IFOP.
- 16.15-16.35 **Coffee break** ☕
- 16.35-17.30 **Discussion of micro-increments analysis studies of different Laboratories.**



Tuesday, december 17

- 09.30-11.00 **Laboratory work: Comparison the macro with microstructure.**
- Comparison of the whole otoliths macrostructure with microstructure ageing.
- Comparison analysis of each otolith (macro with microstructure) in order to identify the first annulus.
- 11.00-11.20 **Coffee break** ☕
- 11.20-13.00 **Laboratory work: Comparison the macro with microstructure.**
- Comparison analysis of each otolith (macro with microstructure) in order to identify the first annulus.
- 13.00-14.30 **Lunch** 🍴
- 14.30-16.15 **Laboratory work: Comparison the macro with microstructure.**
- Comparison analysis of each otolith (macro with microstructure) in order to identify the first annulus.
- 16.15-16.35 **Coffee break** ☕
- 16.35-17.30 **Laboratory work: Written the report.**
Finally discussion and written the report.

Friday, december 18

- 09.30-11.00 **Written the report**
Finally discussion and written the report.
- 11.40-12.00 **Coffee break** ☕
- 12.00-12.40 - Introduction to closure remarks.
- Reading of the output report.
- Conclusions and acknowledgment made by the organizers.
- 12:40 **End Workshop**
- 13.00-14.30 **Lunch** 🍴



H. REFERENCES

Araya, M., M. Medina, H. Arancibia. 2003. Preliminary result of empirical validation of daily increments in otoliths of jack mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) marked with oxytetracycline. *Scientia Marina*, 67(4):471-475.

Arcos D.F, L. Cubillos, S. Nuñez, 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*. Volume 49, Issues 1–4, 2001, Pages 597–617.

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, 197-242.

Castillo, G y Arrizaga, A. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus Symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16: 19-33.

Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev y A.N. Kuzetsov. 1993 Peruvian Jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the Southern Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33(3): 86-104.

Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.

Goicochea C, J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño y R. Guevara-Carrasco. 2013. Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Rev. Perú. biol.* número especial 20(1): 053-060.

Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigaciones Pesqueras Chile*, 36: 67-83.

Serra, R. and R. Gili. 1995. Identificación de anillos anuales en otolitos de Chilean jack mackerel. Informe de Taller, IFOP. Junio, 1995.

Taylor, P.R., 2002. Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand.

[Diseño] C. Irrazábal - Sección Ediciones y Producción-IFOP

[Departamento de Evaluación de Recursos]
[Sección Edad y Crecimiento - IFOP CHILE]

www.ifop.cl



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA.....



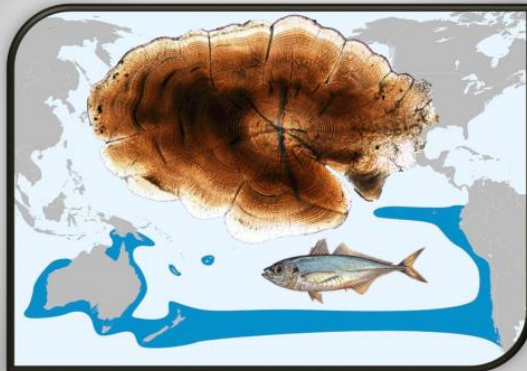
Presentaci3n I:

Aspectos t3cnicos de preparaci3n y descripci3n de la micro-estructura de otolitos de juveniles de jurel.

Presentador: Guillermo Moyano Altamirano

Validaci3n del primer anillo anual en jurel (*Trachurus murphy*) basado en an3lisis de la micro-estructura de otolitos

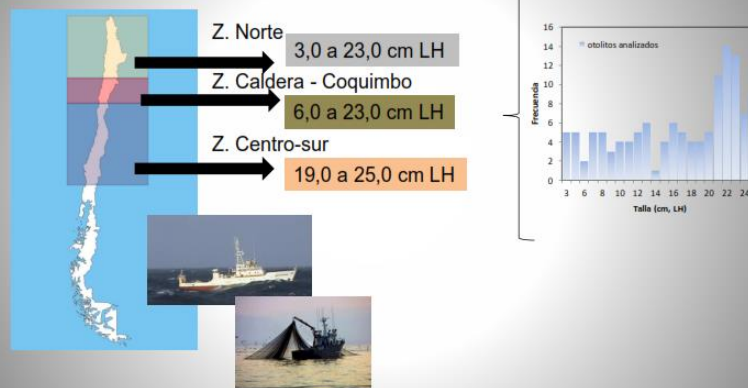
Asociado al proyecto de investigaci3n: FIP 2014-32 "Protocolos de lectura en jurel"

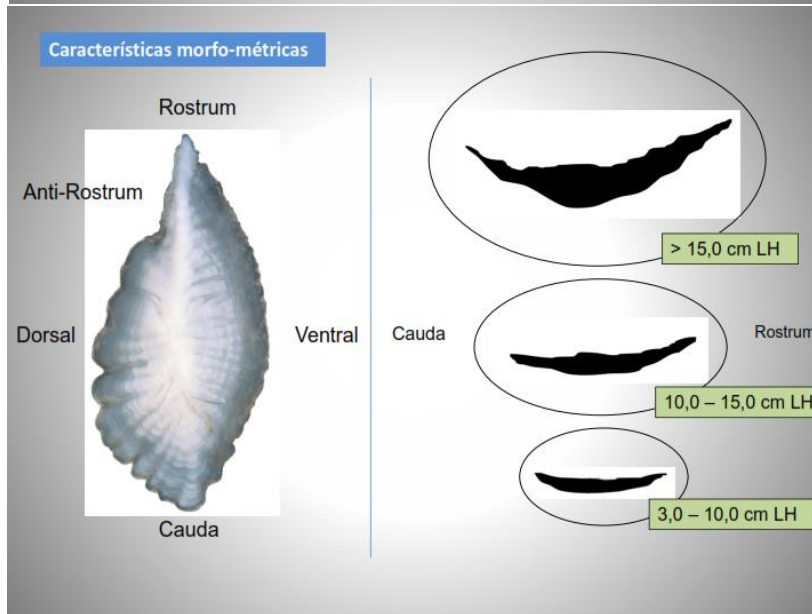


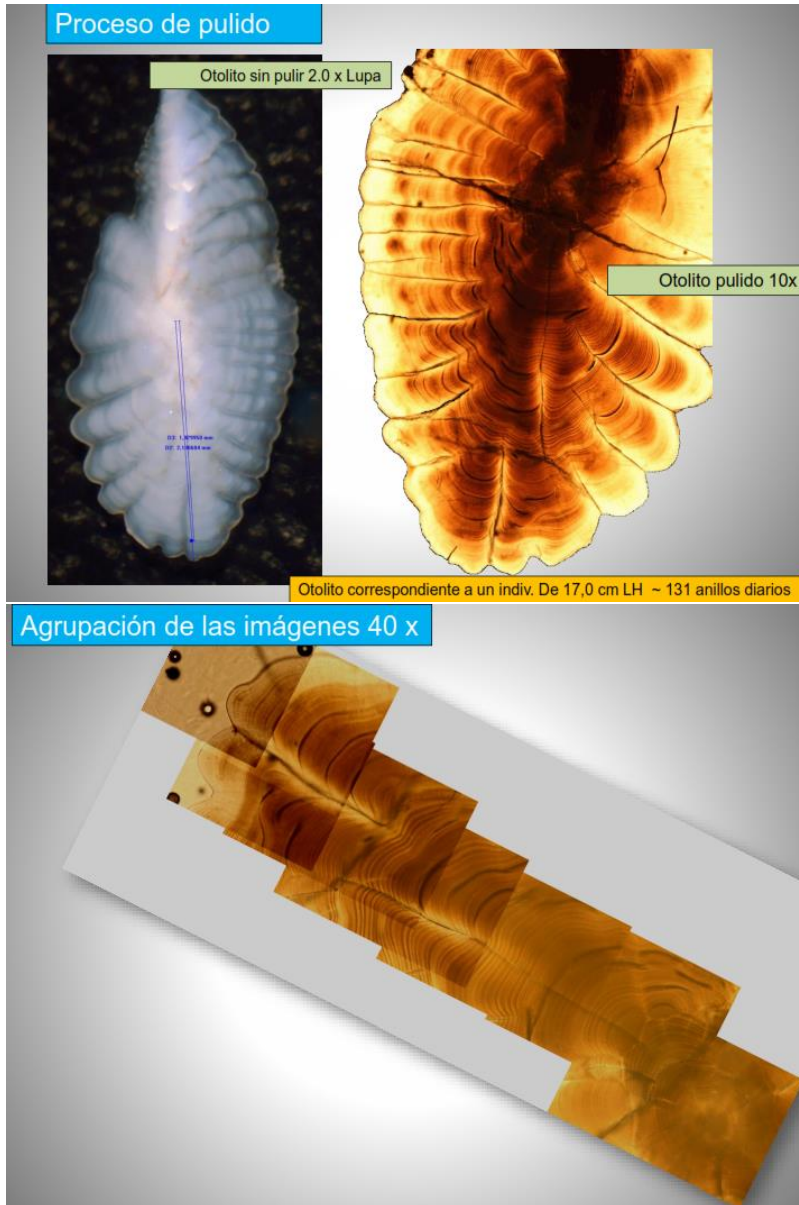
Proceso de preparaci3n y caracterizaci3n de la micro-estructura de otolitos sagitta en juveniles de jurel (*Trachurus murphy*).

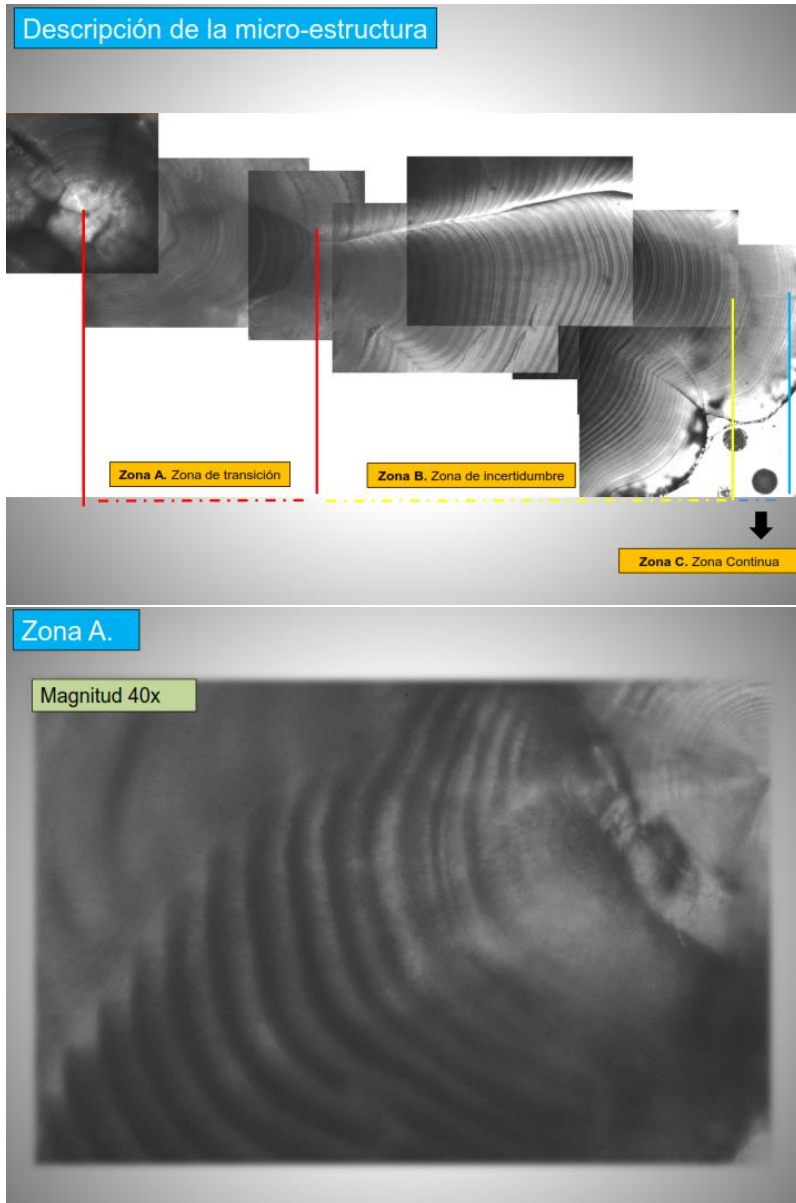
Criterio de selecci3n

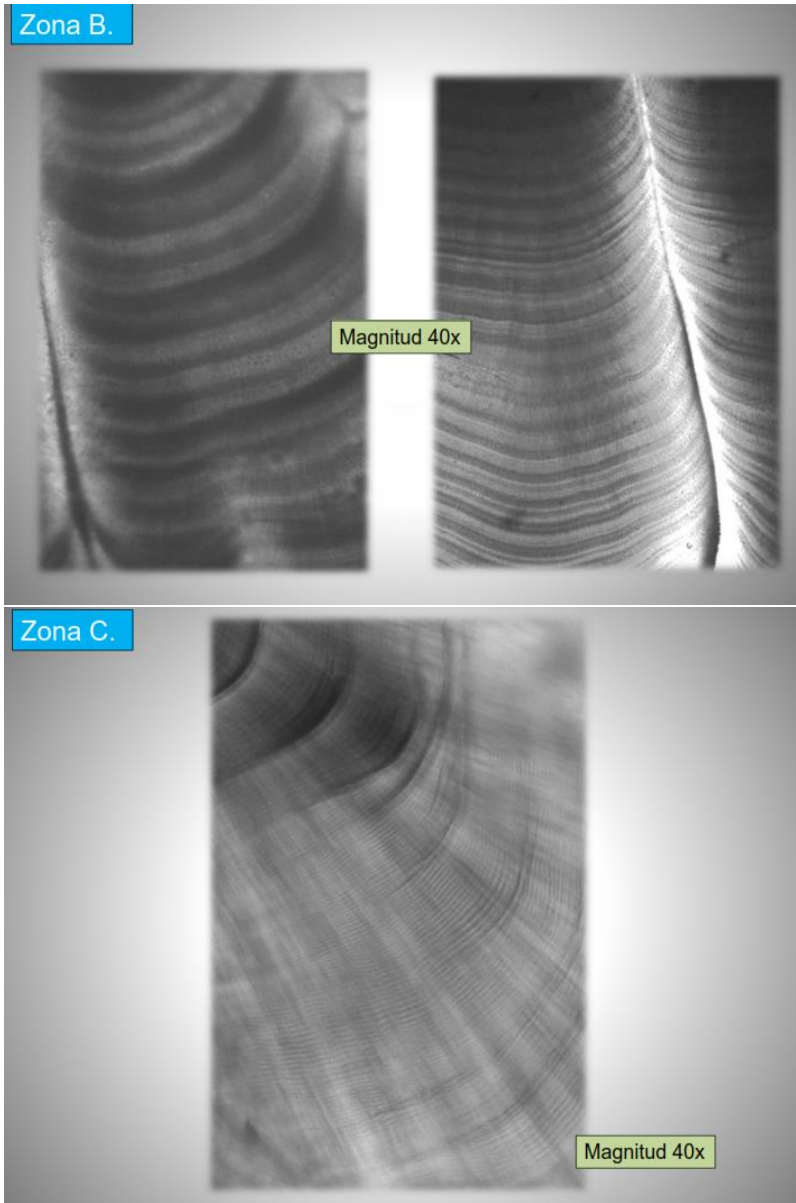
Representaci3n de las tres principales zonas de extracci3n

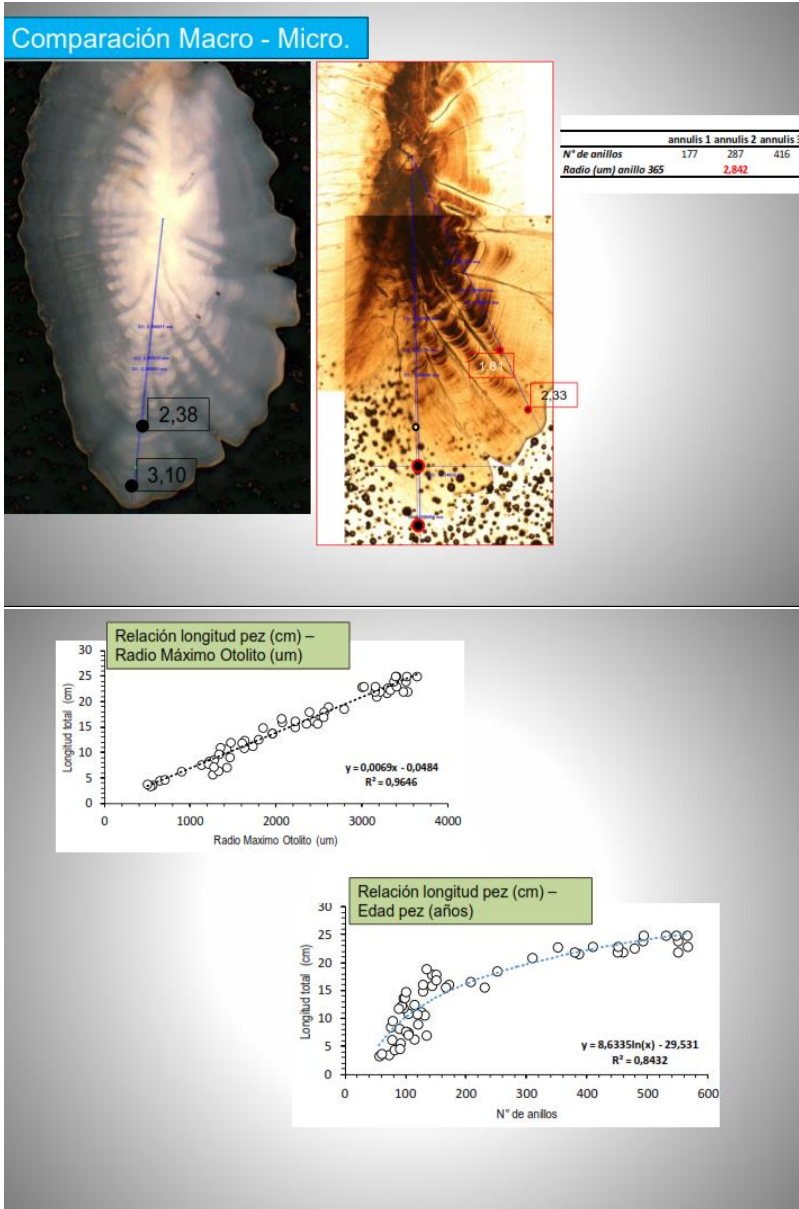














Presentaci3n II:

Introducci3n al taller de validaci3n del primer anillo anual del jurel (*Trachurus murphyi*), basado en el an3lisis de la microestructura de otolitos.

Presentador: Francisco Cerna Troncoso.

WORKSHOP

“ Validation of First Annual Ring of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) based on otolith microstructure analysis”

“FIP 2014-32 “Protocolo de lectura de otolitos de jurel”

December 14-18, 2015, Valparaiso, Chile

Organizers

Instituto de Fomento Pesquero
Valparaiso, Chile

Antecedentes de la Validaci3n de la edad de jurel (*Trachurus murphyi*) del Pacífico sur-este frente a Chile.

Secci3n edad y crecimiento
Divisi3n de Investigaci3n Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero

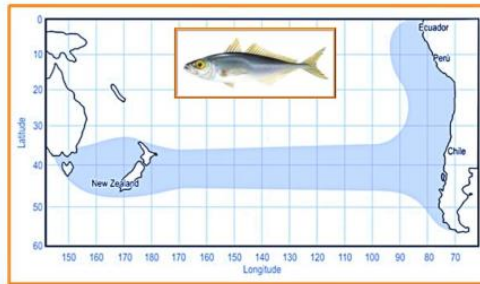


Figure 1. Distribution area of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in South Pacific Ocean.

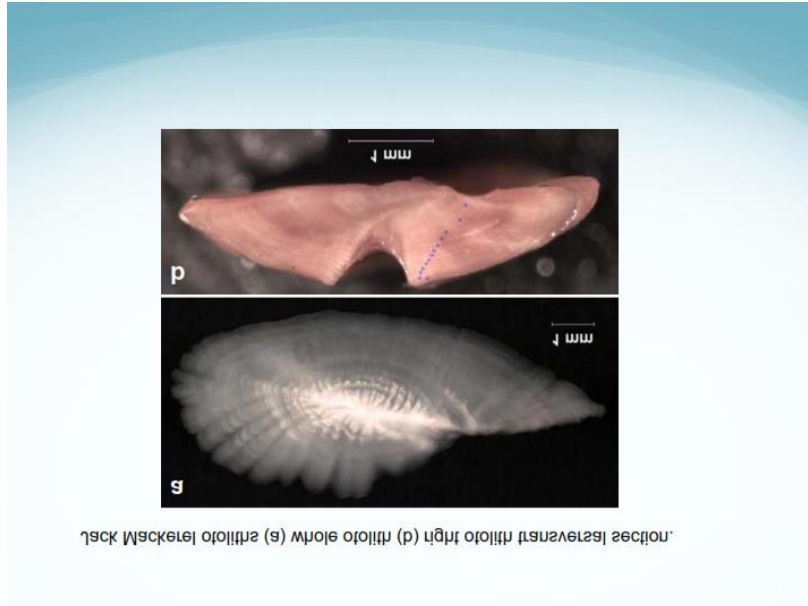
Lecturas de edad



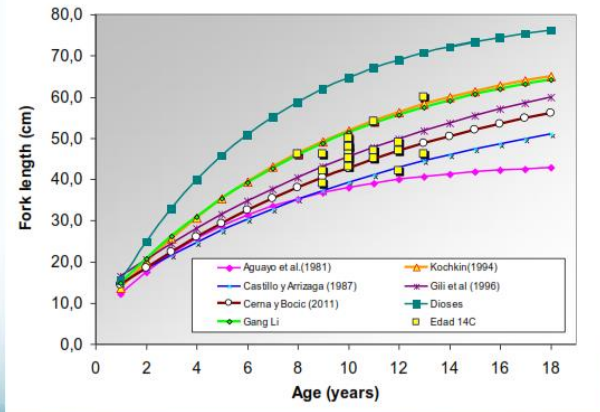
- Otolitos son guardados en cartones
- Se lee otolito izquierdo bajo guicerina
- Microscopio estereosc3pico 10X
- Luz reflejada

For the age estimation is used the left whole otolith, which is submerged in a Petri's plate with black bottom, where the otolith is covered with transparent oil, and read under a stereoscopic microscope with magnification of 10X and using reflected light.





Von Bertalanffy growth curve of jack mackerel for the Chilean fishery by different authors. The yellow square are age by radiocarbon estimation





ANTECEDENTES SOBRE EL ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS DE JUREL

AGE VALIDATION WITH DAILY INCREMENT COUNTS METHOD



FIG. 2 – Photomicrograph frontal plane of sagittal otolith (postrostrum) of an adult *T. symmetricus* injected twice (30 days between the injections) with oxytetracycline. (A) Illuminated with ultraviolet light; (B) illuminated with normal transmitted light. 30 micrometres are visible between the two fluorescent marks. Scale 1 cm = 30.2 μ m.

SCI. MAR., 47 (4): 471-473 SCIENTIA MARINA 2001

Preliminary results of the empirical validation of daily increments in otoliths of jack mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) marked with oxytetracycline*

MIGUEL ARAYA¹, MARIANELA MEDINA¹ and HUGO ARANCIBIA

¹Departamento Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile. E-mail: mmedina@uprap.cl

²Departamento Oceanografía, Facultad de Ciencias Biológicas y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

TABLE 1. – Length, weight and increments numbers of two counts of *T. symmetricus* otoliths maintained in captivity.

Fork Length (cm)	Weight (gr)	Increments	
		1°	2°
27.4	279.5	-	-
28.4	325	27	28
28.9	320.4	-	-
29.1	331.6	31	30
30	302	26	27
30	355.3	-	-
30.5	382.5	29	29
30.8	393.5	31	30
30.9	375.5	29	30
31	409.7	-	-
32.4	476.5	27	27
32.8	437.6	28	29
32.9	481.5	30	29
37.7	439.9	32	31



Rev. Peru. Biol. Conserv. Especial 2011, 33(4), 160 (Diciembre 2011)
 Editorial: Biología y Conservación del Jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú.
 Editado por: Carlos G. Goicoechea y Renata Guevara-Carrasco
 Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM
 ISSN-L 1601-0807

BIOL3GIA DEL JUREL (*TRACHURUS MURPHYI*) EN EL PERÚ

Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Validation of the formation rate of growth rings in otoliths of Jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Carlos Goicoechea, Jorge Mostacero, Patricia Moquillaza, Teobaldo Dioses, Yeny Topiño y Renato Guevara-Carrasco

Tabla 2. Longitud total (mm) y número de incrementos diarios leídos en 21 individuos de jurel *T. murphyi* capturados en aguas peruanas durante el verano de 2011.
Table 2. Total length (mm) and number of daily increments in 21 individuals of Jack mackerel *T. murphyi* caught in Peruvian waters during the summer of 2011.

Nº Ind	Long. (mm)	Edad (días)	Edad en días			CV %
			Len-1	Len-2	Len-3	
1	35	67	65	64	2.338	
2	38	59	58	59	0.984	
3	37	96	96	94	2.176	
4	38	99	100	95	3.228	
5	67	123	120	127	2.931	
6	71	115	113	118	1.182	
7	96	139	135	139	2.533	
8	81	139	137	144	3.263	
9	89	141	142	130	1.675	
10	81	143	132	142	4.195	
11	79	111	107	111	3.668	
12	78	141	135	140	3.648	
13	98	156	162	150	3.846	
14	162	303	315	299	3.493	
15	153	240	233	242	2.445	
16	190	369	355	377	3.297	
17	160	225	220	222	2.862	
18	156	224	218	231	2.927	
19	159	274	265	281	3.520	
20	161	250	260	272	3.921	
21	163	278	287	282	4.148	
22	160	243	235	238	4.083	
23	200	333	322	346	3.619	
24	190	431	430	410	4.283	
25	200	396	404	382	3.035	
26	200	375	387	372	3.600	
27	200	437	422	441	3.079	
28	200	391	404	389	3.131	
29	210	380	381	384	3.206	
30	210	390	370	397	4.418	
31	210	405	390	418	3.303	

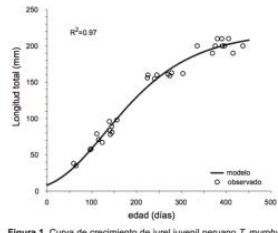


Figura 1. Curva de crecimiento de jurel juvenil peruano *T. murphyi* estimada mediante el modelo de Laird-Gompertz.

Tabla 3. Longitudes medias a la horquilla (cm) de jurel *T. murphyi* con 1 año de edad obtenida por varios autores en Perú y Chile y el presente estudio.
Table 3. Average fork lengths (cm) of 1 year old Jack mackerel *T. murphyi*, obtained by several authors in Peru and Chile, and the present study.

Autores	Países	LA
Abramov & Koldyar (1960)	(Perú)	19.1
Nekrasov (1982)	(Chile)	17.4
Nekrasov (1987)	(Perú)	18.2
Novos et al. (1989)	(Perú)	14.1
Kochkin (1994)	(Perú)	13.4
Scherbich (1991)	(Chile)	8.2
Araya et al. (1995)	(Chile)	8.6
Presente estudio	(Perú)	17.7

Universidad de Concepción
 Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
 Programa de Magister en Ciencias Mención Acuicultura

Determinación de la edad de jurel (*Trachurus murphyi*) mediante lecturas de incrementos de crecimiento diario en otolitos sagittae

Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Mención Acuicultura

LILIAN ESTER CISTERNA AGUIAYO
 CONCEPCIÓN-CHILE
 2014

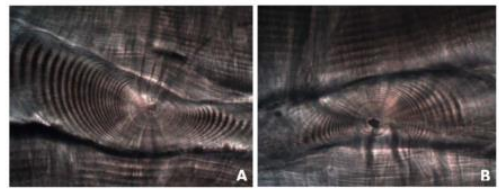


Figure 2. Optical microscope photographs (1000X) showing the center of sagittae otoliths in *T. murphyi* of 18 cm (A) and 41 cm (B) fork length, respectively.

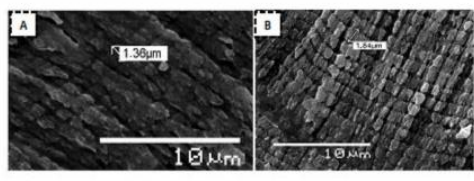


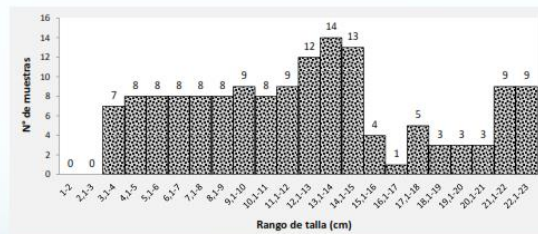
Figure 3. Daily rings in scanning electron micrographs. A: Ring width is 1.36 µm. in the border of the otolith in *T. murphyi*. B: Ring width is 1.84 µm near the border.



ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS DE JUREL PACÍFICO SUR-ESTE FRENTE A CHILE

FRECUENCIA DE OTOLITOS ANALIZADOS

Frecuencia de los otolitos seleccionados para análisis de microincrementos diarios

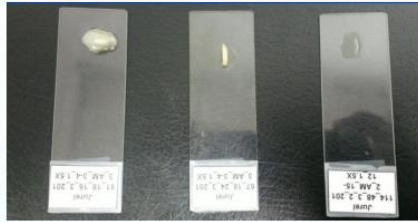




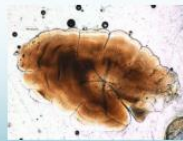
Elecci3n del Tipo de Preparaci3n, para lo cual se realizaron 2 ensayos de acuerdo a Plaza et al. (2005):

- a) Secci3n longitudinal
- b) Superficie cara externa del otolito.

a)



b)



PATR3N DE LA MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS SAGITAE DE JUREL



PATR3N DE LA MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS DE JUREL

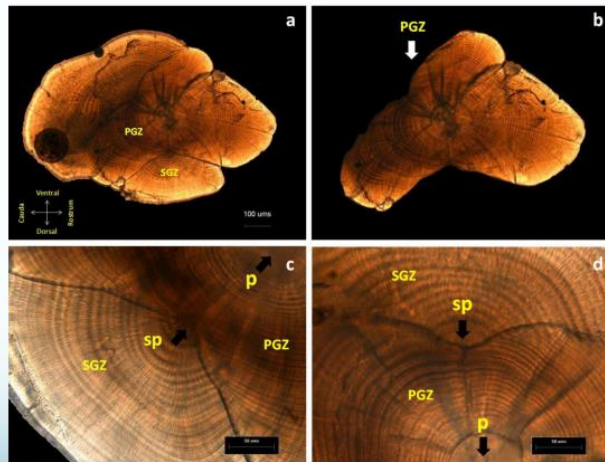
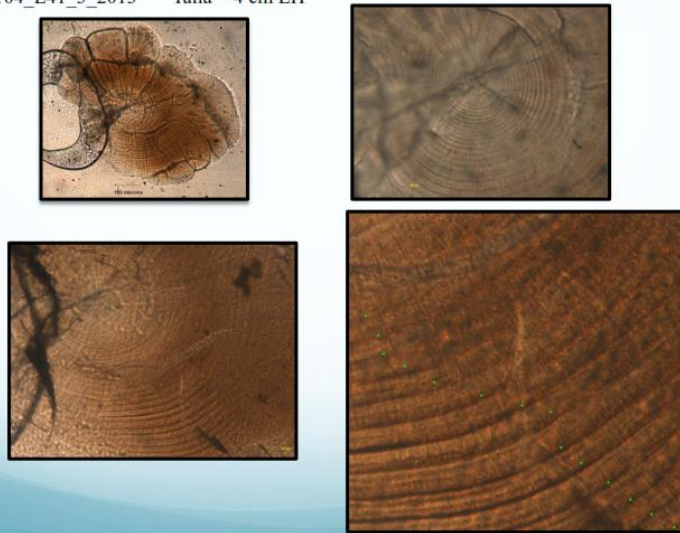


Figure 6. Microstructure of otolith sagitta of *Trachurus Murphyi* of 3.6 cm FL and 62 days, catch in North of Chile. The picture c and d shows the primordium (p) and secondary primordium (sp) that divided the otolith in a Primary Growth Zone (PGZ) and Secondary Growth Zone (SGZ). The picture b shows all extension of PGZ, that in the rostrum area reaches the edge.

104_L41_3_2013 Talla = 4 cm LH



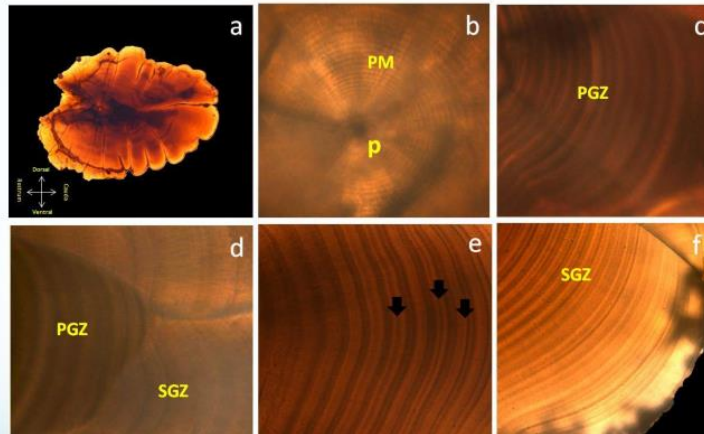


Figure 7. Sagittae otolith microstructure of *T. murphyi* with 10.7 cm FL. The pictures show the whole reading axis toward the post-rostrum. The picture a) show the whole otolith; b) show the initial primordium (p) and primary microincrement (PM); c) the middle area of PGZ; d) the end area of PGZ and start of SGZ; e) correspond at the middle area of SGZ where was observed the growth bands formed for two thin rings, the arrow indicated a possible sub-daily ring; f) shows the thin rings near to edge of otolith.

Criterios de lectura de acuerdo con Campana (1992)

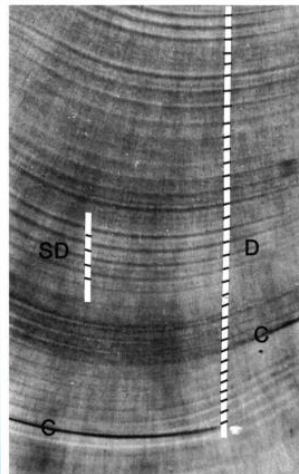


FIG. 3. A growth increment sequence characterized by daily (D) and subdaily (S) increments, as well as by checks (C). The daily increment sequence is smooth and regular in its appearance; changes in increment width and contrast are often gradual.

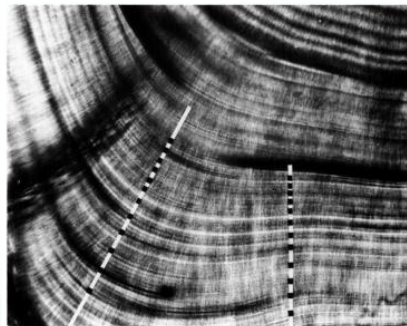
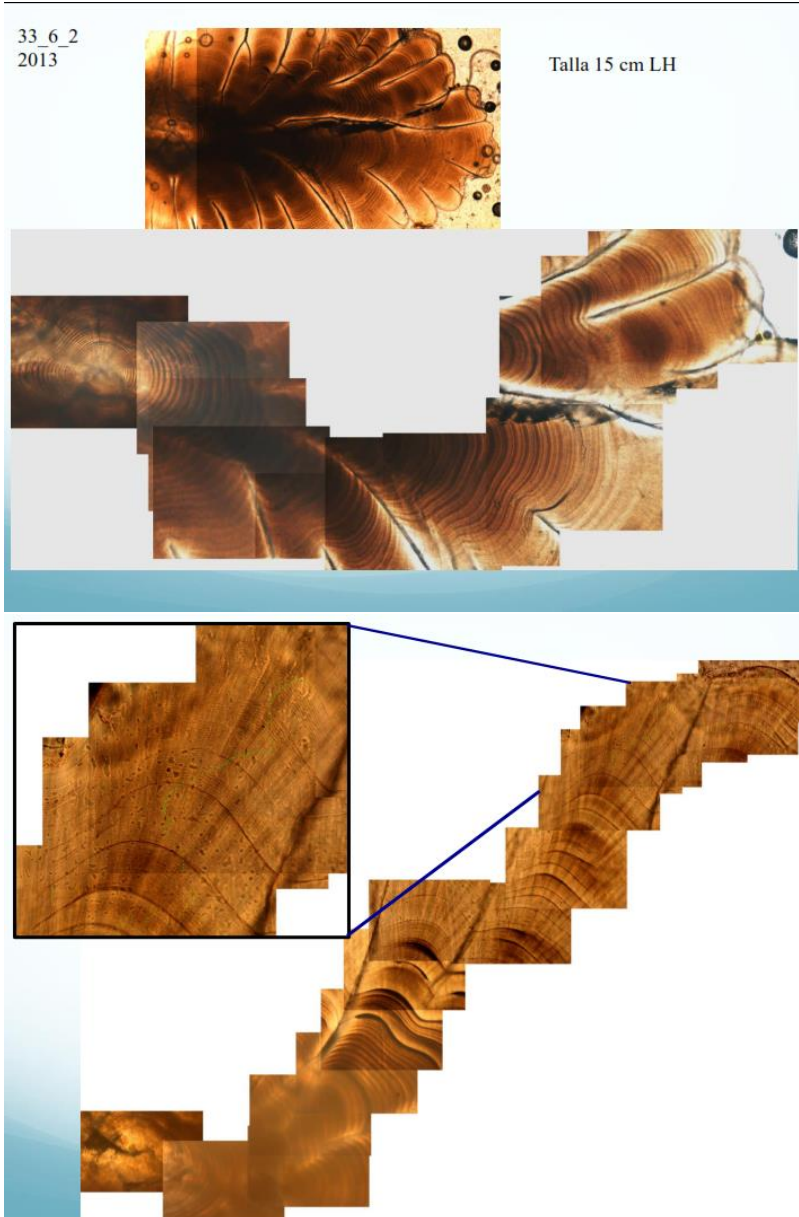


FIG. 4. Overgrading can make subdaily increments appear more prominent than they would be otherwise. Subdaily increments are prominent, and daily increments indistinct, along two marked growth axes of an overgraded daily bander (*Pomadasys undulatus* sagitta). Daily increments have been indicated in black; the daily pattern is also more apparent in the better-prepared section to the lower right.





PERFIL DE GROSOR DE MICROINCREMENTOS DE JUREL

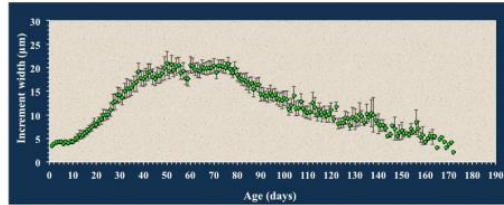


Figure 8. Increment width profile along the post-rostrum radius of sagittae otolith *T. murphyi*. Values are mean with standard error measurement in 21 otoliths of juvenile fish, collected in the north coast (Arica to Coquimbo) off Chile.

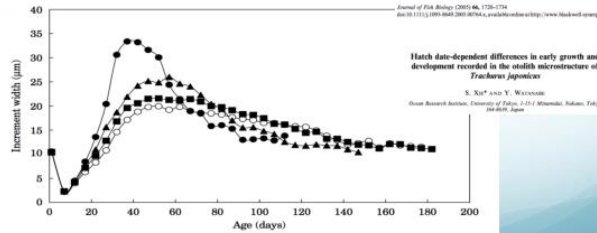


Fig. 6. Variations in increment width in sagittae among hatch-month cohorts (○, January and February; ■, March; ▲, April; ●, May) of *Trachurus japonicus* juveniles collected from Fugawa Bay in 2002.

ICES Journal of Marine Science, 58: 806-813, 2001
doi:10.1006/jmsc.2001.1071, available online at <http://www.idealibrary.com on> **IDEAL**

Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths

Miranda E. Waldron and Michael Kerstan



Waldron, M. E., and Kerstan, M. 2001. Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. - ICES Journal of Marine Science, 58: 806-813

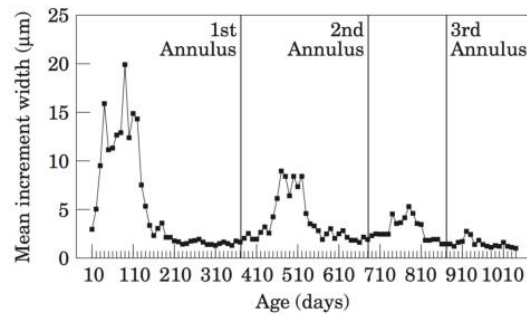


Figure 7. Ten day mean daily increment deposition patterns on a 3.5-year-old horse mackerel.



AJUSTE PRELIMINAR DEL CRECIMIENTO DE PECES JUVENILES DE JUREL

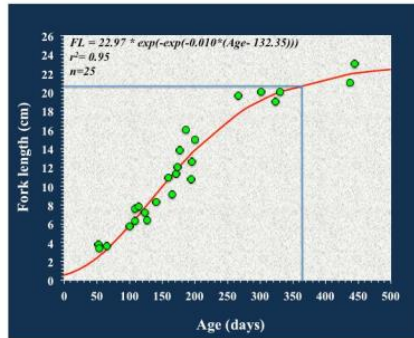


Figure 9. Curve that fitted the length-at-age plots of *Trachurus murphyi* juvenile collected in the north coast (Arica to Coquimbo) off Chile.



