



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA**

INFORME FINAL CORREGIDO

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA
FIP N° 2007-36**

**“EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD
NATURAL DE BESUGO”**

**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

CONCEPCION, ABRIL 2009

**Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción**

PROYECTO

FIP N° 2007-36 "Edad, crecimiento y mortalidad natural de besugo"

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera
Consejo de Investigación Pesquera

UNIDAD EJECUTORA

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

SUBCONTRATO

(1) Instituto de Investigación Pesquera
Octava Región
(2) Área Pesquerías
Departamento Biología Marina
Universidad Católica del Norte
Sede Coquimbo

JEFE PROYECTO

MSc. Luis Cubillos Santander
Departamento de Oceanografía
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción
Casilla 160-C, Concepción, Chile
Tel.: 56-41-2207233
Fax: 56-41-2256571
E-mail: lucubillos@udec.cl

• Concepción, Abril de 2009 •



Informe Final Corregido
“EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD NATURAL
DE BESUGO”

AUTORES

Luis A. Cubillos

Mario Aguayo

Claudio Castillo-Jordán

Jessica Peñailillo

Marcia Neira

Evelin Sanhueza

Milton Pedraza-García

Marco Salamanca

• Abril 2009 •

Departamento de Oceanografía
Universidad de Concepción

2 Resumen ejecutivo

Se estudió la edad, crecimiento y mortalidad natural de besugo en el área de su unidad de pesquería. En el periodo de estudio, que comprendió el segundo semestre de 2007, se obtuvieron muestras de besugo a bordo de barcos arrastreros cuyas capturas se localizaron entre 33° 30' LS y 38° 15' LS, y entre 100 y 500 m de profundidad. Para obtener muestras de besugo en la región centro-norte, se solicitó una pesca de investigación a Subsecretaría de Pesca.

Se recopiló datos de frecuencia de tamaños de besugo en las capturas de la flota industrial de arrastre, información que cubrió el periodo comprendido desde el año 2003 al 2007. Asimismo, se revisó la colección de otolitos de besugo que dispone el Instituto de Investigación Pesquera, y se contó con material para los años 1998, 1999, 2006 provenientes de la pesca de arrastre industrial en la zona centro sur (33° LS -38° LS), las que con las muestras del año 2007 hace un total de 3420 pares de otolitos para el estudio de la edad y confección de claves talla-edad.

Se utilizó el método de lectura en otolitos enteros para determinar la edad a los ejemplares colectados en los años previos, i.e. 1998, 1999, 2006 y 2007. Los resultados señalan que, en general, las medidas de los radios para los diferentes años son muy similares y consistentes con escasa variabilidad interanual. Se estableció la relación radio del otolito-longitud del pez para machos y hembras, quedando establecida mediante una relación potencial.

Se trabajó con 60 otolitos tostado en estufa a 250° C por un lapso de 15 minutos. En el caso del besugo, el tostado no resultó ser una técnica que permita visualizar mejor los anillos de crecimiento con respecto al otolito entero sin tostar. En efecto, después del 6° ó 7° anillo no se produce un buen contraste entre los anillos opacos (carbonato de calcio) y hialinos (matriz proteica), y el área del borde del otolito se vuelve más difuso. Además, ocurrió con mayor frecuencia trizaduras en el otolito, lo que dificultó su lectura. En los cortes transversales a través del núcleo, se identificó un número de anillos similar al registrado en otolitos enteros y al mismo tiempo, se pudo detectar una mayor frecuencia de anillos secundarios. Similar situación se concluye para el caso de las secciones delgadas a través del núcleo, donde la coincidencia en el número de anillos anuales fue de alrededor de 89% al compararlos con los anillos que se registraron en otolitos enteros hidratados.

En términos de verificación de la edad, dos lectores leyeron a ciegas tres veces la estructura anular de los otolitos de 96 peces, con intervalos de 15 días entre lecturas. Asimismo, el lector más experimentado leyó la edad en otolitos enteros y en secciones delgadas transversales, registrando además el número de anillos secundarios más marcados. Los resultados indican que la estructura anular registrada en otolitos enteros es determinada con una alta precisión por un lector entrenado, tanto en otolitos enteros como en secciones transversales delgadas. Con esta última técnica de preparación se contabilizó una mayor frecuencia de anillos secundarios, que en otolitos enteros.

En términos de la validación de la edad, se logró validar la identificación del primer *annulus* mediante la técnica de microincrementos diarios. En el plano de lectura, los microincrementos de crecimiento se distribuyen alrededor del centro, con una amplitud promedio de 2,2 μm a una distancia del centro que se encuentra entre los 65 μm y 265 μm . El análisis bajo el microscopio electrónico de barrido, demostró que la amplitud de los microincrementos es mayor a 1 μm , de tal manera que el número de microincrementos contados bajo microscopio óptico es confiable. La distancia promedio desde el centro del otolito hasta 365 microincrementos en besugo fue de 1332,7 μm con DE de 163,2; lo que de acuerdo con la distancia que se obtuvo del primer *annulus*, este resultado se encuentra dentro del intervalo de predicción. Se concluye que las lecturas realizadas indican que existe una correspondencia entre esta distancia y el número de microincrementos.

El análisis de frecuencia de tallas con MULTIFAN reveló que 11 clases de edad están presentes en la estructura de tamaños de besugo, y que el patrón de crecimiento en longitud queda descrito por una longitud asintótica de 45,8 cm y $K = 0,162 \text{ año}^{-1}$.

El besugo presenta actividades de ^{210}Pb y ^{226}Ra cuantificables, lo que permite su uso para la validación de edades. El aumento de la masa del otolito con la longitud total del pez tiene un patrón exponencial lo que limita severamente las edades radiométricas calculadas que se pueden calcular. Esto puede resultar en la práctica, que para una misma talla de peces pueden existir varias edades, por lo cual se estará subestimando las edades reales de los peces. Las edades radiométricas derivadas de la razón $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ presente en los otolitos varían entre los 2 para los peces más pequeños (< 20 cm de longitud total) y 12 a 13 años para los más grandes 36 - 41 cm de longitud total, respectivamente.

Los parámetros de crecimiento fueron estimados sobre la base de las longitudes retrocalculadas ya que no se pudo contar con ejemplares de edades jóvenes. El ajuste del modelo de von Bertalanffy fue diferente entre machos y hembras, y queda descrito por:

$$L_t = 38,5 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)}) \quad \text{machos}$$

$$L_t = 37,7 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)}) \quad \text{hembras}$$

El crecimiento en peso, queda descrito por:

$$W_t = 697,8 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)})^{2,978} \quad \text{machos}$$

$$W_t = 695,5 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)})^{3,009} \quad \text{hembras}$$

El crecimiento en longitud del besugo es diferente al de otras especies del Género, con una mayor tasa de crecimiento. En general se destaca el cardinalfish *Epigonus telescopus* de Nueva Zelandia, de aguas profundas, muy longevo y con una muy baja tasa de crecimiento en longitud. La tasa de mortalidad natural (M) presentó una muy baja precisión, con valores que fluctuaron entre 0,25 y 0,41 por año. Un estimado ponderado por el inverso de la varianza determinó $M = 0,3$ por año, valor de compromiso que se recomienda sea utilizado para el besugo. La talla media de primera madurez sexual fue estimada en 32 cm de longitud total utilizando estados de madurez sexual clasificados histológicamente.

3 Índice general

1	PERSONAL PARTICIPANTE.....	7
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	9
3	ÍNDICE GENERAL.....	13
4	INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	14
5	OBJETIVO GENERAL	19
6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
7	ANTECEDENTES	20
8	METODOLOGÍA	23
8.1.	ÁREA Y PERÍODO DE ESTUDIO.....	23
8.2.	PLAN DE MUESTREO	23
8.3.	COMPOSICIÓN POR TALLAS DE LAS CAPTURAS DE BESUGO	24
8.4.	METODOLOGÍA POR OBJETIVO ESPECÍFICO	26
8.4.1.	<i>Objetivo 1: Determinación de la edad y claves talla-edad.....</i>	<i>26</i>
8.4.2.	<i>Objetivo 2: Validación de la edad.....</i>	<i>31</i>
8.4.3.	<i>Objetivo 3: Crecimiento en longitud y peso.....</i>	<i>40</i>
8.4.4.	<i>Objetivo 4: Comparación del crecimiento</i>	<i>49</i>
8.4.5.	<i>Objetivo 5: Mortalidad natural.....</i>	<i>50</i>
9	RESULTADOS.....	56
9.1.	COMPOSICIÓN POR TALLAS EN LAS CAPTURAS.....	56
9.2.	DETERMINACIÓN DE LA EDAD	62
9.2.1.	<i>Muestras de otolitos</i>	<i>62</i>
9.2.2.	<i>Lecturas de otolitos enteros sin tostado.....</i>	<i>64</i>
9.2.3.	<i>Lecturas de otolitos enteros tostados.....</i>	<i>71</i>
9.2.4.	<i>Lecturas de cortes transversales a través del núcleo.....</i>	<i>72</i>
9.2.5.	<i>Lecturas de secciones delgadas a través del núcleo.....</i>	<i>72</i>
9.2.6.	<i>Verificación de la edad</i>	<i>76</i>
9.3.	CLAVES TALLA-EDAD.....	79
9.4.	VALIDACIÓN DE LA EDAD.....	88
9.4.1.	<i>Frecuencia de borde e incremento marginal</i>	<i>88</i>
9.4.2.	<i>Validación del primer annulus.....</i>	<i>88</i>
9.4.3.	<i>Análisis de frecuencia de tallas mediante MULTIFAN</i>	<i>95</i>
9.4.4.	<i>Radiometría.....</i>	<i>98</i>
9.5.	CRECIMIENTO.....	104
9.5.1.	<i>Longitud a la edad actual.....</i>	<i>104</i>
9.5.2.	<i>Longitud a edades pretéritas (retrocálculo)</i>	<i>104</i>
9.5.3.	<i>Estimación de parámetros de crecimiento</i>	<i>106</i>
9.6.	COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO.....	117
9.7.	MORTALIDAD NATURAL (M).....	119
9.8.	MADUREZ SEXUAL	122

10	OTRAS ACTIVIDADES Y TALLERES DE DIFUSIÓN DE METODOLOGÍA Y RESULTADOS.....	126
11	DISCUSIÓN.....	128
12	CONCLUSIONES.....	136
13	REFERENCIAS.....	138
14	ANEXOS.....	149
14.1.	ARTÍCULO ENVIADO A PUBLICACIÓN ISI.....	149
14.2.	TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	150
15	HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO.....	153

4 Índice de tablas y figuras

Tablas		Pág.
Tabla 1.	Esquema de asignación de grupo de edad.	30
Tabla 2.	Combinación de los parámetros estructurales de los modelos a analizar con MULTIFAN para explicar los datos de frecuencia de longitudes. Un signo (+) indica que el parámetro correspondiente será estimado en el modelo.	40
Tabla 3.	Modelos empíricos para la estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M).	51
Tabla 4.	Tamaño de muestra mensual (número de lances y número de ejemplares) de besugo para la descripción de la composición de tamaños del recurso, longitud promedio (LT, ambos sexos en conjunto) y desviación estándar (DE).	57
Tabla 5.	Número de otolitos de besugo machos, años 1998, 1999, 2006, 2007 y 2008.	63
Tabla 6.	Número de otolitos de besugo hembras, años 1998, 1999, 2006, 2007 y 2008.	64
Tabla 7.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 1998	65
Tabla 8.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 1998	66
Tabla 9.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 2° trimestre 1999	66
Tabla 10.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 2° trimestre 1999	66
Tabla 11.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 3er trimestre 1999	67
Tabla 12.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 3er trimestre 1999	67
Tabla 13.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 2006.	67
Tabla 14.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 2006.	68
Tabla 15.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 3er trimestre 2007.	68
Tabla 16.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 3er trimestre 2007.	68
Tabla 17.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 4er trimestre 2007.	69

Tablas		Pág.
Tabla 18.	Radios de los anillo anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 4er trimestre 2007.	69
Tabla 19.	Radios de los anillos anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo macho, 1er trimestre 2008.	69
Tabla 20.	Radios de los anillos anuales por grupos en muestras de otolitos de besugo hembra, 1er trimestre 2008.	70
Tabla 21.	Radios medios por anillo anual en otolitos de besugo hembra y macho (1 dmo = 0,1 mm).	70
Tabla 22.	Comparación de lecturas entre otolitos enteros hidratados y secciones transversales a través del núcleo	75
Tabla 23.	Medidas de precisión (%) intralector e interlector de la lectura de edad en otolitos enteros de besugo <i>Epigonus crassicaudus</i> .	76
Tabla 24.	Comparación pareada de la frecuencia de edades del lector 2 respecto de la primera lectura del lector 1 en otolitos enteros de besugo <i>Epigonus crassicaudus</i> .	77
Tabla 25	Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 1998.	81
Tabla 26	Clave edad - talla de besugo hembra en el cuarto trimestre de 1998.	81
Tabla 27	Clave edad - talla de besugo macho en el segundo trimestre de 1999.	82
Tabla 28	Clave edad - talla de besugo hembra en el segundo trimestre de 1999.	82
Tabla 29	Clave edad - talla de besugo macho en el tercer trimestre de 1999.	83
Tabla 30	Clave edad - talla de besugo hembra en el tercer trimestre de 1999.	83
Tabla 31	Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 2006.	84
Tabla 32	Clave edad - talla de besugo hembra en el cuarto trimestre de 2006.	84
Tabla 33	Clave edad - talla de besugo macho en el tercer trimestre de 2007.	85
Tabla 34	Clave edad - talla de besugo hembra en el tercer trimestre de 2007.	85
Tabla 35	Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 2007.	86
Tabla 36	Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 2007.	86
Tabla 37	Clave edad - talla de besugo macho en el primer trimestre de 2008.	87
Tabla 38	Clave edad - talla de besugo hembra en el primer trimestre de 2008.	87
Tabla 39	Resumen de las pruebas de hipótesis para el ajuste de cuatro modelos para analizar los datos de frecuencia de tallas de besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>) en la zona centro-sur de Chile. Se muestra dos veces el valor de la log-verosimilitud para cada modelo y el número de parámetros estimados entre paréntesis. La función de log-verosimilitud subrayados indica el mejor ajuste de cada modelo y los valores en negrita indican el mejor modelo entre los cuatro en competencia.	95
Tabla 40	Besugo, parámetros de crecimiento y estructurales estimados por MULTIFAN, con errores estándar entre paréntesis.	96
Tabla 41	Pruebas de tratamiento de limpieza de los otolitos de besugo.	99
Tabla 42	Agrupación de otolitos por tamaño y sexo para la lectura radiométrica.	100
Tabla 43	Actividad de ^{210}Pb y ^{226}Ra por masa de otolito	102
Tabla 44	Edades radiométricas calculadas para diferentes clases de tamaño de besugo.	103
Tabla 45	Resumen de los estadísticos de la regresión potencial linealizada entre la longitud total del pez y el radio del otolito para besugo macho y hembra	104
Tabla 46	Longitudes promedios observadas y retrocalculadas a la edad (L.R) para besugo macho de la zona centro-sur de Chile.	106
Tabla 47	Longitudes promedios observadas y retrocalculadas a la edad (L.R) para besugo hembra de la zona centro-sur de Chile.	106
Tabla 48	Residuales entre valores de longitud-edad observados y calculados en el ajuste	109

Tablas		Pág.
	por diferentes modelos	
Tabla 49	Longitud edad estimada por diferentes modelos en besugo macho (Caso 1: VB clásico; Caso 2: VB generalizada; Caso 3; Gomerzt; Caso 4: potencial)	109
Tabla 50	Longitud edad estimada por diferentes modelos en besugo hembra (Caso 1: VB clásico; Caso 2: VB generalizada; Caso 3; Gomerzt; Caso 4: potencial)	109
Tabla 51	Valores de a, b, SCR, y1 e y2, calculadas mediante el modelo genérico de Schnute (1981) para el caso de von Bertalanffy clásico ($a > 0$, $b = 1$) y con valores de Loo, K y to calculadas por la ecuaciones obtenidas para besugo macho.	111
Tabla 52	Valores de a, b, SCR, y1 e y2, calculadas mediante el modelo genérico de Schnute (1981) para el caso de von Bertalanffy clásico ($a > 0$, $b = 1$) y con valores de Loo, K y to calculadas por las ecuaciones obtenidas para besugo hembra.	111
Tabla 53	Peso-edad e incrementos absolutos en besugo macho y hembra.	113
Tabla 54	Resultados del ajuste de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy a los datos de longitud con múltiples lecturas de edad de besugo <i>Epigonus crassicaudus</i> . La nomenclatura se explica según lo siguiente: el prefijo RE implica el ajuste con efectos aleatorios, con estructura de error Exponencial (Exp) o Gamma (Gam) para la estructura de edad muestreada, según el primer lector (L1), segundo lector (L2), o ambos en conjunto. El prefijo SNL implica el ajuste no lineal estándar de los parámetros, considerando la media aritmética (A), mediana (M), o primera lectura (P) según el lector 1, lector 2, o ambos en conjunto.	114
Tabla 55	Comparación de los parámetros de crecimiento para <i>E. angustifrons</i> , <i>E. crassicaudus</i> , <i>E. elegans</i> , <i>E. telescopus</i> , mediante el índice de Pauly y Munro (1984).	117
Tabla 56	Comparación del crecimiento de besugo en machos juveniles (MJ), hembras juveniles (HJ), machos adultos (MA), hembras adultos (HA).	118
Tabla 57	Parámetros de crecimiento en longitud de besugo hembra y macho. El coeficiente de variación se indica entre paréntesis.	119
Tabla 58	Besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>). Resumen estadístico de 3000 valores alternativos e igualmente probables de mortalidad natural estimada con a) sólo error en los parámetros de entrada, y b) considerando el error en los parámetros de entrada y error de predicción simultáneamente.	119
Tabla 59	Total de muestras de besugo procesadas durante el periodo de estudio.	122
Tabla 60	Descripción de estados de desarrollo gonadal microscópicos encontrados en el recurso Besugo.	123
Tabla 61	Numero de individuos por rango de talla (cm) y estado de desarrollo gonadal microscópico.	124
Tabla 62	Estimación de la talla media de madurez sexual (L_m) para el recurso besugo en la zona Centro – Sur. Los parámetros de la función logística (a y b) fueron estimados mediante GLM, familia binomial y enlace logit. El error estándar de los parámetros se muestra entre paréntesis. El asterisco indica la significancia de los parámetros, i.e. $\Pr(> z) < 0,05$.	125
Tabla 63	Edad de primera madurez de besugo. (L_{PMS}) = Talla de primera madurez determinada en este estudio; parámetros de crecimiento derivados del presente estudio y recopilados en literatura (método de determinación de los parámetros).	126

Figuras		Pág.
Figura 1	Desembarque por mes y año de besugo en Chile en base a información de SERNAPESCA entre 1998 a 2005.	21
Figura 2	Otolito sagitta de besugo, <i>Epigonus crassicaudus</i> , de 26 cm de longitud total vistos por su cara externa (izquierda) y por su cara interna (derecha) (de Pino y Cubillos 2000).	22
Figura 3	Composición de tamaños de besugo en las capturas mensuales de 2003. Cada división en el eje y corresponde a 5%.	58
Figura 4	Composición de tamaños de besugo en las capturas mensuales de 2004. Cada división en el eje y corresponde a 5%.	59
Figura 5	Composición de tamaños de besugo en enero de 2005.	59
Figura 6	Composición de tamaños de besugo en las capturas mensuales de 2006. Cada división en el eje y corresponde a 5%.	61
Figura 7	Composición de tamaños de besugo en las capturas mensuales de 2007. Cada división en el eje y corresponde a 5%.	61
Figura 8	Distribución espacial de lances de pesca de besugo entre Valparaíso y 36°S (izquierda) y entre 36°S y 39°S (derecha).	62
Figura 9	Otolito sagitta de un besugo macho con 4 anillos de crecimiento visto por su cara interna o cóncava en la que se indican las medidas consideradas.	65
Figura 10	Radio medio por anillo anual en otolitos de besugo	71
Figura 11	Otolito de besugo macho de 24 cm de longitud total: (a) entero, (b) sección transversal.	73
Figura 12	Otolito de besugo macho de 39 cm de longitud total: (a) entero, (b) sección transversal.	74
Figura 13	Relación entre la edad promedio del lector 2 y el lector 1, cada lector realizó tres lecturas a un mismo otolito de besugo <i>Epigonus crassicaudus</i> .	78
Figura 14	Comparación pareada entre lectores. La barra vertical representa el intervalo de confianza al 95% de la edad promedio determinada por un lector a todos los peces que fueron determinados a una edad dada por el lector control. La recta representa una equivalencia de 1:1.	78
Figura 15	Frecuencia de anillos secundarios detectados en secciones delgadas transversales (cruces y línea continua) y otolitos enteros (circulo y línea segmentada) de besugo <i>Epigonus crassicaudus</i> .	79
Figura 16	Distribución del borde opaco y hialino en el otolito en un ciclo anual (a) e incremento marginal (IM) del borde (b).	88
Figura 17	Cara externa del otolito <i>sagitta</i> de besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>)	89
Figura 18	Cara interna del otolito <i>sagitta</i> de besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>)	90
Figura 19	Fotografías de otolitos de besugo donde se observa la distancia macroscópicamente entre el centro y el primer annulus (A), relacionado con la distancia microscópicamente entre el centro y el primer annulus, (A) aumento 10X0, 63 (B) aumento 400x.	90
Figura 20	Microincrementos presentes en el otolito de besugo, se muestra su disposición (100X).	91
Figura 21	Microincrementos presentes en el otolito de besugo mostrando su disposición (400X)	92
Figura 22	Fotografía de otolitos de besugo tomada en microscopio electrónico de barrido para la observación de los microincrementos, 1200X.	92
Figura 23	Fotografía de otolito de besugo en MEB, aumento 1500X, representa el cuadro de la fotografía anterior.	93
Figura 24	Fotografía de otolito de besugo en MEB, aumento: A) 1200x y B) 1500X.	93
Figura 25	Box-Plot donde se muestra la media del número de microincrementos, la	94

Figuras		Pág.
	desviación estándar (d.e.) y los límites de confianza.	
Figura 26	Ajuste de curvas normales a datos de composición de tamaños de besugo mediante MULTIFAN	97
Figura 27	Tasa de crecimiento en longitud de besugo (<i>E. crassicaudus</i>) en la zona centro-sur de Chile, deducida del análisis de frecuencia de tallas con MULTIFAN.	98
Figura 28	Relación entre el peso del otolito y la longitud del pez. Peso 1 y Peso 2 se refiere al otolito derecho e izquierdo.	99
Figura 29	Relación entre el peso de los otolitos y el aumento de la talla.	101
Figura 30	Regresión longitud pez versus radio otolito en besugo macho y hembra	105
Figura 31	Regresión longitud pez versus radio otolito en besugo total	105
Figura 32	Curvas de crecimiento ajustadas para besugo macho y hembra con información de longitud a la edad actual	107
Figura 33	Curvas de crecimiento ajustadas para besugo macho.	108
Figura 34	Curvas de crecimiento ajustadas para besugo hembra.	108
Figura 35	Curvas de crecimiento de besugo macho y hembra de acuerdo con modelo de von Bertalanffy	112
Figura 36	Población de edad muestreada según el lector 1 (arriba) y lector 2 (abajo), mostrando el ajuste de la función Exponencial y Gamma utilizada que caracteriza la distribución de edades en el ajuste de los parámetros de crecimiento con efectos aleatorios.	115
Figura 37	Función de crecimiento de von Bertalanffy para el besugo según el ajuste con efectos aleatorios y error en la lectura de edad.	116
Figura 38	Tasas de crecimiento en conjunto, informadas por distintos autores para <i>E. angustifrons</i> , <i>E. crassicaudus</i> , <i>E. elegans</i> , <i>E. telescopus</i> .	118
Figura 39	Mortalidad natural promedio y límites de confianza de 90%, Besugo.	120
Figura 40	Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de mortalidad natural de besugo.	121
Figura 41	Distribución de frecuencia de tallas de hembras de besugo colectadas para determinación de talla de primera madurez.	123
Figura 42	Frecuencia de EMM registrados para el cálculo de talla de primera de este recurso.	124
Figura 43	Talla media de madurez sexual de besugo en la zona centro-sur. A) Mediante estadios de madurez sexual microscópicos (según escala determinada) y B) Mediante estadios de madurez sexual macroscópicos (según escala Balbontín & Fischer, 1981).	125

5 Objetivo general

Determinar la edad, crecimiento y mortalidad natural de besugo en el área de su unidad de pesquería.

6 Objetivos específicos

6.1. Determinar la edad de ejemplares de besugo según su longitud y la(s) clave(s) talla-edad mediante, al menos, lectura directa de otolitos u otras estructuras.

6.2. Efectuar una validación del procedimiento de determinación de edad en besugo.

6.3. Determinar los parámetros que modelan la ecuación de crecimiento en longitud y peso de machos y hembras de besugo.

6.4. Efectuar comparaciones del crecimiento en besugo en forma intra-específica y con otras especies similares.

6.5. Determinar la mortalidad natural en besugo.

7 Antecedentes

De acuerdo con Mayer (1974), el género *Epigonus* está representado con 12 especies a nivel mundial. Normalmente, las especies habitan sobre el talud y plataforma continental, en islas oceánicas y montes submarinos de todos los océanos en profundidades que varían entre 120 y 1400 m. Algunas especies presentan una distribución amplia (e.g. *E. fragilis*, *E. denticulatus*, *E. macrops*) y otras tienen una distribución local o son endémicas (e.g. *E. fragilis*, *E. elegans* y *E. crassicaudus*).

En Chile, el besugo *Epigonus crassicaudus* (De Buen, 1959), es una especie endémica mesopelágica que habita preferentemente en asociación con fondos rocosos y pináculos del talud y se distribuye a lo largo de la costa chilena, principalmente entre Caldera y Chiloé (Gálvez *et al.* 2000). Si bien se la registra desde los 100 a los 500 m de profundidad, las mayores agregaciones se detectan entre los 280 y 310 m en la pesca de la flota industrial de arrastre de merluza común y camaronesa. A pesar de la amplia distribución que presenta este recurso, los antecedentes de la pesquería indican que las capturas de besugo se realizan principalmente entre Pichilemu (34°23'S) y Lebu (37°36'S), durante el segundo semestre de cada año. Las capturas las efectúan principalmente naves industriales, que utilizan redes de arrastre de fondo operadas sobre el talud continental a profundidades entre 280 y 310 m. Históricamente las capturas las han realizado 11 naves industriales que aportan el 90% de los desembarques (Wiff *et al.* 2005).

La unidad de pesquería de besugo está definida entre los límites de la Región de Atacama y la Región de Los Lagos (actualmente Región de los Ríos), según D.Ex. N° 644 de 2004, La unidad de pesquería de Besugo se encuentra declarada en estado y régimen de Plena Explotación, y se encuentra suspendido el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca hasta el 22 Agosto de 2007 (D. Ex. N°855 de 2006). La pesquería de Besugo comenzó a ser regulada a partir del cierre temporal de acceso y fijación de un límite de desembarque, el 22 de agosto de 2003 con la aplicación del artículo 20 de la LGPA (D.S. N°116 de 15/07/03), en atención a los crecientes niveles de captura y desembarque que se venían observando desde 1997 (Figura 1). Dicho límite de desembarque se terminó de consumir durante el primer semestre de 2004, y posteriormente, el 19 de agosto de 2004, se fijó una cuota de 550 ton para el resto del año. Tanto la cuota total de captura de 2005 y 2006 se fijó en 2.300 ton (SUBPESCA 2006). La cuota global anual de captura para el año 2007 fue aprobada en 2.094 toneladas, lo que representa un 8,9% menos respecto al año 2005 y 2006 (SUBPESCA 2007).

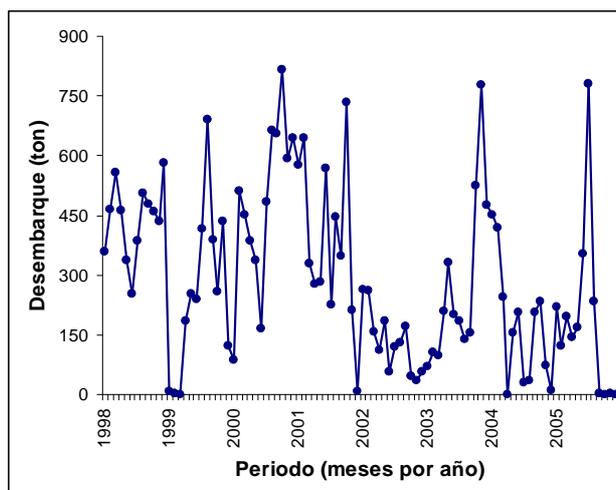


Figura 1. Desembarque por mes y año de besugo en Chile en base a información de SERNAPESCA entre 1998 a 2005.

Gálvez *et al.* (2000) comunica resultados de los principales parámetros biológico-pesqueros de besugo, a partir de muestras obtenidas de la pesca industrial de arrastre merlucera durante el periodo Octubre de 1998 – Septiembre de 1999. En el estudio, se describe el comportamiento de la pesquería, la estructura de tamaños y estimaron parámetros de la relación longitud-peso (ver también Gálvez & Rebolledo 2001), edad y crecimiento, aspectos reproductivos, y selectividad del arte de pesca.

El estudio de edad y crecimiento desarrollado por Pino & Cubillos (2000), la edad se leyó en 1303 pares de otolitos. La edad se determinó mediante lectura de anillos hialinos en la cara externa, contabilizándose hasta 15 años en uno de los individuos. Los autores, señalan que la alternancia de anillos hialinos y opacos se presenta con claridad en los otolitos de los individuos menores a 7 años. El primer anillo es fácilmente reconocible y se identifica a una distancia de 1,4 mm del núcleo (Figura 2). No obstante, en individuos más longevos los anillos se observan con dificultad debido a que la estructura del borde es difusa. A pesar que Pino & Cubillos (2000) utilizaron el incremento marginal y la frecuencia de bordes hialinos y opacos para tratar de validar la edad, los resultados no son concluyentes.

En cuanto a la edad y crecimiento del Genero *Epigonus*, existen antecedentes sobre *E. elegans* y *E. angustifrons* (Abramov 1990), quien cita estudios de edad para otras dos especies: *E. parini* por Abramov (1987) y *E. telescopus*. Pavlova (1976) (*fide* Abramov 1990), señala para *E. parini* (identificado por este autor como *E. denticulatus*) una edad de 9 años para individuos de aproximadamente 29 cm de longitud horquilla. Pshenichniy *et al.* (1986), refiriéndose a datos de Shibanova (*fide* Abramov 1990), mostró que

E. telescopus, ampliamente distribuido en los océanos del mundo, alcanzan una edad de 10 años y tallas superiores a 70 cm en los pendientes de los cerros submarinos del Atlántico norte.



Figura 2. Otolito sagitta de besugo, *Epigonus crassicaudus*, de 26 cm de longitud total vistos por su cara externa (izquierda) y por su cara interna (derecha) (obtenida de [Pino y Cubillos 2000](#)).

De acuerdo con los antecedentes disponibles, la determinación de la edad, su verificación y validación son aspectos que no han sido abordados en forma satisfactoria para el besugo en Chile. Asimismo, el crecimiento en longitud y la tasa de mortalidad natural son parámetros de historia de vida correlacionados y fuertemente dependientes de la exactitud de las determinaciones de edad.

8 Metodología

8.1. Área y período de estudio

El área de estudio corresponde a aquella de la unidad de pesquería, y para los fines de este estudio queda definida en términos operacionales por la actividad extractiva de las flotas arrastrera de crustáceos (camarón nailon, langostino amarillo, langostino colorado) en la región centro-norte (Caldera-Coquimbo) y merluza común en la zona centro-sur (Valparaíso-Valdivia).

El período de estudio está referido al segundo semestre de 2007. No obstante, al considerar que el estudio comenzó en septiembre de 2007, la colecta de información biológica se extendió al primer trimestre de 2008. El 8 de enero de 2008, se solicitó una nueva pesca de investigación para lograr obtener muestras de besugo en la zona centro-norte durante el primer y segundo trimestre de 2008. La autorización de esta segunda pesca de investigación (Res. Ex. N°500) salió con fecha 20 de febrero, para operar hasta el 30 de abril de 2008, lo cual en conjunto con los factores operacionales, dejó poco margen para coleccionar muestras en este periodo. Estas muestras recolectadas en el primer trimestre de 2008, fueron utilizadas para realizar la sobreoferta y a la vez la confección de la clave talla edad del trimestre. Asimismo, el estudio considera la lectura de otolitos obtenidos en años previos y que cubren los periodos 1998-1999, 2006 y que provienen de la pesca de arrastre industrial en la zona centro sur (33° LS -38° LS).

8.2. Plan de muestreo

La recopilación de datos y muestras de especímenes se realizó a bordo por personal técnico del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) en la zona centro-sur, y de la Universidad Católica del Norte (UCN) en la zona centro-norte. En el caso del INPESCA, la gestión de actividades de muestreo se enmarca en el Sistema de Información de Merluza Común (SIMEC), mientras que en el caso de la UCN esta gestión radica en profesionales del Área Pesquerías de la Facultad de Ciencias del Mar en Coquimbo.

La gestión de embarques se realizó en los principales centros de actividad industrial, que incluyen los puertos de Caldera y Coquimbo en la zona centro-norte, y Talcahuano y San Vicente (36°44'S) en la zona centro-sur. La gestión consiste en distribuir el esfuerzo de muestreo en las unidades de la flota, tomando en cuenta criterios como el desempeño de los muestreos y la cobertura de estratos de tamaño de embarcación y zonas de pesca. El muestreo a bordo estará condicionado por la intencionalidad de pesca de la embarcación, esto es, Caso 1: cuando la nave se oriente expresamente a la captura de besugo, o Caso 2:

cuando la nave tiene otra especie objetivo (camarón, langostinos o merluza común) y el besugo aparece como especie concurrente. Luego, el diseño de muestreo en cada caso fue el siguiente:

Caso 1: una vez reciba la captura a bordo:

- i) Se colecta en forma completamente aleatoria 3 a 5 bandejas de besugo desde la captura (aproximadamente 45 a 90 kg de muestra), dependiendo de la composición de tamaños aparente (3 cajas si los ejemplares son pequeños, 5 cajas si los ejemplares son grandes).
- ii) La unidad básica de muestreo previa tiene como propósito obtener un número mínimo y suficiente de ejemplares que serán utilizado según los tamaños de muestra requerido para los distintos objetivos del estudio y que se establecen en cada caso.
- iii) Las cajas fueron pesadas individualmente con el objeto de obtener el peso promedio de éstas, descontado el peso de la propia caja (caja vacía).
- iv) Se contabilizó el número total de cajas capturadas.
- v) Para los análisis de otolitos, los ejemplares fueron congelados y llevados al laboratorio.

Caso 2: una vez reciba la captura a bordo:

- i) Se colectó en forma completamente aleatoria 5 bandejas de la captura total.
- ii) Las cajas fueron pesadas por separado.
- iii) Se separó los ejemplares de besugo presentes en las cajas colectadas, y esto fueron pesados.
- iv) Si el número de individuos presentes en las cajas no alcanzó el tamaño mínimo de muestra requerido, se procedió a realizar un muestreo aleatorio en la captura hasta completar el número de ejemplares requerido.
- v) Se contabilizó el número total de cajas de la captura y se estimó la proporción total de besugo en las capturas.

8.3. Composición por tallas de las capturas de besugo

La composición de tamaños de besugo en las capturas se determinó en escala mensual durante el período de estudio. A su vez, se obtuvo datos de años previos (2003 a 2006) con propósitos comparativos.

La composición por tallas mensual en las capturas, se determinó de acuerdo con la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes para cada zona de estudio. Los datos de

frecuencia de tallas de cada barco muestreado se le asignó un peso, que está dado por la razón entre la captura de la embarcación muestreada y el peso de la muestra medida; esto es

$$FP_i = \frac{C_i}{WM_i}$$

donde FP_i es el factor ponderador para las frecuencias de tallas que se estima del barco i , C_i es la captura (toneladas) de la embarcación i muestreada y WM_i es el peso de la muestra obtenida de la embarcación i . Por lo tanto, para una misma zona, la frecuencia mensual a una longitud dada estará dada por la siguiente expresión

$$f_{t,j} = \sum_{i=1}^n f_{i,t,j} \cdot FP_i$$

donde $f_{i,j}$ es la frecuencia de la longitud j en el mes t , $f_{i,t,j}$ es la frecuencia de la longitud j en el mes t del barco i ; y FP_i es el factor ponderador para el barco i , y n es el número total de frecuencias de tallas obtenidas durante el mes t . Este procedimiento genera distribuciones de frecuencia de tallas según la magnitud de las capturas de las embarcaciones muestreadas. Una vez obtenida la distribución de frecuencias de tallas para el mes t , el número de peces en las capturas por tallas o composición por tallas de las capturas totales de ese mes se estima expandiendo la distribución de frecuencias de tallas según el siguiente factor de expansión:

$$FE_t = \frac{C_t}{\sum_{j=1}^n w_{j,t} \cdot f_{j,t}}$$

donde FE_t es el factor de expansión en el mes t , C_t es la captura el mes t (toneladas), $w_{j,t}$ es el peso promedio de los ejemplares de la clase de longitud j en el mes t que se obtiene de la relación talla-peso especie-específica; y $f_{j,t}$ es la frecuencia de ejemplares de la clase de longitud j en el mes t . El factor de expansión posteriormente se multiplica por cada una de las frecuencias de los ejemplares de cada clase de longitud para obtener la composición por tallas en las capturas.

8.4. Metodología por objetivo específico

8.4.1. Objetivo 1: Determinación de la edad y claves talla-edad

8.4.1.1 Preparación del otolito y lectura de anillos

La estructura dura determinada apropiada para la lectura de edad en besugo corresponde a los otolitos sagitales, tomando en consideración estudios anteriores realizados por [Gálvez *et al.* \(2000\)](#) y [Aguayo & Neira \(2006\)](#). Las muestras obtenidas fueron procesadas en el laboratorio, por lo que cada ejemplar fue objeto de un análisis biológico consistente en el registro de longitud total, peso total, peso eviscerado, estado de madurez sexual, y extracción de otolitos. En la preparación para lectura de anillos se consideró las siguientes técnicas: i) otolitos enteros, con y sin tostado; ii) corte transversal y longitudinal de otolitos enteros, con y sin tostado, y iii) secciones delgadas a nivel del núcleo.

a) Otolitos enteros sin tostado

La lectura de los anillos en el otolito entero se realizó previa hidratación en agua corriente o destilada por 12 horas o menos, tiempo suficiente para resaltar los anillos de crecimiento ([Aguayo & Neira 2006](#)). La observación de los otolitos se realizó con lupas estereoscópicas, con aumento 10x1. La lectura consistió en un conteo y medición de los anillos, donde los otolitos se colocaron en una cápsula petri con agua corriente o destilada y con fondo negro para mejorar la nitidez de los anillos de crecimiento. También, para resaltar la estructura anular se pintó la cara interna de cada otolito izquierdo con tinta negra permanente. La iluminación fue de preferencia incidente o reflejada desde un ángulo lateral, lo que permite que los anillos más estrechos indicativos de una etapa de crecimiento lento del pez se vean oscuros (hialinos) y los anillos más anchos que corresponden a un periodo de crecimiento rápido se vean blanquecinos (opacos).

b) Otolitos enteros tostado

Se consideró realizar lectura de otolitos con un ligero tostado exponiendo a la llama de un mechero de alcohol o en una horno a una temperatura (200 – 250 °C), tal que permita resaltar los anillos que tiene una mayor presencia de una proteína conocida como otolina ([Degens *et al.* 1969](#)) y que corresponden a los anillos de crecimiento lento o hialinos, los que toman un aspecto acaramelado ([Christensen 1964](#), [FAO 1982](#), [Ashford *et al.* 2000](#), [Horn 2002](#)).

En este caso las mediciones se realizan en la cara externa o cóncava del otolito izquierdo, y desde el foco al borde rostral se mide el radio total (R_0) y el radio de cada anillo hialino ($R_1 \dots R_n$), para lo cual se usó un ocular provisto de una reglilla micrométrica con 100 divisiones (d.m.o) donde cada división corresponde a 0,1 mm.

c) Otolitos en secciones transversales y longitudinales en otolitos sin tostar

Este método es recomendado especialmente para peces de larga vida, en especial, en aquellas edades donde los anillos aparecen muy cercanos entre si, debido a la disminución de la tasa de crecimiento (CARE 2000). Para verificar los anillos de crecimiento anual observados en otolitos enteros se procedió a obtener del otolito derecho del ejemplar una sección transversal a la altura del núcleo (foco) del otolito (FAO 1982), procedimiento que ha tenido éxito en algunas especies del género *Merluccius* (Beamish 1979, Chilton & Beamish 1982). Por otra parte, se exploró con cortes longitudinales que también han dado resultados en especies de este género (Pentilla & Dery 1988). Para esto se consideró una submuestra de 60 otolitos.

Los cortes se efectuaron con una máquina de alta precisión ISOMET-BUEHLER, que esta provista de discos diamantados de 0,15 mm que permiten obtener cortes con superficie bien pulimentadas. Previo al corte los otolitos, estos fueron incluidos en diferentes sustancias que solidifican y que evitan el quiebre de ellos tal como resina poliéster (Bedford 1983), acrílico en spray, parafina sólida (Barrera-Oro & Bellisio 1987) o simplemente esperma de vela (Ojeda *et al.* 1997). Previo a la lectura, la superficie del corte fue pulida con un abrasivo de tipo comercial ("Brasso"), lo que permite aumentar la nitidez de los anillos. Luego fueron montados en plasticina humedeciendo la superficie del corte con una capa de bálsamo sintético diluido para resaltar los anillos.

d) Otolitos en secciones transversales y longitudinales en otolitos tostados

En este caso los otolitos fueron tostados una vez que fueron cortados según el procedimiento anterior. Se probó diferentes temperaturas del horno, sin embargo, se debe tener en cuenta que una temperatura de 250 °C por 10 minutos fue suficiente en bacalao de profundidad (Oyarzun *et al.* 2003).

e) Secciones delgadas a nivel del núcleo

Los cortes o secciones realizados con la máquina Isomet-Buehler fueron pulidos con un abrasivo y montados en portaobjetos, fijándolas con Eukitt o Entellán para su posterior observación con microscopio o estereomicroscopio con luz transmitida.

8.4.1.2 Verificación de la precisión de las lecturas de edad

La verificación de las lecturas de edad de un lector o entre lectores es un concepto análogo al de determinar la precisión o reproducibilidad de la estimación de la edad. De acuerdo con [Wilson et al. \(1987\)](#), consiste en medir el grado de reproducibilidad o consistencia del conteo de las bandas concéntricas o anillos de crecimiento.

En el análisis estadístico se considera que las lecturas de cada lector son independientes y que ninguno conoce las lecturas del resto. Para detectar sesgo en las lecturas se graficó la edad entre lectores, considerando a uno de ellos como control ([Campana et al. 1995](#)). Básicamente, esto consiste en graficar las lecturas de edad de un lector cuya media e intervalo de confianza al 95% en el eje de coordenadas Y se corresponde con cada una de las categorías de edad informadas por el otro lector que es considerado como control (X).

La precisión de la estimación de edad se realizó con el método de [Beamish & Fournier \(1981\)](#) quienes comparan el porcentaje de error promedio (APE) mediante la siguiente expresión:

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

donde:

- N : número de peces con asignación de edad
- R : número de veces que la muestra fue leída
- X_{ij} : es la i -ésima determinación de edad del j -ésimo pez
- X_j : es la edad promedio calculada para el j -ésimo pez

Además, se usó el índice de [Chang \(1982\)](#) que considera un coeficiente de variación (CV) como test de reproducibilidad de la edad entre e intralectores utilizando un índice de precisión (D). Este índice ha demostrado ser una medida de precisión más robusta en este tipo de estudios ([Campana et al. 1995](#)).

$$D = \frac{100}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{V}{\sqrt{R}} = \frac{100}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{1}{\sqrt{R}} \cdot CV_j$$

donde el coeficiente de variación corresponde a:

$$CV_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

La notación es la misma señalada para la ecuación anterior.