Presentación III:

Presentación y discusión de los resultados.
Presentador: Francisco Cerna Troncoso.

The poster features the IFOP logo in the top left and a Chilean flag in the top right. The title is in bold, followed by the subtitle and the acronym 'FIP 2014-32'. Below the text is a map of Chile with a fish and an otolith overlaid. The dates and location are listed below the map, followed by the organizers' name.

WORKSHOP

“ Validation of First Annual Ring of jack mackerel (Trachurus murphyi) based on otolith microstructure analysis”
“FIP 2014-32 “Protocolo de lectura de otolitos de jurel”

December 14-18, 2015, Valparaiso, Chile

Organizers
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaiso, Chile

Actividades Desarrolladas

- Ejercicio de reproducibilidad de peces juveniles con imágenes de otolitos.
- Discusión de criterios de interpretación de lecturas
- Ejercicio de reproducibilidad de ejemplares adultos con imágenes.
- Ejercicio de reproducibilidad de lecturas directas de otolitos de un peces juveniles de ZN y ZCS.
- Comparación de de la macro y microestructuras de otolitos del mismo pez en ejemplares adultos, (“≥ 1 año”)



CLASIFICACI3N DEL GRADO DE EXPERIENCIA DE LOS PARTICIPANTES

Nº	Nombre	Grado Experiencia microestructura
1	Guido Plaza	Alta
2	Francisco Cerna	Alta
3	Guillermo Moyano	Alta
4	Miguel Araya	Alta
5	Lilian Cisterna	Alta
6	Christian Valero	Baja
7	Lizandro Mu00f1os	Baja

CLASIFICACI3N CALIDAD DE LAS FOTOGRAFIAS ANALIZADAS (conjunta del staff)

1)Alta	2)Media	3)Media	4)Alta
5)Alta	6)Media	7)Alta	8, 9,10) baja
11)Media	12)Baja	13)Media	14)Alta
15)Media	16)Baja	17)Media	18)Alta
19)Alta			



RESULTADOS DE REPRODUCIBILIDAD (Peces Juveniles)
APE=33% para otolitos con alta resolución de imágenes

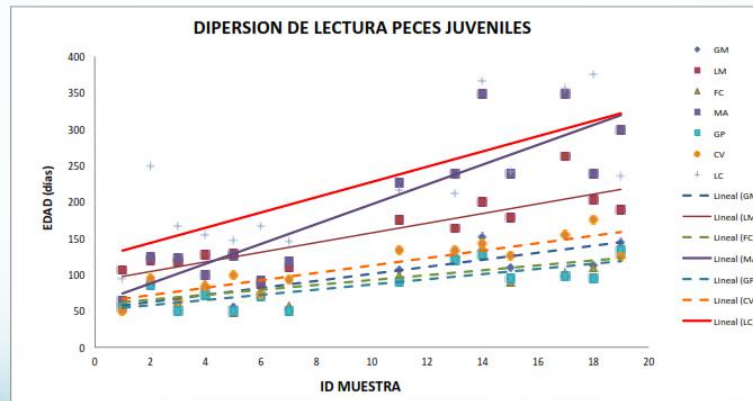
IMAGE																				
DD ID	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad
1 1 2N 104 FG	60	57	106	85	64	54	50	89.4	0.14	0.18	0.53	0.37	0.08	0.22	0.28	25.57	21.91	31.55	A	
2 1 2N 104 FG	60	57	106	85	64	54	50	89.4	0.14	0.18	0.53	0.37	0.08	0.22	0.28	25.57	21.91	31.55	A	
3 1 2N 206 FG	61	61	117	107	123	50	64	91.3	0.34	0.34	0.27	0.82	0.34	0.45	0.30	47.1	40.88	44.12	48.03	M
4 1 2N 85 FG	87	86	127	154	99	72	84	100.4	0.13	0.20	0.26	0.53	0.01	0.29	0.16	22.80	29.59	29.46	A	
5 1 2N 103 FG	48	55	129	147	126	50	99	93.4	0.49	0.47	0.38	0.57	0.35	0.40	0.39	38.53	42.14	45.10	A	
6 1 2N 76 FG	73	86	87	107	162	70	73	82.5	0.21	0.07	0.86	0.80	0.01	0.24	0.21	22.97	33.89	26.67	M	
7 1 2N 106 FG	57	53	110	146	119	50	93	88.7	0.36	0.41	0.23	0.63	0.33	0.44	0.38	34.76	37.51	41.81	A	
11 1 2N 165 FG	99	138	175	226	228	90	138	148.4	0.34	0.29	0.17	0.43	0.51	0.40	0.33	32.28	56.49	37.84	M	
13 1 2N 204 FG	129	132	164	212	208	100	138	181.3	0.20	0.19	0.62	0.31	0.48	0.26	0.17	23.05	48.21	38.65	M	
14 1 2N 225 FG	138	151	199	369	349	128	143	210.6	0.34	0.28	0.55	0.74	0.66	0.39	0.33	39.67	103.00	48.91	A	
15 1 2N 74 FG	90	109	179	242	236	94	128	154.0	0.42	0.28	0.16	0.57	0.55	0.39	0.18	37.35	65.74	42.68	M	
17 1 2N 30 FG	102	155	263	366	349	97	154	210.6	0.52	0.28	0.25	0.69	0.66	0.54	0.27	45.45	111.08	53.68	B	
18 1 2N 17 FG	110	112	203	276	238	95	175	187.0	0.41	0.40	0.09	0.31	0.27	0.49	0.39	38.11	88.94	52.91	AA	
19 1 2N 207 FG	129	144	169	236	286	134	125	179.3	0.28	0.20	0.58	0.32	0.66	0.25	0.30	29.50	66.35	39.64	A	
																Media	33.84			
																Mín	22.80			
																Máx	45.45			

IMAGE																				
SOLO MUESTRAS CON CALIDAD ALTA																				
DD ID	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad
1 1 2N 104 FG	60	57	106	85	64	54	50	89.4	0.14	0.18	0.53	0.37	0.08	0.22	0.28	25.57	21.91	31.55	A	
4 1 2N 85 FG	87	80	127	154	99	72	84	100.4	0.13	0.20	0.26	0.53	0.01	0.29	0.16	22.80	29.59	29.46	A	
5 1 2N 103 FG	48	55	129	147	126	50	99	93.4	0.49	0.47	0.38	0.57	0.35	0.40	0.39	38.53	42.14	45.10	A	
7 1 2N 106 FG	57	53	110	146	119	50	93	88.7	0.36	0.41	0.23	0.63	0.33	0.44	0.38	34.76	37.51	41.81	A	
14 1 2N 225 FG	138	151	199	369	349	128	143	210.6	0.34	0.28	0.05	0.74	0.66	0.39	0.32	40.87	103.00	48.91	A	
18 1 2N 17 FG	110	112	203	276	238	95	175	187.0	0.41	0.40	0.09	0.31	0.27	0.49	0.39	38.11	88.94	52.91	AA	
19 1 2N 207 FG	129	144	169	236	286	134	125	179.3	0.28	0.20	0.58	0.32	0.66	0.25	0.30	29.50	66.35	39.64	A	
																Media	33.84			
																Mín	22.80			
																Máx	39.67			

RESULTADOS DE REPRODUCIBILIDAD (Peces Adultos)
APE=5% para otolitos con alta resolución de imágenes

DD ID	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad													
21 21 2CS 46 FG	171	171	182		162	33	163		170	25	182		172	21	182		186	27	163	207	22	153	31	192	21	175	36	25					
30 20 2CS 82 FG	144	10	203	70	11	145	25	208	56	29	151	14	187	29	29	152	19	217	17	26	192	19	267		155	27	194	31	140	22	188	55	25
31	139	36	49	30	212	66	139	39	362		134	30	45	85	174	144	38	408		515					144	35	40	28	185		447		

IMAGE																				
FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad	
390	408	377	375	416	419	449	404.9	0.04	0.01	0.07	0.07	0.03	0.03	0.11	0.05	5.12	26.37	6.51	A	
444	461	414	431	438	436	430	436.3	0.02	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	2.24	14.36	3.29	A	
532	539	476	590	515	449	447	506.9	0.05	0.06	0.06	0.16	0.02	0.11	0.12						
																Media	5.12			
																Mín	5.12			
																Máx	5.12			



PATR3N DE LA MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS SAGITAE DE JUREL



PATRÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS DE JUREL

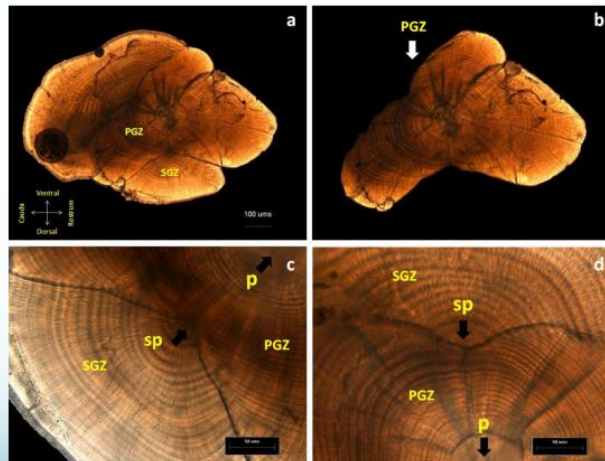
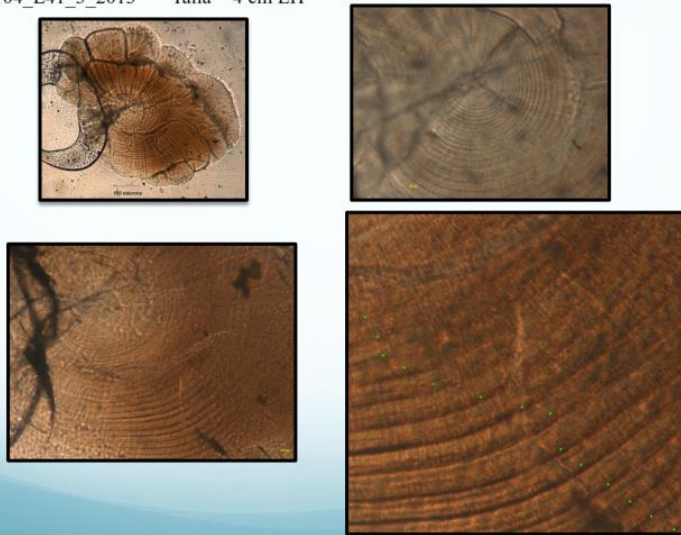
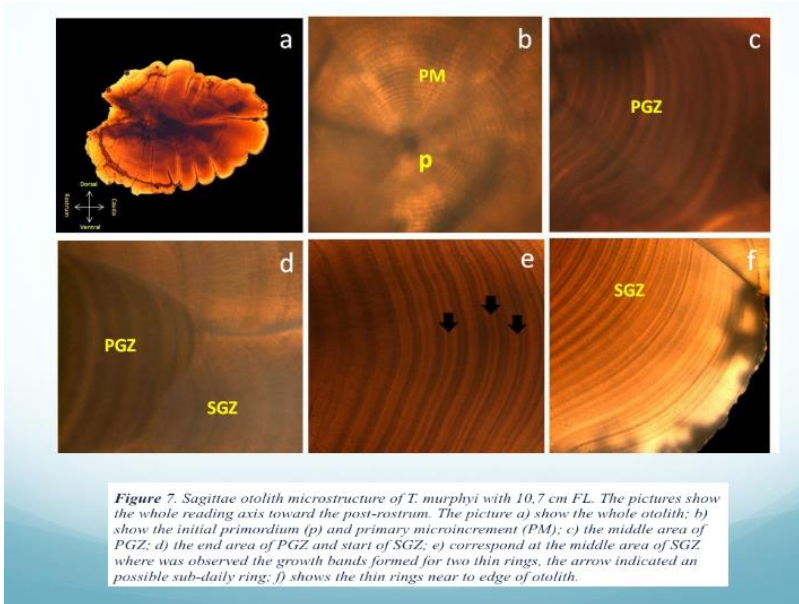


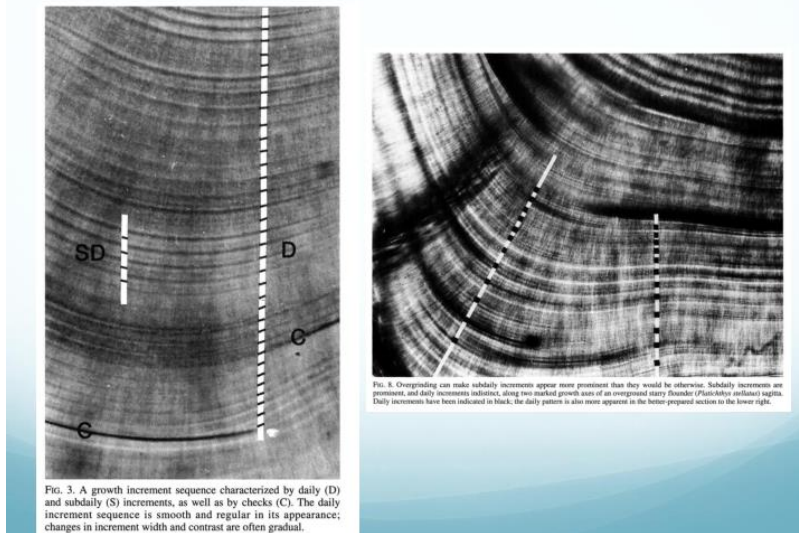
Figure 6. Microstructure of otolith sagitta of *Trachurus Murphyl* of 3.6 cm FL and 62 days, catch in North of Chile. The picture c and d shows the primordium (p) and secondary primordium (sp) then divided the otolith in a Primary Growth Zone (PGZ) and Secondary Growth Zone (SGZ). The picture b shows all extension of PGZ, that in the rostrum area reaches the edge.

104_L41_3_2013 Talla = 4 cm LH





Crterios de lectura de acuerdo con Campana (1992)





LECTURAS DE OTOLITOS CON CRITERIOS CONCENSUADOS

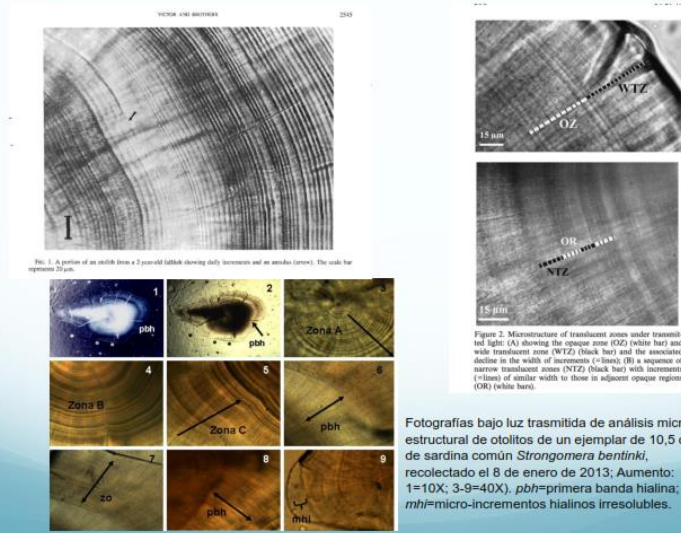
IMAGE		FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad
1	1_ZN_104_FG	55	57	62	55	57	55	62	57.6	0.04	0.01	0.08	0.04	0.01	0.04	0.08	0.04	4.40	3.15	5.48	A
7	7_ZN_106_FG	52	52	69	67	101	51	91	69.0	0.25	0.00	0.03	0.46	0.26	0.32	0.22	22.36		20.06	29.07	A
18	18_ZN_17_FG	105	101	93	113	152	98	124	112.3	0.06	0.10	0.17	0.01	0.35	0.13	0.13	13.27		20.30	18.07	AA
																	Media	13,34			
																	Min	4,40			
																	Max	22,36			

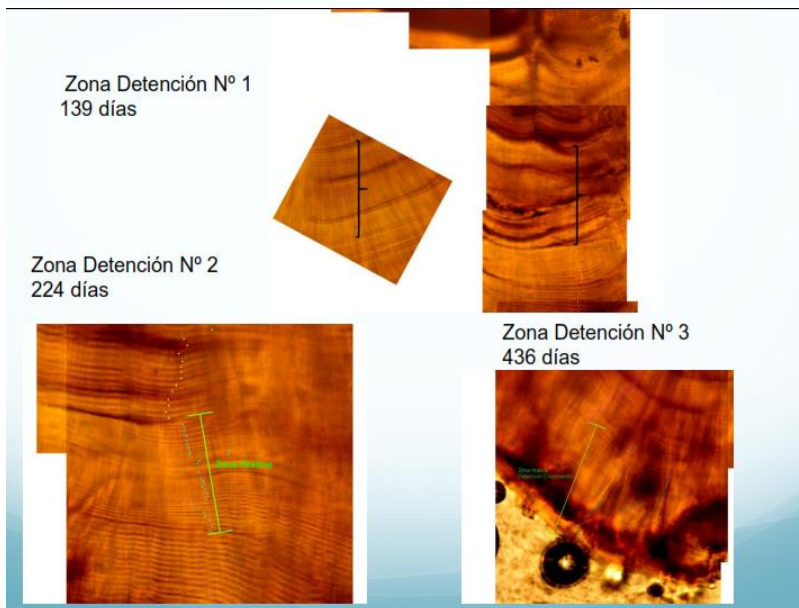
Ejercicio de reproducibilidad utilizando preparaciones de elevada resoluci3n, despu3s que los criterios de interpretaci3n de micro-incrementos primarios fueron concensuados.

IMAGE		516																			
ID	D	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Mean	%	DE	CVAR	Calidad
9	INPESCA 20_09	126	143	157	149	205	129	137	149.4	0.16	0.04	0.05	0.00	0.37	0.14	0.08	12.07		26.79	17.93	A
9	INPESCA 20_09	124	136	131	196	145	127	124	140.4	0.12	0.03	0.07	0.40	0.03	0.10	0.12	12.24		25.62	18.24	A
																	Media	12,15			
																	Min	12,07			
																	Max	12,24			

Foto MA LM

CARACTERISTICAS MICROESTRUCTURAL DE UN ANNULUS







AJUSTE PRELIMINAR DEL CRECIMIENTO DE PECES JUVENILES DE JUREL

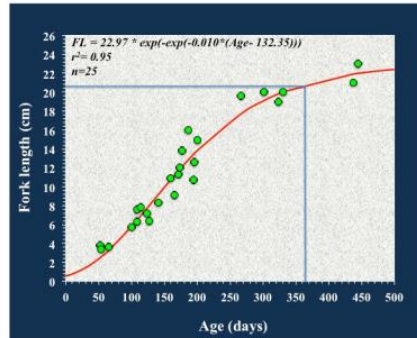


Figure 9. Curve that fitted the length-at-age plots of *Trachurus murphysi* juvenile collected in the north coast (Arica to Coquimbo) off Chile.

Sugerencia para confirmar los hallazgos:

1. Contar anillos hacia distintas zonas del otolitos para comparar el n3mero micro-incrementos visibles.
1. Conseguir lapillus y sagitae del mismo pez adulto (app. 18 cm LH) para comparar el patr3n de la microestructura.
1. Hacer an3lisis de frecuencia fecha de nacimiento (Hatch analysis) para corroborar el conteo de micro-incrementos.





Fichas de las muestras de otolitos de jurel

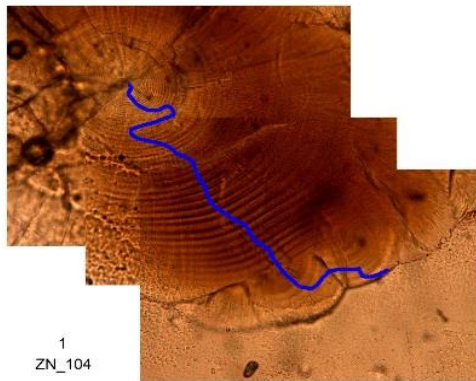
Utilizadas para el taller de “Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus murphy*), basado en el análisis de la microestructura de otolitos”.



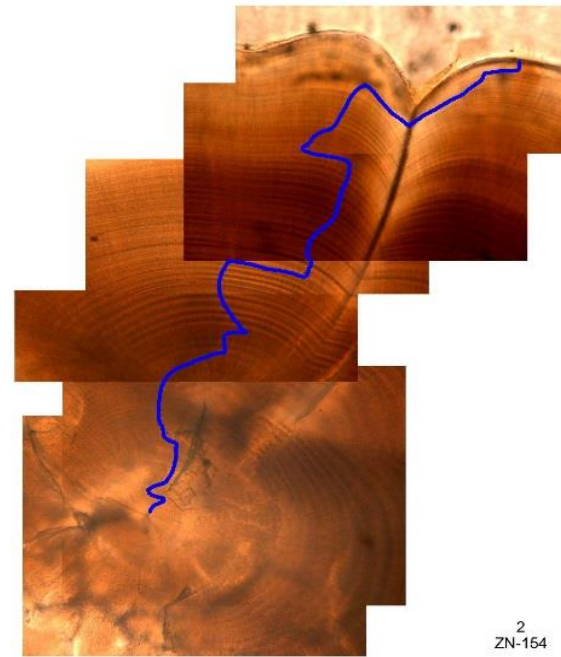
WORKSHOP "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RINGS OF JACK MACKEREL (*MACHURUS MAXILLATUS*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **FP 2014-32**: "PROCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IZMIF



FICHA OTOLITO



N° 1/21



N° 2/21

2
ZN-154

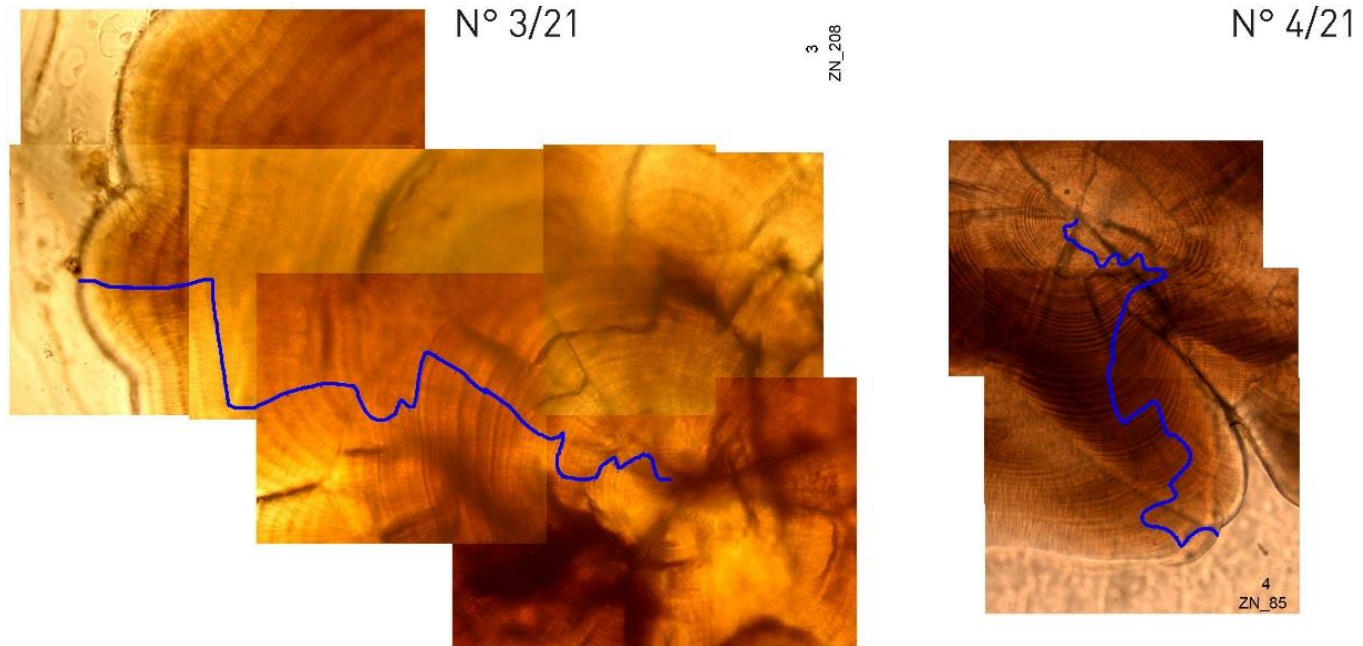
100% tama1o de la imagen



WORKSHOP: "VALIDATION OF FISH ANNUAL RINGS OF JACK MACKEREL (TRACHURUS ANCHURUS) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ABOGADO AL PROYECTO FIP 2014-32: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO



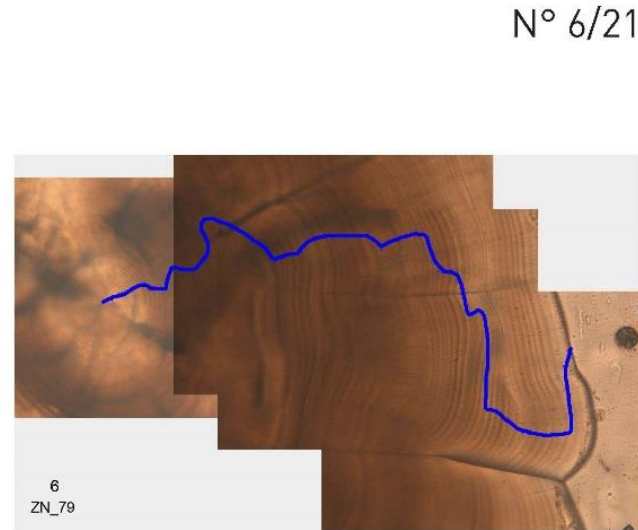
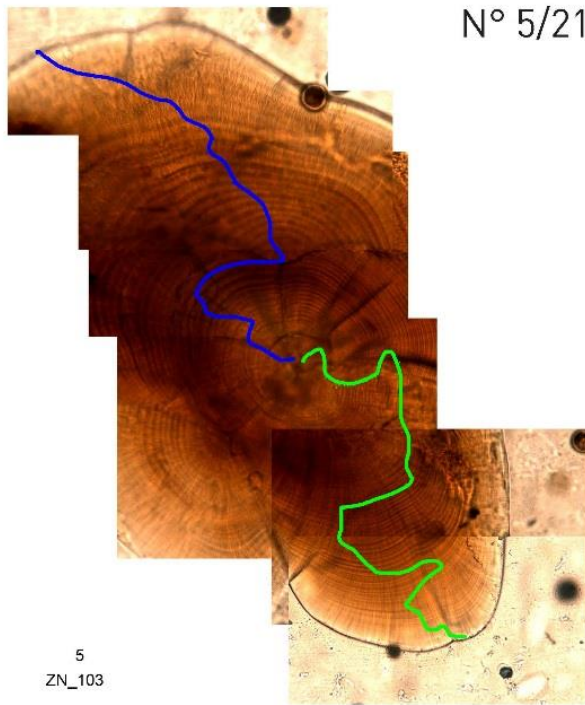
100% tama1o de la imagen



WORKSHOP "VALIDATION OF HRIS' ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*MACHAMUS MURPHYY*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL FONDO FIP 2014-32: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO



100% tamaño de la imagen

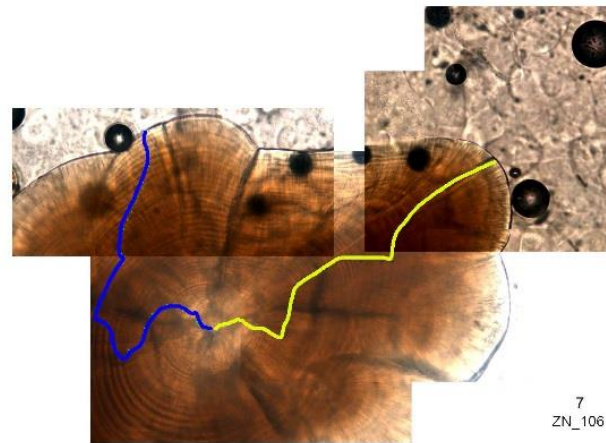


WORKSHOP: "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*MACHURUS LATUS*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **FP 2014-32**: "PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 7/21



7
ZN_106

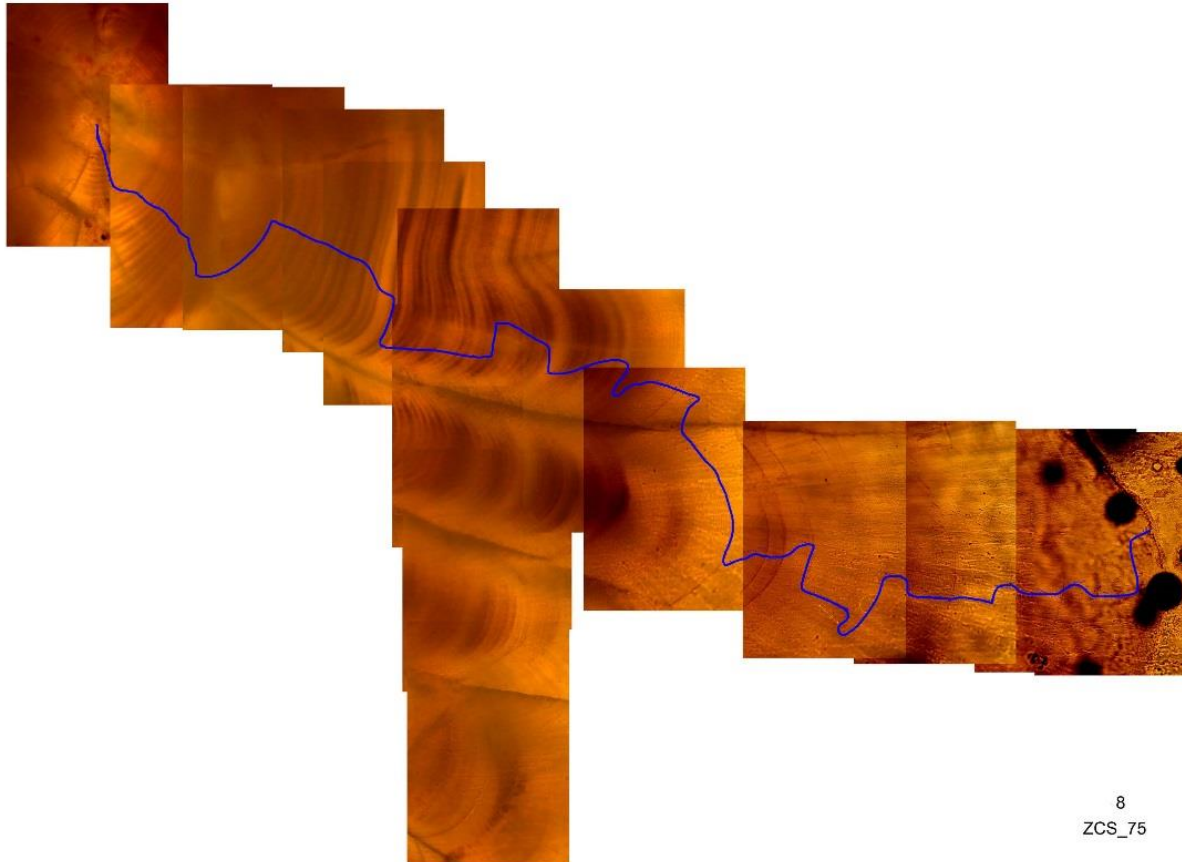
100% tama1o de la imagen



WORKSHOP: "VALIDATION OF FISH ANNUAL RINGS OF JACK MACKEREL (*TRACHURUS ANCHURUS*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO FIP 2014-32: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



N° 8/21



8
ZCS_75 60% tamaño de la imagen

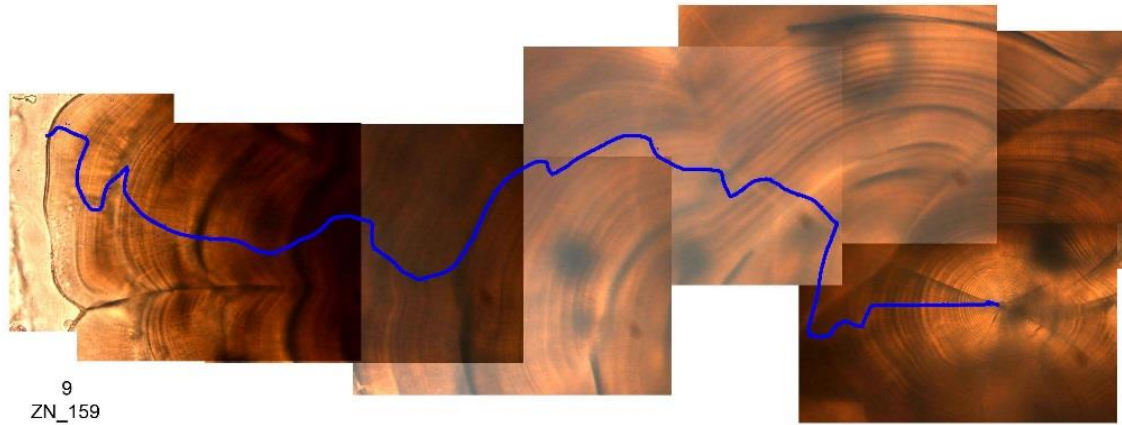


WORKSHOP: "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RINGS OF JACK MACAREL (*MACHURUS MURPHYS*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ABSTRACTS OF PROCEEDINGS OF THE 12th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OTOLOGY, 2014, 1-12



FICHA OTOLITO

N° 9/21



9
ZN_159

100% tama1o de la imagen

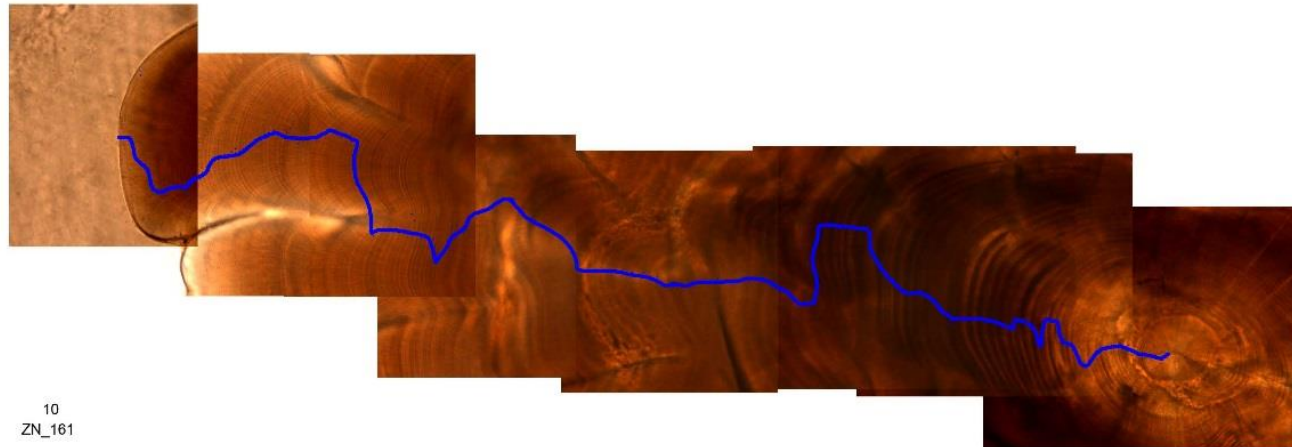


WORKSHOP "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*SACCHURUS MURPHYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **FP 2014-22**: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, D-III



FICHA OTOLITO

N° 10/21



10
ZN_161

100% tama1o de la imagen

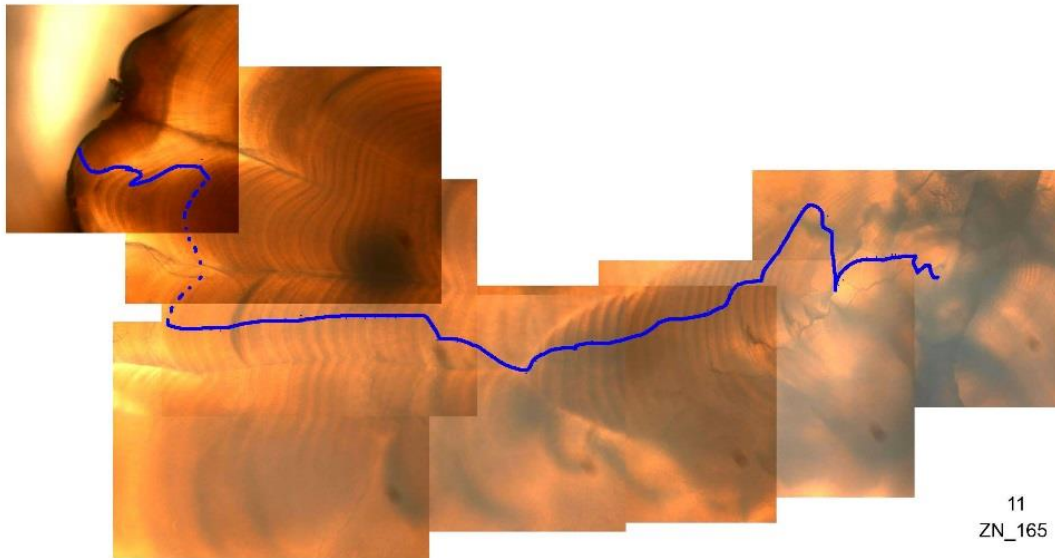


WORKSHOP "VALIDATION OF FRS | ANNUAL RINGS OF JACK MACKEREL (TRACHURUS MURPHYI) BASED ON OTOITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO FIP 2014-32: "PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

Nº 11/21



11
ZN_165

100% tamaño de la imagen

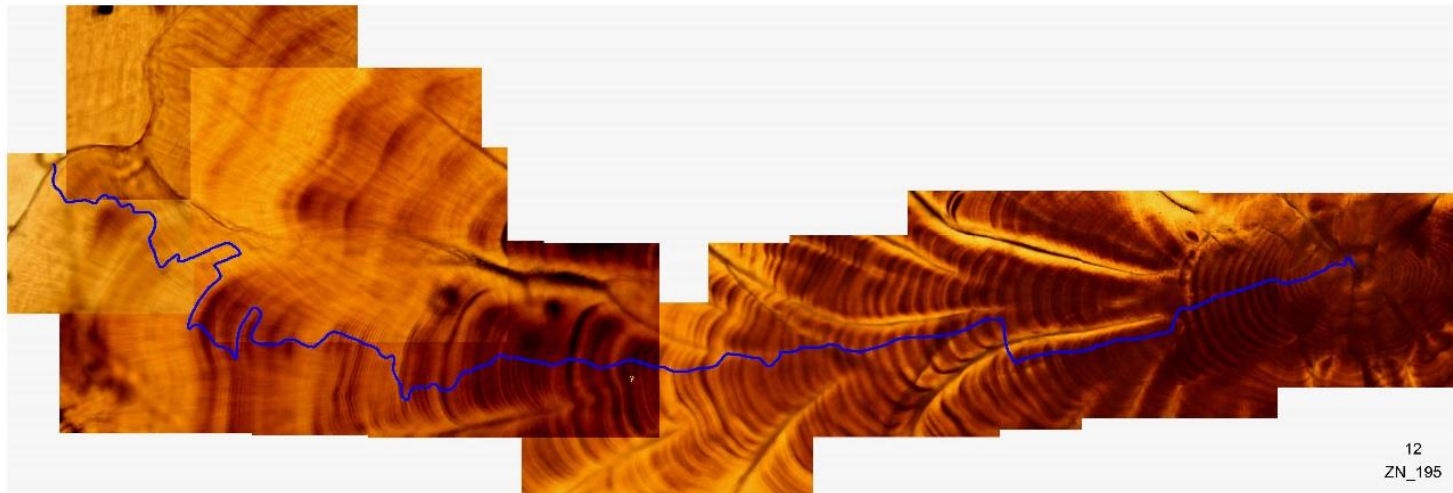


WORKSHOP: "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (TRACHURUS MURPHY) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIACI3N AL PROYECTO FIP 2014-32: "PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CIA S



FICHA OTOLITO

Nº 12/21



12
ZN_195

70% tama1o de la imagen

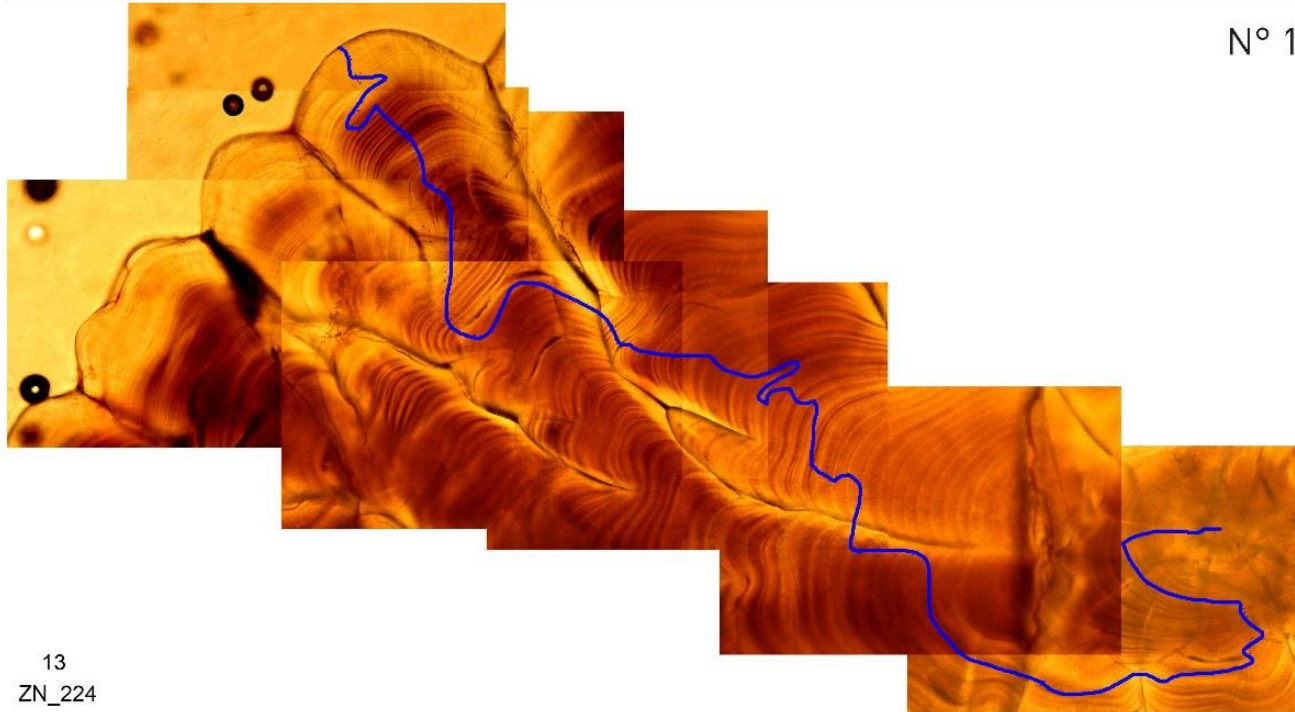


WORKSHEET: "VALIDATION OF FHS" ANNUAL REPORT: JACK MACKEREL (SQUALIACUDA MURPHYI) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO RFP 2014-32: "PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL" INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 13/21



13
ZN_224

100% tamaño de la imagen

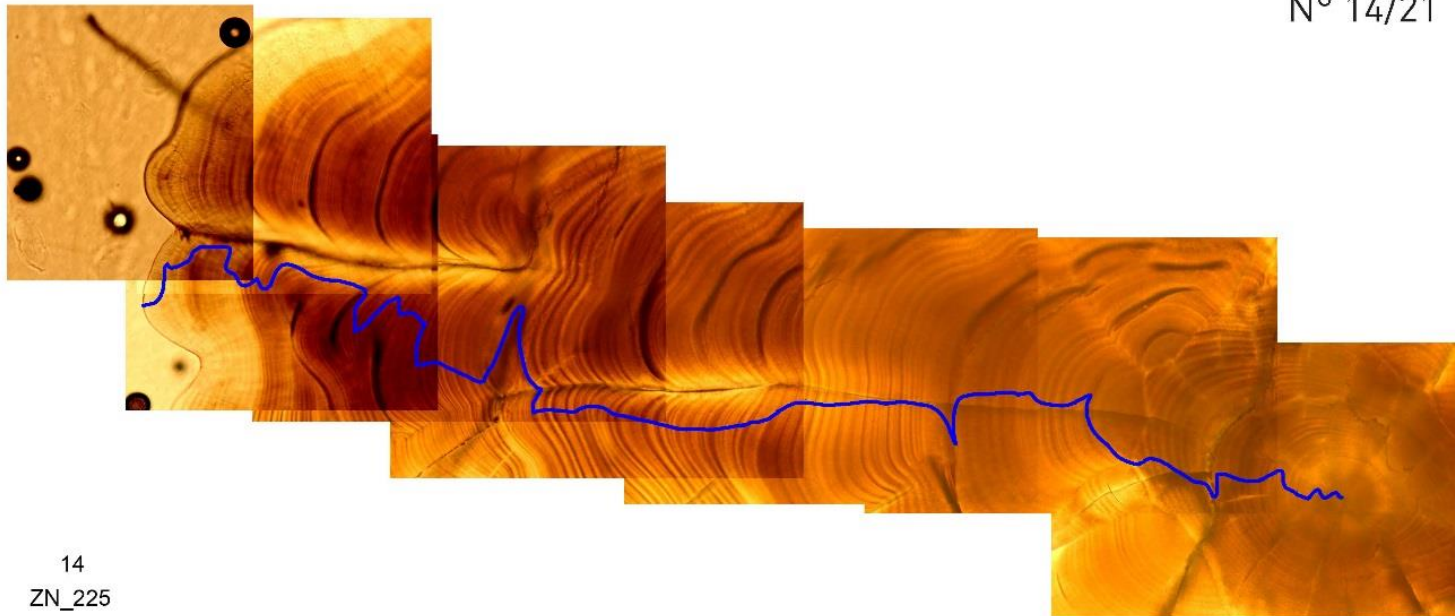


WORKSHOP "VALIDATION OF FHS' ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (MACRHMUS MURPHYY) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO FP 2014-32: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 14/21



14
ZN_225

100% tamaño de la imagen

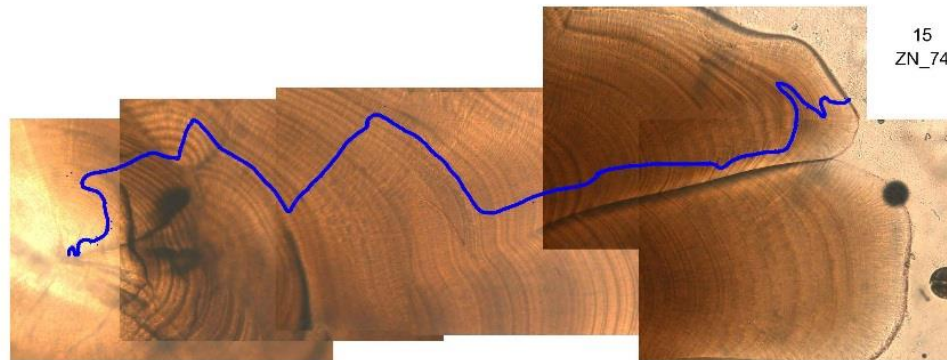


WORKSHOP "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*TRACHURUS MURPHYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **FP 2014-22**: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 15/21



100% tama1o de la imagen

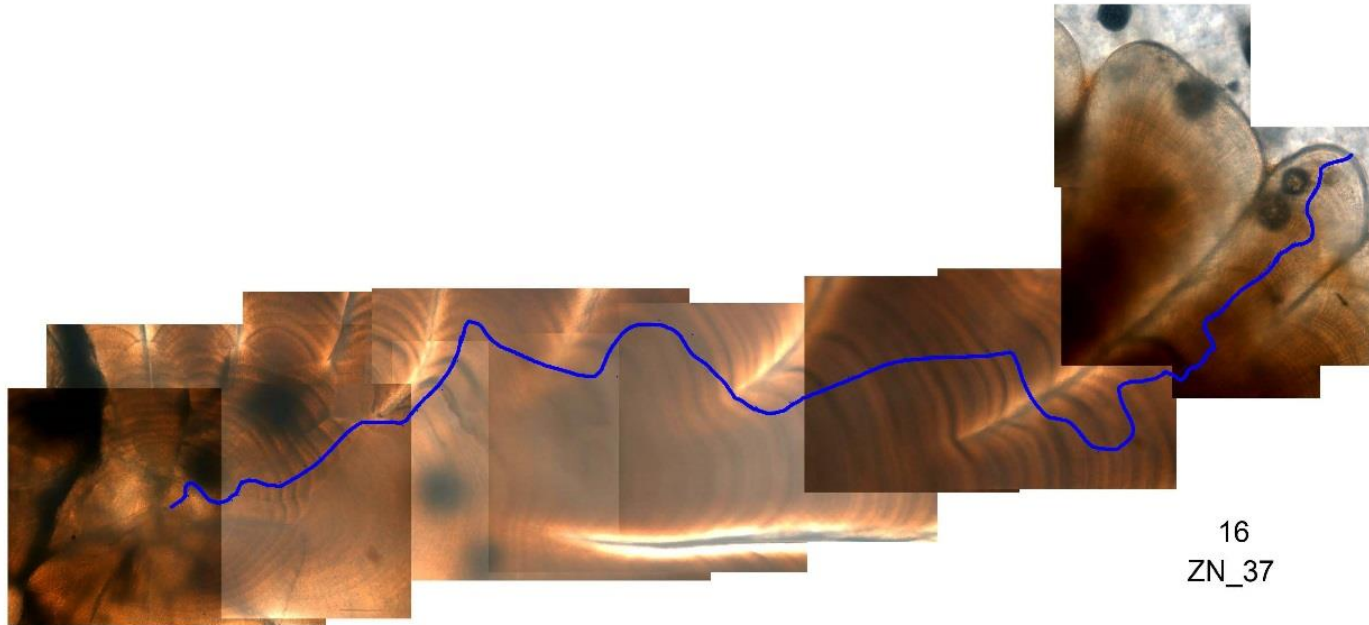


WORKSHOP: VALIDATION OF FIRST ANNUAL RINGS OF JACK MACAREL (*MACHURUS MURPHYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO FIPA 2014-32: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 16/21



16
ZN_37

100% tamaño de la imagen

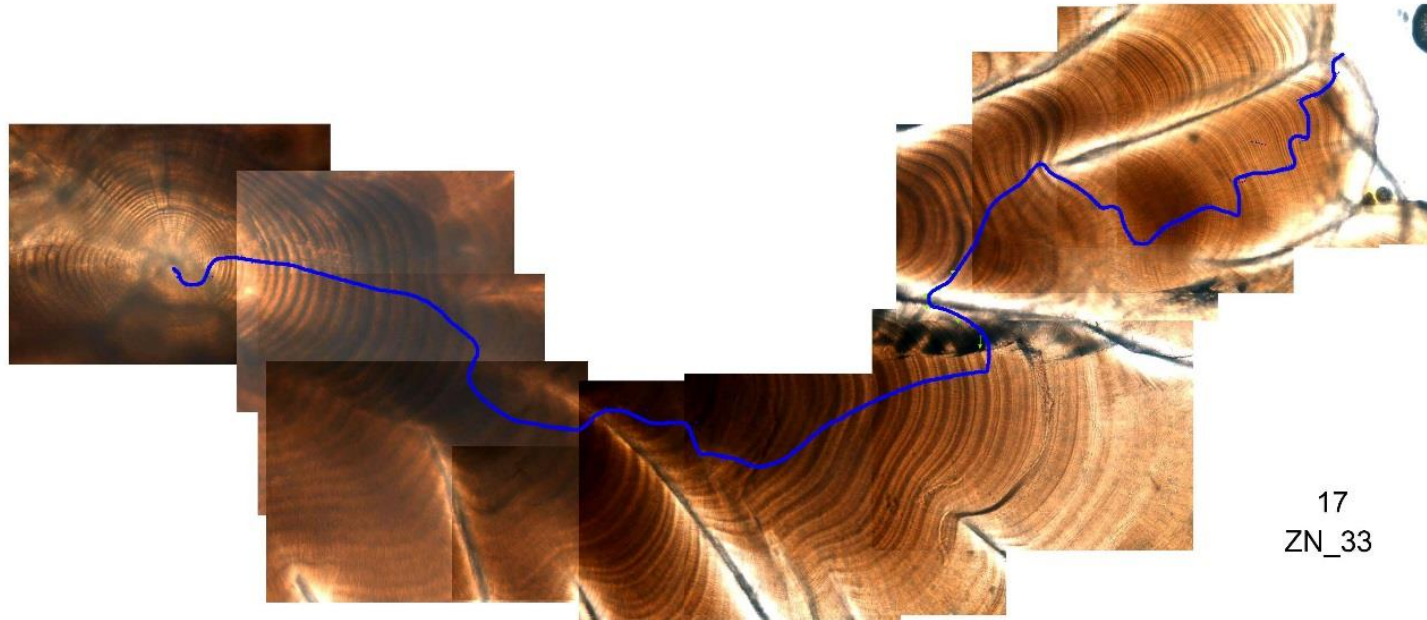


WORKSHOP: "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACKEREL (*MACCHURUS WUOHUOYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **FP 2014-32**: "PROYECTO DE LECTURA DE OTOLOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 17/21



17
ZN_33

100% tama1o de la imagen

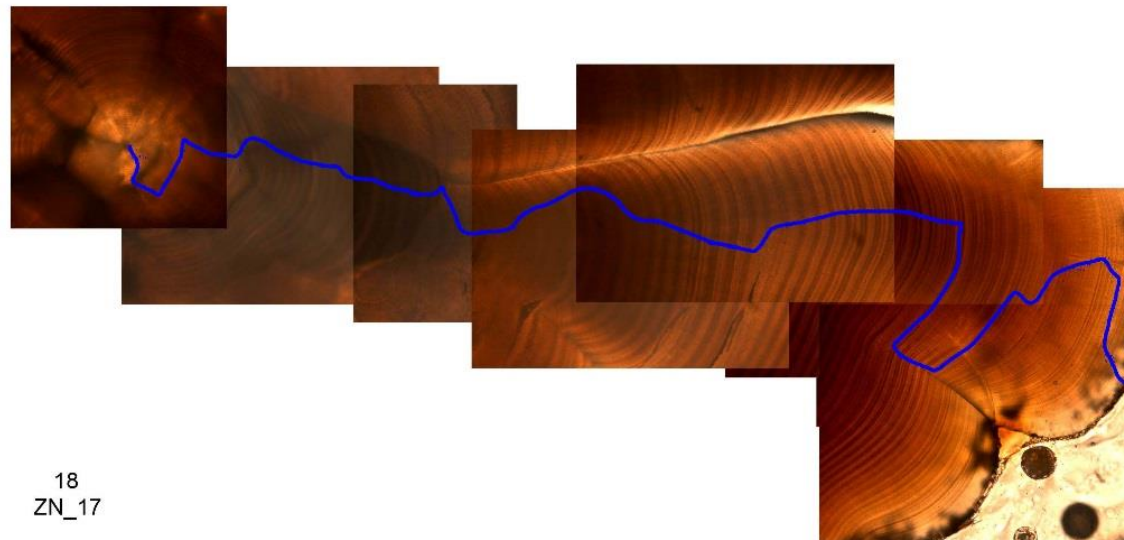


WORKSHOP "VALIDATION OF FIRST ANNUAL RING OF JACK MACARELL (*MACRURUS MURZEHYI*) BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
APOYO AL PROYECTO **IP 2014-32**: PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 18/21



18
ZN_17

100% tama1o de la imagen

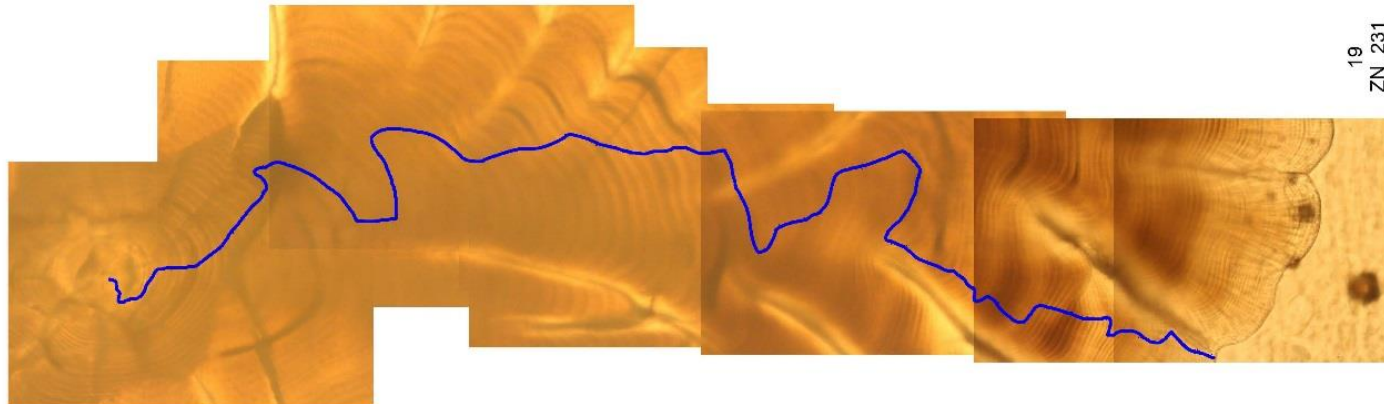


WORKSHOP: "VALIDATION OF THE ANNUAL RING OF JUREL (MACRURILECTURUS MACRURUS) BASED ON OTOLITH MICROS-STRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO FIP 2014-32: "PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL". INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 19/21



19
ZN_231

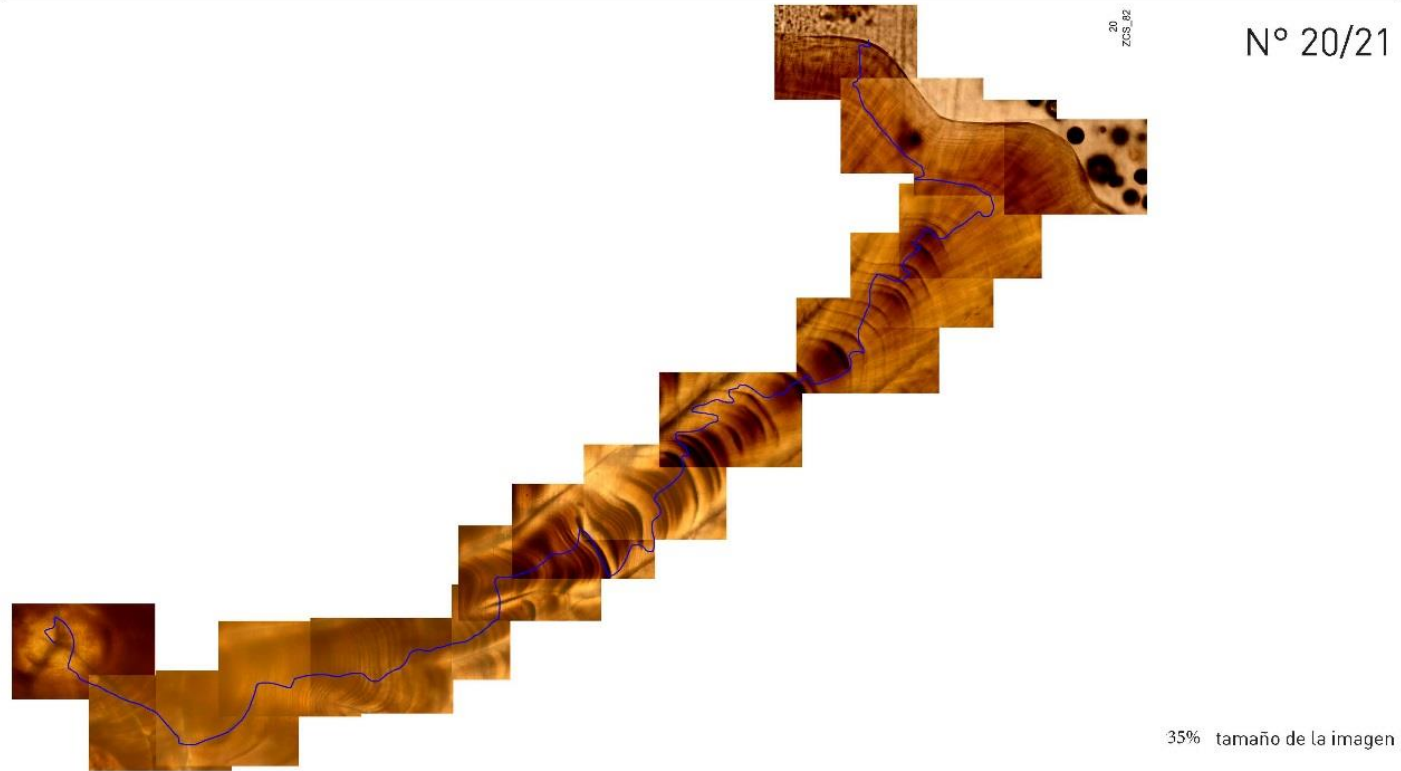
90% tamaño de la imagen



WORKSHOP "VALIDATION OF FHS" ANNUAL RING OF JACK MACARELL (MACARELLUS MACURRUS) BASED ON OTOITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
PROYECTO FONDECYT 11400003, PROYECTO DE FECTURA DE PROYECTOS DE I+D+i INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO





WORKS-HOP: "VALIDATION OF THE ANNUAL RINGS OF *ACHINACERRELLA MACMURDOI* BASED ON OTOLITH MICROSTRUCTURE ANALYSIS"
ASOCIADO AL PROYECTO **RP 2014-32**. PROTOCOLO DE LECTURA DE OTOLITOS DE JUREL. INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, CHILE



FICHA OTOLITO

N° 21/21



35% tamaño de la imagen



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA



Listas de participantes al Taller 1

“Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus murphy*), basado en el análisis de la microestructura de otolitos”
(14-18 diciembre 2015)



Workshop Jurel

Proyecto: “Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus Murphy*)”
FIP 2014-32

Valparaíso, 14 de diciembre del 2015
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Lizandro Muñoz R.	IFOP	
2	Lilian Listermann A.	INOPESCA	
3	Ricardo Acevedo	UNAP	
4	Andrés Pérez	POCV	
5	MARIO ACEVEDO	SUBPESCA	
6	Guillermo Guzmán	IFOP	
7	FRANCISCO CERNA	IFOP	
8	Christian Jahn B.	IFOP	
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus Murphy*)"
FIP 2014-32

Valparaíso, 15 de diciembre del 2015
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Guido Plaza	ZUCU	
2	Christian Valero B	IFOP	
3	Alexandro Muñoz	FFOP	
4	Lillean Cordero	Inpesca	
5	Miguel Araya	UNAP	
6	Guillermo Veloso	IFOP	
7	Francisco Cerda	IFOP	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus Murphy*)"
FIP 2014-32

Valparaíso, 16 de diciembre del 2015
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Golds Plaza	PUCV	
2	Christina Valera B	IFOP	
3	Lizandro Muñoz	IFOP	
4	Miguel Araya	UNAP	
5	Lillean Costales	INPESCA	
6	Guillermo Moyano	IFOP	
7	FRANCISCO CERNA	IFOP	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus Murphy*)"
FIP 2014-32

Valparaíso, 17 de diciembre del 2015

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Guido Raza	PUCV	
2	Octavio Valero B.	IFOP	
3	Lisandro Muñoz R.	IFOP	
4	Lillem Cortesma	INPESCA	
5	Mario Acevedo	SUBPESCA	
6	Silvia Hernández	SSPA	
7	Miguel Arcega	UNAP	
8	Francisco Cerda	IFOP	
9	Guillermo Inapuca	IFOP	
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Validación del primer anillo anual del jurel (*Trachurus Murphy*)"
FIP 2014-32

Valparaíso, 18 de diciembre del 2015
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Guido Plaza	Prev	
2	Christian Valero B	Ifor	
3	Lizandro Muñoz R.	IFOP	
4	Lilian Cisterna	INPESCA	
5	MARIO ACEVEDO	SUBPESCA	
6	Silvia Hernández	SGPA	
7	Diego del Arce	UNAP	
8	M. Gabriela Bórquez	IFOP	
9	FRANCISCO CERVA	IFOP	
10	Guillermo Mujano A.	IFOP	
11	Cristina Cordero	IFOP	
12	Vilma Oyeda C	IFOP	
13			
14			
15			
16			
17			





Reporte Técnico Taller

Dr. Guido Plaza Pasten
P. Universidad Católica de Valparaíso (PUCV).



REPORTE TECNICO TALLER

Validation of First Annual Ring of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) based on otolith microstructure analysis¹

Valparaíso
14-18 de diciembre de 2015
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Valparaíso, Chile

Reporte preparado por:

Dr. Guido Plaza Pasten
,Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

¹ Workshop organizado por Francisco Cerna como parte del proyecto FIP 2014-32 "Protocolo de lectura de otolitos de jurel" (Anexo)



1.- INTRODUCCION

El jurel chileno es un carángido ampliamente distribuido por todo el sureste del Océano Pacífico, desde las Islas Galápagos y sur de Ecuador hasta el sur de Chile. Su distribución actual también se extiende desde el centro sur de Chile a través del Océano Pacífico hasta Nueva Zelanda y aguas de Tasmania (Evseenko, 1987; Serra, 1991; Elizarov et al, 1993; Taylor, 2002). Los estudios efectuados hasta la fecha han permitido dilucidar algunas características ecológicas, como: (i) poseer una área desove principal que es distribuye más restringida desde los 35° a los 40° S y 90°W; (ii) un hábitat costero de alimentación de los adultos en la zona centro-sur de Chile (33° S-40 ° S), donde se reclutan los juveniles, y (iii) la existencia de un hábitat de crianza más al norte de los 30°S en aguas oceánicas y costeras cálidas (Arcos et al., 2001). Por otro parte, hasta la fecha se ha considerado a toda la población del jurel, a lo largo de su área en el pacífico sur, como una única unidad de stock, aunque recientemente investigadores peruanos sugieren la existencia de una segunda unidad de stock aislada frente a la costa Perú.

La composición de la edad, en las capturas de jurel , ha sido particularmente un elemento relevante para la comprensión de los cambios en la dinámica poblacional de este recurso. Debido a ello, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ha estado llevando a cabo estudios edad y crecimiento en esta especie desde finales de 1970. Esta información se ha utilizado para el desarrollo de las claves talla-edad y matriz de captura a la edad por cada zona de forma trimestral, los cuales constituyen datos de entrada para la evaluación de stock de este recurso. La determinación de edad de este recurso ha sido respaldada por un proceso de validación indirecto, a través de examinación de la frecuencia de formación del tipo borde en los otolitos en un ciclo anual. Este estudio demostró que los anillos hialinos se forman en invierno en cada año (Serra y Gili, 1995; Castillo y Arrizaga, 1987). Si bien este método indirecto ha sido ampliamente usado en la literatura en estudios de edad anual en peces teleósteos, puede ser insuficiente en especies que presentan un crecimiento acelerado en los primeros años de vida, debido a la existencia de perturbaciones, discontinuidades y anillos falsos, que dificultan el proceso de identificación de los anillos verdaderos. Este es precisamente el caso de muchos miembros de la familia Carangidae.

Otro aspecto que impacta la precisión en la determinación de edad en especies de crecimiento acelerado es la dificultad de identificación del primer anillo. Aunque el impacto de esta dificultad puede ser menor en peces viejos, su influencia incrementa a medida que ocurre un proceso de juvenalización de la población, debido a que la estructura de edad de las capturas se mueve a grupos de edades menores. Para el caso del jurel, un estudio reciente utilizando el análisis de la microestructura en secciones transversales de los otolitos validó el primer anillo anual (Goicochea et al. 2013). En este estudio se demostró que la longitud horquilla (LH) media a los 365 días de vida fue de 17,7 cm y el radio caudal medio del otolito a la formación de primer anillo correspondió 2,49 mm. Es importante destacar, que la periodicidad diaria de formación de



los micro-incrementos en otolitos sagitales fue validada por un estudio de marcaje químico, llevado a cabo en adultos (>27 cm LH) mantenidos en condiciones de confinamiento (Araya et al. (2003). Para otorgar nuevas piezas de informaci3n que permitan fortalecer el proceso de determinaci3n de edad en esta, el Instituto de Fomento Pesquero desarroll3 el taller internacional “ *Validation of First Annual Ring of jack mackerel (Trachurus murphyi) based on otolith microstructure analysis*”, el cual fue llevado a en la ciudad de Valparaíso entre el 14 y 16 de diciembre de 2016. En este contexto, el presente documento preparado por Guido Plaza, se resumen los principales resultados y conclusiones desde una perspectiva de un revisor externo independiente con experiencia en análisis de la micro-estructura de peces tele3steos.

2.- OBJETIVO DEL TALLER

Analizar y discutir los criterios de identificaci3n de micro-incrementos primarios en los otolitos de juveniles y adultos en el jurel chileno (*Trachurus murphyi*), con el fin de validar el primer ánuo.

3.- RESULTADOS

3.1.- Revisi3n de la metodologí

Se constat3 que la metodologí usada para preparaci3n de los otolitos sagitales para análisis micro-estructural correspondió al descrito por Plaza et al (2005). Mediante este procedimiento se prepararon secciones en posici3n sagital, tanto para juveniles como en adultos de la especie objetivo, donde las secciones preparadas presentaron una buena resoluci3n de micro-incrementos. Para ejemplares menores a 7 cm LH se utiliz3 un doble pulido sagital que permiti3 obtener una elevada resoluci3n de la micro-estructura desde el primordio hasta el borde los otolitos. En caso de los adultos particularmente aquellos entre 17 y 30 cm LT se aplic3 un pulido sagital serial único, de tipo cóncavo que permiti3 acercarse al primordio sin sobrepulir los bordes el otolito. Este procedimiento, no ha sido descrito hasta ahora por ning3n estudio en la disciplina. Este procedimiento de preparaci3n serial permiti3 obtener secciones donde se pudo identificar micro-incrementos primarios más allá del primer ańode vida.

Se pudo evidenciar que la identificaci3n de los micro-incrementos se efectúa usando microscopios de luz de elevada resoluci3n (marca: Carl Zeiss; Axio Lab.A1), utilizando magnificaciones de 40X. Se constat3 también que gran parte del proceso de identificaci3n de los micro-incrementos se utiliz3 usando imágenes digitales capturadas con cámara Canon de 18 megapíxeles. Para el caso de los adultos la identificaci3n e interpretaci3n del micro-incrementos se efectu3 usando una serie de imágenes digitales que se combinaron para obtener una secuencia completa entre el primordio y el borde de los otolitos.



En general se concluye que tanto la preparaci3n de los otolitos como el proceso de digitalizaci3n de la micro-estructura mostr3 una elevada calidad siguiendo los procedimientos est3ndares descritos en la disciplina. Consecuentemente, los aspectos metodol3gicos no parecieron estar influyendo en el proceso de interpretaci3n e identificaci3n de los micro-incrementos primarios tanto juveniles como adultos.

3.2.- Ejercicios de reproducibilidad

Es bien conocido que en especies de crecimiento r3pido es factible tambi3n observar una gran cantidad de micro-incrementos sub-diarios, discontinuidades y/u otras perturbaciones que dificultan la identificaci3n e interpretaci3n del patr3n de dep3sito de micro-incrementos primarios. Este aspecto es particularmente evidente en el par de otolitos sagitales, que es tambi3n el de mayor tama1o. Estudios recientes en miembros de la familia *Engraulidae* han evidenciado tambi3n la existencia de anillos dobles y triples en ciertas 3reas del otolito, particularmente en aquellas asociadas a la transici3n de larvas a juvenil, que dificulta tambi3n el proceso de interpretaci3n de micro-incrementos de periodicidad de formaci3n presumiblemente diaria (Cerme1o et al., 2008; Plaza & Cerna 2015).

Considerando este escenario se efectuaron ejercicios de reproducibilidad de lecturas en 21 otolitos sagitales de juveniles que fluctuaron entre 3,4 y 23,0 cm LH. La lectura se efectu3 en una imagen combinada a partir de fotograf3as de diferentes secciones de otolitos tomadas a 400X aumento, pero que evidencia una secuencia completa de la micro-estructura desde el primordio hasta el borde de los otolitos. Previo al ejercicio se procedi3 a identificar la experiencia de los participantes (**Tabla 1**). Con posterioridad se efectu3 una clasificaci3n de las fotograf3as analizadas en tres categor3as: alta, media y baja. El evaluador (GP) sugiri3 descartar las im3genes con calidad reducida (**Tabla 2**).

Tabla1. Clasificaci3n de im3genes de otolitos sagitales preparados para an3lisis micro-estructural del Jurel *Trachurus murphyi*.

Nº	Nombre	Iniciales	Grado Experiencia	Afiliaci3n
1	Francisco Cerna	FC	Alta	IFOP
2	Guillermo Moyano	GM	Alta	IFOP
3	Lizandro Mu1oz	LM	Baja	IFOP
4	Lilian Cisterna	LC	Media	IPESCA
5	Miguel Araya	MA	Media	UAP
6	Guido Plaza	GP	Referencia - Experto	PUCV
7	Christian Valero	CV	Baja	IFOP



Tabla 2. Clasificaci3n de im3genes de otolitos sagitales preparados para an3lisis micro-estructural del Jurel *Trachurus murphyi*.

Imagen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Calidad	Alta	Media	Media	Alta	Alta	Media	Alta	Baja	Baja	Baja	Media
Imagen	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Calidad	Baja	Media	Alta	Media	Baja	Media	Alta	Alta	Baja	Baja	

3.3 Reproducibilidad sin consensuar un criterio de identificaci3n en juveniles

Se efectu3 en primera instancia un ejercicio de reproducibilidad sin consensuar a priori un criterio de interpretaci3n de micro-incrementos primarios. La lectura se llev3 a cabo de forma individualizada en computadores port3tiles de cada especialista, utilizando m3dulos de edici3n de im3genes. La reproducibilidad fue determinada a trav3s del 3ndice del Porcentaje de Error Promedio (IAPE por sus siglas en ingl3s) de acuerdo a la expresi3n de Beamish & Fournier (1981).

$$IAPE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - \bar{X}_j|}{\bar{X}_j} \right]$$

Donde N es el n3mero de peces, R es el n3mero de veces que la muestra fue le3da, T_{ij} es la i-3sima determinaci3n de edad del j-3simo pez, T_j es la edad promedio calculada para el j-3simo pez.

Tabla 3. Resumen del ejercicio de reproducibilidad entre lectores de diferente grado de experiencia en identificar micro-incrementos primarios en otolitos sagitales de juveniles del Jurel *Trachurus murphyi*. DE= 1 desviaci3n est3ndar; APE=Porcentaje de Error Promedio; Cvar: Coeficiente de variaci3n

ID	Iniciales Lectores							Estadísticas			
	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Media	DE	APE	Cvar
1	60	57	106	95	64	54	50	69,4	21,9	26	31,6
2	93	87	120	249	125	86	94	122,0	58,1	30	47,7
3	61	61	117	167	123	50	64	91,9	44,1	41	48,0
4	87	80	127	154	99	72	84	100,4	29,6	23	29,5
5	48	55	129	147	126	50	99	93,4	42,1	39	45,1
6	73	86	87	167	92	70	73	92,6	33,9	23	36,6
7	57	53	110	146	119	50	93	89,7	37,5	35	41,8
11	99	106	175	216	226	90	134	149,4	56,5	32	37,8
13	129	132	164	212	238	120	134	161,3	46,2	23	28,7
14	138	151	199	366	349	128	143	210,6	103,0	40	48,9
15	90	109	179	242	238	94	126	154,0	65,7	37	42,7
17	102	155	263	356	349	97	154	210,9	111,1	45	52,7
18	110	112	203	376	238	95	175	187,0	98,9	39	52,9
19	129	144	189	236	298	134	125	179,3	66,0	30	36,8



Se observ3 una elevada variabilidad en la identificaci3n de los micro-incrementos primarios, ya que el APE para cada muestra fluctu3 entre 23 y 45% (Tabla 3), existiendo cierta tendencia a una reducci3n en la reproducibilidad de las lecturas (mayor variabilidad entre lectores) con el aumento de la edad de los ejemplares (Fig. 2). Se destaca sin embargo que la edad media s3lo explic3 cerca del 20% del APE ($APE=0,0674 \text{ Edad} + 23,801$; $p < 0,005$). Cuando el an3lisis de reproducibilidad se restringi3 a las muestras de calidad alta el IAPE no mostr3 variaciones sustantivas en relaci3n al an3lisis integral (rango 22-40%) y el IAPE alcanz3 32,9%.

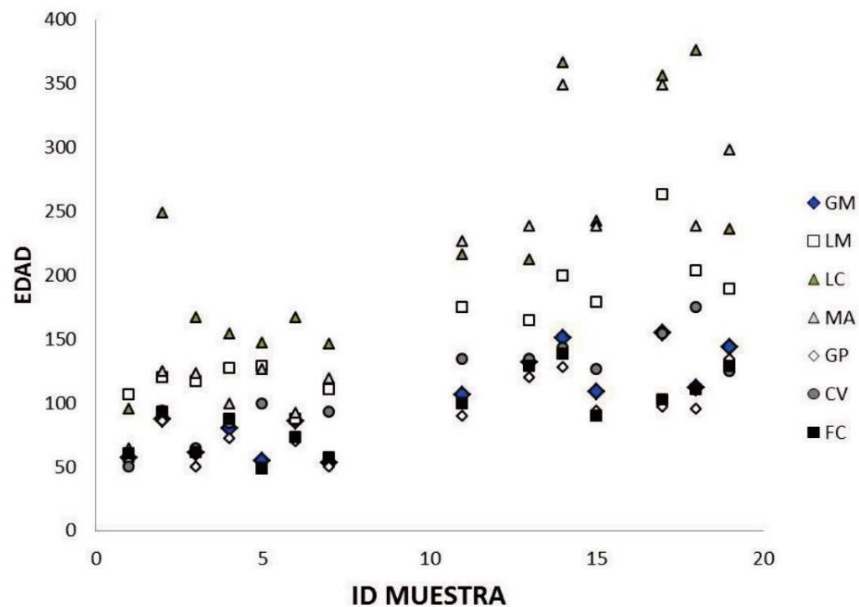


Fig. 1. Ilustraci3n del grado de dispersi3n de las lecturas en funci3n de la edad (n3mero de micro-incrementos primarios) y los profesionales involucrados en los ejercicios de reproducibilidad.

Cuando se restringi3 el an3lisis de reproducibilidad al experto y especialistas con mayor experiencia (FC y GM) con muestras de elevada resoluci3n, se observ3 una mejora sustantiva en la reproducibilidad, con APE que fluctuaron entre 3 y 20% y un IAPE de 7%. Cuando este tipo de aproximaci3n se restringi3 s3lo a las muestras de elevada resoluci3n las lecturas fueron a3n m3s reproducibles alcanzando un IAPE de 5% (Tabla 5).



Tabla 5. Resumen del ejercicio de reproducibilidad entre lectores con una grado experiencia similar, en la identificaci3n micro-incrementos primarios en otolitos sagitales de juveniles del Jurel *Trachurus murphyi*. DE= 1 desviaci3n estandar; APE=Porcentaje de Error Promedio; Cvar: Coeficiente de variaci3n

ID	Iniciales Lectores			Estadísticas			
	FC	GM	GP	Media	DE	APE	Cvar
1	60	57	54	57,0	3,0	3,5	5,3
4	87	80	72	79,7	7,5	6,4	9,4
5	48	55	50	51,0	3,6	5,2	7,1
7	57	53	50	53,3	3,5	4,6	6,6
14	138	151	128	139,0	11,5	5,8	8,3
18	110	112	95	105,7	9,3	6,7	8,8
19	129	144	134	135,7	7,6	4,1	5,6

3.4 Reproducibilidad con criterios consensuados en juveniles

Se discuti3 al interior del taller los criterios de identificaci3n de micro-incrementos de otolitos descritos para la disciplina por los investigadores precursores (Panella 1971; Campana 1992). Muchos de estos criterios han sido confirmados por trabajos de validaci3n de la periodicidad de formaci3n, mediante experimentos de marcaje químico en condiciones de confinamiento en peces tele3steos. Algunos de los criterios y aspectos discutidos al interior del taller se resumen a continuaci3n.

- Un micro-incremento primario (diario) se forma a una frecuencia constante y debido a la naturaleza conservativa del crecimiento del otolito, a menudo aparecen como una secuencia regular con transiciones suaves en sus grosos y contrastes (Campana 1992).
- Los micro-incrementos de menor grosor, que en ciertas áreas del otolito aparecen entre los micro-incrementos primarios, son considerados de una periodicidad de formaci3n menor (*e.g.*, sub-diarios). Estas estructuras pueden ser producto del proceso de preparaci3n del otolito, corresponder a artefactos visuales y/o ser parte de procesos fisiol3gicos asociados a ritmos end3genos y/o ex3genos desconocidos.
- En la micro-estructura de los otolitos se observan tambi3n discontinuidades que aparecen como estructuras irregulares que repentinamente interrumpen la secuencia de dep3sito de micro-incrementos primarios.
- La presencia de micro-incrementos sub-diarios se hace m3s notoria en periodos de crecimiento acelerado, particularmente durante la fase post-larval, transici3n y juvenil temprana.



- e) El m3todo m3s simple de aislar la presencia de micro-incrementos sub-diarios es quitar el foco de observaci3n, particularmente cuando estas estructuras aparecen hacia los bordes de los otolitos. Complementariamente, se puede reducir la magnificaci3n a aumentos menores que permiten distinguir mejor el patr3n de micro-incrementos primarios.
- f) Estudios recientes han evidenciado la presencia de micro-incrementos dobles y/o triples en especies de crecimiento r3pido, particularmente en miembros de la familia engraulidae. En miembros de esta familia se ha recomendado el criterio GBR (Global Band Reading), que consiste en identificar como micro-incrementos primarios el patr3n de bandas formado por micro-incrementos contiguos (Cermeño et al. 2008; Plaza & Cerna 2015).