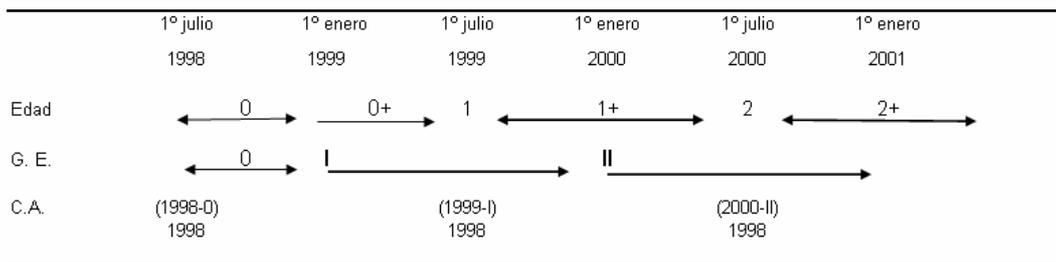
8.4.1.3 Claves talla-edad

a) Asignación de edad y grupo de edad

Previo a la elaboración de claves edad-talla por sexo es necesario asignar la edad biológica y el grupo de edad que corresponde a cada otolito leído. En efecto, la edad tiene una connotación biológica y se asignará de acuerdo al número de anillos hialinos anuales (*annuli*) presentes en los otolitos saculares. Los peces agregan un año más de vida cuando pasan un cumpleaños, fecha que generalmente coincide con el pico de formación de anillo hialino o pico de desove. Por otra parte, sobre la base del número de anillos, el tipo de borde y considerando el primero de enero como fecha de cumpleaños, se asignará el grupo de edad, para los ejemplares de cada especie. El considerar el 1° de enero, tal como se ha aplicado en pesquerías del hemisferio norte ([FAO 1982](#), [CARE 2000](#)) ha dado buenos resultados en el manejo de pesquerías en Chile (seguimiento de cohortes) y tiene la ventaja de identificar fácilmente durante todo el año el grupo de edad a la clase anual que corresponde, para lo cual sólo se resta al año en curso el respectivo grupo de edad ([Aguayo & Ojeda 1981](#), [Aguayo 1983](#), [Aguayo et al. 1983](#), [Aguayo & Paya 1998](#)). Por ejemplo, suponiendo que el cumpleaños biológico es el 1° de julio, un pez que nazca en el periodo reproductivo de este año al llegar a 1° de enero de 1999 tiene cero anillo hialino en el otolito y corresponde a la edad cero "plus" (0+) y durante todo este año es del grupo de edad (GE) I aunque forme el primer anillo hialino

anual y cumpla su primer año de vida el 1° de julio, siendo el resto del año de edad 1 plus (1+). Luego al 1° de enero del año 2000 y durante todo el año es del grupo de edad II, cumpliendo 2 años de edad el 1° de julio y así sucesivamente en los años siguientes. La clase anual resulta de restar al año de captura el grupo de edad respectivo, de manera que siempre se podrá seguir la cohorte en el tiempo, en este caso la clase anual 1998 (**Tabla 1**).

Tabla 1. Esquema de asignación de grupo de edad.



Esto permite crear a través de los años matrices de captura edad y peso edad que se emplean en las evaluaciones indirectas de los stock.

b) Elaboración de claves talla-edad

Las claves edad-talla que permitirán conocer la composición por edad por sexo en las capturas de besugo se elaborará en base semestral y anual. La proporción por edad y talla (q_{al}) de las muestras de otolitos se obtendrá de la expresión:

$$q_{a,l} = \frac{P_{a,l}}{P_l}$$

donde:

p_{al} = frecuencia en número para la edad “a” en el estrato de longitud “l”

P_l = frecuencia relativa total para el estrato de longitud “l”

La proporción para cada edad “a” es estimada por la ecuación

$$P_a = \sum_{l=1}^L P_l \cdot q_{al}$$

y finalmente el número o abundancia por grupo de edad "a" (N_a) en la captura se obtendrá como:

$$N_a = P_a \cdot N$$

donde, N corresponde a la captura o desembarque total en número por especie.

8.4.2. Objetivo 2: Validación de la edad

Los otolitos tienen una microestructura policristalina constituida por cristales de carbonato de calcio (aragonita) embebida en una matriz protéica (otolina) que irradia desde un núcleo central, donde el "crecimiento" del otolito se considera como el agregado de material a la forma de nuevos cristales depositados en la superficie (OTO 2005). Durante el periodo de crecimiento rápido del pez se forman anillos o bandas anchas constituidas principalmente por aragonita y en los periodos de menor crecimiento se forman los anillos más angostos constituidos principalmente por material orgánico, que iluminados con luz reflejada se observan como anillos opacos y hialinos, respectivamente.

En general, los anillos opacos se forman en los periodos de mayor temperatura y disponibilidad de alimento y los anillos hialinos en periodos más fríos y baja disponibilidad de alimentos. Es usual que junto con los anillos anuales aparezcan otros anillos de carácter secundario que dificultan la correcta determinación de edad, para lo cual es necesario validar las edades asignadas. Para lograr la validación se aplicaron las siguientes técnicas:

8.4.2.1 Formación periódica del borde

Una de las técnicas más usadas en este tipo de estudio es comprobar la periodicidad de formación de los anillos mediante el seguimiento mensual del tipo de borde en la periferia del otolito en un ciclo anual del pez. Para esto se seguirá el criterio de Dannevig (1933) utilizado en diferentes estudios a nivel mundial y en Chile por Aguayo (1971, 1976) y Aguayo & Soto (1978), Aguayo & Gili (1984), Chong & Aguayo (1990), Chong & Aguayo (1994), Ojeda *et al.* (1997). De acuerdo con este criterio los bordes del otolito se clasifican como opacos angostos (o) cuando aparecen como una fina zona limitada a la zona rostral y caudal del otolito. Los opacos anchos (O) son claramente visibles circundando todo el borde del otolito. Con un criterio análogo se clasifican los anillos hialinos (h, H).

8.4.2.2 Incremento marginal

El incremento marginal es una medida relativa del incremento del borde del otolito en relación a los dos últimos anillos formados (Prince *et al.* 1988, Esteves *et al.* 1995):

$$IM = \frac{R_o - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

donde R_o es el radio del otolito; R_n es el radio del último anillo; y R_{n-1} es el radio del penúltimo anillo.

Hay que tener presente que aún cuando las técnicas mencionadas son ampliamente usadas, existe en algunos casos cierto nivel de incertidumbre asociada a dificultades al observar el otolito, debido a la refracción y reflexión de la luz o bien que el borde es demasiado delgado (Campana, 2001) por lo que será complementado con la determinación de la formación del primer y segundo anillo mediante la técnica de lectura de microincrementos de crecimiento diario, así como la técnica de validación por radiometría que se describen a continuación.

8.4.2.3 Validación del primer anillo anual mediante microincrementos diarios

El objetivo de la presente sección es determinar la formación del primer *annulus* a través de la utilización de los microincrementos de crecimiento. Por *annulus* se entiende a un anillo concéntrico formado con periodicidad fija y que permite determinar la edad. En algunos casos, un *annulus* no necesariamente puede ser continuo o concéntrico. Estos anillos tienen apariencia opaca o translúcida dependiendo de su refringencia óptica y generalmente se atribuyen a períodos de crecimiento rápido y lento, respectivamente. Estructura de crecimiento formada anualmente Kalish *et al.* (1995) y Panfili *et al.* (2002).

Los otolitos fueron fotografiados bajo lupa (Leica MZ 6) por su cara externa e interna para su observación y posterior descripción según nomenclatura de Smale *et al.* (1995).

La utilización de los microincrementos data desde que Pannella (1971, 1974) sugirió que es posible utilizar los otolitos para determinar la edad en peces y que habían alrededor de 360 líneas o incrementos entre un *annulus* y otro, esta metodología nos permitirá validar el primer *annulus* contabilizando los incrementos presentes entre el centro y el primer anillo, hay que tener en consideración que esta metodología presenta como supuesto que los microincrementos son de naturaleza diaria, lo cual según

Morales-Nin (2000) ocurriría en la mayoría de las especies de peces, a no ser que sean sometidos a situaciones muy fuertes de estrés. Brothers *et al.* (1976) confirman la correspondencia entre las estimaciones de edad obtenidas por *annuli* y el conteo de incrementos diarios. El conteo de microincrementos diarios entre sucesivos *annulis* permitió a Victor & Brothers (1982), Taubert & Tranquili (1982) validar incrementos anuales por medio del análisis microestructural. Se entiende por microincremento a un incremento menor de 50 μm de ancho, típicamente de unos 20 μm ; el prefijo "micro" nos indica que el objeto observado es relativamente de pequeño tamaño y que éste puede ser observado con un microscopio compuesto o electrónico. A menudo usado para describir microincrementos diarios o subdiarios del otolito (Panfili *et al.*, 2002).

La preparación de los otolitos, para la observación de los microincrementos de crecimiento, consistió en una modificación de las técnicas propuestas por McCurdy *et al.* (2002) que consiste en obtener una sección delgada del otolito de aproximadamente 0,1 – 0,3 mm. El plano de orientación de la sección es importante y debe seguir el eje de crecimiento de los incrementos, estas secciones se realizaron en un plano longitudinal o transversal, con el propósito de evaluar cual de los dos cortes es más efectivo en la observación y contabilización de los microincrementos. Las secciones delgadas de los otolitos sagittae se observaron bajo un microscopio Leica de luz transmitida con aumento 100X. Los incrementos de crecimientos se contabilizaron y se midió su amplitud mediante el software Sigmascan.

a) Lectura de anillos al microscopio óptico

Los anillos de crecimiento en los otolitos se contabilizó y midió el ancho de estos en un microscopio óptico a aumentos entre 400X y 1000X, en donde se contabilizaron todos los incrementos que se encontraron entre el núcleo y el borde de la estructura. Cada otolito se leyó tres veces por dos lectores independientemente, las lecturas repetidas permite medir la precisión y detectar errores sistemáticos que se puedan estar cometiendo.

b) Lectura con Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

La presencia de incrementos de crecimiento finos limita seriamente la aplicación de la microscopía óptica para determinar la edad de adultos. Al iniciar el estudio de una especie es aconsejable observar con MEB algunos otolitos que cubran el rango de tallas, para determinar si se forman incrementos finos que impidan el uso del microscopio óptico. Sin embargo, el costo del MEB y el tiempo necesario para preparar los

otolitos y para la observación, hace impracticable la aplicación de este método a los numerosos otolitos que deben interpretarse en un asesoramiento pesquero.

Hay que destacar que [Morales-Nin \(1988\)](#) de 14 especies de peces en las cuales trabajó, determinó, utilizando el microscopio electrónico de barrido, que en todas las especies los incrementos se depositaban diariamente, las diferencias o malas interpretaciones que se producen en las lecturas de los incrementos, se deben a la variación que experimenta el grosor o ancho de los incrementos que en algunas oportunidades (cuando son menor a un micrón) no se pueden observar con el microscopio óptico.

Por lo tanto, con la finalidad de realizar una mejor observación, verificación y medición de los incrementos presentes en los otolitos de besugo, se contempla el uso del microscopio electrónico de barrido, esto permitirá conocer la disposición de los cristales que componen el otolito para comprender la formación de esta estructura. Además, se determinará el ancho de los incrementos ya que de ser menores a un micrón (capacidad de resolución del microscopio óptico) algunas lecturas tendrán que realizarse con MEB. La Universidad de Concepción posee un MEB el cual se utilizó en el presente proyecto.

La preparación del otolito para la observación con MEB se realizó de acuerdo a los procedimientos entregados por [Secor *et al.* \(1992\)](#) y [Morales-Nin & Panfili \(2002\)](#). Que consiste básicamente en cortar el otolito de acuerdo a como se explico anteriormente, luego se pasó por un limpiador de ultrasonido para eliminar cualquier partícula extraña. Después de la limpieza la sección se pasa por EDTA con el fin de revelar la microestructura. El tiempo en la solución, de acuerdo a nuestra experiencia será de 5 minutos. Aunque se probarán otros tiempos para obtener los mejores resultados.

Las muestras son secadas a 30 °C por 6 a 8 horas y mantenidos libres de humedad. Se pegan a un “stub” del MEB con pintura de carbono. La sección es entonces bañada con oro (100 angstroms) antes de la observación al MEB.

8.4.2.4 Radiometría

Uno de los primeros estudios sobre la utilidad de elementos radioisótopos como marcadores cronológicos de organismos marinos fue realizado por [Turekian *et al.* \(1975\)](#), quienes determinaron la edad y tasa de crecimiento de almejas de océano profundo utilizando ^{238}Ra , y demostraron que este bivalvo alcanza en 50 a 60 años a una talla de 4 mm. Posteriormente, [Turekian *et al.* \(1979\)](#) calculan la edad de una almeja del sector de la Cordillera Mesoceánica de la región de los Galápagos utilizando ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{228}Th , estimando

edades cercanas a los 7 años para estos organismos. Turekian & Cochran (1981) utilizando la razón $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ y ^{228}Ra calculan edades para una almeja Vesicomidae de alrededor de 4 años. Turekian *et al.* (1982) utilizan esta metodología en moluscos costeros de New York Bight, en el borde continental Este de USA, usando ^{228}Th y ^{228}Ra elementos que permiten demostrar un alto grado de compatibilidad entre anillos de crecimiento y edad.

Las aplicaciones de esta metodología en peces, se inician con los trabajos de Bennett *et al.* (1982) que confirma la longevidad de *Sebastes diploproa* a partir de mediciones de la razón $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ realizadas en otolitos, estimando edades de alrededor de 70 a 80 años para los peces más grandes. Posteriormente Fenton *et al.* (1991), desarrollan metodologías más precisas que consideran modelos de crecimiento que permiten determinar las edades en forma más exacta a partir de estas aproximaciones radiométricas.

Las principales estructuras calcáreas utilizadas para la determinación de la edad de los peces mediante análisis radiométricos son los otolitos. Uno de los casos donde se ha determinado la edad de un organismo a través de anillos de crecimientos en otolitos es el *Sebastes diploproa* (Bennett *et al.* 1982). A la fecha la técnica de los análisis radiométricos ha sido empleada en varias especies de peces como por ejemplo, redfish (Campana *et al.* 1990), Haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (Campana 1997), *Macruronus novaezelandie* (Fenton & Short 1995), *Hoplostethus atlanticus* (Fenton *et al.* 1991, Smith *et al.* 1995), *Anoplopoma fimbria* (Kastelle *et al.* 1994), *Sebastes altivelis*, *Sebastes alascanus* (Kline 1996), Lutjanidae sp. (Milton *et al.* 1995), *Alloctytus verrucosus* (Stewart *et al.* 1995), *Sabastes rufus* (Watters 1995) y *Coryphaenoides acrolepis* (Andrews *et al.* 1999).

a) Marco teórico

La mayoría de las estructuras óseas de peces están compuestas de carbonato de calcio a la forma de aragonita, la cual es precipitada dentro de una matriz proteica así como el pez crece (Twonsend *et al.* 1995). Los radioisótopos son parte de un gran número de elementos que pueden coprecipitar junto con los cristales de carbonato de calcio en cantidades a nivel traza, debido a que muchos de ellos tienen radio iónico similar al calcio y la misma valencia, pudiendo sustituirlo en la estructura cristalina durante la precipitación (Kinsman 1969, Kinsman & Holland 1969). Por lo tanto, esto generará un desequilibrio radioactivo a lo largo de la vida del pez que permite usar las razones isotópicas como cronómetro.

En la aplicación de esta metodología existen varios supuestos que deben ser considerados al momento de su utilización:

- No existe removilización o migración química de los radionúclidos una vez que se han fijado en la estructura calcárea (otolitos, espinas, huesos, escamas, etc; es decir estos constituyen sistemas químicos cerrados.
- La absorción desde el agua o cualquier otra parte de la hija del isótopo que se utiliza es despreciable.
- La incorporación del isótopo es en una proporción constante respecto a la tasa de aumento de masa de la estructura ósea.

El primer supuesto determina que el radioisótopo, o en forma más precisa el desequilibrio radioactivo que se genera entre el padre y la hija en la estructura estudiada se mantiene. Esto se ha demostrado por experimentos realizados por [Campana y Neilson \(1985\)](#) que indican que la removilización química dentro de la estructura calcárea es despreciable. El segundo supuesto se cumple cuando existe una clara señal del isótopo utilizado sobre el fondo natural o sobre el contenido de él en el agua, lo que asegura la viabilidad práctica del método ([Smith et al. 1991](#), [Stevens et al. 2004](#)). El último supuesto puede ser el más problemático, ya que presupone que se debe evaluar el aumento de la masa de la estructura por un método independiente que generalmente, comprende el método de los anillos de crecimiento, los cuales usualmente no están validados. Una forma de obviar esto es utilizando el centro de la estructura que, en general, representa la condición inicial, cuando el isótopo se fijó y determina el tiempo inicial ($t = 0$).

La exactitud de las mediciones de edad de una estructura calcárea de un pez se puede mejorar midiendo la tasa de aparición de la hija de un isótopo o bien la tasa de disminución de un determinado radioisótopo. En ambos casos, se determinan el desequilibrio radioactivo que es función del tiempo permitiendo calcular la edad de la estructura. En ambos casos se requiere la utilización de dos isótopos, en general los más usados han sido la aparición de ^{210}Po y ^{228}Th a partir del decaimiento de ^{210}Pb y ^{228}Ra , respectivamente. El equilibrio radioactivo entre este par hija-padre se alcanza en dos y 10 años, respectivamente. Con estos pares de radioisótopos se pueden obtener cronologías para crecimiento de peces sobre escalas < 2 años hasta < 100 años ([Cochran & Masque 2002](#)).

b) Cuantificación de radioisótopos

La utilización de los métodos radiométricos para estimar las edades requiere la obtención cuantitativa del radioisótopo, por lo tanto, es requisito fundamental para un estudio de este tipo definir un procedimiento

radioquímico que garantice esta condición, i.e., no exista pérdida de material calcáreo que pueda contener el isótopo de interés.

Los isótopos seleccionados a cuantificar son el ^{210}Pb el cual es un isótopo natural de la serie del ^{238}U que es producido por el ^{236}Ra que se encuentra disuelto en el agua. El ^{210}Pb decae por emisión alfa a ^{210}Po alrededor de los 5,31 Kev, esta medida se utilizará en la cuantificación del ^{210}Pb , asumiendo equilibrio secular entre el padre (^{210}Pb) y la hija (^{210}Po); para este propósito se empleó el Espectrómetro Alpha perteneciente a la sección de Isótopos ubicada en el Laboratorio de Oceanografía Química ubicada en la cabina N° 5 del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción.

También se cuantificó el ^{226}Ra en la solución ácida remanente después de la disolución y depositación del ^{210}Po , lo cual se realizó una Espectroscopia Alpha Gaseosa, mediante la técnica de emanación de ^{222}Rn (Mathieu *et al.* 1988). Este procedimiento también se cuenta implementado dentro del Laboratorio de Oceanografía Química en la cabina N° 5, del Barrio Universitario de la Universidad de Concepción.

c) Técnicas de Limpieza de las Estructuras duras y su Disolución

Para la limpieza de las estructuras óseas se implementó el procedimiento referido en Salamanca (1998) y Oyarzun *et al.* (2003), utilizado para la limpieza de estructuras duras de pez espada y bacalao de profundidad respectivamente. En este procedimiento se emplea:

- i) TRIONE, lo que requiere de un estricto control de los tiempos de uso del oxidante inicial y del ataque con H_2O_2 , para evitar la pérdida de material calcáreo ya que debido a la baja calcificación los huesos pequeños tienden a perder material rápidamente, y
- ii) El hervido en agua destilada.

Una vez limpios los otolitos son tratados con HCL 1.5 N para su completa disolución.

En este paso se probaron dos técnicas de ataque:

- i) Disolución con HCL 1,5 N llevar a sequedad y posterior redisolución con HCL 1.5 N, y
- ii) Solo ataque con HCL 1.5 N.

d) Determinación de Edades Radioquímicas

Para la estimación de las edades del besugo se utilizó la ecuación propuesta por [Stewart et al. \(1995\)](#) que permite establecer la edad promedio utilizando los otolitos enteros:

$$t = \frac{-1}{\lambda_{pb}} * \left[\frac{\ln(1-A)}{1-R} \right]$$

Donde:

A : Razón isotópica promedio ($^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$) en un otolito entero

R : Razón isotópica inicial ($^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$, se asume equivalente a 0,05)

λ : Constante de decaimiento.

t : Edad del otolito.

8.4.2.5 Análisis de frecuencia de tallas mediante MULTIFAN

Considerando las dificultades que puedan surgir en la estimación de los datos de longitud-edad, a partir de la lectura de los anillos de crecimiento anual o en su defecto contar con otra fuente información para contrastar resultados, se ajustó una curva de crecimiento a partir de distribuciones de frecuencias de longitudes usando el programa MULTIFAN ([Fournier et al. 1990](#)).

Datos de frecuencia de tallas mensuales fueron utilizados en la versión MULTIFAN 3.15, que permito solo hasta 15 muestras de frecuencia de tallas. De un total de 22 muestras disponibles, se seleccionó 15 según los siguientes criterios: a) a lo menos una muestra debe contener una moda de individuos pequeños (Febrero de 2006, n = 92), b) a lo menos cuatro muestras por año, con tamaño muestral más alto. De esta manera, se seleccionó: Abril de 2003 (n = 592), Julio de 2003 (n = 257), Agosto de 2003 (n = 257), Noviembre de 2003 (n = 111), Enero de 2004 (n = 682), Agosto de 2004 (n = 148), Enero de 2005 (n = 251), Enero de 2006 (n = 570), Febrero de 2006 (n = 92), Marzo de 2006 (n = 2946), abril de 2006 (n = 1427), Junio de 2007 (n = 521), Julio de 2007 (n = 147), Octubre de 2007 (n = 2954), y Noviembre de 2007 (n = 454).

Si bien es cierto, el programa MULTIFAN, si bien no remueve completamente las decisiones subjetivas del análisis de frecuencia de longitudes, impone limitaciones objetivas a la forma de hipótesis

estructurales contenidas en un modelo particular. MULTIFAN se basa en un modelo no-lineal, permitiendo una estimación robusta de los parámetros de crecimiento, utilizando una serie de tiempo de frecuencias de longitudes. Un método de máxima verosimilitud se utiliza para estimar los parámetros del modelo y permite, además, discriminar objetivamente entre modelos alternativos que se diferencian estructuralmente.

La hipótesis estructural más simple asume que las longitudes medias a la edad siguen el modelo de crecimiento de von Bertalanffy y que la desviación estándar de la longitud a la edad es idéntica para todas las clases anuales. Las hipótesis más complejas evaluadas asumen que los siguientes procesos pueden ocurrir en los datos de frecuencia de tallas: (i) sesgo por muestreo de la primera clase de edad, (ii) desviación estándar dependiente de la edad, y (iii) crecimiento estacional. Se consideran las siguientes hipótesis estructurales:

- (a) modelo básico, que sólo toma en cuenta la estimación del coeficiente de crecimiento K (Modelo 1);
- (b) dependencia de la desviación estándar con la talla promedio a la edad (incorporación del parámetro λ_2) (Modelo 2);
- (c) incorporación de un parámetro que toma en cuenta el sesgo por selección de la longitud promedio del primer grupo de edad (parámetro b_1 , Modelo 3); y
- (d) incorporación simultánea de los parámetros b_1 y λ_2 (Modelo 4)

Los modelos ajustados a los datos irán incorporando sistemáticamente todas las combinaciones posibles de las hipótesis estructurales (excepto crecimiento estacional) y se utilizará test de razón de verosimilitud para identificar el modelo con estructura más parsimoniosa. La composición de los modelos a evaluar se resume en **Tabla 2**, donde el parámetro λ_2 determina la tendencia dependiente de la edad en la desviación estándar y b_1 es un parámetro que determina la magnitud del sesgo del tamaño por selectividad para la primera clase de edad. Si $\lambda_2 = 0$ y $b_1 = 0$, entonces las desviaciones estándar son edad-independientes y no hay sesgo de muestreo para la primera clase de edad, respectivamente.

Los procedimientos de evaluación son hechos automáticamente por MULTIFAN utilizando un test χ^2 para determinar si constituye un incremento significativo en el valor máximo de la función de log-

verosimilitud. Tal como fue recomendado por [Fournier et al. \(1990\)](#), se utilizó el nivel 0,90 de la variable aleatoria χ^2 para aceptar una clase de edad extra en el modelo. Para evaluar la significancia de incluir un parámetro adicional, tal como la dependencia de la desviación estándar con la edad, se utiliza el nivel 0,95.

Tabla 2. Combinación de los parámetros estructurales de los modelos a analizar con MULTIFAN para explicar los datos de frecuencia de longitudes. Un signo (+) indica que el parámetro correspondiente será estimado en el modelo.

Definición	PARAMETRO	MODELO			
	Símbolo	(1)	(2)	(3)	(4)
Coefficiente de crecimiento	K	+	+	+	+
Parámetro que determina la DS	λ_2	-	+	-	+
Parámetro que determina la selectividad por tamaño del 1 ^{er} grupo de edad.	b_1	-	-	+	+

En ausencia de información sobre la edad de las clases anuales, MULTIFAN asume que la curva de crecimiento de von Bertalanffy pasa a través del origen (i.e. $t_0 = 0$). Sin embargo, con el objeto de mejorar la estimación de la edad máxima esperada y otros parámetros de la historia de vida, se utilizó la ecuación empírica de [Pauly \(1979\)](#) para estimar t_0 a partir de las estimaciones de L_∞ y K , i.e.

$$\log_{10}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \log_{10} L_\infty - 1,038 \log_{10} K$$

8.4.3. Objetivo 3: Crecimiento en longitud y peso

En la estimación de los parámetros de crecimiento es fundamental contar con la información de longitud a la edad, que en el actual estudio se obtuvo con la lectura de otolitos. Esta información puede obtenerse directamente mediante la longitud del pez observada a la edad actual o bien cuando se presenta sesgo en las tallas menores con el método de retrocálculo o cálculo de longitudes a edades pretéritas.

8.4.3.1 Longitud a la edad actual

Esta longitud es la que corresponde al pez a la edad al momento de su captura y que es registrada como el número de anillos anuales en su otolitos. Esta es una información directa que es preferible a cualquier otra, si la muestra analizada fuera representativa de todo el rango de tallas y edades de la población. Generalmente, esto no ocurre y puede producirse sesgo en las tallas menores ya sea por selectividad del arte de pesca, descarte en la pesca comercial o por localización de los juveniles en áreas y profundidades distintas a la de la pesquería. Otro sesgo puede ser en las tallas mayores por efecto de la pesquería. En el primer caso, la longitud media en edad 1 puede estar sobreestimada porque estaría representada sólo por las tallas más grandes de la clase de edad. En el segundo caso, por el contrario la longitud estaría subestimada por estar representada la clase por los individuos de menor talla. En ambos casos se estaría afectando los valores de los parámetros de crecimiento.

8.4.3.2 Longitud a edades pretéritas (retrocálculo)

El retrocálculo o análisis retrospectivo de longitudes a la edad es una técnica ampliamente utilizada en estudios de crecimiento de peces y se basa en la relación entre los incrementos en longitud del pez y de la estructura dura que se utiliza, otolito, escama, vértebras, etc. (Chugonova 1959, Everhart *et al.* 1976, Ricker 1975, Francis 1990). Esta relación se determinará a través del método de regresión entre los datos de longitud pez- radio otolito, pudiendo ser lineal, potencial u otra y seleccionando aquella que presente un mayor ajuste ($>R^2$). Las regresiones para cada sexo son comparadas utilizando la hipótesis de homogeneidad de pendiente del ANCOVA, a fin de determinar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas.

Sin embargo, como el método de regresión para estimar longitudes no considera la variación de tamaño del otolito entre los peces, se procedió a incorporar información de cada pez con lo que se dará cuenta de la variación individual (Araya & Cubillos 2002).

Para abordar la desviación proporcional constante desde el tamaño medio del otolito o del cuerpo se han planteado dos hipótesis que fueron reconocidas por primera vez por Whitney & Carlander (1956, *vide* Francis 1990). La primera es llamada de proporcionalidad del tamaño del otolito (SPH) por Francis (1990) y que señala "si el otolito de un pez que ha sido capturado, es relativamente más grande que el otolito promedio para un pez de ese mismo tamaño, entonces el otolito será relativamente más grande que el promedio a lo largo de su vida".

Esta hipótesis considera que la razón entre el tamaño promedio del pez (L_c) y el tamaño del otolito de un pez en particular (R_c) es constante a través de su vida cualquiera sea el anillo o marca “ i ” (R_i). Esto queda expresado por la siguiente ecuación:

$$\frac{f(L_c)}{R_c} = \frac{f(L_i)}{R_i}$$

Esta ecuación puede ser re-escrita como:

$$f(L_i) = \left(\frac{R_i}{R_c} \right) \cdot f(L_c)$$

Esta función de retrocálculo es atribuida a [Hile \(1941 fide Francis 1990\)](#).

La segunda hipótesis que es conocida como la de proporcionalidad del cuerpo (BHP) señala que “*si un pez al momento de su captura es relativamente más pequeño que el pez promedio con un determinado tamaño de otolito, entonces el pez sería relativamente más pequeño que el promedio a lo largo de su vida*”. De acuerdo con esta hipótesis, el coeficiente tamaño promedio del pez y el tamaño de un pez en particular a un determinado tamaño del otolito es constante a través de su vida para cualquier anillo o marca “ i ”, lo que se expresa como:

$$\frac{g(R_c)}{L_c} = \frac{g(R_i)}{L_i}$$

Esta función puede ser reescrita como la siguiente función de retrocálculo

$$L_i = \frac{g(R_i)}{g(R_c)} \cdot L_c$$

Cuando la función es lineal la ecuación de retrocálculo queda expresada como

$$L_i = \left[\frac{c + dR_i}{c + dR_c} \right] \cdot L_c$$

donde L_i es la longitud retrocalculada corregida del pez para un anillo R_i ; L_c es la longitud del pez a la edad actual; $c + dR_i$ es la regresión lineal para estimar L_i para un anillo "i"; y $c + dR_c$ es la regresión lineal para estimar longitud del pez que corresponde a radio total "c" del otolito. Cuando la relación entre el tamaño del pez versus el tamaño del otolito no es lineal, la expresión más comúnmente usada para el retrocálculo es la mencionada por [Araya & Cubillos \(2002\)](#):

$$L = u \cdot R^v$$

Donde u y v se estiman de la relación longitud pez- tamaño otolito, de manera que la función de retrocálculo empleada es

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

En estudios realizados en besugo, se ha determinado que la relación entre la longitud del pez y tamaño del otolito es potencial ([Gálvez et al. 2000](#), [Aguayo & Neira 2006](#)).

8.4.3.3 Estimación de parámetros de crecimiento

El crecimiento se determina básicamente de la relación longitud del pez – edad que es calculada por lo métodos anteriormente citados. La certidumbre de la información de edad es verificada con los índices de precisión señalados anteriormente, los que apuntan sólo a las lecturas de edad intra e inter-lectores y no consideran la forma como influyen en la estimación de parámetros de crecimiento. A este respecto, se consideró la propuesta de [Cope & Punt \(2007\)](#) quienes realizaron un estudio en el que incorporan en forma explícita el error en lecturas de edad que influyen en la estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, mediante el empleo de una modelación de efectos aleatorios (RE). Estos autores demostraron que los métodos RE pueden diferir de manera biológicamente importante que aquellos resultantes de la aproximación con método no lineal estándar (SNL). También esta aproximación general puede ser aplicada y expandida a otros modelos de crecimiento.

De acuerdo con el método se realizó una prueba de simulación para comparar la aproximación por efectos aleatorios con tres variantes de la aproximación por técnica no lineal estándar basada en el uso de *i*) sólo la primera lectura, *ii*) la edad promedio de múltiples lecturas, y *iii*) la edad mediana de múltiples lecturas. Se

presume que la serie de datos consiste de una longitud y una o múltiples lecturas de edad (r es el número de lecturas) por individuo para n individuos.

a) Función de crecimiento estándar de von Bertalanffy (FCVB)

La longitud observada a la edad (l_i) para el i -ésimo individuo en la muestra puede formularse como:

$$l_i + L_i + \varepsilon_{L_i} \approx N(0, \sigma_{L_i}^2)$$

donde L_i es calculado a partir de la ecuación de von Bertalanffy según [Beverton y Holt \(1957\)](#), i.e.

$$L_i = L_\infty \cdot [1 - \exp(-k \cdot (T_i - t_0))]$$

donde

L_i = longitud a la edad para el i -ésimo individuo

L_∞ = longitud teórica máxima

k = coeficiente de crecimiento de Brody

t_0 = edad teórica a la longitud cero

T_i = es la edad verdadera de el i -ésimo individuo

Se asume que el CV de los procesos de error que están distribuidos normalmente es el mismo para todos los individuos en la población. La desviación estándar del error de proceso en longitud por individuo i , es por lo tanto dado por

$$\sigma_{L_i} = CV_L \cdot L_i$$

Por lo tanto, toda la varianza en el dato se asocia con el error de proceso en la longitud estimada, y L_∞ , k y t_0 son parámetros que se pueden estimar. La función de verosimilitud maximizada para estimar los valores de estos parámetros es:

$$L = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{L_i}}} \exp\left[-\frac{(l_i - L_i)^2}{2\sigma_{L_i}^2}\right]$$

Tradicionalmente, solo una edad por individuo se usa para ajustar la FCVB. Cuando se dispone de múltiples lecturas ($t_{ij} : j = 1, 2, \dots, r$) para cada individuo i , se usan usualmente tres aproximaciones para obtener la única lectura de edad por individuo: *i*) se establece un lector de edad y solo sus lecturas se usan para ajustar el modelo, *ii*) se promedian múltiples lecturas, *iii*) se toma el valor de la mediana de múltiples lecturas para disminuir la influencia de "outliers".

b) Modelos de curvas de crecimiento con efectos aleatorios

La formulación para la relación entre las edades observadas y las verdaderas es:

$$t_{ij} = T_i + \varepsilon_{T,ij} \qquad \varepsilon_{T,ij} \approx N(0, \sigma_{T,i}^2)$$

donde la desviación estándar de los errores de lectura de edad por individuo i , $\sigma_{T,i}$, se basa en la suposición que el CV del error de lectura de edad es constante (esto es, $\sigma_{T,i} = CV_T \cdot T_i$) siendo CVT el coeficiente de variación del error de lectura de edad.

El valor de CVT no puede ser estimado dentro del modelo debido a la falta de grados de libertad, aunque puede ser estimado para múltiples lecturas de edad, asumiendo que la edad no esta sesgada.

$$CV_{\hat{V}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n CV_{t,i}^2}{n}}$$

donde $CV_{t,i}$ es el coeficiente de variación para cada individuo i .

Con los modelos planteados para los errores en las longitudes observadas y para la estimación de edades, el modelo de efecto aleatorio (RE) requiere finalmente caracterizar la distribución de las edades verdaderas. Para este propósito, tanto la distribución exponencial como la distribución Gamma se usarán para describir la población muestreada. Estas dos distribuciones elegidas por [Cope & Punt \(2007\)](#) consideran que la distribución exponencial es una representación simplificada de una estructura de edad, decayendo en forma continua en el tiempo y constituye una caso especial de la distribución Gamma, la que contiene un parámetro mas, pero es bastante flexible para caracterizar la composición por edad muestreada atribuible a tendencias en el reclutamiento y (o) selectividad del muestreo.

La función de verosimilitud para el modelo de efecto aleatorio es dado para cada caso por:

(i) **Modelo exponencial**

$$L = \prod_i \int \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{L,i}}} \exp\left[-\frac{(l_i - L_T)^2}{2\sigma_{L,i}^2}\right] \prod_j \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{T,i}}} * \exp\left[-\frac{(t_{ij} - T_i)^2}{2\sigma_{T,i}^2}\right] \lambda \exp(-\lambda T) dT$$

(ii) **Modelo Gamma**

$$L = \prod_i \int \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{L,i}}} \exp\left[-\frac{(l_i - L_i)^2}{2\sigma_{L,i}^2}\right] \prod_j \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{T,i}}} * \exp\left[-\frac{(t_{ij} - T_i)^2}{2\sigma_{T,i}^2}\right] \frac{(T/\beta)^{(\gamma-1)} \exp[-(T/\beta)]}{\beta\tau(\gamma)} dT$$

Los modelos de efecto aleatorio se implementaron usando el módulo RE del AD Model Builder (ADMB-RE).

c) **Modelo generalizado de crecimiento en longitud**

Para ajustar una curva de crecimiento se considera en primer lugar ajustar el modelo generalizado de [Schnute \(1981\)](#), el que hace posible de incluir varios modelos clásicos para explicar el crecimiento en peces, i.e.

Modelo 1: $a \neq 0 \quad b \neq 0$

$$Y_t = \left\{ y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{1 - \exp[-a(t - \tau_1)]}{1 - \exp[-a(\tau_2 - \tau_1)]} \right\}^{\frac{1}{b}}$$

Modelo 2: $a \neq 0 \quad b = 0$

$$Y_t = Y_1 \exp\left\{ \ln\left(\frac{y_2}{y_1}\right) \frac{1 - \exp[-a(t - \tau_1)]}{1 - \exp[-a(\tau_2 - \tau_1)]} \right\}$$

Modelo 3: $a = 0 \quad b \neq 0$

$$Y_t = \left[y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{t - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} \right]^{\frac{1}{b}}$$

Modelo 4: $a = 0 \quad b = 0$

$$Y_t = y_1 \exp \left[\ln \left(\frac{y_2}{y_1} \right) \cdot \frac{t - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} \right]$$

donde:

Y_t : tamaño o peso promedio del organismo respecto a la edad t

y_1, y_2 : tamaños cuando la edad es τ_1 y τ_2 , esto es al individuo más pequeño y más grande en la muestra.

De acuerdo con el valor de los parámetros el modelo puede tener distintas formas, siendo las principales:

$a > 0$	$b > 0$	von Bertalanffy clásica
$a > 0$	$b = 0$	Gompertz
$a > 0$	$b = -1$	Logística
$a = 0$	$b = 1$	Lineal
$a = 0$	$b = 1/2$	Cuadrática
$a = 0$	$b = 0$	Potencial
$a < 0$	$b = 1$	Exponencial

En el caso del modelo de von Bertalanffy el ajuste de los parámetros se hará directamente con la información de longitud-edad y la ecuación:

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

Donde:

L_t : longitud media del pez a la edad t

L_∞ : longitud asintótica

K : es el coeficiente de crecimiento
 t_0 : edad teórica a longitud cero.

A la ecuación de von Bertalanffy se incorpora una estructura de error aditiva para estimar los parámetros, para lo cual se asume que la variabilidad en el crecimiento es constante como una función de la variable independiente, de manera que la expresión es la siguiente:

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

donde ε_t es un término de error con media igual a cero y varianza constante σ^2 . Los parámetros de crecimiento se estimarán a través de mínimos cuadrados no lineales, minimizando la función objetivo:

$$\sum_t (L_t - E(L_t))^2 = \sum_t (L_t - L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}))^2$$

siendo $E(L_t)$ el valor predicho esperado por el modelo de crecimiento a la edad t .

La elección del modelo de crecimiento en longitud que mejor se ajusta a los datos de longitud edad observados se hizo mediante la comparación de la suma de residuales al cuadrado (SCR), el coeficiente de determinación R^2 que mide la proporción de la variabilidad total de la variable dependiente (L_t) que es explicada por o se debe a la variación de la variable independiente (t). También se aplicó el criterio de información de Akaike o AIC (1974) que aún cuando no es un test estadístico, es una medida de la bondad de ajuste de un modelo estadístico estimado. Este criterio selecciona el modelo que mejor explica los datos con un mínimo de parámetros libres. En definitiva el modelo seleccionado es aquel que presenta un menor valor. Su forma general es:

$$AIC = 2k - 2Ln(L)$$

donde k es el número de parámetros y L es el valor de la función de máxima verosimilitud para el modelo estimado.

d) Crecimiento en peso

En el ajuste de los parámetros de crecimiento en peso (W_∞ , K y t_0) se contó con los datos de pesos observados a la talla a las distintas edades de manera de realizar un ajuste no lineal *ad hoc*, como en el caso del ajuste del crecimiento en longitud. De todas maneras, en el caso de que esto no ocurriese, un

ajuste aproximado de la función se obtiene convirtiendo la longitud asintótica a peso asintótico mediante la ecuación que representa la relación longitud-peso eviscerado. En el caso de los parámetros K y t_0 se mantienen los estimados para el crecimiento en longitud.

En la expresión de crecimiento en peso, el peso asintótico (W_∞) se estimará a partir de la longitud asintótica, manteniendo los valores de K y t_0 estimados para el crecimiento en longitud, de modo que una estimación del peso asintótico se obtiene por la expresión (Richards 1959):

$$W_\infty = a \cdot LT_\infty^b$$

8.4.4. Objetivo 4: Comparación del crecimiento

Con el objeto de realizar comparaciones intra-específicas según área de distribución, los datos de edad y longitud serán utilizados para especificar el área centro-norte (III-IV Región) y área centro-sur (V-X Región). Las comparaciones se realizarán según los siguientes indicadores:

8.4.4.1 Índice del desempeño del crecimiento

El crecimiento de los peces es un proceso a través del cual se observan cambios en el tamaño (peso o longitud) con tiempo, y cualquier esfuerzo comparativo del crecimiento debe considerar estas dos dimensiones. Los parámetros del modelo de von Bertalanffy, K y L_∞ , tienen dimensiones año⁻¹ y tamaño respectivamente. Galluci & Quinn (1979), utilizaron el producto: $\omega = K \cdot L_\infty$ (cm por año), que constituye una comparación adecuada. Al aplicar logaritmos, se puede obtener un modelo aditivo. En este contexto, se utilizó el índice del desempeño del crecimiento (ϕ') propuesto por Pauly & Munro (1984), i.e.

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$$

donde K y L_∞ son los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. De acuerdo con Froese & Pauly (2000), este índice es adecuado para comparar el crecimiento de una misma especie en diferentes áreas o en relación con otras del mismo género.

8.4.4.2 Tasa de crecimiento en longitud

El crecimiento se comparará entre zonas de la misma especie utilizando la primera derivada del modelo de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy, i.e.

$$\frac{dL}{dt} = K(L_{\infty} - L_t)$$

Este modelo representa la tasa de crecimiento en longitud, y para comparar estadísticamente el crecimiento para un rango específico de tallas, se utilizará la tasa media de crecimiento definido por:

$$G(L) = \frac{1}{L_{j+t} - L_j} \int_{L_j}^{L_{j+t}} \frac{dL_t}{dt} dL_t = K \left(L_{\infty} - \frac{L_{j+t}^2 - L_j^2}{2(L_{j+t} - L_j)} \right)$$

donde L_{j+t} y L_j definen los límites superior e inferior del rango de tallas a comparar. La distribución de la tasa de crecimiento es obtenida utilizando re-muestreo Monte Carlo de los parámetros K y L_{∞} , considerando su correlación (Roa & Tapia 1998). La hipótesis nula a ser evaluada es que no existen diferencias significativas en el crecimiento entre zonas ni entre sexos, y fué evaluada a un nivel de significancia de 0,05.