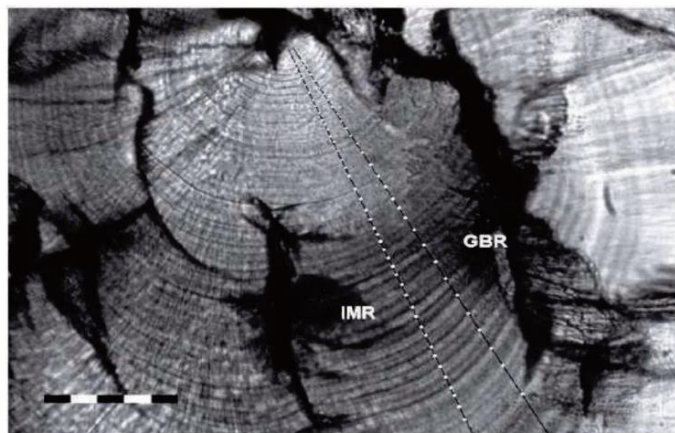


Fig. 2. Fotografía reproducida del estudio de Cermeño et al. (2008) ilustrando los criterios IMR y GBR de identificaci3n de micro-incrementos primarios de otolitos sagitales de la anchoveta del mediterr3neo *Engraulis encrasicolus*.

Debido a que la micro-estructura de la especie objetivo mostr3 una gran presencia de estructuras bi y tripartitas se consensu3 efectuar un ejercicio de reproducibilidad utilizando el criterio GBR, utilizando para ellos muestras de resoluci3n elevada. Los resultados de este ejercicio se ilustran en la **Tabla 6**, donde se obtuvo un IAPE de 13,4%.

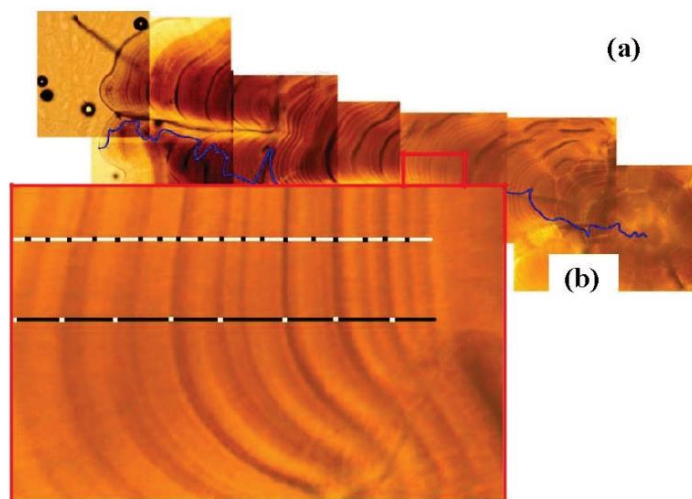


Fig. 3. (a) Ilustraci3n de una secci3n combinada de im3genes para an3lisis micro-estructural de un ejemplar juvenil del Jurel *Trachurus Murphy*. (b) Magnificaci3n de un 3rea de la micro-estructura donde se distingue la existencia de estructuras dobles in y triples en la secuencia de micro-incrementos. La l3neas segmentadas blancas y negras denotan el criterio IMR y GBR, respectivamente.

Tabla 6. Resumen del ejercicio de reproducibilidad entre lectores utilizando el m3todo de lectura GBR como criterio consensuado para la identificaci3n micro-incrementos primarios en otolitos sagitales de juveniles del Jurel *Trachurus murphyi*. DE= 1 desviaci3n est3andar; APE=Porcentaje de Error Promedio; Cvar: Coeficiente de variaci3n³

ID	Iniciales Lectores							Estadísticas			
	FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Media	DE	APE	Cvar
1	55	57	62	55	57	55	62	57,6	3,2	4,4	5,5
7	52	52	69	67	101	51	91	69,0	20,1	22,4	29,1
18	105	101	93	113	152	98	124	112,3	20,3	13,3	18,1

3.5 An3lisis de reproducibilidad en ejemplares adultos

Se efectu3 un ejercicio de reproducibilidad en tres muestras de otolitos sagitales de ejemplares adultos, utilizando el criterio de lectura GBR. Las lecturas se efectuaron sobre una imagen 3nica que estuvo compuesta por una serie de fotograf3as del otolito tomadas a 400X de magnificaci3n y



que fueron combinadas para obtener una secuencia completa de micro-incrementos desde el primordio hasta el borde del otolito en direcci3n caudal (Fig. 4). Se pudo constatar que la t3cnica de preparaci3n de otolitos permiti3 la obtenci3n de secciones con resoluci3n elevada, donde fue posible distinguir secuencia consistente de micro-incrementos primarios hacia el borde de los otolitos, incluso en ejemplares mayores a 20 cm LH. El grosor de estos micro-incrementos, presumiblemente diarios y visibles en la regi3n extrema de los otolitos sagitales de esta especie fluctuaron entre 2,1 y 23 μm . Se observ3 tambi3n la presencia de discontinuidades que aparecieron a intervalos regulares, pero que no parecieron interrumpir la secuencia de micro-incrementos primarios (Fig. 4). Cuando las tres muestras fueron analizadas se evidenciaron niveles elevados de reproducibilidad, obteni3ndose un IAPE de 5,12% (Tabla 7).

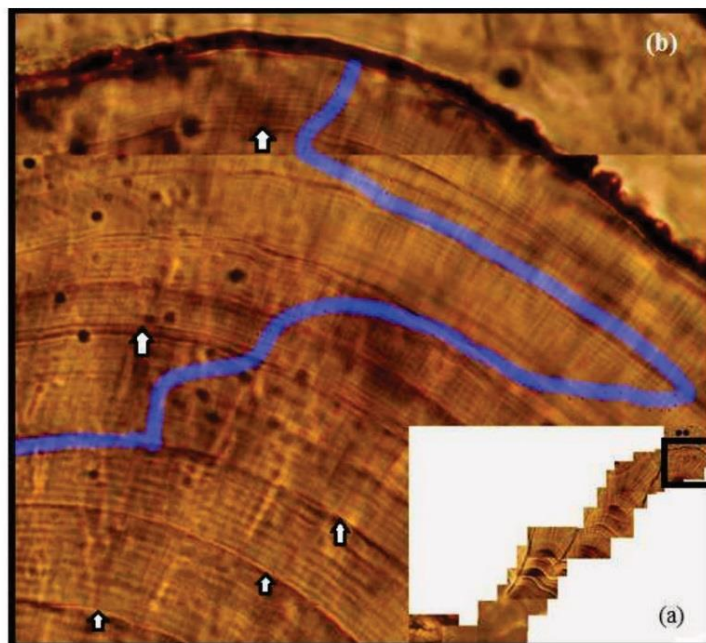


Fig. 4. (a) Im3genes de la muestra N 20 ilustrando el proceso de combinaci3n de im3genes para efectuar lectura de micro-incrementos primarios en ejemplares adultos del jurel *Trachurus murphyi*. (b) Magnificaci3n del 3rea del borde caudal del otolito ilustrando una via (color azul) a trav3s de la cual los micro-incrementos primarios pueden ser identificado. Las fechas indican las discontinuidades que aparecen pero que no parecen interrumpir la secuencia de micro-incrementos.



Tabla 7. Resumen del ejercicio de reproducibilidad entre lectores utilizando el método de lectura GBR como criterio consensuado para la identificación micro-incrementos primarios en otolitos sagitales adultos del Jurel *Trachurus murphyi*. DE= 1 desviación estándar; APE=Porcentaje de Error Promedio; Cvar: Coeficiente de variación

ID	LT	Iniciales Lectores							Estadísticas			
		FC	GM	LM	LC	MA	GP	CV	Media	DE	APE	Cvar
20		444	461	414	431	438	436	430	436,3	14,4	2,2	3,3
21		390	408	377	375	416	419	449	404,9	26,4	5,1	6,5
31		532	539	476	590	515	449	447	506,9	52,5	8,4	10,4

3.6 Análisis preliminar asociado a la validación del primer ánulo

En el marco del desarrollo del taller se consideró crucial analizar la secuencia de micro-incremento primarios y su relación con la formación del primer ánulo. Se hace hincapié en que este proceso requiere un periodo de tiempo mucho más prolongado para lograr conclusiones definitivas. En este contexto las tres muestras utilizadas en el ejercicio de reproducibilidad, fueron observadas por el investigador especialista (GP) combinando la observación de imágenes y con observación directa bajo un microscopio. Los principales hallazgos asociados a este proceso se resumen a continuación:

La fotografía combinada de la muestra N° 20 mostró una secuencia relativamente interrumpida de micro-incrementos primarios desde el primordio hasta la borde del otolito, observándose cerca del mismo una zona difusa donde no fue posible distinguir micro-incrementos primarios. Sin embargo, cuando se analizó la muestra bajo microscopio se observaron micro-incrementos primarios muy finos, pero distinguibles, en otras áreas del otolito, evidenciando cierta detención parcial del crecimiento y/o fusión de anillos (Fig. 5). Contrariamente, la muestra N° 21 evidenció una secuencia micro-incrementos desde el primordio hasta el borde, presentando una alta legibilidad (Fig. 4). El análisis de la tercera muestra de adulto (n°31) mostró tres zonas de crecimiento lento, donde la secuencia de depósito de micro-incrementos primarios se reduce sustantivamente e incluso se interrumpe. Cuando se comparó esta información con la macro-estructura se pudo constatar que estas zonas de probable detención del crecimiento coinciden con los macro-anillos hialinos identificados previamente en la lectura del otolito entero, formadas a una distancia de 1,9 mm; 2,5 mm y 3,01 mm; respectivamente (Fig. 6 & 7).

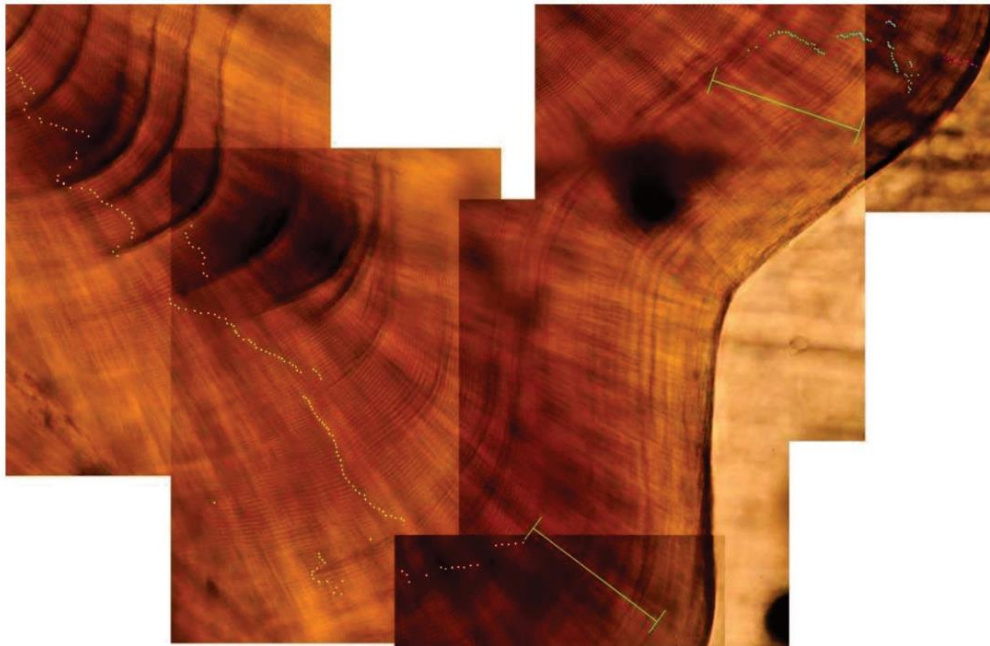


Fig. 5. Muestra N° 20 (sector del borde) en que podrías apreciarse la detenci3n del crecimiento por la poca visibilidad de los microincrementos (lnea verde). En el sector superior de la imagen si es posible observar microincrementos (puntos celestes y lilas). Este otolito corresponde a un pez de 23 cm LH y 451 dıas.

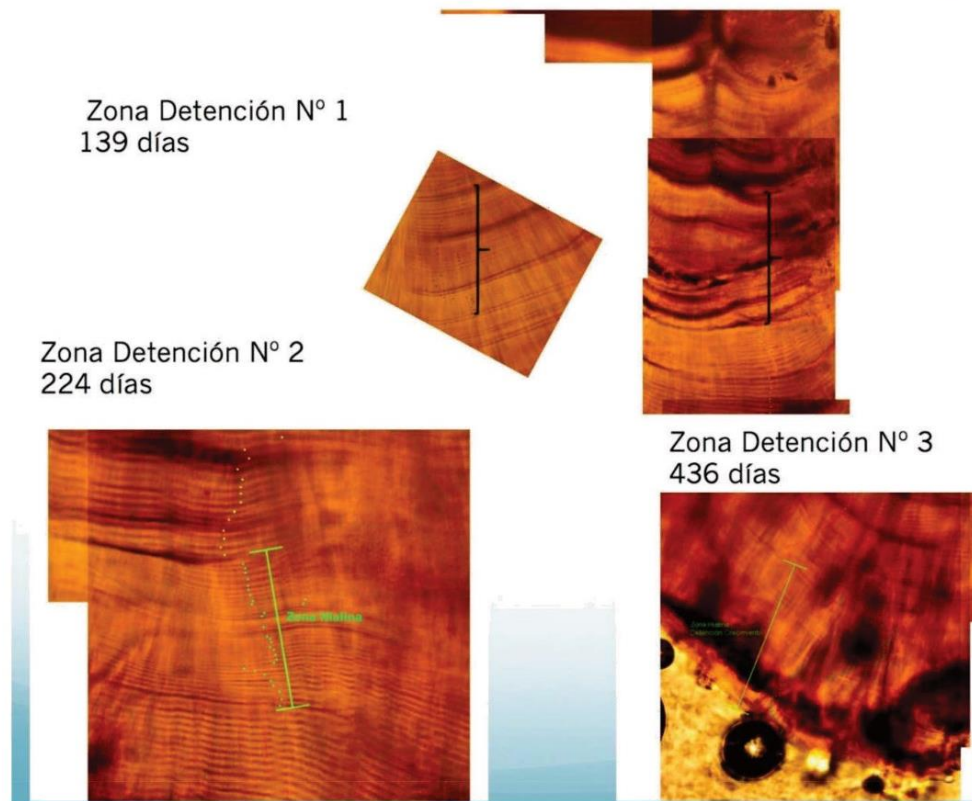


Fig. 6. Muestra N° 31 que corresponde a un otolito de un pez de 22 cm LH y 506 dÍas. En este otolito se observa una posible zona de detenci3n del crecimiento a los 224 dÍas y otra cerca del borde a los 436 dÍas.



Fig. 7. Otolito entero con 10X aumento y luz reflejada correspondiente a la muestra N° 31 que corresponde a un otolito de un pez de 22 cm LH y 506 días. Los números en amarillo corresponden al radio total del otolito (R) y a los radios de los anillos hialinos r1, r2 y r3.



4.- PRINCIPALES HALLAZGOS

Se pudo constatar que los procedimientos utilizados para la preparación de otolitos para análisis micro-estructural de juveniles menores de un año, utilizado por el equipo técnico de IFOP, correspondió a un doble pulido sagital. Mediante este procedimiento se generaron secciones de otolitos de elevada calidad que permitieron que los micro-incrementos fuesen claramente identificables. El doble pulido en posición sagital se alinea con los procedimientos descritos para otras especies de carángidos, debido a que permite que toda el área micro-estructural esté disponible para la identificación de los micro-incrementos primarios, lo que es particularmente útil en especies que poseen centros secundarios de crecimiento asociados al crecimiento temprano como es el caso del jurel.

Se pudo evaluar que a pesar de que la micro-estructura de otolitos de peces juveniles silvestres fue clara, se apreció también la presencia de bandas concéntricas de crecimiento que pueden contener de dos a cuatro micro-incrementos de menor grosor. Este patrón de crecimiento de bandas fue particularmente evidente en las áreas con posterioridad al primer mes de vida, donde se apreció también la formación de centros secundarios de crecimiento. Este patrón de anillos dobles y triples, que fueron más evidentes hacia los bordes caudal y rostral, es similar al observado en engraulidos, donde se han propuesto dos criterios de interpretación para su identificación, a saber el IMR y GBR. El primero identifica como incremento primario (potencialmente diario) a cada una de las estructuras al interior de las bandas, mientras que el segundo considera como micro-incremento diario a cada banda por separado (Cermeño et al. 2008).

Se efectuó un ejercicio de reproducibilidad en secciones de 14 otolitos en las que participaron 6 lectores con distinto grado de experticia, pero sin consensuar los criterios de interpretación descritos para la disciplina, determinándose que existió una elevada variabilidad en la identificación de los micro-incrementos primarios, lográndose porcentajes de reproducibilidad de entre 22 y 45% con un promedio de 33%. Cuando se analizó la reproducibilidad sólo en muestras de elevada calidad no se apreció un cambio sustantivo en los niveles de reproducibilidad.

Cuando se utilizó el criterio GBR (consensuado) para identificar los micro-incrementos primarios, utilizando muestras de elevada resolución, se observó una mejora sustantiva en el nivel de reproducibilidad, el cual fluctuó entre 4 y 22% con valores medios de 13,34%. Utilizando este mismo criterio se evaluó si el nivel de experticia impacta los niveles de reproducibilidad. Para ellos se compararon las lecturas de dos expertos de IFOP con la lectura de referencia dada por el experto del taller. Se concluyó que los porcentajes de reproducibilidad fueron muy similares fluctuando entre 3,51 y 6,73 (media=5.19) y entre 3.26 y 6.75 % (media 6,75), para muestras de elevada y calidad combinada respectivamente. Consecuentemente, se concluye que cuando se



combina experticia y criterio GBR se obtienen determinaciones confiables de edad diaria para esta especie.

Se pudo constatar que un procedimiento novel de pulido de otolitos de ejemplares adultos para análisis micro-estructural que no ha sido descrito para la disciplina previamente. La marcada concavidad del otolito sagital de peces adultos de esta especie, restringe el pulido de otolitos a secciones transversales y/o frontales para observación de su micro-estructura, lo que reduce el área a través de la cual los micro-incrementos pueden ser identificados. El procedimiento propuesto corresponde a un pulido en posición sagital en orientación cóncava, que impide que los micro-incrementos del borde se destruyan por sobre pulido, como es el caso cuando se aplica pulido sagital en posición horizontal. A través de este procedimiento se obtuvieron preparaciones de elevada resolución que permitió la identificación de micro-incrementos más allá del primer año de vida para esta especie.

La observación y análisis de la micro-estructura en secciones sagitales de las tres muestras de ejemplares adultos analizadas evidencian que en esta especie es posible observar secuencias de micro-incrementos a partir del primordio y hacia la periferia del otolito, utilizando microscopía del luz. El número de micro-incrementos visibles sobrepasó incluso los 365, y su secuencia apareció ininterrumpida, particularmente en ejemplares menores a 20 cm LH. En ejemplares de mayor tamaño se observaron zonas difusas donde los micro-incrementos no pudieron ser distinguibles; no obstante, entre las zonas de transición se observaron micro-incrementos distintivos. A pesar del reducido número de ejemplares analizados estos hallazgos son promisorios. El otolito sagital de esta especie presenta una gran cantidad de perturbaciones que dificulta la identificación de anillos verdaderos, particularmente en los primeros años de vida. Esta característica ha sido considerada una de las principales fuentes de incertidumbre en la determinación de la edad anual de esta especie, con el consecuente impacto en el proceso de evaluación de stock de este recurso (Dioses 2013; Goicochea et al 2013, Diaz 2013, Canales 2013). Sin embargo, a nivel micro-estructural la gran cantidad de perturbaciones macroscópicas tienden a desaparecer por efecto del pulido, quedando reducidas a discontinuidades que no parecen interrumpir la secuencia de micro-incrementos. Más aún, las zonas de transición presumiblemente vinculadas a una disminución y/o de tención de crecimiento son mucho más distintivas y factibles de cuantificar. Es importante destacar que a nivel micro-estructural un anillo verdadero se caracteriza por una disminución gradual del grosor y/o interrupción de la secuencia de micro-incrementos que le preceden, seguido de una recuperación de la secuencia de micro-incrementos de mayor grosor (Victor & Brother 1981; Wright et al 2002). Por lo tanto, estas zonas de transición observadas parecieran ser anillos verdaderos en esta especie, aunque es altamente recomendable incrementar el tamaño de muestra para fortalecer esta inferencia.

Es bien conocido que la zona hialina (anillo) está asociada a un periodo de crecimiento lento, que en algunas especies puede estar asociada al periodo de invierno pero en otras a la estación estival,



e incluso esta puede ser mediada por el efecto del proceso reproductivo que demanda una gran cantidad de energía. Para el primer año, sin embargo, el tiempo de inicio en la formación del primer anulo puede ser variable dependiendo de la duración de la época de desove de cada especie y de la estación del año donde esta ocurra. Sin embargo, a nivel micro-estructural en la mayoría de los casos el anulo comienza a formarse antes de los 365 días, particularmente en especies de crecimiento lento donde los micro-incrementos en la zona hialina llegan a ser irresolubles (Waldron 1994; Radtke et al., 1985; Waldron & Kerstan 2001; Beckman & Calfee 2014). No obstante, también se han descrito situaciones donde ha sido factible cuantificar más de 365 micro-incrementos sin que se distinga macroscópicamente un potencial anulo verdadero (Iles & Johnson 1962; Waldron & Kerstan 2001). Se ha sugerido que estos ejemplares corresponderían a aquellos que nacen al inicio de la estación de desove, aunque no hay pruebas definitivas que den mayor sustento a esta hipótesis. Alternativamente es razonable inferir que independientemente de que macroscópicamente no se visualice un anulo en estos ejemplares, la presencia de micro-incrementos resolubles más allá de los primeros seis meses de vida es una evidencia empírica de crecimiento acelerado.

5.- RECOMENDACIONES

a) Es recomendable llevar a cabo un estudio comprensivo de micro y macro estructura en adultos cercanos a los 20 cm de LT de esta especie en un ciclo anual sobre una base mensual. Este estudio permitiría verificar si la existencia del patrón de crecimiento acelerado es el patrón común o una excepción presumiblemente vinculada al mes de nacimiento de los ejemplares. En este contexto es importante subrayar que el desove de esta especie se extiende por aproximadamente cuatro meses, entre primavera e inicios de verano (Leal et al. 2013; Perea et al. 2013), mientras que el periodo de menor crecimiento del otolito (hialino) parece ocurrir en invierno (Dioses 2013). Por consiguiente, es importante verificar si la micro y macro-estructura es influenciada por el asincronismo entre época de desove y formación del primer anulo.

b) Aunque se ha documentado ampliamente sobre las dificultades de interpretación de los anulos debido a la gran cantidad de perturbaciones en el crecimiento del otolito sagital en lecturas macroscópicas, todavía no ha habido intentos por analizar otro par de otolitos en esta especie. Por lo tanto, se recomienda analizar la micro y macro estructura del lapilus para evaluar si esta dificultad puede ser soslayada, debido a que es razonable inferir que las perturbaciones pudiesen estar mucho más comprimidas en otolitos de menor tamaño.

c) Es indispensable efectuar un estudio de validación de la periodicidad diaria en juveniles menores de 1 año, que aún no ha sido llevado a cabo en esta especie, mediante estudios de marcaje químico en condiciones de confinamiento. Este aspecto es crucial debido a que el patrón micro-estructural mostró una gran presencia de estructuras bi y tripartitas que influyen en el



proceso de interpretación de los micro-incrementos primarios y en consecuencia podrían impactar las conclusiones sobre la validación del tiempo de formación del primer anulo.

6.- REFERENCIAS

- Araya, M., M. Medina & H. Arancibia. 2003. Preliminary result of empirical validation of daily increments in otoliths of jack mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) marked with oxytetracycline. *Scientia Marina*, 67(4):471-475.
- Arcos D.F, L. Cubillos & S. Nuñez, 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*. Volume 49, Issues 1–4, 2001, Pages 597–617.
- Beckman D. & W. Calfee JW (2014). Timing of first annulus formation in White Sucker otoliths. *North American Journal of Fisheries Management*. 34: 1187-1189.
- Campana, S. E. (1992). Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths. In 'Otolith microstructure examination and analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science. Vol. 117'. (Eds D. K. Stevenson and S. E. Campana.) pp. 59-71. Canadian Department of Fisheries and Oceans: Ottawa.)
- 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, 197-242.
- Canales, C. (2013). Impact of using different weight-- at-- age by fleet in the Jack mackerel stock assessment. SPRFMO 1st Meeting of the Scientific Committee, La Jolla, California, 21-- 27 October 2013. Doc. SPRFMO SC 01-06: 12pp
- Castillo, G & Arrizaga, A. (1987). Edad y crecimiento del jurel *Trachurus Symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16: 19-33.
- Cermeño, P., Uriarte, A., Morales-nin, B., Cotano M., & Alvarez, P. (2008). Setting up interpretation criteria for ageing juvenile european anchovy otoliths. *Scientia Marina* 72, 733-742.
- Díaz E. (2013). Estimación del crecimiento del jurel (*Trachurus murphyi*) capturado en el Perú a partir del análisis de las frecuencias por tallas. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. peru. biol. número especial* 20(1): 061 – 066
- Dioses T (2013). Edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. *Rev. peru. biol. número especial* 20(1): 045- 052.
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev & A.N. Kuzetsov. (1993). Peruvian Jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the Southern Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33(3): 86-104.
- Evseenko, S. A. (1987). Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Goicochea C., J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño & Renato Guevara-Carrasco. (2013). Validación de los anillos de crecimiento de otolitos del jurel *Trachurus murphyi*. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. peru. biol. Número especial* 20(1): 053 – 060.
- Iles, T. D., & Johnson, P. O. (1962). The correlation table analysis of a sprat (*Clupea sprattus* L.) year-class to separate two groups differing in growth characteristics. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 27: 287–303.
- Perea A., J. Mori, B. Buitrón & J. Sánchez. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. peru. biol. número especial* 20(1): 029 – 034.



- Panella, G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173: 1124-1127.
- Plaza, G., & Cerna, F. (2015). Validation of daily microincrement deposition in otoliths of juvenile and adult Peruvian anchovy *Engraulis ringens*. *Journal of Fish Biology* 86, 203-216.
- Plaza, G., Honda, H., Sakaji, H., & Nashida, K. (2005). Preparing fish sagittae for examination of daily growth increments of young-of-the-year fishes: a modification of the embed method. *Journal of Fish Biology* 66, 592-597.
- Radtke, R. L., Fine, M. L. & Bell, J. (1985). Somatic and otolith growth in the oyster toadfish (*Opsanus tau* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 90: 259-275.
- Serra, R. (1991). Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigaciones Pesqueras Chile*, 36: 67-83.
- Serra, R. & R. Gili. (1995). Identificación de anillos anuales en otolitos de Chilean jack mackerel. Informe de Taller, IFOP. Junio, 1995.
- Taylor, P.R., (2002). Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21*. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand.
- Waldron, M. E. (1994). Validation of annuli of the South African anchovy, *Engraulis capensis*, using daily growth increments. *ICES Journal of Marine Science*, 51: 233-234.
- Waldron, M. E. & Kerstan, M. (2001). Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. – *ICES Journal of Marine Science*, 58: 806-813.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA.....

TALLER 2

Workshop 2: “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”

Instituto de Fomento Pesquero (IFOP):
(14-18 marzo 2016)

- ✓ Términos de referencia
- ✓ Programa
- ✓ Presentaciones
- ✓ Listas de asistentes
- ✓ Correspondencia relevante



Términos de Referencia Taller 2

SOUTH PACIFIC FISHERIES REGIONAL ORGANIZATION

Términos de referencia

DRAFT FOR DISCUSSION

3rd Meeting of the Scientific Committee

Port Vila, Vanuatu

28 September - 3 October 2015

**Terms of reference for jack mackerel (*Trachurus murphyi*)
age reading guidelines development.**



Terms of reference for jack mackerel (*Trachurus murphyi*) age reading guidelines development.

The main recommendation of the “Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing Workshop” held in Lima in July 2011 was to continue the work of comparison and discussion of ageing estimation criteria and to move forward to the development of an aging protocol that could be applied by countries that conduct age estimations of this species, and whose results are used in the stock assessment.

The SWG during the 11th Meeting gave a high priority to the age determination work programme based on exchanging otolith images to develop a standardized otolith reading protocol which is cost-effective and could bring important insights into the current uncertainty and request country members to nominate scientists to this working group.

Objective

Prepare a manual for age reading including date of birth, interpreting rings and borders, and guidelines on how the best reading can be achieved.

Prepare an overview of how the aging technique was validated.

To establish a reference collection of otolith and their images for jack mackerel collected in the Eastern South Pacific for use in the inter-calibration exercise and future training.

Confirmed task team

Chile:	Francisco Cerna	francisco.cerna@ifop.cl
	Cristian Valero	christian.valero@ifop.cl
	Lizandro Muñoz	lizandro.muñoz@ifop.cl
China:	Gang Li	g-li@shou.edu.cn
	Guoping Zhou	gpzhou@shou.edu.cn
Ecuador:	Natalia Gonzalez	ngonzalez@inp.gob.ec
	Viviana Jurado	vjurado@inp.gob.ec
Poland (EU):	Kordian Trella	trella@mir.gdynia.pl
Rusia (EU)	Nikolay Timoshenko	timoshenko@atlant.baltnet.ru
Netherlands (EU):	De Klerk	codeklerk@yahoo.fr
Peru:	Teobaldo Dioses	tdioses@imarpe.gob.pe
	Carlos Goicochea	cgoicochea@imarpe.gob.pe

Due to Chile offered to conduct this process Francisco Cerna was nominated to coordinate the task team.



Material and Method

The sample consists of 100 otolith's images from a wide length distribution. The sample contains 37 images of otolith sampled in the Perú region, 26 from Ecuador provided by the Instituto Nacional de Pesca, and 37 of Chile. The length distribution from Ecuador was rather narrow what explains the smaller number considered for this region.

The otoliths were select, cleaned and photographed with an image analyzer system (a camera mounted on a stereomicroscope, connected to a computer equipped with the software Image-Pro Plus). Whole otoliths were immersed in oil over a dark background and illuminated with reflected light. The photographs were taken at 10X magnification and each contains a reference measure of 1 millimeters.

The 100 otolith collection is kept at IFOP.

IFOP will distributed the images to participants and each is requested to read the complete set of 100 file images and share the results with all participants. The read data should include:

- a) The number of the image,
- b) The number of hyaline rings,
- c) The type of edge (H = hyaline, O= opaque),
- d) Total hyaline rings (hyaline rings number plus the edge when it is hyaline).

In the "Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and Ageing Workshop" this simple rule for whole otoliths was agreed.

# Rings	Type of border	Age
1	Opaque	1
1	Hyaline	2
3	Opaque	3
3	Hyaline	4

The images file will be accessible in a Drop box site that will be made available to the task team.

From the Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and Ageing Workshop Report the following criteria and rules were taken which could be thought as a starting point. This Report should be considered as background information for the present working group-



These simple rules are:

- The first *annulus* could be identified using to the information from validation studies available. Keep in mind that Large serration in the shape of rings is an indication that it is a false ring or check.
- Consistency of the width of subsequent increments is a second important criterion. Split rings were also often observed in the first three years. The principle of gradual growth letdown by age can be used to recognize those split rings.
- Many additional rings (checks) are visible and impede or make very hard to identify annual rings in the central part of otolith when magnification is more than 20x. It is recommended therefore to read large otoliths using different magnifications for the central and marginal zones.
- A practical criterion is that the ring should be well defined and possible to follow around the otolith. Nonetheless in some otolith this is not possible especially near the edge due to the concave shape of the otolith and that it starts to build rings in the internal face of it in older (larger) fish. The best solution in this case is to compare the reading of whole and cross-section otolith. When a ring is not possible to be followed then it can be identified as a false ring.
- The examination should be all over the otolith, in the caudal and the rostrum. This is especially true when the caudal zone is disputable, then it is also necessary to examine the rostrum. False rings should also be checked in the rostrum.
- The distance of the first three hyaline rings should be measured to facilitate future discussions.

The IFOP Laboratory will analyze the results of all participant readers. The precision analysis will be carried out according to the procedures described by Campana et al. (1995) and Campana (2001); another option is the Guidelines and tools for age Reading” by Eltink et al. (2000) that was used in the workshop held.



Proposed Time schedule

- August, 2015 the proposed terms of reference is send and the images file is uploaded in the Dropbox site and made available.
- To end December Reading period
- January 4th 2016 Reading results should be send to Francisco Cerna.
- January 25th IFOP will send you the result of the exercises.
- March 14 to 18 Date for the 2nd Workshop (Chair: Dra. Beatriz Morales-Nin)

The results needs to be discussed in a jack mackerel otolith interpretation and ageing workshop and start to write the ageing protocol. Intercessional work should continue to produce an aging guide draft. A final discussion and review of the aging guide should happen on a second workshop. The venue and dates of the 2nd workshop should be agreed in the 1st.

Age validation

Some validation method could be the verification of the first annual ring through daily rings counts, absolute age from radiocarbon analysis or following strong year classes. The results on edge pattern formation and following year classes was informed by IFOP in the first workshop. Also Russia informed results using modal length in commercial catches and daily rings. Then, in the second meeting of the Scientific Committee, Peru presented a validation study carried out by IMARPE (Goicochea *et al.*, 2013).

Participants could decide to accomplish validation studies to contribute to the work but this has to be done parallel to present reading exercise. Or some participants could agree on a join effort. Especially the identification of the first annual ring could deserve additional work with daily rings due to the discussions that arises during the first workshop.

Reference

Report from the Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing WS. SPRFMO Web page.

Goicochea C., J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño & R. Guevara-Carrasco. 2013. Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. Perú. Biol. Número especial 20(1): 053-060.





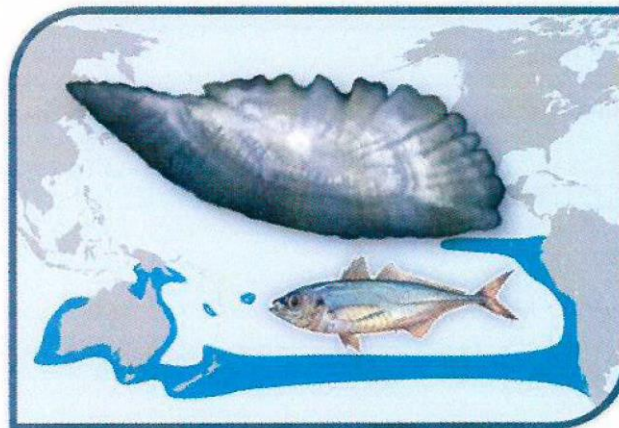
Programa General Taller 2

“Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”.



2nd WORKSHOP

“Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”



March 14-18, 2016, Valparaíso, Chile

Organizers

Proyecto FIP 2014-32
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso, Chile



A. INTRODUCTION

The Chilean jack mackerel (CJM) is a wide distributed carangid throughout the southeastern Pacific, ranging from the Galapagos Islands and south of Ecuador to southern Chile. Its current distribution also extends from south-central Chile across the Pacific Ocean, to New Zealand and Tasmanian waters (Evseenko, 1987; Serra, 1991; Elizarov *et al.*, 1993; Taylor, 2002).

The CJM population can be characterized by a spawning area distributed from 35° to 40°S and to 90°W; a coastal feeding habitat of adults in the central-southern area off Chile (33°S-40°S), where the juveniles are recruited, and the existence of a nursery habitat further north of 30°S in warm oceanic and coastal waters (Arcos *et al.*, 2001).

Latest Peruvian publications suggest the existence of an isolated stock of Jack mackerel in the Peruvian coast, where the growth rates are faster than Jack mackerel's growth rates registered in Chilean waters (Goicochea *et al.* 2013, Dioses 2013). The "Jack Mackerel Scientific Work Group" of SPRFMO has considered as main hypothesis the existence of a single stock for whole South Pacific in order to conduct the stock assessment on this resource, where the information used is specific by fleet or area being the age compositions an important information sources in the model. Unfortunately, the age readings between areas and fleets is a point that stays without resolve, being very important minimize this error source to determine the best population status. The prevalence and impact of inaccurate age determinations on the accuracy of population dynamics studies cannot be overstated. There are many instances in which ageing error has contributed to the serious overexploitation of a population species. The problem is often one of age underestimation rather than overestimation, resulting in overly optimistic estimates of growth and mortality rate (Campana, 2001).

In this sense, the SPRFMO has required to Scientific Committee move forward to the homologation of ageing criteria for all laboratories in order that the countries will provide the correct input's data to stock assessment.

B. OBJECTIVE

Analyze and discuss the otolith's ageing criteria in order to develop a **reading protocol** of annual age determination of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) with the consensus of member countries of South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO).

2nd WORKSHOP : "Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol" March 14-18, 2016, Valparaiso, Chile.



C. PARTICIPANTS

Professional	Category	Affiliation
Dra. Beatriz Morales-Nin	Chair, Expert in age analysis	Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB), Islas Baleares, España.
Francisco Cerna Christian Valero Lizandro Muñoz	Chilean Researchers	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile.
Teobaldo Diones Carlos Goicochea	Peruvian Researchers	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú.
Natalía González	Ecuadorian Researcher	Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador.
Miguel Araya	Chilean Research	Academic of Universidad Arturo Prat (UAP) and President of "Chilean Jack Mackerel's Scientific Committee".

The Dr. Jacobus De Klerk; Dr. Ad Corten (CMR of Netherlands) and, Dr. Nikolay Timoshenko of Rusia not participated in the Workshop but provide with readings to ageing intercalibration exercises.

D. DATES AND VENUE

The workshop will be held between 14-18 March 2016, at the Meeting Room of the Diego de Almagro Hotel, located at Molina street N° 76, Valparaíso, Chile.

E. WORKSHOP FORMAT

The workshop will be coordinated by **Dra. Beatriz Morales Nin**, senior scientist dedicated to fish ecology but mainly working in researches of otolith-based analysis. She will be officiating as chairman in this workshop with the collaboration of **Francisco Cerna** in order to develop the comparison of otolith's reading, analysis and discussion. The discussion will focus on ageing criteria to construct of the otolith reading protocol for jack mackerel.

The workshop will include: comparisons of the results of a previous age interchange exercise, otolith readings and image discussions, elaboration of results and redaction of a protocol.

Before of start the comparison analysis the readers will be categorized according their expertise level in order to standardize the results according criteria of reading experience.

F. PROGRAM

The workshop program proposed is indicative, because some modifications could happen depending on progressing of tasks and/or suggested specific tasks required by the workshop chairman. The first day will be dedicated to the identification of laboratory procedures and difficulties, the second to the results of the inter-calibration exercise and to practical reviews, third and fourth days to elaborate an agreed protocol and the last one to finish the procedure.

2nd WORKSHOP : "Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol" March 14-18, 2016, Valparaíso, Chile.



Monday, March 14

09:30-10:30	Welcome by IFOP's Director Dra. Beatriz Morales Nin Workshop program, modality and others
10:30-11:30	Presentations
10:30-10:40	Introduction to the scientific problem associated of <i>Trachurus murphyi's</i> ageing and result of previous Chilean studies (Francisco Cerna)
10:45-11:00	CJM Age Validation Studies of Perú
11:00-11:20	Coffee break
11:20-12:00	CJM Age Validation Studies of Chile
12:00-13:00	Focussing the ageing problems: Differences in ageing criteria, validation procedures and results.
13.00-14.30	Lunch
14:30-16:15	Validation results(Part 1) Classification of different validation age results supplied for the different laboratory. Apply a weight to each validation evidences.
16:15-16:35	Coffee break
16.35-17:35	Validation results (Part 2) Classification of different validation age results supplied for the different laboratory. Apply a weight to each validation evidences.

Tuesday, March 15

09:30-11:00	Result of the Inter-laboratory reading exercise Questions and discussion Comparative analysis (Part 1) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
11:00-11:20	Coffee break
11:20-13:00	Comparative analysis (Part 2) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
13:00-14:30	Lunch
14:30-16:15	Comparative analysis(Part 3) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
16:15-16:35	Coffee break
16.35-17.35	Comparative analysis(Part 4) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli.

2nd WORKSHOP : "Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol" March 14-18, 2016, Valparaíso, Chile.



Wednesday, March 16	
09:30-11:00	Comparative analysis(Part 5) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
11:00-11:20	<i>Coffee break</i>
11:20-13:00	Comparative analysis(Part 6) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
13:00-14:30	Lunch
14:30-16:15	Comparative analysis(Part 7) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
16:15-16:35	<i>Coffee break</i>
16:35-17:30	Comparative analysis(Part 8) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
Thursday, March 17	
09:30-11:00	Summary of work (Part 1) Writing a report with the main results and CJM Otoliths reading protocol.
11:00-11:20	<i>Coffee break</i>
11:20-13:00	Summary of sessional work (Part 2) Writing of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
13:00-14:30	Lunch
14:30-16:15	Summary of sessional work (Part 3) Written of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
16:15-16:35	<i>Coffee break</i>
16:35-17:30	Summary of sessional work (Part 4) Written of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
Friday, March 18	
09:30-11:00	Closure session Final discussion and review of report.
11:00-11:20	<i>Coffee break</i>
11:20-12:40	Closure session Introduction to closure remarks Reading of the output report Conclusions and acknowledgment of the organizers
12:40	End
13.00-14.30	Lunch



H. REFERENCES

- Arcos D.F, L. Cubillos, S. Nuñez, 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*. Volume 49, Issues 1–4, 2001, Pages 597–617.
- 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, 197-242.
- Castillo, G y Arrizaga, A. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus Symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16: 19-33.
- Dioses T. 2013. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. Perú. Biol. Número especial 20(1): 045- 052 (Septiembre 2013)*
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev y A.N. Kuzetsov. 1993 Peruvian Jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the Southern Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33(3): 86-104.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Goicochea C., J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño & R. Guevara-Carrasco. 2013. Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds. *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. Perú. Biol. Número especial 20(1): 053- 060*
- Taylor, P.R., 2002. Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21*. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand.



Presentaci3n I:

Introducci3n al taller "Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol". **Presentador:** Francisco Cerna.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO





2nd WORKSHOP



"Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol"


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Age readings



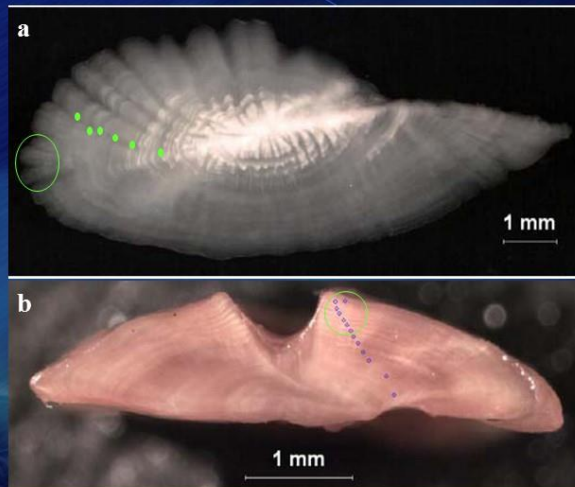
- Otolith are stored in a
- Left Otolith under oil
- Microscopy stereoscopy 10X
- Reflected Light

For the age estimation is used the left whole otolith, which is submerged in a Petri's plate with black bottom, where the otolith is covered with transparent oil, and read under a stereoscopic microscope with magnification of 10X and using reflected light.



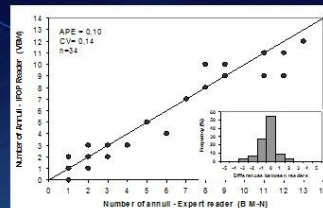
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Jack Mackerel otoliths (a) whole otolith (b) right otolith transversal section.



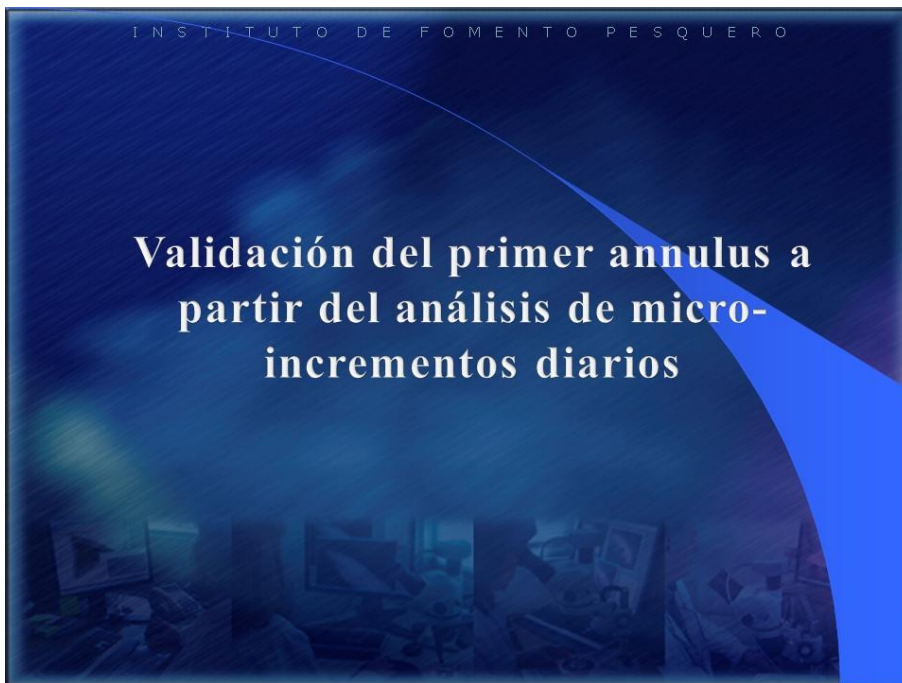
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

- Precisión de la Edad



- Exactitud de la Edad o Validación

1. Marcaje y recaptura
2. Bomba radiocarbono
3. Marcaje y recaptura con marca química
4. Radioquímica
5. Marcas naturales específicas
6. Microincrementos diarios (verificación del primer annulus)
7. Seguimiento de clases anuales fuertes
8. Frecuencia de modas de tallas
9. Análisis de periodicidad a través del incremento marginal o frecuencia del tipo de borde del otolito



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Validaci3n del primer annulus Per3 (IMARPE)

Tabla 2. Longitud total (mm) y n3mero de incrementos diarios leidos en 31 individuos de jurel *T. murphyi* capturado en aguas peruanas durante el verano del 2011.

Tabla 2. Total length (mm) and number of daily increments in 31 individuals of Jack mackerel *T. murphyi* caught in Peruvian waters during the summer of 2011.

N ^o Ind.	Long. (mm)	Edad (d3as)	Edad en d3as			CV %
			Leo-1	Leo-2	Leo-3	
1	35	45	47	45	44	2.338
2	38	59	58	59	59	0.984
3	57	96	98	94	95	2.176
4	58	99	100	95	101	3.228
5	67	123	120	127	122	2.931
6	71	115	113	118	115	2.182
7	96	139	135	139	142	2.533
8	84	139	137	144	137	2.921
9	89	144	142	150	140	3.675
10	81	145	152	142	141	4.195
11	79	111	107	111	115	3.604
12	78	141	135	145	142	3.648
13	98	156	162	150	156	3.846
14	162	303	315	299	295	3.693
15	155	240	233	242	244	2.445
16	190	369	355	377	375	3.297
17	160	225	220	232	222	2.862
18	156	224	218	231	223	2.927
19	159	224	263	281	278	3.520
20	161	270	280	272	259	3.921
21	163	278	287	282	265	4.148
22	160	245	253	235	246	4.083
23	200	335	322	346	337	3.619
24	190	413	430	410	404	3.283
25	200	396	404	382	401	3.015
26	200	375	387	372	365	3.000
27	200	437	422	441	448	3.079
28	200	391	404	389	380	3.101
29	210	380	381	384	375	1.206
30	210	390	370	397	402	4.418
31	210	405	390	418	408	3.501

Validaci3n del ritmo de formaci3n de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Validation of the formation rate of growth rings in otoliths of Jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Carlos Goicochea, Jorge Mostacero, Patricia Moquillaza, Teobaldo Dioses, Yeny Topiño y Renato Guevara-Carrasco

Figura 1. Curva de crecimiento de jurel juvenil peruano *T. murphyi*, estimada mediante el modelo de Laird-Gompertz.

Tabla 3. Longitudes medias a la horquilla (cm) de jurel *T. murphyi* con 1 a3o de edad obtenida por varios autores en Per3 y Chile y el presente estudio.

Table 3. Average fork lengths (cm) of 1 year old Jack mackerel *T. murphyi*, obtained by several authors in Peru and Chile, and the present study.

Autores	Pa3ses	L3
Abramov & Kotlyar (1980)	(Per3)	19.1
Nekrasov (1982)	(Chile)	17.4
Nekrasov (1987)	(Per3)	18.2
Nosov et al. (1989)	(Per3)	14.1
Kochkin (1994)	(Per3)	13.4
Sicherlich (1991)	(Chile)	8.2
Anaya et al. (1993)	(Chile)	8.6
Presente estudio	(Per3)	17.7



Validaci3n del primer annulus ... Chile (IFOP) PESQUERO

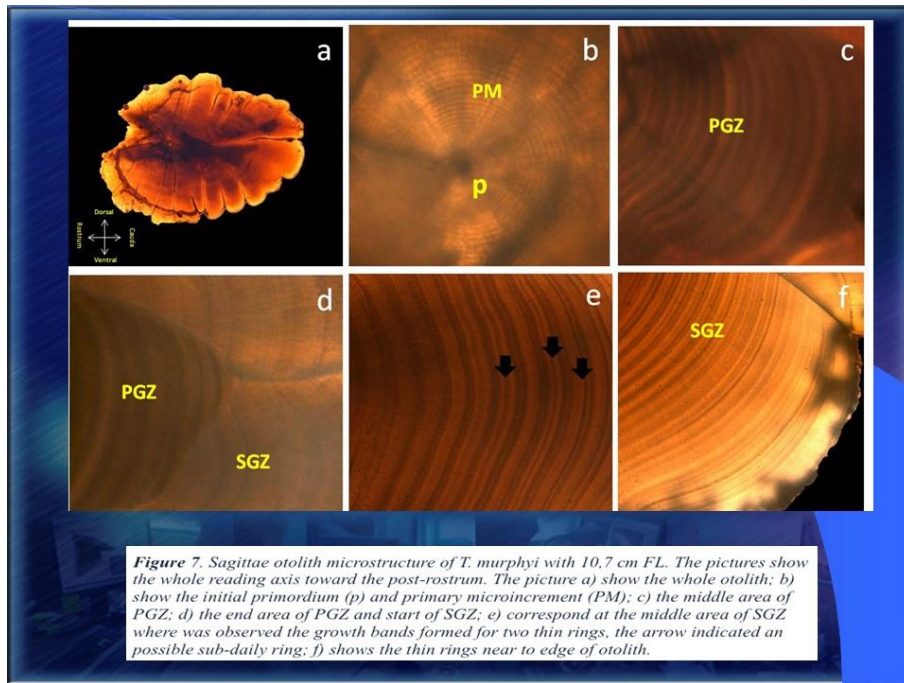
PATR3N DE LA MICROESTRUCTURA DE OTOLITOS DE JUREL

Figure 6. Microstructure of otolith sagitta of *Trachurus Murphyi* of 3.6 cm FL and 62 days, catch in North of Chile. The picture c and d shows the primordium (p) and secondary primordium (sp) than divided the otolith in a Primary Growth Zone (PGZ) and Secondary Growth Zone (SGZ). The picture b shows all extension of PGZ, that in the rostrum area reaches the edge.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Validaci3n del primer annulus ... Chile (IFOP)

104_I41_3_2013 Talla = 4 cm LH



I N PERFIL DE GROSOR DE MICROINCREMENTOS DE JUREL R O

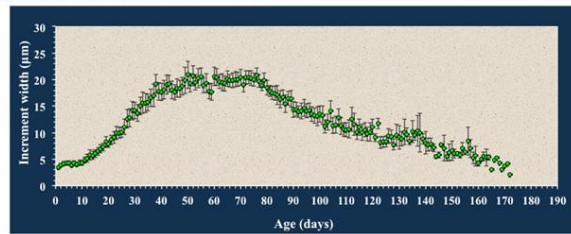


Figure 8. Increment width profile along the post-rostrum radius of sagittae otolith *T. murphyi*. Values are mean with standard error measurement in 21 otoliths of juvenile fish, collected in the north coast (Arica to Coquimbo) off Chile.

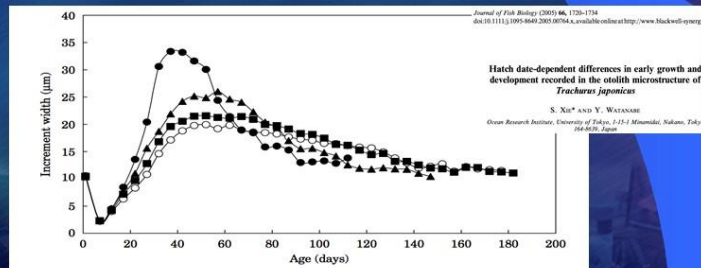
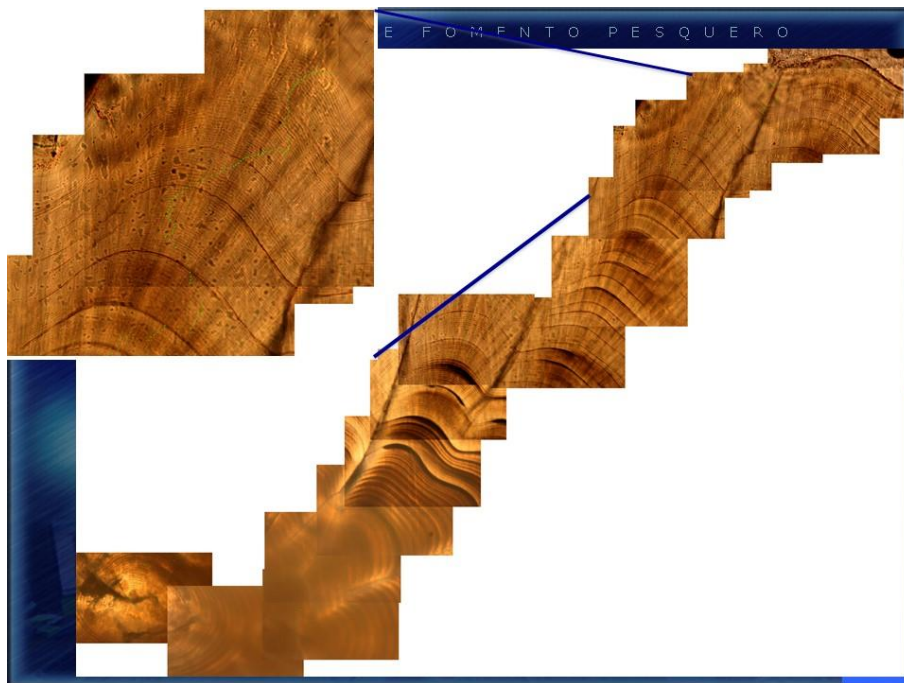
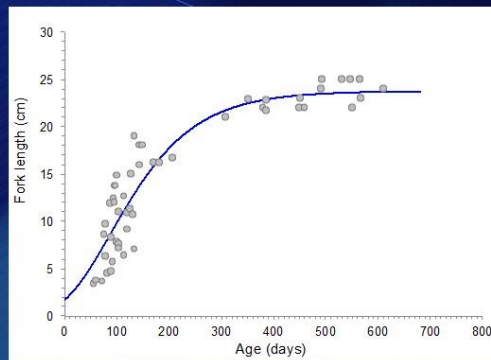


FIG. 6. Variations in increment width in sagittae among hatch-month cohorts (○, January and February; ●, March; ▲, April; ■, May) of *Trachurus japonicus* juveniles collected from Fugawa Bay in 2002.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Ajuste de crecimiento en d1as de peces juveniles



Parameter	Estimate	ASE	Parameter/ASE	Wald 95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
L_{∞}	23,75	0,47	50,92	22,81	24,69
G	0,011	0,002	5,658	0,007	0,015
X_0	88,04	6,67	13,20	74,63	101,45
R^2	89,95				
n	51				
	Mean (cm)	Lower	Upper		
	FL to 365 days	22,6	20,0	24,2	



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



WORKSHOP

“Validation of First Annual Ring of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) based on otolith microstructure analysis”

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

CARACTERÍSTICAS MICROESTRUCTURAL DE UN ANNULUS

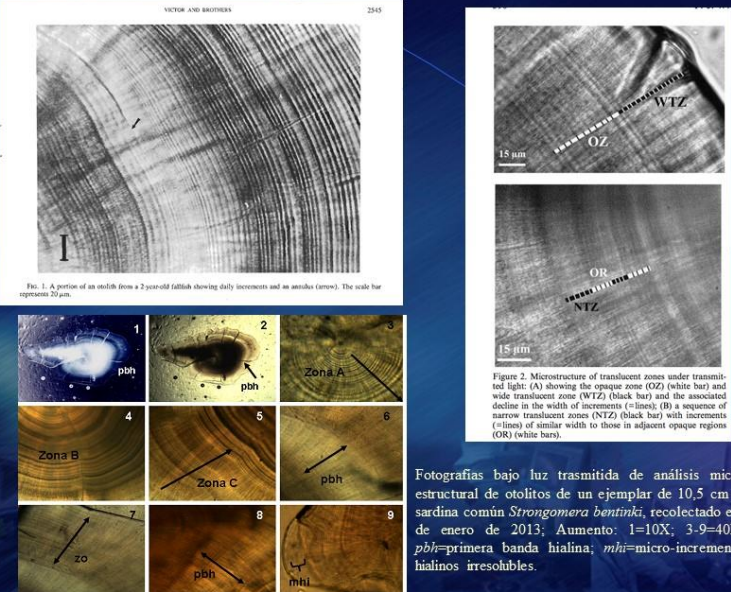
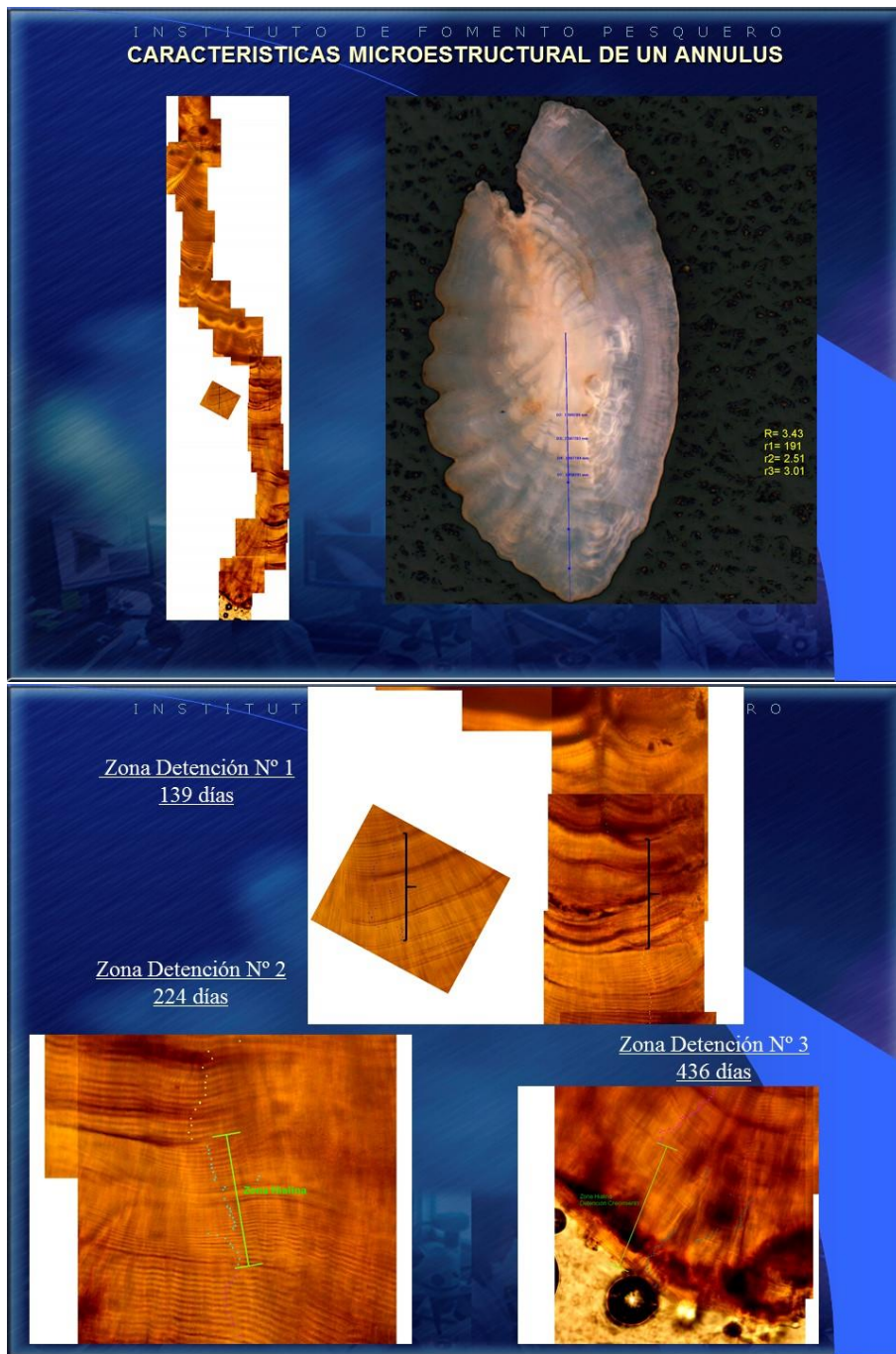


Fig. 1. A portion of an otolith from a 2 year-old fallfish showing daily increments and an annulus (arrow). The scale bar represents 20µm.

Fig. 2. Microstructure of translucent zones under transmitted light: (A) showing the opaque zone (OZ) (white bar) and wide translucent zone (WTZ) (black bar) and the associated decline in the width of increments (°-lines), (B) a sequence of narrow translucent zones (NTZ) (black bar) with increments (°-lines) of similar width to those in adjacent opaque regions (OR) (white bars).

Fotografías bajo luz transmitida de análisis microestructural de otolitos de un ejemplar de 10,5 cm de sardina común *Strongomera bentinki*, recolectado el 8 de enero de 2013; Aumento: 1=10X; 3-9=40X). *pbh*=primera banda hialina; *mhi*=micro-incrementos hialinos irresolubles.





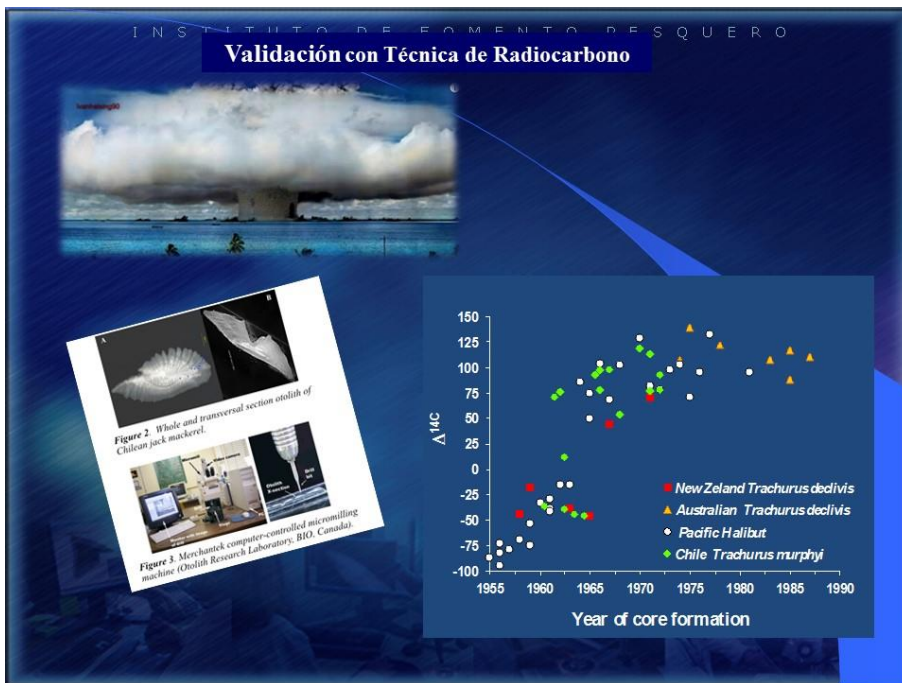
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Comparaci3n mediciones de macroanillos (anuales) con la edad en d1as

ID	Fork Length (cm)	Age (days)	Radius of annual rings (mm)				Radius of daily rings (mm)				Age (days) to R1	Age (days) to R2	Age (days) to R3	Age (days) to R to 365 days
			R1	R2	R3	R Max	R1	R2	R3	R Max				
3	21	309	2,04	2,66		3,17	1,59	2,07		3,17	134	233		
31	22	550	1,91	2,51	3,01	3,43	2,11	2,68	3,14	3,53	173	302	405	3,00
40	22	379	1,82	2,58	3,21	3,60	1,63	2,35	2,94	3,48	88	186	292	3,38
43	22	459	2,37	2,75	3,15	3,30	1,92	2,02	2,18	3,21	345	372	435	2,68
46	22	450	1,88	2,45	2,90	3,16	1,31	1,84	2,12	3,15	199	304	379	2,72
75	23	409	1,96	2,36	3,06	3,37	1,05	1,25	1,52	3,40	163	255	360	3,01
82	23	566	2,38	3,01		3,35	1,96	2,38		3,02	247	462		2,28
94	23	451	2,03	2,41	2,97	3,32	1,68	1,87	2,18	3,13	190	255	372	2,65
109	24	492	2,44	2,76	3,30	3,49	1,75	1,81	2,11	3,51	290	367	483	2,60
150	24	550	2,21	2,73	3,25	3,35	1,81	2,17	2,54	3,37	224	321	437	2,76
185	25	547	2,00	2,48	2,98	3,46	1,64	2,05	2,33	3,64	181	325	414	2,64
220	25	520	2,13	2,63	3,37	3,37	1,43	1,80	2,32	3,40	202	324	458	2,84
224	25	565	2,21	2,80	3,17	3,39	2,21	2,81	3,23	3,52	215	378	470	2,90
228	25	493	2,31	2,72	3,22	3,33	2,31	2,68	3,22	3,39	182	296	432	3,06
Mean			2,12	2,63	3,13		1,74	2,13	2,49		202	313	411	2,82

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Validaci3n con T3cnica de Radiocarbono

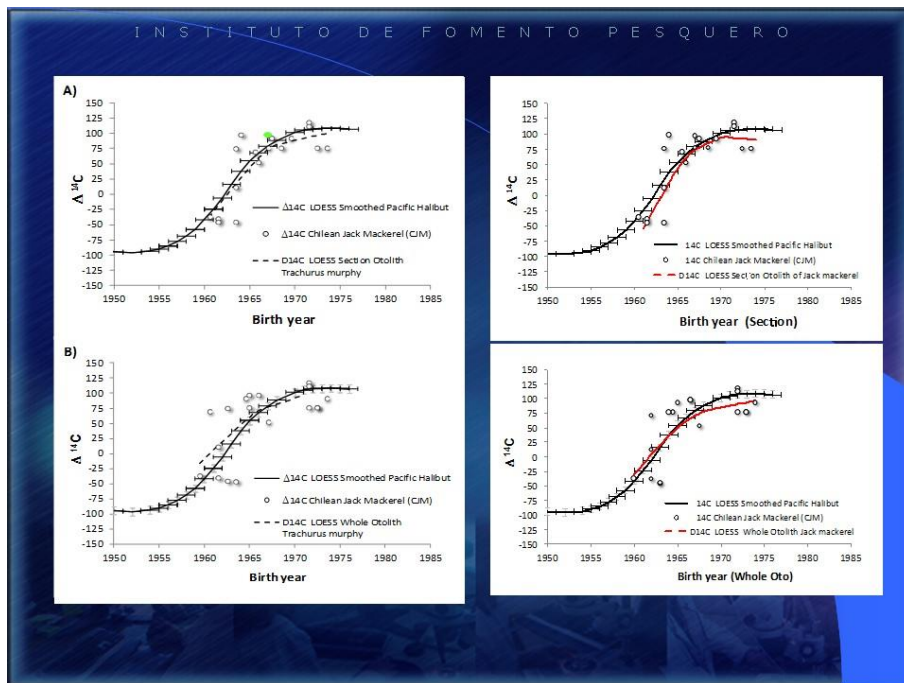


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Estimaciones de radiocarbono presente en el núcleo de los otolitos de 18 *Trachurus murphyi*

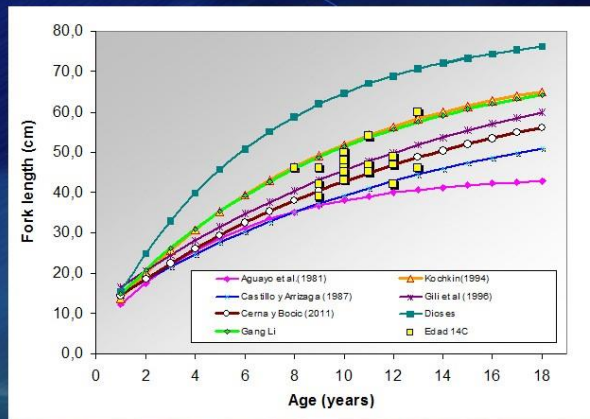
Number of Sample	Catch year	Fork length of fish (cm)	Birth year based on Section Ageing estimated	Section Otolith Age (years)	Birth year based on Whole Ageing estimated	Whole Otolith Age (years)	Core age	$\delta^{13}C$	$\delta^{14}C$	birth year based on $\Delta^{14}C$
9	1981	45	1969.5	13	1973.5	9	3	-5.03	92.30	1968-1970
21	1974	39	1967.0	8	1965	10	2	-5.45	76.80	1966-1967
27	1976	42	1966.0	11	1967	10	2	-5.05	52.80	1964-1965
1	1980	46	1968.5	13	1971.5	10	3	-4.74	77.00	1966-1967
5	1980	45	1971.5	10	1971.5	10	3	-4.75	118.30	>1970
11	1971	48	1963.5	9	1962.5	10	3	-5.85	75.80	1968-1967
25	1975	48	1967.0	9	1965	11	2	-4.83	96.80	1968-1970
28	1976	43	1964.0	13	1966	11	2	-5.28	97.70	1968-1970
10	1971	48	1963.5	9	1961.5	11	3	-4.4	12.00	1962-1963
12	1971	47	1961.5	11	1961.5	11	3	-2.78	-39.30	1960-1961
18	1973	50	1961.5	13	1963.5	11	3	-3.74	-45.60	1959-1960
12	1982	42	1972.5	11	1972.5	11	3	-4.86	76.70	1966-1967
13	1982	47	1973.5	10	1972.5	11	3	-4.88	76.70	1966-1967
9	1971	47	1965.5	7	1960.5	12	3	-5.23	70.20	1966-1967
20	1973	54	1963.5	11	1962.5	12	3	-5.05	-44.70	1959-1960
24	1975	47	1967.5	9	1964.5	12	3	-4.4	92.30	1968-1970
15	1982	49	1971.5	12	1971.5	12	3	-4.82	112.30	>1970
16	1972	60	1960.5	13	1959.5	14	3	-4.78	-36.60	1960-1961

Number of Sample	Catch year	Fork length of fish (cm)	Birth year based on Section Ageing estimated	Section Otolith Age (years)	Birth year based on Whole Ageing estimated	Whole Otolith Age (years)	Core age	$\delta^{13}C$	$\Delta^{14}C$
9	1981	45	1970.0	12	1974.0	8	2	-5.03	92.30
21	1974	39	1967.5	7	1964.5	10	1	-5.45	76.80
27	1976	42	1966.5	10	1967.5	9	1	-5.05	52.80
1	1980	46	1969.0	12	1972.0	9	2	-4.74	77.00
5	1980	45	1972.0	9	1972.0	9	2	-4.75	118.30
11	1971	48	1964.0	8	1964.0	8	2	-5.85	75.80
25	1975	48	1967.5	8	1966.5	9	1	-4.83	96.80
28	1976	43	1964.5	12	1966.5	10	1	-5.28	97.70
10	1971	48	1964.0	8	1962.0	10	2	-4.4	12.00
12	1971	47	1962.0	10	1962.0	10	2	-2.78	-39.30
18	1973	50	1962.0	12	1963.0	11	2	-3.74	-45.60
13	1982	47	1973.0	10	1973.0	10	2	-4.86	76.70
9	1971	47	1966.0	6	1962.0	10	2	-5.23	70.20
20	1973	54	1964.0	10	1963.0	11	2	-5.05	-44.70
24	1975	47	1968.0	8	1965.0	11	2	-4.4	92.30
15	1982	49	1972.0	11	1972.0	11	2	-4.82	112.30
16	1972	60	1961.0	12	1960.0	13	2	-4.78	-36.60



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Von Bertalanffy growth curve of jack mackerel for the Chilean fishery by deferent authors. The yellow square are age by radiocarbon estimation





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Perú (IMARPE)

Frecuencia longitud con radios otolitos

Figura 3. Radio medio de los otolitos de jurel *T. murphy* medidos desde enero 2011 hasta enero 2012 y radio medio del segundo (2) y tercer (3) anillo de crecimiento.

Figure 3. Average radius of Jack mackerel *T. murphy* otoliths measured from January 2011 to January 2012 and average radius of the second (2) and third (3) growth ring.

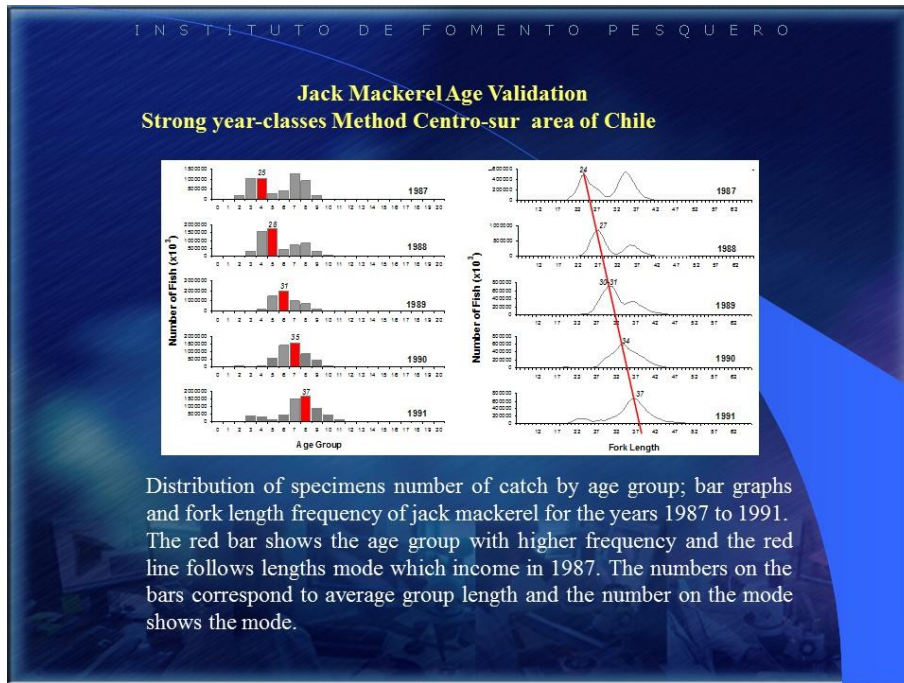
Figura 2. Frecuencias por talla mensual del jurel *T. murphy* desde enero 2011 hasta enero 2012.

Figure 2. Monthly size frequencies of Jack mackerel *T. murphy* from January 2011 to January 2012.

Tabla 5. Crecimiento del radio del otolito (mm) de jurel *T. murphy* desde enero 2011 hasta enero 2012.

Table 5. Growth of otolith radius (mm) of Jack mackerel *T. murphy* from January 2011 to January 2012.

Fecha muestreo	Días transcurridos	Número ejemplares	Longitud media pec (cm)	Radio medio (mm)	Desviación estándar (mm)
19/01/2011	0	50	27.8	3.32	0.217
07/02/2011	18	62	28.9	3.42	0.207
14/03/2011	51	46	29.7	3.53	0.159
18/04/2011	86	42	31.1	3.54	0.157
11/05/2011	119	34	31.1	3.60	0.150
21/06/2011	159	34	32.2	3.70	0.143
22/07/2011	190	31	32.8	3.68	0.209
17/08/2011	215	44	32.7	3.75	0.193
14/09/2011	242	33	32.8	3.77	0.138
27/10/2011	285	35	32.8	3.81	0.182
17/01/2012	365	37	35.5	3.94	0.183







Presentación II:

Introducción al taller “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”. **Presentadora:** Beatriz López - Nin.

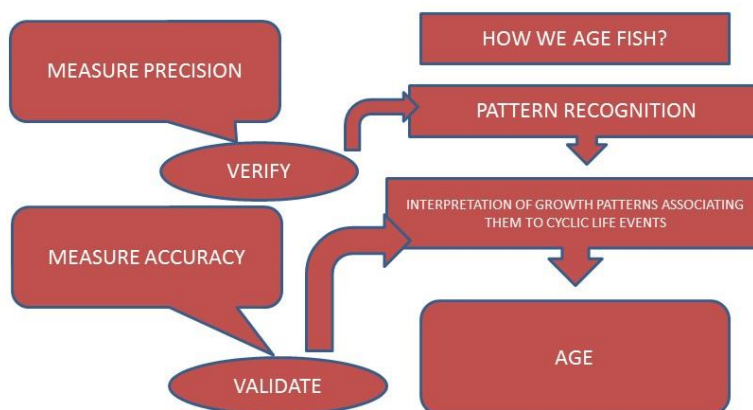


Chilean Jack Mackerel 2nd Ageing Workshop



Beatriz Morales-Nin

Ageing





Age Protocol

- How we define an annual ring?
- Where is the first annual ring?
- When the marginal ring is complete?
- Are the considered increments annual?
- Are our readings consistent?
- Is all the population consistently forming the increments?
- Age class attribution

Quality



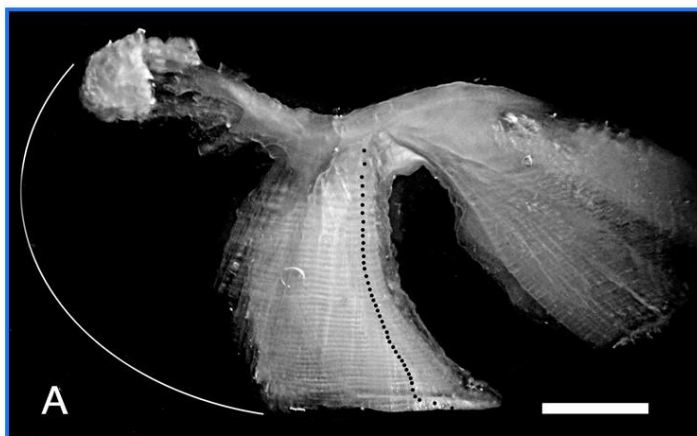
3

Proposed index

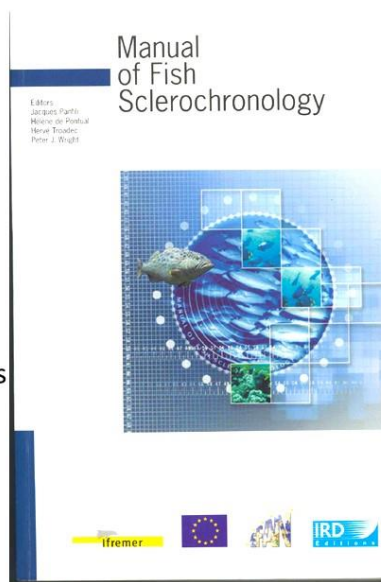
- Otolith storage
- Otolith preparation
- Otolith interpretation
 - Age assignation
 - Annuli definition
 - False rings
 - Age group assignation
- Accuracy: Validation
- Precision
- Quality control
- Reference collections



GRACIAS POR SU ATENCION



- Basic principles
- Methodology
 - Extraction
 - Handling
 - Storage
 - Preparation
 - Analytical tools
 - Statistics & Models
- Examples & demonstrations







Presentación III:

Resultados del taller “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”. **Presentador:** Francisco Cerna Gajardo

2nd WORKSHOP
 “Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”
 March 14-18, 2016, Valparaiso, Chile

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

International Consultations on the Establishment of the
South Pacific Regional Fisheries Management Organisation

The South Pacific Regional Fisheries Management Organisation is an inter-governmental organisation that is committed to the long-term conservation and sustainable use of the fishery resources of the South Pacific Ocean and in so doing safeguarding the marine ecosystems in which the resources occur.

The Commission has currently 15 Members from Asia, Europe, Latin America and Oceania:

- Australia
- Belize
- Republic of Chile
- People's Republic of China
- Cook Islands
- Republic of Cuba
- Republic of Ecuador
- European Union
- Kingdom of Denmark
- Republic of Korea
- In respect of the Faroe Islands
- New Zealand
- Republic of Peru
- Russian Federation
- Republic of Vanuatu
- Chinese Taipei

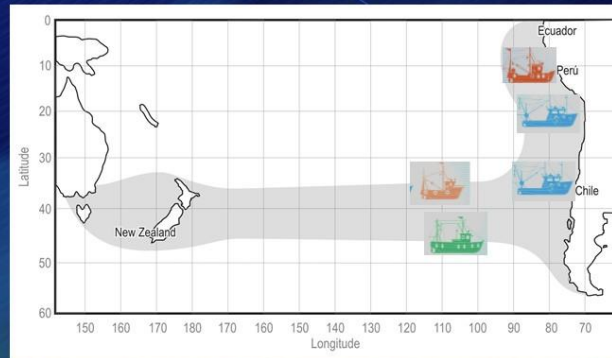
Cooperating non-Contracting Parties (CNCPs) are:
 Colombia, Republic of Liberia, Republic of Panama, and United States of America.

The Scientific Committee has established two fishery defined Working Groups and agreed they should meet annually.

- Jack Mackerel working group
- The Deepwater working group.



Distribución de *Trachurus murphyi* en el Pacífico Sur.



The “Jack Mackerel Scientific Work Group” of SPRFMO has considered as main hypothesis the existence of a single stock for whole South Pacific in order to conduct the stock assessment on this resource, where the information used is specific by fleet or area being the age compositions an important information sources in the model.

Unfortunately the age readings between areas and fleets is a point that stays without resolve, being very important minimize this error source to determine the best population status.