8.4.5. Objetivo 5: Mortalidad natural

La aplicación de los métodos se basó en Cubillos *et al.* (1999) y Cubillos & Araya (2007), considerando las fuentes de incertidumbre asociada a los datos de entrada a los modelos empíricos, así como el error de predicción que proviene de cada modelo. Se utilizaron los métodos de Pauly (1980), Rickhter & Efanov (1976), Hoening (1983), Alverson & Carney (1975) modificado por Cubillos (2003), y Jensen (1996) (Tabla 3).

Pauly (1980) encontró una relación entre M , los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy (K y L_{∞}), y la temperatura anual promedio del hábitat (T , en grados celsius) sobre la base de datos compilados de 175 stocks de peces. Para aplicar este método se consideran los parámetros de ambos sexos y una temperatura promedio anual entre 9 y 10 °C. En el proceso de estimación de varianza, se considera una distribución uniforme para la temperatura entre un valor mínimo de 8 °C y un máximo de 11 °C.

Tabla 3. Modelos empíricos para la estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M).

Método	Modelo	Definición de Parámetros y unidades
Pauly (1980)	$\log_{10} M = -0,0066 - 0,270 \log_{10} L_{\infty} + 0,6543 \log_{10} K + 0,4634 \log_{10} T$	L_{∞} = longitud asintótica (cm, LT) K = coeficiente de crecimiento (año ⁻¹) T = temperatura promedio anual del hábitat (°C).
Rickhter & Efanov (1976)	$M = \left(\frac{1,521}{T_m^{0,72}} \right) - 0,155$	T_m = edad de madurez sexual (años).
Hoening (1983)	$\ln(Z) = 1,44 - 0,982 \cdot \ln(T_{max})$	Z = tasa de mortalidad natural ($\approx M$). T_{max} = longevidad observada (años).
Alverson & Carney (1975) modificado por Cubillos (2003)	$M = \frac{3K(1-\bar{\omega})}{\bar{\omega}}$	$\bar{\omega} = 0,62$ = razón entre la talla crítica y la longitud asintótica. K = coeficiente de crecimiento (año ⁻¹) del modelo de von Bertalanffy.
Jensen (1996)	$M = 1,5K$	K = coeficiente de crecimiento (año ⁻¹)

El método de Rickhter & Efanov (1976) expresa una relación entre M (mortalidad natural) y la edad promedio de madurez sexual (T_m). La edad promedio de madurez con el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, i.e.

$$T_m = t_0 - \frac{1}{K} \ln \left(1 - \frac{L_m}{L_{\infty}} \right)$$

donde t_0 , K , y L_{∞} son los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. La ausencia del parámetro t_0 ($= 0$) implica una edad relativa.

Alverson & Carney (1975) plantean la siguiente ecuación para estimar la edad de máxima biomasa (t^*) de una cohorte o edad crítica, i.e.

$$t^* = t_0 + \frac{1}{K} \ln \left[\frac{3K}{M} + 1 \right]$$

si t_0 es ignorado,

$$t^* = \frac{1}{K} \ln \left[\frac{3K}{M} + 1 \right]$$

a partir de la cual se puede obtener una expresión para estimar la tasa de mortalidad natural, i.e.

$$M = \frac{3K}{(\exp(Kt^*) - 1)}$$

donde la constante 3 corresponde al exponente isométrico de la relación longitud-peso ($b = 3$); K y t_0 son parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. [Alverson & Carney \(1975\)](#) sugirieron utilizar la relación empírica $t^* = 0,38 \times T_{max}$, donde T_{max} corresponde a la edad máxima observada de la especie. En este trabajo se utilizó el enfoque de [Cubillos \(2003\)](#), el cual consiste en estimar el promedio de la razón entre la talla crítica y longitud asintótica a partir de un grupo de especies cercanas utilizando los datos (L_∞ , K , y M). Para ello se utilizó los datos comunicados por [Pauly \(1980\)](#), y se estimó la razón:

$$\omega = \frac{L^*}{L_\infty} = (1 - \exp(-Kt^*))$$

El valor promedio de esta razón fue $\bar{\omega} = 0,62$ (CV = 0,22), y puede ser utilizado para determinar M , a través de la siguiente ecuación:

$$M = \frac{3K(1 - \bar{\omega})}{\bar{\omega}}$$

[Hoening \(1983\)](#) encontró una relación empírica entre la tasa de mortalidad total (Z) y la edad máxima observada (T_{max}) de varias especies de peces, moluscos y cetáceos. Muchos de los datos pertenecen a stocks inexplorados o levemente explotados de tal manera que $Z \approx M$. Una alternativa a T_{max} , que representa la edad máxima observada, es contar con un estimador de la longevidad máxima esperada utilizando el método de [Taylor \(1960\)](#), quien supone que la edad máxima teórica (t_M) ocurre cuando el 95% la cohorte alcanza la longitud asintótica, i.e.

$$t_M = t_0 + \frac{3}{K}$$

donde t_0 y K son parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. En este trabajo, se utilizó t_M como estimador de T_{max} .

Jensen (1996) determina la relación entre parámetros de la historia de vida y mortalidad natural, utilizando la relación que existe reproducción y sobrevivencia, demuestra que.

$$M = \frac{1,65}{t_m}$$

donde t_m es la edad a la madurez. Al igual, el autor demuestra que existe una relación teórica entre K y M , siendo la ecuación:

$$M = 1,5K$$

Esta relación es mucho más simple que la entregada por Pauly (1980). Además, Jensen reanaliza los datos de Pauly y demuestra que la relación $M = 1,6K$ entrega un ajuste de los datos equivalente a la ecuación de Pauly.

Estimación de varianza

De acuerdo con Cubillos *et al.* (1999), el procedimiento sugerido aquí es un tipo de remuestreo bootstrap paramétrico de Efron (1985), que se evalúa numéricamente por medio del enfoque Monte Carlo. Para este procedimiento, un número de valores alternativos e igualmente probables de M (M_R) se generan usando una forma paramétrica de la distribución del error, donde $R = 1, 2, \dots, R_{\max}$ y R_{\max} es un número grande (≥ 1000). En este estudio se consideró $R_{\max}=3000$ para cada modelo empírico. La estimación de la varianza asociada con este bootstrap paramétrico (BP) es entonces:

$$V\hat{A}R_{BP}(M) = \frac{\sum_{R=1}^{R_{\max}} (M_R - \bar{M}_{BP})^2}{R_{\max} - 1}$$

donde

$$\bar{M}_{BP} = \frac{\sum_{R=1}^{R_{\max}} M_R}{R_{\max}}$$

Luego, los límites de confianza se obtienen con un método percentil, lo cual involucra ordenar el conjunto de valores alternativos de M (M_R : $R=1, 2, \dots, R_{\max}$).

Para implementar el método de estimación de varianza, se analizará la correlación entre los parámetros de crecimiento y el error estándar de los mismos (Cubillos & Araya 2007). Para ello, se estableció la correlación entre K y L_∞ . Para incorporar la autocorrelación entre los parámetros se utilizará la siguiente aproximación lineal:

$$Y_i = a + bX_i$$

Conociendo que:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

y que:

$$b = r_{y,x} \frac{s_y}{s_x}$$

Al reemplazar estas ecuaciones en la ecuación lineal se tiene que:

$$Y_i = \bar{Y} + r_{y,x} \frac{s_y}{s_x} [X_i - \bar{X}]$$

Por lo tanto, en esta expresión se toma en cuenta la correlación entre los parámetros alternativos e igualmente probables de K y t_0 , los que se hicieron depender de L_∞ y del coeficiente de correlación. Los valores alternativos e igualmente probables de este último parámetro se realizó según:

$$X_R^* = \bar{X} + s_x Z_{0,1}$$

donde X_R^* son valores alternativos e igualmente probables de X ($= L_\infty$), \bar{X} es el promedio, s_x es el error estándar del parámetro y $Z_{0,1}$ es una variable aleatoria distribuida normal con media cero y varianza igual a la unidad. En el caso de la talla de primera madurez sexual se considerará una distribución uniforme y también en el caso de la temperatura promedio del hábitat.

El error de predicción se incorpora según los supuestos de [Cubillos *et al.* \(1999\)](#) para los modelos empíricos utilizados por ellos. En el caso del modelo de [Alverson & Carney \(1975\)](#), el error de predicción consiste en evaluar valores alternativos e igualmente probables para la razón ω , considerando un CV=22% ([Cubillos 2003](#)).

9 Resultados

9.1. Composición por tallas en las capturas

La composición de tamaños en las capturas muestrales se construyó con ejemplares colectados en distintos meses a bordo de embarcaciones industriales en lances de pesca de arrastre de fondo realizados entre 2003 y 2007. En este informe sólo se presentan resultados de muestras obtenidas por técnicos embarcados del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) entre Valparaíso y 38°S, obteniéndose a la fecha un tamaño de muestra de 12.124 ejemplares (**Tabla 4**).

Al respecto, en 2003 la composición de tamaños en las capturas de besugo se comportó unimodal en los meses de abril, julio y noviembre, mientras que en julio y agosto fue marcadamente polimodal. En el caso de julio, no obstante la estructura se puede considerar unimodal, cabe hacer notar la presencia de una pequeña fracción distintiva de ejemplares de aproximadamente 14 cm de longitud total (**Figura 3**).

En el 2004, se contó con muestras de besugo sólo en los meses de enero, agosto y septiembre, siendo en todos los casos de tipo unimodal (**Figura 4**). Además, la longitud media en el mes de agosto (= 31,6 cm LT) fue menor que la observada en enero del mismo año, y también levemente menor a la observada en septiembre (**Tabla 4**). Para el caso del año 2005, sólo se contó con una muestra de ejemplares colectados en enero que mostró una estructura unimodal centrada en 32 cm LT, y una longitud media de 31,9 cm LT (D.E. = 2,5) (**Figura 5**).

En el año 2006, la composición de tamaños de besugo para los meses de enero a mayo, mostró una estructura unimodal en 34 cm LT para enero y abril, y moda de 35 cm LT en marzo (**Figura 6**), mientras que en febrero y mayo, la estructura fue polimodal. Sin embargo, cabe hacer notar que el tamaño de muestra en estos últimos meses es bastante menor que en el caso de primeros (**Tabla 4**). Adicionalmente, febrero de 2006 muestra la moda más pequeña de la serie de datos analizado, encontrándose alrededor de 16 cm LT. La longitud media mensual fluctuó entre 16,8 y 36,5 cm LT para estos meses.

Tabla 4. Tamaño de muestra mensual (número de lances y número de ejemplares) de besugo para la descripción de la composición de tamaños del recurso, longitud promedio (LT, ambos sexos en conjunto) y desviación estándar (DE).

Fecha (mes-año)	Número lances	Número ejemplares	LT Prom. (cm)	DE (cm)
2003-04	6	592	32,1	2,4
2003-06	2	103	34,6	2,8
2003-07	4	300	33,1	3,3
2003-08	4	257	34,0	2,5
2003-11	2	111	36,2	2,7
2004-01	13	682	34,9	2,3
2004-08	2	148	31,1	2,1
2004-09	1	109	32,3	2,1
2005-01	3	251	31,9	2,5
2006-01	8	570	33,9	2,7
2006-02	3	92	25,1	3,6
2006-03	25	2.946	32,0	3,2
2006-04	10	1.427	34,6	2,6
2006-05	2	40	28,1	0,9
2007-03	1	47	33,0	1,2
2007-04	2	258	35,4	2,9
2007-06	5	521	31,9	2,8
2007-07	2	147	35,2	1,8
2007-08	1	15	24,8	3,5
2007-09	2	46	34,8	2,1
2007-10	27	2.954	34,6	2,6
2007-11	5	454	34,3	3,3
Total	130	12.124		

En el 2007, muestras de besugo se consiguieron para los meses de marzo, abril, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Al respecto, la estructura de tamaños fue unimodal para casi todos meses, con la excepción de abril, junio y agosto, que se mostraron polimodales con moda principal en 37 cm LT en ambos casos, y modas secundarias en 30 cm LT en abril, y 23 cm LT en junio. En agosto también se observa una estructura polimodal, sin embargo el tamaño de muestra en ese período es pequeño (**Tabla 4, Figura 7**).

La longitud total promedio mensual, entre 2004 y 2007 fluctuó entre 16,8 cm LT en agosto de 2004 y 36,7 cm LT en abril de 2007 (**Tabla 4**).

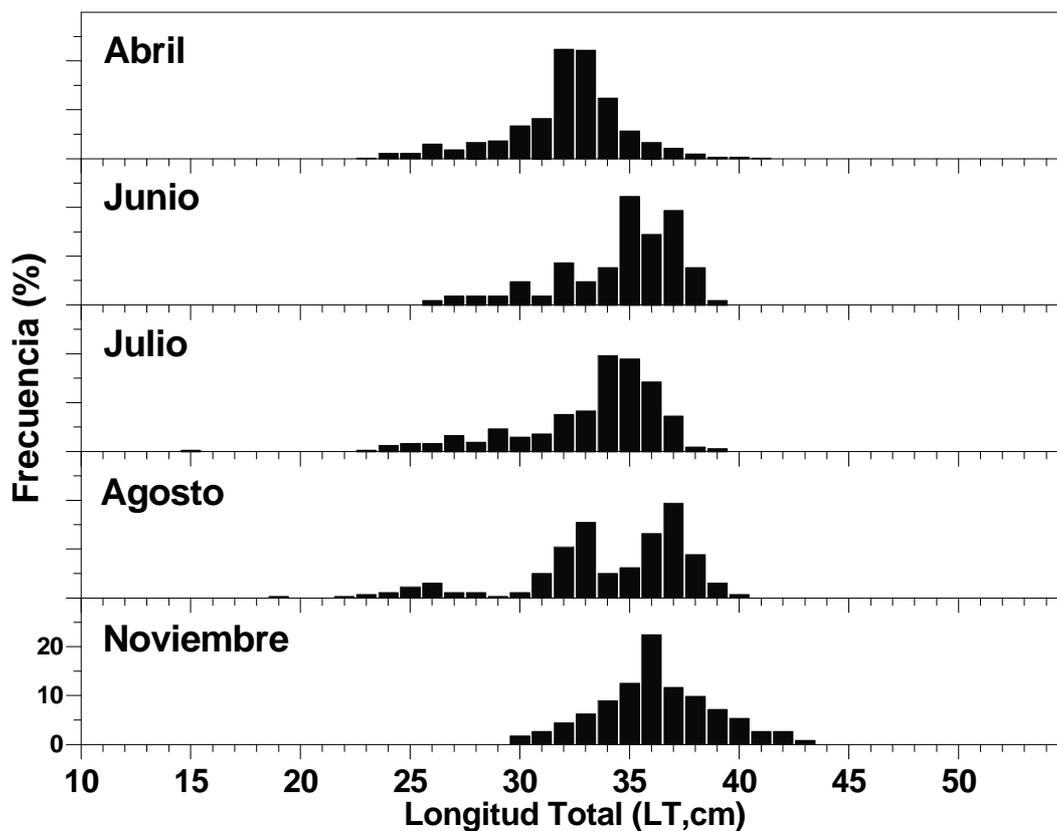


Figura 3. Composición de tamaños de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en las capturas mensuales de 2003. Cada división en el eje y corresponde a 5%.

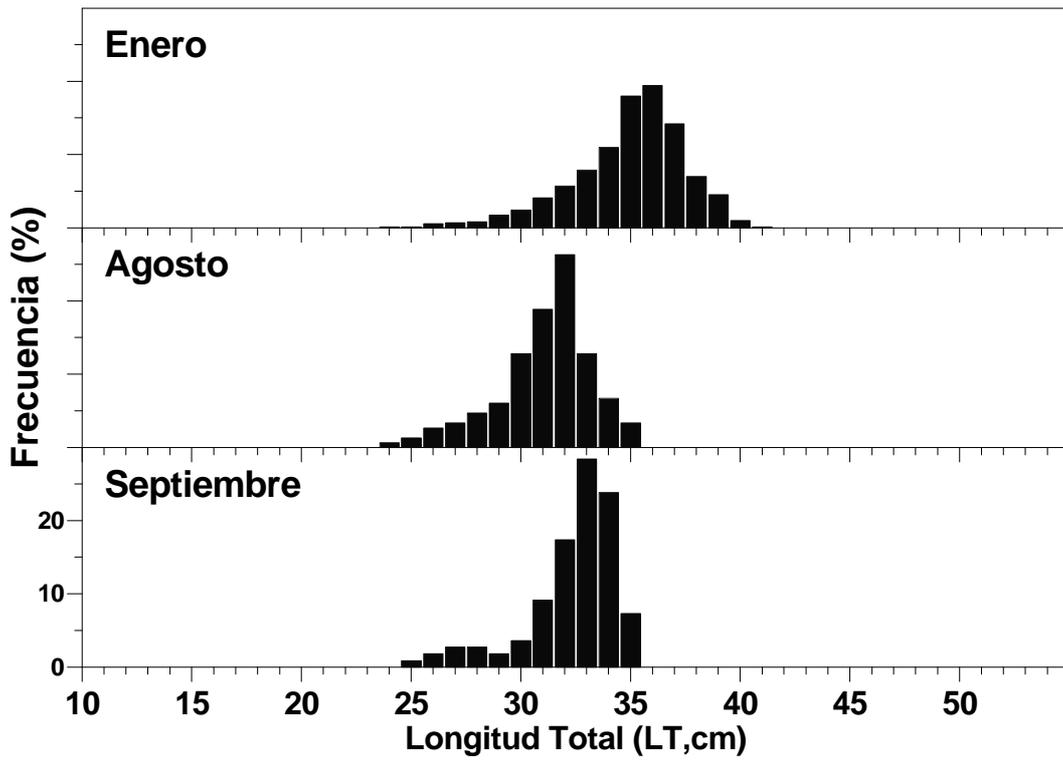


Figura 4. Composición de tamaños de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en las capturas mensuales de 2004. Cada división en el eje y corresponde a 5%.

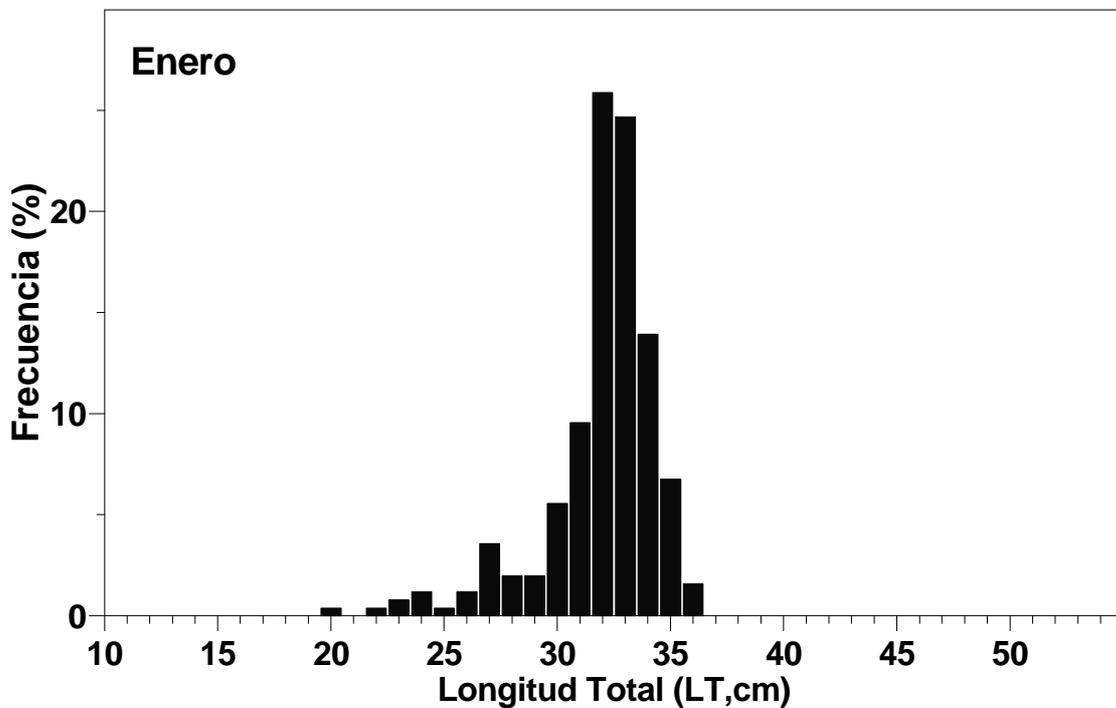


Figura 5. Composición de tamaños de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en enero de 2005.

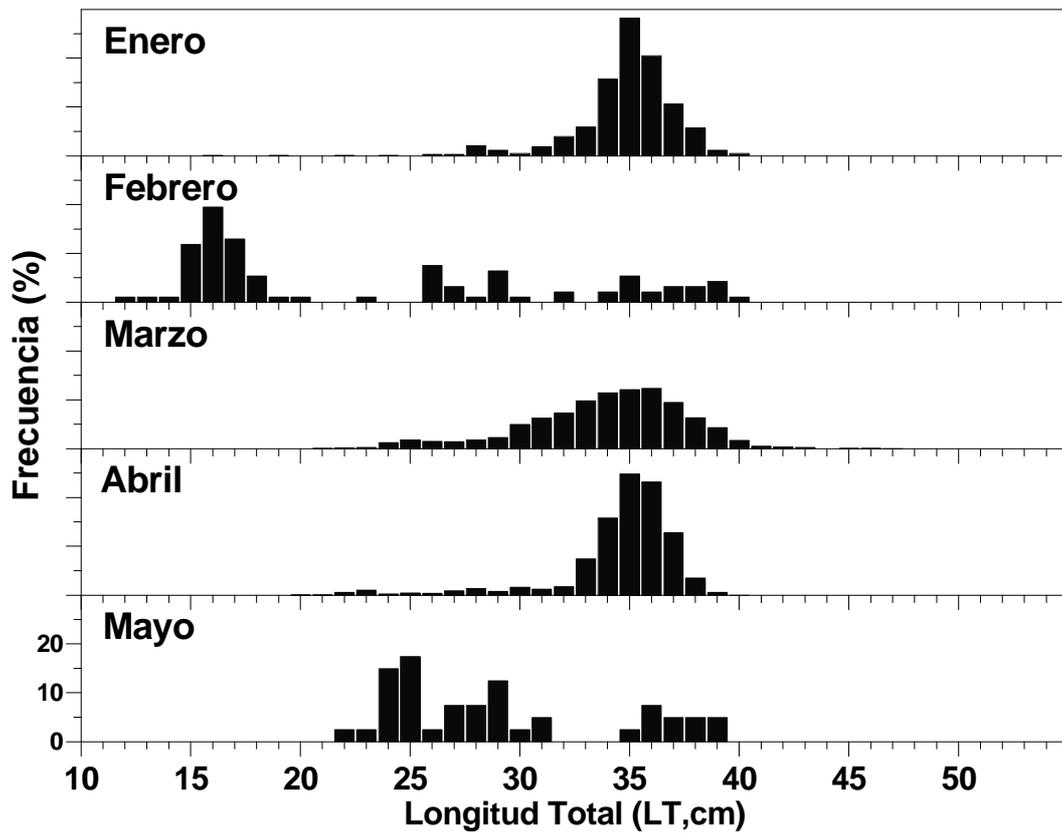


Figura 6. Composición de tamaños de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en las capturas mensuales de 2006. Cada división en el eje y corresponde a 5%.

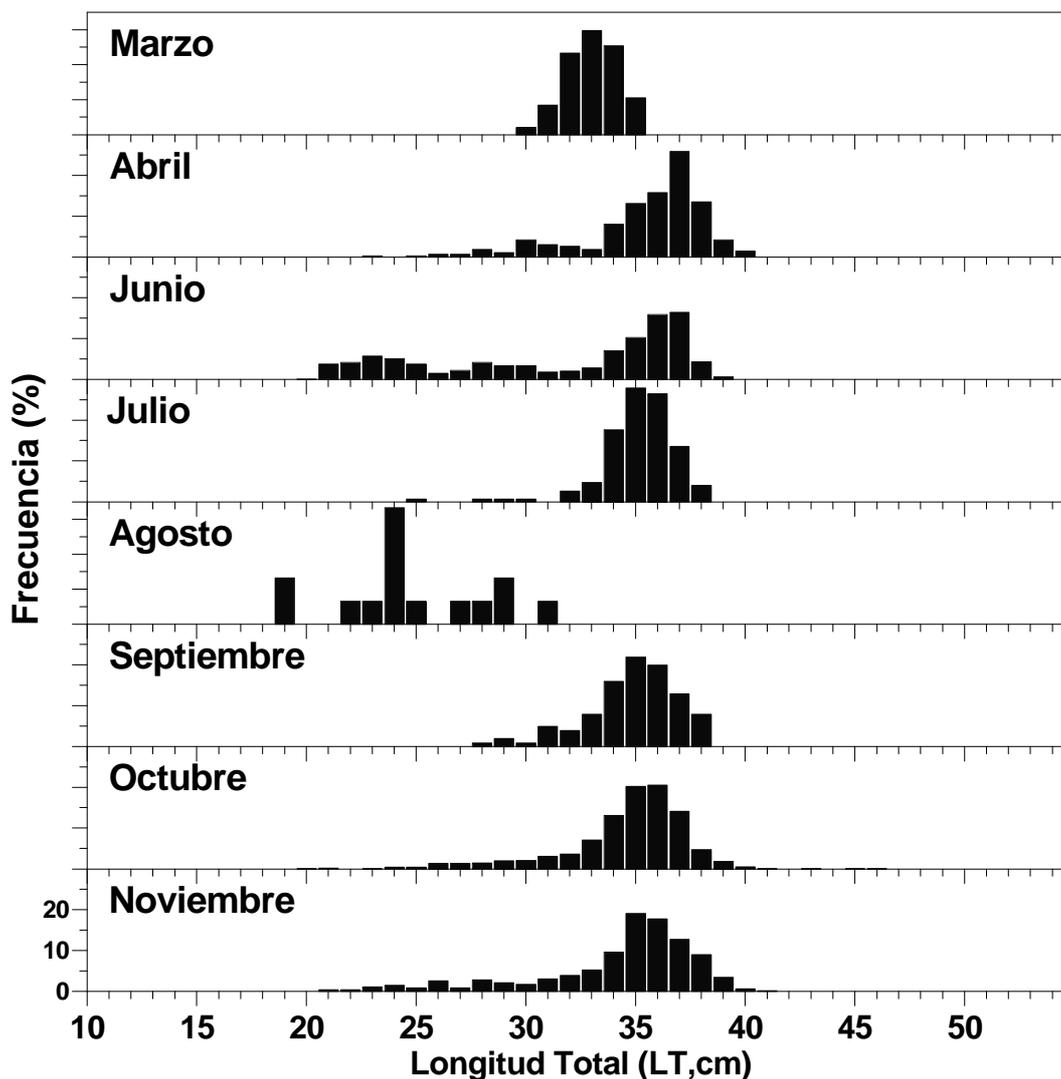


Figura 7. Composición de tamaños de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en las capturas mensuales de 2007. Cada división en el eje y corresponde a 5%.

La distribución espacial de la posición media de los lances de pesca de besugo entre 2003 y 2006 muestra una distribución del recurso más o menos continua entre San Antonio y Constitución, encontrándose principalmente entre 200 y 500 m. Luego, se observa la conformación de un centro de abundancia en la latitud 36°S. Entre 36°S y 39°S, la distribución de besugo se hace más discontinua, destacando un centro de abundancia en la latitud 38°12'S (**Figura 8**).

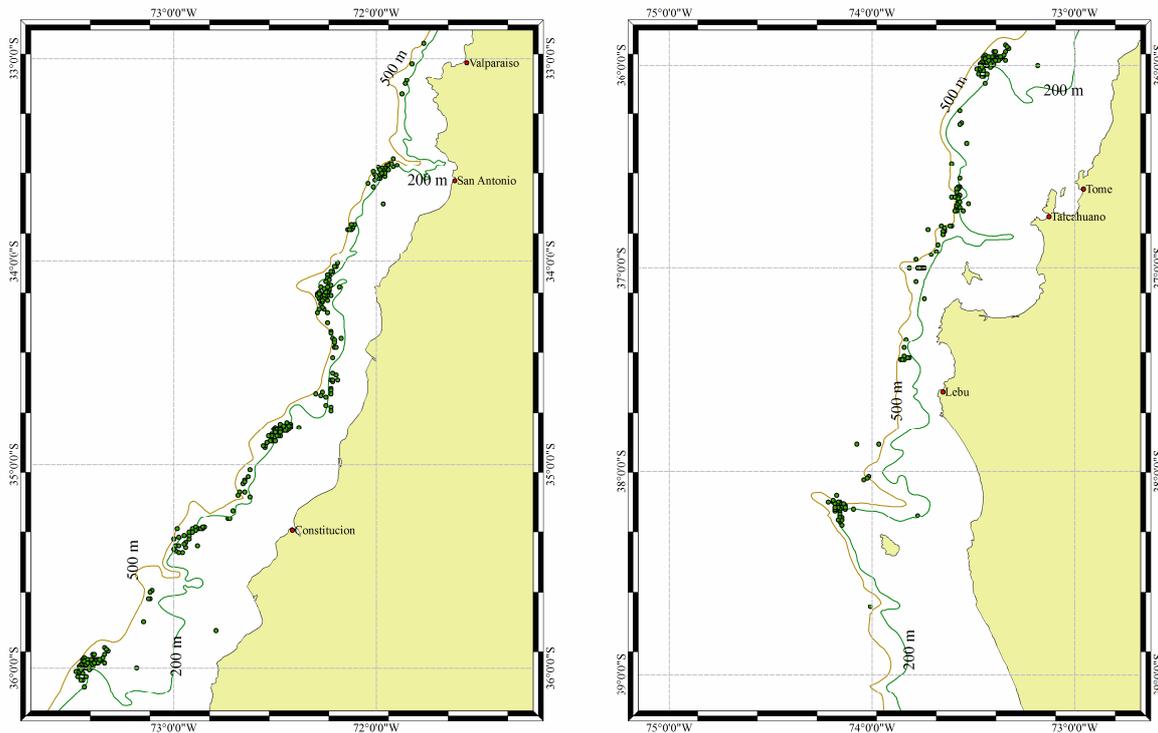


Figura 8. Distribución espacial de lances de pesca de besugo entre Valparaíso y 36°S (izquierda) y entre 36°S y 39°S (derecha).

9.2. Determinación de la edad

9.2.1. Muestras de otolitos

Se debe considerar que el besugo no constituyó una pesquería de arrastre propiamente tal, sino que habitualmente se captura como especie incidental en la pesquería de merluza común, y sólo eventualmente alguna embarcación lo captura como especie objetivo. Esta situación ha influido en la frecuencia y tamaño de las muestras biológicas tomadas a bordo, que en general, fueron escasas durante el tercer y cuarto trimestre del año 2007 con un total de 959 pares de otolitos, de los cuales 457 son machos y 502 son hembras. En enero y febrero de 2008 sólo fue posible recolectar 60 pares de otolitos de besugo que aparecieron como fauna incidental en la pesca de arrastre de crustáceos demersales, en el área de pesca de la III y IV Región (**Tabla 5** y **6**). El área de captura se localizó entre 33° 30'S y 38° 15'S, cubriendo entre los 100 y 500 m de profundidad.

Debido a que los otolitos se iban leyendo en la medida que las muestras llegaban al laboratorio y dado que su número no era muy abundante, se decidió realizar la lectura al total de las muestras. En los caso de lectura de edad en cortes transversales y longitudinales a través del núcleo, se tiene contemplado el procesamiento y análisis de 90 pares de otolitos seleccionados de las lecturas con otolitos enteros con el fin de comparación.

Por otra parte, al considerar que se cuenta con muestras de otolitos para los años 1998, 1999, y 2006 (provenientes de la pesca de arrastre industrial en la zona centro sur, 33°-38°S), se tiene un total de 3389 pares de otolitos con las muestras obtenidas hasta febrero de 2008 (**Tablas 5 y 6**).

Tabla 5. Número de otolitos de besugo machos, años 1998, 1999, 2006, 2007 y 2008.

Long. Total (cm)	Número de otolitos					Total
	1998	1999	2006	2007	2008	
19				2		2
20		1		2		3
21		12	1	11		24
22		9	4	11		24
23	1	13	4	17		35
24	1	8	14	30	1	53
25	1	13	15	31	1	60
26	0	20	15	57		92
27	5	14	15	41	1	75
28	4	11	13	33	1	61
29	9	18	8	33		68
30	13	33	11	8		65
31	11	41	8	8		68
32	12	52	8	11	1	83
33	14	92	13	24	1	143
34	11	86	15	35	10	147
35	11	105	15	36	2	167
36	8	124	15	44	10	191
37	15	113	15	17	3	160
38	9	96	12	4	1	121
39	0	64	4	4		72
40		19				19
41		7				7
Total	125	951	205	457	32	1770

Tabla 6. Número de otolitos de besugo hembras, años 1998, 1999, 2006, 2007 y 2008.

Long. Total (cm)	Número de otolitos					Total
	1998	1999	2006	2007	2008	
17			1			1
18						0
19						0
20		1		1		2
21	1	2	1	17		21
22		6	1	17		24
23	1	6	1	19		27
24	3	8	6	22		39
25	1	6	15	30	2	54
26	2	7	15	17		41
27	2	10	14	12	1	39
28	3	9	11	7		30
29	3	8	12	6		29
30	8	22	7	7	1	45
31	10	16	3	4	1	34
32	10	23	9	3		45
33	10	57	2	20	2	91
34	11	96	15	40	3	165
35	13	100	15	71	7	206
36	11	109	15	98	8	241
37	21	122	15	58	1	217
38	2	82	15	41	1	141
39	6	66	11	6		89
40		22	2	5	1	30
41	1	5	1	1		8
Total	119	783	187	502	28	1619

9.2.2. Lecturas de otolitos enteros sin tostado

En este caso los otolitos hidratados se leyeron enteros por su cara externa o cóncava. En general, la nitidez de los anillos es buena hasta el 5° ó 6°, partir del cual se hace más difícil su identificación hacia el borde caudal del otolito, debido a que por una parte los anillos aparecen más juntos, presencia de dobles anillos y aparentemente una deposición más débil de carbonato de calcio que da lugar a un menor contraste entre anillos opacos y hialinos (luz incidente o reflejada). En la **Figura 9** puede apreciarse el otolito de besugo de un macho de 24 cm de longitud total con cuatro anillos de crecimiento.

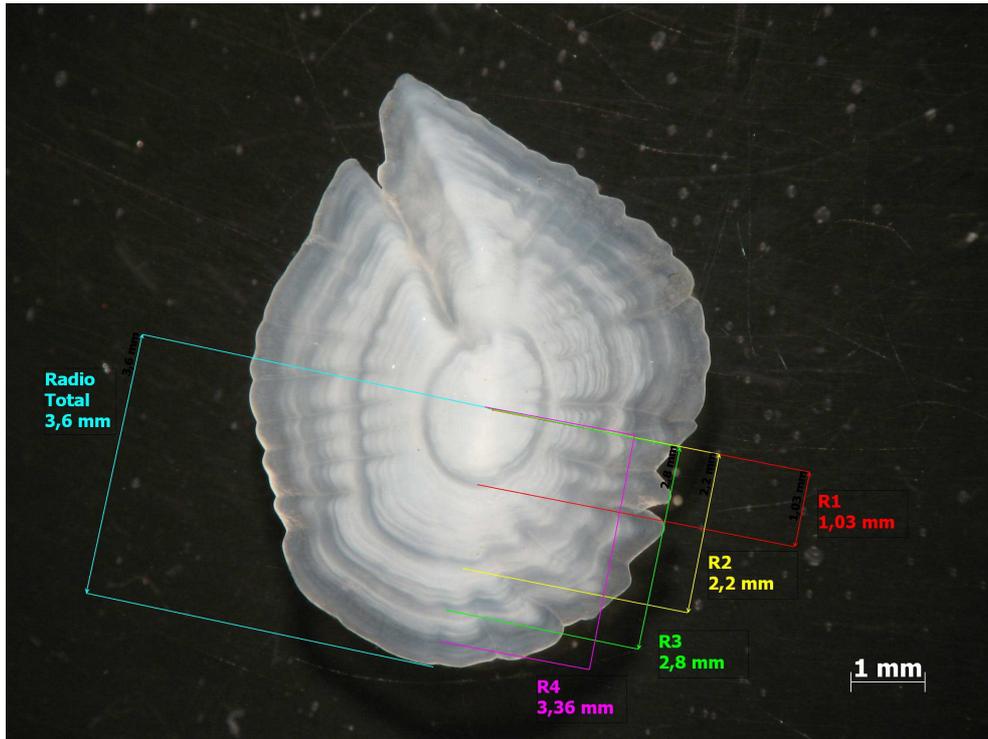


Figura 9. Otolito sagitta de un besugo macho con 4 anillos de crecimiento visto por su cara interna o cóncava en la que se indican las medidas consideradas.

Se realizaron las lecturas de otolitos de los años 1998, 1999, 2006, 2007 y 2008. Los resultados señalan que, en general, las medidas de los radios para los diferentes años son muy similares, tal como puede apreciarse en la **Tablas 7 a 20**, observándose una situación similar entre sexos.

Tabla 7

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO 1998

Grupo	Anillo								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
3									
4	11,50	21,00	28,00	32,50					
5	11,00	22,33	28,78	33,11	37,00				
6	11,13	22,00	28,00	33,00	37,00	40,44			
7	11,19	22,18	28,47	33,27	37,24	41,02	44,56		
8	11,29	22,45	28,37	33,31	37,20	40,80	44,50	48,08	
9	11,55	21,90	28,82	33,10	36,80	40,80	44,36	47,91	51,00
Rmed	11,24	22,20	28,43	33,21	37,14	40,85	44,52	48,04	51
Desvest	0,77	1,51	1,41	1,30	1,38	1,63	1,94	1,88	1,48
N	122	112	121	120	115	110	97	49	11
Rmin	10	20	26	30	33	38	41	44	49
Rmax	13	27	32	37	40	43	47	51	53
CV (%)	6,87	6,78	4,95	3,92	3,70	4,00	4,35	3,92	2,91

Tabla 8

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA 1998

Grupo	Anillo										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
3											
4	11,00	24,00	29,00	33,00							
5	11,20	21,56	27,89	33,40	37,90						
6	11,33	21,65	28,22	33,64	37,71	41,57					
7	11,18	22,15	28,52	33,55	37,33	40,77	44,09				
8	11,36	22,06	28,19	33,31	37,12	40,56	43,73	47,14			
9	11,38	21,50	28,15	33,24	37,26	40,45	43,47	47,00	50,10		
10	10,25	20,67	27,75	33,50	37,33	40,67	44,00	47,33	50,00	52,75	
Rmedio	11,27	21,85	28,22	33,41	37,39	40,82	43,78	47,10	50,08	52,75	
Desvest	0,70	1,43	1,26	1,04	1,07	1,18	1,10	0,93	0,70	0,5	
N	118	104	115	114	110	100	81	60	25	4	
Rmin	10	20	26	30	34	38	41	44	49	52	
Rmax	13	26	32	36	40	43	46	49	52	53	
CV (%)	6,21	6,53	4,45	3,11	2,85	2,88	2,50	1,98	1,40	0,95	

Tabla 9

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO. 2º TRIMESTRE 1999.

Grupo	Anillo										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
4	10,75	23,40	30,60								
5	10,74	21,78	28,91	34,52							
6	10,96	22,25	28,96	34,57	38,71						
7	11,07	22,13	29,06	34,43	38,33	42,20					
8	11,09	21,97	29,13	34,31	38,13	41,88	45,06				
9	11,02	21,91	29,11	34,28	37,94	41,50	44,61	47,69			
10	11,12	22,26	29,09	34,00	37,67	41,00	44,24	47,28	50,02		
11	11,32	22,22	29,16	34,00	37,57	40,92	44,08	47,29	50,12	52,40	
12	11,33	23,00	29,33	34,50	37,33	41,00	44,33	47,67	50,33	53,00	55,00
Rmed	11,06	22,07	29,10	34,27	38,01	41,55	44,61	47,51	50,05	52,46	55,00
Desvest	0,82	1,43	1,31	0,94	0,94	1,28	1,32	1,23	1,16	1,17	1,00
N	452	441	452	438	418	390	338	247	114	28	3
Min	10	20	26	32	35	38	42	45	47	50	54
Max	14	25	33	38	40	45	48	51	53	55	56
CV (%)	7,39	6,50	4,51	2,74	2,47	3,08	2,95	2,59	2,31	2,23	1,82

Tabla 10

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA. 2º TRIMESTRE 1999.

Grupo	Anillo										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
4	11	23	29								
5	12	23	27	33							
6	10,7	21,5	27,8	32,7	36						
7	11,37	22,00	28,53	33,65	37,63	41,26					
8	11,10	22,11	28,69	33,96	37,67	41,28	44,47				
9	11,20	22,16	29,16	34,26	38,08	41,73	44,88	47,98			
10	11,28	22,27	29,41	34,35	38,26	41,84	45,14	48,27	51,08		
11	11,61	21,95	29,36	33,83	37,68	40,90	44,23	47,48	50,26	52,83	
12	11,75	22,25	29,5	34,25	37,75	41,5	44,50	47,75	50,50	53,50	56,75
Rmed	11,23	22,13	29,01	34,07	37,88	41,54	44,79	48,02	50,87	52,93	56,75
Desvest	0,80	1,47	1,33	1,14	1,14	1,32	1,42	1,24	1,08	1,11	0,50
N	356	328	341	339	339	324	304	228	102	27	4
Rmin	10	20	26	30	34	38	40	43	49	51	56
Rmax	14	27	33	37	40	44	48	51	53	55	57
CV	0,0716	0,0662	0,0458	0,0335	0,0300	0,0318	0,0318	0,0259	0,0212	0,0209	0,0088

Tabla 11

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO. 3ER. TRIMESTRE 1999.

Grupo	Anillo													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	10,00	26,00	33,00											
4	11,78	23,95	30,78	36,00										
5	11,47	22,75	29,58	34,58	38,28									
6	11,71	22,70	29,35	34,48	38,42	42,32								
7	11,68	22,38	29,59	34,47	38,18	41,71	44,47							
8	11,71	23,35	30,13	34,52	38,28	41,74	44,65	47,52						
9	11,76	23,50	29,95	34,28	37,93	41,03	44,08	47,06	50					
10	12,01	23,47	29,76	34,16	37,70	40,67	43,60	46,62	49,44	52				
11	12,20	23,74	30,24	34,28	37,84	40,91	43,86	46,85	49,59	52,48	55,05			
12	11,93	23,21	29,82	34,09	37,66	40,71	43,75	46,71	49,47	52,25	54,82	57,22		
13	12,08	23,30	29,83	34,00	37,83	40,64	43,58	46,50	49,42	52,20	55,00	57,67	59,73	
14	13,00	23,50	30,00	35,00	38,00	41,00	44,00	47,00	49,50	52,50	54,50	57,50	59,50	62,00
Rmed	11,88	23,36	29,93	34,39	37,94	41,09	43,96	46,89	49,59	52,23	54,96	57,33	59,69	62
Desvest	0,77	1,74	1,32	1,21	1,04	1,28	1,24	1,23	1,15	1,09	1,16	1,25	0,75	0
N	495	453	491	490	455	438	407	380	326	234	133	55	13	2
Rmin	10	20	27	31	36	39	42	45	47	49	52	55	59	62
Rmax	14	27	33	38	40	45	47	50	53	56	58	60	61	62
CV (%)	0,0652	0,0747	0,0440	0,0351	0,0274	0,0312	0,0282	0,0262	0,0232	0,0210	0,0211	0,0218	0,0126	0

Tabla 12

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA. 3ER. TRIMESTRE 1999.