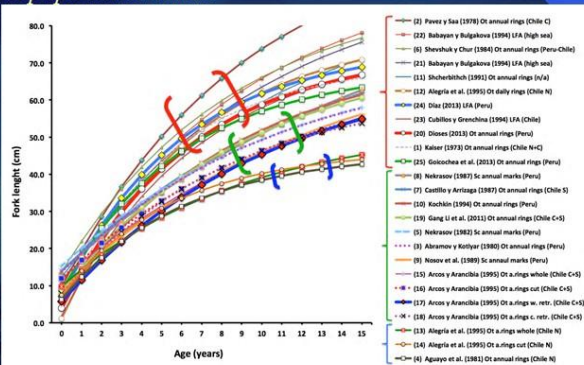


Figure 1. Growth curves and theoretical length at age of Jack mackerel *T. murphyi* estimates by different authors and methods and for different areas of the Southeast Pacific (the parameters are those from Table 1)

Dioses et al. (2013)



I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

South Pacific Regional Fisheries Management Organisation
Science Working Group



Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing workshop

**July, 04 - 13, 2011
Lima, Peru**

Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and Ageing WorkShop.

Lima, 4 – 13 July, 2011.

Develop standardised and agreed otolith interpretation protocols, and developing correct growth curves and age-length keys for jack mackerel caught in various regions.



I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Prepare an overview of how the aging technique was validated.

To establish a reference collection of otolith and their images for jack mackerel collected in the Eastern South Pacific for use in the inter-calibration exercise and future training.

Confirmed task team

Chile:	Francisco Cerna Cristian Valero Lizandro Muñoz	francisco.cerna@ifop.cl christian.valero@ifop.cl lizandro.muñoz@ifop.cl
China:	Gang Li Guoping Zhou	g-li@shou.edu.cn gpzhou@shou.edu.cn
Ecuador:	Natalia Gonzalez Viviana Jurado	ngonzalez@imp.gob.ec vjurado@imp.gob.ec
Poland (EU):	Kordian Trella	trella@mir.gdynia.pl
Rusia (EU)	Nikolay Timoshenko	timoshenko@atlant.baltnet.ru
Netherlands (EU):	De Klerk	codeklerk@yahoo.fr
Peru:	Teobaldo Dioses Carlos Goicochea	tdioses@imarpe.gob.pe cgoicochea@imarpe.gob.pe

Due to Chile offered to conduct this process Francisco Cerna was team.

compare the reading or whole also cross-section section, when a ring is not possible to be followed then it can be identified as a false ring.
• The examination should be all over the otolith, in the caudal and the rostrum. It is especially true when the caudal zone is disjunctive, then it is also necessary examine the rostrum. False rings should also be checked in the rostrum.
• The distance of the first three hyaline rings should be measured to facilitate future discussions.

The IFOP Laboratory will analyze the results of all participant readers. The precise method will be used and according to the procedure described by Francisco et al.

Age validation

Some validation method could be the verification of the first annual ring through daily rings counts, absolute age from radiocarbon analysis or following strong year classes. The results on edge pattern formation and following year classes was informed by IFOP in the first workshop. Also Russia informed results using modal length in commercial catches and daily rings. Then, in the second meeting of the Scientific Committee, Peru presented a validation study carried out by IMARPE (Goicochea et al., 2013).

Participants could decide to accomplish validation studies to contribute to the work but this has to be done parallel to present reading exercise. Or some participants could agree on a joint effort. Especially the identification of the first annual ring could deserve additional work with daily rings due to the discussions that arises during the first workshop.

Material and Method

The sample consists of 100 otolith's images from a wide length distribution. The sample contains 37 images of otolith sampled in the Peru region, 26 from Ecuador provided by the Instituto Nacional de Pesca, and 37 of Chile. The length distribution from Ecuador was rather narrow what explains the smaller number considered for this region.

The otoliths were select, cleaned and photographed with an image analyzer system (a camera mounted on a stereomicroscope, connected to a computer equipped with the software Image-Pro Plus). Whole otoliths were immersed in oil over a dark background and illuminated with reflected light. The photographs were taken at 10X magnification and each contains a reference measure of 1 millimeters.

The 100 otolith collection is kept at IFOP.

IFOP will distributed the images to participants and each is requested to read the complete set of 100 file images and share the results with all participants. The read data should include:

- The number of the image,
- The number of hyaline rings,
- The type of edge (H = hyaline, O = opaque),
- Total hyaline rings (hyaline rings number plus the edge when it is hyaline).

In the "Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and Ageing Workshop" this simple rule for whole otoliths was agreed.

Proposed Time schedule

August 2015	the proposed terms of reference is send and the images file is uploaded in the Dropbox site and made available.
To end December	Reading period
January 4 th 2016	Reading results should be send to Francisco Cerna.
January 25 th	IFOP will send you the result of the exercises.
March 14 to 18	Date for the 2 nd Workshop (Chair: Dra. Beatriz Morales-Nin)

The results needs to be discussed in a jack mackerel otolith interpretation and ageing workshop and start to write the ageing protocol. Intercessional work should continue to produce an aging guide draft. A final discussion and review of the aging guide should happen on a second workshop. The venue and dates of the 2nd workshop should be agreed in the 1st.



In this sense, the SPRFMO has required to Scientific Committee move forward to the homologation of ageing criteria for all laboratories in order that the countries will provide the correct input's data to stock assessment.

B. OBJECTIVE

Analyze and discuss the otolith's ageing criteria in order to develop a **reading protocol** of annual age determination of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) with the consensus of member countries of South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO).

2nd WORKSHOP
 "Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol"

 March 14-18, 2016, Valparaíso, Chile

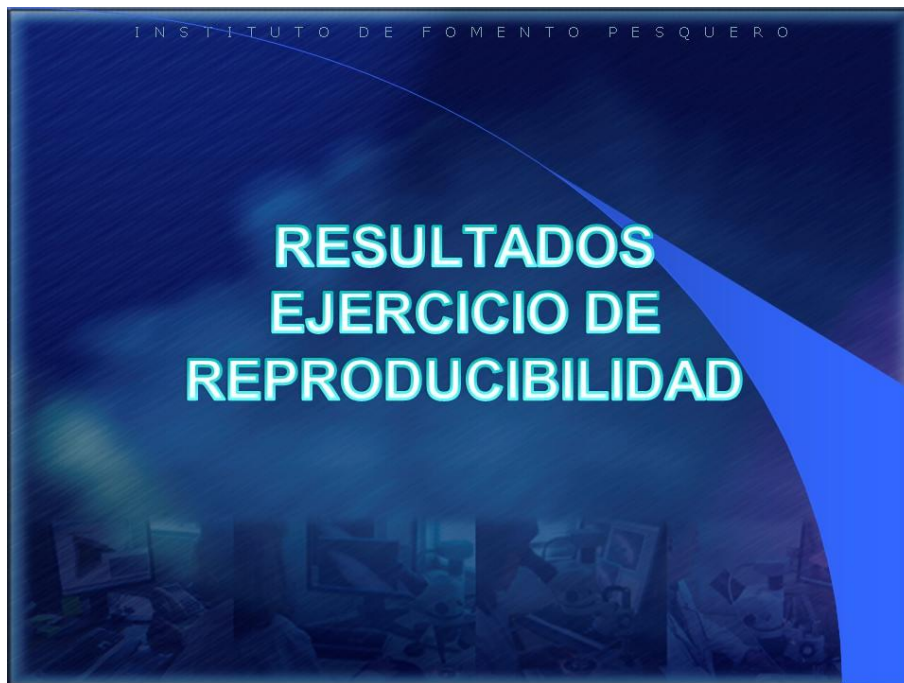
PARTICIPANTS

Professional Name	Country	Otoliths Reading	Workshop
Christian Valero	Chile	✓	✓
Lizandro Muñoz	Chile	✓	✓
Natalia González	Ecuador	✓	✓
Jacobus De Klerk	Netherlands	✓	✗
Nikolay Timoshenko	Rusia	✓	✗
Teobaldo Dioses / Carlos Goicochea	Peru	✗	✗
Guoping Zhou / Gang Li	China	✗	✗

Miguel Araya
 Mario Acevedo
 Ignacio Paya

Docente UAP y Pte. Comité Cient. Jurel
 SUBPESCA, encargado pesquería de jurel
 IFOP, Investigador y miembro SC SPRFMO







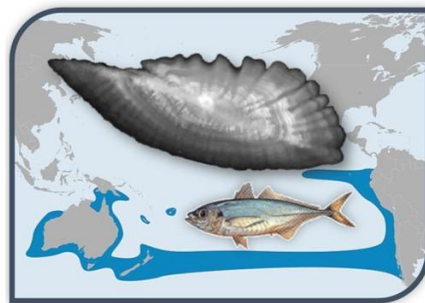


Presentación IV:

Resultados del taller “Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”. **Presentadora:** Beatriz López - Nin.



Chilean Jack Mackerel 2nd Ageing Workshop

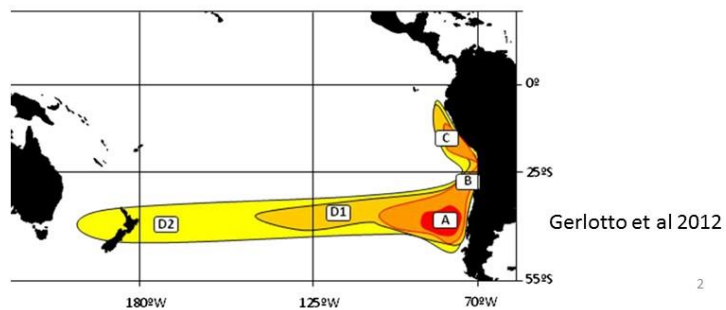


Beatriz Morales-Nin

Annual clues

Otoliths properties useful for age determination:

- Otoliths reflects both the inner growth rhythms of the fish and the environmental fluctuations
- All the population considered is following the same growth pattern
- All the fish laid down the growth increments at the same time





Ageing bias

- Reader perception
 - Workshops, training
- Fish variability
 - Differences between areas?
 - Differences in behaviour?
- Methodological differences
 - Common protocols



3

2nd CJM Workshop

- 1st step 100 otolith images interchange
- Workshop
 - Revise the results of the interchange
 - Define criteria and elaborate a reference set of images
 - Revise validation studies
 - Collate a common protocol





Participants

Professional	Reading experience	Expertise	Otolith reading	Workshop	Affiliation
Christian Valero	Medium (3 yr)	Routine age determination (more than 2400 otoliths read/year)	YES	YES	IFOP, Chile
Lizandro Muñoz	High (15 yr)	Routine age determination (more than 1800 otoliths read/year)	YES	YES	
Miguel Araya	High		NO	YES	Universidad UNP
Teobaldo Dioses	Medium	Research project	Send some readings last minute	NO	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Peru
Carlos Goicochea	Low	Research project, microstructure	NO	NO	
Natalia González	Low	Expert in Scomber japonicus	YES	YES	Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador
Jacobus De Klerk	High (5 yr)	Routine age determination (more than 1000 otoliths read/year)	YES	NO	Corten Marine Research (CMR), Netherlands
Nikolay Timoshenko	Medium	Occasional studies	YES	NO	Rusia

Definition of ageing criteria
 Other participants in the Workshop: Ignacio Paya, IFOP, Mario Acevedo, SUBPESCA.



Method	Annual /DGI	Age	Advantages	Limits and comments	Applied to CJM
Mark-recapture chemically tagged fish	A+D	All	Validate periodicity post release	low recaptures, some markers may affect survival	No, albeit marker doses determined (100 mg oxy-tetracycline kg fish) (Araya et al 2003)
Captive rearing	A+D		Validate age and periodicity	Differences in growth and increment definition with wild fish	D validation with marked fish (Araya et al 2003)
Microstructure	A	1 yr	Validation of 1st year	Chilean waters: Daily periodicity validated for fish size range 28.4-37.7 (Araya et al.2003)	Mean length 22.6 cm FL for age 1 (IFOP in prep)
				Peruvian waters: Without D validation for fish of the area	Mean length 17.7 cm FL for age 1 (Goicochea et al 2013)
MLA	A	0-8 yr	Applicable when no overlapping length modes, Occasional strong year classes	Validation of ages 2-3	Goicochea et al 2013
				Progression of a strong mode ages 1-8	De Klerk pers.com.
				Progression of a strong mode age 4 with 25 FL from 1987 to 1991	Cerna&Bocic 2011
Marginal increment analysis	A	1-6 yrs	Indirect validation first age classes	CJM otolith zonation limit the applicability due to difficulties in evaluating the degree of completeness marginal increment	IMR (considering opaque zone formation) growth from June to October (IFOP in prep)
Radiochemical dating	A	Plus 5yr old	Validate absolute age old fishes	Can only distinguish between divergent estimates	No
Bomb radiocarbon	A	All	Validate absolute age and periodicity	Applied to fish between 8-13 years >40 cm FL	Yes, mean age exact and maximum longevity 15 yr (Ojeda et al. 2008)



Validation Recommendation

1. Validation is an important step in an age determination and must be carried out in all exploited areas.
2. Validation studies should be repeated periodically, moreover if exploitation patterns change.
3. Because not a single method is feasible for the validation of all ages, a combination of methods should be envisaged.
4. Validation of growth in captivity is feasible and recommended for juvenile life stages.
5. The long time-series of historical information available on age and marginal increment formation should be revised to ascertain if there are cyclic inter-annual repetitions of intra-annual patterns, if some natural markers appeared in certain age classes probably linked to environmental oscillations, that allow understanding otolith formation patterns and growth evolution.
6. Likewise, the appearance of clear annual classes in the length composition that could be followed in time are indirect validation providing valuable corroboration of growth rates.
7. The techniques based on variations in trace elements (Sr, Ba) and in oxygen isotopes on the otolith, may help to elucidate the seasonality of the growth patterns and thus validate the supposed growth increments.
8. The results obtained by $\Delta^{14}\text{C}$ allowing validation of absolute ages, could be extended to other exploitation areas.
9. It is recommended to measure the radius of each increment as part of the otolith reading to ascertain the annulus distribution.
10. A combination of retro-calculated lengths-at age from otolith readings and modal progression analysis in the length frequency, could be used to validate the ages determined mainly for the first age classes.
11. A large study encompassing CJM area of distribution using mark and recapture techniques would be helpful to solve the age validation and growth rates. This study requires international cooperation.

Otolith interchange

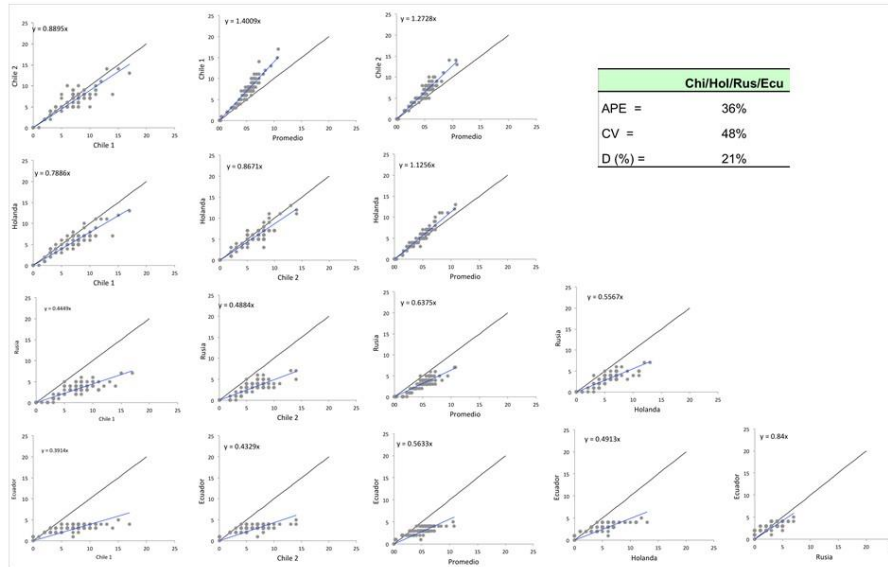
Expert reader 1 (IFOP) as baseline

Diferenci:	Leet 2 IFOP	Holanda	Rusia	Ecuador
14				
-13				1
-12				
-11				1
-10			2	1
-9				1
-8			6	3
-7		1		6
-6	1		8	8
-5	1		14	18
-4	1	4	22	20
-3	6	15	17	13
-2	15	24	20	4
-1	20	23	4	10
0	38	26	7	10
1	12	7		4
2	4			
3	1			
4	1			
	100	100	100	100

APE index was 36%, CV was 48 and D% was 21

Chilean methodology revised in the workshop

- 1st increment identified by its radius (validated by DGI)
- Clarity, continuity and relative distances as increment identification
- Marginal zone completeness considered based on relative size
- Fish >45 cm use transversal sections



Otolith Interchange Recomendation

1. Further inter-calibration exercises are needed encompassing both image interchange and in-person exercises.
2. The otolith images should encompass the different exploitation areas and cover the available length range in each area.
3. The use of an internet tool like WebGR (<http://www.webgr.azti.es>) that allow sharing images and annotating them, would facilitate the process.
4. Due to the difficulty of interpretation of CJM otoliths, resources must be allocated to ensure regular presencial workshops where the readers could interchange expertise and determine common criteria.




Age Protocol

- How we define an annual ring?
- Where is the first annual ring?
- When the marginal ring is complete?
- Are the considered increments annual?
- Are our readings consistent?
- Is all the population consistently forming the increments?
- Age class attribution
- Quality control


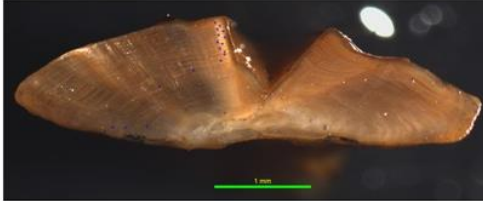


11

Reference Image

	Otolith Reference	9
	Exploitation area	Iquique
	Capture	April 24, 2012
	Fork fish Length (cm)	27
	Age (years)	3
	Age Class (years)	IV
	Comments:	Example of increments composed of growth zones. Opaque edge (0.650).



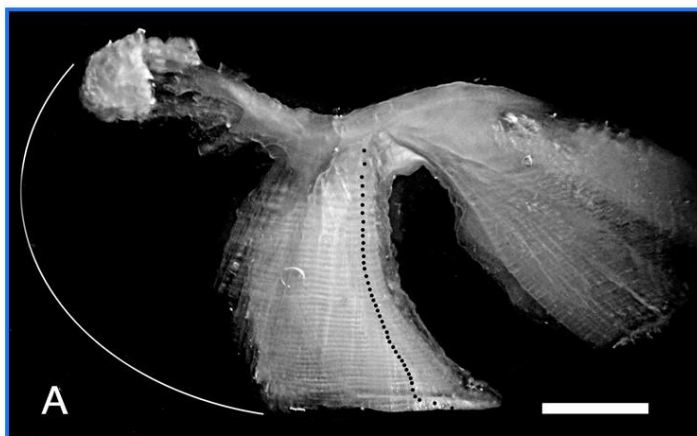
 	Otolith Reference	2
	Exploitation area	Coronel
	Capture	April 9, 2012
	Fork fish Length (cm)	52
	Age (years)	18
	Age Class (years)	XIX
Comments:		Narrow increments close to the edge. The below image correspond to transversal section (20x magnification). Small circle on section show the correct reading

General Recommendations

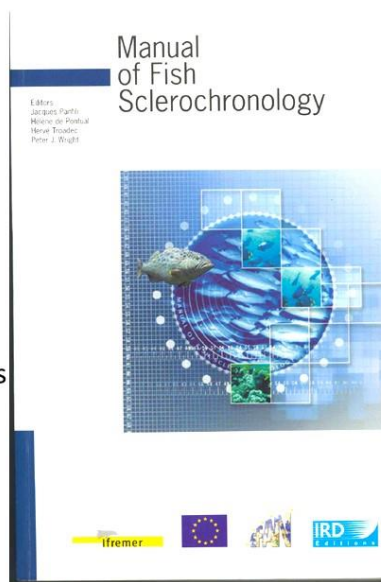
- The divergence in CJM otolith interpretation is clear. To reduce bias due to methodological aspects, we recommend that the draft protocol is widely distributed and that each Institution develops further the age protocol for CJM.
- Precision and accuracy must be increased. Thus, a joint exercise to determine differences in otolith's growth patterns between areas is required. Validation exercises must be hold using as many methodologies as possible.
- A joint marking and release experiment is suggested for age validation.
- To increase the training of the otoliths readers is a priority and efforts must be made to organize periodic presential workshops.
- We recommend to held a workshop on age determination organized by the scientific committee of SPRFMO.
- Collaboration with other international commissions like ICES, is recommended to improve the methodology used in age working groups.



GRACIAS POR SU ATENCION



- Basic principles
- Methodology
 - Extraction
 - Handling
 - Storage
 - Preparation
 - Analytical tools
 - Statistics & Models
- Examples & demonstrations





Listas de participantes al Taller 2

“Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”
(14-18 marzo 2016)



Workshop Jurel

Proyecto: “Protocolo de lectura de otolitos de jurel”
FIP 2014-32

Valparaíso, 14 de Marzo del 2016
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Lizandro Huñoz Rubio	IFOP	
2	Ricardo Arcega	UNAP	
3	Galinda Gutiérrez	IFOP	
4	MARIO ACEVEDO G	SSTA	
5	Guillermo Moyano A.	IFOP	
6	Luis Gil M.	IFOP	
7	Walter Cruz	IFOP	
8	Natalia González P	INT (Escuela)	
9	Bosch Monsal	IMEDEO	
10	Francisco Cerme	IFOP	
11	Christina Valbuena	IFOP	
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Protocolo de lectura de otolitos de jurel"
FIP 2014-32

Valparaíso, 15 de Marzo del 2016
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Lizandro Muñoz Rubio	IFOP	
2	Natalia González	IVP (Ecuador)	
3	Ignacio Pardo	IFOP	
4	Miguel Wray	UNAP	
5	Franco Gama	IFOP	
6	Bertha Morales	IMFOP	
7	Christian Julio B	IFOP	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Protocolo de lectura de otolitos de jurel"
FIP 2014-32

Valparaíso, 16 de Marzo del 2016
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Riguel Araya	UNAP	
2	Natalia González G	INP (Ecuador)	
3	MARIO ACEVEDO G.	SJPA	
4	Brenda Morales	IMEO	
5	FRANCISCO CERNA	IFOP	
6	Christina Valero	IFOP	
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Protocolo de lectura de otolitos de jurel"
FIP 2014-32

Valparaíso, 17 de Marzo del 2016
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Francisca Cerna	IFOP	
2	Christian Ulloa	IFOP	
3	Lizandro Muñoz R.	IFOP	
4	Miguel Ángel Araya	UNAP	
5	Bernardo Morales	IMEDEA	
6	Ignacio Pariza Z.	IFOP	
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Workshop Jurel

Proyecto: "Protocolo de lectura de otolitos de jurel"
FIP 2014-32

Valparaíso, 18 de Marzo del 2016
LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	ORGANIZACIÓN	FIRMA
1	Lizandro Muñoz R.	IFOP	<i>Lizandro Muñoz R.</i>
2	Luis G. G.	IFOP	<i>Luis G. G.</i>
3	Rudolinda Bravo P.	IFOP	<i>Rudolinda Bravo P.</i>
4	Francisco Ceana	IFOP	<i>Francisco Ceana</i>
5	Guillermo Mujuru.	IFOP	<i>Guillermo Mujuru.</i>
6	Karol del Sol	IFOP	<i>Karol del Sol</i>
7	Lecilia Mackena	IFOP	<i>Lecilia Mackena</i>
8	Héctor Hidalgo	IFOP	<i>Héctor Hidalgo</i>
9	Vilma Ojeda C.	IFOP	<i>Vilma Ojeda C.</i>
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			



Cartas relevantes

De: "francisco cerna" <francisco.cerna@ifop.cl>
Para: ngonzalez@inp.gob.ec, vjurado@inp.gob.ec, trella@mir.gdynia.pl, timoshenko@atlant.baltnet.ru, tdioses@imarpe.gob.pe, cgoicochea@imarpe.gob.pe, g-li@shou.edu.cn, "cristian valero" <cristian.valero@ifop.cl>, "lizandro.munoz" <lizandro.munoz@ifop.cl>
CC: "cristian canales" <cristian.canales@ifop.cl>, "claudio bernal" <claudio.bernal@ifop.cl>
Enviados: Martes, 11 de Agosto 2015 13:46:38
Asunto: Task to develop guidelines to read jack mackerel otolith.

Dear all,

In the 1st Meeting of the Scientific Committee (SC) of SPRFMO, La Jolla, United States of America, 21-27 October 2013, and in relationship with matter identified in Subject, it was agreed separated the work in two phases: the first focused on daily rings on otoliths of juveniles of jack mackerel whose convenor is Mr Teobaldo Dioses (tdioses@imarpe.gob.pe) from Peru, and the second one focused in the annual reading comparison on whole otolith whose convenor is Mr. Francisco Cerna, (francisco.cerna@ifop.cl) from Chile. Notwithstanding the development of the first activity, we invited you attend to second workshop of JM intercalibration age. We finish the preparation of the images and can initiate the reading's comparison work.

A draft of Terms of Reference (ToR) will be distributed to participants in order to have an agreed document and it will be based on the recommendations made by the SWG-SPRFMO in the Peru WS held in July 2011. The images of the otoliths will be put in a Drop Box, which will be made available by IFOP as convenor of this exercise.

In other hands, we are making the validation analyses of the first annulus with daily micro-increment method, which will conclude with a Workshop in December 14th to 17th. In this WS, it will make the daily reading comparison with an expert in order to check the work. Considering the importance of this activity, we invited to all countries members of Scientific Committee of SPRFMO to attend as researcher or observer in the reading comparison exercises, in order to reinforce the work of scientific collaboration of SPRFMO.

Best regards,

Francisco
Francisco Cerna Troncoso
Jefe Sección Edad y Crecimiento
Instituto de Fomento Pesquero
Blanco 839, Valparaíso, Chile.
Fono: (32) 2151525
www.ifop.cl



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA



PERÚ Ministerio de la Producción

Instituto del Mar del Perú

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

Oficio N° DEC-300- 491 -2015-IMARPE/PRODUCE

Callao, 23 de noviembre de 2015

Señor
CLAUDIO EDUARDO BERNAL LARRONDO
Director Ejecutivo
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso, Blanco Encalada 839
Chile.-

Asunto : Taller "Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and ageing Workshop"

Referencia : IFOP/DIP/N°308-2015/DIR/N°808

Tengo a bien dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y manifestarle nuestro agradecimiento por la invitación formulada en el documento de la referencia para participar en las actividades orientadas a desarrollar un protocolo común de determinación de edad para el jurel, el cual se llevará a cabo en la ciudad de Valparaíso, Chile, en diciembre 2015 y marzo 2016.

El Instituto del Mar del Perú (Imarpe), en el marco de las investigaciones de la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS) dirigidas al recurso jurel, apoya esta iniciativa, y se ha designado al Blgo. Teobaldo Dioses Romero y Blgo. Carlos Goycochea Vigo para participar en el Taller de validación del primer annulus con el análisis de microestructura de otolitos (14-18 de diciembre 2015) y en el Taller internacional de interpretación de la edad de jurel y elaboración del protocolo de lectura (14-18 de marzo de 2016).

Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
IMARPE

M.Sc. Caria P. Aguilera Samanamud
Directora
Dirección Ejecutiva Científica

www.imarpe.gob.pe

Esquina Gamarra y General Valle s/n
Chucuito, Callao 22, Perú
Telef. (511) 208-8650



----- Forwarded message -----

From: **Teobaldo Dioses Romero** <tdioses@imarpe.gob.pe>
Date: 2016-03-17 14:26 GMT-03:00
Subject: Set images to Peru 1
To: "francisco.cerna@ifop.cl" <francisco.cerna@ifop.cl>
Cc: "Jorge.csirke@gmail.com" <jorge.csirke@gmail.com>, Marilu Bouchon Corrales <mbouchon@imarpe.gob.pe>, Miguel Ñiquen Carranza <mniquen@imarpe.gob.pe>, Andres Chipollini Montenegro <achipol@imarpe.gob.pe>, Carlos Goicochea Vigo <cgoicochea@imarpe.gob.pe>, "jim.ianelli@noaa.gov" <jim.ianelli@noaa.gov>, "secretariat@sprfmo.int" <secretariat@sprfmo.int>, "cloveridge@sprfmo.int" <cloveridge@sprfmo.int>, "shernandez@subpesca.cl" <shernandez@subpesca.cl>, "macedo@subpesca.cl" <macedo@subpesca.cl>, "claudio.bernal@ifop.cl" <claudio.bernal@ifop.cl>, "cristian.canales@ifop.cl" <cristian.canales@ifop.cl>, "ignacio.paya@ifop.cl" <ignacio.paya@ifop.cl>

Dear Francisco

The set of images sent to Peru, are subdivided into two groups:

In the first group, the images odd number, the counts of the rings were made considering the results of the latest research based on the readings of the daily microincrements. It measures in accordance with the radii of the growth rings was determined by microincrements that after the first ring marked the distance from the next smallest measured 0.8 mm ring correspond to those higher quarterly rings and rings to rings 1.5 mm semester. (Photos in Word).

In the second group, peer images series, they were performed following the traditional methodology of reading, after first considering the presence of two semi-annual rings annual also in some cases quarterly rings. (Power Point presentation).

We hope these readings serve to clarify the problem of reading growth rings of otoliths of Chilean jack mackerel

Best regards

Blgo. Teobaldo Dioses Romero
Área Funcional de Investigaciones de Recursos
Transzonales y Altamente Migratorios (AFIRTAM)
Tel. 2088650 Anexo 814
Cel. 941458328



IFOP/DIP/N° 310/2015/DIR/N°

00.809

INSTITUTO DE
FOMENTO
PESQUERO

Valparaíso, 26 de octubre de 2015

Señor
Edwin Moncayo Calderero
Directora Ejecutiva
Instituto Nacional de Pesca
Ecuador

Estimado señor Moncayo:

Por este intermedio informo que considerando las recomendaciones emanadas en el taller "Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing Workshop", realizado en Lima en julio del 2011, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizará las siguientes actividades orientadas a desarrollar un protocolo común de determinación de edad para el jurel:

- 1) Segundo ejercicio de intercalibración de la edad, que se desarrollará a distancia, a través del análisis de imágenes de otolitos.
- 2) Taller de validación del primer annulus con el análisis de microestructura de otolitos, que se realizará en IFOP en Valparaíso entre el 14 y 18 de diciembre de 2015.
- 3) Taller internacional de interpretación de la edad de jurel y elaboración del protocolo de lectura a realizarse en el Hotel Diego de Almagro en Valparaíso entre 14 y 18 de marzo de 2016. El taller será dirigido por la Dr. Beatriz Morales-Nin y participarán investigadores de la OROP_PS representando a Ecuador, Polonia, China y Rusia.

Dada la vasta experiencia de los investigadores de INP en la lectura de edad de jurel, tengo el agrado de invitar a las señoras Viviana Jurado y Natalia González para participar en las actividades antes mencionadas.

Esperando una buena acogida de esta iniciativa de cooperación, saluda atentamente a usted

Claudio Eduardo Bernal Larraondo
Director Ejecutivo (S)



FC-1 / IT-2 / PD-4-1

1



INSTITUTO DE
FOMENTO
PESQUERO

IFOP/DIP/N° 043/2016/DIR/N° 106

Valparaíso, 29 de enero de 2016

Señora
Carla Aguilar Samanamud.
Directora Ejecutiva Científica.
Instituto del Mar del Perú IMARPE.
Esquina Gamarra y General Valle s/n°.
Chucuito - Callao
PERÚ

Estimada señora Aguilar:

Como ya fue informado mediante carta del 29 de octubre del pasado año, nuestro Instituto realizará desde el 14 al 18 de marzo del 2016, el "Taller Internacional de Interpretación de la Edad de Jurel y Elaboración del Protocolo de Lectura", actividad asociada a las recomendaciones emanadas en el taller "Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing Workshop", realizado en Lima en julio del 2011. La actividad se llevará a cabo en la ciudad de Valparaíso, en el Hotel Diego de Almagro; será dirigido por la Dra. Beatriz Morales-Nin y participarán investigadores de la OROP_PS

Cabe mencionar que previo al taller, se debe considerar el envío de los resultados de las lecturas del segundo ejercicio de intercalibración de la edad, iniciado en septiembre del 2015. Esta información debe ser analizada previamente por el Chairman del Workshop Dra. Beatriz Morales-Nin.

Dada la vasta experiencia de los investigadores de IMARPE en la lectura de edad de jurel, tengo el agrado de invitar a los Sres. Teobaldo Dioses y Carlos Goicochea y/o otro investigador de vuestra institución que usted estime conveniente

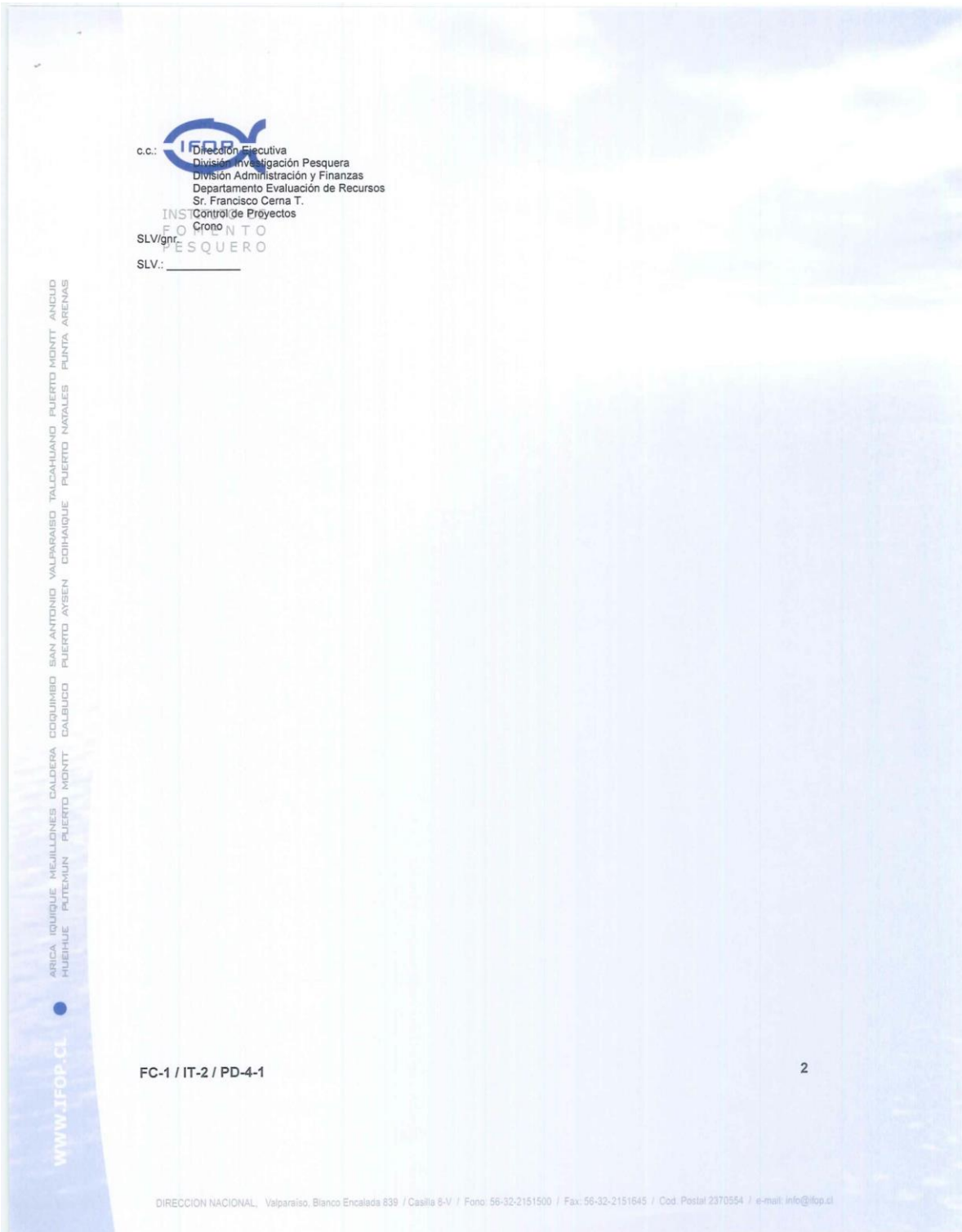
Esperando una buena acogida de esta iniciativa de cooperación, saluda cordialmente a usted.

Leonardo Núñez Montaner
Director Ejecutivo



FC-1 / IT-2 / PD-4-1

1





De: Rosa Seminario [mailto:rseminario@institutopesca.gob.ec]

Enviado el: lunes, 07 de marzo de 2016 14:26

Para: 'geovanna.neira@ifop.cl'; Cristian Canales

CC: Direcci3n INP (Edwin Moncayo, M.Sc); Sub T3cnico INP (Paul Sangurima, Blgo.); Willan Revelo, Dr. (INP); Fernando Aguilar

(INP); jnina@institutopesca.gob.ec; jgarrido@institutopesca.gob.ec; 'Blga. Natalia Gonzalez'; Gina Grijalva (Archivo-INP); Mirian Ram3rez (INP); Wendy Herrera, Ing.

(INP); agomez@institutopesca.gob.ec; Gioconda Le3n (INP)

Asunto: INP agradece invitaci3n y designa representante para participar en actividades programadas por IFOP RV: Carta IFOP DIP N3310 2015 DIR N3809 (FECHA 26-10-2015)

Importancia: Alta

Oficio Nro. MAGAP-INP-2016-0165-OF

Guayaquil, 07 de marzo de 2016

Se3or

Claudio Eduardo Bernal Larrondo

Director Ejecutivo (s)

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP)

En su Despacho

De mi consideraci3n:

Agradezco su gentil invitaci3n para participar en las actividades programadas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) a su digno cargo, orientadas a desarrollar un protocolo com3n de determinaci3n de edad para el jurel.

Al respecto, me es grato poner en su conocimiento que la bi3loga Natalia del Pilar Gonz3lez Carvajal, ha sido designada para participar en representaci3n del Instituto Nacional de Pesca en el Workshop: "Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol" (Taller internacional de interpretaci3n de la edad de Jurel y elaboraci3n de protocolo de lectura), que se realizar3 en Valpara3so, entre el 14 al 18 de marzo de 2016, en cumplimiento con los compromisos adquiridos en la 3ltima reuni3n del comit3 cient3fico de la OROP.

Reitero nuestro compromiso de colaboraci3n institucional.

Atentamente,

Documento firmado electr3nicamente

Blgo. Miguel Pa3l Sangurima Mora

**DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE PESCA,
SUBROGANTE**



----- Mensaje reenviado -----

De: **Teobaldo Dioses Romero** <tdioses@imarpe.gob.pe>
Fecha: 14 de diciembre de 2015, 1:23
Asunto: Taller Edad
Para: "francisco.cerna@ifop.cl" <francisco.cerna@ifop.cl>
Cc: "ignacio.paya@ifop.cl" <ignacio.paya@ifop.cl>, "jorge.csirke@gmail.com" <jorge.csirke@gmail.com>, Marilu Bouchon Corrales <mbouchon@imarpe.gob.pe>, Carlos Goicochea Vigo <cgoicochea@imarpe.gob.pe>, Andres Chipollini Montenegro <achipol@imarpe.gob.pe>

Estimado Francisco

Recibe mis cordiales saludos cordiales y a la vez comunicarte que a pesar de la confirmación de la participación tanto de Carlos como la mía por parte de IMARPE, en el Taller de validación del primer annulus con el análisis de microestructura de otolitos organizado por el IFOP en su sede de Valparaíso entre el 14 y 18 de diciembre de 2015, esta no va a ser posible. Problemas de índole administrativo que se han generado en mi país en relación a las autorizaciones de viajes al exterior, han hecho esto imposible.

Creemos que la actualización de información sobre la validación del primer anillo anual en otolitos del recurso jurel en el Pacífico Sudoriental es de vital importancia, con vistas a una futura aplicación de esta validación de la edad en modelos de evaluación poblacional, como uno de los factores importantes para lograr el desarrollo sustentable de esta pesquería en el seno de la OROP, razón por la cual les deseamos lo mejor y que logren ver la luz en esta criticada tarea de determinar la edad en los peces y especialmente en el jurel.

Esperamos estar presentes en la reunión de marzo.

Atentamente

Blgo. Teobaldo Dioses Romero
Área Funcional de Investigaciones de Recursos
Transzonales y Altamente Migratorios (AFIRTAM)
Tel. 2088650 Anexo 814



----- Mensaje reenviado -----

De: **Teobaldo Dioses Romero** <tdioses@imarpe.gob.pe>
Fecha: 15 de marzo de 2016, 13:05
Asunto: Reunion Valparaiso
Para: "francisco.cerna@ifop.cl" <francisco.cerna@ifop.cl>
Cc: "jorge.csirke@gmail.com" <jorge.csirke@gmail.com>, Marilu Bouchon
Corrales <mbouchon@imarpe.gob.pe>, Miguel Ñiquen Carranza
<mniquen@imarpe.gob.pe>, Andres Chipollini Montenegro
<achipol@imarpe.gob.pe>, Carlos Goicochea Vigo <cgoicochea@imarpe.gob.pe>

Hola Francisco

Un poco contrariado por lo sucedido, es la segunda vez que en la puerta del horno se quema el pan. Razones ajenas a nuestra voluntad, no han permitido nuestro viaje a Valparaíso, incluso hasta el día domingo teníamos la esperanza que publiquen la autorización de viaje, lo cual nunca sucedió.

Sentimos mucho no poderlos acompañar en este momento crucial de tratar de solucionar el problema de la edad del jurel en el Pacífico Sur.

Saludos

Blgo. Teobaldo Dioses Romero
Área Funcional de Investigaciones de Recursos
Transzonales y Altamente Migratorios (AFIRTAM)
Tel. 2088650 Anexo 814
Cel. 941458328



Ref: 16-2016

2 March 2016

To: Members, CNCPs, Scientific Committee

Dear colleagues,

Re: Otolith Workshop from 14-18 March in Valparaiso, Chile

This is a reminder that the SC Workshop on "Chilean Jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol" will be held from 14 to 18 March in Valparaiso, Chile.

Please inform the Secretariat at your earliest convenience if you intend to send scientific representation to this workshop, and if so, please communicate their names to Mr. Francisco Cerna from IFOP (Francisco.cerna@ifop.cl) (copied to the Secretariat).

In addition, the Secretariat has been advised that important scientific information regarding otolith reading of the intercalibration exercise is still outstanding. The relevant laboratories are kindly requested to inform Mr. Cerna and the Secretariat about the date at which this information will be sent and to send it as soon as possible so that it can be used during the workshop.

Thank you very much for your attention and collaboration.

Sincerely yours,


Johanne Fischer
Executive Secretary





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

Reporte T3cnico Taller 2

Sra. Beatriz Morales-Nin



REPORT OF THE SECOND CHILEAN JACK MACKEREL AGE DETERMINATION WORKSHOP AND DRAFT AGE PROTOCOL

14-18 March, 2016

Valparaiso, Chile

Beatriz Morales-Nin



IMEDEA CSIC/UIB

Miquel Marques 21, 07190 Esporles, Spain

beatriz@imedea.uib-csic.es



Summary

The workshop of Chilean Jack Mackerel age determination met for the second time from 14 – 18th March in Valparaíso, Chile. The meeting was chaired by Beatriz Morales-Nin (IMEDEA-CSIC, Spain) with the support of Francisco Cerna (IFOP, Chile).

The meeting was preceded by an otolith interchange composed of 100 calibrated images of pair of otoliths covering a wide range of fish fork lengths (8-53 cm). This exercise was the basis for the work carried out during the Workshop. The results of the exercise and a second joint otolith reading during the workshop were followed by discussions and the elaboration of a common ageing protocol. The reading intercalibration exercise was carried out by 5 participants of 4 nationalities, whilst in the Workshop participated 3 nationalities (Table Annex 1). The Peruvian interpretation of 31 otoliths arrived on Thursday afternoon, allowing some preliminary analysis.

This report summarizes the analysis of the joint readings, the draft of an ageing protocol and future recommendations' for the progress on standardization, to ensure the documentation of this progress, all with the needs of the end users in mind. It is important to note that the participation both in the reading exercise and in the Workshop was much less than expected. Therefore the results obtained are somehow limited and require further elaboration to achieve a wider consensus.

1-Introduction

The Chilean jack mackerel (CJM) is a wide distributed carangid throughout the southeastern Pacific, ranging from the Galapagos Islands and south of Ecuador to southern Chile. Its current distribution also extends from south-central Chile across the Pacific Ocean, to New Zealand and Tasmanian waters (Evseenko, 1987; Serra, 1991; Elizarov et al., 1993; Taylor, 2002).

The CJM population can be characterized by a spawning area distributed from 35° to 40°S and to 90°W; a coastal feeding habitat of adults in the central-southern area off Chile (33°S-40°S), where the juveniles are recruited, and the existence of a nursery habitat further north of 30°S in warm oceanic and coastal waters (Arcos et al., 2001).

Jack mackerel stocks are not still well defined, SPRFMO Commission at its 1st Commission Meeting requested the newly established Scientific Committee to continue



the work on evaluating alternative hypotheses on Jack mackerel stock population. Current working hypothesis are: the CJM caught off the coasts of Peru and Chile each constitute separate stocks (Peruvian or northern and Chilean or southern stocks - hypothesis 1) which straddle the high seas; and, that Jack mackerel caught off the coasts of Peru and Chile constitute a single shared stock (hypothesis 2) which straddles the high seas. Pending more conclusive findings on the stock population structure of Jack mackerel, the 2nd Commission meeting requested the Scientific Committee (SC) to continue and expand the stock assessment work under both the stock hypotheses considered in the 11th SWG Meeting, and this continues to be one of the main tasks undertaken at SC.

The age composition of catches is a relevant element for understanding the changes in the stock (Campana 2001). Several studies on CJM age and growth have been developed since the late 1970's (Kaiser, 1973; Pavez y Saa, 1978). These have been used for developing size-age keys and catch-at-age matrix per zone in quarterly basis, that are input data in stock assessment.

Age determination is usually achieved by interpreting the pattern of growth structures registered in a calcified tissue, usually otoliths. This procedure requires identifying the growth patterns and assessing their temporal periodicity. Data provided by otolith analysis result from an acquisition process in which methodology plays a pivotal role. Many methods of extraction, preparation and observation have been developed in the course of the 20th century, the choice of which depends fundamentally on the level of information required (type and temporal precision).

Data quality is a key issue, age estimates that are neither accurate (i.e. close to the true value, which is essentially not known for wild fish) nor precise (i.e. presenting large disagreements between repeated measurements) would be of poor value for subsequent use. Validation studies that aim to verify the presumed periodicity of a given signal are essential basis for age studies. They are the only way to test the technology and the resulting accuracy of age estimation. It is also essential to assess data precision, i.e. variability between repeated interpretations (readings) of a given otolith (either between or within readers) for revealing the most appropriate schemes for reading and interpretation.

In the 1st Meeting of the Scientific Committee (SC-01) of the SPRFMO, Dioses et al. (2013) reported the high variation in the age determination of CJM between the northern and center-south stocks, and suggested the possibility of ontological or



methodological differences, or these differences resulting of a combination of both. Probably the ontogenic differences between both stocks exist, thus it is relevant to harmonize the methodologies used to ensure a better growth determination. The interchange of experiences and methodologies were one of the improvements suggested by these authors, thus on line with the aim of this Workshop. Our aim is to increase the adoption of procedures of age reading that include quality assurance and quality control mechanisms. The ultimate objective is to stimulate the achievement of a higher level of quality within, and integration between, the partner institutes concerning fish age determination. Therefore as ultimate objective we aim to ensure a good stock assessment and the sustainability of the resource.

As recommended in the first Ageing Workshop and in the terms of reference agreed in Vanatu (2015) the objectives of this Workshop were:

Prepare a manual for age reading including date of birth, interpreting rings and borders, and guidelines on how the best reading can be achieved.

Prepare an overview of how the aging technique was validated.

To establish a reference collection of otolith and their images for jack mackerel collected in the Eastern South Pacific for use in the inter-calibration exercise and future training.

Therefore this second Workshop was organized in two steps:

- An otolith reading interchange exercise carried out remotely;
- A workshop where the results of the interchange were discussed and complemented with a second joint reading. Also the contents of an ageing protocol were discussed and a draft protocol was elaborated based on partners contributions and the IFOP available protocol.



2- Results of the otolith Reading exercises

2.1-Otolith images interchange

Following the recommendations' of the previous Ageing Workshop, an otolith interchange reading exercise was organized by IFOP. The otoliths were not validated, therefore the "true age" is not known. Therefore, the work group evaluates the precision of the age estimation between readers but not the accuracy. Precision is defined as the variability in the age readings and it is independent of the closeness to the true age.

The images allowed interpreting the seasonal incremental pattern that has been shown to have discrepancies in the location of the translucent increments (Dioses et al. 2003). These discrepancies are motivated by the multiplicity of increments resulting in growth zones.

Samples

A set of 100 pairs of sagitta otoliths coming from Ecuador (N=26), Perú (N=37) and Chile (N=37), were selected to cover a wide range of fish lengths. Table 1 summarizes the characteristics of the samples.

Otoliths were placed in a dark petri dish immersed in glycerol and photographed with incident light at X10 using the software Image Pro Plus and an acquisition time of 30 milliseconds. All images were calibrated and a 1 mm scale was incorporated in the images. These images, in format jpg were distributed between the reader's without information on the fish length and sex and without knowing the date of capture and otolith origin.

Table1. Summary of the otolith data used for the intercalibration exercise. S.e.= standard error. Fish lengths from the Peruvian sample were not available.

Country	Otolith Number	Fish length (cm)	
		Mean length \pm sd	Length range
Chile	37	28.5 \pm 1.88	8-53
Ecuador	26	39.8 \pm 0.45	37-47
Perú	37	No available	No available
Total	100		



The participants in the otolith reading exercise are summarized in **Annex 1**. Their experience in reading Chilean jack mackerel ranged from very high to medium, or low.

Analysis of readings

In absence of calcified structures of known age, the age readings can be compared to modal age, which is defined as the age determined for an individual structure whose most of the readers have a preference. Relative bias can be defined as a systematic over- or underestimation of age compared to modal age. Reader 1 from IFOP who has an ample experience in otolith reading was considered as expert for some comparisons. The reader from Ecuador was novel in the interpretation of this species, showing an underestimation of age. Two groups of readers may be considered Russian and Ecuadorian readers systematically giving younger ages.

The APE index was 36%, CV was 48 and D% was 21 showing a clear discrepancy on the readings. The tendency was generally to underestimate ages against the mean age (**Fig.1, Table 2**). The low number of participants and their different level of expertise unhindered further conclusions.

Peruvian readings arrived Thursday afternoon during the Workshop comprising only 64 readings; 30 of them were interpreted with an interpretation criteria based on the formation of quarterly and biannual increments validated by daily increments. After the first increment, the rings with amplitude equal to 0.8 mm ring correspond to quarterly rings and rings of 1.5 mm to biannual (Teobaldo Dioses pers.com.) (**Fig.2**).

Using the Peruvian traditional criteria 34 otoliths were read and these were compared with the readings of the other countries. Thus, the APE was 37.58%, CV was 45.67 and D% was 18.64. There was no time for more complete analysis and inter-country comparisons.



Figure 1. Reading comparisons between readers against Reader 1 and to the mean.

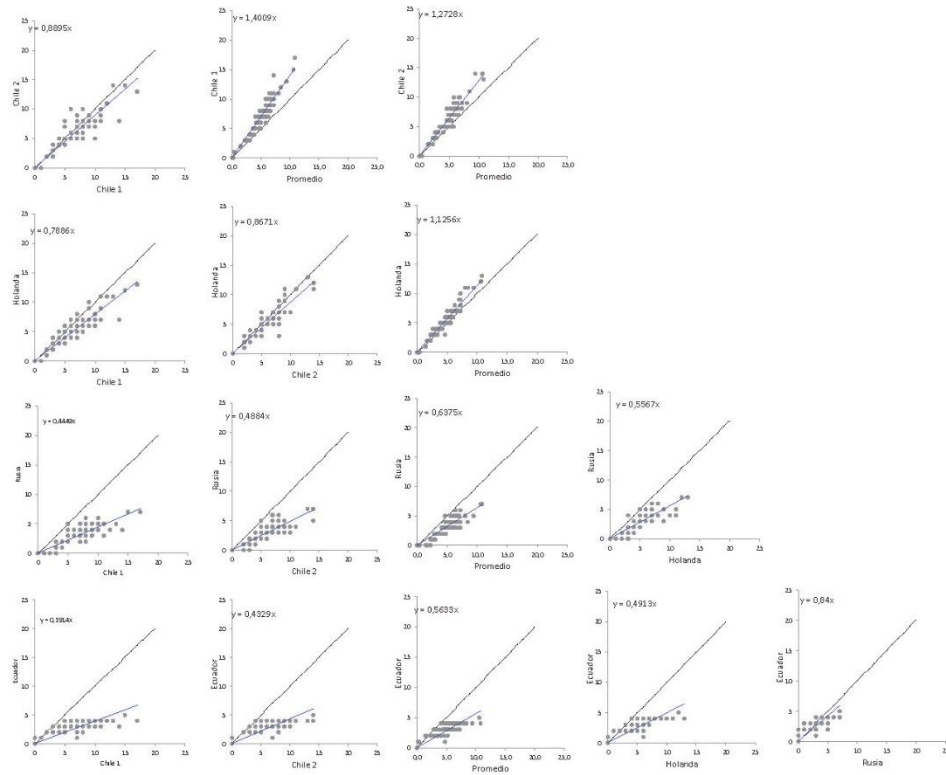


Figure 2. Otolith with 3 quarterly rings (IMARPE).





The skewed distribution of the readings was patent with very notorious deviations (Table 2).

Table 2. Differences in the reading against Reader 1 (IFOP). Green line is coincidence.

Diferencia	Lect 2 IFOP	Holanda	Rusia	Ecuador
14				
-13				1
-12				
-11				1
-10			2	1
-9				1
-8			6	3
-7		1		6
-6	1		8	8
-5	1		14	18
-4	1	4	22	20
-3	6	15	17	13
-2	15	24	20	4
-1	20	23	4	10
0	38	26	7	10
1	12	7		4
2	4			
3	1			
4	1			
	100	100	100	100

To test if the readers were identifying the same increments, the measured radius to each annual increment was tested. Not all readers did measure the increments, thus the exercise could be performed for 3 readers (Table 3).

Table 3. Mean radius to each increment identified as annual and standard deviation (s.d.). Measurements in mm.

Reader		R1	R2	R3	R4	R5	R6
Russia	Mean radius	2.56	3.41	3.87	4.16	4.32	4.55
	s.d.	0.2646	0.2728	0.2635	0.2994	0.2484	0.3269
IFOP 1	Mean radius	1.94	2.60	3.10	3.42	2.60	2.10
	s.d.	0.587	0.289	0.351	0.682	0.175	0.199
IFOP 2	Mean radius	2.23	2.73	3.21			
	s.d.	0.11	0.11	0.15			



From these analyses, it appears clearly that the age estimation is different between readers. The identification of the increments seems to differentiate more with the increase in age. However, how the measurements are made (to the middle of the translucent ring, to the beginning of the following opaque...) may influence the radius therefore this aspect has to be included in the protocol.

Reccomendations

Albeit the aim was to use this image collection as a reference for training and discussion, the low number of readers, the few images with the increments identified, and the general low agreement, showed that the agreement in the interpretation of the images is still low and further work is needed.

However, the necessity of obtaining more convergent readings was clear. Therefore, we recommend:

- **Further inter-calibration exercises are needed encompassing both image interchange and in-person exercises.**
- **The otolith images should encompass the different exploitation areas and cover the available length range in each area.**
- **The use of an internet tool like WebGR (<http://www.webgr.azti.es>) that allow sharing images and annotating them, would facilitate the process.**
- **Due to the difficulty of interpretation of CJM otoliths, resources must be allocated to ensure regular presencial workshops where the readers could interchange expertise and determine common criteria.**

2.2-Otolith reading during the workshop

During the workshop a joint reading exercise was carried out choosing the otoliths that in the previous interchange showed both more similitudes and more discrepancies. From the exercise and applying the interpretation criteria it was clear that the continuity of the increment and its appearance in the rostrum was the most used definition. However, the presence of several false rings in the nuclear area required to use the radius measurement as a discriminant to define the first annual increment. For Chile a mean radius of 1.8-2.5 mm at the first increment is considered and was used in the group otolith reading exercise.



Finally, a set of images were selected and annotated to provide a guide for readers (Annex 2).

The main difficulties were found in the location of the first increment and in the determination of the marginal increment nature.



3-Revision of the CJM validation studies

The working group revised the available information and summarized the results in Table 4. Considering the available methodology (Campana 2001) the most potent methods are the radio carbon dating and mark-release and capture of wild fishes. These methods have in turn limitations; the first one is applicable to relative long lived fishes and to the need to construct a reference curve. The second has the disadvantage of requiring marking abundant fishes due to the general low number of recaptures.

Table 4. Summary of validation methods. A: annual, D: daily, MLA: modal length analysis.

Method	Annual /DGI	Age	Advantages	Limits and comments	Applied to CJM
Mark-recapture chemically tagged fish	A+D	All	Validate periodicity post release	low recaptures, some markers may affect survival	No, albeit marker dose was determined (100 mg oxy-tetracycline kg fish) (Araya et al 2003)
Captive rearing	A+D		Validate age and periodicity	Differences in growth and increment definition with wild fish	D validation with marked in adult fish (Araya et al 2003)
Microstructure	A	1 yr	Validation of 1st year	Chilean waters: Daily periodicity validated for fish size range 28.4-37.7 (Araya et al.2003)	Mean length 22.6 cm FL for age 1 (IFOP in prep)
				Peruvian waters: Without D validation for fish of the area	Mean length 17.7 cm FL for age 1 (Goicochea et al 2013)
MLA	A	0-8 yr	Applicable when no overlapping length modes, Occasional strong year classes	Validation of ages 2-3	Goicochea et al 2013
				Progression of a strong mode ages 1-8	De Klerk pers.com.
				Progression of a strong mode age 4 with 25 FL from 1987 to 1991	Cerna & Bocic 2011
Marginal increment analysis	A	1-5 yrs	Indirect validation first age classes	CJM otolith zonation limit the applicability due to difficulties in evaluating the degree of completeness marginal increment	IMR (considering opaque zone formation) growth from June to October (IFOP in prep)
Radiochemical dating	A	Plus 5yr old	Validate absolute age old fishes	Can only distinguish between divergent estimates	No
Bomb radiocarbon	A	All	Validate absolute age and periodicity	Applied to fish between 8-13 years >40 cm FL	Yes, mean age exact and maximum longevity 15 yr (Ojeda et al. 2008)



Albeit there are several studies on CJM age validation, they are somehow limited in scope and in geographical area. As validation must be done for all age estimations, the group elaborated the following recommendations:

1. *Validation is an important step in an age determination and must be carried out in all exploited areas.*
2. *Validation studies should be repeated periodically, moreover if exploitation patterns change.*
3. *Because not a single method is feasible for the validation of all ages, a combination of methods should be envisaged.*
4. *Validation of growth in captivity is feasible and recommended for juvenile life stages.*
5. *The long time-series of historical information available on age and marginal increment formation should be revised to ascertain if there are cyclic inter-annual repetitions of intra-annual patterns, if some natural markers appeared in certain age classes probably linked to environmental oscillations, that allow understanding otolith formation patterns and growth evolution.*
6. *Likewise, the appearance of clear annual classes in the length composition that could be followed in time are indirect validation providing valuable corroboration of growth rates.*
7. *The techniques based on variations in trace elements (Sr, Ba) and in oxygen isotopes on the otolith, may help to elucidate the seasonality of the growth patterns and thus validate the supposed growth increments.*
8. *The results obtained by $\Delta^{14}\text{C}$ allowing validation of absolute ages, could be extended to other exploitation areas.*
9. *It is recommended to measure the radius of each increment as part of the otolith reading to ascertain the annulus distribution.*
10. *A combination of retro-calculated lengths-at age from otolith readings and modal progression analysis in the length frequency, could be used to validate the ages determined mainly for the first age classes.*
11. *A large study encompassing CJM area of distribution using mark and recapture techniques would be helpful to solve the age validation and growth rates. This study requires international cooperation.*



General Conclusions

1. The reading of the otoliths images (otoliths interchange exercise) had a low participation and the results showed a high variability in the interpretation of the growth patterns. Moreover, the workshop participation was less than expected.
2. Reader experience is important in the quality of the results. Albeit, otolith variability from different geographical areas might be explored and also influence in the reader expertise.
3. There is heterogeneity in the age determination methodology applied in the zone. Albeit some institutions use burned transversal sections for ageing fish bigger than 45 cm FL, there are others that only read whole otoliths.
4. The interpretation of the first increments is difficult and two methods are used based on the otolith radius (IFOP) and in the increment width (IMARPE).
5. The biases in the age interpretation are rather important probably caused by heterogeneity in methodologies and also in different ageing criteria.
6. A protocol was elaborated for age determination using available information and contributions in the Workshop. As not all countries ageing CJM participated in the workshop, this protocol has to be further refined in each institution.
7. Similarly the images reference collection does not include all criteria.
8. The implication and effort dedicated to the current exercise and workshop was very uneven, impeding in part a better harmonization of the methodologies.



Reccomendations

- ✓ The divergence in CJM otolith interpretation is clear. To reduce bias due to methodological aspects, we recommend that the draft protocol is widely distributed and that each Institution develops further the age protocol for CJM.

- ✓ Precision and accuracy must be increased. Thus, a joint exercise to determine differences in otolith's growth patterns between areas is required. Validation exercises must be hold using as many methodologies as possible.

- ✓ A joint marking and release experiment is suggested for age validation.

- ✓ To increase the training of the otoliths readers is a priority and efforts must be made to organize periodic presential workshops.

- ✓ We recommend to held a workshop on age determination organized by the scientific committee of SPRFMO.

- ✓ Collaboration with other international commissions like ICES, is recommended to improve the methodology used in age working groups.

ACKNOWLEDGEMENTS

This is a result from Proyecto FIP 2014-32 Instituto de Fomento Pesquero Valparaiso, Chile. Francisco Cerna (IFOP) is thanked for organizing the process, for his continuous support and for facilitating the work. The participants are also thanked for their contribution.



ANNEX 1

Characteristics of the participants in the otolith reading interchange and in the Workshop.

Professional	Reading experience	Expertise	Otolith reading	Workshop	Afiliation
Christian Valero	Medium (3 yr)	Routine age determination (more than 2400 otoliths read/year)	YES	YES	IFOP, Chile
Lizandro Muñoz	High (15 yr)	Routine age determination (more than 1800 otoliths read/year)	YES	YES	Universidad UNP
Miguel Araya	High		NO	YES	
Teobaldo Dioses	Medium	Research project	NO	NO	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Peru
Carlos Goicochea	Low	Research project, microstructure	NO	NO	
Natalia González	Low	Expert in <i>Scomber japonicus</i>	YES	YES	Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador
Kordian Trella	Participation in the 2011 Workshop	Biology	NO	NO	Morski Instytut Rybacki (MIR) - Państwowy Instytut Badawczy, Poland
Jacobus De	High (5 yr)	Routine age	YES	NO	Corten Marine



Professional	Reading experience	Expertise	Otolith reading	Workshop	Afiliation
Klerk		determination (more than 1000 otoliths read/year)			Research (CMR), Netherlands
Nikolay Timoshenko	Medium	Occasional studies Definition of ageing criteria	YES	NO	Rusia
Gang Li	Medium	Occasional studies	NO	NO	Changhai Ocean University, China
Guoping Zhou	?		NO	NO	Changhai Ocean University, China

Other participants in the Workshop: Ignacio Paya, IFOP, Mario Acevedo, SUBPESCA.



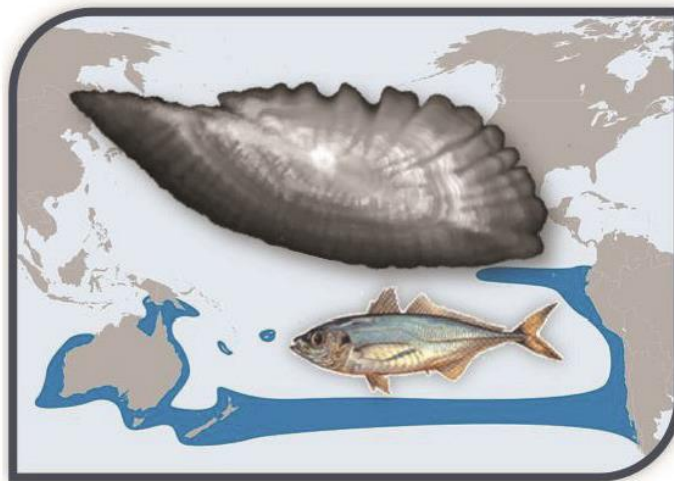
ANNEX 2

Workshop Program



2nd WORKSHOP

“Chilean jack mackerel otolith interpretation and ageing protocol”



March 14-18, 2016, Valparaiso, Chile

Organizers

Proyecto FIP 2014-32
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaiso, Chile



A. INTRODUCTION

The Chilean jack mackerel (CJM) is a wide distributed carangid throughout the southeastern Pacific, ranging from the Galapagos Islands and south of Ecuador to southern Chile. Its current distribution also extends from south-central Chile across the Pacific Ocean, to New Zealand and Tasmanian waters (Evseenko, 1987; Serra, 1991; Elizarov et al., 1993; Taylor, 2002).

The CJM population can be characterized by a spawning area distributed from 35° to 40°S and to 90°W; a coastal feeding habitat of adults in the central-southern area off Chile (33°S-40°S), where the juveniles are recruited, and the existence of a nursery habitat further north of 30°S in warm oceanic and coastal waters (Arcos et al., 2001).

Latest Peruvian publications suggest the existence of an isolated stock of Jack mackerel in the Peruvian coast, where the growth rates are faster than Jack mackerel's growth rates registered in Chilean waters (Goicochea et al 2013, Dioses 2013). The "Jack Mackerel Scientific Work Group" of SPRFMO has considered as main hypothesis the existence of a single stock for whole South Pacific in order to conduct the stock assessment on this resource, where the information used is specific by fleet or area being the age compositions an important information sources in the model. Unfortunately the age readings between areas and fleets is a point that stays without resolve, being very important minimize this error source to determine the best population status. The prevalence and impact of inaccurate age determinations on the accuracy of population dynamics studies cannot be overstated. There are many instances in which ageing error has contributed to the serious overexploitation of a population species. The problem is often one of age underestimation rather than overestimation, resulting in overly optimistic estimates of growth and mortality rate (Campana, 2001).

In this sense, the SPRFMO has required to Scientific Committee move forward to the homologation of ageing criteria for all laboratories in order that the countries will provide the correct input's data to stock assessment.

B. OBJECTIVE

Analyze and discuss the otolith's ageing criteria in order to develop a reading protocol of annual age determination of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) with the consensus of member countries of South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO).



C. PARTICIPANTS

Profesional	Category	Afiliation
Dra. Beatriz Morales-Nin	Chair, expert in age analysis	Mediterranean Institute for Advanced Studies (IMEDEA, CSIC-UIB), Illes Balears, SPAIN.
Francisco Cerna	Chilean Researchers	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile
Christian Valero		
Lizandro Muñoz		
Teobaldo Dioses	Peruvian Researchers	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Peru
Carlos Goicochea		
Natalia González	Ecuadorian Researcher	Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador
Miguel Araya	Chilean Research	Academic of Universidad Arturo Prat President of Chilean Jack Mackerel's scientific committee

The Dr. Jacobus De Klerk; Dr. Ad Corten (CMR of Netherlands) and Dr. Nikolay Timoshenko of Rusia not participated in the Workshop but provide with readings to ageing intercalibration exercises.

D. DATES AND VENUE

The workshop will be held between 14-18 March 2016, at the Meeting Room of the Diego de Almagro Hotel, located at Molina street N° 76, Valparaíso, Chile.

E. WORKSHOP FORMAT

The workshop will be coordinated by **Dra. Beatriz Morales Nin**, senior scientist dedicated to fish ecology but mainly working in researches of otolith-based analysis. She will be officiating as chairman in this workshop with the collaboration of **Francisco Cerna** in order to develop the comparison of otolith's reading, analysis and discussion. The discussion will focus on ageing criteria to construct of the otolith reading protocol for jack mackerel.

The workshop will include: comparisons of the results of a previous age interchange exercise, otolith readings and image discussions, elaboration of results and redaction of a protocol.

Before of start the comparison analysis the readers will be categorized according their expertise level in order to standardize the results according criteria of reading experience.



F. PROGRAM

The workshop program proposed is indicative, because some modifications could happen depending on progressing of tasks and/or suggested specific tasks required by the workshop chairman. The first day will be dedicated to the identification of laboratory procedures and difficulties, the second to the results of the inter-calibration exercise and to practical reviews, third and fourth days to elaborate an agreed protocol and the last one to finish the procedure.

Monday, March 14	
9:30-10:30	Welcome by IFOP's Director Dra. Beatriz Morales Nin Workshop program, modality and others
10:30-11:30	Presentations
10:30-10:40	Introduction to the scientific problem associated of <i>Trachurus murphyi's</i> ageing and result of previous Chilean studies (Francisco Cerna)
10:45-11:00	CJM Age Validation Studies of Peru
11:00-11:20	Coffee break
11:20-11:50	CJM Age Validation Studies of EU
12:00: 12:20	CJM Age Validation Studies of China
12:20: 13:00	Focussing the ageing problems: Differences in ageing criteria, validation procedures and results.
13.00-14.30	Lunch
14:30-16:15	Validation results (Part 1) Classification of different validation age results supplied for the different laboratory. Apply a weight to each validation evidences.
16:15-16:35	Coffee break
16.35-17:35	Validation results (Part 2) Classification of different validation age results supplied for the different laboratory. Apply a weight to each validation evidences.
Tuesday, March 15	
9:30-11:00	Result of the Inter-laboratory reading exercise Questions and discussion Comparative analysis (Part 1) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
11:00-11:20	Coffee break
11:20-13:00	Comparative analysis (Part 2) Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
13:00-14:30	Lunch



14:30-16:15	<i>Comparative analysis(Part 3)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
16:15-16:35	Coffee break
16:35-17:35	<i>Comparative analysis(Part 4)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
Wednesday, March 16	
9:30-11:00	<i>Comparative analysis(Part 5)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
11:00-11:20	Coffee break
11:20-13:00	<i>Comparative analysis(Part 6)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
13:00-14:30	Lunch
14:30-16:15	<i>Comparative analysis(Part 7)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
16:15-16:35	Coffee break
16:35-17:30	<i>Comparative analysis(Part 8)</i> Identification of differences in the interpretation criteria of each annual ring. Ageing criteria decision of annuli
Thursday, March 17	
9:30-11:00	<i>Summary of work (Part 1)</i> Writing a report with the main results and CJM Otoliths reading protocol.
11:00-11:20	Coffee break
11:20-13:00	<i>Summary of sessional work (Part 2)</i> Writing of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
13:00-14:30	Lunch
14:30-16:15	<i>Summary of sessional work (Part 3)</i> Written of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
16:15-16:35	Coffee break
16:35-17:30	<i>Summary of sessional work (Part 4)</i> Written of report with the mains results and CJM Otoliths reading protocol
Friday, March 18	
9:30-11:00	<i>Closure session</i> Final discussion and review of report.
11:00-11:20	Coffee break



11:20-12:40	Closure session Introduction to closure remarks Reading of the output report Conclusions and acknowledgment of the organizers
12:40	End
13.00-14.30	Lunch

H. REFERENCES

- Arcos D.F, L.Cubillos, S. Nuñez, 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile. *Progress in Oceanography*. Volume 49, Issues 1–4, 2001, Pages 597–617.
- 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, 197-242.
- Castillo, G y Arrizaga, A. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus Symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16: 19-33.
- Dioses T. 2013. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. peru. biol.* número especial 20(1): 045- 052 (Septiembre 2013)
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev y A.N. Kuzetsov. 1993 Peruvian Jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the Southern Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33(3): 86-104.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Goicochea C., J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño & R. Guevara-Carrasco. 2013. Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Egi, Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. *Rev. peru. biol.* número especial 20(1): 053- 060
- Taylor, P.R., 2002. Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *New Zealand Fisheries Assessment Report* 2002/21. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Protocolo

Chilean Jack Mackerel Age Reading Protocol

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



Chilean Jack Mackerel Age Reading Protocol

Proyecto FIP 2014-38

Christian Valero B.

Lizandro Muñoz R.

Beatriz Morales Nin

Francisco Cerna T.



5.4.1.1 Introduction

Aguayo *et al.* (1981) identified an annual periodicity formation of hyaline band of growth for the Chilean Jack mackerel (*Trachurus Murphy*). This is consistent with estimates of the genus *Trachurus*. However, discrimination between a real and a false annual growth is not an easy task and in the most of cases the annual growth marks does not always consist of a translucent and an opaque zone, and may contain double or multiple translucent areas.

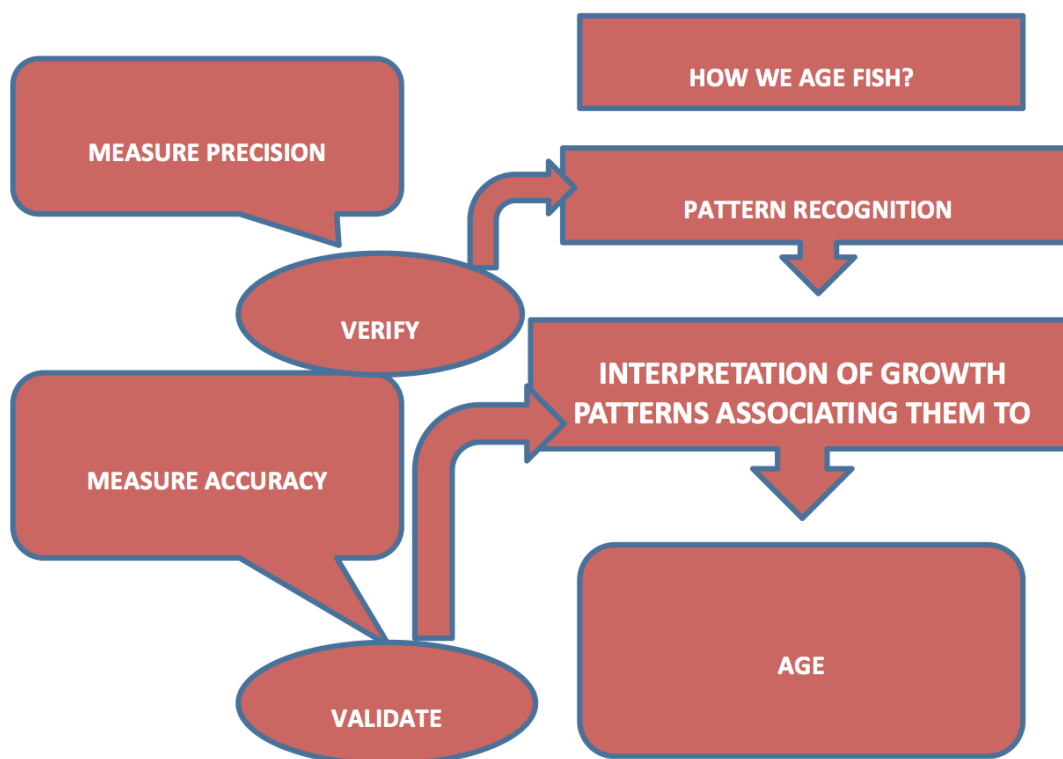
The first step in the age estimation process is to read the otolith using an incremental growth pattern appropriate for the objectives of the study; the next is to interpret the age and provide some applications. Some inevitable interpretation criteria for the populations and/or the species must first be defined; for example, the location of the hatching check, the first increment, the transition zone, the nature of the edge, etc. The biological information available for the species should be used to define these criteria empirically. They can then be compared in order to establish an "alphabet" (identification of incremental growth patterns) and to determine the "grammatical rules" involved (the interpretation criteria based on existing knowledge) to attribute ages (**Fig. 1**). The consistency of the age estimation process then needs to be determined. This means the ability to identify the same structures consistently. The repeatability of the age estimation procedure (internal bias) must be determined and the ages calibrated (external bias).

Albeit a common procedure must be sought to eliminate methodological differences between Institutions and readers, the wide distribution of the species, the possible complex stock structure and the migratory behavior of the species, may introduce significant differences between fish individuals. Moreover, different fleets exploit different geographical areas, resulting in a different vision of the species growth.

Interregional and inter annual differences in growth and otoliths pattern formation could be expected due to climatological as well as oceanographic variability.

Therefore, in each laboratory the characteristics of their target population must be determined.

Figure 1. Steps involved in an ageing process (right panel) and quality control (left panel).



The experience of the reader is very relevant to the success of limiting the bias. Even experienced readers, however, might show low levels of accuracy when starting work on a new species. Once a satisfactory level of expertise in age estimation has been reached, steps should be taken to prevent the methodology from deteriorating or changing over time, in order to maintain adequate quality of the ageing procedures. Finally, the ages must be validated, in the sense that the accuracy of the ageing has to be established. The temporal meaning of the interpreted structures must be determined in order to evaluate the closeness of the estimated age to the accurate age of the fish.

5.4.1.2-Otolith storage

Sagittal otoliths are cleaned with a gentle brush and distilled water, let to dry and stored dry with the due references to the biological information. The otoliths can be cleaned also in alcohol to eliminate organic tissues. As the otolith rostrum is very fragile precautions are needed to prevent breakage. An useful method to maximize protection and reducing storage space is the use of cardboard slides with holes to place the otoliths, as applied in IFOP. Paper envelopes and vials are also widely used.



5.4.1.3-Otolith preparation

Fish < 45 cm FL

Whole otoliths are used for specimens less than 45 cm fork length, both otoliths (left and right) are read without preparation. The otoliths are immersed in liquid glycerin or in another clarifying medium such as alcohol, in one Petri capsule with black background and are observed with a stereoscopic microscope with 10X magnification, under incident light (although a greater increase for the observation of details and identification of the type of edge is used). The use of black containers (like tops of tubes) diminishes the light diffraction. To clean the otolith in alcohol after reading may prevent deterioration during further storage.

Generally an image analysis system is employed coupled to the microscope and camera. Once the images are calibrated, the distances from the focus to the maximum radius of each hyaline increment are measured. The caudal otolith zone (**Fig. 2**) should be used for the measurements. Care has to be taken to draw the radius perpendicular to the growth increments.

The nature of the marginal increment should be annotated (translucent/opaque). Additionally, the degree of completion of the marginal increment could be annotated comparing with the width of the previous increment. The description could be qualitative (starting, medium, almost complete) or numerical measuring the total otolith caudal radius.

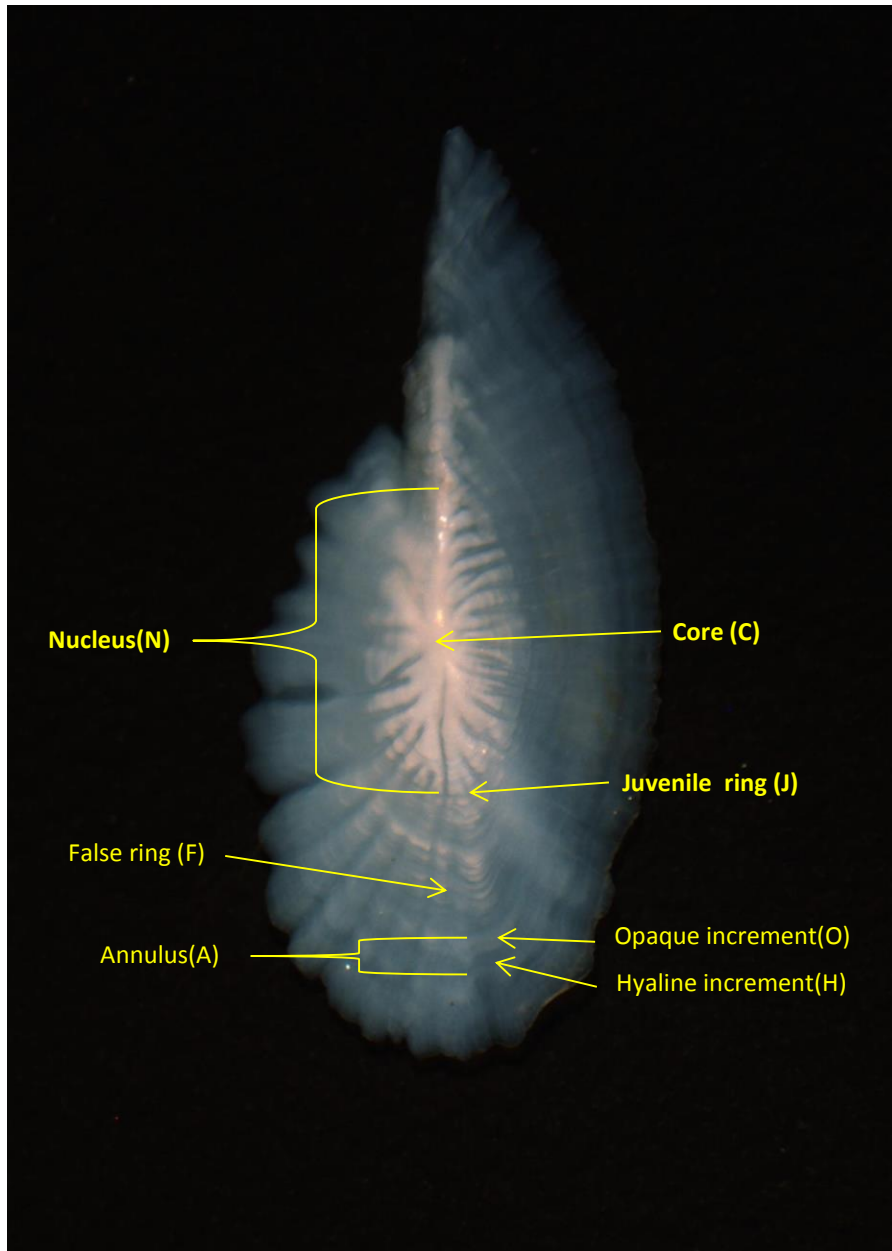
Fish > 45 cm FL

Before viewing under a low power stereomicroscope, otoliths are recoated with immersion oil or glicerine to enhance the series of alternating light and dark zones discernible in the burnt section. Initial viewing may be undertaken at low to medium magnifications (20x objectives) with illumination from a reflected cold light source to determine which of the preferred sites on the sectioned surface are the clearest for reading and to identify any visible ambiguities or secondary growth zones such as false checks.

Although most JHM ageing is undertaken using reflected light to count zones on the sectioned surface, transmitted side lighting of the otolith, particularly on the dorsal side, may be used to enhance annual zones and confirm false checks.