Grupo	Anillo													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	11,00	26,00	32,00											
4	11,38	24,33	30,69	35,15										
5	11,64	22,91	30,08	34,57	38,77									
6	11,75	23,35	29,71	34,65	38,25	42,00								
7	11,45	23,52	30,11	34,68	38,43	42,28	45,48							
8	11,72	22,97	29,85	34,63	38,61	42,22	45,37	48,57						
9	11,84	22,86	29,81	34,55	38,31	41,86	45,02	48,06	50,85					
10	12,05	23,23	30,13	34,59	38,25	41,58	44,67	47,76	50,48	53,24				
11	12,05	23,62	30,11	34,67	38,24	41,74	44,83	47,89	50,61	53,48	56,07			
12	12,00	22,53	29,33	34,14	37,78	41,21	44,32	47,39	50,09	53,02	55,66	58,14		
13	12,31	23,58	29,92	34,46	38,08	41,45	44,23	47,31	50,08	53,00	55,92	58,54	60,80	
14	12,00	26,00	33,00	37,00	40,00	43,00	47,00	50,00	54,00	57,00	59,00	62,00	64,00	64,00
Rmed	11,88	23,19	29,95	34,58	38,27	41,78	44,87	47,90	50,53	53,27	55,92	58,25	60,91	64
Desvest	0,77	1,83	1,38	1,16	1,12	1,27	1,34	1,25	1,25	1,12	1,21	1,30	0,94	
N	427	387	415	419	393	381	365	342	296	214	125	57	11	1
Rmin	10	20	26	30	34	38	42	45	47	51	53	55	59	64
Rmax	14	28	33	38	42	45	48	51	53	57	59	61	62	64
CV (%)	0,0647	0,0788	0,0461	0,0334	0,0292	0,0305	0,0299	0,0261	0,0246	0,0211	0,0216	0,0223	0,0155	0

Tabla 13

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO. 2006

Grupo	Anillo												
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
1													
2													
3													
4													
5	12,6	23,6	30,1	35,6	39,5								
6	12,8	21,8	28,2	32,7	36,6	40,1							
7	12,4	22,4	27,9	32,2	36,0	39,3	42,1						
8	12,1	22,7	28,8	32,8	36,5	39,5	42,4	45,2					
9	12,4	23,5	29,2	33,5	37,0	40,1	43,1	46,0	48,6				
10	12,8	23,6	29,7	34,0	38,0	41,7	45,1	48,4	51,7	54,8			
11	13,3	23,8	30,0	34,3	38,3	41,8	44,8	48,5	51,4	54,5	57,6		
12	12,5	24,5	30,5	34,5	38,5	42,0	46,0	49,0	53,0	56,0	58,5	61,5	
13	13,0	24,0	32,0	35,0	39,0	43,0	47,0	49,0	52,0	55,0	58,0		64,0
Rmed	12,6	23,0	29,0	33,4	37,1	40,4	43,4	46,8	50,4	54,8	57,7		
Desvest	1,06	1,91	1,87	1,94	2,02	2,20	2,59	2,89	3,10	2,11	2,09		
Rmin	10	18	23	27	30	32	35	37	41	46	51	61	
Rmáx	16	28	33	39	43	45	48	52	56	57	59	62	
N	197	190	202	198,0	196	190	144	131	98	56	15	2	1
CV (%)	8,44	8,31	6,45	5,81	5,45	5,46	5,97	6,16	6,16	3,85	3,61		

Tabla 14

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA, 2006

Grupo	Anillo												
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
1													
2													
3	13,0	25,0	30,0										
4													
5	11,8	22,6	28,7	33,9	38,5								
6	12,3	22,8	29,5	34,0	38,1	41,6							
7	12,3	23,2	29,6	34,2	38,2	41,8	44,8						
8	13,3	23,8	30,2	34,9	39,3	43,2	47,0	50,2					
9	12,7	23,7	30,1	34,7	38,7	42,3	45,9	49,2	52,7				
10	12,8	23,2	29,0	33,8	37,8	41,1	44,5	47,7	51,0	54,4			
11	13,1	23,2	28,8	33,2	37,4	40,6	43,9	47,6	50,6	54,0	57,2		
12	13,2	23,9	29,9	33,4	37,8	41,4	44,3	48,1	51,7	54,8	58,4		
13	13,3	24,3	30,0	34,3	38,3	42,3	45,7	48,7	52,7	56,0	59,0	61,1	63,5
Rmed	12,6	23,2	29,5	34,0	38,1	41,6	44,9	48,5	51,5	54,4	57,7	61,1	
Desvest	0,86	1,37	1,41	1,50	1,67	1,74	1,91	1,26	1,70	1,62	1,69	1,36	
Rmin	10	18	23	28	31	38	39	44	47	50	55	59	62
Rmax	16	29	34	39	43	46	50	54	57	58	60	63	65
N	182	170	179	179	180	168	118	82	69	52	30	8	2
CV (%)	6,81	5,91	4,80	4,41	4,38	4,19	4,24	2,60	3,30	2,98	2,93	2,22	

Tabla 15

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO. 3ER TRIMESTRE 2007

Grupo	Anillo													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	10,00	26,00	33,00											
4	11,78	23,95	30,78	36,00										
5	11,47	22,75	29,58	34,58	38,28									
6	11,71	22,70	29,35	34,48	38,42	42,32								
7	11,68	22,38	29,59	34,47	38,18	41,71	44,47							
8	11,71	23,35	30,13	34,52	38,28	41,74	44,65	47,52						
9	11,76	23,50	29,95	34,28	37,93	41,03	44,08	47,06	50					
10	12,01	23,47	29,76	34,16	37,70	40,67	43,60	46,62	49,44	52				
11	12,20	23,74	30,24	34,28	37,84	40,91	43,86	46,85	49,59	52,48	55,05			
12	11,93	23,21	29,82	34,09	37,66	40,71	43,75	46,71	49,47	52,25	54,82	57,22		
13	12,08	23,30	29,83	34,00	37,83	40,64	43,58	46,50	49,42	52,20	55,00	57,67	59,73	
14	13,00	23,50	30,00	35,00	38,00	41,00	44,00	47,00	49,50	52,50	54,50	57,50	59,50	62,00
Rmed	11,88	23,36	29,93	34,39	37,94	41,09	43,96	46,89	49,59	52,23	54,96	57,33	59,69	62
Desvest	0,77	1,74	1,32	1,21	1,04	1,28	1,24	1,23	1,15	1,09	1,16	1,25	0,75	0
N	495	453	491	490	455	438	407	380	326	234	133	55	13	2
Rmin	10	20	27	31	36	39	42	45	47	49	52	55	59	62
Rmax	14	27	33	38	40	45	47	50	53	56	58	60	61	62
CV (%)	6,52	7,47	4,40	3,51	2,74	3,12	2,82	2,62	2,32	2,10	2,11	2,18	1,26	0,00

Tabla 16

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA. 3ER TRIMESTRE 2007

Grupo	Anillo													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	11,00	26,00	32,00											
4	11,38	24,33	30,69	35,15										
5	11,64	22,91	30,08	34,57	38,77									
6	11,75	23,35	29,71	34,65	38,25	42,00								
7	11,45	23,52	30,11	34,68	38,43	42,28	45,48							
8	11,72	22,97	29,85	34,63	38,61	42,22	45,37	48,57						
9	11,84	22,86	29,81	34,55	38,31	41,86	45,02	48,06	50,85					
10	12,05	23,23	30,13	34,59	38,25	41,58	44,67	47,76	50,48	53,24				
11	12,05	23,62	30,11	34,67	38,24	41,74	44,83	47,89	50,61	53,48	56,07			
12	12,00	22,53	29,33	34,14	37,78	41,21	44,32	47,39	50,09	53,02	55,66	58,14		
13	12,31	23,58	29,92	34,46	38,08	41,45	44,23	47,31	50,08	53,00	55,92	58,54	60,80	
14	12,00	26,00	33,00	37,00	40,00	43,00	47,00	50,00	54,00	57,00	59,00	62,00	64,00	
Rmed	11,88	23,19	29,95	34,58	38,27	41,78	44,87	47,90	50,53	53,27	55,92	58,25	60,91	64
Desvest	0,77	1,83	1,38	1,16	1,12	1,27	1,34	1,25	1,25	1,12	1,21	1,30	0,94	
N	427	387	415	419	393	381	365	342	296	214	125	57	11	1
Rm	10	20	26	30	34	38	42	45	47	51	53	55	59	64
Rmax	14	28	33	38	42	45	48	51	53	57	59	61	62	64
CV (5%)	6,47	7,88	4,61	3,34	2,92	3,05	2,99	2,61	2,46	2,11	2,16	2,23	1,55	0,00

Tabla 17

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO 4TO TRIMESTRE 2007

GOT	Anillo anual													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	12,3	25,3	31,3											
4	12,1	22,7	29,4	34,3										
5	11,3	22,3	29,5	34,5	38,3									
6	12,2	22,7	29,4	34,6	37,9	40,9								
7	11,9	22,5	28,9	33,9	37,5	40,3	43,2							
8	13,3	23,9	29,4	34,3	37,8	40,2	42,7	45,2						
9	12,8	22,8	29,2	34,3	37,6	40,3	42,9	45,6	48,6					
10	13,1	24,1	29,8	34,7	37,8	40,9	43,3	46,4	49,2	52,9				
11	13,0	23,8	29,2	33,9	37,3	40,7	42,9	45,5	49,4	52,8	56,2			
12	12,9	21,8	28,5	32,6	36,3	38,5	42,4	44,7	48,0	51,4	55,1	58,7		
13	12,6	23,4	29,8	34,2	36,7	40,0	43,2	45,5	48,1	50,8	54,3	57,8	61,9	
14	13,0	25,8	30,9	33,2	37,6	43,0			47,8	50,0	54,0	59,2	61,6	66,0
Rmed	12,6	23,2	29,3	34,1	37,5	40,3	42,9	45,5	48,8	52,3	55,6	58,6	61,8	66,0
N	174	162	158	162	146	117	113	87	75	47	39	23	8,00	4,00
Min	10	18	24	30	34	37	41	43	45	48	52	56	59,20	64,00
Max	18	29	33,6	38	41	46	46	51	54	61	64	66,4	67,20	68,00
Coef var	12,87	10,60	6,00	4,54	3,39	3,58	2,69	3,25	3,66	4,67	4,53	4,18	3,96	2,52

Tabla 18

RADIOS DE LOS NUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITS DE BESUGO HEMBRA 4TO TRIMESTRE 2007

GOT	Anillo anual														
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
4	12,3	22,3	29,0	34,3											
5	11,5	23,0	29,5	34,5	37,5										
6	12,0	25,5	30,0	34,5	37,5	40,5									
7	11,8	25,8	30,5	35,3	37,3	40,3	42,8								
8	12,0	19,7	28,7	34,3	37,3	40,5	43,5	46,5							
9	11,7	24,0	29,0	33,5	37,2	40,0	42,0	45,8	49,0						
10	13,1	22,9	28,3	33,8	37,5	41,3	44,7	47,3	51,2	54,8					
11	12,6	22,7	29,0	33,6	37,4	41,1	44,0	46,8	49,9	53,7	56,5				
12	13,1	23,2	29,1	34,1	37,5	40,9	43,8	46,6	49,8	52,7	56,1	59,3			
13	12,6	24,6	30,0	34,4	37,5	40,8	43,6	46,7	49,7	52,6	55,7	58,4	61,8	65,0	
14	12,2	23,4	29,8	35,0	37,8	40,2	43,6	46,4	49,6	52,8	55,6	58,6	61,8	65,0	
15	12,0	20,0	29,0	33,0	37,0	40,0	44,0	47,0	52,0	55,0	58,0	61,0	64,0	67,0	70,0
Rmed	12,6	23,2	29,1	34,0	37,4	40,9	43,9	46,7	50,0	53,6	56,2	59,0	61,9	65,3	70,0
N	103	99	100	102	91	91	80	73	66	73	57	33	16,00	6,00	1
Min	10	17	24	29	33	37	39	41	45	47	52	56	60,00	64,00	70
Max	18	28	36	38	42	45	50	54	55	63	64	66	64,00	67,00	70
Coef var	8,91	9,90	6,49	4,68	3,74	3,58	4,00	3,73	3,65	5,27	4,38	3,35	1,76	1,85	0,00

Tabla 19

RADIOS DE LOS ANILLOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO MACHO 1er. TRIMESTRE 2008

GOT	Anillo anual										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
6	23										
7	24										
8	26	27									
9	25	31	35								
10	33	33	33	34	35						
11	33	34	34	34	35	36	36	37			
12	34	34	34	35	35	36	36	36	34	35	37
13	34	35	37								
Rmed	29,0	32,3	34,6	34,3	35,0	36,0	36,0	36,5	34,0	35,0	37,0
N	8	6	5	3	3	2	2	2	1	1	1
Min	23	27	33	34	35	36	36	36	34	35	37
Max	34	35	37	35	35	36	36	37	34	35	37
Coef. Var.	5,92	11,0	22,8	59,5				51,6			

Tabla 20

RADIOS DE LOS ANUALES POR GRUPOS EN MUESTRAS DE OTOLITOS DE BESUGO HEMBRA 1er. TRIMESTRE 2008

GOT	Anillo anual													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9	14,0	23,0	27,0	30,0	34,0	37,0	40,0	42,0						
10	12,0	24,7	30,7	35,0	37,0	41,0	43,7	46,3	49,0					
11	14,0	23,8	28,8	33,8	38,0	41,5	44,0	47,3	50,5	53,3				
12	12,3	24,0	29,3	34,3	37,6	41,3	44,1	47,6	50,5	53,6	56,3			
13	12,0	22,6	28,5	32,6	36,3	39,8	43,0	45,8	49,2	52,7	56,0	58,4		
14	12,0	22,3	29,3	33,3	37,3	41,3	44,0	47,0	50,0	53,7	57,3	59,8	63,0	
15	12,0	18,0	24,0	34,0	37,0	40,0	42,0	45,0	48,0	51,0	55,0	57,0	60,0	63,0
PROMEDIO	12,4	23,3	28,9	33,7	37,2	40,8	43,6	46,7	49,9	53,3	56,3	58,8	62,4	63,0
N	27	27	25	26	26	24	27	27	24	19	18	10	5	1
MIN	10	18	24	29	34	37	40	42	46	49	51	57	60	63
MAX	18	27	32	36	42	45	48	52	54	58	60	61	65	63
COEF VAR	0,14	0,11	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	

Un resumen de los radios medios de los anillos anuales en hembras y machos se presenta en la **Tabla 21** para los distintos años, lo cuales permiten apreciar, en general, una buena coherencia, así como se puede ver en la **Figura 10**.

Tabla 21. Radios medios por anillo anual en otolitos de besugo macho y hembra (1 dmo = 0,1 mm).

Anillo anual	Machos					Hembras				
	1998	1999	2006	2007	2008	1998	1999	2006	2007	2008
1	11,2	11,5	12,6	12,1	12,4	11,27	11,6	12,6	12,0	12,8
2	22,2	22,7	23,0	23,3	23,3	21,85	22,7	23,2	23,2	23,5
3	28,4	29,5	29,0	29,8	28,9	28,22	29,5	29,5	29,8	28,9
4	33,2	34,3	33,4	34,3	33,7	33,41	34,4	34,0	34,5	33,4
5	37,1	38,1	37,1	37,8	37,2	37,39	38,1	38,1	38,1	36,8
6	40,8	41,4	40,4	40,9	40,8	40,82	41,7	41,6	41,6	40,2
7	44,5	44,4	43,4	43,7	43,6	43,78	44,9	44,9	44,7	43,2
8	48,0	47,3	46,8	46,6	46,7	47,10	48,1	48,5	47,7	46,4
9	51,0	50,0	50,4	49,4	49,9	50,08	50,9	51,5	50,4	49,2
10		52,9	54,8	52,2	53,3	52,75	53,9	54,4	53,3	52,3
11		55,9	57,7	55,1	56,3		56,9	57,7	56,0	55,3
12		58,9		57,7	58,8		59,8	61,1	58,5	59,3
13		61,6		60,5	62,4		62,8		61,5	60,7
14		64,3		64,7	63,0		65,6		65,1	
15		67,0								
Nº lecturas	857	3318	1626	4372	32	827	2692	1421	3833	32

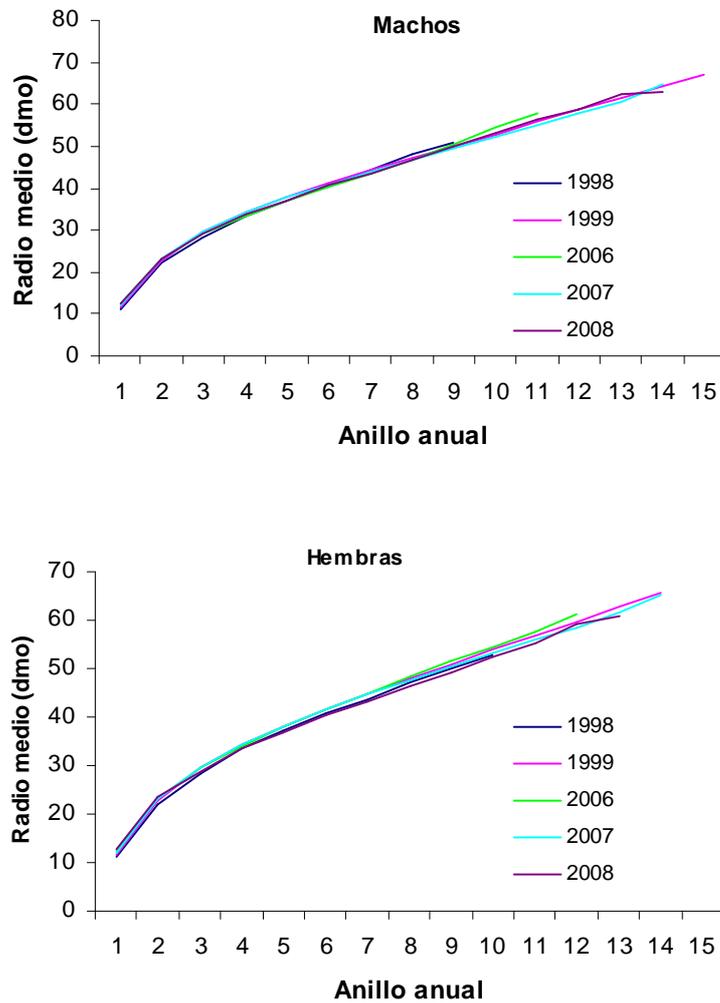


Figura 10. Radio medio por anillo anual en otolitos de besugo.

9.2.3. Lecturas de otolitos enteros tostados

Un total de 60 otolitos tostados en estufa a 250° C por un lapso de 15 minutos. En general, el tostado no ha resultado ser en el caso del otolito de besugo una técnica que permita visualizar mejor los anillos de crecimiento con respecto al otolito entero sin tostar y esto se debería a que después del 6° ó 7° anillo no se produce un buen contraste entre los anillos opacos (carbonato de calcio) y hialinos (matriz protéica), el área hasta los bordes del otolito es más difuso.

9.2.4. Lecturas de cortes transversales a través del núcleo.

En los cortes de otolitos hidratados, se pudo identificar un número de anillos anuales muy similar al otolito entero y a la sección delgada. Sin embargo, se observó una mayor presencia de anillos secundarios (**Tabla 22, Figuras 11 y 12**).

9.2.5. Lecturas de secciones delgadas a través del núcleo.

De un total de 59 secciones sólo 53 fueron legibles y el total de coincidencias en el número de anillos anuales comparados con los otolitos enteros hidratados, fue de alrededor de un 89%, en cambio, se observó un mayor presencia de anillos secundarios en las secciones delgadas a través del núcleo (**Tabla 22**). En las **Figuras 11 y 12** se observa la estructura anular de otolitos enteros y sus secciones transversales correspondiente.

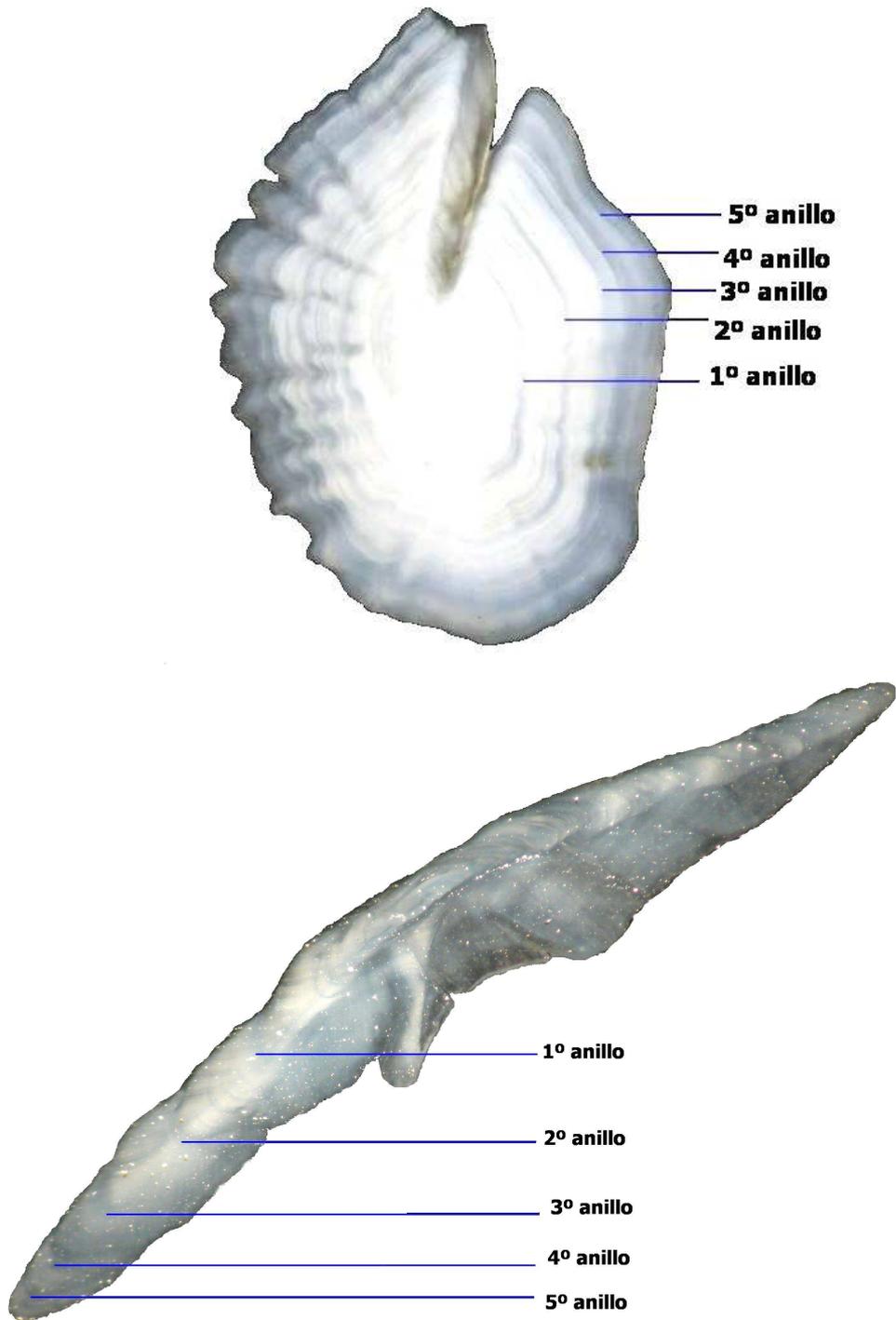


Figura 11. Otolito de besugo macho de 24 cm de longitud total: (a) otolito entero hidratado, (b) sección transversal.

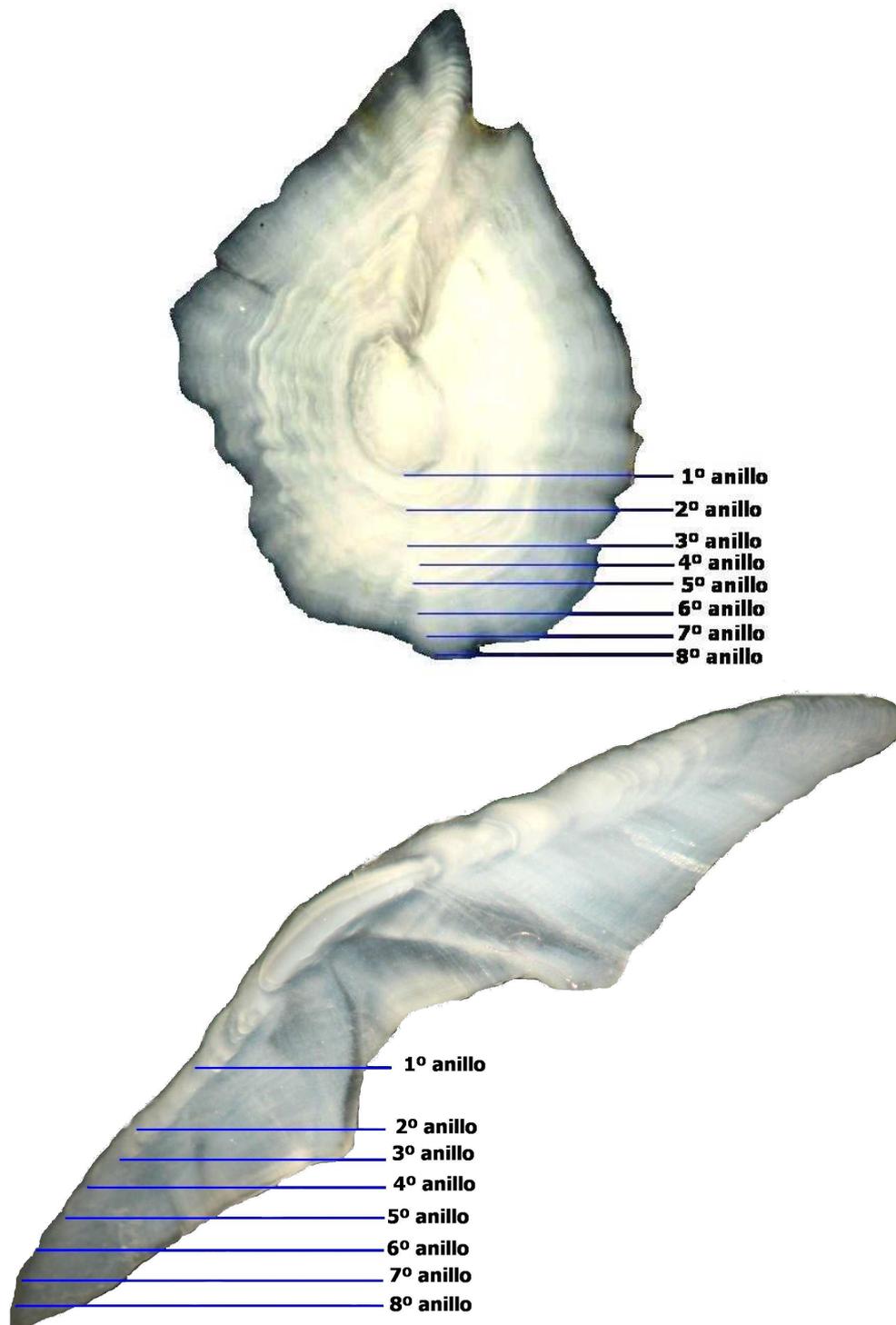


Figura 12. Otolito de besugo macho de 39 cm de longitud total: (a) entero, (b) sección transversal.

Tabla 22. Comparación de lecturas entre otolitos enteros hidratados y secciones transversales a través del núcleo.

Nº	Longitud (cm)	Otolitos enteros		Secciones delgadas	
		Anillos anuales	Anillo secundarios	Anillos anuales	Anillo secundarios
1	20	3	3	3	3
2	21	4	1	4	2
3	21	4	1	4	2
4	21	4	2	4	2
5	21	4		4	1
6	22	4	1	4	2
7	22	5	2	s/i	s/i
8	22	5	2	s/i	s/i
9	23	5	2	s/i	s/i
10	23	5	2	s/i	s/i
11	23	4	1	s/i	s/i
12	24	4	1	4	2
13	24	5		5	1
14	24	5	2	5	2
15	25	5	2	5	3
16	25	5	1	s/i	s/i
17	25	6	2	6	4
18	26	5	1	5	2
19	26	5	2	5	3
20	26	6	2	6	3
21	27	6	2	6	2
22	27	6	1	6	2
23	27	5	1	5	2
24	28	5	2	5	2
25	28	5	2	5	4
26	28	5	2	5	3
28	29	6	3	6	4
29	29	7	2	7	2
30	30	7	2	7	2
31	30	7	2	7	3
32	30	7	2	8	3
33	31	6	3	7	2
34	31	7	2	7	3
35	31	7	3	7	5
36	32	6	3	6	4
37	32	8	3	8	5
38	32	8	2	8	3
39	33	8	2	8	4
40	33	7	2	8	3
41	33	7	3	7	4
42	34	8	2	8	3
43	34	8	3	8	5
44	34	8	3	8	5
45	35	9	2	9	3
46	35	8	2	9	4
47	36	9	2	9	4
48	36	10	3	10	3
49	36	8	3	9	4
50	37	9	3	9	5
51	37	10	3	10	3
52	37	10	3	10	3
53	38	10	3	10	3
54	38	9	3	9	4
55	39	9	3	9	4
56	39	10	2	10	2
57	39	10	3	10	2
58	40	9	2	9	3
59	40	10	2	10	3

9.2.6. Verificación de la edad

La verificación del grado de precisión intra e interlectores se seleccionó una muestra de 85 otolitos cubriendo todo el rango de tallas disponible. El número de lectores fue de dos, realizando cada uno tres lecturas completamente independientes con un desfase de 15 días entre cada lectura.

El error porcentual promedio (APE) y el índice de precisión (D) indican que la determinación de la edad fue muy consistente por dos lectores independientes, observándose en general que el lector 1 fue más preciso que el lector 2 (**Tabla 23**). Esto se confirma en los indicadores calculados entre lectores, donde el lector 1 sigue siendo más preciso que el lector 2 (**Tabla 24**).

Tabla 23. Medidas de precisión (%) intralector e interlector de la lectura de edad en otolitos enteros de besugo *Epigonus crassicaudus*.

Lector	APE (%)	V (%)	D (%)
Lector 1	3,99	5,17	2,99
Lector 2	5,03	6,52	3,76
Lector 1 vs Lector 2	13,35	14,07	8,12
Lector 2 vs Lector 1	15,88	17,30	9,99

Al establecer una regresión entre la edad promedio de los lectores se observó un coeficiente de determinación de 70%, e indica que el intercepto no es significativo ($p = 0,751$) y que la pendiente es significativa ($p < 0,05$), y no es estadísticamente diferente de 1 según el IC de 95% [0,96; 1,26] (**Figura 13**). Esto indica que la relación entre la edad promedio del lector 1 y la del 2 es consistente, siguiendo una relación de 1:1. No obstante, cuando se grafica la edad promedio e intervalos de confianza del lector 2 respecto de la primera y segunda lectura de edad del primer lector, se puede identificar sesgos (**Figura 14**). Se observa que el lector 2 tiende a sobreestimar la edad respecto del lector 1, situación que es más evidente en las comparaciones pareadas de frecuencia de edades (**Tabla 24**).

Tabla 24. Comparación pareada de la frecuencia de edades del lector 2 respecto de la primera lectura del lector 1 en otolitos enteros de besugo *Epigonus crassicaudus*.

		Lector 2 - Primera lectura										
Edad		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
4		4										4
5			1	7	2							10
6				5	6	4	2	1				18
7				4	9	5	1					19
8					2	9	1	6	4	1	1	24
9						1	4	5	2	4		16
10							1	1	1			4
11									1			1
12												0
13												0
Total		4	1	16	19	20	8	13	8	6	1	96

		Lector 2 - Segunda lectura										
Edad		4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
4		3	1								4	
5			3	4	3						10	
6				2	12	3	1				18	
7				3	8	5	3				19	
8					5	1	6	5	5	2	24	
9						3	3	3	4	3	16	
10							1	3			4	
11									1		1	
12											0	
13											0	
Total		3	4	9	28	12	14	8	13	5	96	

		Lector 2 - Tercera lectura										
Edad		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
4		1	3									4
5			3	5	2							10
6				3	7	6	2					18
7				3	9	7						19
8					2	8	3	3	4	4		24
9						3	3	5	2	3		16
10							1	2	1			4
11									1			1
12												0
13												0
Total		1	6	11	20	25	11	8	7	7	0	96

Lector 1 - Primera lectura

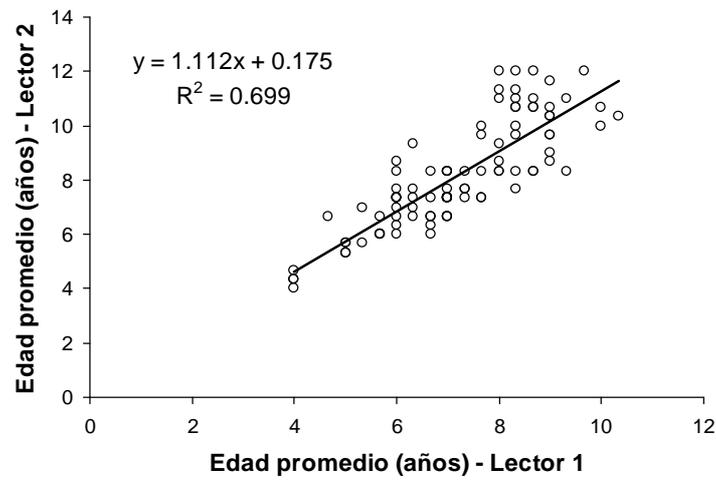


Figura 13. Relación entre la edad promedio del lector 2 y el lector 1, cada lector realizó tres lecturas a un mismo otolito de besugo *Epigonus crassicaudus*.

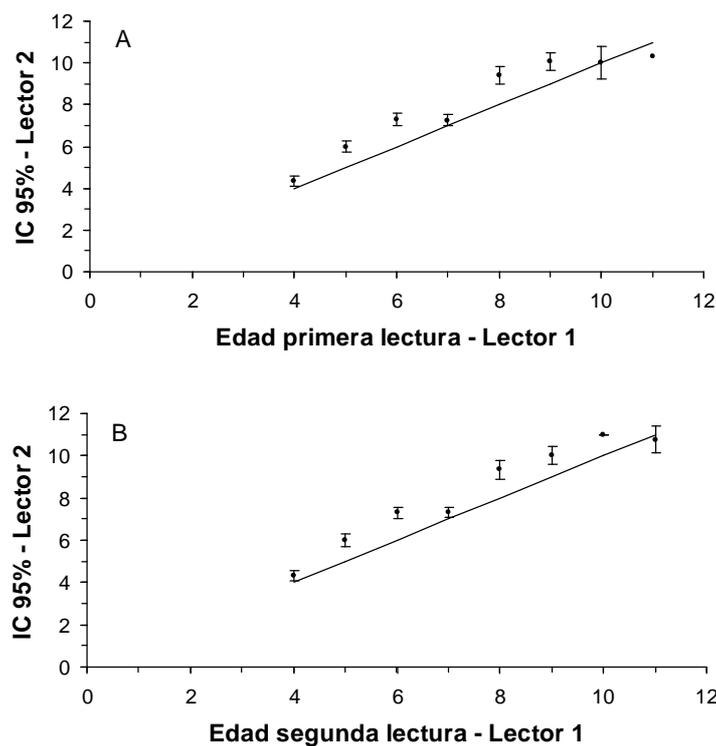


Figura 14. Comparación pareada entre lectores. La barra vertical representa el intervalo de confianza al 95% de la edad promedio determinada por un lector a todos los peces que fueron determinados a una edad dada por el lector control. La recta representa una equivalencia de 1:1.

En cuanto a la comparación de diferentes técnicas de preparación del otolito para la lectura de edades, la edad media de las lecturas en otolitos entero fue de 6,88 años (= 4,06; n = 52) y en las secciones delgadas fue de 6,98 años (= 4,22; n = 52). No hubo diferencias significativas entre las varianzas de las lectura de los anillos anuales (Prueba F, P = 0,449), ni en la edad media de las lecturas (Prueba t, P = 0,810). La lectura de la edad ya sea en otolito entero o en las secciones delgadas fuer muy precisa, ya que el lector alcanzó un error porcentual promedio de 1,35%. A su vez, la relación entre las edades no mostró sesgos significativos ($r_2 = 0,979$, n = 52, p < 0,05). No obstante, con la técnica de secciones delgadas se pudo apreciar una mayor frecuencia de anillos secundarios que fluctuaron entre 1 y 5, con un promedio de 3,01 (= 1,08; n = 52), comparados con los anillos secundarios en otolitos enteros que fluctuaron entre 1 y 3 con un promedio de 2,13 (= 1,08; n = 52). La mayor frecuencia de anillos secundarios en las secciones delgadas fue significativamente mayor que la frecuencia promedio detectada en otolitos enteros (P<0,05), y fue directamente proporcional con el tamaño de los ejemplares (**Figura 15**).

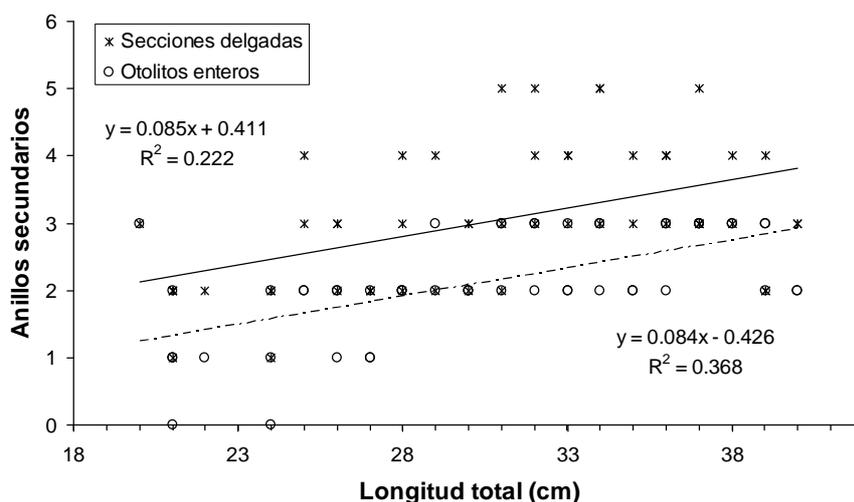


Figura 15. Frecuencia de anillos secundarios detectados en secciones delgadas transversales (cruces y línea continua) y otolitos enteros (círculo y línea segmentada) de besugo *Epigonus crassicaudus*.

9.3. Claves talla-edad

Las claves edad-talla se elaboraron por año, por sexo y para el total de cada año (ambos).

Año 1998

En el cuarto trimestre de este año el rango de tallas fue 24-39 cm y con una estructura de edad de las capturas determinada por seis grupos de edad (IV-IX), predominando los GE VII (39,2%) y VIII (30,4%)

tanto en machos como en hembras (**Tablas 25 y 26**).

Año 1999

En 1999 en el segundo trimestre, el rango de tallas de las muestras de la capturas fue de 22-42 cm y con la presencia de los GE IV-XII en ambos sexos. Los GE de mayor relevancia para machos y hembras fueron en orden de importancia el IX (29,4% y 35,4%), el VIII (21,3% y 21,9%) y el X (18,9% y 21,1%) (**Tablas 27 y 28**). En el tercer trimestre de este año el rango de tallas en ambos sexos fue 20-41 cm con una estructura de edad constituida por los GE IV a XV, predominando a diferencia del trimestre anterior los GE XI (21,6% y 20,1%), X (18,2% y 19,7%). (**Tablas 29 y 30**)

Año 2006

En el cuarto trimestre de este año la estructura de machos y hembras es diferente a lo observado en años anteriores. En machos destacan los GE X y XII (20,8%) y los GE VII (17,3%) y IX (16,8%). Por otra parte, en hembras la estructura de edades es soportada por los GE VII (27%) y VIII (22,2%). (**Tablas 31 y 32**).

Año 2007

En el tercer trimestre los GE de mayor relevancia en machos son en orden de importancia el X (21,6%), el IX (18,2%) y el XI (16,0%). Esta situación se repite en hembras con el 20,1%, 19,7% y 17,3%, respectivamente (**Tablas 33 y 34**). En el cuarto trimestre el tamaño de las muestras es pequeño y no permitió en los machos observar una estructura definida en cuanto a predominancia de grupos de edad, por otra parte las hembra muestran como GE mas relevantes el XI (28,6%), el X y XII con 19,4% (**Tablas 35 y 36**).

Año 2008

En reducida muestra de otolitos del primer trimestre correspondiente a la III y IV Región (60) se observó que en los machos el 50% correspondió a los GE XII XIII y en la hembras un 68% para los GE XII y XIII. (**Tablas 37 y 38**).

Tabla 25. Clave edad-talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 1998.

LT (cm)	Grupo de edad						Total
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
20							
21							
22							
23							
24	1						1
25		1					1
26		1					1
27							
28	1	4					5
29		1	1	2			4
30		2	4	3			9
31			5	7	1		13
32			3	3	5		11
33			1	6	3	2	12
34			1	9	4		14
35				2	8	1	11
36				5	6		11
37			1	4	2	1	8
38				6	5	4	15
39				2	4	3	9
40							
41							
42							
43							
Total	2	9	16	49	38	11	125
%	1,6	7,2	12,8	39,2	30,4	8,8	100,0
Lprom.	26,0	28,0	31,5	34,1	35,3	37,0	
Coef. Var.	3,25	10,18	8,44	4,27	6,66	7,12	

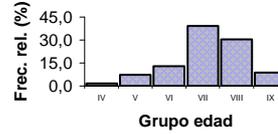


Tabla 26. Clave edad - talla de besugo hembra en el cuarto trimestre de 1998.

LT (cm)	Grupo de edad							Total
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
22	1							1
23								
24		1						1
25		2	1					3
26			1					1
27		2						2
28		1	1					2
29		1	2					3
30			1	2				3
31		3	4	1				8
32			6	3	1			10
33			3	5	2			10
34			1	5	1	3		10
35			1	2	7	1		11
36			2	1	9	1		13
37			1	3	6	1		11
38					10	9	2	21
39						2		2
40					1	3	2	6
41								
42						1		1
43								
Total	1	10	24	22	37	21	4	119
%	0,8	8,4	20,2	18,5	31,1	17,6	3,4	100,0
Lprom.	22,0	27,8	31,7	33,6	36,3	37,7	39,0	
Coef. Var.		3,93	3,69	8,08	12,60	8,35	29,25	

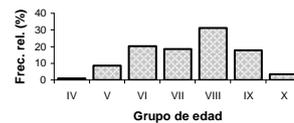


Tabla 27. Clave edad - talla de besugo macho en el segundo trimestre de 1999.

LT (cm)	Grupos de edad									Total	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
20											
21											
22	3										3
23		2									2
24	2	2									4
25		5	1								6
26		6	4								10
27		1									1
28		5									5
29		1	5	1	1						8
30		1	7	8	1						17
31			4	10	1	1					16
32			5	5	10	1					21
33			2	18	25						45
34				6	22	19					47
35				6	14	27	4	3			54
36				1	9	26	15	3			54
37					9	25	20	6			60
38					4	18	28	5	2		57
39					1	10	16	6	1		34
40						5	3	1			9
41						2		1			3
Total	5	23	28	55	97	134	86	25	3		456
%	1,1	5,0	6,1	12,1	21,3	29,4	18,9	5,5	0,7		100,0
Lprom.	22,8	26,1	29,8	32,4	34,2	36,4	37,5	37,6	38,3		
Coef. Var.		7,50	5,97	11,41	9,97	10,88	25,44	15,04			

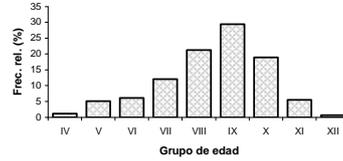


Tabla 28. Clave edad - talla de besugo hembra en el segundo trimestre de 1999.

LT (cm)	Grupos de edad									Total	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
20											
21											
22											
23	1										1
24		1	1								2
25			1								1
26			3								3
27			1								1
28			1								1
29			1	1							2
30				7							7
31			1		5						6
32			1	6	4						11
33				4	8	10					22
34				11	18	11					40
35				8	20	21	2	2			53
36				1	17	25	9	1			53
37					6	27	17	4			54
38						16	20	12	1		49
39						12	19	3			34
40						3	6	1	2		12
41						1	2				3
42									1		1
43											
Total	1	1	10	38	78	126	75	23	4		356
%	0,3	0,3	2,8	10,7	21,9	35,4	21,1	6,5	1,1		100,0
Lprom.	23,0	24,0	27,4	33,0	34,5	36,3	37,9	37,7	40,0		
Coef. Var.			4,083	8,907	14,033	10,938	21,308	26,865	15,000		

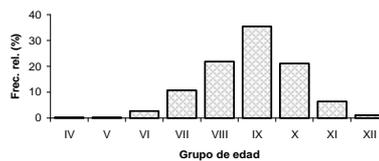


Tabla 29. Clave edad - talla de besugo macho en el tercer trimestre de 1999.

LT (cm)	Grupo de edad											Total		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		XV	
20	1													1
21		12												12
22		4	2											6
23		8	3											11
24		2	1											3
25		1	4	1										6
26			6	5										11
27			3	10										13
28				1	4									5
29				4	5									9
30				5	9	2								16
31				2	8	10	2	2						24
32				2	6	11	9	2						30
33				1	2	7	27	13	1					51
34						7	20	13	6					46
35						6	14	18	9	6				53
36						2	6	21	18	8	4	1		60
37						1	6	22	17	7	1			54
38						1	4	7	16	14	3			45
39							1	9	6	5	3			24
40									5	3	1	1		10
41						1	1		1	2				5
Total	1	27	19	31	34	48	90	107	79	45	12	2		495
%	0,2	5,5	3,8	6,3	6,9	9,7	18,2	21,6	16,0	9,1	2,4	0,4		100,0
Lprom.		22,1	24,9	28,3	30,4	33,1	34,2	35,6	36,9	37,5	37,7			
Coef. Var.		15,679	9,174	6,304	15,184	6,993	9,954	9,776	12,866	14,310	18,279			

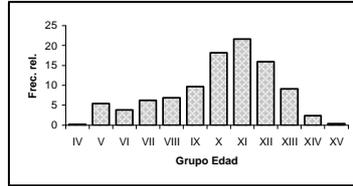


Tabla 30. Clave edad - talla de besugo hembra en el tercer trimestre de 1999.

LT (cm)	Grupo de edad											Total		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		XV	
20	1													1
21		1	1											2
22		6	1											7
23		3												3
24		3	2											5
25			5		1									6
26			3	1										4
27			2	5	2									9
28				8										8
29				2										2
30				2	6	1								9
31				2	3	1								6
32				4	3	3								10
33					9	5	7	3						24
34					2	16	16	8	7					49
35						9	15	19	13	2	2			60
36					2	4	22	22	11	2				63
37					1	5	22	19	12	7				66
38								12	17	17	4		1	51
39							2	1	9	15	3			30
40								1	5	1	3			10
41								1			1			2
Total	1	13	14	24	29	44	84	86	74	44	13	1		427
%	0,2	3,0	3,3	5,6	6,8	10,3	19,7	20,1	17,3	10,3	3,0	0,2		100,0
Lprom.		22,6	24,9	28,9	31,8	34,3	35,5	36,1	36,9	38,0	38,5			
Coef. Var.		24,500	8,568	8,038	4,479	13,721	18,094	15,863	12,069	31,423	11,765			

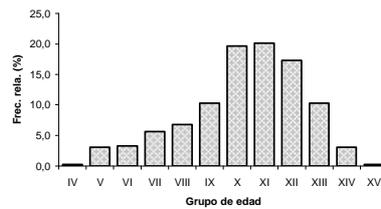


Tabla 31. Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 2006.

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD											Total	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
17													
18													
19													
20													
21			1										1
22			1	3									4
23			1	3									4
24			3	5	6								14
25			1	11	3								15
26			2	8	3								13
27				5	6	4							15
28					3	8	2						13
29					1	4	3						8
30					2	5	4						11
31						1	5	1	1				8
32						4	4						8
33						3	7	3					13
34						2	5	7	1				15
35						2	5	7	1				15
36							3	9	3				15
37							1	6	5	2			14
38						1	2	8	1				12
39							1	1	1			1	4
40													
41													
Total			9	35	24	34	42	42	13	2	1		202
%	0,0	0,0	4,5	17,3	11,9	16,8	20,8	20,8	6,4	1,0	0,5		
Lprom.			23,9	24,9	26,3	30,4	32,9	35,8	36,2				
Coef. Var.			8,350	11,797	7,268	3,886	4,329	11,140	9,097				

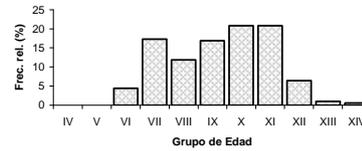


Tabla 32. Clave edad - talla de besugo hembra en el cuarto trimestre de 2006

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD											Total	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
17		1											1
18													
19													
20													
21			1										1
22				1									1
23			1										1
24			2	2	2								6
25				9	6								15
26			1	7	6								14
27			3	10	1								14
28				8	4								12
29			2	8	2								12
30				2	5								7
31					3								3
32				2	4	3							9
33				1	1								2
34					4	6	4	1					15
35					3	3	7						13
36							5	8	2				15
37							1	3	10	1			15
38							1	6	2	3	3		15
39								3	4	4			11
40									1	1			2
41										1			1
Total	1		10	50	41	12	18	21	19	10	3		185
%	0,54	0,00	5,41	27,03	22,16	6,49	9,73	11,35	10,27	5,41	1,62		
Lprom.			25,7	27,2	29,2	33,8	35,3	37,0	37,6	38,8			
Coef. Var.			0,414	0,119	0,060	2,368	1,767	1,060	1,660	3,345			

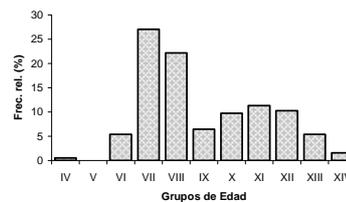


Tabla 33. Clave edad - talla de besugo macho en el tercer trimestre de 2007.

LT cm	GRUPOS DE EDAD												Total	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
20	1													1
21		12												12
22		4	2											6
23		8	3											11
24		2	1											3
25		1	4	1										6
26			6	5										11
27			3	10										13
28				1	4									5
29				4	5									9
30				5	9	2								16
31				2	8	10	2	2						24
32				2	6	11	9	2						30
33				1	2	7	27	13	1					51
34						7	20	13	6					46
35						6	14	18	9	6				53
36						2	6	21	18	8	4	1		60
37						1	6	22	17	7	1			54
38						1	4	7	16	14	3			45
39							1	9	6	5	3			24
40									5	3	1	1		10
41						1	1		1	2				5
Total	1	27	19	31	34	48	90	107	79	45	12	2		495
%	0,2	5,5	3,8	6,3	6,9	9,7	18,2	21,6	16,0	9,1	2,4	0,4		100,0
Lprom.		22,1	24,9	28,3	30,4	33,1	34,2	35,6	36,9	37,5	37,7			
Coef. Var.		15,679	9,174	6,304	15,184	9,716	11,704	9,776	13,934	18,270	18,279			

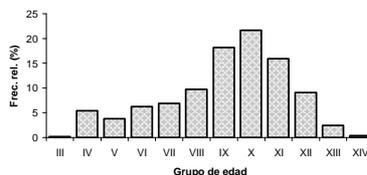


Tabla 34. Clave edad - talla de besugo hembra en el tercer trimestre de 2007.

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD												Total	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
20	1													1
21		1	1											2
22		6	1											7
23		3												3
24		3	2											5
25			5		1									6
26			3	1										4
27			2	5	2									9
28				8										8
29				2										2
30				2	6	1								9
31				2	3	1								6
32				4	3	3								10
33					9	5	7	3						24
34					2	16	16	8	7					49
35						9	15	19	13	2		2		60
36					2	4	22	22	11	2				63
37					1	5	22	19	12	7				66
38							12	17	17	4		1		51
39							2	1	9	15	3			30
40								1	5	1	3			10
41								1			1			2
Total	1	13	14	24	29	44	84	86	74	44	13	1		427
%	0,2	3,0	3,3	5,6	6,8	10,3	19,7	20,1	17,3	10,3	3,0	0,2		100,0
Lprom.		22,6	24,9	28,9	31,8	34,3	35,5	36,1	36,9	38,0	38,5			
Coef. Var.		24,500	8,568	8,038	4,479	13,721	18,094	15,863	12,069	31,423	11,765			

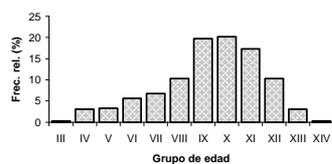


Tabla 35. Clave edad - talla de besugo macho en el cuarto trimestre de 2007.

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD												Total	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		
19		2												2
20														1
21	1	1	1	1										4
22	1	3	1											5
23			1	3										4
24		1	3	9										13
25			1	5	5									11
26			1		7									8
27				4	8	2								14
28				2	1	5	4							12
29				1		4	4	3						12
30						4		2						6
31						1	4		1					6
32						4		5	1					10
33						1	4	2	5					12
34							1	5	4	1	1			12
35								1	3	5	1	1	1	11
36									3	4	3	2		12
37								1	2	7	1	1		12
38								1	2	1				4
39								1	3					4
Total	3	7	8	25	21	21	17	21	24	18	6	4		175
%	1,7	4,0	4,6	14,3	12,0	12,0	9,7	12,0	13,7	10,3	3,4	2,3		100,0
Lprom.	21,00	21,29	23,63	24,96	26,24	29,62	30,47	32,95	35,17	36,11	35,67	36,00		
Coef. Var.	21,000	6,574	9,252	6,889	33,193	9,120	6,749	4,199	6,453	31,039	33,438	54,000		

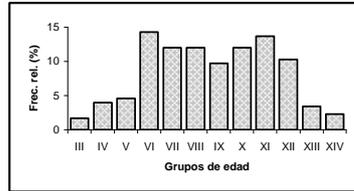


Tabla 36. Clave edad - talla de besugo hembra en el cuarto trimestre de 2007.

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD											Total		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		XV	
20	1													1
21	3													3
22														0
23														0
24			2											2
25		1												1
26		1												1
27				1										1
28				2										2
29				1	1									2
30					2	1								3
31					1	1			1					3
32							1							1
33						2	3	6	2					13
34						1	4	4	2					11
35						1	6	2	3					12
36							4	5	2	1				12
37								6	3	1				11
38								1	3	4	5		1	13
39							1	1	2	2				6
40								3	1	1				5
41										1				1
Total	4	2	2	4	4	6	19	28	19	10	5	1		98
%	4,1	2,0	2,0	4,1	4,1	6,1	19,4	28,6	19,4	10,2	5,1	1,0		100,0
Lprom.	20,75	25,50	24,00	28,00	30,00	32,67	34,74	35,82	36,05	38,40	38,00	37,00		
Coef. Var.	83,00	51,00	42,00	45,00	9,42	14,31	7,00	6,30	18,78					

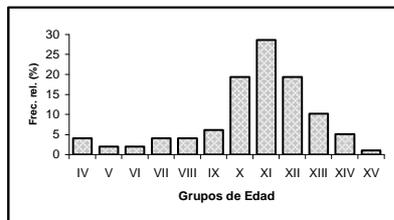
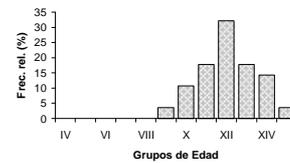


Tabla 37 Clave edad talla de besugo macho en el primer trimestre de 2008

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD										Total		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		XIV	
23				1									1
24					1								1
25								1					1
26							1						1
27							1						1
28													
29													
30													
31								1					1
32													
33									3	1			4
34									1	4	3	1	9
35								1	1		2	2	6
36										2	3		5
37										1		1	2
Total				1	1	2	3	5	8	8	4		32
%				3,1	3,1	6,3	9,4	15,6	25,0	25,0	12,5		100,0
Lprom.							30,33	33,60	34,75	35,00	35,25		
Coef. Var.													

Tabla 38 Clave edad talla de besugo hembra en el primer trimestre de 2008

LT (cm)	GRUPOS DE EDAD											Total		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		XV	
24						1								1
25														
26								1						1
27														
28														
29								1						1
30														
31								1						1
32														
33									1	2				3
34									1	3	1	1		6
35									1	1	3	2	1	8
36									1	2		1		4
37									1	1				2
38														
39											1			1
Total						1	3	5	9	5	4	1		28
%						3,6	10,7	17,9	32,1	17,9	14,3	3,6		100,0
Lprom.						24,0	28,7	35,0	34,7	35,6	35,0	35,0		
Coef. Var.						3,789	11,467	17,500	9,123	53,400				



9.4. Validación de la edad

9.4.1. Frecuencia de borde e incremento marginal

El análisis de la distribución mensual del borde considerando la información total de lecturas señala claramente la formación de un anillo anual en los otolitos compuesto por una banda opaca ancha y una hialina angosta. El hialino en el borde tiene baja presencia hasta mayo y en el mes de junio se incrementa a su valor máximo del hialino para nuevamente disminuir y mantenerse en bajos valores en los meses siguientes. En la mayor parte del año predomina el borde opaco (**Figura 16a**). Por otra parte, el incremento marginal (IM) aún cuando indica una tendencia decreciente de la tasa de incremento de la zona opaca en el borde del otolito en los meses de otoño e invierno, no sigue la tendencia que muestra la formación periódica del opaco y hialino (**Figura 16b**).

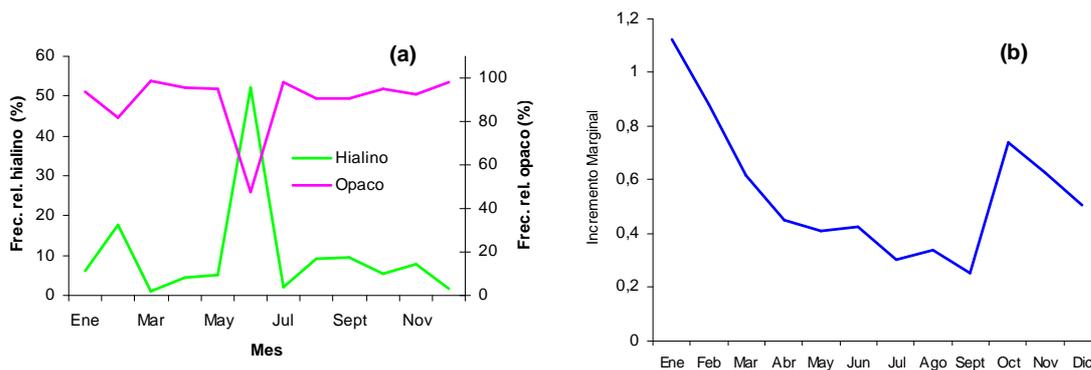


Figura 16. Distribución del borde opaco y hialino en el otolito en un ciclo anual (a) e incremento marginal (IM) del borde (b).

9.4.2. Validación del primer annulus

El otolito del besugo es una estructura heteromorfa, con un borde ventral al igual que el dorsal de tipo sinuoso, la abertura del *sulcus* es ostial presentado un *sulcus heterosulcoide*, observándose un *colliculum* heteromorfo y un *collum* ausente. El *rostrum* se presenta suavemente terminado en punta, el *antirostrum* es pequeño levemente redondeado (**Figuras 17 y 18**).

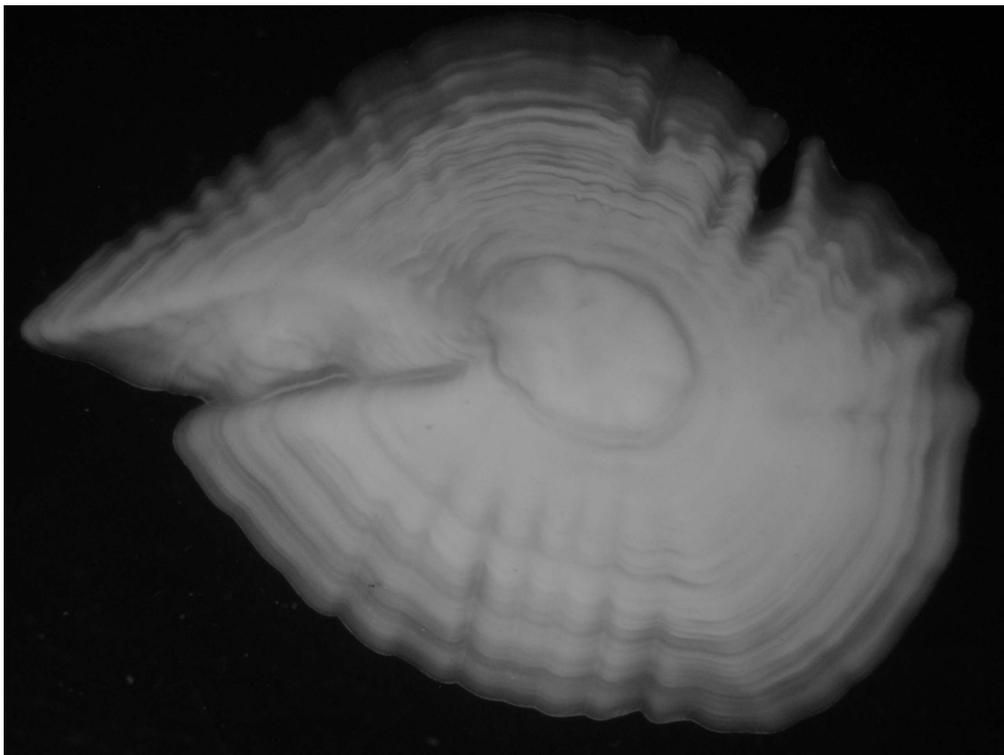


Figura 17. Cara externa del otolito *sagitta* de besugo (*Epigonus crassicaudus*)

El corte transversal realizado a los otolitos de besugo permitió obtener un estrecha relación entre la contabilización de los microincrementos desde el centro al primer annulus al tener el mismo plano de lectura de los *annuli* (**Figura 19**).

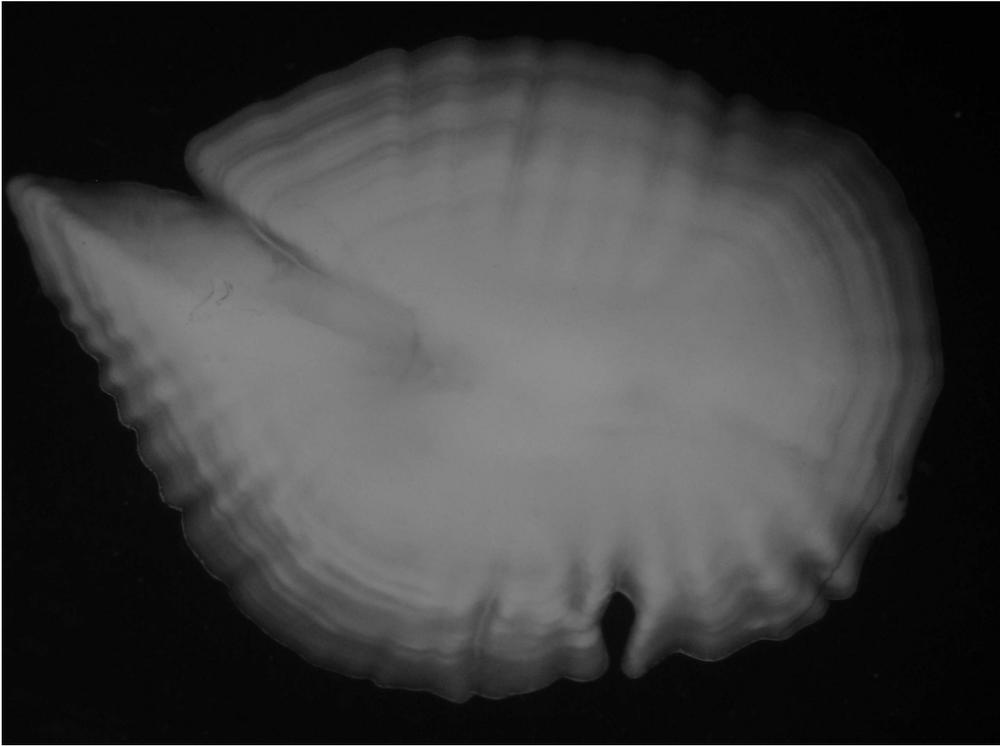


Figura 18. Cara interna del otolito *sagitta* de besugo (*Epigonus crassicaudus*)

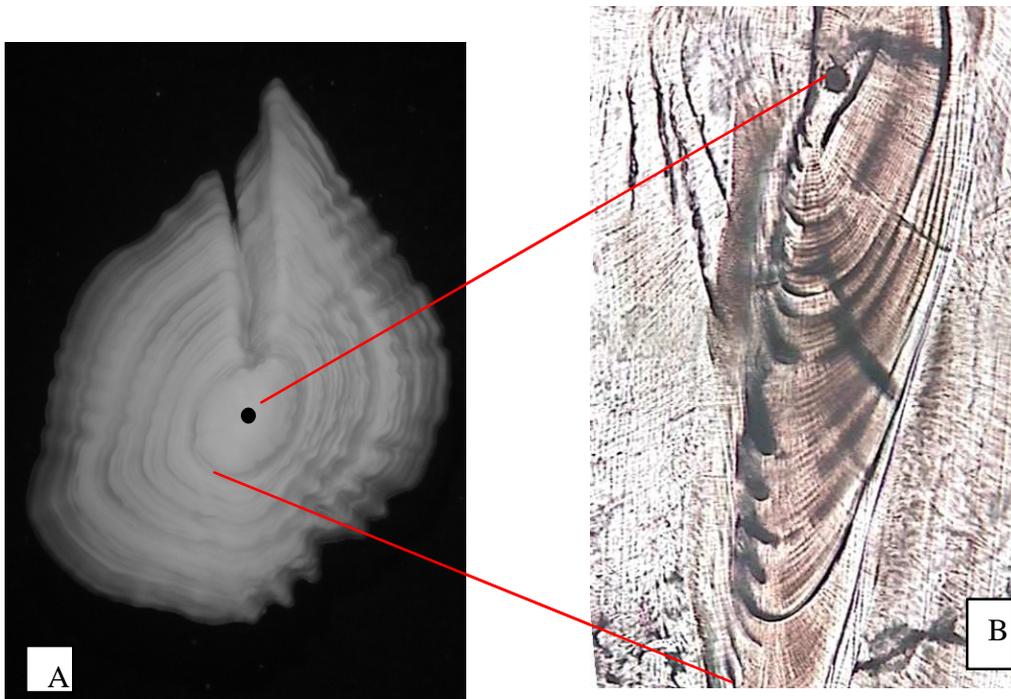


Figura 19. Fotografías de otolitos de besugo donde se observa la distancia macroscópicamente entre el centro y el primer *annulus* (A), relacionado con la distancia microscópicamente entre el centro y el primer *annulus*, (A) aumento 10X0, 63 (B) aumento 400x.

Las lecturas como se mencionó anteriormente fueron hechas directamente al microscopio óptico, debido a que fue difícil obtener fotografías donde se observaran en su totalidad los incrementos, esto se refiere a que no es imposible observar de una sola vez todos los microincrementos en su eje de crecimiento, para ello debe haber un manejo del tornillo de enfoque del microscopio, además de todos sus componentes en general, lo cual no se puede plasmar en una sola fotografía.

Fue posible observar claramente el patrón de formación de los microincrementos alrededor del centro (**Figura 20**), distinguiéndose claramente las zona-D y zona-L (**Figura 21**), la amplitud o ancho promedio de los microincrementos observados fue de aproximadamente $2,2 \mu\text{m}$ a una distancia del centro que se encuentra entre los $65 \mu\text{m}$ y $265 \mu\text{m}$; de $3,1$ entre los $300 \mu\text{m}$ y $570 \mu\text{m}$ y de $3,6$ entre los $600 \mu\text{m}$ y $1300 \mu\text{m}$.

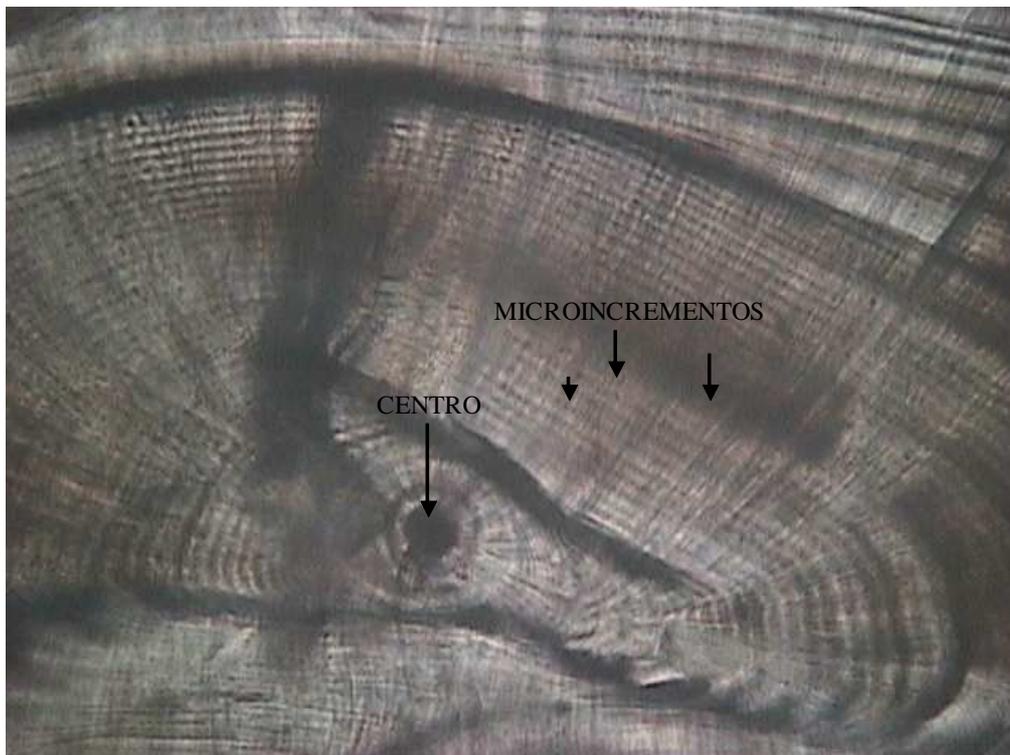


Figura 20. Microfotografía de otolito de besugo donde se observa el centro y disposición de los incrementos (100X).

Las observaciones en el MEB muestran el patrón que observamos en el microscopio óptico, microincrementos alrededor del centro, zona -D y zona L (**Figura 22, 23, 24**). Como resultados de estas observaciones y mediciones se estimó que la amplitud de los microincrementos es mayor a $1 \mu\text{m}$.

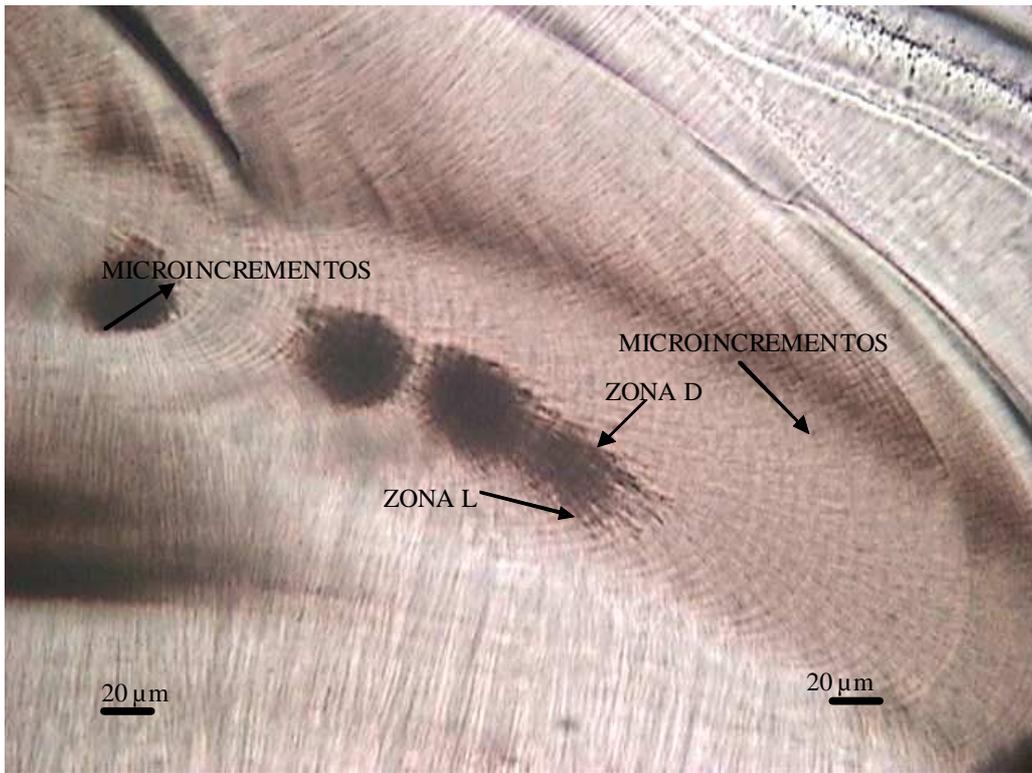


Figura 21. Microincrementos presentes en el otolito de besugo mostrando su disposición (400X)

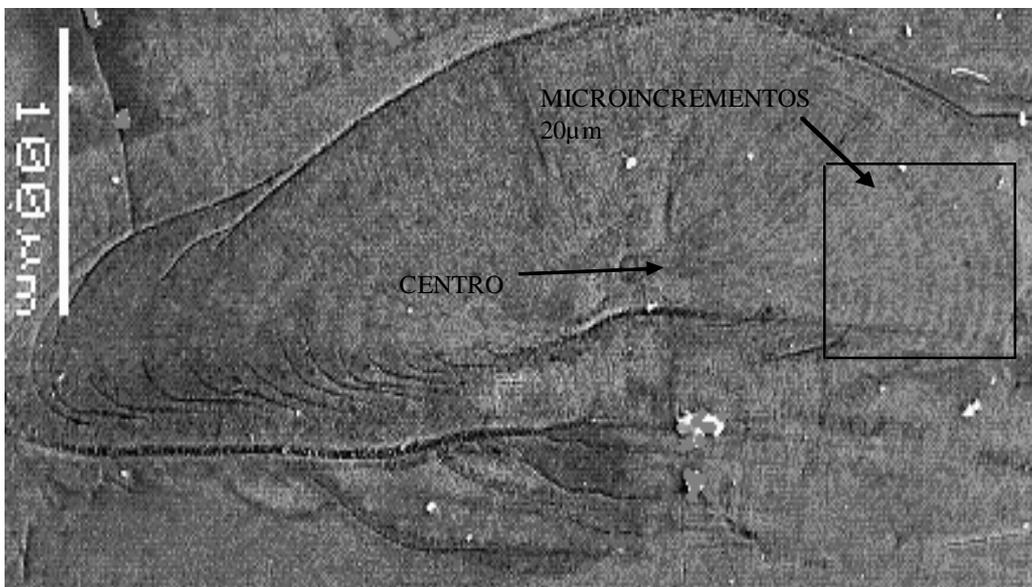


Figura 22. Fotografía de otolitos de besugo tomada en microscopio electrónico de barrido para la observación de los microincrementos, 1200X.



Figura 23. Fotografía de otolito de besugo en MEB, aumento 1500X, representa el cuadro de la fotografía anterior.

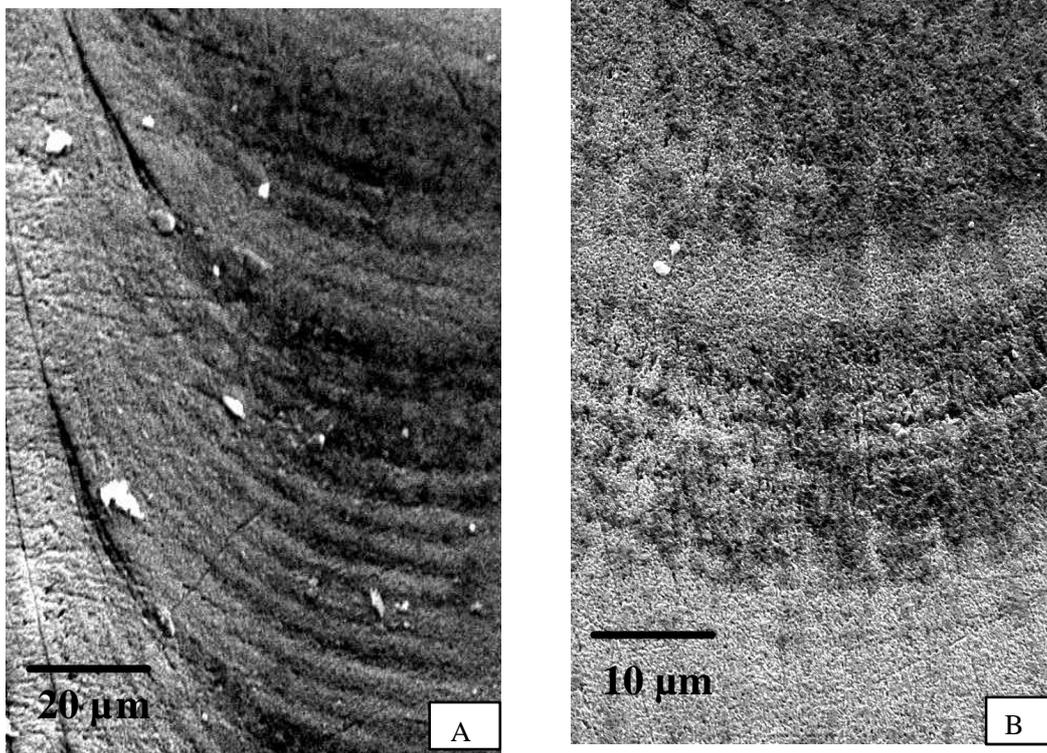


Figura 24. Fotografía de otolito de besugo en MEB, aumento: A) 1200x y B) 1500X.

La distancia promedio desde el centro del otolito hasta 365 microincrementos en besugo fue de 1332,7 μm con d.e. 163,2, de acuerdo a la distancia que se obtuvo del primer annulus, este resultado se encuentra dentro del intervalo de predicción (**Figura 25**). Las lecturas realizadas indican que existe una correspondencia entre esta distancia y el número de microincrementos.

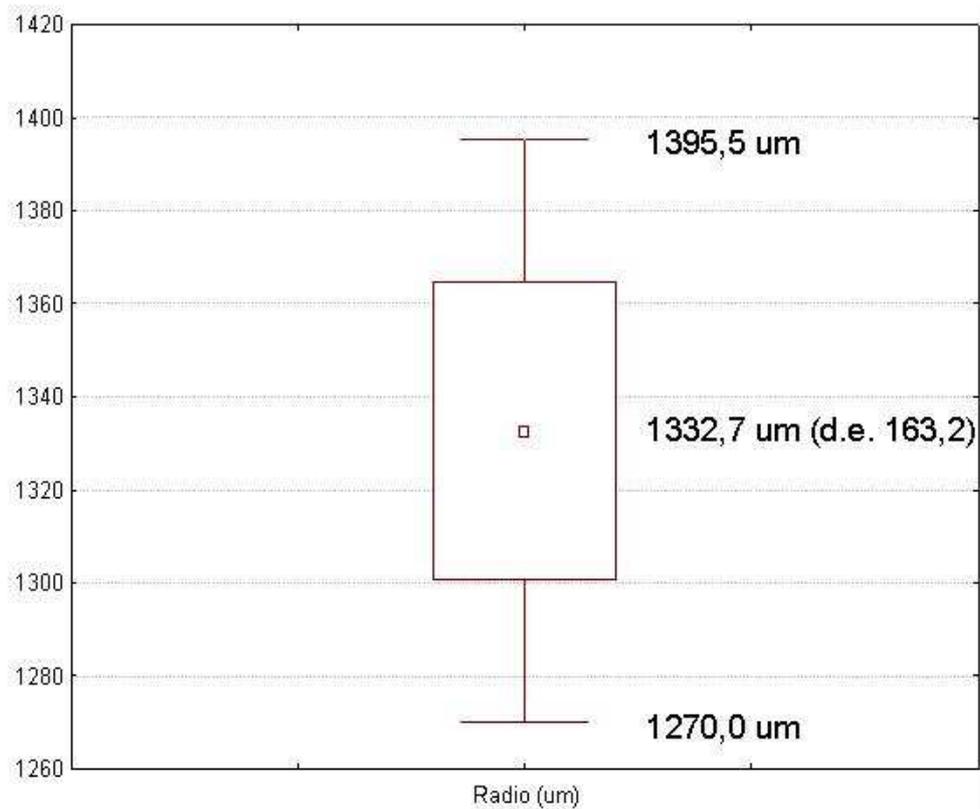


Figura 25. Box-Plot donde se muestra la media del número de microincrementos, la desviación estándar (d.e.) y los límites de confianza.

9.4.3. Análisis de frecuencia de tallas mediante MULTIFAN

Los resultados del análisis de frecuencia de tallas de *E. crassicaudus* según MULTIFAN se resumen en la **Tabla 39**, que ilustra la log-verosimilitud para la combinación entre el número de clases de edad y el número de parámetros estructurales que definen cada modelo de crecimiento. En el caso del Modelo I, que es el más simple en términos estructurales, indicó que en los datos de frecuencia de tallas hubo un incremento significativo en la razón de log-verosimilitud hasta 10 clases de edad. No obstante en los modelos subsiguientes se verificó un incremento significativo hasta la edad 11, siendo entre ellos el más parsimonioso el Modelo II que toma en cuenta cambios en la desviación estándar de la longitud a la edad. En consecuencia, el Modelo II con 11 clases de edad es el más verosímil según los datos de frecuencia de tallas utilizados (**Figura 26**).

Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) indican una longitud asintótica de 45,8 cm y $K = 0,162 \text{ año}^{-1}$ (**Tabla 40**). La edad estimada para el primer grupo de edad alcanza a 2,77 años y una longitud promedio a esa edad de 16,6 cm LT. Se debe tener presente que MULTIFAN solo estima edades relativas. No obstante, los parámetros de crecimiento aquí estimados permiten validar el crecimiento en longitud del besugo (**Figura 27**), más no así la edad.

Tabla 39. Resumen de las pruebas de hipótesis para el ajuste de cuatro modelos para analizar los datos de frecuencia de tallas de besugo (*Epigonus crassicaudus*) en la zona centro-sur de Chile. Se muestra dos veces el valor de la log-verosimilitud para cada modelo y el número de parámetros estimados entre paréntesis. La función de log-verosimilitud subrayados indica el mejor ajuste de cada modelo y los valores en negrita indican el mejor modelo entre los cuatro en competencia.

age- classes	MODELOS			
	I	II	III	IV
7	11404.51 (94)	11404.45 (95)	11404.51 (95)	11418.10 (96)
8	11542.84 (109)	11577.51 (110)	11543.50 (110)	11579.32 (111)
9	11727.88 (124)	11727.64 (125)	11716.42 (125)	11727.64 (126)
10	<u>11818.05</u> (139)	11819.90 (140)	11818.05 (140)	11819.90 (141)
11	11831.81 (154)	11880.80 (155)	<u>11830.69</u> (155)	<u>11870.70</u> (156)
12	11885.90 (169)	11897.70 (170)	11885.90 (170)	11892.33 (171)

Tabla 40. Besugo, parámetros de crecimiento y estructurales estimados por MULTIFAN, con errores estándar entre paréntesis.

Parámetros		Unidad	Media
Longitud asintótica	L_{∞}	cm	45.8 (0.064)
Coefficiente de crecimiento	K	yr ⁻¹	0.162 (0.001)
Longitud media de la primera clase de edad en el “Mes 1”	l_1	cm	16.6 (0.031)
Longitud media de la última clase de edad en el “Mes 1”	l_m	cm	40.0 (0.015)
Edad estimada de la primera clase de edad	t_1	yr	1.24 (0.018)
Desviación estándar promedio		cm	1.08 (0.017)
Razón DS	λ_2		0.759 (0.012)
Sesgo por selección 1ra longitud	b_1		-
Número de clases de edad en los datos de frecuencia de tallas			11
MODELO			(2)
log-likelihood			11880.80
Número de clase de talla no vacíos			300
Número de parámetros estimados			155
Grados de libertad			145

De acuerdo con la ecuación empírica de Pauly (1979) para estimar t_0 , a partir de L_{∞} y K , se tiene la siguiente ecuación de crecimiento:

$$l_t = 45,8 \times [1 - \exp(-0,162 \times (t + 0,936))]]$$

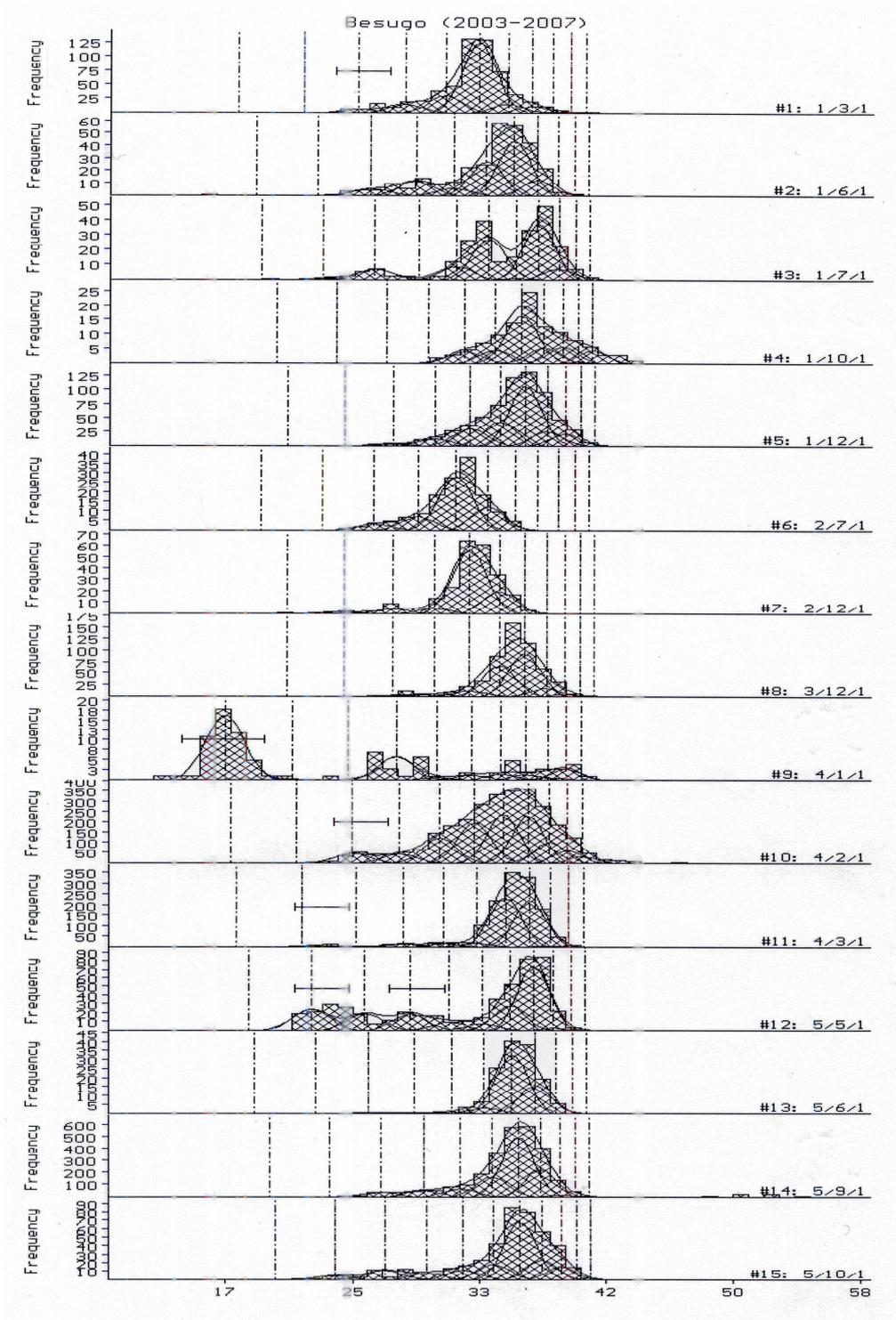


Figura 26. Ajuste de curvas normales a datos de composición de tamaños de besugo mediante MULTIFAN.

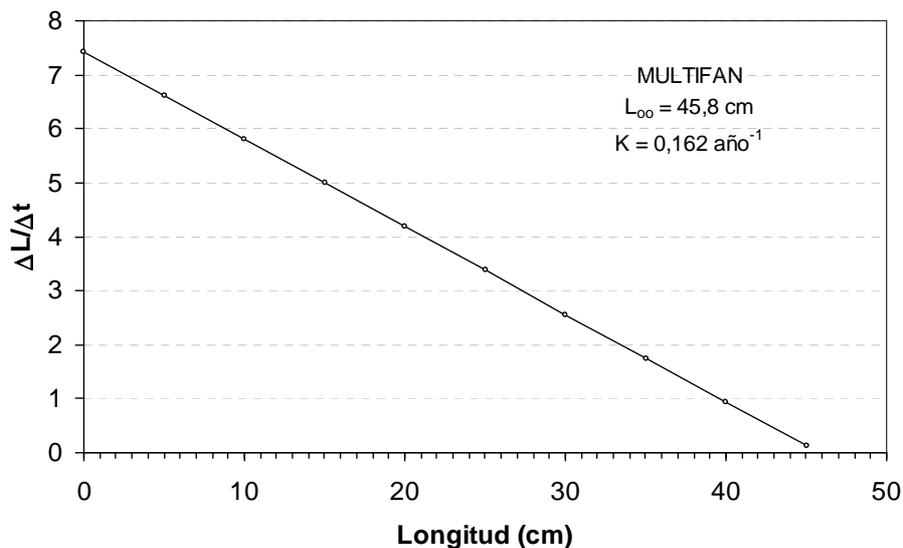


Figura 27. Tasa de crecimiento en longitud de besugo (*E. crassicaudus*) en la zona centro-sur de Chile, deducida del análisis de frecuencia de tallas con MULTIFAN.

9.4.4. Radiometría

9.4.4.1 Limpieza

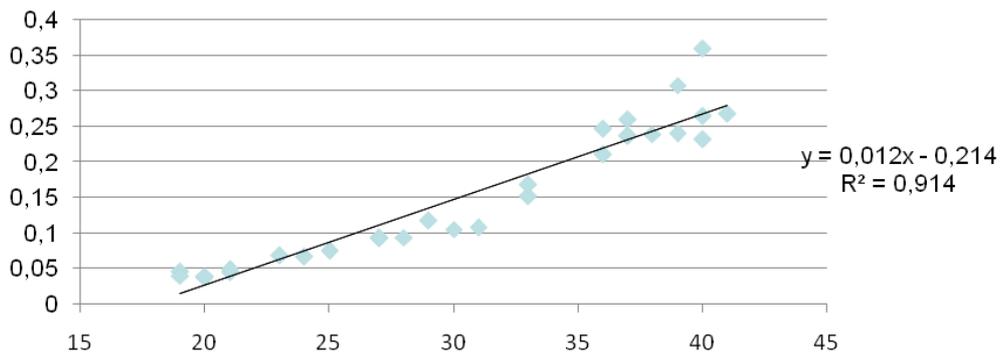
En la **Tabla 41** se presenta un resumen de los resultados de los diferentes tratamientos utilizados para limpiar los otolitos de besugo. Como criterio de aceptación se utilizó el pH final de la solución, el que tenía que ser básico, para asegurar que no había disolución del CaCO_3 . Además, se consideró como criterio adicional el procedimiento que generara menor variación del peso seco del otolito antes y después del tratamiento. El método que demostró ser el más adecuado para el tratamiento de los otolitos fue el No. 6, i.e., utilización de Hipoclorito de Na, con pH final de la solución cercano a 10.

Se estableció la relación entre el peso del otolito y la longitud del pez, aceptándose que conforme la longitud del pez se incrementa el peso del otolito también se incrementa (**Figura 28**). Esta relación permite concluir que no hay pérdida de material en el otolito con el tamaño del pez.

Tabla 41. Pruebas de tratamiento de limpieza de los otolitos de besugo.

Correlativo	Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia (g)	Variación (%)	Observaciones	Conclusion
1	Peróxido de hidrogeno	0,2736	0,2698	-0,0038	-1,39	pH= 4	Se descarta
2	Hipoclorito de Na-1	0,2830	0,2827	-0,0003	-0,11	pH= 10	Se descarta
3	Trione	0,2317	0,2300	-0,0017	-0,73	pH= 5	Se descarta
4	Perclorato de Na-1	0,2937	0,2913	-0,0024	-0,82	pH= 7	Se descarta
5	Perclorato de Na-2	0,2420	0,2418	-0,0002	-0,08	pH= 7	Se descarta
6	Hipoclorito de Na-2	0,2852	0,2849	-0,0003	-0,11	pH= 10	Se utiliza

Longitud (cm)/Peso 1 (g)



Longitud (cm)/Peso 2 (g)

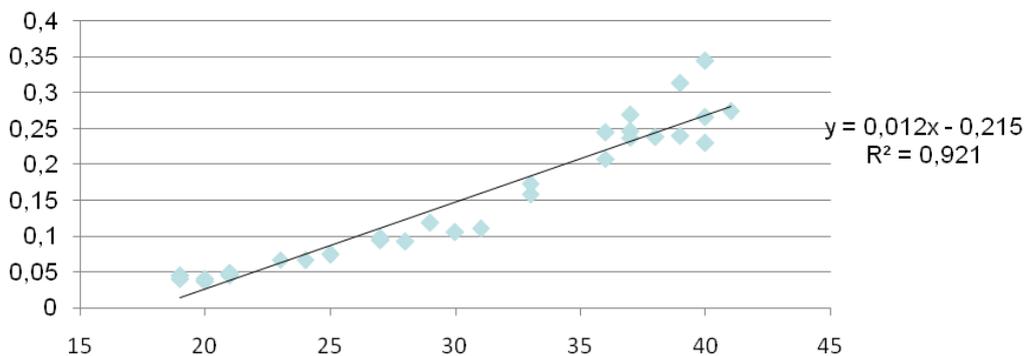


Figura 28. Relación entre el peso del otolito y la longitud del pez. Peso 1 y peso 2 se refiere al otolito derecho e izquierdo.

Finalmente, se establecieron los criterios para el agrupamiento de los otolitos de besugo. Se destaca que el análisis radiométrico dará una edad promedio para el grupo de otolitos más que una edad individual. De esta manera, se determinará la edad a 9 muestras, de las cuales 4 corresponderán a hembras y 5 a machos (**Tabla 42**). La primera muestra reflejará el crecimiento de la fracción inmadura (< 25 cm), y el resto representará la fase de crecimiento más lenta. Si el besugo tiene una longevidad mayor que la determinada mediante conteo de anillo, entonces se espera poder detectar diferencias significativas entre las muestras 4 y 2, y 4 y 3. Las lecturas serán informadas en el informe final, ya que aún se encuentra en proceso por disponibilidad del laboratorio.

Tabla 42. Agrupación de otolitos por tamaño y sexo para la lectura radiométrica.

nº	Nº registro	Longitud	Peso otolito 1 (g)	Peso otolito 2 (g)	Peso pez (g)	Sexo	Fecha	Identificación muestra
1	72	20	0,0398	0,0398	88,8	H	09-10-2007	MUESTRA 1
2	79	21	0,0449	0,0445	106,4	H	09-10-2007	
3	71	21	0,0498	0,0491	133,2	H	09-10-2007	
4	76	21	0,0465	0,0461	111,1	H	09-10-2007	
5	10	24	0,0671	0,0656	172,9	H	20-08-2007	
6	11	25	0,0752	0,0744	194,8	H	20-08-2007	
7	80	27	0,0928	0,0936	232,8	H	05-10-2007	
8	27	28	0,0938	0,0919	254,1	H	05-10-2007	MUESTRA 2
9	36	29	0,1177	0,1185	326,6	H	24-10-2007	MUESTRA 3
10	37	31	0,1078	0,1097	386,5	H	24-10-2007	
11	10	33	0,1522	0,1572	451,8	H	05-10-2007	
12	108	36	0,2469	0,2442	582,9	H	09-10-2007	MUESTRA 4
13	90	40	0,3592	0,334	766,4	H	09-10-2007	
14	15	40	0,2315	0,2291	763,3	H	09-10-2007	
15	46	40	0,2644	0,2657	693,1	H	09-10-2007	
16	5	41	0,2679	0,2734	735,1	H	26-11-2007	MUESTRA 5
19	74	20	0,0374	0,0366	102,7	M	09-10-2007	
20	75	21	0,0487	0,0481	116,5	M	09-10-2007	
21	35	23	0,0688	0,0669	164,7	M	20-11-2007	MUESTRA 6
22	52	25	0,076	0,0742	200	M	09-10-2007	
23	15	27	0,0932	0,0973	242,5	M	20-11-2007	MUESTRA 7
24	48	30	0,1053	0,1048	302,9	M	09-10-2007	
25	2	33	0,1684	0,1725	412	M	05-10-2007	
26	41	36	0,211	0,2072	560,1	M	05-10-2007	MUESTRA 8
27	57	37	0,237	0,2366	566,8	M	09-10-2007	
28	39	37	0,2593	0,2683	567,3	M	05-10-2007	
29	36	38	0,2394	0,2374	594,7	M	26-11-2007	
30	115	39	0,2397	0,2391	587,5	M	09-10-2007	
31	54	39	0,3081	0,3131	661,5	M	05-10-2007	
32	19	37	0,2372	0,2459	530,8	M	26-11-2007	
1	1	19,5	0,0431	0,0428	66,26	M	MUESTRA 9	
2	2	19	0,0346	0,0342	66,86	IN		
3	3	17,7	0,0289	0,029	51,06	M		
4	4	18,6	0,0355	0,0344	60,05	IN		
5	5	19,2	0,0425	0,042	70,52	M		
6	6	18,1	0,0329	0,034	59,26	M		
7	7	18,2	0,037	0,0367	58,76	M		
8	8	14,2	0,0234	0,0238	26,95	IN		
17	7	19	0,0456	0,0448	86,7	M		20-08-2007
18	2	19	0,0401	0,0401	81,4	M		20-08-2007

9.4.4.2 Relación masa otolito versus tallas

En la **Figura 29** se presenta la relación entre la masa de otolitos y las tallas de peces consideradas para la determinación radiométrica de las edades. En esta figura se puede apreciar que el aumento de la masa de los otolitos de acuerdo a las tallas seleccionadas para la determinación de ^{210}Pb y ^{226}Ra en ellos sigue una curva exponencial con un R^2 de 0,981. Esta relación significa que el pez puede estar acumulando material calcáreo en los otolitos así como pasa el tiempo y con ello la incorporación de radioisótopos, pero no experimenta, necesariamente, un crecimiento en longitud.

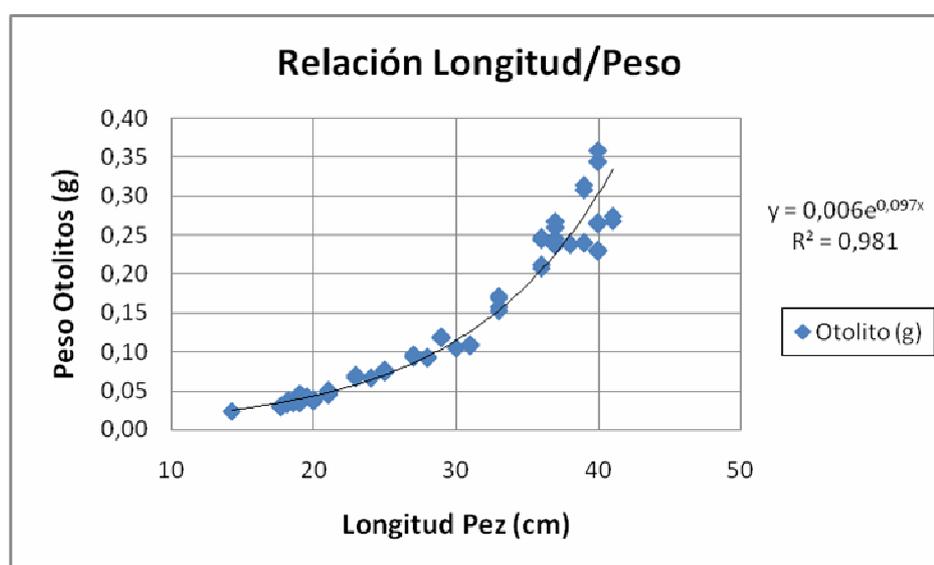


Figura 29. Relación entre el peso de los otolitos y el aumento de la talla.

9.4.4.3 Determinación de radioisótopos

La cuantificación de los dos isótopos empleados se hizo sobre las nueve muestras que cubrían un rango de tamaños de menores a 41 cm hasta 14 cm de longitud. En la **Tabla 43** se presentan los resultados de las determinaciones de ^{210}Pb y ^{226}Ra corregidos a los tiempos de colecta, depositación y conteo, realizadas en los otolitos de las tallas de peces señaladas en la **Tabla 42**. Las actividades obtenidas están dentro del rango informados en la literatura para el caso del ^{210}Pb (e.g., [Bennett et al. 1982](#); [Fenton et al. 1991](#)). No obstante en el caso del ^{226}Ra las actividades medidas son mayores que las informadas en la literatura citada. Esto se puede explicar por los distintos contenidos de Ra en el ambiente en que viven estos peces, pero cuando este se fija en la estructura calcárea comienza a decaer a ^{210}Pb con su λ típico, explicando la baja actividad de este radioisótopo.

Tabla 43.- Actividad de ^{210}Pb y ^{226}Ra por masa de otolito

Muestra Identificación	Longitud (cm)	Masa otolitos (g)	No. Otolitos	Sexo Muestra ⁽¹⁾	^{210}Pb (dpm g ⁻¹)	^{226}Ra (dpm g ⁻¹)
1	20 - 25	0,6428	6	H	0,012±0,0004	0,015±0,0006
2	27 - 29	0,6083	3	H	0,020±0,0006	0,051±0,0031
3	31 - 33	0,5269	2	H	0,022±0,0004	0,040±0,0008
4	36 - 41	2,7163	5	H	0,016±0,0002	0,010±0,0007
9	14 - 19	0,7254	10	M ⁽²⁾	0,044±0,0013	0,080±0,0040
5	20 - 23	0,3065	3	M	0,014±0,0006	0,022±0,0007
6	25 - 27	0,3407	2	M	0,030±0,0003	0,087±0,0052
7	30 - 33	0,5510	2	M	0,015±0,0001	0,028±0,0011
8	36 - 37	3,4793	7	M	0,015±0,0002	0,008±0,0004

(1): H: Hembra; M: Macho; (2): Algunos ejemplares con sexo indeterminado

9.4.4.4 Determinación de edades radioquímicas.

En la **Tabla 44** se presentan las edades de estimadas para machos y hembras de besugo, utilizando los otolitos enteros, por lo tanto se informan como edades promedios, las que se estiman a partir del grado de aumento de ^{210}Pb en los otolitos, asumiendo un valor inicial de la razón $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ igual a 0.05, que es el valor asumido generalmente en la bibliografía (Bennet *et al.* 1982, Stewart *et al.* 1995). La razón $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ varía entre 0,055 y 0,312 para los peces (machos) de menor longitud analizados (< a 20 cm) y para los peces (hembras) de mayor longitud (36 – 41 cm), respectivamente. Esto permite calcular edades que varían entre los 2 años para los peces más pequeños y 12 -13 años para los más grandes, considerando el error del cálculo basado en la incertidumbre del conteo de los radioisótopos.

Tabla 44. Edades radiométricas calculadas para diferentes clase de tamaño de besugo.

Identificación Muestra	Longitud (cm)	No. otolitos analizados	$^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$	$^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ Prom/Otolito	Edad promedio otolitos (años)
1	20 - 25	6	0,842	0,140	5,1±0,3
2	27 - 29	3	0,383	0,128	5,8±0,4
3	31 - 33	2	0,542	0,271	10,7±0,5
4	36 - 41	5	1,560	0,312	12,7±0,3
9	14 - 19	10	0,553	0,055	1,9±0,1
5	20 - 23	3	0,629	0,210	8,0±0,6
6	25 - 27	2	0,346	0,173	6,4±0,2
7	30 - 33	2	0,515	0,257	10,1±0,3
8	36 - 37	7	2,036	0,291	11,7±0,5

9.5. Crecimiento

9.5.1. Longitud a la edad actual

La información disponible de las lecturas de edad de otolitos enteros hidratados correspondió al rango de grupos de edades 3-14 en ambos sexos. No obstante, la edad 3 estuvo escasamente representada (4 datos en machos y 1 en hembras). Dado el sesgo observado no se ajustaron curvas de crecimiento con esta información.

9.5.2. Longitud a edades pretéritas (retrocálculo)

9.5.2.1 Relación longitud total de pez versus el radio del otolito

Para los años analizados se determinó la relación entre la longitud total del pez y el radio del otolito (distancia núcleo a borde caudal). Del análisis de los gráficos de dispersión se observó un mejor ajuste de la función potencial que la lineal ($>R$), además se consideró que la proyección de la línea se acerca más al punto origen. Para comparar ambas series de datos se realizó un análisis de regresión múltiple para machos y hembras y un análisis de varianza para comparar las pendientes e interceptos de ambas regresiones. Las regresiones fueron ajustadas en forma no lineal por sexo y total

Los resultados señalaron que existen diferencias significativas en los interceptos ($p < 0,0001$) y pendientes ($p < 0,0001$) de ambos sexos. En la **Tabla 45** se entrega información estadística del análisis de regresión para besugo. La representación gráfica de las líneas de regresión se muestra en la **Figura 30**, también se incluye un gráfico para ambos sexos combinados con su correspondiente ecuación (**Figura 31**).

Tabla 45. Resumen de los estadísticos de la regresión potencial entre la longitud total del pez y el radio del otolito para besugo macho y hembra

	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	LI (95%)	LS (95%)	R ²
macho	a	0,47081	0,12	-1,15	-0,67	0,80
	b	1,07847	0,03	0,17	0,29	
hembra	a	1,17103	0,08	-0,03	0,34	0,82
	b	0,85119	0,02	0,80	0,90	
Ambos	a	0,66944	0,03	0,59	0,76	0,77
	b	0,99016	0,02	0,96	1,02	

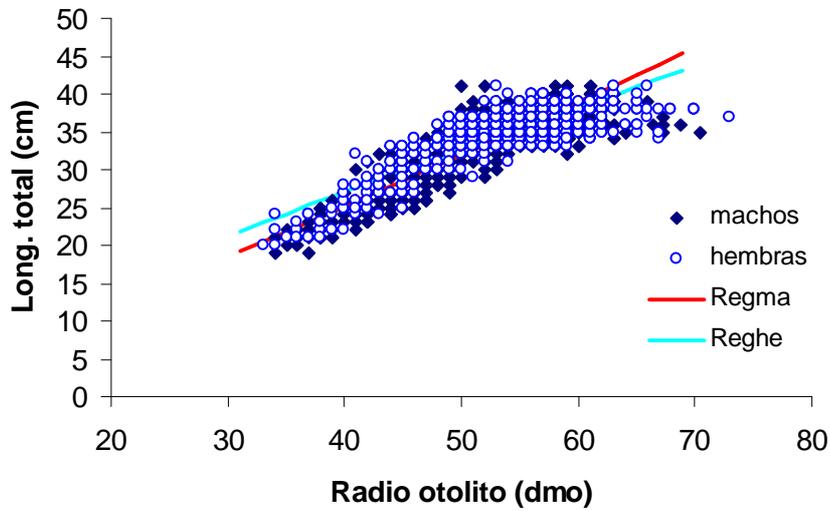


Figura 30. Regresión longitud pez versus radio del otolito en besugo macho y hembra.

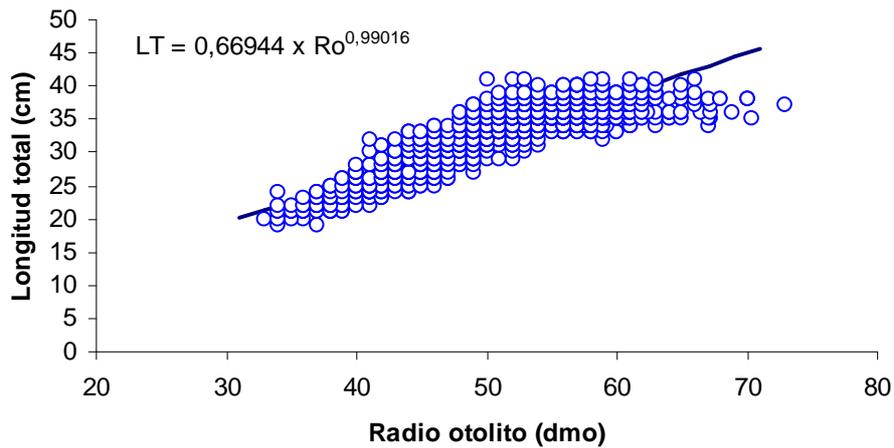


Figura 31. Regresión longitud pez versus radio del otolito en besugo total.

9.5.2.2 Retrocálculo de longitudes

Las longitudes de los peces al tiempo de formación de los distintos anillos fueron estimadas con la expresión potencial corregida que considera la variabilidad individual de las tasas de crecimiento para cada sexo.

Las longitudes totales promedios observadas y retrocalculadas corregidas se entregan en las **Tablas 46 y 47** para machos y hembras, respectivamente.

Tabla 46. Longitudes promedios observadas y retrocalculadas a la edad (L.R) para besugo macho de la zona centro-sur de Chile.

DATOS OBSERVADOS					EDAD (años)													
Edad (años)	n	L (promedio)	DS	CV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	6	21,2	1,1	0,05	6,3	14,7	18,7											
4	28	22,5	1,8	0,08	6,4	13,4	17,6	20,9										
5	57	24,9	2,0	0,08	6,4	13,1	17,6	20,8	23,1									
6	41	27,3	3,2	0,12	6,8	13,7	18	21,5	23,9	26,4								
7	30	28,9	4,0	0,14	6,7	13,5	18	21,2	23,7	25,9	27,9							
8	28	31,2	3,3	0,11	7,2	14,7	19,2	22,2	24,7	27	28,9	30,9						
9	20	31,1	2,7	0,09	7,1	14,6	18,9	21,9	24,4	26,6	28,6	30,7	32,7					
10	20	33,3	2,6	0,08	7,1	14,6	18,9	21,9	24,3	26,5	28,5	30,6	32,6	34,5				
11	23	35,3	2,2	0,06	7,1	14,4	18,5	21,3	23,7	25,9	27,8	29,8	31,8	33,9	35,7			
12	18	36,1	1,1	0,03	6,8	13,3	17,6	20,2	22,5	24,7	26,7	28,6	30,6	32,6	34,6	36		
13	6	35,7	1,0	0,03	6,5	13	17	19,6	21,9	23,7	25,6	27,2	29	31,1	33,2	34,7	36,4	
14	4	36,0	0,8	0,02	6,3	12,7	16,2	18,3	19,9	23,9	23,2	27,7	26,1	28,9	30,1	33,7	34,5	35,5
				LR(promedio)	6,9	14,1	18,4	21,4	23,9	26,2	28,1	30,1	31,9	33,7	35	35,7	36	35,5
				D.S	0,75	1,6	1,62	1,72	1,89	2,07	2,23	2,34	2,43	2,3	2,26	1,96	2,31	2,03
				C.V	0,11	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06
				n	669	615	649	652	601	555	520	467	401	281	172	78	21	6

Tabla 47. Longitudes promedios observadas y retrocalculadas a la edad (L.R) para besugo hembra de la zona centro-sur de Chile.

DATOS OBSERVADOS					EDAD (años)													
Edad (años)	n	L (promedio)	DS	CV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	4	20,8	0,5	0,02	8,0	15,9	18,7											
4	19	22,4	1,6	0,07	8,2	15,2	18,8	21,2										
5	40	23,0	1,2	0,05	8,8	15,9	19,6	22,1	24,3									
6	77	25,3	1,73	0,07	9,4	16,9	20,7	23,5	25,7	27,8								
7	17	29,5	1,7	0,06	9,7	18	22,1	24,9	27	29,2	31							
8	34	34,4	1,8	0,05	9,9	17,4	22	24,9	27,3	29,4	31,3	33,2						
9	78	35,1	1,3	0,04	10,1	17,7	22,1	25	27,3	29,4	31,4	33,1	34,7					
10	45	36,2	1,9	0,05	10,0	17,1	21,4	24,1	26,3	28,3	30,1	32	33,7	35,1				
11	20	36,5	2,1	0,06	9,7	16,9	20,8	23,6	25,7	27,7	29,5	31,3	32,9	34,3	35,8			
12	11	38,4	1,4	0,04	9,7	16,5	20,3	23,2	25,3	27,3	29,1	30,8	32,4	34	35,4	36,7		
13	5	38,0	0,0	0,00	9,6	16,8	20,4	22,9	24,7	26,4	28,1	29,7	31,3	32,8	34,4	35,9	37,3	
14	1	37	0,0	0,00	8,7	15,1	18,8	21,4	23	24,2	26	27,4	28,7	30,5	31,9	33,3	34,8	36,2
				LR(promedio)	9,7	17,0	21,1	23,9	26,2	28,3	30,1	31,9	33,3	34,4	35,4	36,3	36,6	36,2
				D.S	0,83	1,66	1,8	1,84	1,9	2,01	2,03	2,11	2,05	2,02	2,01	1,95	1,88	1,14
				C.V	0,09	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03
				n	530	486	515	521	484	472	445	415	362	287	182	90	27	7

9.5.3. Estimación de parámetros de crecimiento

9.5.3.1 Función de crecimiento estándar de von Bertalanffy (FCVB)

Crecimiento ajustado con longitud a la edad actual

Los parámetros de crecimiento en longitud se ajustaron para rangos de edades entre 3 y 14 años en los machos y entre 3 y 15 años en las hembras. En este último caso se contó con una observación para la edad

3 y la 15. El ajuste no lineal de ambas variables dio lugar al siguiente cuadro con los valores de los parámetros de crecimiento en longitud de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy:

	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	Lim. Inf. (95%)	Lim. Sup. (95%)
Macho	Loo	40,3	0,452736	39,4	41,1
	K	0,22867	0,013064	0,20305	0,25429
	to	0,71948	0,191349	0,3	1,1
Hembra	Loo	39,9	0,323141	39,3	40,5
	k	0,27020	0,013433	0,24385	0,29654
	to	1,31290	0,167769	0,98383	1,64197

Las curvas ajustadas y las observaciones se muestran en la **Figura 32**, donde se puede apreciar que el sesgo en las tres primeras edades influyó en la estimación de la pendiente (K) e intercepto de las curvas (to) entregando un valor negativo para la longitud a la edad 1 en hembras.

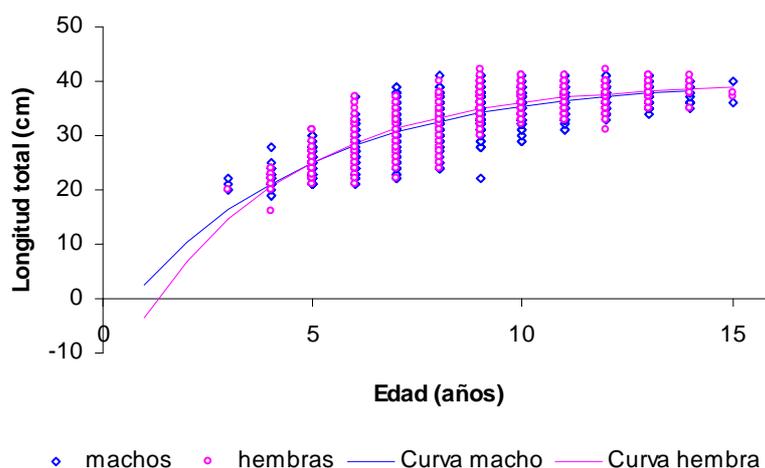


Figura 32. Curvas de crecimiento en longitud de besugo ajustadas con información de longitud a la edad actual

Crecimiento ajustado con longitud retrocalculada a la edad

En el ajuste de los parámetros de crecimiento en longitud a partir de la información de edad y longitud total se empleó el modelo genérico de [Schnute \(1981\)](#) para cuatro casos o submodelos que de acuerdo a los valores de los parámetros a y b corresponden a: el clásico de von Bertalanffy ($a>0$, $b=1$), el generalizado de von Bertalanffy ($a>0$, $b>0$), el de Gompertz ($a>0$, $b=0$) y el potencial ($a=0$, $b=0$).

El ajuste no lineal estándar permitió estimar los parámetros de crecimiento en longitud, seleccionándose finalmente el submodelo que representa la ecuación clásica de von Bertalanffy (Caso 1) cuyas sumas de cuadrados residuales (SCR) fueron menores al resto, presentando además un mayor R^2 . También el criterio de selección AIC indica que este modelo tiene un mayor bondad de ajuste. En las **Figuras 33 y 34** se muestran las curvas ajustadas con los diferentes modelos considerados y en la **Tabla 48** se entregan las sumas de cuadrados residuales, coeficientes de determinación estimados para cada caso y el valor de AIC. En las **Tablas 49 y 50** se entregan los valores estimados de longitud-edad.

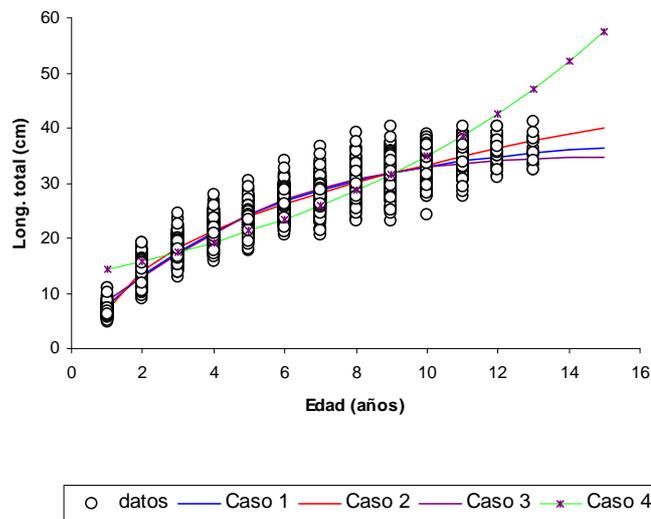


Figura 33. Curvas de crecimiento ajustadas para besugo macho.

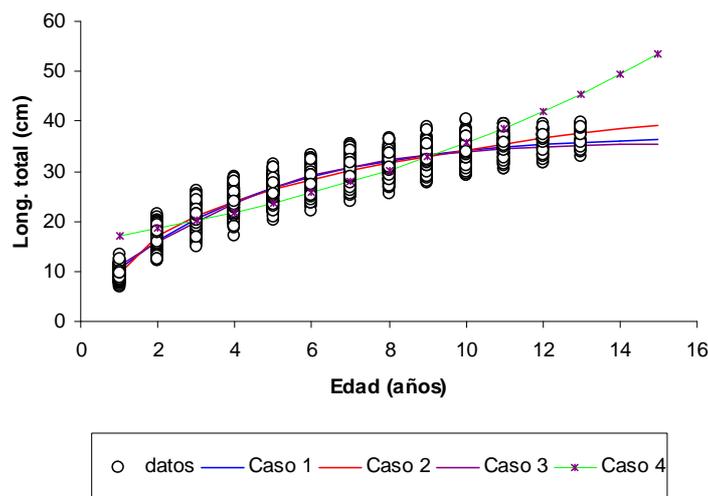


Figura 34. Curvas de crecimiento ajustadas para besugo hembra.

Tabla 48. Residuales entre valores de longitud-edad observados y calculados en el ajuste por diferentes modelos, coeficiente de determinación y criterio Akaike para selección de modelo.

	Sub-modelos	macho			hembra		
		Residuales	R ²	Criterio Akaike	Residuales	R ²	Criterio Akaike
VB clásica	Caso 1	20495,8	0,949	12,117	16338,8	0,945	11,702
VB generalizada	Caso 2	22848,6	0,943	12,245	17946,9	0,941	11,996
Gomperzt	Caso 3	26608,6	0,934	12,286	20101,1	0,933	11,835
Potencial	Caso 4	82244	0,797	15,268	65512,1	0,781	14,909

Tabla 49. Longitud edad estimada por diferentes modelos en besugo macho (Caso 1: VB clásico; Caso 2: VB generalizada; Caso 3; Gomperzt; Caso 4: potencial).

Edad (años)	Modelos de crecimiento			
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
1	7,8	6,9	8,7	14,3
2	13,1	14,2	12,9	15,8
3	17,6	18,2	17,1	17,4
4	21,2	21,4	21,0	19,3
5	24,2	24,0	24,3	21,3
6	26,7	26,2	27,0	23,5
7	28,8	28,2	29,1	26,0
8	30,5	30,1	30,7	28,7
9	31,9	31,8	31,9	31,7
10	33,0	33,4	32,8	35,0
11	34,0	34,9	33,5	38,6
12	34,8	36,3	34,0	42,7
13	35,4	37,6	34,3	47,1
14	36,0	38,9	34,6	52,0
15	36,4	40,1	34,8	57,5

Tabla 50 Longitud edad estimada por diferentes modelos en besugo hembra (Caso 1: VB clásico; Caso 2: VB generalizada; Caso 3; Gomperzt; Caso 4: potencial).

Edad (años)	Modelos de crecimiento			
	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
1	10,6	9,8	11,3	17,1
2	16,0	17,0	15,8	18,6
3	20,4	21,0	20,0	20,1
4	23,9	24,0	23,7	21,8
5	26,7	26,4	26,7	23,7
6	28,9	28,4	29,1	25,7
7	30,6	30,1	30,9	27,9
8	32,1	31,7	32,2	30,3
9	33,2	33,1	33,2	32,8
10	34,1	34,3	33,9	35,6
11	34,8	35,5	34,5	38,7
12	35,4	36,5	34,8	41,9
13	35,8	37,5	35,1	45,5
14	36,2	38,4	35,3	49,4
15	36,5	39,3	35,4	53,6

Finalmente, los valores de los parámetros que representan el crecimiento en longitud para cada sexo de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy son :

	Parámetros	Valor estimado	Error estándar	L. Inf. (95%)	L. Sup. (95%)
Macho	Loo	38,5	0,199085	38,1	38,9
	K	0,19215	0,002588	0,18708	0,19722
	to	-0,17450	0,019125	-0,21199	-0,13700
Hembra	Loo	37,7	0,151841	37,4	37,9
	K	0,22534	0,002971	0,21951	0,23116
	to	-0,46154	0,022690	-0,50603	-0,41706

Las ecuaciones correspondientes son:

$$L_t = 38,5 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)}) \quad \text{machos}$$

$$L_t = 37,7 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)}) \quad \text{hembras}$$

La comparación estadística de las diferencias en el crecimiento entre sexo mediante el test T^2 de Hotelling señala que las diferencias en los parámetros de crecimiento es significativa a un nivel de significancia del 0,05 (T^2 obs.= 1576,6 > T^2 crít.= 7,8), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad entre parámetros. Lo mismo señala el test de [Chen et al. \(1992\)](#) en el análisis de la suma de cuadrados residuales entre sexos donde el valor de F de Fisher para un nivel de significación del 5% es mayor (651,1) que el F crítico (2,6).

Por otra parte, el modelo de von Bertalanffy se comprobó utilizando diferentes valores de los parámetros y_1 , y_2 , a y b como se observa en las **Tablas 51 y 52**, lo que indica la estabilidad de éste. Finalmente, en la **Figura 34** se pueden observar las curvas de crecimiento por sexo en relación a los datos de longitud-edad observados.

Tabla 51. Valores de a, b, SCR, y1 e y2, calculadas mediante el modelo genérico de Schnute (1981) para el caso de von Bertalanffy clásico ($a>0$, $b=1$) y con valores de Loo, K y to calculadas por la ecuaciones obtenidas para besugo macho.

t ₁	t ₂	y ₁	y ₂	a	b	SCR	K (año ⁻¹)	L _{oo} (cm)	t _o (año)
1	12	10	34,8	0,1921	1	22848,65	0,1921	38,5	-0,17459
1	11	10	34,0	0,1921	1	22848,65	0,1921	38,5	-0,17459
1	10	10	33,0	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459
1	9	10	31,9	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459
1	8	10	30,5	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459
1	7	10	28,8	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459
1	6	10	26,7	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459
1	5	10	24,2	0,1922	1	22848,65	0,1922	38,5	-0,17459

Tabla 52. Valores de a, b, SCR, y1 e y2, calculadas mediante el modelo genérico de Schnute (1981) para el caso de von Bertalanffy clásico ($a>0$, $b=1$) y con valores de Loo, K y to calculadas por las ecuaciones obtenidas para besugo hembra.

t ₁	t ₂	y ₁	y ₂	a	b	SCR	K (año ⁻¹)	L _{oo} (cm)	t _o (año)
1	12	10	35,4	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	11	10	34,8	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	10	10	34,1	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	9	10	33,2	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	8	10	32,1	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	7	10	30,6	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	6	10	28,9	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616
1	5	10	26,7	0,2253	1	17946,9	0,2253	37,7	-0,4616

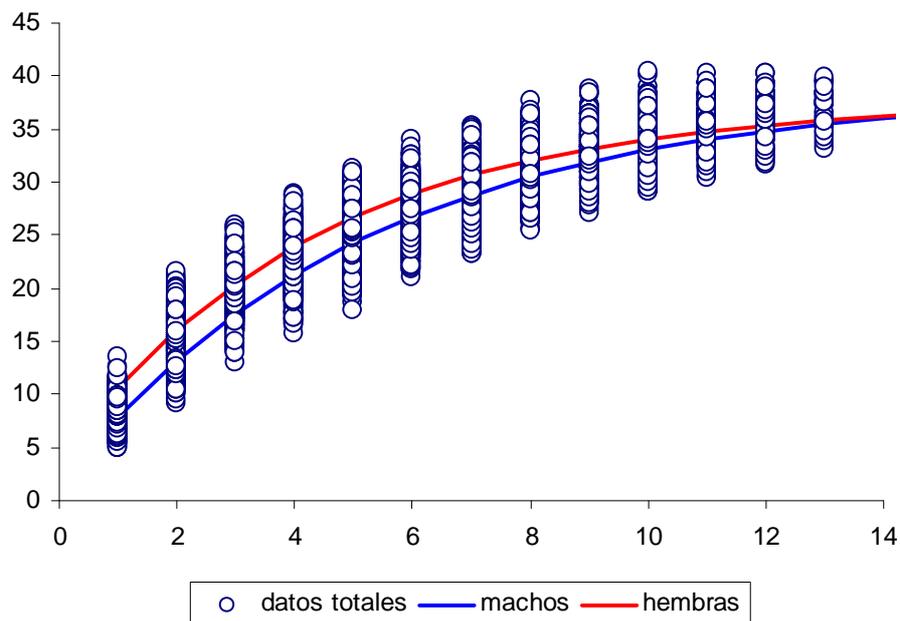


Figura 35. Curvas de crecimiento de besugo macho y hembra de acuerdo con modelo de von Bertalanffy.

Crecimiento en peso

El crecimiento en peso de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy y estimado directamente a partir de los parámetros de crecimiento y la ecuación de la relación longitud-peso (Richards 1959), dio lugar a las siguientes ecuaciones:

$$W_t = 697,8 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)})^{2,978} \quad \text{machos}$$

$$W_t = 695,5 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)})^{3,009} \quad \text{hembras}$$

En la **Tabla 53** se entrega la estimación del peso total a las diferentes edades.

Tabla 53. Peso-edad e incrementos absolutos en besugo macho y hembra.

Edad (años)	machos		hembras	
	Wt (g)	Incremento absoluto (g)	Wt (g)	Incremento absoluto (g)
1	6,0		15,2	
2	28,5	22,5	53,3	38,1
3	67,7	39,2	109,9	56,6
4	118,8	51,1	176,6	66,7
5	176,4	57,6	245,9	69,4
6	235,9	59,5	312,9	66,9
7	294,0	58,1	374,2	61,4
8	348,6	54,6	428,6	54,4
9	398,4	49,8	475,7	47,0
10	442,9	44,5	515,6	39,9
11	482,0	39,1	549,0	33,4
12	516,0	33,9	576,7	27,7
13	545,2	29,2	599,5	22,8
14	570,0	24,9	618,1	18,6
15	591,1	21,1	633,2	15,1

9.5.3.2 Modelos de curvas de crecimiento con efectos aleatorios

La estimación de los parámetros de crecimiento en longitud ya sea admitiendo error en la lectura de edad con efectos aleatorios (RE), o ya sea con el procedimiento no lineal estándar (SNL) que solamente atribuye una variación natural en la longitud a la edad que se atribuye al proceso de crecimiento se resumen en la **Tabla 54**. El método SNL usualmente estimó valores positivos para el parámetro t_0 , lo que se debe a que las edades actuales comienzan en los cuatro años. En cambio, el método con efectos aleatorios (RE) estimó un valor cero ya sea considerando que la estructura de edad sigue una función exponencial o gamma. Se observa además que con el método SNL, y considerando que existe correlación entre los parámetros de la FCVB, la estimación positiva de t_0 determinó una tendencia a sobrestimar el coeficiente de crecimiento k , y por ende, a subestimar la longitud asintótica L_{∞} . El método RE fue más consistente en la estimación de los parámetros de crecimiento en longitud, incluso entre lectores, y la función Gamma fue la que mejor reflejo la población muestreada (**Figura 36**). El error en la edad fue mayor en el lector 1 a pesar de que este lector fue más preciso que el lector 2. Al combinar ambos lectores, el error asociado con la edad sube a 12%, pero no afecta la estimación de los parámetros de crecimiento en forma significativa (**Tabla 54, Figura 36**).

Tabla 54. Resultados del ajuste de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy a los datos de longitud con múltiples lecturas de edad de besugo *Epigonus crassicaudus*. La nomenclatura se explica según lo siguiente: el prefijo RE implica el ajuste con efectos aleatorios, con estructura de error Exponencial (Exp) o Gamma (Gam) para la estructura de edad muestreada, según el primer lector (L1), segundo lector (L2), o ambos en conjunto. El prefijo SNL implica el ajuste no lineal estándar de los parámetros, considerando la media aritmética (A), mediana (M), o primera lectura (P) según el lector 1, lector 2, o ambos en conjunto.

Lector	Código	L_{∞} (cm)	DS	K (año ⁻¹)	DS	t_0 (año)	DS	CV	CV
								Error en Longitud	Error en Edad
L1	RE_Exp	44,0	2,02	0,177	0,016	0,00	0,00	0,06	0,08
	RE_Gam	45,4	2,33	0,167	0,016	0,00	0,00	0,06	0,08
	SNL_A	39,1	3,59	0,274	0,107	1,10	0,92	0,10	-
	SNL_M	36,1	1,92	0,392	0,129	1,68	0,73	0,10	-
	SNL_P	45,3	9,02	0,163	0,095	-0,18	1,44	0,10	-
L2	RE_Exp	42,9	1,25	0,165	0,010	0,00	0,00	0,05	0,07
	RE_Gam	43,7	1,37	0,159	0,010	0,00	0,00	0,05	0,07
	SNL_A	39,9	3,1	0,215	0,067	0,78	0,89	0,10	-
	SNL_M	40,7	3,54	0,191	0,063	0,26	0,99	0,10	-
	SNL_P	39,8	3,23	0,216	0,073	0,74	1,01	0,10	-
Ambos	RE_Exp	45,3	1,58	0,157	0,011	0,00	0,00	0,05	0,12
	RE_Gam	46,8	1,85	0,147	0,011	0,00	0,00	0,05	0,12
	SNL_A	42,1	5,09	0,196	0,081	0,59	1,07	0,10	
	SNL_M	41,6	4,76	0,196	0,079	0,39	1,06	0,10	

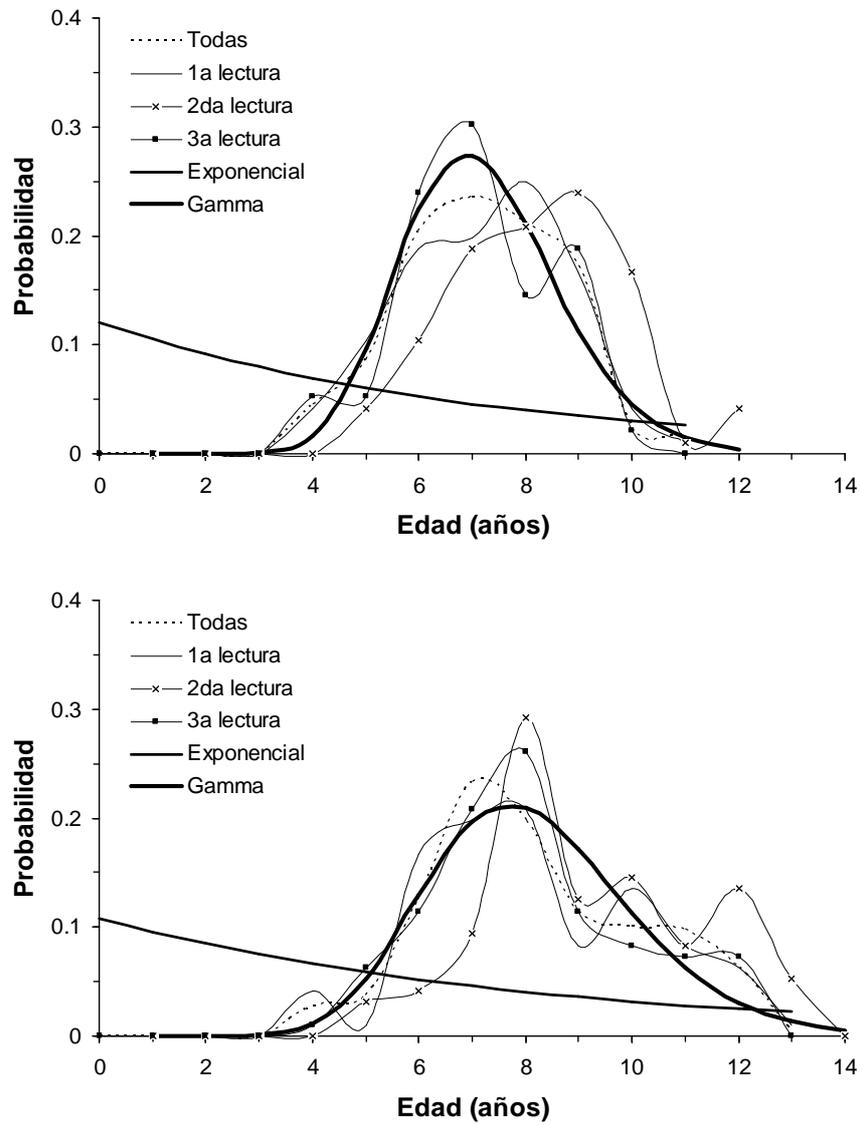


Figura 36. Población de edad muestreada según el lector 1 (arriba) y lector 2 (abajo), mostrando el ajuste de la función Exponencial y Gamma utilizada que caracteriza la distribución de edades en el ajuste de los parámetros de crecimiento con efectos aleatorios.

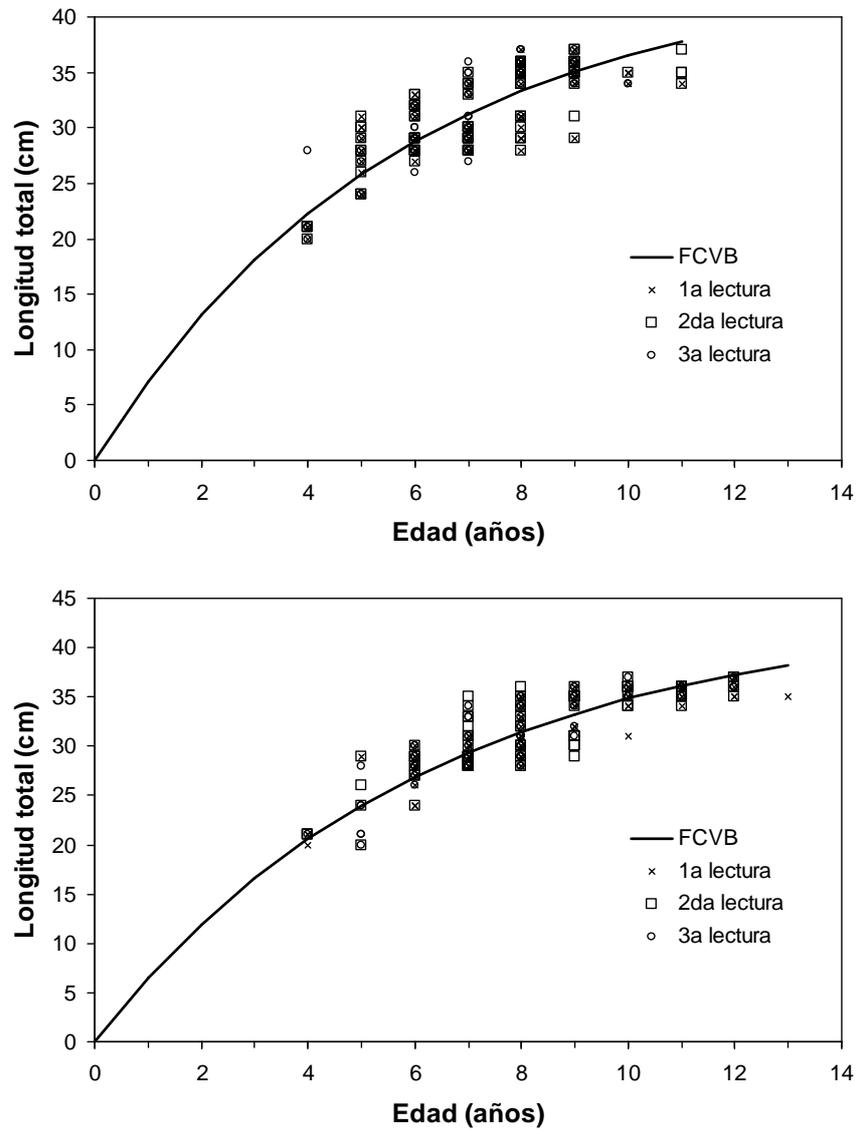


Figura 37. Función de crecimiento de von Bertalanffy para el besugo según el ajuste con efectos aleatorios y error en la lectura de edad.

9.6. Comparación del crecimiento

Para comparar los resultados obtenidos, con la literatura de otros *Epigonus*, se utilizaron las tasas de crecimiento promedios basadas en longitudes retrocalculadas por Abramov (1990), Gálvez *et al.* (2000) y Tracey *et al.* (2000).

Según las tasas de crecimiento es posible notar que *E. crassicaudus* tiene un crecimiento diferente a los otros *Epigonus* analizados, incluyendo el estudio de Gálvez *et al.* (2000) para la misma especie y en la misma zona, ya que los parámetros de crecimiento encontrados, difieren respecto a este estudio (Tabla 55 y Figura 38). Al realizar un remuestreo (monte carlo con 3000 iteraciones) del índice de Pauly & Munro (1984) para los parámetros de crecimiento de este estudio, el intervalo de confianza con un error de 5%, no muestra cambios significativos en su valor, siendo de 2,450-2,456 en machos y de 2,499-2,508 en hembras, dejando fuera del intervalo de confianza al valor del índice encontrado para la misma especie en el año 2000 (Tabla 55).

Tabla 55. Comparación de los parámetros de crecimiento para *E. angustifrons*, *E. crassicaudus*, *E. elegans*, *E. telescopus*, mediante el índice de Pauly & Munro (1984).

Especies	Rango de tallas	Divisiones	Fuentes	L _{oo}	K	ϕ'
<i>E. angustifrons</i>	19-38	Ambos sexos	Abramov (1990)	69,6	0,042	2,30
		Machos		43,7	0,080	2,19
		Hembras		51,5	0,070	2,27
<i>E. crassicaudus</i>	17-42	Ambos sexos	Galvez et al. (2000)	45,2	0,120	2,39
		Machos		45,2	0,124	2,40
		Hembras		46,8	0,113	2,39
<i>E. elegans</i>	10.-17	Ambos sexos	Abramov (1990)	14,6	0,344	1,87
		Machos		17,1	0,173	1,70
		Hembras		17,3	0,177	1,72
<i>E. telescopus</i>	14-76	Ambos sexos	Tracey et al. (2000)	70,8	0,034	2,23
		Machos		67,84	0,034	2,19
		Hembras		70,9	0,038	2,28
<i>E. crassicaudus</i>	19-41	Machos	FIP 2007-36	38,48	0,19	2,45
		Hembras		37,65	0,22	2,50

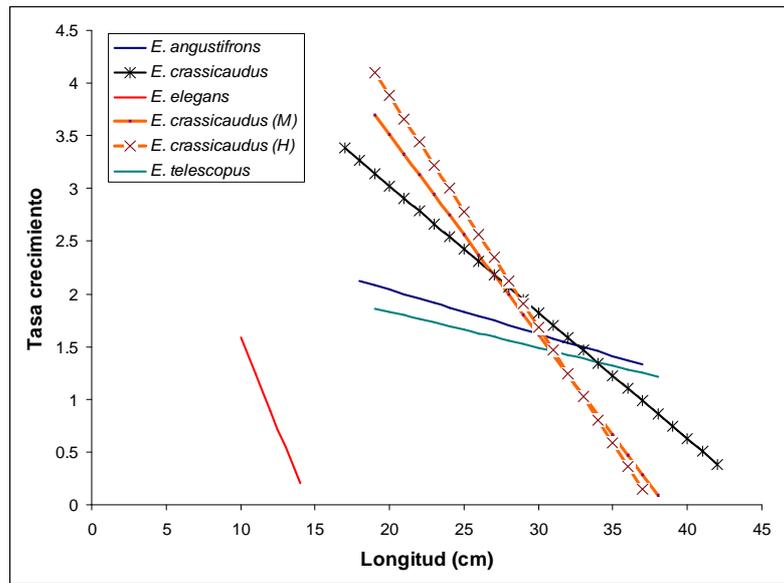


Figura 38. Tasas de crecimiento en conjunto, informadas por distintos autores para *E. angustifrons*, *E. crassicaudus*, *E. elegans*, *E. telescopus*.

Al realizar las comparaciones intra-especie, se puede ver que a edades tempranas, los valores de su tasa de crecimiento difieren entre sexos. Situación contraria ocurre a medida que los peces presentan mayor longevidad, siendo las tasas de crecimiento similares (**Tabla 56**).

Tabla 56. Comparación del crecimiento de besugo en machos juveniles (MJ), hembras juveniles (HJ), machos adultos (MA), hembras adultos (HA).

	MJ	HJ	MA	HA
promedio	3.55	3.98	1.15	1.16
95% I.C	3.53 - 3.57	3.94 - 4.02	1.11 - 1.19	1.13 - 1.19
desv. Std	0.011	0.020	0.021	0.017
C.V(%)	0.31	0.51	1.81	1.42

9.7. Mortalidad natural (M)

Los parámetros de entrada para los modelos de mortalidad, se presentan a continuación (**Tabla 57**), como resumen de los ya expuestos anteriormente.

Tabla 57. Parámetros de crecimiento en longitud de besugo hembra y macho. El coeficiente de variación se indica entre paréntesis.

	L_{∞} (cm)	K (año ⁻¹)	t_0 (año)	Correlación (L_{∞}, K) (L_{∞}, t_0)	
Hembra	37,652 (0,152)	0,225 (0,003)	-0,462 (0,023)	-0,938	-0,697
Macho	38,483 (0,199)	0,192 (0,003)	-0,175 (0,019)	-0,957	-0,688

Las estimaciones de M para besugo hembra y macho, fluctuó entre 0,25 y 0,41 año⁻¹ al considerar sólo la incertidumbre correlacionada de los parámetros de entrada, con coeficientes de variación entre 1,1 y 20,3 %. La precisión disminuye al considerar el error de predicción de cada modelo empírico, generando coeficientes de variación de hasta 59,4 % como el caso del método basado en Alverson & Carney (**Tabla 58, Figura 39 y 40**). A pesar de lo anterior, los estimados de tendencia central se mantienen, y al obtener un estimado combinado ponderando por el inverso de la varianza, la tasa de mortalidad natural besugo es de 0,3 año⁻¹. En este estimado se prefiere el uso de un solo decimal ya que los límites de confianza son amplios.

Tabla 58. Besugo (*Epigonus crassicaudus*). Resumen estadístico de 3000 valores alternativos e igualmente probables de mortalidad natural estimada con a) sólo error en los parámetros de entrada, y b) considerando el error en los parámetros de entrada y error de predicción simultáneamente

	Pauly (1980)	Rickhter & Evanof (1976)	Hoening (1983)	Alverson & Carney (1975)	Jensen (1996)
a) Sin error de predicción:					
Promedio	0.34	0.25	0.34	0.41	0.34
DS	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00
CV (%)	9.15	20.25	1.11	1.20	1.20
Mediana	0.34	0.25	0.34	0.41	0.34
Linf95%	0.29	0.17	0.34	0.41	0.33
Lmax95%	0.39	0.34	0.35	0.42	0.35
b) Con error de predicción:					
Promedio	0.36	0.25	0.36	0.47	0.35
DS	0.12	0.08	0.11	0.28	0.02
CV (%)	33.70	33.41	29.50	59.42	5.69
Mediana	0.34	0.25	0.35	0.41	0.35
Linf95%	0.20	0.12	0.21	0.14	0.32
Lmax95%	0.65	0.43	0.61	1.12	0.38

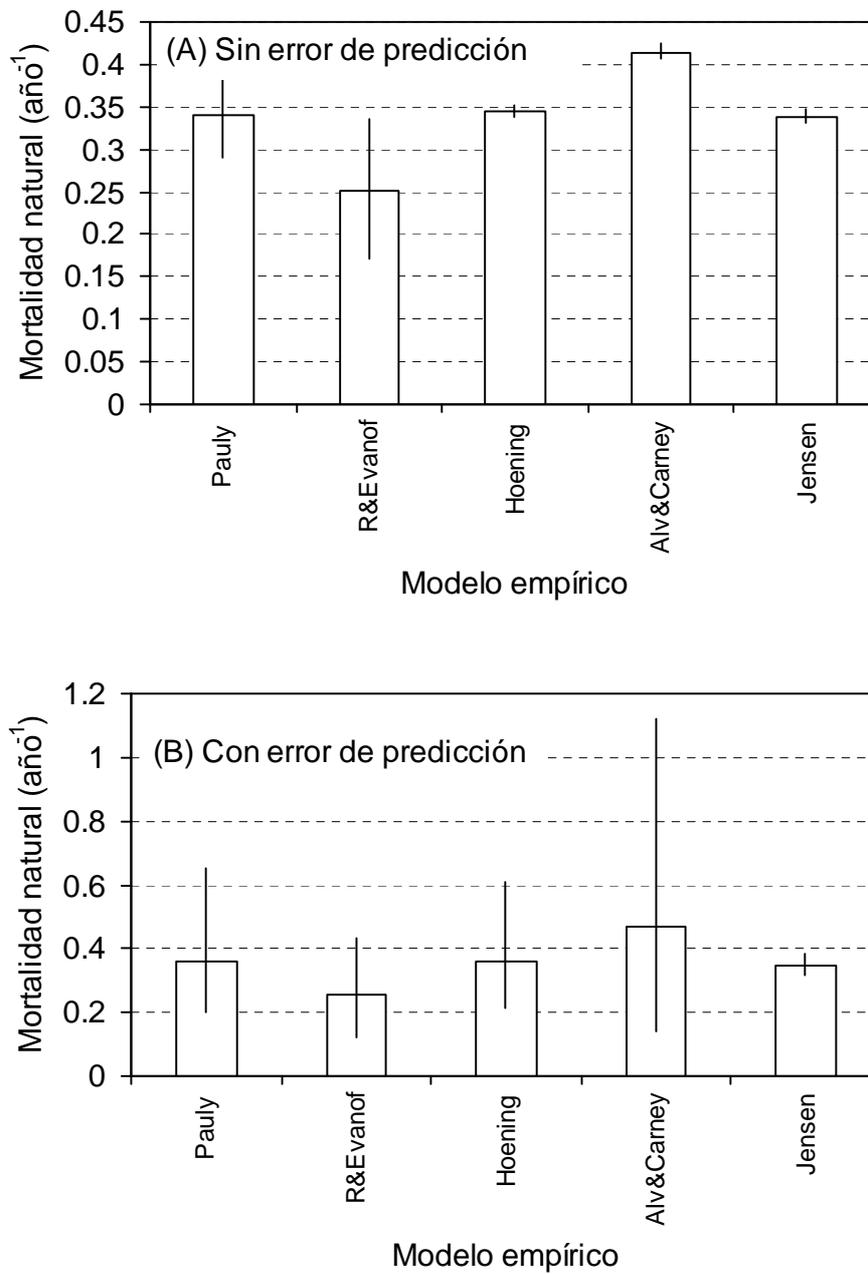


Figura 39. Mortalidad natural promedio y límites de confianza de 90%, Besugo.

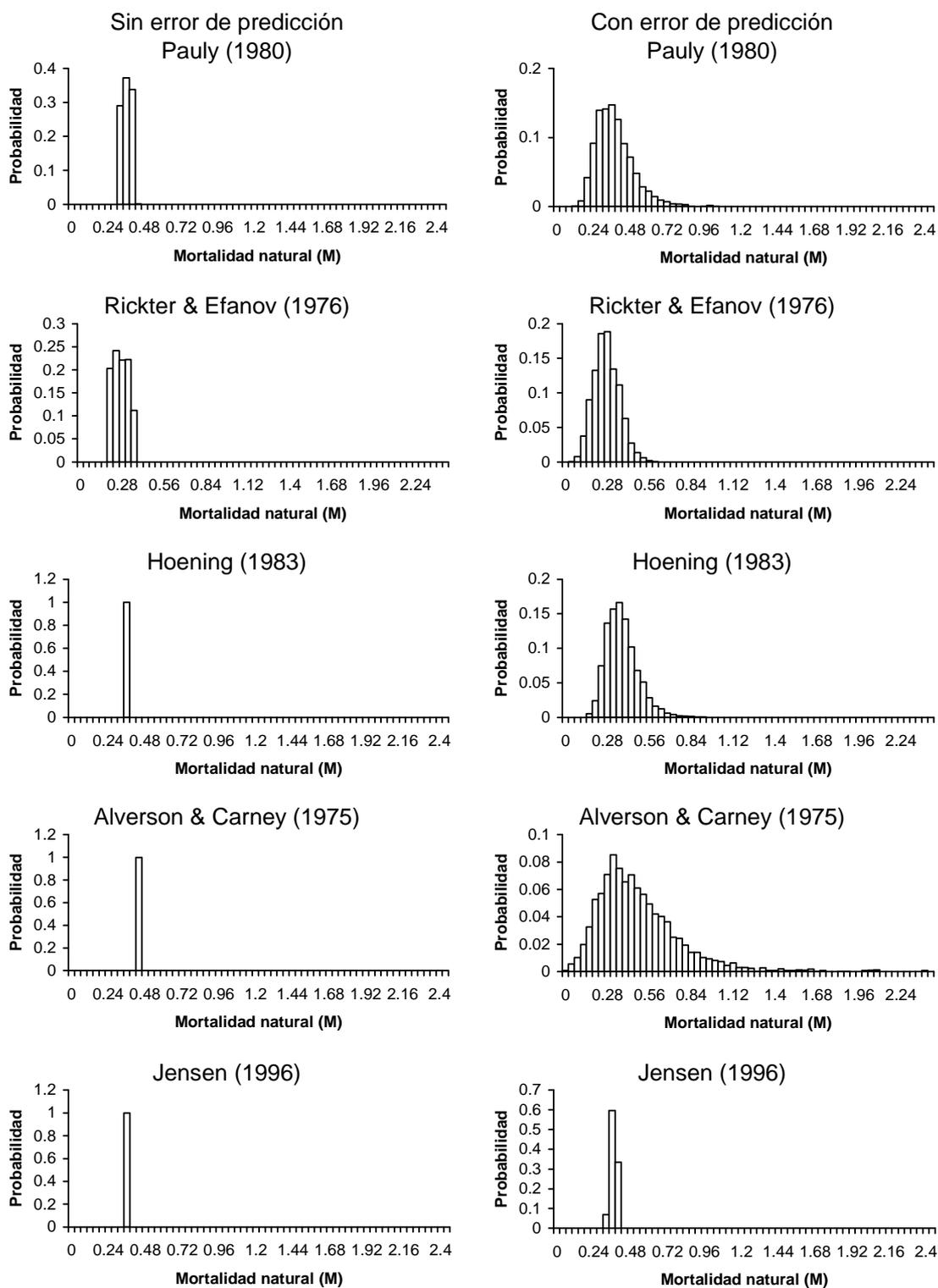


Figura 40. Distribución de frecuencia de 3000 valores alternativos e igualmente probables de mortalidad natural de besugo.

9.8. Madurez sexual

Se colectaron un total de 228 ejemplares de besugo provenientes tanto de actividades pesqueras (flota merlucera de arrastre) como de actividades de pesca de investigación (Res Ex N° 3564 dic 2007) desarrolladas en la III, IV, V, VII y VIII regiones. 196 ejemplares fueron hembras y 95 de ellas fueron analizadas mediante procedimientos histológicos con la finalidad de identificar Estadios de Madures. En la **Tabla 59**, se presenta la información temporal de la toma de muestras.

Tabla 59. Total de muestras de besugo procesadas durante el periodo de estudio.

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	ENERO	FEBRERO	
Total Muestras	23	145	32	28	228
Total Hembras	23	145	16	12	196
Total Procesadas Microscópicamente	4	72	8	11	95
Total Placas Analizadas		63	6	6	75

El procesamiento inicial de muestras consistió en los siguientes pasos: registro del peso y longitud total del individuo, determinación del EMS macroscópico (Según escala [Balbontín & Fischer 1981](#)), extracción y pesaje de la gónada, preservación de la gónada en formalina al 5%. En la **Figura 41**, se presenta la distribución de frecuencia de tallas de las hembras procesadas con fines de la determinación de la talla de primera madurez.

El análisis de la información histológica (lectura de placas) nos permitió describir 5 estados de desarrollo gonadal para este recurso, los cuales se presentan en la **Tabla 60**. Se describen los siguientes estadios: Virgen (EMM I); En Recuperación (EMM II); En Maduración (EMM III); Hidratada (EMM IV); En desove (EMM V). Se resalta que a partir de esta nueva descripción de estados de desarrollo se realizaron los análisis posteriores que incluyen la talla de primera madurez.

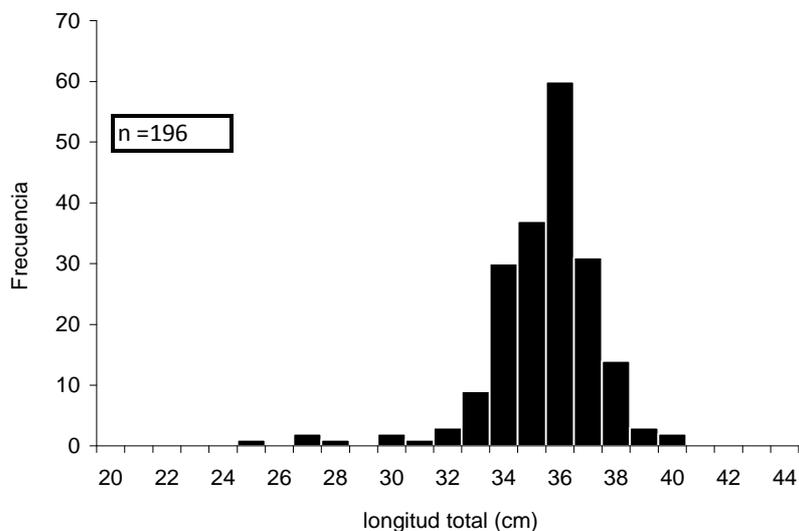


Figura 41. Distribución de frecuencia de tallas de hembras de besugo colectadas para determinación de talla de primera madurez.

Tabla 60. Descripción de estados de desarrollo gonadal microscópicos encontrados en el recurso Besugo.

EMM	DESCRIPCIÓN
Virgen (EMM I)	Presencia de ovocitos primarios y en previtelogénesis (estado previo a la incorporación de vitelo), no se observa actividad de maduración ni vestigios de actividad reproductiva anterior, como folículos post ovulatorios o atresias.
en Recuperación (EMM II)	Presencia de ovocitos en los primeros estadios de desarrollo en conjunto con atresias foliculares en distintos estadios principalmente atresias gamma, este estado marca un proceso de reabsorción del material posterior a actividad reproductiva, ya que dichas atresias fueron ovocitos maduros residuales del evento de desove anterior.
en Maduración (EMM III)	Presencia de ovocitos cargados de glóbulos de vitelo, desde la periferia a la región peri nuclear. Vesícula germinativa mantiene su posición central. La zona radiata bien desarrollada. Cuando en este estadio se encuentran atresias foliculares en gran número, y en un número de muestras representativo, puede indicar el final de la época reproductiva, ya que la gónada estaría interrumpiendo su proceso de maduración para pasar al estado de recuperación.
Hidratada (EMM IV)	Estadio previo al desove, ovocitos sin vesícula germinativa, estos se han expandido incrementando considerablemente de tamaño por incorporación de fluidos, Los glóbulos de vitelo se fusionan formando placas de vitelo. La granulosa y la zona radiata se adelgazan, no se observan ovocitos con depósito temprano de vitelo o vitelados completos, solo ovocitos primarios y pre- vitelogénicos.
en Desove (EMM V)	En este estadio existen dos modas de ovocitos, una compuesta por ovoiditos hidratados y/o en fase de núcleo migrante y otra ovocitos primarios y pre- vitelogénicos, no se observan ovocitos con depósito temprano de vitelo o vitelados completos. Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios.

En relación al estado de madurez microscópico por rango de talla (**Tabla 61**), es importante señalar que se registraron individuos virginales y en desove (con folículos post-ovulatorios). El EMM I esta principalmente representado por individuos menores a los 33,0 cm de LT; el EMM II individuos concentrados entre 34, 0 a 37,0 cm de LT; el EMM III por individuos entre los 36,0 y 37,0 cm de LT y el EMM V por individuos entre los 35,0 y 36,0 cm de LT. Se puede apreciar que el rango de tallas es relativamente estrecho sin que se evidencie una secuencia de estados de madurez sexual, lo que según indica [Melo et al. \(2004\)](#), constituiría una particularidad de esta especie. La frecuencia de EMM se presenta en la **Figura 42**.

Tabla 61. Numero de individuos por rango de talla (cm) y estado de desarrollo gonadal microscópico.

LT(cm)	ESTADOS DE MADURES MICROSCOPICOS				
	I	II	III	IV	V
28	1				
31	2				
32					1
33	1		5		1
34		4	6		3
35		1	2		5
36		2	8		6
37		3	9	1	
38			3		1
39			2		1
40			1		

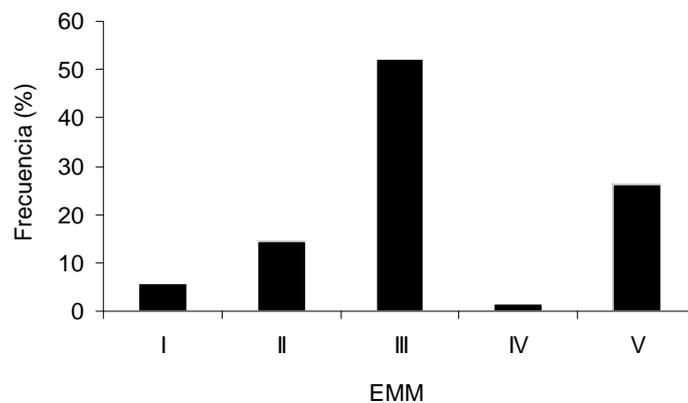


Figura 42. Frecuencia de EMM registrados para el cálculo de talla de primera de este recurso.

a) Talla 50% de madurez sexual

La información obtenida del procesamiento de las muestras, permitió contar con estimaciones de la talla media de primera madurez sexual de este recurso para la zona de estudio (**Tabla 62**). La ojiva de madurez sexual resultante se presenta en la **Figura 43A**, donde se ha graficado la proporción de hembras maduras a la talla.

Tabla 62. Estimación de la talla media de madurez sexual (L_m) para el recurso besugo en la zona Centro – Sur. Los parámetros de la función logística (a y b) fueron estimados mediante GLM, familia binomial y enlace logit. El error estándar de los parámetros se muestra entre paréntesis. El asterisco indica la significancia de los parámetros, i.e. $\Pr(>|z|) < 0,05$.

Parámetros	Microscópico	Macroscopio
A	-80,121* (36,616)	-9,5898* (3,259)
B	2,497* (1,123)	0,3220* (0,094)
L_m	32,1	29,8
Devianza nula	36,739	171,15
Devianza residual	8,192	157,660
Devianza explicada (%)	77,70	7,88
N	95	196

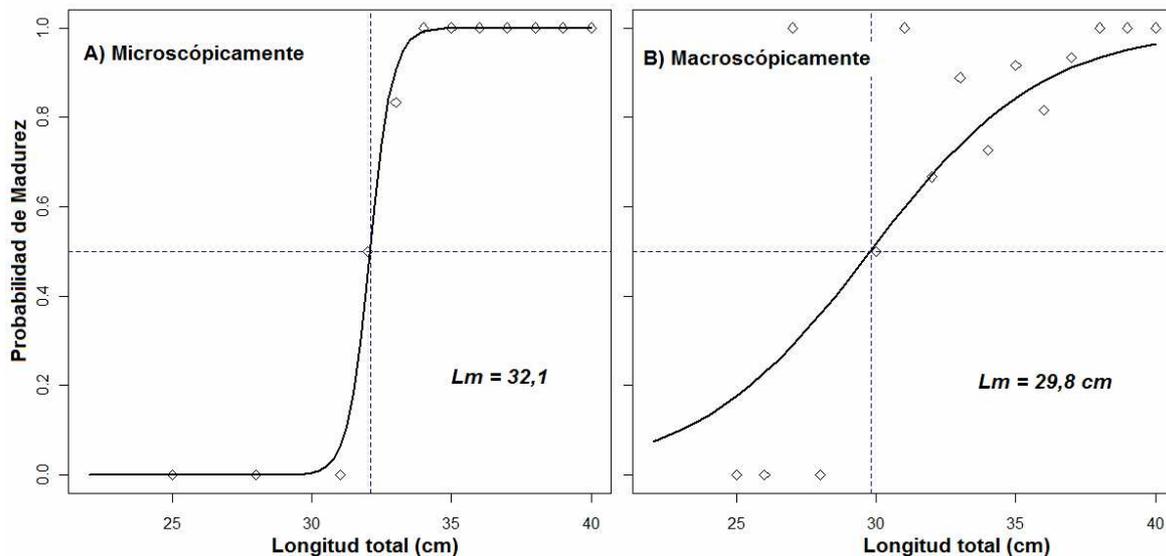


Figura 43. Talla media de madurez sexual de besugo en la zona centro-sur. A) Mediante estadios de madurez sexual microscópicos (según escala determinada) y B) Mediante estadios de madurez sexual macroscópicos (según escala Balbontín & Fischer 1981).

Por otro lado, con el objetivo de conocer la correspondencia entre escalas de madurez macroscópica (según Balbontín & Fischer 1981) y microscópica (determinada en este trabajo), se utilizó la clasificación macroscópica (realizada para todas las hembras al momento de ser colectadas) en el mismo procedimiento de determinación de la talla media de madurez. Los resultados se presentan en la **Tabla 62** y la ojiva de madurez sexual resultante se presenta en la **Figura 43B**.

b) Edad de Primera Madurez Sexual

La edad de primera madurez sexual (t_{PMS}), se estimó a partir de la talla de primera madurez sexual (L_{PMS}) determinada en este estudio, aplicando la ecuación inversa de von Bertalanffy. Según propuesta técnica se utilizó tanto los parámetros de crecimiento obtenidos en este estudio como de aquellos reportados en literatura. Los resultados se presentan en la **Tabla 63**.

Tabla 63. Edad de primera madurez de besugo. (L_{PMS}) = Talla de primera madurez determinada en este estudio; parámetros de crecimiento derivados del presente estudio y recopilados en literatura (método de determinación de los parámetros).

EDAD (t_{PMS})	PARAMETROS DE CRECIMIENTO			REFERENCIA
	L_{∞}	K	T_0	
8,9 años	37,7 cm	0,23	0,46	Este estudio (Lectura otolitos)
8,7 años	45,8 cm	0,16	1,24	Este estudio (Multifan)
9,6 años	45,2 cm	0,12	- 0,75	Gálvez <i>et al.</i> 2000 (Retrocalculo)
11,3 años	46,8 cm	0,11	1,10	Pino & Cubillos (Lectura otolitos)

$L_{PMS} = 32,1$

10 Otras actividades y talleres de difusión de metodología y resultados

En la zona centro-norte, en octubre de 2007 se solicitó una pesca de investigación con el objeto de lograr muestras de besugo en la pesquería de arrastre en Caldera y Coquimbo. Sin embargo, la autorización de pesca de investigación (Res. Ex. N° 3564) salió con fecha 13 de diciembre y otorgó un margen muy pequeño de días de pesca para lograr capturas en el último trimestre de 2007. El 8 de enero de 2008, se solicitó una nueva pesca de investigación para lograr obtener muestras de besugo en la zona centro-norte durante el primer y segundo trimestre de 2008. La autorización de esta segunda pesca de investigación (Res. Ex. N°500) salió con fecha 20 de febrero, para operar hasta el 30 de abril de 2008.

Se concretó el envío de un artículo enviado a la Revista de Biología Marina y Oceanografía (ISI & SCIELO), titulado "Verificación de la edad y crecimiento de besugo (*Epigonus crassicaudus*) admitiendo error en la determinación de la edad", por Cubillos LA, Aguayo M, Neira M, Sanhueza E & C Castillo-Jordán (ver Anexo)

La ejecución del primer taller metodológico del proyecto, el que se realizó el 26 de noviembre de 2007 en dependencias del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, consistió en presentar las diferentes metodologías propuestas en este estudio y principales actividades que se realizaron, en la cual participaron investigadores del Instituto de Investigación Pesquera y la Universidad de Concepción.

La ejecución del segundo taller de difusión de resultados, se realizó el día 14 de agosto de 2008, en el Salón Auditorium del Instituto de Investigación Pesquera. En este taller, se presentaron los principales resultados obtenidos por objetivos específicos. La lista de invitados, asistencia y programa del taller se presentan en el Anexo.

11 Discusión

Dada la modalidad de captura del besugo (*Epigonus crassicaudus*) que es más bien eventual y asociada a la actividad de la flota que captura merluza común (*Merluccius gayi*) y por otra parte la fecha de inicio del estudio, no fue posible durante el año 2007 contar con muestras de capturas mensuales. Esta situación se repite con las muestras de otolitos disponibles de años anteriores (1998, 1999, 2006, 2007 y 2008).

No obstante se leyeron todos los otolitos y se construyeron claves edad-talla para todos estos años, la estimación de los parámetros de crecimiento se realizó con las lecturas del año 2007 y 2008 (enero, febrero) que corresponden al muestreo asociado al actual proyecto.

En general, los otolitos enteros hidratados con agua corriente por alrededor de 12 horas, fue tiempo suficiente para resaltar la estructura anular, ya que cuando se dejó hasta por 24 horas se observó una pérdida de la nitidez, a diferencia de lo observado en otras especies como merluza común (*M. gayi*) (Aguayo 1971, Ojeda *et al.* 1997), merluza de cola (*M. magellanicus*) (Aguayo & Gili 1984), congrio dorado (*G. blacodes*) (Chong & Aguayo 1994), entre otros. Además, este procedimiento dio mejores resultados que los otolitos enteros tostados, ya muchos de éstos se resquebrajaron no obstante se hicieron pruebas con distintas temperaturas y tiempos en la estufa. En definitiva no permitió obtener buenos cortes transversales a través del núcleo ni las secciones delgadas correspondientes. Sin embargo, se obtuvieron cortes transversales y secciones de otolitos enteros no tostados, cuya lectura fue en gran medida coincidente con la del otolito entero hidratado. Hay que señalar que en las secciones delgadas a través del núcleo, se observan más anillos secundarios que en el otolito entero, siendo difícil de discriminar para un lector con poca experiencia. Los anillos secundarios presentan características bien particulares tanto en besugo como en los otolitos de otras especies de climas templados, de manera de confundirlos con anillos verdaderos o anuales ya que en general son más finos, no completan un recorrido concéntrico alrededor del núcleo y otras veces se juntan en alguna parte de su recorrido a otro anillo secundario. En el caso particular del besugo, no se ha encontrado anillos anuales poco marcados que pudiesen confundirse con anillos secundarios, lo cual es más probable que se produzca en otolitos de peces de hábitat tropicales. Pero en definitiva, la consistencia de la correcta discriminación de los anillos anuales queda reflejada en las estructuras de edades donde no se observan distorsiones en el seguimiento temporal de las clases anuales.

Para representar la relación de proporcionalidad entre los incrementos en longitud del pez y del otolito se prefirió la regresión potencial a la lineal, debido a que el ajuste de la línea de regresión a los datos observados es mayor ($> R^2$) y a que el intercepto está más próximo al origen.

En relación a la validación de la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en un ciclo anual, hay alguna discrepancia en cuanto a utilizar la distribución temporal del borde de los otolitos y el incremento marginal (IM) para validar la asignación de edad (Morales-Nin 1992), debido a la dificultad en la discriminación del tipo de borde en los individuos más viejos ya sea por refracción de la luz o bien por la presencia de anillos falsos o secundarios en el borde, y en el caso del IM a la progresiva estrechez y menor contraste entre anillos hialinos y opacos en los otolitos de individuos más viejos (Campana 2001). No obstante, hay que señalar que en los otolitos de besugo, si bien se presentaron algunas dificultades en otolitos de peces mayores de 10 años, hubo que extremar el cuidado en la definición del carácter del borde. Hay que señalar que la presencia de hialino en el borde del otolito medida como porcentaje es baja través del año y sólo en junio experimenta un alza notoria (52%), considerando que en mayo era de 5% y luego disminuye un 2% en julio. Esta situación también fue observada por Gálvez *et al.* (2000), lo que señalaría que el anillo hialino anual se forma en un corto periodo de tiempo y que el resto del tiempo en el ciclo anual se privilegia el crecimiento del pez. La causa de formación del anillo hialino anual no estaría asociada al desove de la especie, ya que de acuerdo a los antecedentes aportados por Gálvez *et al.* (*op cit*) las gónadas muestran actividad reproductivas durante varios meses el año, por lo tanto, es más probable que el origen de este anillo pudiese estar más relacionado con disminuciones de la temperatura del hábitat y de la disponibilidad de alimento, en especial de eufáusidos y mictófidis, en el periodo invernal.

En la estimación de los parámetros de crecimiento se consideró el ajuste con datos de longitud a la edad actual, de manera de ver como influía el sesgo en las edades juveniles (1-3) en la estimación de los parámetros. Fue evidente que se produjo una sobreestimación de la pendiente de la curva que representa el coeficiente de crecimiento K y del intercepto que corresponde a la edad teórica t_0 , influyendo ambos parámetros en el valor de la longitud asintótica o máxima promedio (L_{∞}). Por otra parte, la utilización de longitudes retrocalculadas corregidas (Francis 1990) permitió contar con información de longitud total-edad desde la edad 1 en adelante con el consiguiente mejor ajuste de las curvas de crecimiento.

El empleo del modelo del Schnute (1981) permitió explorar varios submodelos o casos, entre los cuales los que proporcionaron un mejor ajuste de los parámetros de crecimiento fueron el caso 1 que corresponde a la ecuación especial o clásica de von Bertalanffy ($a>0, b=1$) y también el caso 2 que corresponde a la

ecuación generalizada de este mismo autor ($a > 0$, $b > 0$). Es importante señalar que el modelo especial fue bastante estable para los datos utilizados.

El actual estudio puso de manifiesto diferencias significativas en el crecimiento entre sexos, situación que difiere con lo señalado por [Gálvez et al. \(2000\)](#) con información correspondiente a los años 1998 y 1999. La diferencia observada ya fue observada en la relación de proporcionalidad entre la longitud total del pez y el radio del otolito para los distintos años analizados en esta ocasión (1998, 1999, 2006 y 2007). Además, debe destacarse que el número de observaciones de longitud-edad retrocalculadas a partir de la edad 9 fue bastante menor en el estudio de [Gálvez et al. \(2000\)](#) con respecto al actual estudio, lo que se hace más evidente en las edades extremas (12 a 14 años). Esta situación puede deberse a la gran dificultad de identificación de los anillos anuales que señala este autor, lo que indudablemente influyó en la estimación de los parámetros de crecimiento. Esto es, en una sobrestimación de la longitud asintótica de machos y hembras.

La validación del primer *annulus* en besugo supone que los incrementos de crecimientos son de naturaleza diaria. La formación diaria de los incrementos de crecimiento depende de un ritmo circadiano endocrino que se sincroniza a edad temprana con el fotoperiodo u otros factores externos diarios ([Tanaka et al. 1981](#), [Radtke & Dean 1982](#), [Campana & Neilson 1985](#)). La idea de usar los microincrementos diarios para validar la periodicidad de los incrementos anuales en otolitos de peces fue indirectamente sugerido por [Panella \(1971\)](#). El autor intentaba realmente validar los microincrementos diarios a partir de los *annuli* y no lo opuesto, en este estudio al validar el primer *annulus*, se está validando indirectamente la periodicidad de los microincrementos de crecimiento en besugo.

Dado que el crecimiento en longitud del pez y del otolito están estrechamente relacionados, el grosor de los incrementos será función de la tasa de crecimiento, registrará las fluctuaciones del crecimiento causadas por la disminución del metabolismo ligada a la edad ([Morales-Nin 1986](#)). En los periodos de crecimiento activo los incrementos son gruesos, en los períodos de crecimiento lento los incrementos son más finos ([Pannella 1974](#)). Los registros de la validación sobre la relación entre el crecimiento somático y los incrementos de crecimiento diario en los otolitos, sirven de base para usar el ancho de los incrementos como una medida de la tasa de crecimiento somático ([Secor et al. 1992](#)). Lo anterior se pudo observar en los microincrementos de besugo ya que el ancho de éstos presentó una amplia variabilidad, lo cual estuvo sujeto de la distancia a que se encontraban del centro del otolito. Por otro lado si la formación del otolito fuera constante, el grosor de los incrementos sería uniforme en todo el otolito. Entonces, luego de determinar la tasa de crecimiento del otolito, la edad se determinaría dividiendo el tamaño del otolito por

la tasa de crecimiento (Morales-Nin 1992), esto no corresponde a la realidad ya que los otolitos crecen conforme se deposita más carbonato de calcio sobre la superficie externa, en forma no uniforme y variando en espesor en diferentes partes del otolito (Yañez & Leyton 1997).

En las preparaciones de los otolitos para MEB se utilizó EDTA en vez de otros ácidos como el HCL, a través de las sugerencias que hacen Campana & Neilson (1985), ya que el EDTA trabaja en forma más lenta en la degradación del complejo de calcio del otolito, lo cual permite trabajar con mayor facilidad en la prueba con los distintos tiempos de grabación.

Las fotografías en MEB se observan con partículas extrañas debido a la falta de aplicación de ultrasonido antes del baño de oro- paladio, lo cual no impidió observar la microestructura de los otolitos. Al ser la amplitud o ancho de los incrementos mayor a 1 μm , podemos dar confiabilidad a las lecturas realizadas en microscopio óptico.

En general se aprecia que no existe diferencia entre las edades radiométricas para ambos sexos. Las edades radiométricas obtenidas en este estudio son comparables a las informadas por Gálvez *et al.* (2000) y menores a las estimadas con el conteo de los anillos de crecimiento en este estudio. Las edades obtenidas con esta metodología se deben interpretar con cuidado toda vez que se ha demostrado que puede existir pérdida de ^{222}Rn por desgasificación desde el otolito (West and Gauldie 1994) y además dado que se utilizan varios otolitos en las clases de tamaño, no se considera la heterogeneidad de la muestra (Baker *et al.* 2001). Ambos, situaciones pueden subestimar de la edad verdadera. Se debe indicar que la relación longitud/masa otolito con ajuste exponencial puede limitar severamente la asignación de edades del "besugo", toda vez que el aumento de la masa de otolitos, con la consiguiente incorporación de radioisótopos no se traduce en un aumento de la longitud. Esto puede resultar en la práctica, que para una misma talla de peces pueden existir varias edades, por lo cual se estará subestimando las edades reales de los peces, toda vez que se mezclarían peces que alcanzaron recientemente la talla ("jóvenes") con peces que pueden llevar un tiempo mayor en esa talla, por lo cual son radiométricamente más viejos, ya que han incorporado mas radioisótopos. La validación radiométrica de la edad ha sido aplicada con éxito en varios teleósteos marinos (Burton *et al.* 1999; Andrews *et al.* 2002), y la técnica más común es aquella que utiliza el desequilibrio entre radio-226 (^{226}Ra) y plomo-210 (^{210}Pb), presente en el otolito (Smith *et al.* 1991). El radio-226 decae naturalmente a través de una serie de radiosotopos de muy corta vida al ^{210}Pb . El radio-226 decae lentamente (vida media de 1600 años) respecto del ^{210}Pb (vida

media de 22 años), y permite utilizar la razón de actividad bajo el supuesto de equilibrio secular (razón de 1:1; [Smith et al. 1991](#)). Sobre la base de estas relaciones, la razón de actividad $^{210}\text{Pb}:$ ^{226}Ra es adecuada para determinar la edad en peces de hasta 5 vidas medias del ^{210}Pb , o aproximadamente 120 años de edad ([Campana 2001](#)). Por lo tanto, la aproximación es ideal para el besugo, aun si este hubiera tenido una longevidad de hasta 90 años como *E. telescopus* de Nueva Zelandia.

En Chile, el besugo comenzó a ser explotado comercialmente en 1997 por la flota industrial de arrastre que opera normalmente sobre la merluza común (*Merluccius gayi*), y muchos aspectos biológicos y pesqueros comenzaron a ser conocidos a contar de 1998-1999 ([Gálvez et al. 2000](#)). En dicho estudio se comunica por primera vez los parámetros de crecimiento en longitud, sobre la base de la lectura de edades en otolitos enteros. La edad máxima registrada fue de 15 años, y con un rango que comenzó a los 3 años, similar al rango de edades registrado en este estudio aunque en nuestro caso con una menor representación de longitudes (sólo 3 ejemplares por cada centímetro). En consecuencia, se podría decir que la interpretación macroestructural de la estructura anular de los otolitos de besugo es consistente en términos del número de edades que ha sido comunicada.

Se destaca que el besugo puede ser clasificado como una especie de aguas profundas, las que normalmente se caracterizan por su lento crecimiento, gran longevidad y baja fecundidad ([Clark et al. 1993](#)). En efecto el besugo forma parte de la fauna acompañante de la pesquería de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) y alfonsino (*Beryx splendens*) ([Niklitschek et al. 2007](#)), tal como es el caso de *Epigonus telescopus* que concurre regularmente en la pesca de orange roughy en Nueva Zelandia. Al respecto, para *E. telescopus* se comunica con la técnica radiométrica que esta especie es muy longeva, con una edad máxima no menor a 94 años ([Andrews & Tracey 2007](#)). En tanto, [Tracey et al. \(2000\)](#) comunica sobre la base de lectura en secciones transversales de los otolitos que la especie es de crecimiento lento, con una edad de reclutamiento próxima a los 45 años, y una edad máxima de 104 años. Claramente, tal estrategia de vida no se corresponde con la del besugo en Chile, que si bien presenta un crecimiento lento, la edad máxima registrada ha sido solamente de 15 años. Es más, en las secciones delgadas se detectó una mayor frecuencia de anillos secundarios que podrían ser interpretados como *annuli*, pero ello podría implicar solamente un incremento máximo de 5. Sin duda hay bandas de crecimiento concéntricas subanuales cuya periodicidad no se conoce en los otolitos de besugo.

En este estudio se demuestra que la macroestructura anular del otolito de besugo es consistente, y que un lector con experiencia puede lograr una precisión aceptable inferior al 10%, aunque hacia el borde podría

ocurrir una subestimación de la edad sino se examina con cuidado. Asimismo, un lector con entrenamiento reciente podría sobreestimar la edad, con una baja precisión.

En relación con la estimación de los parámetros de crecimiento en longitud considerando el error en la lectura de edad, los resultados deben ser considerados con precaución ya que los ejemplares jóvenes de crecimiento rápido no estuvieron presentes en las muestras. En efecto, la fracción juvenil menor a 20 cm no aparece regularmente en las capturas (Gálvez & Rebolledo 2001, Wiff *et al.* 2005), y ha sido la causa principal de que el método no lineal estándar haya estimado valores positivos para el parámetro t_0 y sobrestimación del coeficiente de crecimiento k , y subestimación de la longitud asintótica, dada la correlación estadística que existe en los parámetros de crecimiento de la FCVB. Al admitir error en la determinación de la edad, los parámetros de crecimiento en longitud fueron muy consistentes ya sea para lector 1, o lector 2 (Figura 6). Se destaca que el método no-lineal de efectos mixtos supone que existen parámetros poblacionales únicos, y maximiza la información contenida en los efectos aleatorios que están en las múltiples lecturas. A su vez, como lo señala Cope & Punt (2007), esta aproximación tiene un mejor desempeño que los métodos tradicionales de estimación en un amplio rango de historias de vida, bajo diferentes errores de procesos y de observación, condiciones de muestreo, y dinámica poblacional asumida. Además, usualmente en los métodos tradicionales se debe tomar decisiones de tratamiento de los datos, tal como el utilizar solo la primera lectura, el promedio de tres lecturas, la mediana, entre otros criterios. Estos aspectos son superados en el método no-lineal de efectos mixtos pues la aleatoriedad está contenida en el proceso de determinación de la edad.

Las estimaciones de la longitud asintótica (L_∞) fue próxima a los 45 cm de longitud total y el coeficiente de crecimiento cercano a 0,16 – 0,18 por año. Valores similares fueron comunicados por Gálvez *et al.* (2000) para la FCVB ($L_\infty = 45,2$ cm, $k = 0,112$ año⁻¹, $t_0 = -0,775$ años), sobre la base del método de retrocálculo de la longitud para representar el crecimiento en longitud de los peces no observados en las muestras. Se concluye que el besugo es una especie de crecimiento lento, con una longevidad máxima teórica de entre 17 - 19 años. Desde el punto de vista del crecimiento, esto es corroborado con el análisis de frecuencia de tallas mediante MULTIFAN, cuyos parámetros de crecimiento fueron muy similares a los obtenidos con al admitir error en la determinación de la edad.

Aunque resulta difícil establecer diferencias o semejanzas a partir de la **Figura 35**, en la comparación, habría que considerar, además, la influencia de posibles discordancias entre los respectivos patrones de interpretación y la de los desajustes en los rangos de tallas analizados. La aparente contradicción de estos resultados con los encontrados para la misma especie y área de estudio por Gálvez *et al.* (2000), podría ser

explicada por un cambio en el patrón de interpretación de la edad por los diferentes lectores y la estimación de distintos parámetros poblacionales a partir de este estudio, situación similar a lo establecido por López-Abellán *et al.* (2007) para un estudio de alfonsino (*Beryx splendens*) en el golfo de Guinea y el océano Índico.

La tasa de mortalidad natural fue estimada en 0,25 y 0,47 por año, en función de los parámetros de crecimiento obtenidos mediante retrocálculo. Las estimaciones fueron muy poco precisas considerando simultáneamente el error en los datos de entrada y el error de predicción, aspecto que ya ha sido mencionado por otros autores (Vetter 1988, Pascual & Iribarnen 1993, Cubillos *et al.* 1999, Cubillos & Araya 2007). Como valor de compromiso se sugiere utilizar $M = 0,3$ por año, el que sería consistente con la magnitud de la longevidad observada.

En cuanto a la madurez sexual, la cobertura espacial de muestreo permitió obtener muestras de las regiones III, IV, V, VII y VIII durante los meses de septiembre y octubre (año 2007) y enero y febrero (año 2008); lo cual cubre la zona de distribución de capturas de este recurso. Sin embargo, creemos que aun quedan faltantes de información que debieran mejorar a partir de una mejor cobertura espacial y temporal del proceso reproductivo con la finalidad de conocer época (s) y zona (s) de desove.

Los análisis histológicos y la identificación de estadios de madurez sexual microscópicos entregaron un avance en cuanto a la descripción particular de 5 estados de desarrollo gonadal para esta especie en particular. Sin embargo, esta escala deberá ser validada, primero mediante la lectura de un mayor número de placas y procesamiento de hembras, y la utilización de esta misma en estudios posteriores.

En cuanto a la talla de primera madurez obtenida mediante el análisis de estados de madurez microscópicos (32,1 cm de LT), es consistente con los resultados presentados por Melo *et al.* (2004) en el cual se indica que la talla de primera madurez de esta especie debería estar entre 31,2 y 32,2 cm de LH. Nótese que en el presente estudio se trabajó con longitud total de las hembras y no con longitud de horquilla como en Melo *et al.* (2004); también resaltamos que en el estudio de Melo *et al.* (2004) se procesaron 295 hembras histológicamente obtenidas en los meses de mayo y junio. Por su parte Gálvez *et al.* (2000) reportan una talla de primera madurez de 26,0 cm de LT, valor que difiere en extremo de nuestro valor registrado; posiblemente debido a que en ese estudio se utilizó como referencia una escala de estados de madurez sexual microscópica desarrollada para el recurso merluza común, modificada según Hunter & Macewich (1985).

La edad de primera madurez sexual de 8,9 y 8,7 años (parámetros de crecimiento según lectura de otolitos y multifan, respectivamente) obtenida en este estudio es significativamente menor a la obtenida a partir de los parámetros de crecimiento reportados en [Gálvez *et al.* \(2000\)](#) (9,6 años) y [Pino & Cubillos \(2000\)](#) (11,3 años). Sin embargo, esta edad da cuenta de un recurso que presenta un proceso de madurez tardío, lo cual debería ser considerado como aspecto principal en la determinación de medidas de manejo.

12 Conclusiones

- a) Se observó una gran consistencia y similitud en los radios promedios a la edad, lo que implica una baja variabilidad interanual en el proceso de crecimiento del otolito sagita del besugo.
- b) La relación radio del otolito-longitud del pez para machos y hembras, quedando establecida mediante una relación potencial.
- c) Una de las mejores técnica de preparación del otolito para lectura consiste en la hidratación del otolito entero, lo que por cierto permite abaratar costos ya que los cortes transversales a través del núcleo y secciones delgadas transversales implican mayor dedicación de horas hombre.
- d) Se validó la identificación del primer *annulus* mediante la técnica de microincrementos diarios, los cuales tienen un ancho mayor a 1 μm .
- e) La distancia promedio desde el centro del otolito hasta 365 microincrementos en besugo fue de 1332,7 μm (DE = 163,2), distancia que representa la localización del primer *annulus*.
- f) El análisis de frecuencia de tallas con MULTIFAN reveló que 11 clases de edad están presentes en la estructura de tamaños de besugo, y que el patrón de crecimiento en longitud queda descrito por una longitud asintótica de 45,8 cm y $K = 0,162 \text{ año}^{-1}$.
- g) El besugo presenta actividades de ^{210}Pb y ^{226}Ra cuantificables, lo que permite su uso para la validación de edades. El aumento de la masa del otolito con la longitud total del pez tiene un patrón potencial que limita severamente las edades radiométricas. Esto puede resultar en la práctica, que para una misma talla de peces pueden existir varias edades, por lo cual se estará subestimando las edades reales de los peces.
- h) Las edades radiométricas derivadas de la razón $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ presente en los otolitos varían entre los 2 para los peces mas pequeños (<a 20 cm de longitud total) y 12 a 13 años para los mas grandes 36 - 41 cm de longitud total, respectivamente.
- i) Los parámetros de crecimiento, sobre la base de las longitudes retrocalculadas, queda descrito por:

$$L_t = 38,5 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)}) \quad \text{machos}$$

$$L_t = 37,7 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)}) \quad \text{hembras}$$

El crecimiento en peso, queda descrito por:

$$W_t = 697,8 * (1 - e^{-0,1921*(t+0,17459)})^{2,978} \quad \text{machos}$$

$$W_t = 695,5 * (1 - e^{-0,2253*(t+0,4616)})^{3,009} \quad \text{hembras}$$

- j) El crecimiento en longitud del besugo es diferente al de otras especies del Género, con una mayor tasa de crecimiento.
- k) La tasa de mortalidad natural presentó una muy baja precisión, con valores que fluctuaron entre 0,25 y 0,41 por año. Un estimado ponderado por el inverso de la varianza determinó $M = 0,3$ por año, valor de compromiso que se recomienda sea utilizado para el besugo.
- l) La talla media de primera madurez sexual fue estimada en 32 cm de longitud total utilizando estados de madurez sexual clasificados histológicamente.

13 REFERENCIAS

- Abramov AA (1987)** A new species of *Epigonus* (Perciformes, Epigonidae) from the southern Pacific Ocean. *Voprosy ikhtio.*, 27(6): 1010-1013.
- Abramov AA (1990)** Age and Growth of two Species of Bigeyes, *Epigonus angustifrons* and *E. elegans*, from the Indian and Pacific Oceans. *Voprosy ikhtiologii*, 30 (6),1990, 1022-1028.
- Aguayo M (1971)** Determinación de la edad en merluza (*Merluccius gayi*, Guichenot, 1848), mediante la lectura de otolitos. *Bol. Cient. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile*, 16: 49 p.
- Aguayo M (1976)** Edad y crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns) del norte de Chile (Arica-Iquique) Serie Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 19: 46 p.
- Aguayo M & S Soto (1978)** Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea (Strangomera bentincki)* en Coquimbo y Talcahuano. Serie Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 28: 55 p.
- Aguayo M & V Ojeda (1981)** Elaboración de claves edad-talla de merluza común (*Merluccius gayi*) para los años 1968-1971 (Coquimbo- Talcahuano) y determinación de la composición de edades de esta especie en las capturas obtenidas en los cruceros de prospección del B/I "ITZUMI" durante 1980. Informe Técnico IFOP.
- Aguayo M (1983)** Elaboración de claves edad talla de sardina española, jurel y caballa para el año 1982. Informe Técnico CORFO-IFOP (AP 83-33) (150 p).
- Aguayo M, Ojeda V & R Gili (1983)** Administración pesquería zona sur. Claves edad- talla y composición por grupos de edad en las capturas de merluza del sur y merluza de cola, durante 1982. Informe Técnico IFOP-CORFO. 57 p y Anexos.
- Aguayo M & R Gili (1984)** Estudio de la edad y el crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg) (Gadiformes-Gadidae). *Invest. Pesq. (Chile)* 31: 47-57.
- Aguayo M & I Paya (1998)** Estudio de mortalidad en merluza de tres aletas y merluza de cola. Estudio de crecimiento y construcción de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. Informe Final Proyecto FIP 97- 15.
- Aguayo M & M Neira (2006)** Determinación de la estructura por grupo de edad en la capturas comerciales de besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe Interno Instituto de Investigación Pesquera, VIII Región, Talcahuano.

- Akaike, H. (1974).** A new look at the statistical model identification. *IEEE Transaction on Automatic Control*, AC-1, 716-723.
- Alverson DL & MJ Carney (1975)** A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J.Con.int.Explor.Mer*, 36:133-143.
- Andrews A, Cailliet G & K Coale (1999)** Age and growth of the pacific grenadier (*Coryphaenoides acrolepis*) with age estimate validation using an improved radiometric ageing technique. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1339-1350.
- Andrews, A. H., G. M. Cailliet, K. H. Coale, K. M. Munk, M. M. Mahoney and V. M. O'Connell (2002)** Radiometric age validation of the yelloweye rockfish (*Sebastes ruberrimus*) from south-eastern Alaska. *Mar. Freshw. Res.* 53:1-8.
- Andrews AH & DM Tracey (2007).** Age validation of orange roughy and black cardinalfish using lead-radium dating. Final Research Report for Ministry of Fisheries Research Project DEE2005-02, Objective 1, 40 pp., National Institute of Water and Atmospheric Research, N Zealand.
- Araya M & L Cubillos (2002)** El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana* 66 (2):161-179. Concepción, Chile.
- Ashford JR, C Jones, S Wischniowski, S Bobko & I Everson (2000)** A comparisons between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. Document N° WG-FSA-00/28. CCAMLR, Hobart, Australia.
- Baker, S., Ch. Wilson and D. VanGent. (2001).** Testing assumptions of otolith radiometric aging with two long-lived fishes from the northern gulf of Mexico. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 58, 1244-1252.
- Balbontín F & W Fischer (1981)** Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 17(3):285-334.
- Barrera-Oro E & C Bellisio (1987)** Técnicas de inclusión de otolitos en parafina y su posterior seccionamiento. Contribución N° 327. Inst. Ant. Argentino. Dir. Nac. del Antártico.
- Beamish RJ (1979)** New information on the longevity of Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Fish. Res. Bd. Canada* 36: 1395-1400.
- Beamish RJ & DA Fournier (1981)** A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.
- Bedford B (1983)** A method for preparing sections of large number of otoliths embedded in blank polyester resin. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 41: 4-12.

- Beneett JT, Boehlert GW & KK Turekian (1982)** Confirmation of longevity in *Sebastes diploproa* (Pisces: Scorpaenidae) from $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ measurements in otoliths. *Marine Biology* 71: 209-215.
- Beverton RJH & SJ Holt (1957)** On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest.*, London 19(2), 1-533.
- Brothers EC, Mathews & R Lasker (1976)** Daily growth increments in otoliths from larval and adults fishes. *Fishery Bulletin* 74: 1-8.
- Burton, E. J., A. H. Andrews, K. H. Coale, and G. M. Cailliet (1999)** Application of radiometric age determination to three long-lived fishes using ^{210}Pb : ^{226}Ra disequilibria in calcified structures: a review. In: *Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals* (J. A. Musick, ed.), p. 77–87. *Am. Fish. Soc. Symp.* 23.
- Campana SE (1997)** Use of radiocarbon from nuclear fallout as a dated marker in the otoliths of haddock, *Melanogrammus aeglefinus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 150:49-56
- Campana SE (2001)** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59: 197-242.
- Campana SE & JD Neilson (1985)** Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1014-1032.
- Campana SE, Zwanenburg KTC & NJ Smith (1990)** ^{210}Pb : ^{226}Ra determination of longevity in redbfish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatics Sciences.*47: 163-165.
- Campana SE, Annand MC & JI McMillian (1995)** Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determination. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 131-138.
- CARE 2000.** Manual on generalized age determination procedures for groundfish. C.A.R.E. (Committee of Age Reading Experts Pacific Coast Groundfish Ageing Technicians). The Canada/U.S. Groundfish Committee.
- Chang WYB (1982)** A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210.
- Chen Y, Jackson A & H Harvey (1992)** A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:1228-1235.

- Chilton DE & RJ Beamish (1982)** Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 60, 102 p.
- Chong J & M Aguayo (1990)** Determinación de edad y estimación de los parámetros de crecimiento del congrio dorado, *Genypterus blacodes* (Schneider, 1801) (Osteichthyes, Ophidiidae) en el Pacífico Sur Oriental. Biología Pesquera 19:55-67.
- Chong J & M Aguayo (1994)** Determinación de edad y crecimiento de *Seriolella caerulea* Guichenot, 1848 de la zona sur-austral de Chile. Biología Pesquera 23:59-67.
- Christensen J (1964)** Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer, 29(1) : 73-81.
- Chugonova NI (1959)** Age and growth studies in fish. A systematic guide for ichthyologist. Published for the National Science Foundation, Washington, DC. Translated by the Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem. 1963. 132 p.
- Clark MW, Kelly CJ, Connolly PL & JP Molloy (2003)** A life history approach to the assessment and management of deepwater fisheries in the Northeast Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science 31: 401-411
- Cochran K & P Masque (2002)** Natural radionuclides applied to coastal zone processes. Radioactivity in the Environment: Radioactivity in the Oceans. (H.D. Livingston Ed.) Submitted.
- Cope JM & AE Punt (2007)** Admitting ageing error when fitting growth curves: an example using the von Bertalanffy growth function with random effects. Can. J. Fish Aquat. Sci. 64: 205-218.
- Cubillos L, Alarcón R & A Brante (1999)** Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. Fisheries Research, 42: 147-153.
- Cubillos LA (2003)** An approximative relationship to estimate the natural mortality rate in fish stocks. Naga, WorldFish Centre Quarterly 26(1):17-19.
- Cubillos L & M Araya (2007)** Estimaciones empíricas de mortalidad natural en el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898). Revista de Biología Marina & Oceanografía 42(3): 287-297.
- Dannevig A (1933)** On the age and growth of cod (*Gadus callarias* L) from the Norwegians Skagerrack. Cost. Rep. Norw. Fish and Mar. Inv. 4(1):145 p.30.

- De Buen F (1959)** Notas preliminares sobre la fauna marina preabismal de Chile, con descripción de una familia de rayas, dos géneros y siete especies nuevas. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. (Santiago) 27(3):171-201.
- Degens ET, Deuser WG & RL Haedrich (1969)** Molecular structure and composition of fish otoliths. Marine Biology 2: 105-1113.
- Efron B (1985)** Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. Biometrika, 72:45-48.
- Esteves E, Simões P, Da Silva HM & P Andrade (1995)** Ageing of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, from the Azores, using sagittae, anal-fin spine and vertebrae. Bull. Univ. Azores, Life and Marine Sciences 13A: 39- 51.
- Everhart HW, Eipper AW & WD Young (1976)** Age and growth. In: Principles of Fishery Sciences. Cornell University Pres. London: 56-82
- FAO (1982)** Métodos de recolección y análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. FAO. Circ. Pesca (736): 101 p.
- Fenton GE, Short SA & DA Ritz (1991)** Age determination of orange roughy *Hoplostethus atlanticus* (pisces: Trachichthyidae) using ^{210}pb : ^{226}Ra disequilibria. Marine Biology 109: 197-202.
- Fenton GE & S Short (1995)** Radiometric analysis of blue granadier, *Macruronus novaezelandie*, otolith. Fish. Bull. 93:391-473
- Francis RICC (1990)** Back-calculation of fish length : a critical review. J. Fish. Biol. 36:883-902.
- Fournier DA, Sibert JR, Majkowski J & J Hampton (1990)** MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:301-317.
- Froese R & D Pauly (2000)** FishBase 2000. Concepts, design and data sources. International Center for Living Aquatic Resources management, Makati City, Philippines.
- Gálvez M, Cubillos L, Rebolledo H, Sepúlveda A, Pino C & A Rojas (2000)** Parámetros biológico-pesqueros y evaluación del stock de besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe Final. Instituto de Investigación Pesquera, VIII Región.
- Gálvez M & H Rebolledo (2001)** Estructura de longitud y relación longitud-peso en besugo (*Epigonus crassicaudus*), en la zona centro-sur de Chile. Investig. mar. 29: 39-49.

- Galluci VF & TJ Quinn II (1979)** Re-parameterizing, fitting , and testing a simple growth model. Trans. Amer. Fish. Soc. 108:14-25.
- Griffiths D & C Harrod (2006)** Natural mortality, growth parameters, and environmental temperature in fishes revisited. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64:249-255.
- Hewitt, D.A. and Hoenig, J.M. 2005.** Comparison of two approaches for estimating natural mortality. Fish. Bull., U.S., 103:433–437.
- Hoening JM (1983)** Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fishery Bulletin US, 82: 898-902.
- Horn P (2002)** Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand subantarctic to the Ross Sea, Antarctica. Fish. Res.
- Hunter JR & B Macewicz (1985)** Measurements of spawning frequency in multiple spawning fish. In: R. Lasker (Ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S., Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36, 79-94.
- Jensen AL (1996)** Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:820-822.
- Kastelle CR, Kimura DK, Nevissi AE & DR Gunderson (1994)** Using Pb-210/Ra-226 disequilibria for sablefish, *Anoplopoma fimbria*, age validation. Fish. Bull. 92, pp. 292–301.
- Kalish JM, Beamish RJ, Brothers ED, Casselman JM, Francis RICC, Mosegaard H, Panfili J, Prince E, Thresher RE, Wilson CA & PJ Wright (1995)** Glossary for otolith studies. In: Secor DH, Dean JM & SE Campana (Eds.) Recent developments in Fish Otolith Research. University of South Carolina Press, Columbia, SC pp. 723-729.
- Kinsman D (1969)** Interpretation of Sr+2 concentration in carbonate minerals and rocks. J. Sedim. Petrol. 39:486-508.
- Kinsman D & H Holland (1969)** The co-precipitation of cations with CaCO₃- IV. The co-precipitation of Sr+2 with aragonite between 16° and 96° C. Geochim. Cosmochim. Acta 33: 1-17.
- Kline D (1996)** Radiochemical age verification for two deep-sea rockfishes (*Sebastolobus altivelis* and *S. Alascanus*). M.S. thesis. California State University, San Jose, Calif.

- López Abellán L. J., Santamaría M. T. G. y Román E (2007)** Estudio comparado del crecimiento del alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 de las montañas submarinas del golfo de Guineay del océano Índico suroccidental. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 23 (1-4): 33-44.
- Mathieu GG, Biscaye PE, Lupton RA & DE Hammond (1988)** System for measurement of ^{222}Rn at low levels in natural waters. *Health Physics*, 55 (6): 989–992
- McCurdy WJ, Panfili J, Meunier FJ, Geffen AJ & H de Pontual (2002)** Preparation of calcified structures. In *Manual of fish sclerochronology* (Panfili J., Pontual H. (de), Troadec H., Wright P.J., eds), pp. 331-357. Brest, France: Ifremer.IRD coedition.
- Mayer GF (1974)**. A revision of the cardinal fish genus *Epinogus* (Perciformes, Apogonidae), white descriptions of two new species. Bull. Mus. Zool., 146(3): 147-203
- Melo T, Pavez P, Ceriola H, Hurtado C, Queirolo D, Menares B & V Espejo (2004)** Parámetros biológico pesqueros del recurso besugo (*Epinogus crassicaudus*) entre la III y X región. Pesca de Investigación. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 99p.
- Milton D, Short, O'Neill M & S Blaber (1995)** Ageing of three species of tropical snapper (Lutjanidae) from the Gulf Of Carpentia, Australia, using radiometry and otolith ring counts. Fish. Bull. 93.103-115.
- Morales-Nin B (1986)** Microestructura de los otolitos *Calamus brachysomus* Lackington, 1880 (Pisces: Sparidae) al microscopio electrónico de barrido. INIT. pesq. Vol 50: 479 – 487.
- Morales-Nin B (1988)** Caution in the use of daily increments for ageing tropical fishes. Fishbyte 6: 5-6.
- Morales-Nin B (1992)** Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. FAO Fisheries Technical Paper 322: 1-51.
- Morales-Nin B (2000)** Guidelines for validation studies. EFAN Report 4- 2000.
- Morales-Nin B & J Panfili (2002)** Age estimation. In *Manual of fish sclerochronology* (Panfili J., Pontual H. (de), Troadec H., Wright P.J., eds), pp. 91-98. Brest, France: Ifremer.IRD coedition.
- Niklitschek E, Cornejo J, Hernández E, Toledo P, Herranz C, Merino R, Lafon A, Castro L, Roa R & G Aedo. 2007.** Evaluación hidroacústica de alfonsino y orange roughy, año 2006. Informe Técnico FIP 2006-09: 1-201.
- Ojeda V, Olivares J, Balbontin F, Garland D, Cubillos L, Alarcón R, Nascimento MG & A Sepúlveda (1997)** Validación de los métodos aplicados en la estimación de edad y

crecimiento y determinación de la mortalidad en merluza común en la zona centro-sur. Informe final Proyecto FIP N° 95-15. 129 p.

- OTO (2005)** Otolith Training Online. Marine Institute Fisheries Science Services. Irlanda. 44 p.
- Oyarzún C, Gacitúa S, Araya M, Cubillos L, Salamanca M, Pino C, Galleguillos R, Aedo G & J Lamilla (2003)** Asignación de edades y crecimiento de bacalao de profundidad. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-17. 146 p.
- Panfili J, de Puntual H, Troadec H & PJ Wright (eds) (2002)** Manual of fish sclerochronology. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464p.
- Pannella G (1971)** Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science 173, 1124- 1127.
- Pannella G (1974)** Otolith growth pattern: An aid in age determination in temperate and tropical fish. In: T.B. Bagenal (ed.) Ageing of fish. Unwin Brothers Ltd., Surrey, England: 28- 39.
- Pascual MA & OO Iribarne (1993)** How good are empirical predictions of natural mortality? Fisheries Research 16: 17-24.
- Pauly D (1979)** Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. Ver. Inst. f. Meereskunde Univ. Kiel, N° 63, XV+156 p.
- Pauly D (1980)** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J.Cons.int.Explor.Mer, 39: 175-192.
- Pauly D & JL Munro (1984)** Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. Fishbyte 2, 21-22.
- Penttila J & LM Dery (eds) (1988)** Age determination methods for Northwest Atlantic species. NOAA Technical Report NMFS 72.135 pp.
- Pino C & L Cubillos (2000)** Edad y crecimiento del besugo, *Epigonus crassicaudus*, (de Buen, 1959) (Perciforme Apogonidae) en Chile central En: Parámetros biológico-pesqueros y evaluación de stock del besugo (*Epigonus crassicaudus*). Informe final, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 28-56.
- Prince ED, Lee DW & SA Berkeley (1988)** Use of marginal increment analysis to validate the anal spine method for ageing Atlantic swordfish and other alternative for age determination. ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap. 27:194-201.
- Radtke RL & JM Dean (1982)** Increment formation in the otolith of embryos, larvae and juveniles of the mummichong, *Eundulus heteroclitus*. Fish. Bull. 80: 201-215.

- Richards FJ (1959)** A flexible growth function for empirical use. *J: Exp. Bot.* 10(29), 290-300.
- Ricker WE (1975)** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191: 382 p.
- Rickhter VA & VN Efanov (1976)** On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc.*, 76/VI/8:12 p.
- Roa R & F Tapia (1998)** Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. *Marine Ecology Progress Series.* 167: 185-196.
- Salamanca M (1998)** Determinación de las edades radiométricas en el “pez espada” *Xiphias gladius*. Informe Proyecto Especial Subsecretaría de Pesca.
- Secor DH, Dean JM & EH Laban (1992)** Otolith removal and preparation for microstructural examination, p. 19-75. In: DK Stevenson & SE Campana (de.) Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117.
- SERNAPESCA (2006)** Anuario estadístico de pesca, 2006. Servicio Nacional de Pesca, Chile.
- Schnute J (1981)** A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:1128-1140.
- Smale M, Watson G & T Hecht (1995)** Otolith Atlas of Southern African Marine Fishes. Ichthyological Monograph of the J.L.B. Smith Institute of Ichthyologic. No. 1, XIV, 253 pages, 149 plates.
- Smith JN, Campana SE & R Nelson (1991)** Use of $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$ and $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$ disequilibria in the ageing of otoliths of marine fish. *Els. Appl. Sci. Stol. London, U.K.* 393 p.
- Smith D, Fenton G, Robertson S & S Short (1995)** Age determination and growth of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*): a comparison of annulus counts with radiometric ageing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 391-401
- Stevens MM, Andrews AH, Cailliet GM & KH Coale (2004)** Radiometric validation of age, growth, and longevity for the blackgill rockfish (*Sebastes melanostomus*). *Fish. Bull.* 102:711-722.
- Stewart B, Fenton G, Smith D & A Short (1995)** Validation of otolith-increment age estimates by deepwater fish species, the warty oreo *Allocytus verrucosus*, by radiometric analysis. *Mar. Biol.* 123: 29-38.
- SUBPESCA (2006)** Ficha Pesquera N°3 BESUGO (*Epigonus crassicaudus* (de Buen, 1959)).
- SUBPESCA (2007)** Subsecretaría de Pesca. Dirección URL <http://www.subpesca.cl/>.

- Tanaka K, Mugiya Y & J Yamada (1981)** Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juveniles *Tilapia nilotica*. Fish. Bull., U.S., 79: 459-466.
- Taubert BT & JA Tranquilli (1982)** Verification of the formation of annuli in otoliths of largemouth bass. Trans. Am. Fish. Soc., 111(4): 531-534.
- Taylor CC (1960)** Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. J. Cons. int. Explor. Mer, 26:117-124.
- Tracey DM, K George & DJ Gilbert (2000)** Estimation of age, growth, and mortality parameters of black cardinalfish (*Epigonus telescopus*) in QMA 2 (east coast North Island). New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/27: 1-21.
- Turekian KK, Cochran JK, Kharkar DP, Cerrato RM, Vaisnys JR, Sanders HL, Grassle JF & JA Allen (1975)** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 72, 2829-2832.
- Turekian KK, Cochran JK, Krishnaswami S, Lanford WA, Parker PD, Bauer KA (1979)** The measurement of ^{10}Be in manganese nodules using a tandem Van de Graaff accelerator. Geophys. Res. Lett. 6:417-20
- Turekian KK & JK Cochran (1981)** Growth rate of a vesicomid clam from the Galapagos spreading center. Science 214:909-911
- Turekian KK, Cochran JK, Nozaki Y, Thompson I & DS Jones (1982)** Determination of the shell deposition rates of *Arctica islandica* (Mollusca: Bivalvia) from the New York Bight using natural ^{228}Ra and ^{228}Th and bomb-produced ^{14}C . Limnol. Oceanogr. 27:737-41
- Twonsend D, Radtke R, Malone D & J Wallinga (1995)** Use of otolith strontium: calcium ratios for hindcasting larval cod *Gadus morhua* distributions relative to water masses on Georges Bank. Marine Ecology Progress Series. 119: 37-44.
- Vetter EF (1988)** Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. Fishery Bulletin 86: 25-43.
- Victor BC & EB Brothers (1982)** Age and growth of the fallfish *Semotilus corporalis* with daily otolith increments as a method of annulus verification. Canada Journal Zoology 60: 2543-2550.
- West, I. and R. Gauldie. (1994)** Determination of fish age using ^{210}Pb : ^{226}Ra disequilibrium methods. Can J. Fis. Aquat. Sci. Vol 51: 233-2340.
- Wilson CA, Beamish RJ, Brothers EB, Carlander KD, Casselman JM, Dean JM, Jerald Jr. A, Prince ED & A Wild (1987)** Glossary, p. 527-530. In: Summerfelt, R.C. and Hall, G.E. (Editors). The age and growth of fish. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Wiff R, Quiroz JC & R Tascheri (2005) Estado de explotación del recurso besugo (*Epigonus crassicaudus*) en Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 33(1): 57-67.

Yañez A & A Leyton (1997) Development of the embryonic otolith, growth pattern and morphological comparison with juvenile and adult sea catfish *Galeichthys caeruleus*- Gunther otolith. An. Centro. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México 4(1): 115-124, 1997.

14 ANEXOS

14.1. Artículo enviado a publicación ISI

Verificación de la edad y crecimiento de besugo (*Epigonus crassicaudus*) admitiendo error en la determinación de la edad.

Age verification and growth of the Chilean cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*) admitting ageing error.

Luis A. Cubillos¹, Mario Aguayo², Marcia Neira²,
Evelin Sanhueza², Claudio Castillo-Jordán¹

¹Laboratorio Evaluación de Poblaciones Marinas (EPOMAR), Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

²Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile

Resumen

Con el objeto de confirmar la lectura de edades en otolitos enteros de besugo (*Epigonus crassicaudus*), dos lectores leyeron a ciegas tres veces la estructura anular de los otolitos de 96 peces, con intervalos de 15 días entre lecturas. Asimismo, el lector más experimentado leyó la edad en otolitos enteros y en secciones delgadas transversales, registrando además el número de anillos secundarios más marcados. Finalmente, se estimó los parámetros de crecimiento en longitud de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCBV), admitiendo el error en la determinación de la edad. Para ello se utilizó un modelo no lineal con efectos aleatorios (RE), donde se especifica la estructura de error de la población muestreada. La estimación de los parámetros se comparó con el desempeño de un modelos no lineal estándar (SNL). Los resultados indican que la estructura anular registrada en otolitos enteros es determinada con una alta precisión por un lector entrenado, tanto en otolitos enteros como en secciones transversales delgadas. Con esta última técnica de preparación se contabilizó una mayor frecuencia de anillos secundarios, que en otolitos enteros. Las estimaciones de los parámetros de crecimiento con el modelo RE fueron más consistentes que los estimados con el modelo SNL. Se confirma que el crecimiento en longitud de la FCVB de besugo está representado por una longitud asintótica cercana a los 45 cm y un coeficiente de crecimiento del orden de $0,16 - 0,18 \text{ año}^{-1}$. Se concluye que el besugo es una especie de crecimiento lento, con una longevidad máxima teórica de entre 17 - 19 años.

Palabras claves: Reproducibilidad, otolitos, FCVB, hábitat demersal, centro-sur de Chile.

Abstract

With the aim of confirming the age readings in whole otoliths of cardinalfish (*Epigonus crassicaudus*), two readers carried out three blind readings of the annular structure from 96 fish, and with an elapsed time of 15 days among readings. The reader with more experience read ages on whole otoliths and also on thin transverse sections, recording also the frequency of the most marked secondary rings. Finally, the growth parameters in length of the von Bertalanffy growth

function (VBGF) were estimated by admitting ageing error. A nonlinear model with random effects (RE) was used, in which the error structure of the sampled population is specified. The estimation of the growth parameters was compared with the performance of a standard nonlinear model (SNL) of estimation. It was verified that the growth in length of the VBGF for cardinalfish is represented by an asymptotic length close to 45 cm of total length and a growth coefficient ranging between 0.16 – 0.18 yr⁻¹. It is concluded that Chilean cardinalfish is a slow growing species but with a maximum theoretical longevity between 17 and 19 years.

Key words: reproducibility, otoliths, VBGF, demersal habitat, central southern Chile.

14.2. Taller de discusión de resultados

Presentación

El Taller de Difusión y Discusión de Resultados del Proyecto FIP 2007-36, se realizó el día 14 de agosto de 2008 en el Auditorio del Instituto de Investigación Pesquera, Avda Colón 2780, Talcahuano. El Taller tuvo por objetivo analizar y discutir los métodos de determinación de la edad, validación, crecimiento y mortalidad natural.

Agenda de Trabajo

El Taller se desarrolló según las siguientes presentaciones:

- | | |
|----------------------|---|
| 9:30 – 9:40 | Presentación de Proyecto FIP 2007-36
<i>Luis Cubillos</i> |
| 9:45 – 10:05 | Edad y crecimiento
<i>Mario Aguayo</i> |
| 10:10 – 10:30 | Crecimiento basado en tallas
<i>Rubén Alarcón</i> |
| 10:40 – 11:00 | Pausa |
| 11:00 – 11:20 | Validación por anillos diarios
<i>Jessica Peñailillo</i> |
| 11:25 – 11:45 | Determinación de la edad por radiometría
<i>Marco Salamanca</i> |
| 11:50 a 12:10 | Comparación del crecimiento y mortalidad natural
<i>Claudio Castillo Jordán</i> |
| 12:15 – 12:35 | Talla y edad media de primera madurez sexual
<i>Milton Pedraza García</i> |
| 12:40 – 13:00 | Mesa redonda y conclusiones del Taller
<i>Luis Cubillos (moderador)</i> |

Participantes

	Nombre	Institución
1	Ludwig Ziller	El Golfo
2	Ciro Oyarzún G.	UDEC
3	Sergio Núñez	Inpesca
4	Hernan Rebolledo	UCSC
5	Javier Chong	UCSC
6	Patricia Ruiz	Inpesca
7	Maria José Zúñiga	UDEC
8	Carolina Alarcón	UDEC
9	Enzo Acuña	UCN
10	Marco Salamanca	UDEC
11	Jessica Peñailillo	UNAP
12	Mario Aguayo	Inpesca
13	Luis Cubillos	UDEC
14	Claudio Castillo	UDEC
15	Milton Pedraza	UDEC
16	Evelin Sanhueza	Inpesca
17	Marcia Neira	Inpesca
18	Rubén Alarcón	Inpesca
19	Arnaldo Zúñiga	Inpesca
20	Maria Ester Peña	UCSC
21	Lilian Cisterna	UCSC
22	Leslie Valenzuela	Inpesca
23	Marco Arteaga	Inpesca
24	Claudia Bruno	Inpesca

15 HORAS HOMBRE DEL EQUIPO DE TRABAJO

Las horas-hombre del equipo de trabajo durante el estudio se resumen en la siguiente tabla:

Personal	Total
Luis Cubillos S.	85
Marco Salamanca	55
Claudio Castillo J.	70
Milton Pedraza G.	70
Jessica Peñailillo	320
Mario Aguayo	160
Hernan Rebolledo	81
Rubén Alarcón	20
Marcia Neira	160
Evelin Sanhueza	139
Pedro Carrasco	310
Robinson Carrasco	310
NN2	310
Enzo Acuña	45
NN3	270

Base de Datos

La base de datos que contiene toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del Proyecto FIP 2007-36 “Edad, crecimiento y mortalidad natural de besugo”, se encuentra almacenada en los Discos Compactos adjuntos, según la siguiente descripción:

FIP2007-36 CD-1: Disco compacto autoejectable a un archivo de hipertexto que contiene una descripción de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, con acceso a: Resumen Ejecutivo, Informe Final, Personal Participante, Taller de Trabajo, Publicaciones, y enlaces a la base de datos. Este archivo contiene el material audiovisual requerido por las bases especiales.

FIP2007-36 CD-2: Disco compacto conteniendo solamente la base de datos, según lo solicitado en las bases administrativas y especiales, con la siguiente estructura y descripción de los archivos:

RUTA	ARCHIVO	DESCRIPCION
Base de datos_FIP2007-36	Edadoto.xls	Lectura y mediciones en otolitos enteros
	Lenfrebe.xls	Frecuencia de tallas de besugo
	Valmicro.xls	Validación annulus por micro incrementos diarios
	Veriedad.xls	Verificación de la edad en otolitos enteros
	Descriptor_edadoto.xls	Descriptor de los campos archivo edadoto.xls
	Descriptor_lenfrebe.xls	Descriptor de los campos archivo lenfrebe.xls
	Descriptor_valmicro.xls	Descriptor de los campos archivo valmicro.xls
	Descriptor_veriedad.xls	Descriptor de los campos veriedad.xls