Figure 2. Sagittal otolith terminology (from IFOP).





5.4.1.4-Otolith interpretation

Whole otoliths

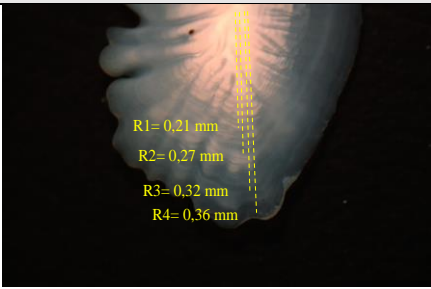
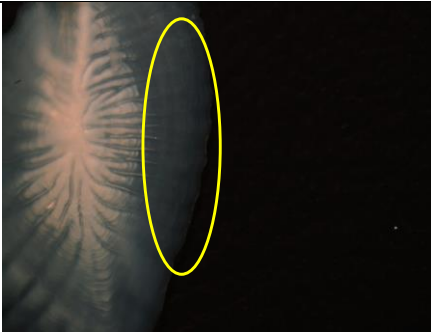
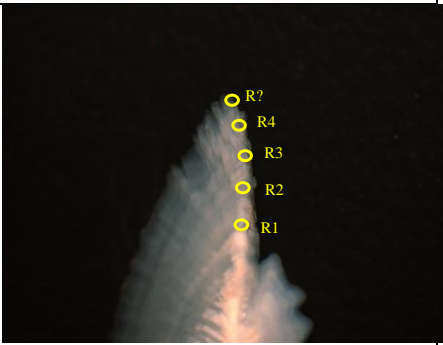

The right otolith external side is used for the interpretation. The first step is to identify the annual growth increments in the caudal area of the otolith. The continuity of the increment is followed on the ventral side of the otolith, where the nature of the marginal increment appears more clearly. The true annual increments are clearly distinct in the rostral area (Table 1). Therefore the main interpretation criteria are: clarity and continuity of the increment along the caudal to rostral area. The increment measurements might allow to check the position of the increment and compare results between readings.

Sagitta whole otoliths show a series of false rings in the central area, which in the most transparent otoliths are numerous and seem to correspond to phenomena of short periodicity, probably related to environmental pulses as the tides. The focus is not usually evident, but can edge of the otolith. The otolith grows mainly in the caudo-dorsal area, where the lobes are more marked (Morales-Nin, 1997).

The Otoliths of horse mackerel are characterized by the presence of numerous growth rings, which are zones of rapid growth and slow that correspond to the opaque and hyaline rings of other species. A zone is often limited by an opaque ring a little thicker and a hyaline ring thin and crisp. The formation of these zones makes difficult the interpretation of the edge ring that only stands if it is complete in comparison with the previous areas.



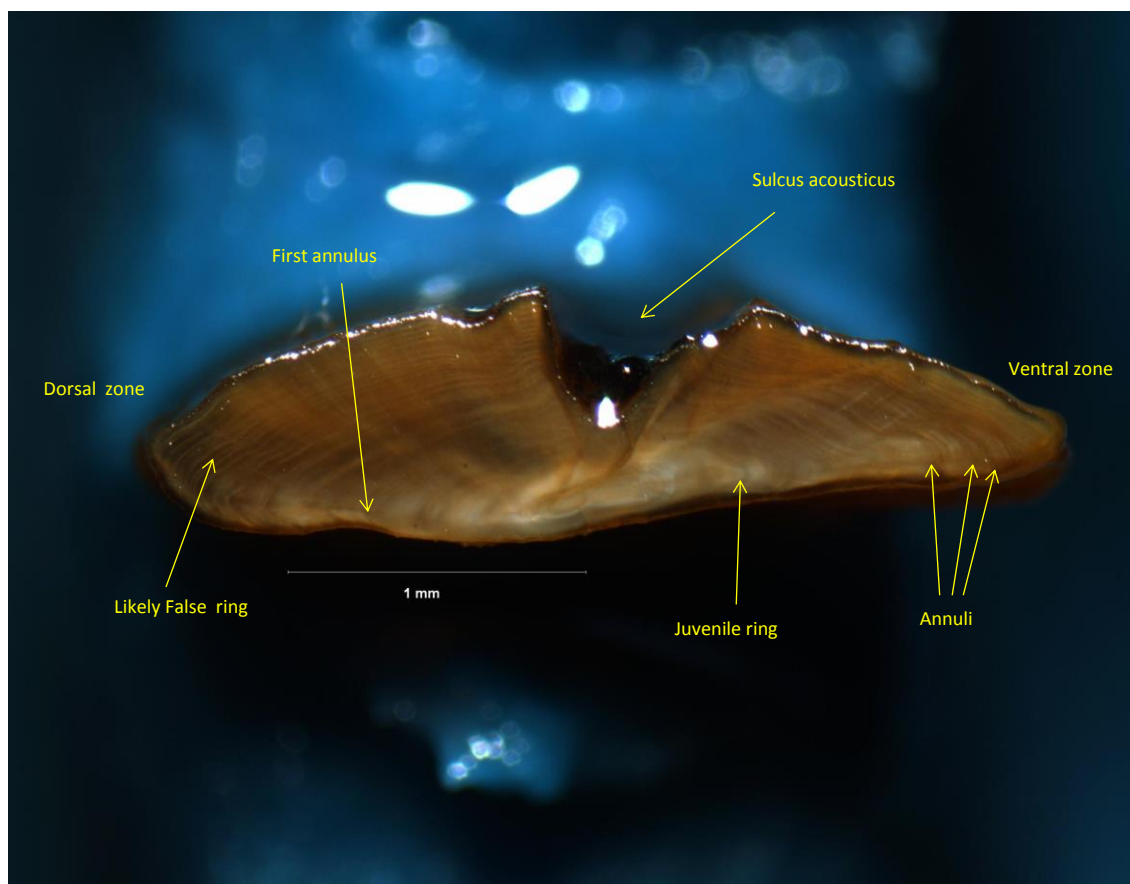
Table 1. Steps in the whole otolith reading as applied in IFOP.

Otolith zone	Example
1-Observe Cauda and measure increments	
2-Check increment continuity in the ventral side	
3-Check the continuity of the increments in the rostrum	
4-Check the increments in the inner side of the otolith	

Transversal sections of otoliths (Fish > 45 cm FL)

The translucent zones of the otoliths appear brownish after burning. The whole left otolith is read in comparison with the sectioned right otolith. The cut surface of the otolith is covered with oil or glycerin and the otolith is placed standing with the cut surface up. The translucent increments are enumerated close to the sulcus acusticus area (**Fig. 3**). The end of the nucleus and the formation of the first increment is usually with a notch on the external side. Close examination of the sulcus edge might help identifying the increments by variations on the edge surface.

Figure 3. Transversal section of a cut and burned otolith showing the growth increments (IFOP).



Translucent increments generally are dark and amorphous in appearance because of lower continuity of aragonite crystals. Therefore, to vary the angle of incidence of the light and its intensity helps in the identification of the increments. In these cases the interpretation is preferably done in the caudo-ventral region. As in whole otoliths, the formation of zones



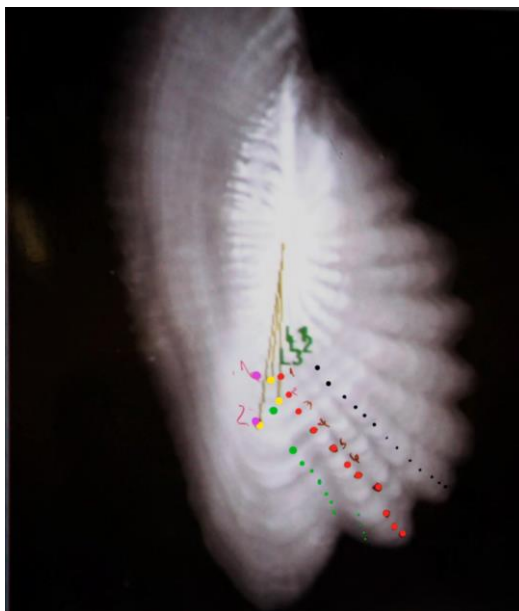
makes difficult the interpretation of the marginal ring. To distinguish if it is complete it has to be compared to previous otolith growth areas.

In sections the first false rings appear well developed and oval in shape, however the location of the first annual increment requires to consider its distance from the focus, the following four rings are rather fuzzy but distinguishable. Usually from the 6th ring onwards these are regularly spaced near the sulcus acusticus.

Age assignation

In large otoliths the growth zones may be confusing as pointed out by Dioses et al (2013) which showed discrepancies in increment identification and position of the increment (**Fig. 4**). This is due to the difficulty in identifying the correct increment in the growth zone. Therefore it is recommended to use transversal sections to avoid these difficulties.

Figure 4. Otolith of a Jack mackerel *T. murphyi* of 58 cm (fork length) with alternative age readings (11 to 13 years) by different readers. Reader 1 (green dots) identifies 12 rings, reader 2 (red dots) identifies 11 rings, reader 7 (black dots) identifies 13 rings and reader 6 (purple dots) identifies the first 2 rings. The yellow dots and lines show the place and radius of the first three rings, being 2.1 mm, 2.4 mm and 2.8 mm respectively (from Serra 2011 and Goicochea et al 2013).



Annuli definition criteria



- An annulus is a bipartite structure composed by an opaque and a translucent zones, which ideally should not have interruptions around all the contour of the otolith.
- The opaque zone is composed of several thin opaque-translucent increments, whilst the translucent zone usually is completed by a clear translucent ring followed by a refringent opaque increment start of the next opaque zone.
- The first annulus is considered as the limit of the first annual ring on the hyaline zone located at the radius between 1.5 mm and 2.5 mm for Chilean CJM.
- After the first annual ring, the most important criterion to identify the following areas of growth is the consistency in the distance of separation between each hyaline zone.
- The relative width of each area of otolith growth becomes progressively smaller in parallel to the decrease of fish growth, although conditions affecting the life history can alter the growth rates.
- There is a tendency to find false rings after the 1st to the 3rd annual zones, in an area that lies between 2.5 to 3.4 mm from the core to the caudal edge of the otolith.
- To define the nature of the increment in the otolith edge it is necessary to consider its width in relation to the previous increment.

False rings

In the majority of the otoliths a clear ring is formed within a radio close to 1.5 mm. It is considered as a juvenile ring by similarity with other species. In a study currently underway using daily increments (IFOP), it has been estimated that the following macro-ring with a radius between 1.8 and 2.3 mm would have less than year periodicity. In the same study the first ring (annulus) would be located between 1.5 to 3.0 mm distance from the focus. These distances should be confirmed in each study area.

There is a tendency to find false marks between t the 2nd and 4th annual mark, in the image of the figure these are located generally between 2.1 and 3.4 mm from the focus or core towards the caudal edge of the otolith.

5.4.1.5- Age group and assignation to age class

The individual age group and age class are used in population and life dynamics in both of which a single age in years is required. Once all the increments on an otolith have been identified, a reader can establish the age of the fish by simply counting the number of seasonal increments on an annual basis. However to determine the age class (or year of birthdate) it is necessary to take into account:

- Date of capture



- The peak spawning period for a given population (precise or average standard population date of birth)
- Main periods of seasonal increment formation
- Nature of the otolith edge (opaque/translucent)

In the case of CJM due to its complex stock structure and extended reproduction period that may be from October to December, and in some cases from July to March, a standard population date of birth was accorded for 1st January regardless of hatch date (Villamor *et al.*, 2004).

Chilean jack mackerel spawn in spring and summer (Arancibia *et al.*, 1995), and the spawning peak appear to occur in November (Núñez *et al.*, 2008).

The formation of the opaque increments for Chilean waters is from December to June.

Using this information and based on Panfili and Morales-Nin (2002), the working group summarized the procedure for Chilean CJM and proposed a visual example (Annex 5). This example considers the relative measure of the radius for age class attribution on age 0 and of the marginal increment development for older fish.

5.4.1.6- Precision

Precision is defined as the reproducibility of repeated measurements of a given structure, where these measures (readings of age) may or may not be exact (Campana 2001). The test's in the estimation of the age most commonly used are: the percentage of average error (APE) and the coefficient of variation (CV) (Beamish and Fournier 1981).

Percentage of average error (APE)

$$APE = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|x_{ij} - x_j|}{x_j} \right]$$

where,

- n : number of aged fish;
- R : number of times the otolith was read;



x_{ij} : i-age estimated for j-fish;

x_j : mean age determined for j-fish

The coefficient of variation and precision index (D) incorporates the standard deviation resulting in a more robust index (Chang 1982):

$$CV_j = 100\% * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R (x_{ij} - x_j)^2}}{R-1}{x_j}$$

where the symbols have the same meaning as the formula earlier.

There is no CV threshold value for accepting or rejecting a reading because it depends on the species and the age range. Laine et al (1991) suggested a maximum CV value of 5% as the limit for acceptance. Similarly, Campana (2001) indicates that from informal discussions among some laboratories, it has been suggested that a 5% CV would serve as reference for fish of moderate longevity and complex reading, IFOP employs a value of the APE of 10% as maximum permissible error. This percentage may occur without the existence of trends, which are evaluated with the linear relationship of reading between two readers, which should be similar to the bisector (slope equal to 1).

5.4.1.7-Validation

Once an ageing structure has been identified, their temporal significance has to be ascertained. Thus, their periodicity has to be validated. There are several methods for age validation (Campana 2001) that have different resolution, limits and advantages (Table 3). Therefore, we recommend validating the age estimates using several validation methods when possible because there is not a single one that covers all the age range present in the fishery. CJM complex zonation requires several approaches for a complete validation.

Direct validation methods

The bomb $\Delta^{14}\text{C}$ was applied to Chilean CJM between 8 and 13 yr old and FL > 40 cm. The method allowed validating the mean ages and longevity of 15 yr (IFOP). This method is limited by the necessity of constructing a reference curve, the cost and relative high longevity of the fish to be studied.



Direct validation using mark and recapture methods, which imply capturing fish alive, mark them internally with an injection of a fluorescent marker and externally with a tag, resulting in an excellent validation tool albeit with a low recapture depending on the species and fishery (see review by Pollock 1991). This method probably would require to mark big numbers of CJM due to their ample distribution and wide migratory behavior, the convenience of establishing an international marking and recapture program could be considered for future cooperation.

Indirect validation methods

A verification criterium is the regularity of the increment formation. Increment widths should show a decreasing rate of growth with age which is a basic criteria for age estimation (May 1965). Furthermore, if increment formation is a response to a major environmental event, it should be synchronous throughout the population. The regularity of the patterns may thus be demonstrated by plotting increment-to-focus distances.

The localization of the first annual increment has been validated counting the daily growth increments (DGI) from the focus outwards. The daily nature of DGI was previously validated in captivity with marked individuals (Araya *et al.* 2003). The formation of the first increment was determined for Peruvian CJM to occur at a mean radius of 2.49 mm (2.26-2.78 mm range) (transversal polished sections) and 364 days (Goicochea *et al.* 2013). The same authors followed the formation of the 2nd increment in a modal length class during a year and validated the formation of the 2nd and 3rd increment suggesting respective radius at 3.32 and 3.94 mm (Goicochea *et al.* 2013).

Modal progression of length frequencies has been used (Diaz 2013). In certain areas there were no recruitment between 2007-2011 allowing to follow the modal length progression and thus providing an indirectly validated age-length key (DeKlerk pers.com.) (Table 4).

Indirect validation can be performed determining the nature of the marginal increment (opaque or translucent) and plotting the evolution of the proportion of each kind of margin along the year. In a quantitative way, the relative growth of the marginal increment (IM) could be numerically determined:

$$IM = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

Where: R= otolith radius, r_n radius at increment n, r_{n-1} radius at increment n-1

As some variation might be expected for different ages, it is recommended to analyze the marginal evolution by each age class.

Measuring the increments: the measurement has to be done in the radius from the otolith focus to the cauda. The measurement has to be until the external edge of the translucent increment. When possible, the radius has to be transversal to the increments.



5.4.1.8-Quality control

Age determination using otoliths implies a repetitive process of interpretation of growth zones that implies visual processes and biological knowledge. Moreover, individual fish variability, environmental changes and biological processes may alter the appearance of the zones. Faced with the multiple source of bias, a quality control must be performed.

Age determination is subject to error from two major sources: error inherent in the structure itself, and error in the process of interpreting its incremental structure (Campana 2001). The first type of error can be estimated but not controlled; the second type of error can be both estimated and controlled (Morrison et al. 2005). Errors in the estimation process can affect either accuracy (closeness to the true value) or precision (closeness of repeated estimates) (Kalish *et al.* 1995). The prevalence and impact of inaccurate age determinations on the accuracy of population dynamics studies cannot be overstated (Campana 2001), and the issue of accuracy, the purpose of age validation, has received deserved attention since the important paper by Beamish and McFarlane (1983).

Quality control (QC) is normally equated with age validation, which is often difficult and expensive to undertake. However, validation is only one of the three components of QC, and in some cases, is the smallest source of error. All ageing studies which involve more than one set of ages, whether at the daily or yearly level, should incorporate a complete QC program containing the following:

- age validation - demonstration that the age based on counts of periodic growth increments is, on average, equal to the true age of the fish.
- tests for bias and long-term drift - demonstration that the age reader interprets the growth increments in the same way (on average) as other age readers and at other times.
- measures of precision - measures of repeatability among age readers or within the same age reader on different occasions.

Validated or not, different age readers can easily interpret a given otolith in different ways. If the difference is consistent - that is, one reader is higher or lower than the other for one or more age groups, at least on average - there is a bias. These bias between readers have been detected on the CJM otolith interchange exercise performed as well as in the previous Ageing Workshop.

A bias may also occur within a reader over a period of time, such that a given age reader interprets an otolith differently now than was the case a few years ago. Standard measures of precision such as CV, APE and percent agreement do not detect such a bias, particularly if it occurs only in old fish. Nor can replicate readings of a sample taken from the current year detect long-term drift. However, an age bias plot is well suited to detecting bias, and



should be a standard component of any ageing program. Measures of precision are meaningless if bias is present. However, if bias is absent, the coefficient of variation (CV) and average percent error (APE) are both useful measures.

For a QC the following steps should be considered:

- Elaborate detailed protocols for each step of the ageing process.
- Determine precision and accuracy of the ages regularly.
- Determine training programs both for the new readers and for the experienced ones, to ensure that they maintain the same ageing criterium along time.
- Build up and use reference collections, both of otoliths and their images. Ideally these collections must be of known age fish. In absence of them, otoliths with high repeatability and with ages validated could be used.
- Maintain regular workshops, to ensure that the age readers from different institutions and assessing the same resource, have homogeneous criteria.
- Perform exercises to support the age estimates such as:
 - Compare the obtained growth curves and growth parameters.
 - Inspect scatter plots of age versus otolith weight or fish length.

It has to be considered that ageing is a skill and thus, it can be learned, The elements of the process can be taught, learned, and practiced. The level of skill increases with practice and experience, and will decline with time without practice. Some practitioners are naturally far more skilled than others. All practitioners vary in the skill they display at different times (Morrison et al 2005).

5.4.1.9 General Conclusions

- ✓ The reading of the otoliths images (otoliths interchange exercise) had a low participation and the results showed a high variability in the interpretation of the growth patterns. Moreover, the workshop participation was less than expected.
- ✓ Reader experience is important in the quality of the results. Albeit, otolith variability from different geographical areas might be explored and also influence in the reader expertise.
- ✓ There is heterogeneity in the age determination methodology applied in the zone. Albeit some institutions use burned transversal sections for ageing fish bigger than 45 cm FL, there are others that only read whole otoliths.
- ✓ The interpretation of the first increments is difficult and two methods are used based on the otolith radius (IFOP) and in the increment width (IMARPE).
- ✓ The biases in the age interpretation are rather important probably caused by heterogeneity in methodologies and also in different ageing criteria.



- ✓ A protocol was elaborated for age determination using available information and contributions in the Workshop. As not all countries ageing CJM participated in the workshop, this protocol has to be further refined in each institution.
- ✓ Similarly the images reference collection does not include all criteria.
- ✓ The implication and effort dedicated to the current exercise and workshop was very uneven, impeding in part a better harmonization of the methodologies.

5.4.1.10 Recommendations

- ✓ The divergence in CJM otolith interpretation is clear. To reduce bias due to methodological aspects, we recommend that the draft protocol is widely distributed and that each Institution develops further the age protocol for CJM.
- ✓ Precision and accuracy must be increased. Thus, a joint exercise to determine differences in otolith's growth patterns between areas is required. Validation exercises must be held using as many methodologies as possible.
- ✓ A joint marking and release experiment is suggested for age validation.
- ✓ To increase the training of the otoliths readers is a priority and efforts must be made to organize periodic presential workshops.
- ✓ We recommend to held a workshop on age determination organized by the scientific committee of SPRFMO.
- ✓ Collaboration with other international commissions like ICES, is recommended to improve the methodology used in age working groups.

ACKNOWLEDGEMENTS

This is a result from Proyecto FIP 2014-32 Instituto de Fomento Pesquero Valparaiso, Chile. Francisco Cerna (IFOP) is thanked for organizing the process, for his continuous support and for facilitating the work. The participants are also thanked for their contribution.



Annex 1. Characteristics of the participants in the otolith reading interchange and in the Workshop.

Professional	Reading experience	Expertise	Otolith reading	Workshop	Afiliation
Christian Valero	Medium (3 yr)	Routine age determination (more than 2400 otoliths read/year)	YES	YES	IFOP, Chile
Lizandro Muñoz	High (15 yr)	Routine age determination (more than 1800 otoliths read/year)	YES	YES	Universidad UNP
Miguel Araya	High		NO	YES	
Teobaldo Dioses	Medium	Research project	NO	NO	Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú
Carlos Goicochea	Low	Research project, microstructure	NO	NO	
Natalia González	Low	Expert in <i>Scomber japonicus</i>	YES	YES	Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador
Kordian Trella	Participation in the 2011 Workshop	Biology	NO	NO	Morski Instytut Rybacki (MIR) - Państwowy Instytut Badawczy, Poland
Jacobus De Klerk	High (5 yr)	Routine age determination (more than 1000 otoliths read/year)	YES	NO	Corten Marine Research (CMR), Netherlands
Nikolay Timoshenko	Medium	Occasional studies Definition of ageing criteria	YES	NO	Rusia



Professional	Reading experience	Expertise	Otolith reading	Workshop	Afiliation
Gang Li	Medium	Occasional studies	NO	NO	Changhai Ocean University, China
Guoping Zhou	?		NO	NO	Changhai Ocean University, China

Other participants in the Workshop: Ignacio Payá, IFOP, Mario Acevedo, SUBPESCA.



Annex 2 Terminology used in the protocol, from IFOP with modifications.

Name	Symbol	Sinonim	Definition
Focus	F	Primordium	The otolith center, laid down during the first life phases. Sometimes not visible due to thickening of the otolith with growth.
Nucleus	N		Central portion of the otolith generally more refringent than the rest, surrounded by the first translucent zone. It may contain several translucent increments caused by life history transitions.
Translucent increment	H	Hialine Increment/ring	Translucent growth increment, frequently composed by a zone of thin alternate O/H rings, laid down during fast growth periods.
Opaque increment	O	Opaque ring	Opaque growth increment, frequently composed by a zone of O/H thin rings, laid down during slow growth periods.
Annual growth zone	Arabic numbers	Annual ring Annulus	An opaque area adjacent to a hyaline area, interpreted as a band of annual growth. In the zone most distal (flow) of otolith these zones are close and with higher resolution (is identified as a single ring more easily)
False ring	F	Check	Growth increment that can not be identified as an annual growth zone. These are not visible in all of the otolith, are thinner and had lower resolution.
Age class	Roman numbers		Age determined from the otolith interpretation, date of capture, birth date and time of anual increment formation. Corresponds to the year of birth.



Annex3. Laboratory procedures

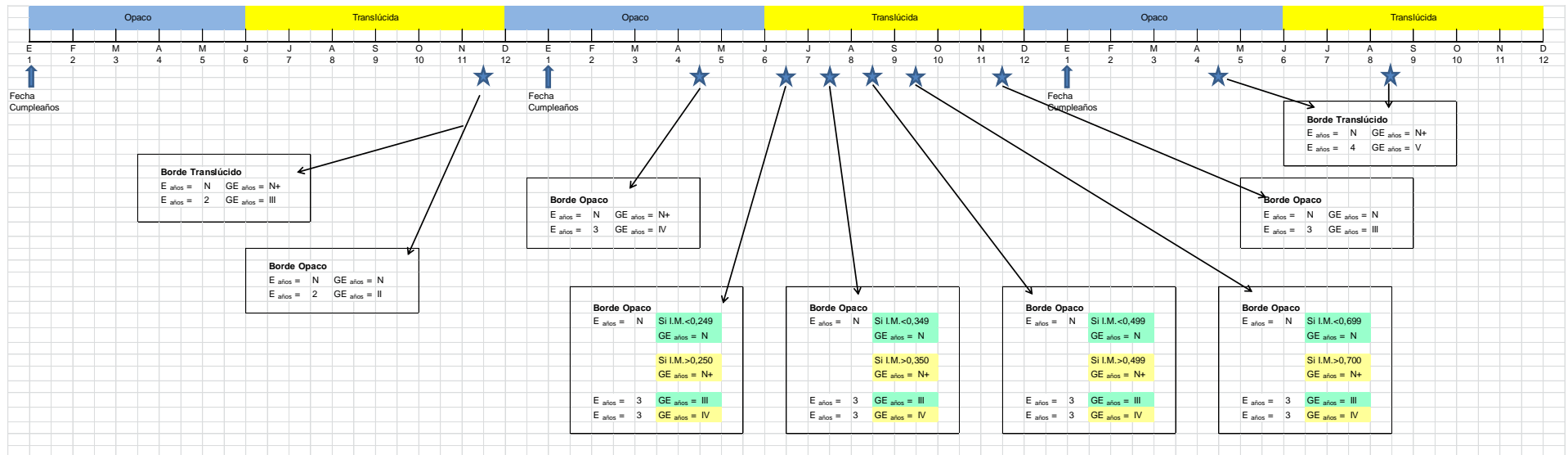
Institution	Otolith storage	Otolith preparation	Otolith interpretation	Validation/Reference collections	Ageing criteria
IFOP, Chile	<p>Chilean jack mackerel otoliths are stored in sheets of 24 pairs of otoliths(clean and dry).</p> <p>We use identification data such as time and geographical position.</p> <p>After analyzed, the otoliths are returned to their sheets and stored.</p>	<p>For specimens smaller than 45 cm of fork length (LH), whole otoliths (left and right) they are used.</p> <p>For specimens greater than 45 cm(FL)., The right otolith is used, cross section, polished and roasted according to the method of Moller-Christensen (1964).</p>	<p>For whole otoliths, the pair of otoliths is deposited in a Petri dish with black background and baseline and observed with a stereoscopic microscope at 10X magnification under incident light. the maximum radius of each hyaline mark is registered. the type of border (Hyaline / Opaque) is also identified and estimated marginal increment.</p> <p>For cross-sectioned otoliths, a thin layer of liquid petroleum jelly on the polished surface of the sectioned otolith and is observed with a stereoscopic microscope with 20X magnification under incident light. hyaline marks near the sulcus acoustic counted.</p>	<p>For the first ring: Validation by the method of daily micro increments. (FIP 2014-32 results)</p> <p>For the second and third ring: Method marginal increases. (FIP 2014-32 results)</p> <p>Reference collection (150 images in TIFF format)</p>	<p>We consider as a real annual growth ring a opaque band (Fast grow) followed by a traslucid band (Low grow), which should not present disruptions around the contour of the otolith.</p> <p>The limit of annual first ring (hyaline band) is among 1.5 mm and 2.5 mm</p> <p>for the following annual rings, the most important to identify growth rings following criterion is consistency in the separation distance between each hyaline brand.</p>
Instituto Nacional de Pesca (INP), Ecuador	Clean and dry sagitta otoliths in envelopes	Otolith is placed in black containers with immersion oil, the hyaline rings are observed as dark bands.	<p>For reading reflected light is used under a stereomicroscope</p> <p>Preferred reading area: near the acoustic groove</p>		<p>The most appropriate areas for determine the number of rings are the Rostrum and caudal edge.</p> <p>The union of the opaque and traslucid area is considered a year increment</p> <p>The distance to the core of the first ring is larger than this subsequent</p>



Institution	Otolith storage	Otolith preparation	Otolith interpretation	Validation/Reference collections	Ageing criteria
					rings and decreases close to the otolith edge. The true rings usually must be continued with the contour of the otolith.
Corten Marine Research (CMR), The Netherlands	Clean and dry sagitta otoliths in sheets (of 25 pairs of otoliths), when we fish we make 1 sheet each day, fish are taken at random and are also used for the biological sample.	Only whole otoliths are used.	Immersed in water in a black container using incident light. Most studied is the inner caudal part of both otoliths and I try to get confirmation of the result in reading the rostrum (and sometimes other parts of the otolith)	I compare results with an Age Length Key obtained by my length measurements while we had several years without recruitment and could clearly follow the yearly growth of a year class.	Continuity of the rings around the otolith; regular spacing and if possible confirmation of the rings in the rostrum.
AtlantNIRO, Russia	Clean and dry sagitta otoliths in envelopes	Whole otolith. Broken when appropriate	Immersed in water in a black container using incident light Preferred reading area: whole otoliths caudal and anterior sections Radius distances measured where necessary	Increment analysis	Relative spacing of the rings and continuity around the otolith
Shanghai Ocean University, China	Clean and dry sagitta otoliths in envelopes	Transversal thin sections cut for young and old fish	Smearred glycerin with black background, using incident light and read the image taken by CCD	Marginal increment analysis for adults	Annuli:Thin clear translucent increments



Annex 5. Age class assignation for Chilean CJM. 1st January birthdate.





Annex 6. Images from the otolith interchange read jointly in the Workshop.

	Otolith Reference	8
	Exploitation area	Iquique
	Capture	January 11, 2011
	Fish Length (cm)	8
	Age (years)	0
	Age Class (years)	0
	<p><u>Comments:</u></p> <p>The focus (F) appears clearly. Note the lobulations in the otolith periphery typical of young fishes. Otolith radius 1.1 mm.</p>	

	Otolith Reference	23
	Exploitation area	Iquique
	Capture	March 22, 2011
	Fork fish Length (cm)	16
	Age (years)	0
	Age Class (years)	I
	<p><u>Comments:</u></p> <p>Several false rings. Incomplete translucent zone in the edge. Otolith shape starts to change along the ventro-dorsal side.</p>	



	Otolith Reference	34
	Exploitation area	Iquique
	Capture	June 12, 2012
	Fork length (cm)	20
	Age (years)	2
	Age Class (years)	III
	<u>Comments:</u> Opaque edge in formation (Marginal increment:0.382).	

	Otolith Reference	9
	Exploitation area	Iquique
	Capture	April 24, 2012
	Fork fish Length (cm)	27
	Age (years)	3
	Age Class (years)	IV
	<u>Comments:</u> Example of increments composed of growth zones. Opaque edge (0.650).	



	Otolith Reference	1
	Exploitation area	Arica
	Capture	May 4, 2012
	Fork fish Length (cm)	27
	Age (years)	4
	Age Class (years)	V
<p><u>Comments:</u></p> <p>Decreasing increment width according to the growth pattern. Opaque edge (0.16) First green dot consensus reading, red dots agreement reading with Russian reader.</p>		

	Otolith Reference	112
	Exploitation area	Peru
	Capture	
	Fork fish Length (cm)	29
	Age (years)	4 o 5?
	Age Class (years)	
<p><u>Comments:</u></p> <p>Location of the first and second increments uncertain (green dots). Opaque edge (0.902)</p>		

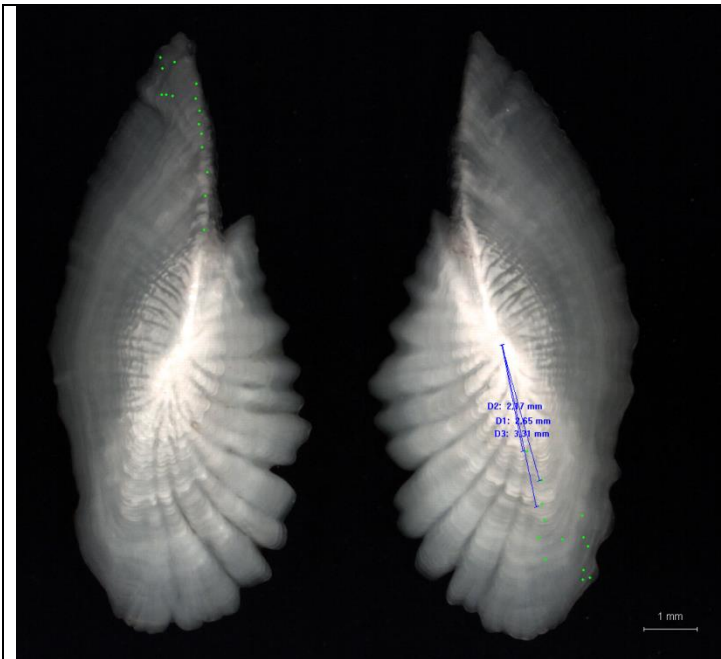


	Otolith Reference	89
	Exploitation area	Ecuador
	Capture	February 1, 2013
	Fork fish Length (cm)	39
	Age (years)	6
	Age Class (years)	VI
	<p><u>Comments:</u> First increment location determined using the standard radius. Translucent increment in the edge.</p>	

	Otolith Reference	147
	Exploitation area	Peru
	Capture	
	Fork fish Length (cm)	40
	Age (years)	8
	Age Class (years)	
<p><u>Comments:</u> Clear pattern in the rostrum. Red dots Russian reader, green group reading. Left otolith group reading.</p>		



Otolith Reference	105
Exploitation area	Peru
Capture	
Fork fish Length (cm)	30
Age (years)	5
Age Class (years)	
Comments: In caudal area 4, clear 5 increments in rostrum. Opaque edge (1)	



Otolith Reference	2
Exploitation area	Coronel
Capture	April 9, 2012
Fork fish Length (cm)	52
Age (years)	18
Age Class (years)	XIX
Comments: Narrow increments close to the edge. The below image correspond to transversal section (20x magnification). Blue dots on section show the correct reading	



	<table border="1"> <tr> <td>Otolith Reference</td> <td>Not from otolith interchange</td> </tr> </table>	Otolith Reference	Not from otolith interchange		
Otolith Reference	Not from otolith interchange				
	<table border="1"> <tr> <td>Exploitation area</td> <td>Talcahuano</td> </tr> </table>	Exploitation area	Talcahuano		
Exploitation area	Talcahuano				
<table border="1"> <tr> <td>Capture</td> <td>September 25, 2006</td> </tr> </table>	Capture	September 25, 2006	<table border="1"> <tr> <td>Fork fish Length (cm)</td> <td></td> </tr> </table>	Fork fish Length (cm)	
Capture	September 25, 2006				
Fork fish Length (cm)					
<table border="1"> <tr> <td>Age (years)</td> <td>13</td> </tr> </table>	Age (years)	13	<table border="1"> <tr> <td>Age Class (years)</td> <td>XIV</td> </tr> </table>	Age Class (years)	XIV
Age (years)	13				
Age Class (years)	XIV				
<p>Comments: Example of a whole and transversal otolith section (both sides of the section) showing the increased clarity of adult increments in the sections.</p>					

A N E X O II

Lectura e imágenes analizadas para taller Protocolo
(Archivo digital en CD)

A N E X O III

Plan desarrollo de HH por objetivo específico
FIPA N° 2014-32.



PLAN DETALLADO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO (HH). FIPA 2014-32

Objetivo general

IFOP PERSONAL	ACTIVIDAD									TOTAL
	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliografica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres	Informes	
F. Cerna	36	82	88	24	36	88	88	132	120	694
C. Valero	68			24	88	132	88	80	48	528
G. Moyano		336	44	24				88	36	528
L. Muñoz						132	44	44		220
Total	104	418	132	72	124	352	220	344	204	1970

Objetivos específicos

Objetivo específico 1

IFOP PERSONAL	ACTIVIDAD									TOTAL
	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliografica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres	Informes	
F. Cerna	36									36
C. Valero	68									68
G. Moyano										
L. Muñoz										
Total	104									104



Objetivo específico 2

IFOP	ACTIVIDAD									TOTAL
	PERSONAL	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliográfica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres	
F. Cerna		82	88	24				88	44	326
C. Valero				24				36	16	76
G. Moyano		336	44	24				44	36	484
L. Muñoz										
Total		418	132	72				168	96	886

Objetivo específico 3

IFOP	ACTIVIDAD									TOTAL	
	PERSONAL	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliográfica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres		Informes
F. Cerna						36				16	52
C. Valero						88				16	104
G. Moyano											
L. Muñoz											
Total						124				32	156



Objetivo específico 4

IFOP	ACTIVIDAD									TOTAL	
	PERSONAL	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliográfica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres		Informes
F. Cerna						88				16	104
C. Valero						132					132
G. Moyano											
L. Muñoz						132					132
Total						352				16	368

Objetivo específico 5

IFOP	ACTIVIDAD									TOTAL
	PERSONAL	Busqueda, recolección y sistematización de información bibliográfica	Preparación y lectura de la microestructura de otolitos	Análisis de la información derivada de la micro-estructura de otolitos	Validación del primer annulus	Validar la periodicidad de formación de macroanillos	Elaboración de una colección de Referencia de otolitos de jurel	Elaborar un Protocolo de lectura de otolitos de jurel y estimación del crecimiento	Talleres	
F. Cerna							88	44	44	176
C. Valero							88	44	16	148
G. Moyano								44		44
L. Muñoz							44	44		88
Total							220	176	60	456

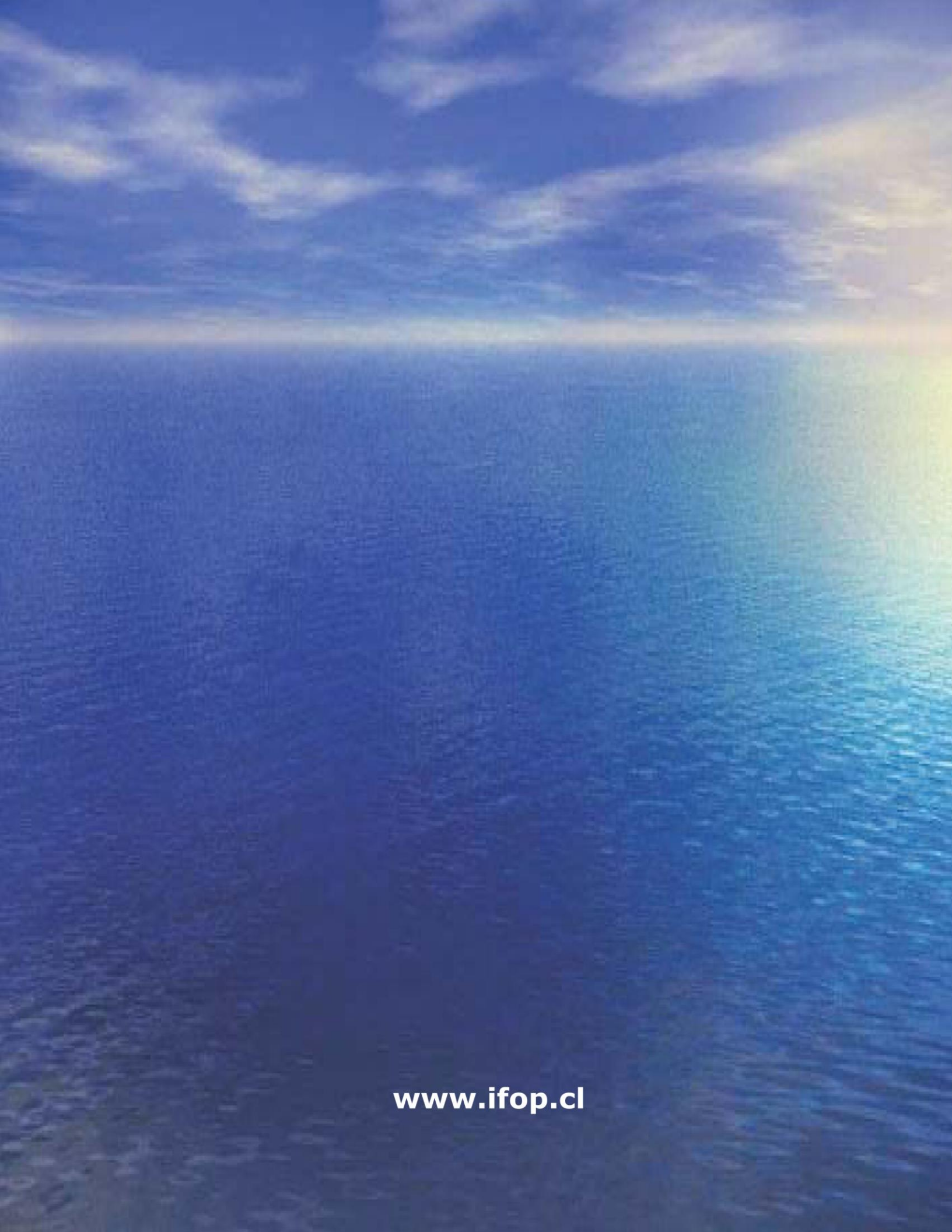
A N E X O I V

Base de Datos FIP 2014-32
(Archivo digital junto a texto en CD)



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151-500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl