

**Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Facultad de Recursos Naturales

Escuela de Ciencias del Mar

Valparaíso – Chile

**INFORME FINAL Corregido**

**FIP N° 2006-58**

**Estudio Biológico-Pesquero del Pejerrey de Mar X Región**

**Valparaíso, agosto del 2008**



---

Título: "Estudio Biológico-Pesquero del pejerrey de mar X  
Región"

Requirente : Proyecto FIP N° 2006-58

Contraparte : Fondo de Investigación Pesquera  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Facultad de Recursos Naturales

Unidad Ejecutora : Escuela de Ciencias del Mar  
Avda. Altamirano 1480  
Casilla 1020  
Valparaíso

Investigador  
Responsable : Patricio Pavez Carrera  
Escuela de Ciencias del Mar  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Fono : 56-32-274264  
Fax : 56-32-274206  
E-mail: [ppavez@ucv.cl](mailto:ppavez@ucv.cl)

---

## EQUIPO DE TRABAJO

INVESTIGADORES	INSTITUCION	AREA DE TRABAJO
Patricio Pavez Carrera	PUCV	Jefe de Proyecto. Análisis Multivariados, matriz del conocimiento
Guido Plaza Pastén	PUCV	Biología reproductiva Edad y crecimiento
Víctor Espejo Briones	PUCV	Diseño de muestreo, indicadores bio-pesqueros
Brian Dyer Hopwood	UDELMAR	Identificación taxonómica
Humberto Cerisola Bedroni	PUCV	Biología reproductiva
Jorge Saavedra Torrico	PUCV	Análisis Multivariados, matriz del conocimiento
Viviana Almanza Morroquín	PUPELDE LTDA.	Coordinadora actividades en terreno, muestros biológicos
Manira Matamala Farrán	PUPELDE LTDA.	Contraparte y coordinadora actividades en terreno

**Este documento debe citarse como:**

---

**Pavez P., G. Plaza, V. Espejo, B. Dyer, H. Cerisola, J. Saavedra, V. Almanza y M. Matamala. 2008.** "Estudio Biológico-Pesquero del pejerrey de mar X Región". (Proyecto FIP N° 2006-58). Informe Final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 07/08: 132 pp. + Anexo.

---

**Distribución de ejemplares:**

---

4	Fondo de Investigación Pesquera
1	Dirección Escuela de Ciencias del Mar – PUCV
1	Investigador Responsable

---

## RESUMEN EJECUTIVO

Se obtuvo muestras de pejerrey de mar desde Cochamó, Caleta Anahuak, próxima a Puerto Montt y Calbuco con desembarques efectivos en el periodo de estudio.

Con el objeto de determinar la identificación taxonómica de la especie en estudio, se procedió con el análisis morfológico externo y osteológico de los ejemplares seleccionados en la muestra. El objetivo fue precisar a cual especie del subgénero *Austromenidia*, corresponde el pejerrey de mar de la zona de estudio en la X Región.

Las muestras de 90 ejemplares provenientes de Calbuco, Tenglo y Cochamó correspondieron todos a ejemplares de pejerrey de mar *Odontesthes (Austromenidia) regia*, basado en el análisis de morfología y osteología, siguiendo la clave para pejerreyes chilenos (Dyer 2000). El estudio de morfometría y merística, usando análisis multivariado de componentes principales (PCA) no arrojó información sobre agrupaciones de ejemplares que indicaran algún indicio de diferenciación a nivel de especie, respecto a la procedencia de la muestra.

Del análisis de la matriz de conocimiento, se estableció que la mayoría de los trabajos detectados corresponden a la categoría de estudios biológicos, los que no poseen la capacidad de explicación (de la variabilidad inercial en el procedimiento de modelación bilineal empleado) que tienen los estudios tecnológicos o de economía pesquera. También se detectó una carencia de trabajos que vinculen las categorías biológica, tecnológica o económica.

El análisis de las fluctuaciones del IGS, condición fisiológica, peso del ovario, análisis histológicos del parénquima ovárico y distribución de frecuencia de diámetros de los ovarios, evidenciaron seis rasgos relevantes en la dinámica reproductiva de esta especie: (i) un ciclo reproductivo caracterizado por una época de desove que se extendió desde agosto a febrero, con una máxima actividad en los meses de octubre y noviembre, localizado en aguas someras del litoral; (ii) condición fisiológica de la población independiente del sexo y puerto de recalada óptima durante gran parte del ciclo reproductivo; (iii) una marcada variabilidad en el IGS y peso gonadal durante los meses de mayor intensidad reproductiva

independiente del tamaño del ejemplar, que sumado a la existencia de folículos post-ovulatorios confirman que *O. regia* es un desovador parcial, pero con un tipo de fecundidad (i.e., determinada o indeterminada) aún por dilucidar; (iv) ocurrencia de ovarios maduros avanzados restringidos sólo al inicio de la época de mayor intensidad reproductiva, (v) fecundidades parciales y relativas reducidas (rango: 402 a 7.510 ) para hembras entre 20 a 26 centímetros de longitud total; y (vi) diámetros de ovocitos hidratados entre 1,5 - 2,5 mm. Adicionalmente se constató que la relación fecundidad-peso fue descrita adecuadamente por un modelo lineal, mientras que la relación fecundidad parcial-longitud total fue exponencial y/o potencial.

Los análisis de edad y crecimiento arrojaron los siguientes resultados: (i) el pejerrey de mar en la X región es una población de crecimiento rápido, en que alcanza alrededor del 60% de su longitud asintótica durante su primer año; (ii) la estructura de edad es de sólo tres años, (iii) crecimiento similar entre sexos ( $L^\infty$  hembras=24,8 cm y  $L^\infty$  machos=24,4 cm); (iv) elevadas tasas de mortalidad natural (hembras= $1,26 \text{ año}^{-1}$  y machos= $1,24 \text{ año}^{-1}$ ); (v) tasa de crecimiento media de 0,05 cm/día (i.e., 0,5 mm/día) y longitudes asintóticas de 13,7 cm de longitud total para la fracción juvenil menor a 1 año.

Los resultados derivados del ajuste del modelo logístico a la proporción de hembras y machos maduros mostraron que la talla media de madurez para esta especie, fluctúa alrededor de los 15 cm de longitud total y que la mayoría de la población madura al primer año de vida. Como conclusión de los estudios efectuados hasta la fecha y los resultados reportados en el presente estudio, se sugiere que medidas de manejo que consideren tallas mínimas de captura superiores a 16 cm de longitud total garantizarían la exclusión de los reclutas en las capturas.

Los resultados del presente estudio describen a la pesca de pejerrey de mar en la X región, como una pesquería artesanal litoral con marcada estacionalidad, en que se explotan año a año, fundamentalmente agregaciones reproductivas, bajo la figura de pescas de investigación. Por dicha razón, los valores de CPUE reportados en la presente temporada de pesca corresponden más bien a cambios en la disponibilidad y abundancia del stock desovante presente en aguas someras, que a cambios en la abundancia de la población total.

Al inicio de la temporada de pesca (i.e., mes de mayo) se observan los menores valores en tallas y de pesos medios de la captura. Para el mismo mes, en la zona de Cochamó, más del 80% del total de la captura fueron hembras, observándose además una segunda moda en la estructura de la captura, con individuos en torno a los 12 cm, que corresponderían de acuerdo a los resultados de edad y crecimiento de este estudio, al ingreso de reclutas a la pesquería. Los resultados a pesar de estar debidamente sustentados por el tamaño y diseño de muestreo, no son del todo concluyentes, debido a que en dicho mes se inició la temporada de pesca, que coincidió con la capacitación del personal en terreno para el muestreo intensivo del desembarque. Por lo tanto, la probabilidad de errores de medición no puede ser descartada en dicho periodo.

Finalmente, se puede señalar que la pesca con red de cerco, extrae fundamentalmente individuos maduros de la población, debido a que la talla media de la captura que se ubica en torno a los 20 cm, está por sobre la talla media de madurez sexual, que se alcanza en promedio a los 15 cm, advirtiéndose además que las hembras madurarían al primer año de vida. Lo negativo y adverso de esta pesquería, dice relación a que se explota fundamentalmente el stock desovante en una especie de baja fecundidad, generando además de la baja en la abundancia, una merma en el potencial reproductivo por la reducción en el número total de huevos de la población.

## Índice General

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
4.1. RECOPIRAR LOS ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS RELACIONADOS CON EL RECURSO Y CON LA INVESTIGACIÓN ASOCIADA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL, (OBJETIVO ESPECÍFICO 1).....	9
4.2. REALIZAR UNA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL RECURSO DENOMINADO PEJERREY DE MAR. (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).....	11
4.3. CARACTERIZAR EL ESFUERZO PESQUERO (CPUJE ESTANDARIZADA) DESARROLLADO POR LA FLOTA QUE OPERA SOBRE EL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 3). .....	15
4.4. PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LA CAPTURA Y LA PROPORCIÓN SEXUAL GLOBAL Y A LA TALLA, POR PERÍODO Y ZONA (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).17	
4.4.1. <i>Determinación del tamaño muestral para determinar la estructura de tallas de la captura y la proporción sexual</i> .....	18
4.4.2. <i>Determinación del tamaño muestral para determinar la relación longitud peso y peso medio</i> .....	19
4.4.3. <i>Estimación de Parámetros de la Relación longitud peso y peso medio por ejemplar</i> ..	19
4.4.4. <i>Estructura de los estimadores propuestos</i> .....	20
4.5. PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA FUNCIÓN Y LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO INDIVIDUAL, ASÍ COMO LA TASA INSTANTÁNEA DE MORTALIDAD NATURAL Y A LA TALLA CRÍTICA (OBJETIVO ESPECÍFICO 5). .....	23
4.5.1. <i>Elección de la estructura calcárea para la determinación de edad</i> .....	23
4.5.2. <i>Parámetros y función de crecimiento</i> .....	25
4.5.3. <i>Parámetros y función de crecimiento para los juveniles recolectados</i> .....	26
4.5.4. <i>Mortalidad natural</i> .....	26
4.5.5. <i>Claves talla edad</i> .....	26
4.6. PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA LONGITUD Y EDAD MEDIA DE MADUREZ SEXUAL Y LA FECUNDIDAD PARCIAL Y TOTAL A LA TALLA (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).....	27
4.6.1. <i>Edad y talla a la primera madurez sexual</i> .....	27
4.6.2. <i>Fecundidad parcial</i> .....	27
4.6.3. <i>Relaciones fecundidad-(peso/longitud/edad)</i> .....	28
4.7. PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR EL O LOS PERÍODOS Y ZONAS DE MAYOR INTENSIDAD EN EL PROCESO REPRODUCTIVO. (OBJETIVO ESPECÍFICO 7). .....	29
4.7.1. <i>Ciclo reproductivo</i> .....	30
4.7.2. <i>Factor de condición</i> .....	31
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>

5.1.	RECOPILAR LOS ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS RELACIONADOS CON EL RECURSO Y CON LA INVESTIGACIÓN ASOCIADA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL, (OBJETIVO ESPECÍFICO 4.1). ..	33
5.2.	REALIZAR UNA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL RECURSO DENOMINADO PEJERREY DE MAR. (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).....	40
5.3.	CARACTERIZAR EL ESFUERZO PESQUERO (CPUE ESTANDARIZADA) DESARROLLADO POR LA FLOTA QUE OPERA SOBRE EL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 3). .....	48
5.4.	PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LA CAPTURA Y LA PROPORCIÓN SEXUAL GLOBAL Y A LA TALLA, POR PERÍODO Y ZONA (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).53	
5.4.1.	<i>Composición de tallas de las capturas</i> .....	57
5.4.2.	<i>Talla media</i> .....	65
5.4.3.	<i>Peso medio</i> .....	68
5.4.4.	<i>Proporción sexual</i> .....	70
5.4.5.	<i>Relación longitud peso</i> .....	71
5.5.	PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA FUNCIÓN Y LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO INDIVIDUAL, ASÍ COMO LA TASA INSTANTÁNEA DE MORTALIDAD NATURAL Y A LA TALLA CRÍTICA (OBJETIVO ESPECÍFICO 5). .....	75
5.5.1.	<i>Rango de edad y talla a la edad "0+"</i> .....	75
5.5.2.	<i>Crecimiento y mortalidad</i> .....	79
5.5.3.	<i>Análisis de progresión modal</i> .....	82
5.5.4.	<i>Crecimiento de los juveniles</i> .....	85
5.6.	PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR LA LONGITUD Y EDAD MEDIA DE MADUREZ SEXUAL Y LA FECUNDIDAD PARCIAL Y TOTAL A LA TALLA (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).....	89
5.6.1.	<i>Talla y edad media de madurez sexual (TMM)</i> .....	89
5.6.2.	<i>Fecundidad</i> .....	92
5.7.	PARA LA(S) ESPECIE(S) IDENTIFICADA(S) DETERMINAR EL O LOS PERÍODOS Y ZONAS DE MAYOR INTENSIDAD EN EL PROCESO REPRODUCTIVO. (OBJETIVO ESPECÍFICO 7). .....	95
5.7.1.	<i>Ciclo reproductivo</i> .....	102
5.7.2.	<i>Condición de los desovadores</i> .....	107
5.7.3.	<i>Caracterización adicional de ovarios hidratados homogéneos y no-homogéneos</i> .....	109
6.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	113
7.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	124
8.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	126
	<b>ANEXO I. CLAVE ARTIFICIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE PEJERREYES DEL SUR DE SUDAMÉRICA (MODIFICADA DE DYER 2006)</b> .....	133

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Variables morfométricas y merísticas. ....	14
Tabla 2.	Varianza explicada y valores propios de la matriz de correlación, para cada uno de los Componentes Principales (PC). ....	41
Tabla 3.	Valores propios (eigenvalues) de la matriz de correlación indicando las cargas aportadas por cada una de las variables morfométricas. En negrita las variables que explican la mayor variabilidad para los primeros 4 Componentes Principales (PC). ....	42
Tabla 4.	Anova del MLG resultante. ....	52
Tabla 5.	Parámetros estimados del MLG resultante. ....	52
Tabla 6.	Tamaños de muestra (número de ejemplares) e Índice de Error (IE), para diferentes operaciones de pesca evaluadas, en la estimación de la captura talla-estructura de pejerrey de mar 2007. ....	54
Tabla 7.	Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Calbuco. ....	66
Tabla 8.	Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Puerto Montt (Anahuak-Tenglo). ....	67
Tabla 9.	Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Cochamó. ....	67
Tabla 10.	Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, para el área de estudio (global). ....	68
Tabla 11.	Estadística descriptiva de juveniles <i>Odontesthes regia</i> recolectados el 15 de febrero del 2007 en Puerto Montt. DE= desviación estándar; Min= Mínimo; max= Máximo. ....	77
Tabla 12.	Parámetros estimados, modelo de crecimiento von Bertalanffy. El ajuste y comparación de los parámetros “L <sub>∞</sub> ” y “K” fueron efectuados usando el módulo CONTRAST del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad. ....	80
Tabla 13.	Clave talla edad para <i>Odontesthes regia</i> por clase de edad, derivado de lecturas superficiales de otolitos sagitales. El valor en LT corresponde al punto medio en el intervalo. ....	84
Tabla 14.	Estadísticas generales sobre la ocurrencia de juveniles de <i>Odontesthes regia</i> por puerto de recalada y zona de pesca en la X región. ....	86
Tabla 15.	Estadísticas generales sobre la longitud total de juveniles de <i>Odontesthes regia</i> recolectados en la X región. ....	87
Tabla 16.	Estadísticas generales sobre el peso total de juveniles de <i>Odontesthes regia</i> recolectados en la X región. ....	87
Tabla 17.	Parámetros estimados, modelo de crecimiento Laird-Gompertz, juveniles de <i>Odontesthes regia</i> recolectados en la X región. El ajuste de los parámetros fue efectuado usando el módulo NLMIXED del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad. ....	88
Tabla 18.	Resumen del modelo logístico, proporción de individuos maduros de <i>Odontesthes regia</i> en la X región. El ajuste de los parámetros “L <sub>50</sub> ” y “b (pendiente)” fue efectuado usando el	

	módulo NLMIXED del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad. ....	89
Tabla 19.	Estadística descriptiva sobre la determinación de la fecundidad parcial en <i>Odonthestes regia</i> recolectados en la X región. LT= longitud total; PT= peso total; PE= peso eviscerado; PTPG=Peso total-peso de la gónada; Fec= Fecundidad parcial; Fec Rela= fecundidad relativa estimada a partir de PT; Fec Relb= fecundidad relativa estimada a partir de PE; Fec Relc= fecundidad relativa estimada a partir de PTPG; DV= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. ....	93
Tabla 20.	Resumen de los modelos ajustados para la relación fecundidad-longitud total (LT), peso total (PT), peso eviscerado (PE) y el peso total menos peso de la gónada, para ejemplares de <i>Odonthestes regia</i> , recolectados en la X región .....	94
Tabla 21.	Resumen general sobre variables medidas en hembras de <i>O. regia</i> recolectadas durante los muestreos pilotos del 10 y 31 de octubre del 2006 en la X región.....	95
Tabla 22.	Estadística descriptiva general de los ejemplares de <i>Odonthestes regia</i> recolectados por puerto de recalada y sexo (S). H=hembras, I= Indeterminado; M=machos; T=total, N=número de individuo, DE=desviación estándar .....	102
Tabla 23.	Modelo lineal generalizado del tipo “Log(PG) = a+mes+puerto+sexo+log(LT)+ei” para evaluar la variabilidad estacional en el peso del ovario de <i>Odonthestes regia</i> desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. SS= suma de cuadrados del error: GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad. ....	104
Tabla 24.	Modelo lineal generalizado del tipo “Log(PE) = a+mes+puerto+sexo+log(LT)+ei” para evaluar la condición de los ejemplares recolectados de <i>Odonthestes regia</i> , desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. SS= suma de cuadrados del error: GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad. ....	108
Tabla 25.	ANDEVA para establecer si existen diferencias significativas en la longitud total de las hembras hidratadas, homogéneas y no-homogéneas.....	110
Tabla 26.	ANDEVA para establecer si existen diferencias significativas en el peso de la gónada de las hembras hidratadas, homogéneas y no-homogéneas. ....	110
Tabla 27.	Modelo lineal generalizado aditivo de la forma “Log(PG) = a+mes+puerto+Tipo de ovario +log(LT)+ei ” en 577 hembras hidratadas de <i>O. regia</i> recolectadas en la X región. SS= suma de cuadrados del error: GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad. ....	112

## Índice de Figuras

Figura 1.	Hipótesis de relaciones filogenéticas entre especies de pejerreyes sudamericanos (Dyer 1998, 2000, 2006) .....	6
Figura 2.	Mapa de distribución de especies de pejerreyes del subgénero <i>Austromenidia</i> (Dyer & Gosztanyi 1999). .....	8
Figura 3.	Algunas medidas morfométricas tomadas con el pié de metro digital.....	12
Figura 4.	(A) Pié de metro digital Fowler Ultra Cal II y (B) Medición y recuento bajo microscopio estereoscópico Zeiss SV-11.....	13
Figura 5.	Biplot (A) Variables – Observaciones y (B) Variables.....	39
Figura 6.	Urohial en vista ventral y lateral de las especies <i>Odontesthes</i> : (A) <i>O. regia</i> y (B) <i>O. smitti</i> .....	40
Figura 7.	Círculo de correlaciones (0,3; 0,6) entre las Componentes Principales (PC 1 y PC2).....	43
Figura 8.	Círculo de correlaciones (0,3 y 0,6) entre las Componentes Principales (PC1 y PC3).....	44
Figura 9.	Biplot de las primeras dos componentes principales (PC1 y PC2), que explican cerca del 36% de la variabilidad morfométrica muestreada .....	45
Figura 10.	Biplot de las Componentes Principales 1 y 3 (PC1 y PC3), que explican cerca del 31% de la variabilidad morfométrica muestreada .....	46
Figura 11.	Elipse correspondiente al centro medio de los ejemplares por zona de muestreo del ACP: (A) primera y segunda componente (PC1 y PC2) y (B) primera y tercera componente (PC1 y PC3).....	47
Figura 12.	Captura mensual de pejerrey de mar X Región, según procedencia (n corresponde al número de viajes (operaciones) de pesca).....	50
Figura 13.	Intervalo de confianza bootstrap para mediana y media de la captura por unidad de esfuerzo (operación de pesca), para el puerto de Cochamó y el área total de estudio, entre mayo y agosto del 2007. ....	51
Figura 14.	Boxplot bivariado de CPUE, en función de (A) mes x zona y, (B) mes x embarcación.....	52
Figura 15.	Índice de Error de la composición de tamaños de la captura de pejerrey, curvas representan diferentes tamaños de muestra de operaciones de pesca para distinto número de ejemplares por operación.....	54
Figura 16.	Coefficiente de variación del parámetro b de la relación longitud-peso, coeficiente de determinación y coeficiente de variación de la predicción del peso medio de pejerrey, por sexo y zona de desembarque. ....	56
Figura 17.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexo. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ), Calbuco, mayo del 2007. ....	58
Figura 18.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ) machos. Cochamó, mayo - agosto del 2007. ....	59
Figura 19.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ) hembras. Cochamó, mayo - agosto del 2007. ....	60
Figura 20.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, sexos combinados. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ). Cochamó, mayo - agosto del 2007 .....	61
Figura 21.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexo. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ). Puerto Montt, julio - agosto del 2007. ....	63
Figura 22.	Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexos y procedencia del desembarque. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ), entre mayo y agosto del 2007. ....	64

Figura 23. Estimación e intervalo de confianza para la talla media (cm), según procedencia del desembarque y tamaño de muestra. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ): (A) sexos combinados, (B) Machos, (C) Hembras y, (D) talla media por zona y sexo. ....	65
Figura 24. Estimación e intervalo de confianza del peso medio (g), según procedencia del desembarque y tamaño de muestra. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ): (A) sexos combinados, (B) Machos, (C) Hembras y, (D) peso medio por zona y sexo. ....	69
Figura 25. Estimación e intervalo de confianza, proporción sexual, según mes y zona procedencia del desembarque. Pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ), X Región de Chile. ....	70
Figura 26. Relaciones longitud-peso, pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ) machos, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt. ....	72
Figura 27. Relaciones longitud-peso, pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ) hembras, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt. ....	73
Figura 28. Relaciones longitud-peso, pejerrey de mar ( <i>O. regia</i> ) sexos combinados, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt. ....	74
Figura 29. Tabla ilustrativa de la resolución presentada por los otolitos sagitales de <i>O. regia</i> , recolectados en los muestreos pilotos de Octubre del 2006. La fotografía ilustra una muestra presumiblemente 3+ que presentó la mejor resolución encontrada. ....	76
Figura 30. Fotografía ilustrativa de un otolito sagital de un ejemplar juvenil de <i>O. regia</i> de 7,5 cm de longitud total colectados el 15 de febrero de 2007 en la X región. ....	77
Figura 31. Distribución de frecuencia de longitud y edad diaria de 75 juveniles recolectados el 15 de febrero de 2007 en la X región. Las flechas indican fechas eclosión en sus respectivos extremos. ....	78
Figura 32. Otolito sagital de <i>O. regia</i> correspondiente a un juvenil de 12 cm de longitud total, recolectado el 24 de julio del 2007. ....	79
Figura 33. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy a la relación longitud total a la captura vs edad observada de <i>O. regia</i> en la X región, estimada mediante lectura de anulos en otolitos sagitales. ....	81
Figura 34. Temperatura superficial media mensual en la estación Puerto Montt. La línea segmentada denota la temperatura media para el periodo (12,64 °C). FUENTE: www. SHOA.cl. ....	82
Figura 35. Histogramas ilustrando la variación estacional en la distribución de frecuencia de longitud total de <i>O. regia</i> , recolectados en los muestreos biológicos desde Octubre del 2006 a noviembre del 2007. ....	83
Figura 36. Histogramas derivados del análisis de progresión modal utilizando el módulo NORMSEP del programa FISAT II, en meses en que las distribuciones aparecieron polimodales. Las medias y desviaciones estándares se entregan sobre cada moda. ....	83
Figura 37. Ilustración del método de Wetherall (1986) para la estimación de la longitud asintótica. ...	85
Figura 38. Variación estacional en la talla media de juveniles de <i>O. regia</i> recolectados en la X región. La línea azul representa el ajuste de un modelo Laird-Gompertz, donde fueron excluidos los grupos modales en rojo. La línea negra representa el ajuste derivado del modelo para la tasa de crecimiento diario. ....	88
Figura 39. Talla media de madurez sexual para ejemplares de <i>Odontesthes regia</i> , recolectados en la X región. Los modelos e intervalos de confianza se muestran en la Tabla 18. ....	90
Figura 40. Edad media de madurez sexual para hembras de <i>Odontesthes regia</i> recolectados en la X Región. ....	91
Figura 41. Distribución de frecuencia relativa por gramos de peso total de hembras de <i>Odontesthes regia</i> , recolectados en la X región. ....	92

Figura 42. Relación fecundidad parcial variables de dimensión corporal en hembras de <i>Odontesthes regia</i> recolectados en la X Región. Los modelos y bondad de ajuste se informan en la Tabla 20.....	93
Figura 43. Fotografías de microscopía de luz ilustrando 4 estados de desarrollo de ovarios de <i>O. regia</i> : En maduración (A & B); Maduro (B & C), Hidratado (E) y Parcialmente Desovado (F). vt=vitelado temprano; ac: alvéolo cortical; nc= estado de núcleo-cromatina; po= pared ovárica; ep= estado perinuclear; vt=vitelado avanzado; n= núcleo; oh: ovocito hidratado; fpo=folículos post-ovulatorios; pv=parcialmente vitelado. ....	99
Figura 44. Distribución de frecuencia del diámetro de los ovocitos de un ovario maduro de una hembra de <i>Odontesthes regia</i> recolectada en Cochamó en la X Región. Longitud Total= 22 cm. 100	100
Figura 45. Distribución de frecuencia del diámetro de los ovocitos de 36 ovarios hidratados de hembras <i>Odontesthes regia</i> , recolectadas en Cochamó en la X Región, inversamente ordenadas en función del diámetro medio de la moda más avanzada (DOMA). El eje “Y” corresponde a frecuencia.....	100
Figura 46. Estereo-macroscopía de un ovario hidratado-no-homogéneo de <i>Odontesthes regia</i> , recolectado en octubre del 2006 en la décima región; FP= Filamentos Coriónicos. Longitud Total=20 cm.....	101
Figura 47. Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) y peso del ovario de <i>Odontesthes regia</i> en la X Región desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. Números sobre las barras corresponde al tamaño de muestra. DV=1 desviación estándar.....	103
Figura 48. Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) y peso testicular de <i>Odontesthes regia</i> en la X Región desde enero a noviembre del 2007. Números sobre las barras corresponde al tamaño de muestra. DV=1 desviación estándar. ....	104
Figura 49. Variabilidad del Índice Gonadosomático (IGS) para un total de 2.745 hembras, 2.083 machos y 239 individuos clasificados como indeterminados del pejerrey de mar <i>Odontesthes regia</i> en la X Región. ....	105
Figura 50. Variación estacional del Índice Gonadosomático (IGS) en función de cuatro estratos de talla (A<15, B: 15,1-20; C; 20,1-25; D> 25 cm) en hembras <i>Odontesthes regia</i> en la X Región. ....	106
Figura 51. Variación estacional en la frecuencia de ocurrencia de estados de madurez microscópicos en 2.745 hembras <i>Odontesthes regia</i> en la X Región. Números sobre las barras denotan el tamaño de muestra. ....	106
Figura 52. Variación estacional en la frecuencia de ocurrencia de estados de madurez microscópicos por puerto de recalada en hembras <i>Odontesthes regia</i> en la X Región.....	107
Figura 53. Variación estacional en la condición de los desovadores hembras <i>Odontesthes regia</i> en la X región para cuatro estratos de talla (ver texto), evaluada a través de dos indicadores: (1) la magnitud de los efectos mensuales derivados de un modelo lineal generalizado y (2) el índice de condición K (Fulton).....	109
Figura 54. Heterogeneidad de la pendiente de la relación longitud total-peso eviscerado en hembras con ovarios hidratados, homogéneos y no-homogéneos. ....	111
Figura 55. Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) medio en ovarios hidratados de <i>Odontesthes regia</i> durante el periodo de estudio. Los gráficos circulares muestran la frecuencia de ocurrencia de ambos tipos de ovarios en función del número de muestras recolectadas (valores). ....	112

## 1. INTRODUCCIÓN

El pejerrey de mar (*Odontesthes regia*) habita en aguas costeras marinas del Pacífico Sur Oriental desde el norte de Perú hasta la XI Región de Aysén. Con hábitos pelágicos se desplaza en pequeños cardúmenes cercanos a la costa entre 0 y 50 m de profundidad (Chirinos de Vildoso & Tello 1963c). Ocupa diversos ambientes marinos, tales como estuarios, playas y fondos arenosos.

En Chile se han reportado trece especies de pejerrey, siendo los representantes del subgénero *Austromenidia*, *Odontesthes smitti*, *O. gracilis* y *O. regia* las especies de pejerreyes marinos más abundantes (Dyer & Gosztanyi 1999). El conocimiento sobre *Odontesthes regia* es escaso, exceptuando algunas investigaciones en reproducción (Chirinos de Vildoso & Tello 1963 a,b,c; Tarazona *et al.* 1979; Valenzuela 1987; Coayla *et al.* 1991), edad (Villavicencio & Muck 1984) y crecimiento (Olivares 2000, Orellana & Toledo 2002).

La pesquería del pejerrey de mar cobra cada vez más importancia económica en el país, siendo la X Región la zona con mayor desembarque a nivel nacional (Sernapesca 2005); en esta región, los registros de la Consultora Pupelde Ltda., proporcionan un total de 1.451 ton durante el año 2003 y 300 ton en el 2004 y 225 ton en el 2005.

El recurso se utiliza para el consumo interno local, como carnada para la captura de la merluza del sur (*Merluccius australis*) y para su consumo e incluso exportación como producto fresco, especialmente a Perú y Estados Unidos (Ugalde *et al.* 2004). Generalmente el recurso que es exportado se extrae con red de cerco específicamente en el otoño tardío e invierno, esta forma de extracción opera solamente bajo el mecanismo de pesca de investigación<sup>1</sup> con mayores desembarques en Calbuco, Dalcahue y Cochamó (Pupelde 2004). En lo que a esfuerzo de pesca artesanal se refiere, la red de enmalle es el único arte autorizado para la extracción de pejerrey de mar (Res N° 1.700 del año 2000 de la Subsecretaría de Pesca); la pesquería se realiza con un aparejo de enmalle modificado y no-selectivo, que opera desde la orilla o con el apoyo de una embarcación auxiliar chica (Ugalde

---

<sup>1</sup> La pesca de investigación 2003 y 2004 fue ejecutada por Consultora Pupelde Ltda., durante el 2005 estuvo a cargo de Huelén Consultores.

*et al.* 2004); este arte de pesca menor al que denominan chinchorro, es utilizado principalmente en las zonas de Puerto Montt, Calbuco y Hualaihué, cuyo destino es prácticamente para el consumo local y eventualmente para su uso como carnada. El referido arte menor de pesca fue aprobado en su uso artesanal en la RES. Ex. N° 3916/2005 de la ya mencionada Subsecretaría.

Para los dos artes de pesca la mayor extracción se realiza durante los meses de mayo a septiembre, registrándose una disminución de la pesca para el mes de septiembre y ninguna actividad en los meses de octubre a diciembre. Los puertos que registran los mayores desembarques para este periodo son Puerto Montt (Chinquihue), Calbuco, Dalcahue y Cochamó. Parte de la pesca, que responde a la que se realiza para carnada, tiene un comportamiento más oportunista que la que se realiza con fines de consumo o proceso. Los desembarques presentan un volumen descendente en el periodo junio – diciembre, con registros mayores en el mes de junio en los puertos de Cochamó, Puerto Montt, Dalcahue y Calbuco. El descenso de la captura coincide con la diversificación de la actividad de la flota hacia otro tipo de recursos disponibles como sardina, anchoveta y eventualmente, jurel.

La actividad artesanal que se realiza en la zona de Dalcahue ha sido muy menor en el periodo de tiempo cubierto por la presente investigación, viéndose superada por la actividad que se registró en Caleta Anahuak próxima a Puerto Montt y que se destina hacia el consumo humano directo y eventualmente como carnada.

Producto de la mínima actividad que se realiza en la zona entre septiembre y diciembre, se analizó la información generada por muestreos biológicos propios, de modo de presentar la dinámica de la oogénesis de la especie, a nivel estereométrico e histológico.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los principales parámetros biológico-pesqueros de la especie Pejerrey de mar (*Odontesthes regia*) en la X Región.

### **2.1. Objetivos específicos**

2.1.1. Recopilar los antecedentes bibliográficos relacionados con el recurso y con la investigación asociada a nivel nacional e internacional.

2.1.2. Realizar una identificación taxonómica del recurso denominado Pejerrey de mar.

2.1.3. Caracterizar el esfuerzo pesquero (CPUE estandarizada) desarrollado por la flota que opera sobre el recurso.

2.1.4. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la estructura de tallas de la captura y la proporción sexual global y a la talla, por período y zona.

2.1.5. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y la talla crítica.

2.1.6. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la longitud y edad media de madurez sexual y la fecundidad parcial y total a la talla.

2.1.7. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar el o los períodos y zonas de mayor intensidad en el proceso reproductivo.

### 3. ANTECEDENTES

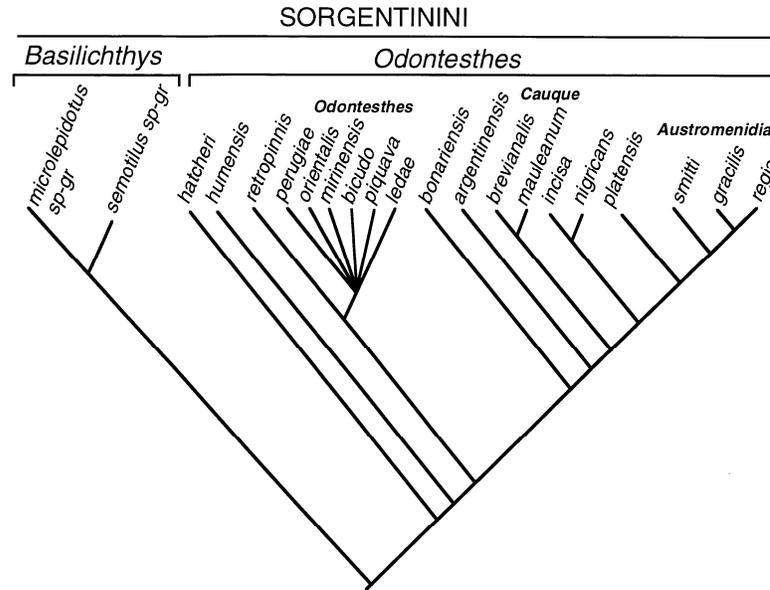


El pejerrey de mar (*O. regia*) es, como ya se ha establecido, una especie marino-costera del Pacífico sudeste, desde Piura (5° S) Perú, hasta el Archipiélago de Los Chonos o Islas Guaitecas, Aysén (46° S), Chile. La presencia de pejerreyes en la región de Aysén, descrita como *O. smitti* (Zama & Cárdenas 1982, 1984, Zama 1988), corresponde a la especie *O. regia* como lo plantean con reserva Navarro & Pequeño (1979) y confirmado con ejemplares recolectados en Puerto Chacabuco y Quitrusco (Dyer & Gosztanyi 1999, Dyer 2000). Las demás especies de *Odontesthes* descritas para Chile (*affinis*, *laticlavia*) y Perú (*jordani*, *octavius*, *regillus*) corresponden a variedades locales de cuentas merísticas y proporciones corporales dentro de una gran varianza afectada por la extensión latitudinal de la especie (Hildebrand 1946, Dyer & Gosztanyi 1999).

Los juveniles y adultos son encontrados a veces, en estuarios (Fischer 1963, Ruiz 1991). Lo que se conoce de la biología de esta especie es en relación al ciclo reproductivo (Fischer 1963, Zama & Cárdenas 1982), desarrollo de huevos y larvas (Fischer 1963, Chirinos de Vildoso & Chuman 1964, Tarazona *et al.* 1979), crecimiento, determinación de edad y mortalidad natural (Valdebenito 1980, Villavicencio & Muck 1984), alimentación (Silva & Stuardo 1985, Ruiz 1991) y mecanismo de prehensión de alimento (De la Hoz 1994, 1995, De la Hoz & Vial 1988, 1994, De la Hoz & Aldunate 1994, De la Hoz *et al.* 1994).

La historia taxonómica y sistemática de los pejerreyes chilenos ha tenido cambios significativos desde la revisión de Campos (1984). A raíz de importantes revisiones sistemáticas filogenéticas de las subfamilias *Menidiinae* (Chernoff 1986), *Atherinopsinae* (White 1985, Crabtree 1987, Dyer 1997, 1998) y del orden *Atheriniformes* (Saeed *et al.* 1994, Dyer & Chernoff 1996), la taxonomía y clasificación de los pejerreyes sudamericanos ha cambiado notablemente (Dyer 2000, 2006). Los pejerreyes han sido considerados tradicionalmente dentro de la familia *Atherinidae*; sin embargo sendos estudios filogenéticos determinaron que los pejerreyes americanos (subfamilias *Menidiinae* y *Atherinopsinae*) forman parte de la familia *Atherinopsidae* (Saeed *et al.* 1994, Dyer & Chernoff 1996, Nelson 2006), ambas endémicas de las aguas continentales y marinas costeras de las Américas.

*Atherinopsinae* fue creada por Fowler (1903) para aquellos atherínidos sin protrusión premaxilar libre. Schultz (1948) redefine *Atherinopsinae* para aquellas especies con premaxilares dilatados distalmente y un embudo hemal. *Atherinopsinae* es diagnosticado por ocho caracteres y está compuesta por dos grupos distribuidos en forma antitropical: *Atherinopsinini* en Norteamérica (*Atherinops*, *Atherinopsis*, *Colpichthys*, *Leuresthes*) y *Sorgentinini* en Sudamérica (*Basilichthys*, *Odontesthes*). Crabtree (1987) pone a prueba la hipótesis de White (1985) con evidencia electroforética y Dyer (1997) analiza la evidencia morfológica acumulada en forma conjunta con la enzimática y corrobora la monofilia de estas tribus, como también la monofilia de *Basilichthys* y *Odontesthes*, (Fig. 1).



**Figura 1.** Hipótesis de relaciones filogenéticas entre especies de pejerreyes sudamericanos (Dyer 1998, 2000, 2006)

*Sorgentinini* es diagnosticado por ocho caracteres. De los 13 nombres genéricos disponibles y 54 especies nominales, se reconocen sólo dos géneros y a lo menos 24 especies (Dyer 1997, 1998, 2000, 2006). White (1985) llamó originalmente a esta tribu *Basilichthyini*, al desconocer la disponibilidad previa de *Sorgentinini* (White 1989). Contrario a los supuestos de White (1985, 1986) el análisis biogeográfico de la tribu *Sorgentinini* indica que este es un grupo primitivamente dulceacuícola, ya que las especies de *Basilichthys* (*australis*, *microlepidotus*, *semotilus*, *archaeus*) y las especies basales de *Odontesthes* (*hatcheri*, *humensis*, *retropinnis*, *bonariensis* y especies del subgénero *Odontesthes*) son dulceacuícolas, siendo el ambiente marino una condición derivada para el grupo (Dyer 1998: Fig.6).

*Basilichthys* es un género netamente dulceacuícola, restringido a las cuencas occidentales de la cordillera de Los Andes, desde Lambayeque (7° S), Perú, hasta la Isla de Chiloé (43° S), Chile (Dyer 1997). A pesar de haber sido citado en ambientes marinos (Mann 1954, Urzúa *et al.* 1977), no hay evidencia de haber sido recolectado en ambiente marino ni haber sido encontrado en museos para apoyar tales citas. Si bien individuos trasplantados accidentalmente a acuarios con agua de mar han sobrevivido y se han adaptado a esas condiciones, se considera a *Basilichthys* en aguas marinas como una ocurrencia pasajera,

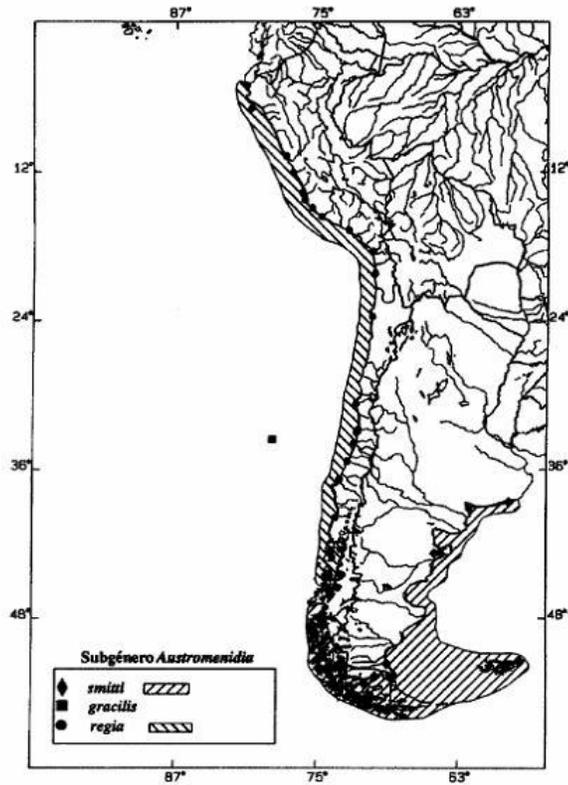
accidental y poco común, sin ningún indicio del establecimiento de una población en aguas estuariales o marinas.

*Odontesthes* es diagnosticado por siete caracteres y es el género con más especies (19 especies reconocidas) y de más amplia distribución, en aguas costeras marinas y cuencas dulceacuícolas temperadas del sur de Sudamérica (Dyer 1993, 1998, 2006). Las especies dulceacuícolas se extienden desde la Patagonia hasta La Serena, Chile, por las cuencas occidentales de Los Andes y hasta el norte de Río Grande do Sul, sur de Brasil. Las especies marinas se distribuyen desde la punta austral de Tierra del Fuego hasta Piura, Perú - incluyendo el archipiélago de Juan Fernández - por el Pacífico sudeste y hasta Santos, Brasil - incluyendo las Islas Malvinas - en el Atlántico Sudoeste.

En Chile, se encuentran cuatro especies marinas (Dyer 2000): *Odontesthes nigricans* en los canales al sur del paralelo 48° y las tres especies del subgénero *Austromeniidia* (*Odontesthes regia*, *O. gracilis* y *O. smitti*). Las especies del subgénero *Cauque*, *O. mauleanum* y *O. brevianalis*, son dulceacuícolas y estuariales, respectivamente.

*Austromeniidia* fue descrito por Hubbs (1918), caracterizado por especies que tuvieran la combinación de mandíbula superior protractil, escamas pequeñas y una posición anterior de la primera aleta dorsal. De esta manera se distinguía de *Basilichthys*, que no tiene mandíbula protractil y de *Odontesthes* y *Kronia* que estaban definidas con escamas grandes y una posición posterior de la primera aleta dorsal. Dentro de esa definición caben también las especies *O. hatcheri*, *O. nigricans*, y el subgénero *Cauque*, los cuales fueron incluidos en *Austromeniidia* por Schultz (1948). Sin embargo, basado en la hipótesis de relaciones, *O. hatcheri* no podría estar incluido en el subgénero *Austromeniidia*, aunque las especies *O. nigricans* y del subgénero *Cauque* son posibles candidatas. Los caracteres sobre los cuales están basadas las relaciones entre estas últimas especies, *Odontesthes platensis* y *O. incisa*, están en conflicto entre sí y se requiere más información para confirmar o proponer nuevas relaciones (Dyer & Gosztanyi 1999). Es así que están incluidas en *Austromeniidia* sólo aquellas especies por las cuales había evidencia sustancial de su monofilia, es decir *O. regia*, *O. gracilis* y *O. smitti* (Dyer & Gosztanyi 1999), Fig.2.

Finalmente, se puede señalar que esta especie está sujeta a una presión de extracción pesquera que va en aumento, registrándose un máximo de 5.500 toneladas el año 1990 (Gyllen, 1992).



**Figura 2.** Mapa de distribución de especies de pejerreyes del subgénero *Austromenidia* (Dyer & Gosztanyi 1999).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. *Recopilar los antecedentes bibliográficos relacionados con el recurso y con la investigación asociada a nivel nacional e internacional, (Objetivo específico 1).*

Se propuso *a priori* que la recopilación de la información fuese categorizada en los siguientes cuatro componentes, que a juicio del equipo de investigadores, son relevantes para un adecuado **ordenamiento pesquero y acordes con la sustentabilidad de la actividad productiva y de la especie:**

1. Biológico-Oceanográfico: Distribución del recurso (adultos y juveniles) en el área de estudio, unidades de stock, estimaciones de abundancia y/o biomasa, estimación de tasa de mortalidad natural, aspectos reproductivos y de crecimiento, alimentación, procesos migratorios, interacción de variables ambientales y el recurso, entre otros.
2. Pesquero-Tecnológico: Nivel de desembarque histórico, zonas de pesca, artes de pesca y/o número de flotas, régimen operacional, esfuerzo de pesca, índice de abundancia (CPUE), etc.
3. Socio-Económico: Nivel de empleo directo e indirecto, canales de comercialización, mercado, etc.
4. Administración y/o regulación: Talla mínima, vedas, arte y/o esfuerzo de pesca, objetivos y planes de manejo, etc.

La revisión a nivel nacional e internacional de la bibliografía se realizó utilizando como palabras claves, los siguientes los términos: (*Odontesthes*) y/o (*silverside*), empleando todos los medios y convenios que dispone la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, con énfasis especial en aquellos on-line a través de la Web del Sistema de Biblioteca (<http://biblioteca.ucv.cl>): Bases de Datos: SCIRUS (referencial), OCLC FIRST SEARCH (referencial), ISIWEB OF SCIENCE (referencial) y SCIELO (Artículos a Texto Completo), etc.

La búsqueda de la información fue sistematizada en una base de datos *ad hoc* y posteriormente clasificada de acuerdo a los componentes antes señalados, estructurando de este modo “*la matriz del conocimiento*”, sobre la cual se realizaron análisis multivariados

exploratorios; los que están condicionados al número de observaciones para cada variable, entre otros factores.

Si bien uno de los objetivos primordiales de las técnicas multivariantes es aumentar la capacidad explicativa del investigador y su eficacia estadística, la gran mayoría de ellas posee una limitación común: cada técnica puede examinar sólo una relación al mismo tiempo. Incluso las técnicas que tienen en cuenta diversas variables dependientes, como el análisis multivariante de la varianza y el análisis canónico, siguen representando sólo una única relación entre las variables dependientes e independientes. Entre las técnicas multivariadas se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA).

#### **4.2. Realizar una identificación taxonómica del recurso denominado Pejerrey de mar. (Objetivo específico 2)**

La historia taxonómica confusa de los pejerreyes marinos chilenos se debe a que las especies fueron descritas en el siglo XIX, reflejando nuevas localidades de recolección a lo largo de costa del Pacífico Sudeste. La gran cantidad de nombres específicos se debe a una combinación de factores: falta de material comparativo, un concepto tipológico de especie y los tradicionales caracteres merísticos externos y proporciones morfométricas usadas para diagnosticar las especies.

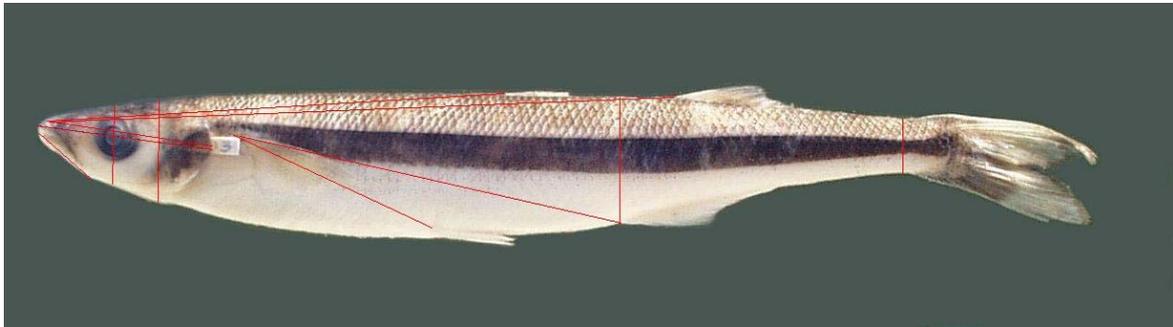
La primera especie de la familia *Atherinopsidae* en ser descrita fue *Atherina regia* por Humboldt, en Humboldt & Valenciennes 1821, cerca de Lima, Perú (Dyer 2003), basado en un dibujo. Abbott (1899) describió cuatro nuevas especies de Callao, Perú (*O. octavius*, *O. jordani*, y *O. regillus*). Hubbs (1918) usó a *O. regillus* como especie tipo para describir a *Austromenidia*. Valenciennes, en Cuvier & Valenciennes (1835) describió a *O. laticlavia*, de Valparaíso, Chile. Esta especie más austral fue considerada por algunos autores como una especie válida (Fowler 1951, Pequeño 1989) o como una subespecie de *O. regia* (Mann 1954, de Buen 1955, Bahamonde & Pequeño 1975). Steindachner (1898) describió a *O. affinis* del puerto de Iquique, Chile, aproximadamente a mitad de distancia entre Callao y Valparaíso.

Todas estas especies son consideradas como sinónimas de *Odontesthes regia* (Dyer & Gosztanyi 1999). Lahille (1929 a,b) creó un nuevo método y nomenclatura morfométrica para medir pejerreyes y la aplicó a todas las especies conocidas. Lahille re-diagnosticó todas las especies nominales basándose en proporciones corporales y describió 10 nuevas especies y variedades, de las cuales sólo *O. smitti* es reconocido en la actualidad. Lahille (1929a) describió la especie del Atlántico Sudoeste *O. smitti*, basándose en ejemplares del Golfo San Matías, Provincia de Río Negro, Argentina, y la subespecie *O. smitti* var *australis*, de Puerto Gallegos y Seno Última Esperanza. Lahille (1929b) describió también a *O. madyrensis* basándose en ejemplares de golfo Nuevo, Provincia de Chubut, Argentina. Todas estas formas son reconocidas actualmente como *O. smitti* cuya distribución se extiende desde Mar del Plata (38°S, 57°33'W) hasta Puerto Natales, Chile (51°40'S, 72°40'W), incluyendo las

Islas Malvinas. Steindachner (1898) describió a *O. gracilis*, especie endémica de Juan Fernández. Por equivocación fue puesto en el género *Basilichthys* por Campos (1984).

Para el efecto de la identificación del pejerrey de mar, se hizo uso de la clave que se dispone y que fuera modificada, producto de los trabajos previamente realizados en la especie por el Dr. Dyer especialista del equipo proponente ([Anexo I](#)). Complementariamente y con el objeto de esclarecer la posibilidad que hubiese una diferenciación poblacional entre la muestras de las tres localidades: Calbuco, Puerto Montt (Anahuak-Tenglo), Cochamó; se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales (PCA) con 26 medidas morfométricas (Fig. 3, Tabla 1) adquiridas con un pié de metro digital Fowler (Fig. 4A) y 9 recuentos merísticos registrados bajo una lupa Zeiss SV-11 (Fig. 4B).

Las mediciones de cada individuo fueron estandarizadas, dividiendo las medidas corporales por la longitud estándar (LS) y las medidas de la cabeza por la longitud de ésta (LC), para eliminar el efecto de escalamiento por tamaño. De este modo, las variables analizadas al ser proporciones corporales de cada individuo son variables adimensionales.



**Figura 3.** Algunas medidas morfométricas tomadas con el pié de metro digital.



**Figura 4.** (A) Pié de metro digital Fowler Ultra Cal II y (B) Medición y recuento bajo microscopio estereoscópico Zeiss SV-11.

Las mediciones fueron ingresados a Excel, para luego ser analizadas en el sistema de programación estadística R (R Development Core Team 2007).

**Tabla 1.** Variables morfométricas y merísticas.

	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	
	LS	Longitud Estándar.	
	Predorsal 1	Longitud desde el hocico al origen de primera aleta dorsal.	
	Predorsal 1-pm	Longitud desde el hocico al origen de primera aleta dorsal, excluyendo el premaxilar.	
	Predorsal 2-pm	Longitud desde el hocico al origen de segunda aleta dorsal, excluyendo el premaxilar.	
	Preanal	Longitud desde el hocico a origen de aleta anal, excluyendo el premaxilar.	
	Prepélvica	Longitud desde el hocico a origen de aleta pélvica, excluyendo premaxilar.	
	Altura PC	Altura pedúnculo caudal, medida en el punto de menor altura.	
	Ancho PC	Ancho pedúnculo caudal, medido en el punto de menor de altura.	
	Pectoral-Anal	Distancia entre origen de aleta pectoral y origen aleta anal.	
	Pectoral-Pélvica	Distancia entre origen de aleta pectoral y origen aleta pélvica.	
	Base Anal	Longitud de la base de aleta anal.	
<b>Morfometría</b>	Base Dorsal2	Longitud de la base de la segunda aleta dorsal.	
	Altura Cuerpo	Altura cuerpo en el origen de aleta anal.	
	D1-D2	Distancia entre origen de primera aleta dorsal y origen de segunda aleta dorsal.	
	Long. Pectoral	Longitud de aleta pectoral.	
	Long. Pélvica	Longitud de aleta pélvica.	
	LC	Longitud cabeza desde la punta del premaxilar al borde óseo posterior del opérculo.	
	LC-pm	Longitud cabeza sin premaxilar.	
	Ancho Interorbital	Ancho interorbital óseo menor.	
	Diámetro Ojo	Medido horizontalmente entre márgenes óseos de la órbita.	
	Longitud Hocico	Longitud hocico medido desde la punta anterior del premaxilar al margen anterior de la órbita.	
	Long. Hocico-pm	Longitud del hocico, excluyendo el premaxilar.	
	Long. Mandíbula Inf	Longitud Mandíbula Inferior.	
	Altura Cabeza 1	Altura de la cabeza al margen anterior de la órbita.	
	Altura Cabeza 2	Altura de la cabeza al borde anterior de las escamas frontales.	
	Longitud Postorbital	Distancia de margen posterior de órbita al margen posterior óseo del opérculo.	
	<b>Merística</b>	Dorsal1	Número de rayos de primera aleta dorsal.
		Dorsal2	Número de rayos de segunda aleta dorsal.
Anal		Número de rayos de la aleta anal.	
Esc. PD1		Número de escamas predorsales hasta la escama del occiput.	
Esc. D1D2		Número de escamas entre las aletas dorsales primera y segunda.	
Esc. EST.P1		Número de escamas en la línea lateral sobre la estola, comenzando en la base del primer rayo pectoral. Las escamas irregulares en la base de la aleta caudal no son contadas.	
Esc. D		Número de hileras de escamas longitudinales dorsales entre estolas, contado a nivel de la aleta pélvica.	
GR. LB.		Número de branquispinas en la rama inferior del arco branquial, incluyendo branquispina en el codo entre ambas ramas.	
GR. UB.		Número de branquispinas, en la rama superior branquial.	

### **4.3. Caracterizar el esfuerzo pesquero (CPUE estandarizada) desarrollado por la flota que opera sobre el recurso (Objetivo específico 3).**

Es común, en pesquerías artesanales litorales de pequeña escala, encontrar escasa información, aunque éstas generalmente exploten una multiplicidad de especies, que poseen una alta producción en biomasa. Para evitar que dichas poblaciones sean fácilmente sobre explotadas, con consecuencias sociales y biológicas adversas, es que se requiere de un manejo eficaz en el control del esfuerzo pesquero y en la información sobre la productividad y la composición de los stocks explotados.

En este contexto, la estandarización del esfuerzo de pesca o la captura por unidad de esfuerzo, resulta fundamental en la asesoría científica orientada hacia el manejo de pesquerías, puesto que permite reportar una visión global del desempeño de la flota, a la vez que puede ser incorporada en modelos de evaluación de stock, como índice de abundancia, generando estimaciones de variables de interés para la toma de decisión; tales como: abundancia, biomasa, tasa de mortalidad por pesca, tasa de explotación, entre otras.

El empleo de la CPUE como índice de abundancia, supone que en una escala espacial pequeña, la captura es proporcional al producto del esfuerzo de pesca y la densidad:  $C = q E N$ , donde  $E$  es el esfuerzo de pesca empleado,  $N$  la densidad y  $q$  la fracción de la abundancia que es capturada por una unidad de esfuerzo, la que es denominada como coeficiente de capturabilidad. Al reescribir la ecuación anterior, se obtiene la tasa de captura como función de la densidad:  $C/E = q N$ .

Esta ecuación puede ser generalizada a una escala espacial mayor, así como también, al total de la flota pesquera; donde  $N$  pasa a ser el tamaño de la población, en tanto que  $q$  es una constante invariante. No obstante, existe suficiente evidencia de variaciones espacio-temporales en  $q$ , producto de cambios tecnológicos en la flota de pesca, así como también, donde y cuando se realizó la operación de pesca (Hilborn & alters 1992; entre otros).

Los primeros trabajos orientados a estandarizar la CPUE, se basan en definir la eficiencia de un barco de pesca como su “*poder de pesca*” relativo a un barco de pesca estándar, que eventualmente podría ser imaginario (Gulland 1956; Beverton & Holt 1957; Robson 1966); procedimientos que poseen limitaciones, donde una de las más importante es la imposibilidad de conocer la precisión de las estimaciones de las tasas de captura.

Debido a la importancia que posee la CPUE en la mayoría de las evaluaciones de stocks y del supuesto de proporcionalidad de ésta con la abundancia, es que surge la necesidad de reducir la influencia de cualquier otro factor que pudiera afectar dicho índice de abundancia relativa, procedimiento que se conoce como estandarización de la CPUE. Para tales efectos, se han desarrollado metodologías variadas, en que la más común y ampliamente utilizada es la aplicación de modelos lineales generalizados (MLG), que es el método de investigación que se utilizó, con el fin de modelar principalmente la significancia de factores espacio-temporales (zona y/o mes).

**4.4. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la estructura de tallas de la captura y la proporción sexual global y a la talla, por período y zona (Objetivo específico 4).**

Un resultado biológico clave para el manejo de pesquerías, corresponde a la composición talla-estructurada de la captura, la que dadas ciertas condiciones, permite realizar inferencias acerca de los atributos del stock. Es por esto que, para el logro de este objetivo, se efectuó el monitoreo de los siguientes indicadores: proporción sexual, composición de tamaños de la captura, talla media, peso medio y la relación longitud peso. Indicadores que fueron generados a partir del muestreo intensivo del desembarque, en las zonas de: Cochamó, Calbuco y Puerto Montt (Anahuak-Tenglo), entre mayo y agosto del 2007, meses en que la actividad es más constante e importante en términos de volumen del desembarque. El levantamiento de la información fue realizado por personal debidamente capacitado por la Consultora Pupelde Ltda., empleando para tales efectos formularios *ad hoc*, en el ingreso de los muestreos, así como también, de las características de las embarcaciones y artes de pesca.

La revisión de la literatura deja en evidencia la dificultad de encontrar una solución para el problema vinculado en la determinación del tamaño de muestra, para la estimación de la estructura de tallas y de la relación longitud-peso de los ejemplares capturados. En el caso de la estructura de tallas, soluciones analíticas como las encontradas en los textos tradicionales de muestreo (Sukhatme 1956; Cochran 1977) no tienen una aplicación directa, porque el interés se centra en la optimización simultánea del muestreo a través de un número de clases de tallas, todas las cuales no son independientes (Andrew & Chen, 1997). Frente a esta situación las técnicas de simulación que conjugan la precisión con los tamaños de muestra aparecen como una alternativa viable, ante soluciones analíticas (Young, *et al.* 2002).

En tal sentido, para determinar tamaños de muestra para estimar la composición de longitudes de la captura y la relación longitud peso, se adoptó un procedimiento de simulación, contemplando varios escenarios de muestreo de operaciones (viajes) de pesca y ejemplares, en el marco de un diseño bietápico asociado a la pesca de pejerrey.

La metodología que se aplicó, considera tres etapas primordiales para la obtención de resultados apropiados y confiables. La primera corresponde a la información (datos) a utilizar en la simulación, la cual debe ser lo suficientemente representativa como para recoger el rango de variabilidad real observado en la población en estudio, dado que ésta constituyó la población referencial para cada variable de interés. La segunda, consiste en el procedimiento de simulación, asociado al diseño de muestreo subyacente y finalmente el procedimiento de obtención de índices de la calidad de la estimación de parámetros.

#### 4.4.1. Determinación del tamaño muestral para determinar la estructura de tallas de la captura y la proporción sexual

Los datos empleados provinieron del muestreo del desembarque artesanal en Calbuco, Cochamó y Puerto Montt, entre mayo y agosto del 2007; con los que se estimó la estructura de talla para el área de estudio, utilizando el estimador correspondiente a un diseño bi-etápico, el cual se asume como información poblacional. De estos datos, se tomaron muestras aleatorias para diferentes combinaciones de tamaños de muestra, a partir de las cuales se estimaron las estructuras de talla haciendo uso del estimador planteado y siguiendo lo propuesto por Andrew & Chen (1997), se compararon con la estructura poblacional estimando un índice de error. Este índice promedia los desvíos cuadráticos acumulados a través de todas las tallas entre la distribución de frecuencia de longitud “poblacional” y aquellas construidas con las muestras.

$$I.E = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \sqrt{\sum_{k=1}^K (\hat{P}_{ks} - \hat{P}_k)^2}$$

donde  $\hat{P}_{ks}$  es la proporción estimada en el k-ésimo intervalo de talla, en la s-ésima simulación y  $\hat{P}_k$ , es la proporción de captura en el k-ésimo intervalo de longitud “poblacional”.

#### **4.4.2. Determinación del tamaño muestral para determinar la relación longitud peso y peso medio**

Se analizaron los datos recopilados en la temporada de pesca 2003, generados en la pesca de investigación ejecutada por la Consultora Pupelde Ltda., seleccionando un conjunto de datos para un período donde se tuvo una adecuada representación de ejemplares medidos. El análisis se realizó en el marco de los puntos de desembarque cubiertos que fueron: Calbuco, Cochamó, Dalcahue y Puerto Montt.

Los datos empleados están diferenciados por sexo, cubriendo el rango de tallas entre los 11 a 28 cm y 13 a 30 cm de longitud total, para machos y hembras respectivamente; con un promedio en torno a los 22 cm. En tanto el peso varió, entre 15 y 180 g en machos y entre, 15 a 220 g para hembras, respectivamente

**Procedimiento de Simulación:** En el estudio de la relación longitud-peso se obtuvieron ejemplares en forma aleatoria por estrato de talla (categorizada cada tres centímetros) a partir del conjunto de datos seleccionados. El experimento consistió en extraer un número fijo de ejemplares de cada categoría de talla, de manera de garantizar la presencia de ejemplares de cada clase de talla en la muestra. Las muestras extraídas fluctuaron entre 3 y 35 individuos por categoría de talla y para cada combinación de tamaños de muestras se realizaron 100 simulaciones.

#### **4.4.3. Estimación de Parámetros de la Relación longitud peso y peso medio por ejemplar**

El modelo utilizado para describir la relación longitud peso es una función alométrica de la forma  $W = aL^b$ , donde W es peso, L la longitud, "a" y "b" son parámetros. Para estimar los parámetros del modelo, la relación fue linealizada, dando lugar al siguiente modelo:  $\ln(W) = \ln(a) + b \ln(L)$ .

A partir del total de datos de peso y longitud seleccionados, se estimaron los parámetros del modelo usando el programa R; luego con este ajuste y la estructura de tallas se estimó el

peso medio, que se asume como un valor poblacional. Posteriormente, para diferentes tamaños de muestra se ajustó el modelo y se estimó el peso medio.

Una medida de la bondad de ajuste del peso medio se obtuvo a través del coeficiente de variación,  $CV(\hat{\bar{w}}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{\bar{w}})} / \hat{\bar{w}}$ , donde  $\hat{\bar{w}}$  y  $\hat{V}(\hat{\bar{w}})$ , corresponden al peso medio y a su varianza, estimados de la siguiente manera:

$$\hat{\bar{w}} = \frac{\sum_{i=1}^B \hat{w}_i}{B} ; \quad \hat{V}(\hat{\bar{w}}) = \frac{\sum_{i=1}^B (\hat{w}_i - \bar{w})^2}{(B-1)}$$

donde,  $\hat{w}_i$  es el peso medio estimado en la i-ésima simulación y  $\bar{w}$  es el peso medio estimado con el total de ejemplares en la muestra (valor poblacional).

Se analizó de forma gráfica, el comportamiento del coeficiente de variación del parámetro “b” del modelo y el coeficiente de determinación, que mide la calidad del ajuste de la regresión, y el coeficiente de variación del peso medio, para cada uno de los tamaños de muestra seleccionados.

#### 4.4.4. Estructura de los estimadores propuestos

##### Índices:

<i>i</i>	Viaje	<i>i</i> = 1,2,...,n,...,N
<i>k</i>	Longitud del ejemplar	<i>k</i> = 1,...,K
<i>s</i>	Sexo	1 (machos) , 2 (hembras)
<i>z</i>	Zona (procedencia)	<i>z</i> = 1,...,Z

**VARIABLES Y PARÁMETROS:**

- $N$  Número de viajes totales.
- $n$  Número de viajes en la muestra.
- $y$  Captura o desembarque por viaje en la muestra.
- $g$  Factor de proporcionalidad.
- $n^*$  Número ejemplares en la muestra.
- $\hat{p}_k$  Estimador de la proporción de ejemplares a la talla en la captura.
- $\hat{p}_s$  Estimador de la proporción sexual
- $l_k$  Longitud o marca de clase de talla k.
- $\hat{l}$  Estimador de la longitud media.
- $\hat{W}$  Estimador del peso medio de un ejemplar.
- $\hat{W}_k$  Estimador del peso de un ejemplar a cierta talla k, obtenido desde la relación longitud peso.

• **Frecuencia de longitudes de la captura, global y diferenciadas por sexo**

$$\hat{p}_k = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{y_0} \hat{p}_{ik}$$

donde,  $\hat{p}_{ik} = \frac{n_{ik}^*}{n_i^*}$        $y_0 = \sum_{i=1}^n y_i$

• **Estimador de la varianza del estimador  $\hat{p}_k$**

$$\hat{V}(\hat{p}_k) = [1-f_1] \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{\bar{y}^2} (\hat{p}_{ik} - \hat{p}_k)^2 + \frac{1}{Nn} \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{\bar{y}^2} [1-f_{2i}^*] \hat{S}_i^2$$

donde,  $\hat{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$        $f_1 = \frac{n}{N}$        $f_{2i}^* = \frac{n_i^*}{N_i^*}$        $\hat{S}_i^2 = \frac{1}{n_i^* - 1} \hat{p}_{ik} (1 - \hat{p}_{ik})$

• **Estimador de la proporción sexual**

$$\hat{p}_s = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{y_0} \hat{p}_{is}$$

donde,  $\hat{p}_{is} = \frac{n_{is}^*}{n_i^*}$        $y_0 = \sum_{i=1}^n y_i$

• **Estimador de la varianza del estimador  $\hat{p}_{(s)}$**

$$\hat{V}(\hat{p}_s) = [1 - f_1] \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{\hat{y}^2} (\hat{p}_{is} - \hat{p}_s)^2 + \frac{1}{Nn} \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{\hat{y}^2} [1 - f_{2i}^*] \hat{S}_i^2$$

donde, 
$$\hat{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad S_i^2 = \frac{1}{n_i^* - 1} \hat{p}_{is} (1 - \hat{p}_{is})$$

- **Estimador de la talla media** 
$$\hat{E}(l) = \hat{l} = \sum_{k=1}^K l_k \hat{p}_k$$
- **Estimador de la varianza del estimador** 
$$\hat{V}(\hat{l}) = \sum_{k=1}^K l_k^2 \hat{V}(\hat{p}_k)$$
- **Estimador del peso medio** 
$$E(W) = \hat{W} = \sum_{k=1}^K \hat{W}_k \hat{p}_k, \quad \text{donde}$$
  

$$\hat{W}_k = a l_k^b$$

- **Estimador de la varianza del estimador del peso medio**  $(\hat{W})$

$$\hat{V}(\hat{W}) = \sum_{k=1}^K \hat{V}(\hat{W}_k \hat{p}_k), \quad \hat{V}(\hat{W}_k) = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^K (\hat{W}_{ks} - \hat{W}_k)^2$$

$$\hat{V}(\hat{W}_k \hat{p}_k) = \hat{W}_k^2 \hat{V}(\hat{p}_k) + \hat{p}_k^2 \hat{V}(\hat{W}_k) - \hat{V}(\hat{W}_k) \hat{V}(\hat{p}_k)$$

donde la varianza de  $\hat{W}_k$  es obtenida a través de remuestreos del peso medio utilizando el método de bootstrap.

- **Estimador de la relación longitud-peso**

La relación que vincula la longitud de un ejemplar con su peso está dada por la siguiente identidad:  $W_k = \alpha L_k^\beta$ .

Los parámetros fueron estimados empleando el método de máxima verosimilitud, al modelo linealizado, suponiendo errores normales, no correlacionados; definidos por  $\beta$  y  $\ln(\alpha)$ , tal que:  $(\hat{\beta}, \hat{\ln}(\alpha)) \xrightarrow{t} [\hat{\beta}; \ln^{-1}(\hat{\alpha}^*)]$ , con  $\hat{\alpha}^* = \hat{\ln}(\alpha)$ .

**4.5. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y a la talla crítica (Objetivo específico 5).**

**4.5.1. Elección de la estructura calcárea para la determinación de edad**

Las características del arte de pesca descrita en las secciones anteriores no permitió el uso de escamas para la determinación de edad, debido a que las muestras no pudieron ser individualizadas en “playa” inmediatamente después de la captura. Por lo tanto, en el presente estudio se utilizaron los otolitos.

La primera observación fue la existencia de una marcada opacidad del otolito e inexistencia de bandas hialinas visibles. Un análisis exploratorio inicial en 277 muestras al inicio de los muestreos pilotos, mostró que sólo el 27,23 % de los otolitos sagitales tuvieron un patrón de depósito de bandas estacionales que pudieron ser distinguidas. El grueso de los otolitos aparecieron opacos con patrones de depósitos hialinos irregulares (58,4%), que no garantizaron su lectura. Un porcentaje no menor (14,4%) fueron completamente ilegibles presentando características amorfas (otolitos cristalinos). Ante este escenario, se intensificó la extracción de los otolitos para garantizar una muestra adecuada, alcanzado un total de 1.612 otolitos sagitales, de los cuales 510 fueron legibles y adecuados para su procesamiento.

Tres métodos preliminares fueron usados para la preparación y lectura de los otolitos: (i) quiebre y tostado, (ii) seccionamientos transversales y (iii) lectura superficial. De los tres métodos, la lectura superficial directa con aceite bajo lupa otorgó los mejores resultados.

Las dificultades intrínsecas asociadas a la lectura de los anulos, así como la existencia de sólo tres grupos de edad en los registros previos, no justificaron la evaluación de precisión de las lecturas entre lectores. Por consiguiente, en este estudio se optó por la consistencia y juicio de experto, mediante los siguientes procedimientos.

- Todas las lecturas fueron efectuadas por un lector entrenado para mantener consistencia.
- Se utilizó sólo el otolito izquierdo.
- Se efectuaron tres lecturas, dos directamente bajo lupa y una adicional sobre fotografías digitalizadas.

Cabe destacar que aunque la asignación de edad pudo ser llevada a cabo en el presente estudio, la medición eficiente de los radios fue imposible. Consecuentemente, se descartó el uso del retro-cálculo. En su reemplazo, se utilizaron lecturas de edad a la longitud de captura para estimaciones de los parámetros de crecimiento. La validación de los ámulos mediante la ocurrencia de bordes opacos y/o hialinos en conjunto con el incremento marginal no fueron adecuados en la presente investigación, debido a que las bandas no siempre fueron concéntricas y/o regulares. Alternativamente, se utilizó el siguiente procedimiento indirecto para obtener las curvas de crecimiento y para fortalecer las conclusiones.

- Se utilizó la relación edad observada versus longitud a la captura, para individuos que presentaron 1, 2, y 3 o más ámulos.
- Se incorporaron los juveniles al análisis, comprobando el rango de talla a la edad "0" con análisis de los micro-incrementos.
- Se utilizó un análisis de progresión modal de la longitud total, utilizando el módulo NORMSEP del programa FISAT II, para identificar potenciales clases anuales en las colecciones de distribuciones de frecuencia de longitudes.

#### 4.5.2. Parámetros y función de crecimiento

Basados en los valores observados se estimaron las funciones de crecimiento ajustando el modelo de von Bertalanffy, que se describe como sigue:

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

donde  $L_t$  es la longitud media a la edad  $t$ , y  $L_\infty$  es el tamaño máximo o longitud asintótica,  $K$  es la tasa de crecimiento vinculada a la forma de la curva, y  $t_0$  representa la edad teórica a la cual la longitud media podría ser cero.

El ajuste del modelo a los valores observados de talla edad se efectuó a través del método de máxima verosimilitud, disponible en el programa estadístico SAS Inc. La evaluación de los modelos se llevó a cabo a través del criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información bayesiano (BIC), que se definen como:

$$AIC = -2(\ln \text{verosimilitud} - n^\circ \text{parámetros})$$

En principio el criterio de selección fue escoger modelos con valores AIC más bajos.

La fórmula para el BIC es similar, así como su interpretación:

$$BIC = G - gl \cdot \ln N$$

donde  $G$  es el cociente de verosimilitud,  $gl$  son los grados de libertad y  $N$  el tamaño de la muestra. También se eligieron modelos con valores de BIC menor.

#### 4.5.3. Parámetros y función de crecimiento para los juveniles recolectados

El modelo Laird-Gompertz fue usado para evaluar el crecimiento de los juveniles menores a un año. La curva tiene tres parámetros  $L_{\infty}$  (longitud asintótica),  $X_0$  es el punto de inflexión de la curva y  $\alpha$  que es tasa instantánea de crecimiento a la edad (Campana & Jones 1992).

$$L_t = L_{\infty} e^{\left(-e^{\left(-\alpha(t-t_0)\right)}\right)}$$

En esta ecuación la tasa absoluta de crecimiento GR a la edad, se estimó como:  $GR = \alpha L_x (\ln L_{\infty} - \ln L_x)$

#### 4.5.4. Mortalidad natural

Estimaciones de la mortalidad natural son poco confiables en poblaciones sujetas a una explotación pesquera activa (Vetter 1988). Ya que éste es el caso de la pesquería del pejerrey, la mortalidad natural fue estimada a partir la ecuación empírica de Pauly (1980) empíricas.

$$\text{Pauly (1980): } \log_{10} M = -0,00066 - 0,279 \log_{10} L_{\infty} + 0,6543 \log_{10} K + 0,4634 \log_{10} T$$

#### 4.5.5. Claves talla edad

Con la información de la edad y longitud obtenida se construyó una clave talla–edad que puede ser usada para estimar la composición de edades de las capturas usando sólo datos de longitud.

#### **4.6. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la longitud y edad media de madurez sexual y la fecundidad parcial y total a la talla (Objetivo específico 6).**

##### **4.6.1. Edad y talla a la primera madurez sexual**

Para establecer la longitud media de madurez, la proporción de hembras maduras en cada intervalo de 1 mm de longitud fueron ajustadas al siguiente modelo logístico (King 1995):

$$P_x = \frac{1}{1 + e^{(b \cdot (L - L_{50}))}}$$

donde  $P_x$  es la proporción de hembras maduras dentro del intervalo de longitud  $L$ ,  $b$  es la pendiente de la curva, y  $L_{50}$  es la longitud media de madurez. Los parámetros fueron estimados usando el módulo NLMIXED del software estadístico SAS inc.

##### **4.6.2. Fecundidad parcial**

Como una etapa previa a la estimación de fecundidad parcial se verificó si las sub-muestras a procesar eran homogéneas en ambos lóbulos del ovario. Para este fin se tomaron 6 muestras (secciones transversales de aproximadamente 2 gramos de peso) de las regiones anterior, media y posterior de cada lóbulo ovárico en un universo de 30 ejemplares. La prueba de homogeneidad en la fecundidad se verificó a través de un análisis de co-varianza usando un modelo lineal generalizado (MLG).

La fecundidad parcial fue estimada a partir de ovarios hidratados utilizando los procedimientos gravimétricos descritos por Balbontín & Fisher (1981) y Herrera & Claramunt (1990) a este efecto, secciones transversales de entre 1-2 gramos de ovario fueron pesadas a 0,001 gramos de precisión en una balanza analítica. Los ovocitos fueron disgregados manualmente en una cápsula Petri y posteriormente fueron contados y medidos utilizando el analizador de imágenes Dig-pro.

Para calcular el número total modal de ovocitos se utilizó la siguiente expresión (Oliva *et al.*, 1986):

$$Fm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{h_i}{WS_i} \right) * W_0$$

donde:

$Fm$  = fecundidad modal en número de ovocitos.

$H_i$  = número de ovocitos en la sub-muestra  $i$ .

$WS_i$  = peso de la submuestra  $i$  (g).

$W_0$  = peso de la gónada (g).

$n$  = número de submuestras.

#### **4.6.3. Relaciones fecundidad-(peso/longitud/edad)**

Las relaciones fecundidad parcial (FP)-longitud total, FP-peso eviscerado, FP-peso total y FP-peso total menos peso de la gónada, se ajustaron usando procedimientos estadísticos convencionales en módulos de regresión lineal.

**4.7. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar el o los períodos y zonas de mayor intensidad en el proceso reproductivo. (Objetivo específico 7).**

La primera etapa fundamental para el diseño de un plan de monitoreo del ciclo reproductivo del pejerrey es efectuar un estudio piloto para determinar la estrategia reproductiva del recurso, realizándose para este efecto dos muestreos pilotos durante octubre del 2006. Reportes preliminares sugieren que esta especie tiene un desove parcial o fraccionado (Tarazona *et al.* 1979) con actividad reproductiva entre junio y noviembre para hembras y entre junio y octubre para machos. Estas características favorecieron el desarrollo de un estudio indagatorio al inicio del proyecto. Por lo tanto, fue necesario definir algunos términos conceptuales, previos a efectuar un estudio de este tipo.

El número de episodios durante la estación reproductiva y el tipo de desarrollo ovárico, normalmente determinan las estrategias reproductivas en teleósteos (Wallace & Selman 1981). Los peces que desovan sólo una vez, desarrollan sus ovocitos en forma sincrónica desde oogonias, vitelogénesis, hidratación y finalmente ovulación. Otros peces, pueden desovar repetidamente durante una estación reproductiva, liberando tandas parciales de huevos a intervalos discretos (Maddock & Burton 1999). Estos peces son denominados desovadores parciales o seriales, los cuales pueden ser clasificados a su vez como desovadores con fecundidad determinada e indeterminada. La existencia de un intervalo bien definido entre los ovocitos inmaduros y los ovocitos vitelados más avanzados, es indicativo de fecundidad determinada, es decir, todos los ovocitos en la moda más avanzada serán liberados en una estación de desove ya sea en un simple evento o en tandas sucesivas (Horwood & Walker, 1990; Kjesbu *et al.* 1990). En estos casos la fecundidad anual puede ser estimada al inicio de la estación de desove a partir del stock de ovocitos vitelados avanzados. Por otro lado, los desovadores parciales con fecundidades indeterminadas muestran distribuciones de ovocitos que se superponen con un reclutamiento continuo de ovocitos de un estado de desarrollo al siguiente, es decir, presentan una organización ovárica asincrónica.

Para ambos tipos de organización ovárica (asincrónico o sincrónico por grupo), la fecundidad anual solamente puede ser estimada como el producto de la fecundidad parcial y el número de desoves por estación reproductiva (Hunter & Golberg 1980; Hunter & Macewicz 1985; Lowerre-Barbieri *et al.* 1996). De esto se deduce y tal como los estudios preliminares lo han sugerido, el pejerrey de mar es un desovador parcial, con desconocimiento del tipo de organización ovárica que presenta.

Para indagar sobre la organización ovárica, se obtuvo una sub-muestra aleatoria de 50 ovarios cubriendo todo el espectro de tallas de individuos en actividad reproductiva. Posteriormente, ambos lóbulos fueron fijados separadamente, ambos en una solución de formalina al 10% tamponada. El lóbulo izquierdo fue usado para construir la distribución de frecuencia de tamaño de los ovocitos. Esto permitió obtener una frecuencia de distribución de diámetros para determinar el tipo de organización ovárica. Para este fin, el diámetro de ovocitos elegidos al azar de cada muestra, fue medido usando un analizador de imagen conectado a una lupa estéreo-macroscópica.

Para evaluar la ovogénesis en relación al diámetro de los ovocitos, se efectuó un análisis histológico del tejido gonadal usando sub-muestras del lóbulo derecho del ovario. El procedimiento histológico siguió las técnicas convencionales que incluyen cortes finos de aproximadamente 5-7  $\mu\text{m}$  de espesor, inclusión en paraplast, coloración con hematoxilina de Harris-eosina, y montaje en portaobjetos para observación microscópica. Tanto el análisis de la frecuencia de diámetro de los ovocitos como el análisis histológico permitieron identificar los estadios macroscópicos potencialmente monitoreables en un muestreo rutinario. El análisis histológico también permitió obtener información sobre el proceso de vitelogénesis y confirmar la existencia de folículos post-ovulatorios (estructura ampliamente usada como indicador de desove fraccionado en peces).

#### **4.7.1. Ciclo reproductivo**

Un vez completada la matriz de desarrollo microscópico, se efectuó un monitoreo mensual de datos biológicos y reproductivos en una muestra de 5.291 individuos, cuyas estadísticas se detallan en la Tabla 7.6.2. Los parámetros biológicos básicos a registrar u almacenar para optimizar al máximo un ejemplar recolectado fueron los siguientes:

- La longitud total (TL)
- Peso total (PT)
- Peso de la gónada o testicular (PG)
- Peso del hígado (PH)
- Peso eviscerado (PE)
- Peso estómago (PET)
- Extracción de otolitos

La variación mensual en PG, PH, PET fueron analizadas siguiendo la fórmula siguiente general:

$$Indice_i = \frac{Po}{(PE)} \times 100$$

donde i = Índice gonadosomático (IGS), Índice hepático somático (IHS), índice del porcentaje de alimento consumido (IAC), Po = el peso del órgano respectivo (i.e., PG, PH, PET). Estos tres índices son tasas expresadas en porcentaje del peso corporal, y por consiguiente sólo fueron usados para propósitos descriptivos. Por razones logísticas, no fue posible registrar el peso del hígado y estómago de todos los ejemplares. No obstante, se obtuvieron registros de peso de 550 hígados y 555 estómagos que aunque no fueron analizados en el presente informe debido a su inconsistencia temporal, fueron incluidos en formato electrónico para eventuales estudios futuros de esta especie.

#### 4.7.2. Factor de condición

Las fluctuaciones estacionales en el factor de condición fueron llevadas a cabo a través del índice de condición sugerido por Patterson (1992). En este análisis el efecto de la longitud del pez ( $L_i$ ) y de cualquier otra variable explicatoria ( $X_i$ ) que pudiese estar afectando la condición del pez evaluadas conjuntamente con la variación mensual adicionada al modelo ( $\beta_m$ ).

$$\ln W_i = \beta_o + \beta_m + \beta \cdot \ln L_i + \beta \cdot x_i + e_i$$

El error residual resultante del ajuste de este modelo puede ser considerado un índice de la condición del pez, independiente de su longitud y el mes en el cual la muestra fue tomada. Modelos similares fueron usados para evaluar estadísticamente las variaciones mensuales en el PG, usando PT o LT como co-variado en modelos lineares generalizados (MLG), usando el software estadísticos SAS Inc.

## 5. RESULTADOS

### **5.1. Recopilar los antecedentes bibliográficos relacionados con el recurso y con la investigación asociada a nivel nacional e internacional, (Objetivo específico 4.1).**

La trascendencia que la actividad pesquera tiene para las regiones costeras de la X Región, requiere de una adecuada capacidad de administración de dichos recursos; más aún si estos son destinados al consumo humano directo. La referida capacidad se inicia con la disponibilidad de una base de información e interés, que se centre en los aspectos que sirven de plataforma a las disposiciones de administración de la especie. En tal sentido, la pesquería del Pejerrey de mar (*Odontesthes regia*) en la X Región de Chile, tiene un comportamiento artesanal, que hace complejo el planteamiento de hipótesis de trabajo científico-tecnológicas o constituyen un ámbito operacional que dificulta concitar amplios intereses en cuanto a generar opciones que se orienten hacia un planteamiento de manejo.

Es así como, con el desarrollo del presente objetivo específico se logró recopilar y sistematizar los antecedentes científico-técnicos actualmente disponibles, permitiendo esquematizar y diagnosticar el “*estado del arte*” en términos del conocimiento, visto desde la perspectiva del manejo de pesquería.

Como una actividad previa, se procedió a un análisis del Estado del Conocimiento para la especie, en términos de evaluar el grado de información disponible y que eventualmente podría sustentar una documentación que orientara hacia el manejo. Para este efecto, la información recolectada se categorizó en cuatro componentes de variables categóricas: Biológico-Oceanográfico, Pesquero-Tecnológico, Socio-Económico y Administración y/o Regulación; los que a juicio del equipo de investigadores, son relevantes para echar las bases de ordenamiento de una actividad sustentable productiva en base a la especie.

Tal como se había previsto al postular el proyecto, gran parte de la información nacional sobre la pesquería y la especie a estudiar, se encontraba en la forma de literatura gris, es decir, en reportes internos de instituciones vinculadas con la administración en pesquerías, tesis o trabajos de grado en Universidades con carreras en ciencias del mar y en artículos no

publicados y sin Comité Editorial, entre otras fuentes, constituyendo un ámbito complejo y de muy difícil acceso.

La revisión a nivel internacional de la bibliografía se realizó en ISIWEB, SCIRUS y SCIELO, conforme lo propuesto, ingresando los canales de búsqueda con los términos: *Odontesthes*, combinado con *silverside*, lo que permitió generar una base de datos indexada, que contiene los resúmenes y las variables que se ordenaron en las siguientes categorías: biology, population, units of stocks, abundance, biomass, fishing effort, catch, CPUE, stock evaluation, regulation; entre otros, ya que correspondían a las variables categóricas seleccionadas.

El resultado de la búsqueda, reflejó el patrón de intereses, en cuanto a objetivos de trabajo, en los documentos por las variables seleccionadas; de hecho, el componente biológico-oceanográfico, concentra el 86,55 % de los registros de referencias resultantes evaluadas, mientras que el componente Pesquero-Tecnológico, concentra sólo el 10,62 % de éstos. La componente socio-económica y la de administración y regulación en forma combinada no exceden del 2,8% de los 349 trabajos detectados y evaluados.

La Primera componente, Biológico-Oceanográfico: considera trabajos referidos a la distribución y diversos aspectos de la biología de la especie base del recurso (adultos y juveniles), en diversas localidades y ambientes de estudio, para diferentes unidades de stock, considerando eventualmente estimaciones de abundancia y/o de biomasa; se encontraron bajo este componente a los trabajos que proporcionan estimaciones de tasas de mortalidad natural, aspectos reproductivos y de crecimiento, alimentación, procesos migratorios, interacción de variables ambientes y el recurso, entre otros. Eventualmente, en los referidos documentos, se presentan relaciones con el ambiente marino, lo que permite considerar aspectos que tienen cierta correspondencia con la oceanografía.

La segunda componente proporcionó como respuesta a documentos de corte Tecnológico, considerando trabajos que se relacionan con la tecnología extractiva, la captura, aspectos selectivos o de escape de peces de la especie. Se encontraron también aspectos tales como esfuerzo de pesca, captura, artes y aparejos, incorporando además, temas relacionados con el repoblamiento y su eventual cultivo.

La tercera componente socio-económica fue la más consistente en cuanto al tipo de documentos que produjo la búsqueda. Se encontraron documentos referidos a los costos-beneficios de la actividad de producción, a la comercialización, al aspecto de mercado, empleo y su relación con la temporalidad de la actividad.

Una cuarta componente se identificó en la respuesta lograda en aspectos de regulación, administración y manejo de la actividad, que fue la menor.

Con los registros de respuesta, se confeccionó la matriz base de respuestas de la búsqueda, la que arrojó 349 documentos, relacionados e identificados. Sobre esta base de información concebidas como variables categóricas, se aplicó una métrica para generar valoraciones numéricas del grado de conocimiento y poder llevar el esquema cualitativo con un bajo potencial predictivo o diagnóstico, a un estado que posibilite un grado de análisis y objetivamente sea capaz de resumir y sintetizar la información contenida en la búsqueda, produciendo con ello una ganancia en significación.

Existen diferentes modalidades para medir la información, Pitcher & Preikshot (2001) plantearon un esquema en función de su propuesta de análisis Rapfish; que es en cierta forma similar a la que se emplea en el presente caso. Para el efecto se usaron las definiciones y criterios que se describen a continuación:

Calificación: sobresaliente	10	Establece todos los aspectos centrales que constituyen el nudo de la temática enfrentada. Proporciona un aporte acabado de ellos.
	9	Establece todos los aspectos centrales que constituyen el nudo de la temática enfrentada. No llega a un acabado análisis de ellos
Calificación: bueno	8	Reconoce la mayoría de los aspectos centrales que constituyen el nudo del tema dejando de lado el tratamiento de algunos de ellos.
	7	Reconoce la mayoría de los aspectos centrales que constituyen el nudo del tema dejando de lado el tratamiento y el análisis de algunos de ellos

Calificación: regular	6	Reconoce ciertos aspectos del nudo del tema, (a) realizando algunos aportes secundarios.
	5	(b) No realiza aportes, sólo hace un trabajo descriptivo
	4	(c.) Se queda en los enunciados.
Calificación: insuficiente	3	Enfrenta pocos aspectos de la temática. Se centra en aspectos secundarios. Constituye un aporte referencial.
	2	Enfrenta pocos aspectos de la temática. Se centra en aspectos secundarios sin aportes significativos.
Calificación: no-computable	1	No va al nudo central del tema, toca aspectos que no producen aportes.
	0	No toca los aspectos

Los indicadores (scores) son generados por el nivel de valoraciones de cada documento analizado, de modo de componer una valoración del rango de cobertura del tema considerado en el documento evaluado. El procedimiento consiste simplemente en crear un conjunto de enunciados (rúbrica) relativos al objeto (documento) bajo medición, presentarlos en una escala de respuestas graduadas en una tarea de respuesta (para el caso, el conocimiento que aporta) y obtener la puntuación total de cada sujeto como total del aporte contra la suma de los valores de las alternativas que ha escogido o en el que ha participado ese documento.

La métrica entre los niveles no es linealmente similar, lo que limita el tipo de análisis posibles de realizar. Se hizo uso, al igual que en Pitcher & Preikshot (2001), de un escalamiento unidimensional. Este procedimiento es más sencillo y es muy utilizado en las ciencias sociales. Este, en su concepción original, no permite escalar los ítems, ocupándose únicamente de obtener la puntuación lograda de las variables, analizadas en los sujetos, que para este efecto fueron los documentos seleccionados en el análisis.

Con la información, se configura la matriz de conocimiento y sobre ésta se realizan los análisis de la correspondencia de modo de medir el grado de asociación o semejanza en términos de su distancia euclídea. (Pérez 2004)

Como se expuso en la propuesta metodológica, si bien uno de los objetivos primordiales de las técnicas multivariantes es aumentar la capacidad explicativa del investigador y su eficacia

estadística, la gran mayoría de ellas poseen una limitación común: cada técnica puede examinar sólo una relación al mismo tiempo. Y la variedad de éstas, depende del tipo de información disponible.

En cuanto a la fase de modelización, en el enfoque del Análisis de Datos Multivariantes mencionado, se utiliza el término modelización flexible (soft modelling). Este nombre se refiere al hecho de que la modelización matemática se realiza sin supuestos teóricos previos, al contrario que los métodos llamados de modelización “*hard*”. Este método también ha sido llamado de modelización bilineal (BLM: bi-linear modelling). Este método se basa en herramientas matemáticas de extracción de información relevante de un conjunto de datos de entrada combinado con métodos gráficos y los llamados métodos de validación cruzada (cross-validation). Más concretamente, el método BLM utiliza como técnica básica el análisis de componentes principales PCA para extraer variables latentes y proporcionar una visualización más sencilla y resumida de la información de un conjunto de datos. Éste es precisamente uno de los principales objetivos de la modelización multivariante. Una importante propiedad del método BLM es su capacidad de mitigar los efectos negativos causados por el problema de colinearidad.

### **Análisis Factorial de Correspondencias**

Una de las técnicas más conocidas y utilizadas del Modelamiento Bilineal (o Soft Modelling) es el Análisis de Componentes Principales (PCA), cuyo objetivo es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos formado por un número elevado de variables interrelacionadas, para obtener unas pocas variables nuevas de tal forma que retengan la mayor parte de la variabilidad presente en el conjunto de datos. Las nuevas variables obtenidas se llaman variables latentes<sup>2</sup> o componentes principales y son combinaciones lineales de las variables originales y ortogonales entre sí. Debido a la ortogonalidad, cada dirección en el nuevo espacio describe una nueva fuente de variación entre las muestras.

PCA es un método bilineal ya que se ajusta a los datos de acuerdo con el criterio de mínimos cuadrados clásico con el objetivo de describir la máxima variabilidad contenida en esos

---

<sup>2</sup> En estadística la palabra latente significa que no es manifiesta, es decir, que no puede medirse directamente. Las componentes principales resumen los patrones sistemáticos de variabilidad entre muestras.

datos. Las componentes principales representan los valores propios más grandes de la matriz de varianzas-covarianzas de los datos originales. De esta forma, con unos pocos componentes suelen poder describir la mayor parte de la información contenida en los datos.

Otra medida de información de una tabla de datos (Matriz de conocimiento de la especie) de  $n$  individuos y  $p$  variables, es la suma de los cuadrados de distancia al origen. También se puede utilizar la inercia de la nube de puntos  $I(N)$  con relación al centro de gravedad  $G$  (que es una medida de dispersión de los puntos en torno a su centro de inercia mínima. Esta se explica como la sumatoria de las distancias al origen, elevadas al cuadrado. Será mínima cuando estén muy próximos y será mayor, cuando esté más distante y con un comportamiento distinto de explicación.

La idea es buscar un nuevo subespacio que contenga la mayor cantidad posible de información existente que en, la nube original o primitiva.

El análisis de correspondencias es un método multivariante factorial de reducción de la dimensión de una tabla de casos-variables con datos cualitativos con el fin de obtener un número reducido de factores, cuya posterior interpretación permitirá una perspectiva más simplificada y globalizadora del asunto en estudio. (Pérez 2004). Es así como, se extrajeron relaciones entre categorías, definiendo similitudes o disimilitudes entre variables.

Esto es lo que hace posible su agrupamiento, que en cierta forma se produce mientras más inercia contengan las respuestas. Todo esto queda plasmado en un espacio dimensional de escasos factores, que pueden ser interpretados o nombrados y que además, pueden condensar el máximo de información. El software provee de representaciones gráficas de correspondencias que permiten visualizar globalmente las relaciones obtenidas.

La secuencia de programa (Script) en SPSS 13, empleada es como sigue:

```
CORRESPONDENCE
  / TABLE= ALL (349,25)
  / DIMENSION= 2
  / MEASURE= CHISQ
  / NORMALIZATION= CPRINCIPAL
  / PRINT= TABLE RPROF CPROF RPOINTS CPOINTS RCONF
  / PLOT =NDIM(1,2)
          RPOINTS(20) CPOINTS(20) TRROWS(20) BILOT(2)
```

El procedimiento de análisis de correspondencia es un método de interdependencia, cuyo objetivo es la reducción de la dimensión en el sentido de transformar la información del conjunto de variables categóricas, a un conjunto menor que refleje convenientemente las relaciones. Ello se puede visualizar en las gráficas de variables y las de variables-datos, como se muestran a continuación en la Figura 5.

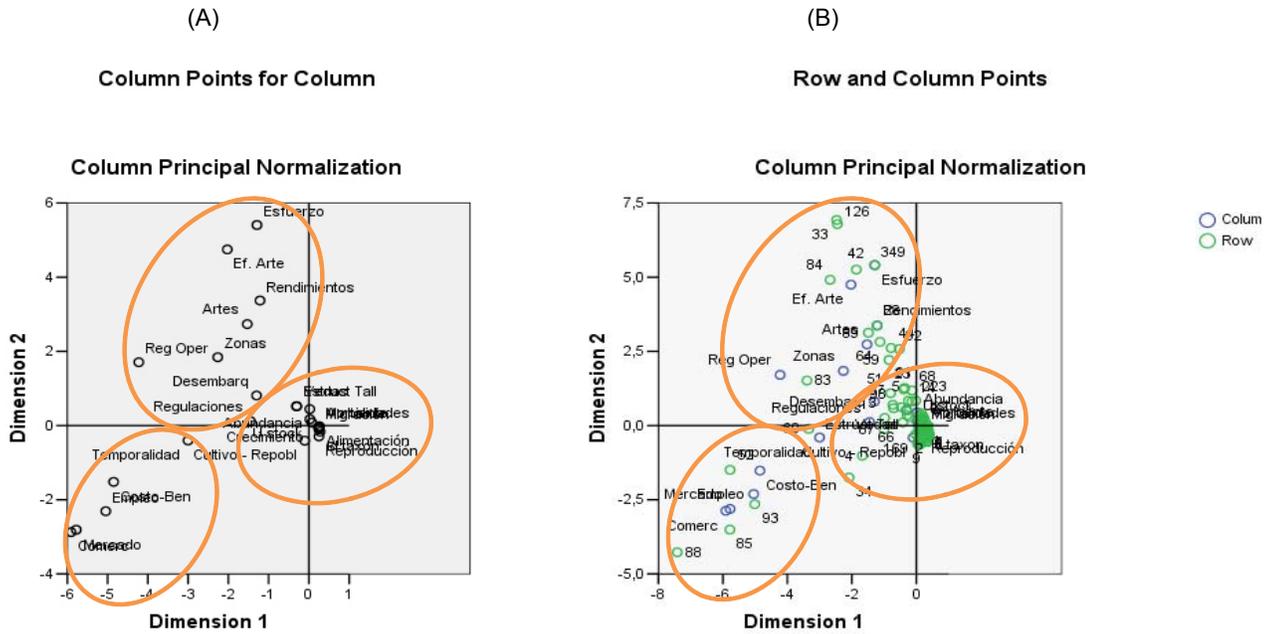


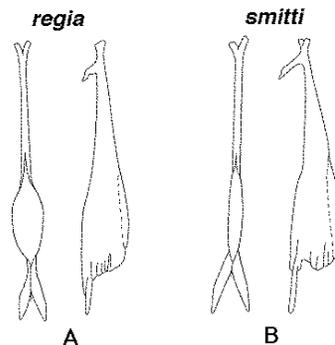
Figura 5. Biplot (A) Variables – Observaciones y (B) Variables.

Se aprecian claramente tres grupos o categorías, con las variables biológicas en el centro, asociado a menores niveles de inercia y las categorías con mayor inercia, la tecnológica y la de economía pesquera.

## 5.2. Realizar una identificación taxonómica del recurso denominado Pejerrey de mar. (Objetivo específico 2)

Un total de 90 ejemplares, entre 68 y 228 mm longitud estándar (LS), recolectados en las localidades de Calbuco (n=30), Puerto Montt (Anahuak-Tenglo) (n=30) y Cochamó (n=30), fueron estudiados, medidos y contados. El primer estudio correspondió a un análisis morfológico externo y osteológico de los ejemplares. Según estudios sistemáticos filogenéticos recientes (Dyer 1998, 2000, 2006) el pejerrey de mar frente a las costas chilenas corresponde a tres especies del género *Odontesthes* y anidadas dentro del subgénero *Austromenidia*. Estas tres especies del subgénero *Austromenidia* están distribuidas a lo largo de la costa del Atlántico Suroeste desde la Provincia de Buenos Aires, Argentina, hasta Tierra del Fuego y por el Pacífico Suroriental hasta Puerto Natales, Chile (*O. smitti*); desde Piura, Perú, hasta la región de Aysén (*O. regia*) y en el archipiélago Juan Fernández (*O. gracilis*).

La identificación taxonómica de los ejemplares de pejerreyes recolectados en los alrededores de Puerto Montt se realizó siguiendo la clave de identificación de pejerreyes chilenos (Dyer & Gosztanyi 1999, Dyer 2000, 2006), concluyéndose que eran todos ejemplares de la especie *Odontesthes (Austromenidia) regia*; ya que poseían los atributos que diferencian claramente a la especie. Es decir, todos los ejemplares revisados tienen la característica forma del urohial como se muestra en la Fig. 6.



**Figura 6.** Urohial en vista ventral y lateral de las especies *Odontesthes*: (A) *O. regia* y (B) *O. smitti*.

Del análisis multivariante de las mediciones morfométricas estandarizadas, podemos informar que el porcentaje acumulado de las tres primeras componentes (PC) es de un 45% y el aporte combinado de los PC4 y PC5 es de un 16% (Tabla 2).

**Tabla 2.** Varianza explicada y valores propios de la matriz de correlación, para cada uno de los Componentes Principales (PC).

Componente	Varianza explicada	Valores propios
PC 1	21,5078	5,1619
PC 2	14,4706	3,4729
PC 3	9,0618	2,1748
PC 4	8,4792	2,0350
PC 5	7,5623	1,8150
PC 6	6,5278	1,5667
PC 7	4,9672	1,1921
PC 8	4,1302	0,9913
PC 9	3,9786	0,9549
PC 10	3,1781	0,7627
PC 11	2,2866	0,5488
PC 12	2,1440	0,5146
PC 13	1,8454	0,4429
PC 14	1,6999	0,4080
PC 15	1,5945	0,3827
PC 16	1,4349	0,3444
PC 17	1,1958	0,2870
PC 18	0,9215	0,2212
PC 19	0,8164	0,1959
PC 20	0,7825	0,1878
PC 21	0,5364	0,1287
PC 22	0,4840	0,1162
PC 23	0,2478	0,0595
PC 24	0,1466	0,0352

Las variables que explican la mayor variabilidad además de la longitud estándar (LS) y de la longitud de la cabeza (LC), son las que se aprecian con las mayores cargas (Tabla 3) y corresponden a las medidas que tienen un porcentaje correlación sobre el 70% en las Fig.s 7 y 8. Esto es:

- PC1 (21,5%): Pectoral-Anal, Pectoral-Pélvica, Altura Cuerpo, Ancho inter Orbital y Diámetro Ojo.
- PC2 (14,5%): Predorsal 1, Predorsal 1-pm, Longitud Hocico, Longitud Hocico-pm y Altura de Cabeza 2.
- PC3 (9,1%): Altura PC, Base Anal y Base Dorsal 2 y LC.pm.

**Tabla 3.** Valores propios (eigenvalues) de la matriz de correlación indicando las cargas aportadas por cada una de las variables morfométricas. En negrita las variables que explican la mayor variabilidad para los primeros 4 Componentes Principales (PC).

Morfometría	PC1	PC2	PC3	PC4
Predorsal 1	0,1647	<b>-0,3624</b>	0,1450	-0,2228
Predorsal 1-pm	0,1618	<b>-0,3319</b>	0,2070	-0,2943
Predorsal 2-pm	0,2113	-0,2099	0,1813	-0,1849
Preanal	0,2860	-0,1056	-0,2811	0,0294
Prepélvica	0,2681	-0,1703	-0,2788	0,0079
Altura.PC	0,0521	0,0086	<b>-0,4295</b>	0,0126
Ancho.PC	0,2702	0,0527	0,1217	0,0134
Pectoral.Anal	<b>0,3058</b>	0,0373	-0,1232	-0,1559
Pectoral.Pélvica	<b>0,2904</b>	0,0237	-0,0584	-0,1978
Base.Anal	-0,2257	-0,1033	<b>-0,3345</b>	-0,0026
Base.Dorsal2	-0,1666	-0,0239	-0,2930	0,0654
Altura.Cuerpo	<b>0,3283</b>	-0,0332	-0,1230	0,1286
D1.D2	0,0055	0,1926	-0,0237	0,1400
Long.Pectoral	0,1014	-0,0210	-0,0414	-0,1990
Long.Pélvica	0,1013	0,0663	-0,1767	<b>-0,3551</b>
LC.pm	-0,0044	0,2005	<b>0,3675</b>	-0,1459
Ancho.Inter.Orbital	0,2830	0,1387	-0,1473	0,1751
Diámetro.Ojo	<b>-0,3104</b>	-0,1664	-0,0463	-0,2069
Long.Hocico	0,0545	<b>0,3360</b>	-0,1772	-0,2191
Long.Hocico.pm	0,0541	<b>0,3591</b>	0,0181	<b>-0,3493</b>
Long.Mandíbula.Inf	-0,1267	0,2141	-0,2139	-0,2771
Altura.Cabeza1	0,1405	0,2588	0,1580	0,2484
Altura.Cabeza2	0,0726	<b>0,4140</b>	0,1167	-0,1385
Long.Post.Orbital	0,2536	0,0458	0,0856	<b>0,3693</b>

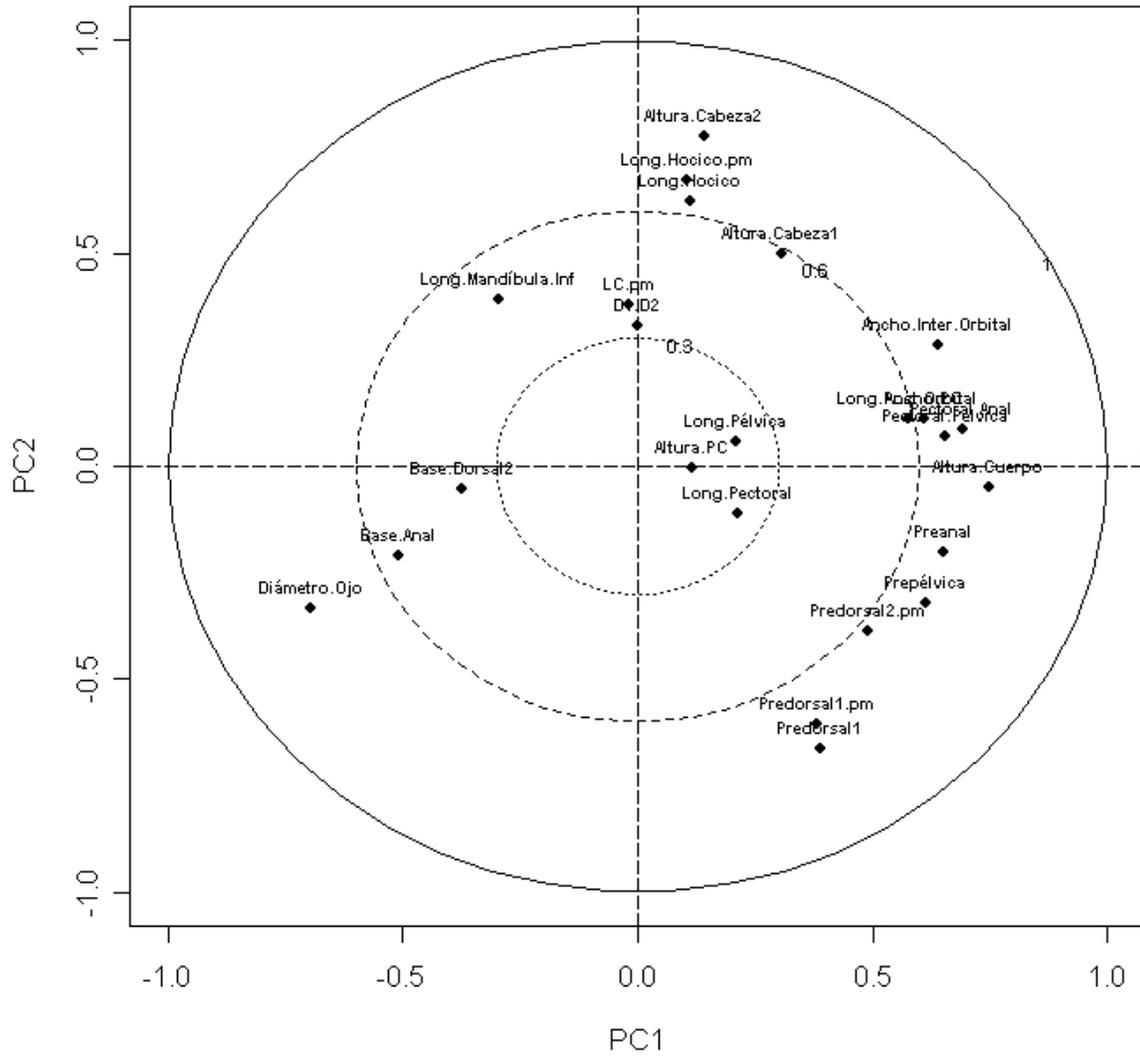


Figura 7. Círculo de correlaciones (0,3; 0,6) entre las Componentes Principales (PC 1 y PC2).

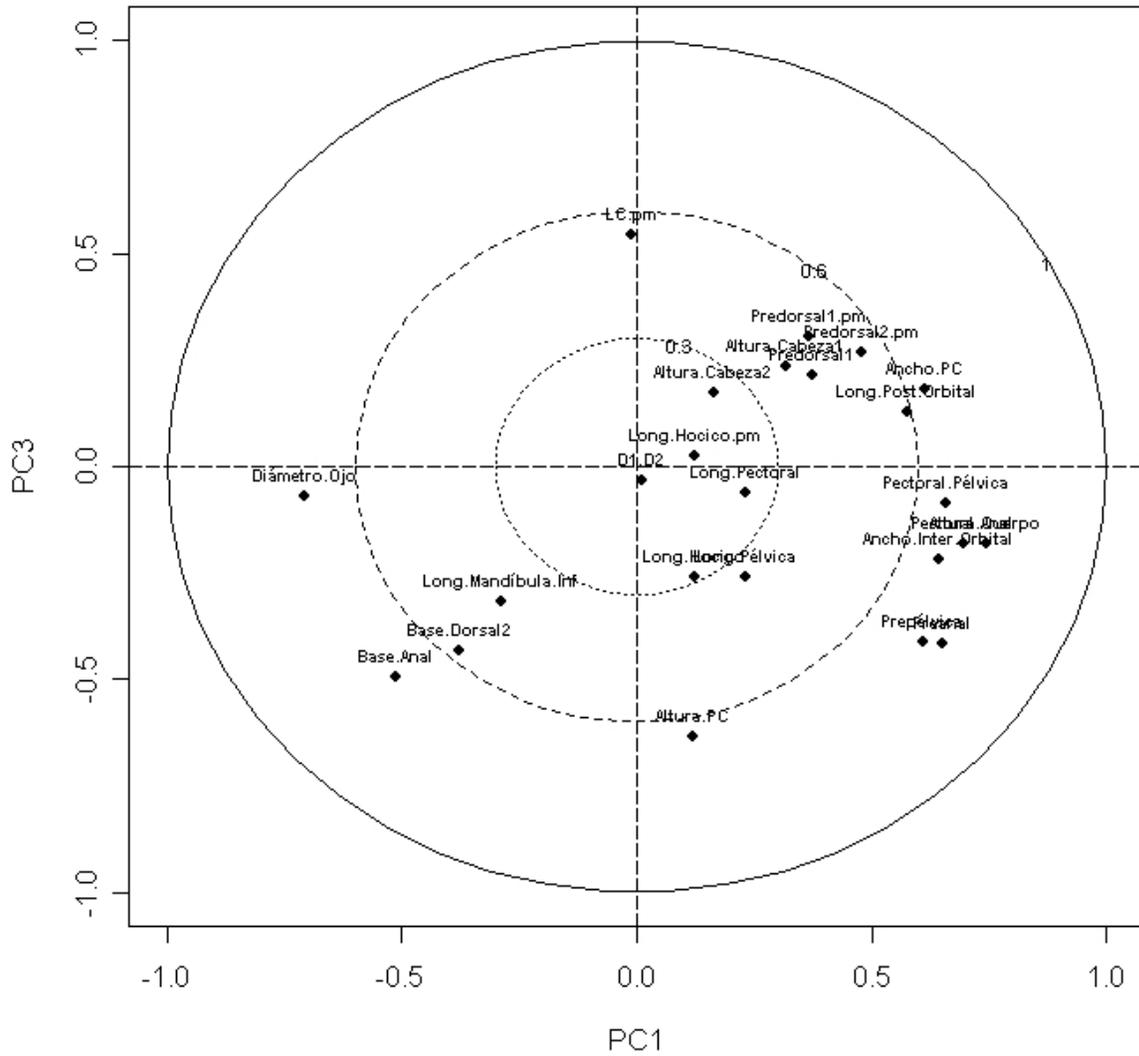


Figura 8. Círculo de correlaciones (0,3 y 0,6) entre las Componentes Principales (PC1 y PC3).

La Fig. 9 muestra que sólo hay una agrupación dentro de la muestra analizada cuando se enfrentan los dos primeros componentes principales, como también al contrastar los PC1 y PC3 (Fig. 10).

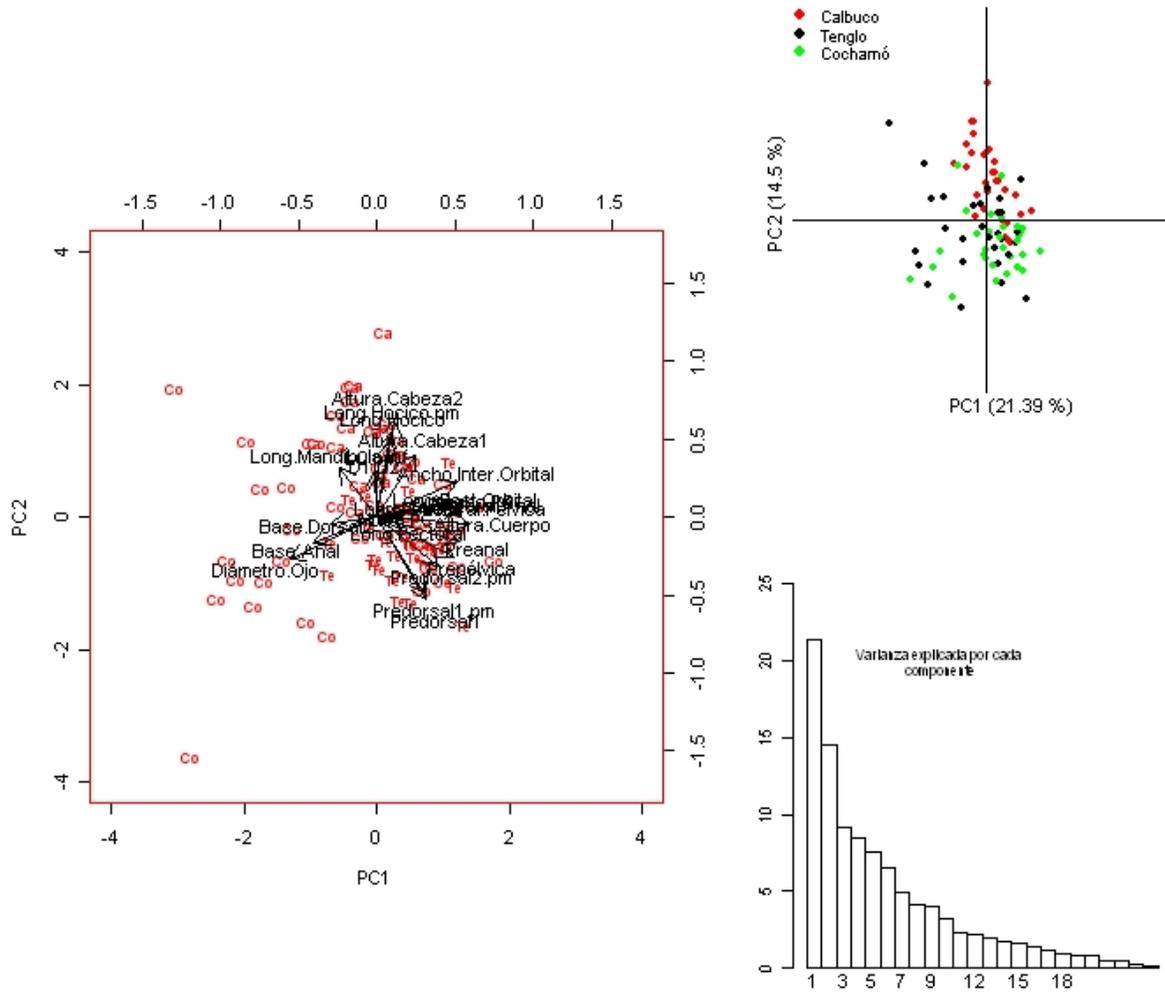


Figura 9. Biplot de las primeras dos componentes principales (PC1 y PC2), que explican cerca del 36% de la variabilidad morfométrica muestreada

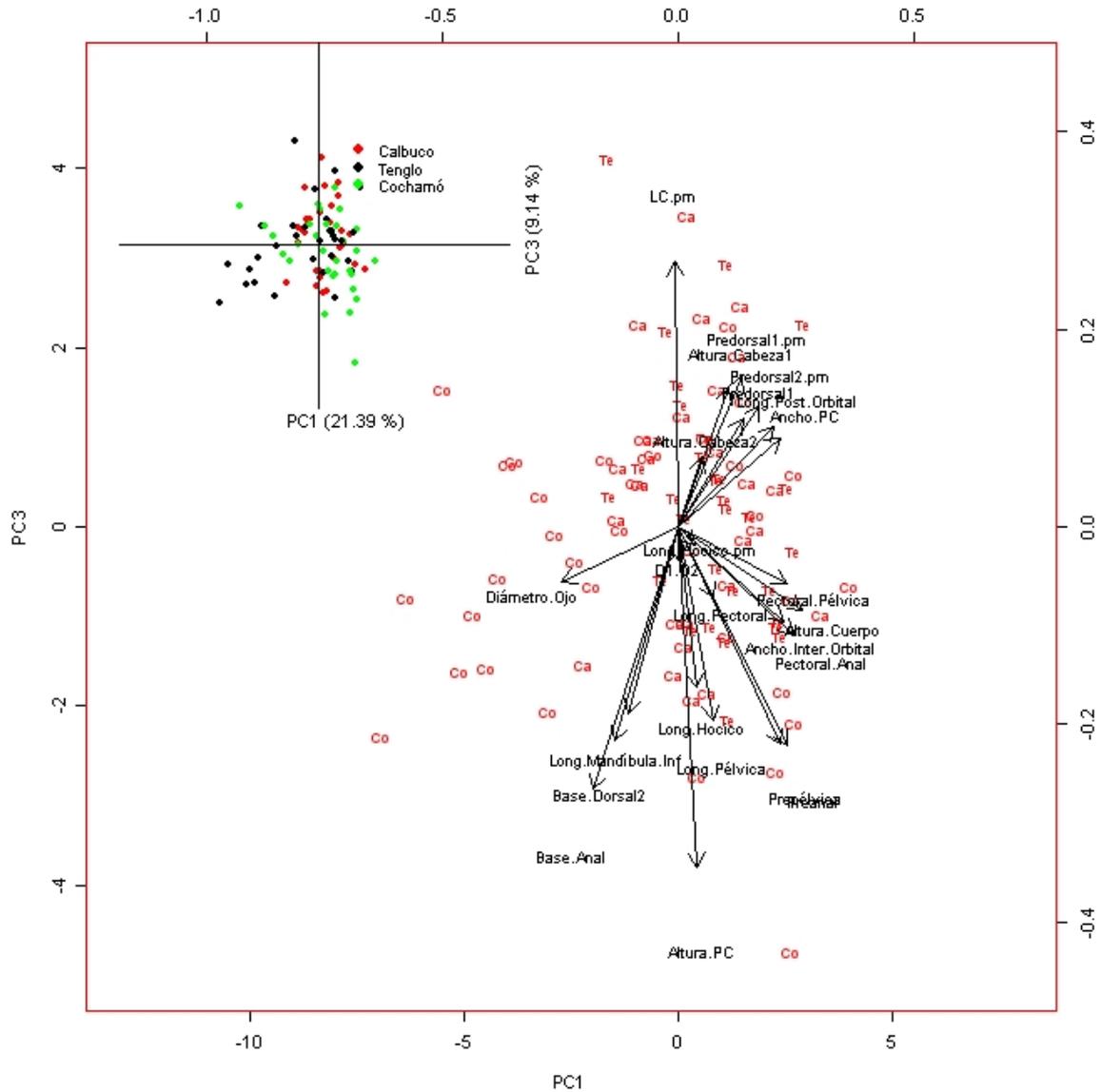
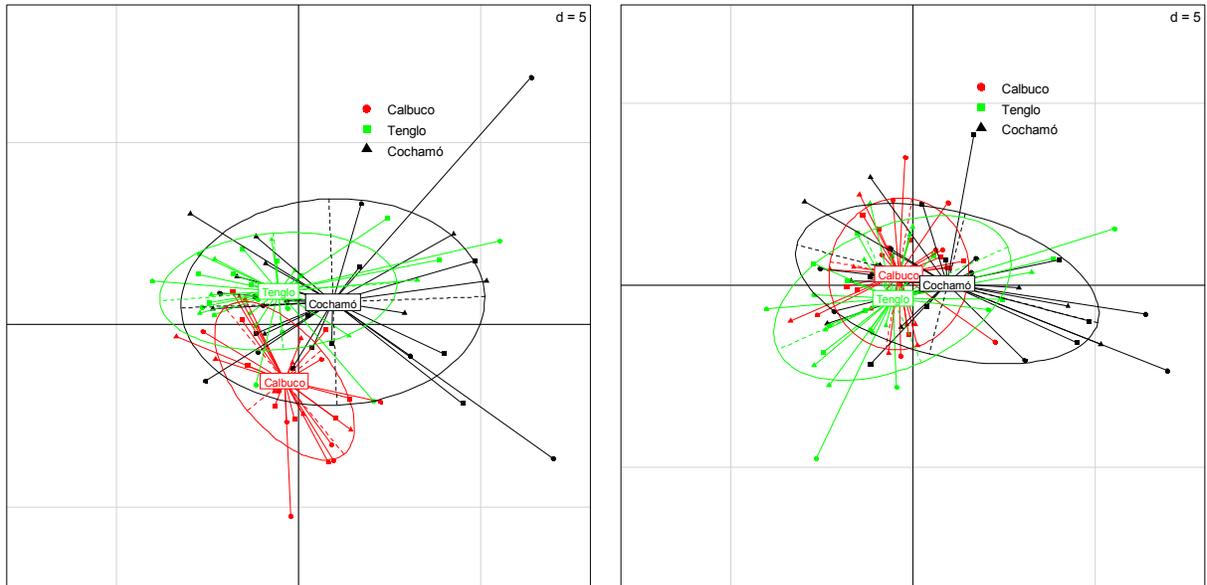


Figura 10. Biplot de las Componentes Principales 1 y 3 (PC1 y PC3), que explican cerca del 31% de la variabilidad morfométrica muestreada

El análisis de los elipsoides de la primera y segunda componente permitió distinguir una segregación de los ejemplares provenientes de Calbuco, zona más abierta y expuesta hacia el sur-oeste, en relación con las muestras de las otras dos localidades que presentaron características morfológicas más similares entre sí (Tenglo y Cochamó) (**Fig. 11A**); lo que no es ratificado por el gráfico de elipsoides entre la primera y tercera componente (**Fig. 11B**).

(A)

(B)



**Figura 11.** Elipse correspondiente al centro medio de los ejemplares por zona de muestreo del ACP: (A) primera y segunda componente (PC1 y PC2) y (B) primera y tercera componente (PC1 y PC3).

### **5.3. Caracterizar el esfuerzo pesquero (CPUE estandarizada) desarrollado por la flota que opera sobre el recurso (Objetivo específico 3).**

En la metodología inicial, se propuso abordar el análisis empleando modelos lineales generalizados (MLG) para evaluar principalmente, la significancia de factores espacio-temporales (zona y/o mes), metodología que siempre estuvo condicionada al normal desarrollo de la pesca de investigación que todos los años se efectúa entre los meses de mayo a octubre.

En esta oportunidad a petición a la Federación de Pescadores del Estuario del Reloncaví (FEPAER), la Consultora Pupelde Ltda.; solicitó a Subsecretaría de Pesca la ejecución de una pesca de investigación denominada “**Monitoreo de la pesquería del Pejerrey de Mar (*Odonthestes regia*) en aguas interiores de la X región, temporada 2007**”. La que fue conferida con fecha 24 de abril del 2007 (RES N° 1322), procediéndose a publicarla en el diario oficial, a la vez que se invitó a participar a empresas y pescadores artesanales, mediante inserto en diario local. Finalmente, dicho llamado tuvo una escasa convocatoria, debido en gran medida a problemas propios a la federación, referidos con la disolución de la directiva de FEPAER.

Independiente de lo sucedido dentro de la organización, la pobre participación de los actores de esta pesquería, se debe a dos grandes componentes, los que son:

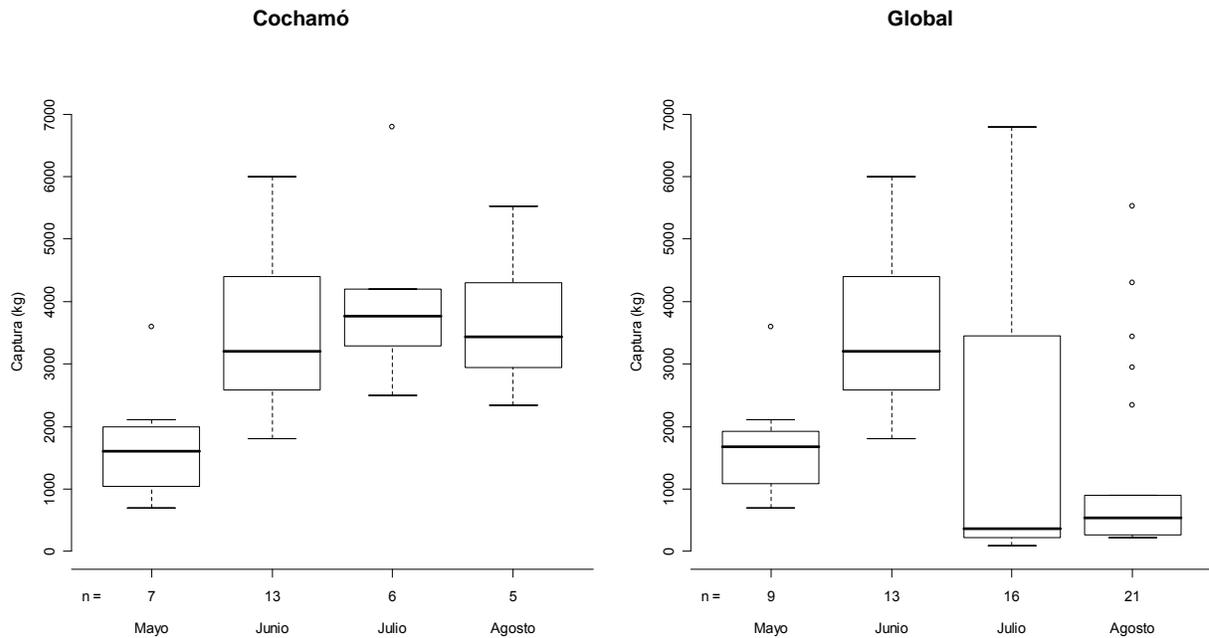
- La resolución faculta a participar a aquellas embarcaciones que tengan autorizado el recurso pejerrey de Mar en el registro **pesquero artesanal**, con arte de pesca **ENMALLE**. Dado que esta pesquería no tiene restricción en el acceso ni cuota de pesca, ha generado la posibilidad de operar y desembarcar normalmente. Sin embargo, la pesca de investigación faculta a las naves que operan con **CERCO MANUAL** y que no superen los **11,5 metros de eslora** a declarar desembarque sin problemas. Esto está prohibido sin esta figura administrativa, por R.EX N° 3916-05 Mod. R. N° 1700-00, que regula las artes y aparejos de Pesca para recursos Hidrobiológicos entre las I-X Regiones, y

- Baja en los precios, existe una marcada diferencia en la calidad de la pesca de enmalle y el cerco manual, lo que se traduce en desigualdades en los precios playa del producto. Finalmente, esto repercute en que se declare el desembarque de pejerrey de mar, como pesca de enmalle en desmedro de las estadísticas de desembarque que proviene del cerco.

A pesar de lo anteriormente expuesto, podemos informar que de las 136 operaciones de pesca monitoreadas entre mayo y agosto del 2007, se registró un total de 59 operaciones muestreadas en longitud, con una captura de pejerrey en torno a las 115 toneladas, con un número de ejemplares medidos en longitud y longitud-peso de 11.500 y 3.800, respectivamente. Las procedencias visitadas correspondieron a Calbuco, Cochamó y Puerto Montt (Anahuak-Tenglo), concentrándose la operación principalmente en Cochamó.

Para la estimación del rendimiento de pesca nominal, se utilizó como unidad de esfuerzo la operación (viaje) de pesca. El análisis consistió en categorizar los rendimientos de pesca en dos grupos, uno para la zona de Cochamó y otro para el área total del estudio (global), en una escala mensual y por periodo (temporada de pesca del 2007).

En Cochamó, se puede observar que el mes de mayo es cuando se registró el nivel de captura mensual más bajo de la serie. Al extender el análisis al total del área de estudio, se puede apreciar una mayor variabilidad en los niveles de captura y un importante incremento en el número de viajes (operaciones) de pesca, fundamentalmente por la información procedente desde Puerto Montt (Anahuak-Tenglo), entre julio y agosto del 2007, **Fig. 12**.

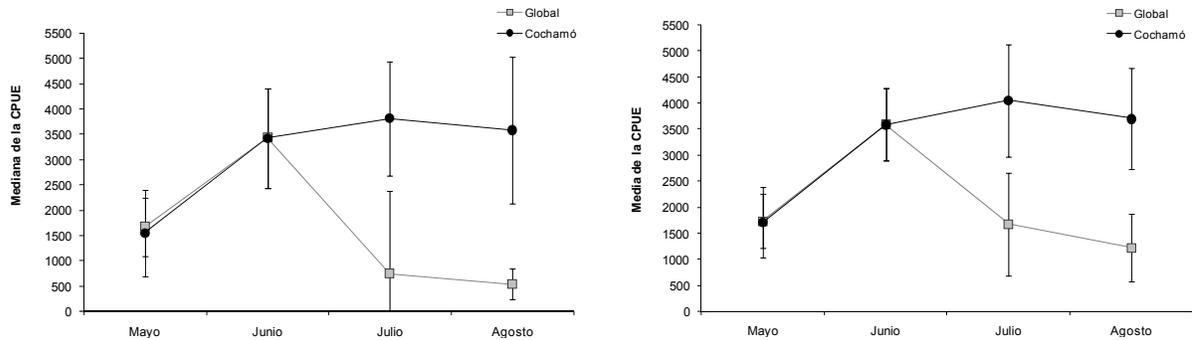


**Figura 12.** Captura mensual de pejerrey de mar X Región, según procedencia (n corresponde al número de viajes (operaciones) de pesca).

Las estimaciones centrales, media (derecha) y mediana (izquierda) e intervalos de confianza bootstrap, de los rendimientos de pescas nominales, evidencian un incremento respecto al valor del mes de mayo, hasta alcanzar el valor máximo en julio, decreciendo éstos hacia el mes de agosto. Es así como en Cochamó, para la temporada de pesca del 2007, los valores centrales fluctuaron en torno a los 3.200 kg por operación (viaje) de pesca, cifra que desciende a 2.000 kilos/operación para el total del área de estudio (**Fig.13**).

Es importante precisar, que la actividad extractiva de pejerrey de mar en la X Región de Chile, se desarrolla fundamentalmente en aguas litorales en torno a Cochamó, donde operan embarcaciones de cerco artesanales en su mayoría; derivando en que tanto embarcaciones como artes de pescas, son relativamente homogéneas, lo que explicaría la similitud entre medias y medianas, de los rendimientos de pesca nominales de Cochamó. Al incorporar la información de toda la zona de estudio, incluyendo Calbuco y Puerto Montt (Anahuak-Tenglo), aumenta la dispersión de los datos (rendimiento de pesca), ya que no es posible discriminar entre los distintos artes de pesca enmalle, cerco de orilla y cerco. Es por esta

razón que se adoptó como unidad de esfuerzo, la operación de pesca para guardar similitud con el viaje de pesca (**Fig. 13**).



**Figura 13.** Intervalo de confianza bootstrap para mediana y media de la captura por unidad de esfuerzo (operación de pesca), para el puerto de Cochamó y el área total de estudio, entre mayo y agosto del 2007.

De forma complementaria, con la escasa información disponible, de los 59 registros de operaciones de pesca realizadas en el área estudio, entre mayo y agosto del 2007; se procedió a analizar los rendimientos de pesca empleando MLG. En la modelación se consideraron los siguientes factores: Mes, Día, Zona (procedencia del desembarque) y Embarcación; con distribución de probabilidad para la variable dependiente Gamma y función de enlace log. Se trató de modelar la interacción entre ambos factores (Mes y Embarcación), sin éxito porque la matriz de diseño quedó desbalanceada, ya que se construye con muy pocos datos.

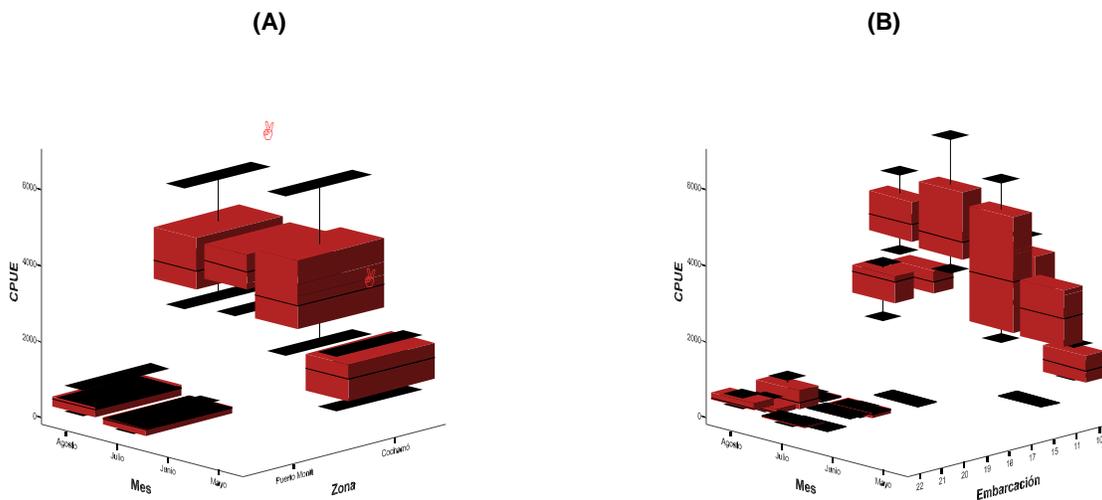
Del análisis se desprende que la tendencia en los rendimientos de pesca, es función de 2 factores (**Tablas 4 y 5**), los que corresponden a: i) al Mes dentro de la temporada de pesca y ii) la Embarcación. Estos resultados confirman la estacionalidad de esta pesquería, que comienza con rendimientos bajos al inicio de la temporada, alcanzando su máximo entre junio-julio, para luego decaer hacia fines de la temporada. Y que las embarcaciones con los rendimientos de pesca más altos y homogéneos son las que operan en Cochamó, **Fig. 14**.

**Tabla 4.** Anova del MLG resultante

Efecto	Grado libertad	Estadística Wald	p
Intercepto	1	8833,871	0,000000
Mes	3	21,917	0,000068
Embarcación	10	452,375	0,000000

**Tabla 5.** Parámetros estimados del MLG resultante

Efecto	Nivel del efecto	Columna	Estimado	Error estándar	Estadística Wald	p
Intercepto		1	6,79125	0,072256	8833,871	0,000000
Mes	Mayo	2	-0,46543	0,126748	13,485	0,000241
	Junio	3	0,13336	0,097552	1,869	0,171611
	Julio	4	0,01370	0,103333	0,018	0,894497
Embarcación	10	5	1,04202	0,131227	63,053	0,000000
	11	6	1,41533	0,115468	150,243	0,000000
	13	7	1,23427	0,333496	13,697	0,000215
	14	8	1,10074	0,333496	10,894	0,000965
	15	9	0,21088	0,333496	0,400	0,527175
	17	10	-1,61199	0,323830	24,780	0,000001
	18	11	1,30878	0,210076	38,813	0,000000
	19	12	-1,42241	0,156682	82,416	0,000000
	20	13	-0,97094	0,169167	32,943	0,000000
	21	14	-1,50664	0,166204	82,174	0,000000
Escala			8,98104	1,623758	30,592	0,000000

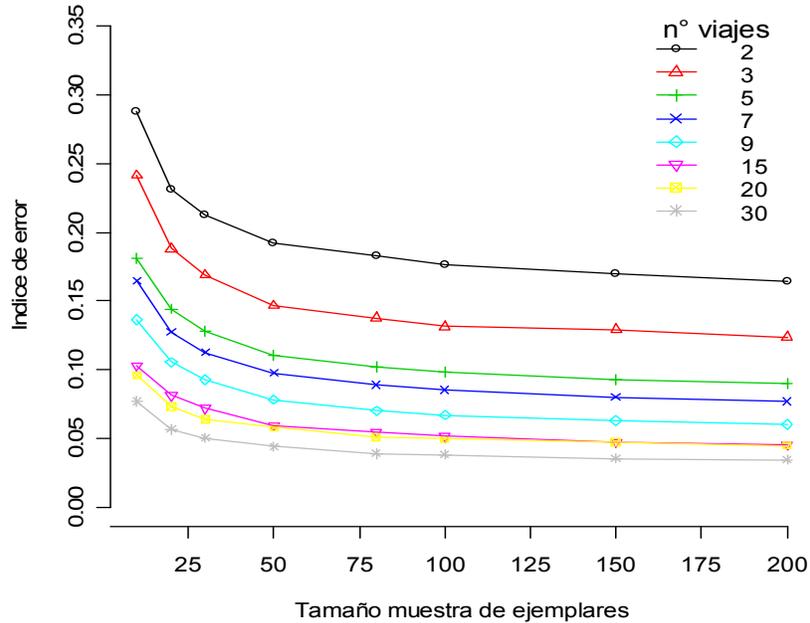


**Figura 14.** Boxplot bivariado de CPUE, en función de (A) mes x zona y, (B) mes x embarcación

**5.4. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la estructura de tallas de la captura y la proporción sexual global y a la talla, por período y zona (Objetivo específico 4).**

Los resultados que a continuación se exponen, derivan del diseño de muestreo y del cálculo del tamaño de muestra, procedimiento que a la luz de los resultados fue revisada, constatándose lo eficiente de la actividad de muestreo. En la Fig. 15, se grafica el desempeño del índice de error, estimado para diferentes tamaños de muestra. El patrón de disminución del índice de error fue el mismo para las diferentes combinaciones de tamaños de muestras, el error de estimación de la estructura decrece rápidamente en la medida que se selecciona un número mayor de ejemplares en la muestra hasta llegar a los 50 ejemplares por viaje, posteriormente la tasa de disminución decrece y sobre los 100 ejemplares se observa una relativa estabilidad en dicho índice. De igual forma, se registra una importante declinación en el índice de error de la estructura de tallas entre 9 y 15 operaciones de pesca muestreadas y sobre dicho número la tasa de declinación del índice es bastante menor.

Al seleccionar 2 operaciones de pesca en la muestra, el índice de error disminuye de un valor cercano a 0,2 para 50 ejemplares medidos, hasta cerca de 0,16 para 200 ejemplares medidos por operación de pesca. Dada la forma de la curva es evidente que un mayor incremento en el número ejemplares en la muestra por operación de pesca, no logra reducir sustancialmente el error de estimación (**Fig. 15**). La reducción mayor en dicho índice, se obtiene al incrementar el número de operaciones en la muestra; es así que para una muestra de tamaño 9 (operaciones de pesca muestreadas) se obtienen índices de error que en promedio fluctúan en torno a 0,08 y 0,06 para tamaños de muestra de 50 a 200 ejemplares por operación, respectivamente (**Tabla 6**). Si el número de operaciones muestreadas se duplica (20 operaciones) se logra una leve reducción del índice, con valores cercanos a 0,058 para 50 ejemplares y 0,045 para 200 ejemplares medidos por operación de pesca.



**Figura 15.** Índice de Error de la composición de tamaños de la captura de pejerrey, curvas representan diferentes tamaños de muestra de operaciones de pesca para distinto número de ejemplares por operación.

En consecuencia y de acuerdo a estos resultados, para obtener una estimación confiable de la captura talla-estructurada de pejerrey de mar (debidamente expandida al desembarque), se deben medir entre 100 a 150 individuos por operación de pesca, considerando muestrear entre 9 a 15 operaciones de pesca por punto de desembarque (**Tabla 6**); tarea que fue ampliamente superada, puesto que en cada evento de muestreo se midió en promedio, al menos 300 individuos.

**Tabla 6.** Tamaños de muestra (número de ejemplares) e Índice de Error (IE), para diferentes operaciones de pesca evaluadas, en la estimación de la captura talla-estructura de pejerrey de mar 2007.

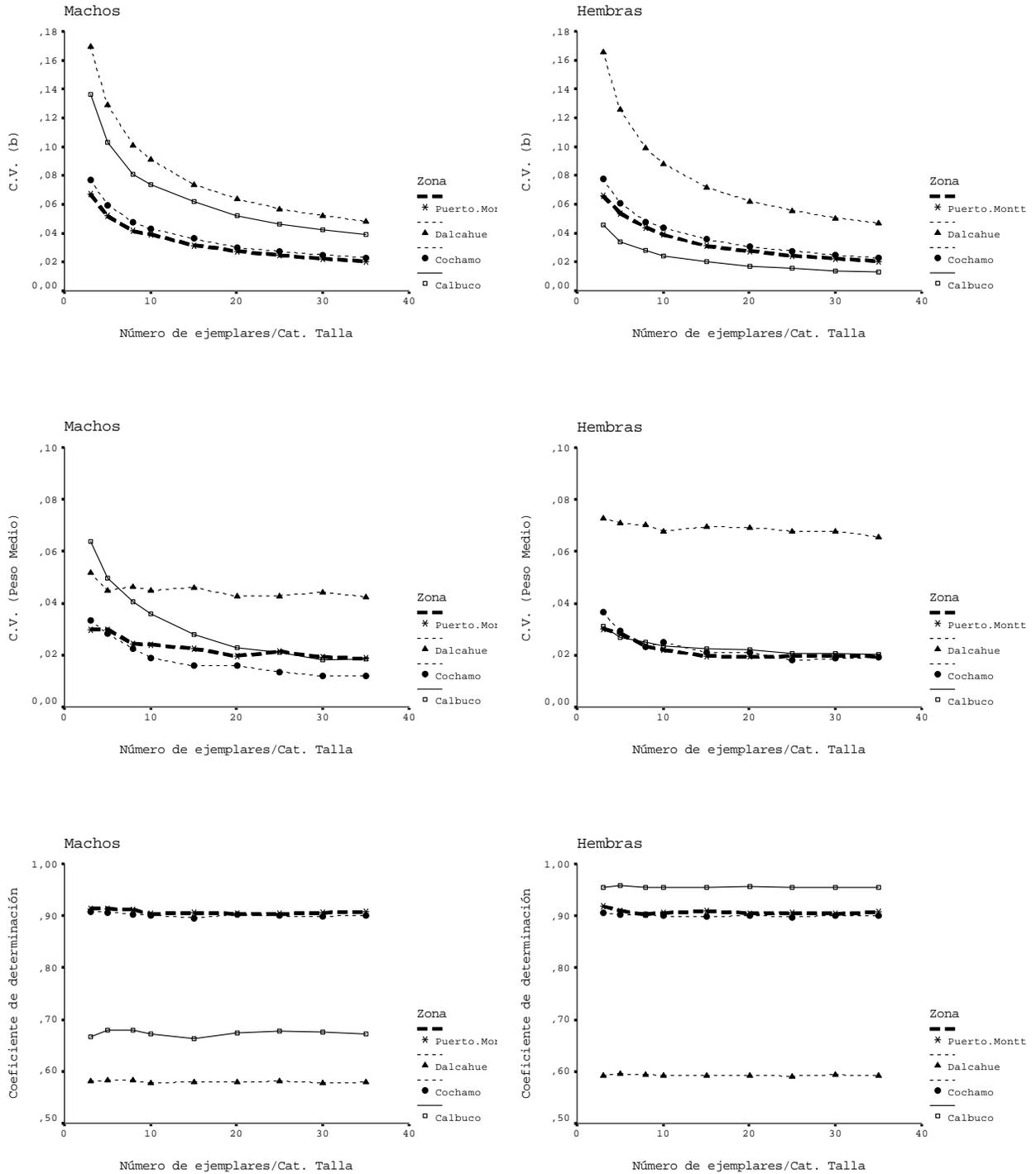
Operaciones (viajes) de pesca	Número de Ejemplares.	IE (Índice de Error)
9	50 - 100	0,080 - 0,067
9	150 - 200	0,063 - 0,060
15	50 - 100	0,060 - 0,050
15	150 - 200	0,047 - 0,045
20	50 - 100	0,058 - 0,050
20	150 - 200	0,047 - 0,045

Respecto al tamaño de muestra para la estimación de parámetros poblacionales, vinculados con el muestreo biológico de la captura, como es el caso de la estimación de la relación longitud-peso. En general, en los cuatro puntos de desembarque analizados, temporada de

pesca del 2003, la variabilidad explicada por el modelo se mantiene constante para todos los tamaños de muestras analizados; registrándose los menores coeficientes de determinación medios, en la zona de Dalcahue para ambos sexos y en Calbuco para machos (**Fig. 16**).

El Coeficiente de Variación del parámetro “b” tuvo un cambio en la precisión importante a medida que el tamaño de la muestra aumentó, presentando pequeñas variaciones a partir de los 15 ejemplares por categoría de talla. Lo anterior, tiene una incidencia directa en la estimación del peso medio, lo que se ve reflejado en bajos CV en todas las zonas analizadas (**Fig. 16**). Cabe señalar que se observan mayores CV en la zona de Dalcahue, consistente con lo reportado en los coeficientes de determinación.

De acuerdo a estos resultados, para ajustar el modelo que relaciona la longitud con el peso, se requieren tamaños de muestra que van de 110 a 220 ejemplares, dependiendo del intervalo de talla presente en la captura, teniendo en consideración una selección aleatoria de ejemplares por categoría de talla.

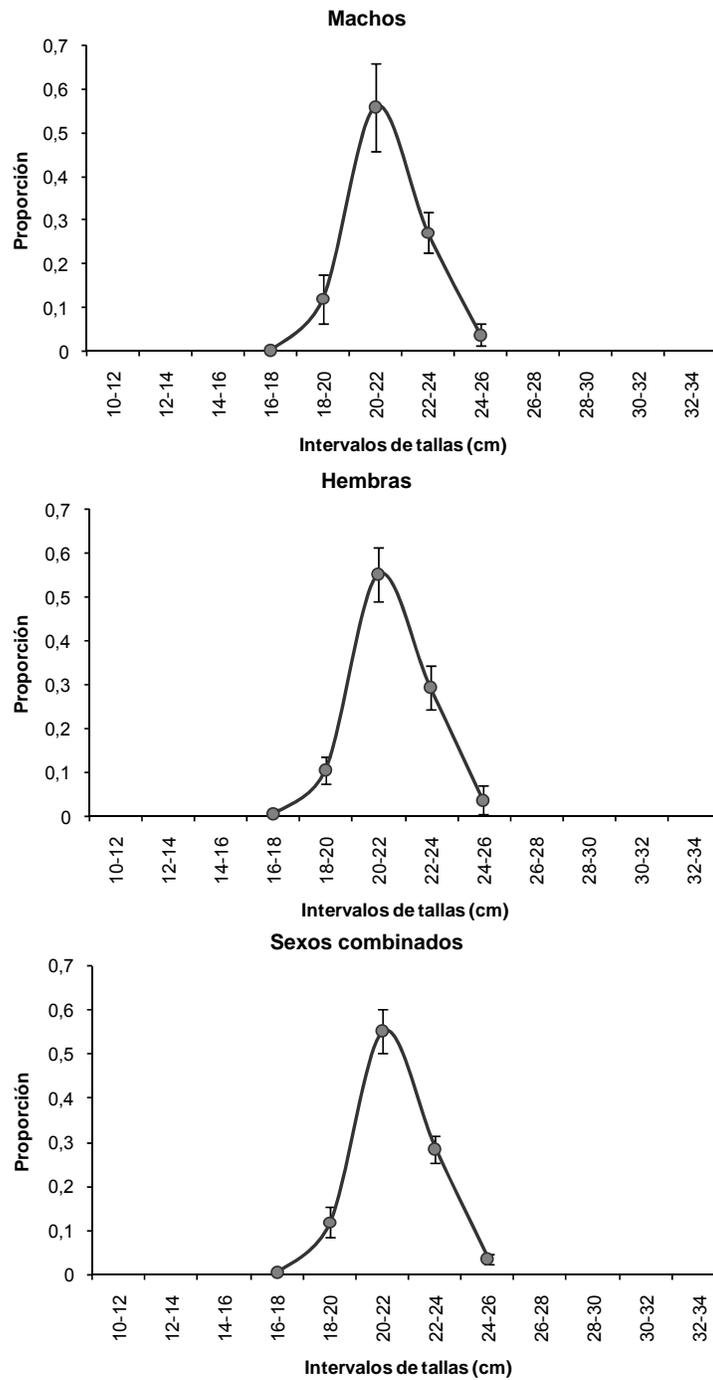


**Figura 16.** Coeficiente de variación del parámetro b de la relación longitud-peso, coeficiente de determinación y coeficiente de variación de la predicción del peso medio de pejerrey, por sexo y zona de desembarque.

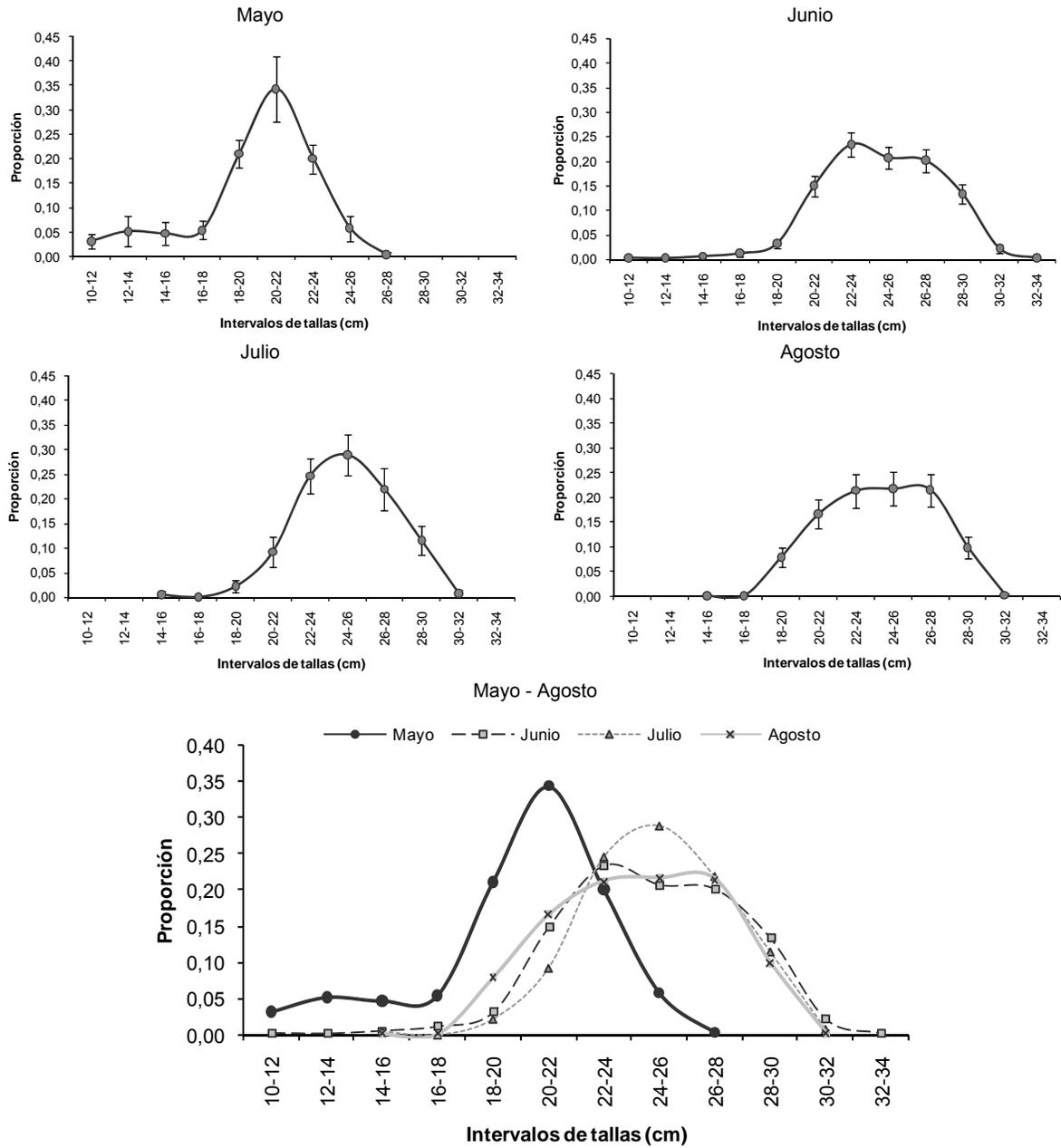
### 5.4.1. Composición de tallas de las capturas

En términos globales en cada uno de los puntos de desembarque, la captura talla-estructurada, expandida al desembarque según el diseño de muestreo propuesto, correspondió a distribuciones unimodales. En Calbuco, se verificaron muestreos de la operación de pesca sólo en el mes de mayo, sin distinguir diferencias entre sexos en las estructuras de tallas, cuyo rango fluctuó entre los 16 y 25 cm, con modas entorno a los 20 a 21 cm (**Fig. 17**). Cochamó registró operaciones de pesca entre mayo y agosto; presentando una clara diferenciación de las distribuciones de tallas de la captura, entre sexos y entre los meses de la temporada de pesca; observándose un desplazamiento hacia longitudes mayores a partir de junio (**Figs. 18 y 19**).

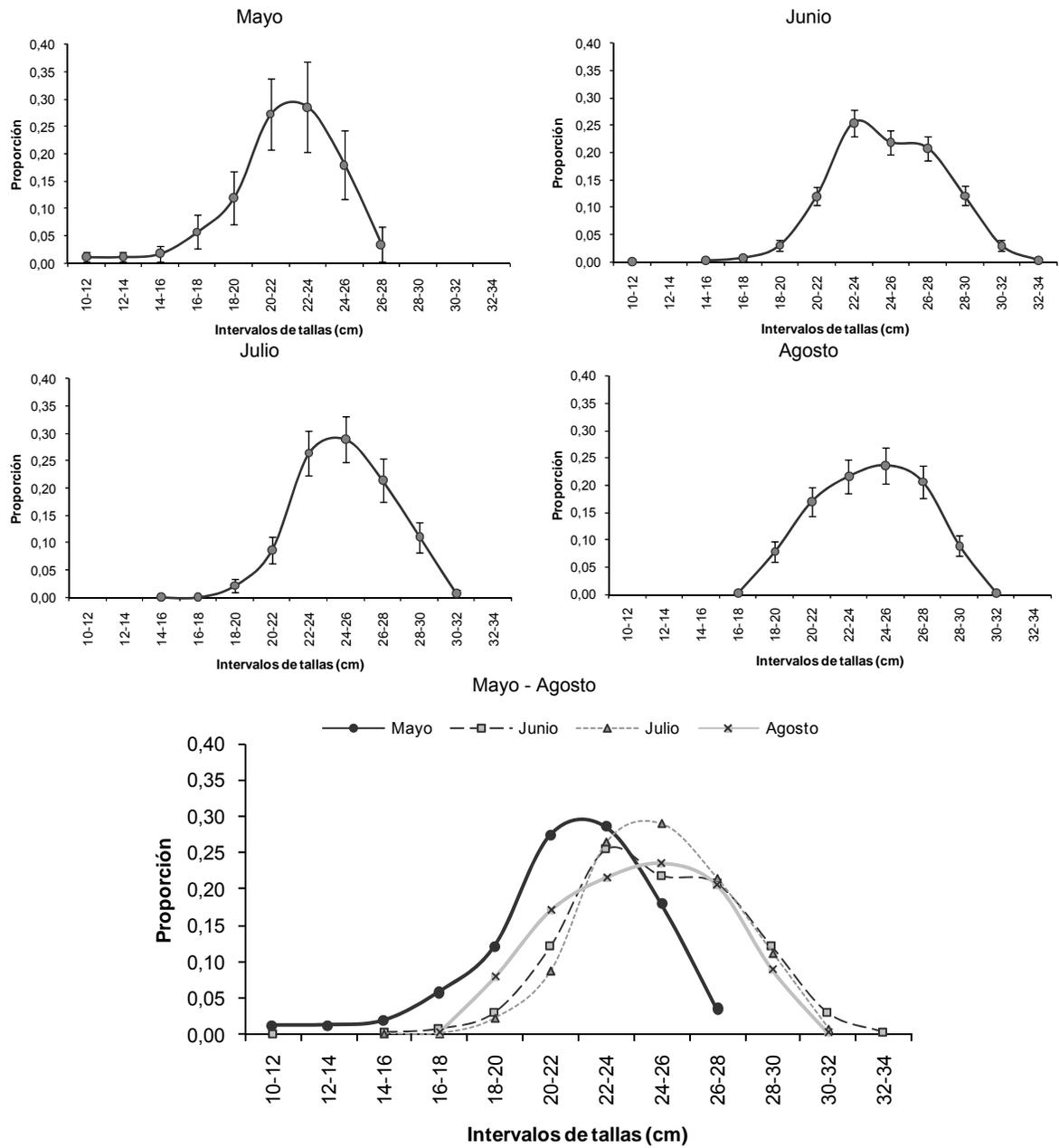
La captura talla-estructurada del mes de mayo posee un rango que fluctuó en ambos sexos, entre 10 y 27 cm y modas centradas en torno a los 20 y 21 cm; se observó además en dichas distribuciones un sesgo negativo, que es más evidente en los machos. Para los demás meses, el intervalo modal de la estructura de tallas de la captura, está más desplazado hacia la derecha entre los 24 a 25 cm, con una amplitud de ocurrencia entre los 14 y 34 cm (**Figs. 18 a 20**).



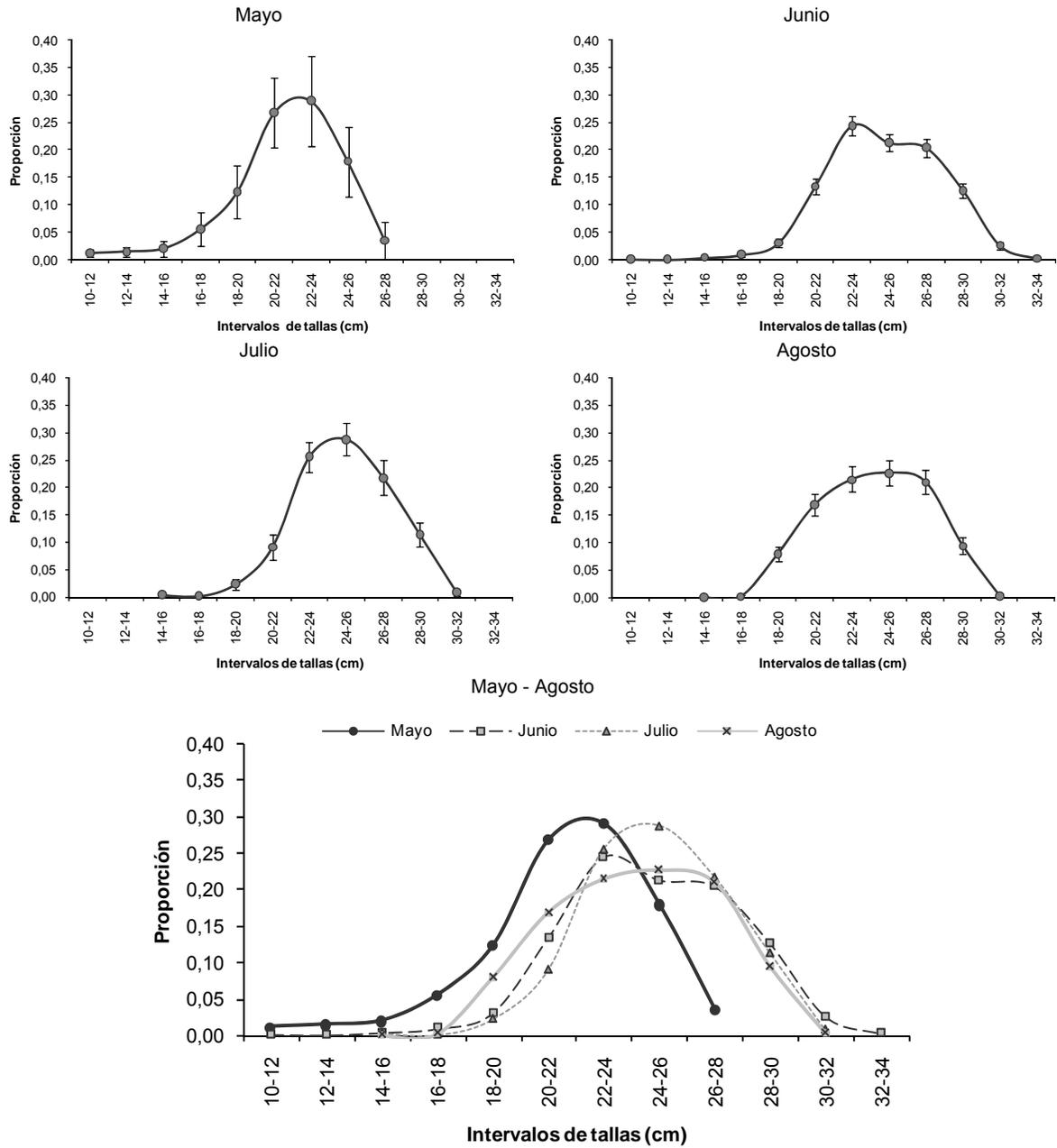
**Figura 17.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexo. Pejerrey de mar (*O. regia*), Calbuco, mayo del 2007.



**Figura 18.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura. Pejerrey de mar (*O. regia*) machos. Cochamó, mayo - agosto del 2007.



**Figura 19.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura. Pejerrey de mar (*O. regia*) hembras. Cochamó, mayo - agosto del 2007.

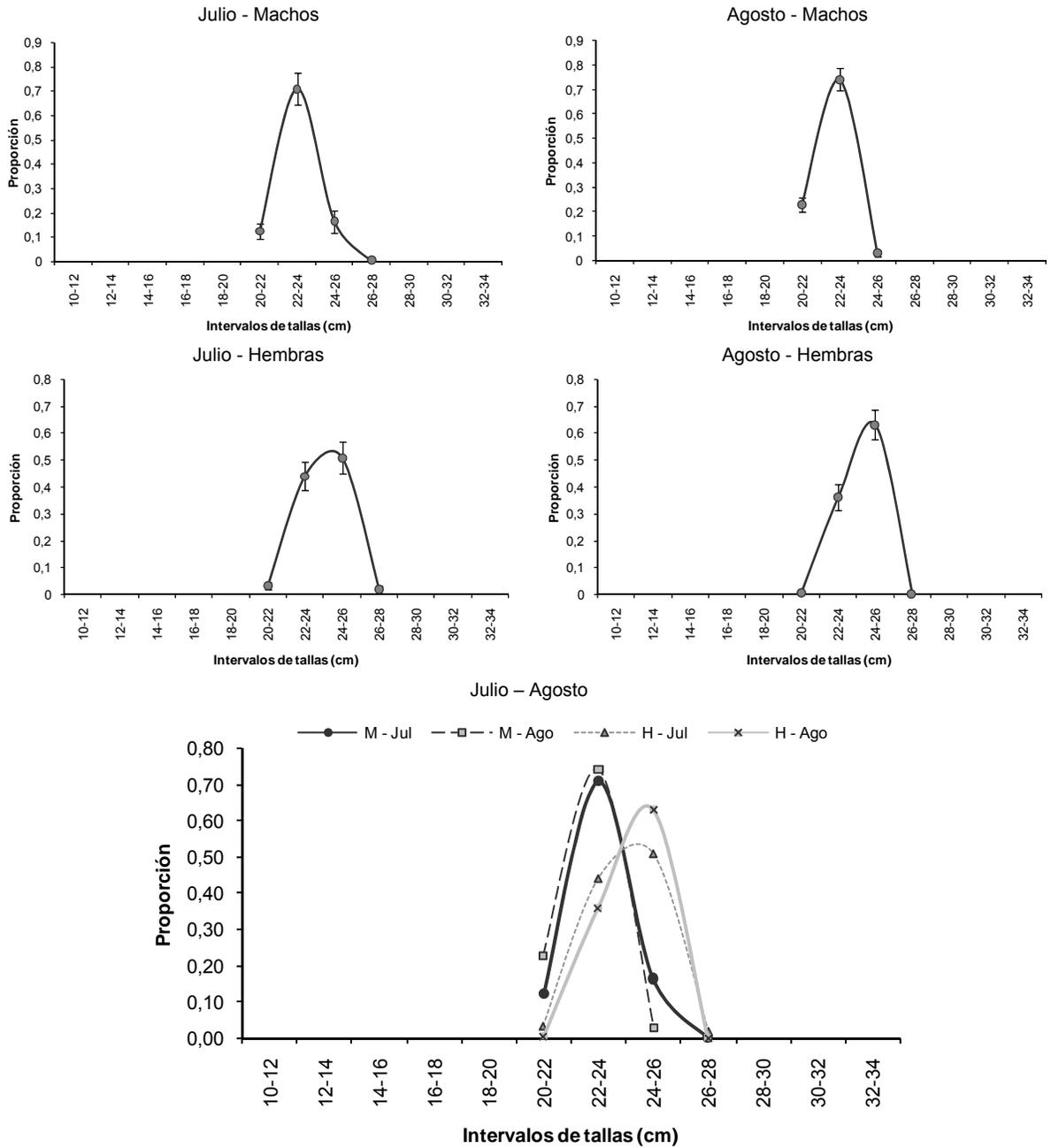


**Figura 20.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, sexos combinados. Pejerrey de mar (*O. regia*). Cochamó, mayo - agosto del 2007

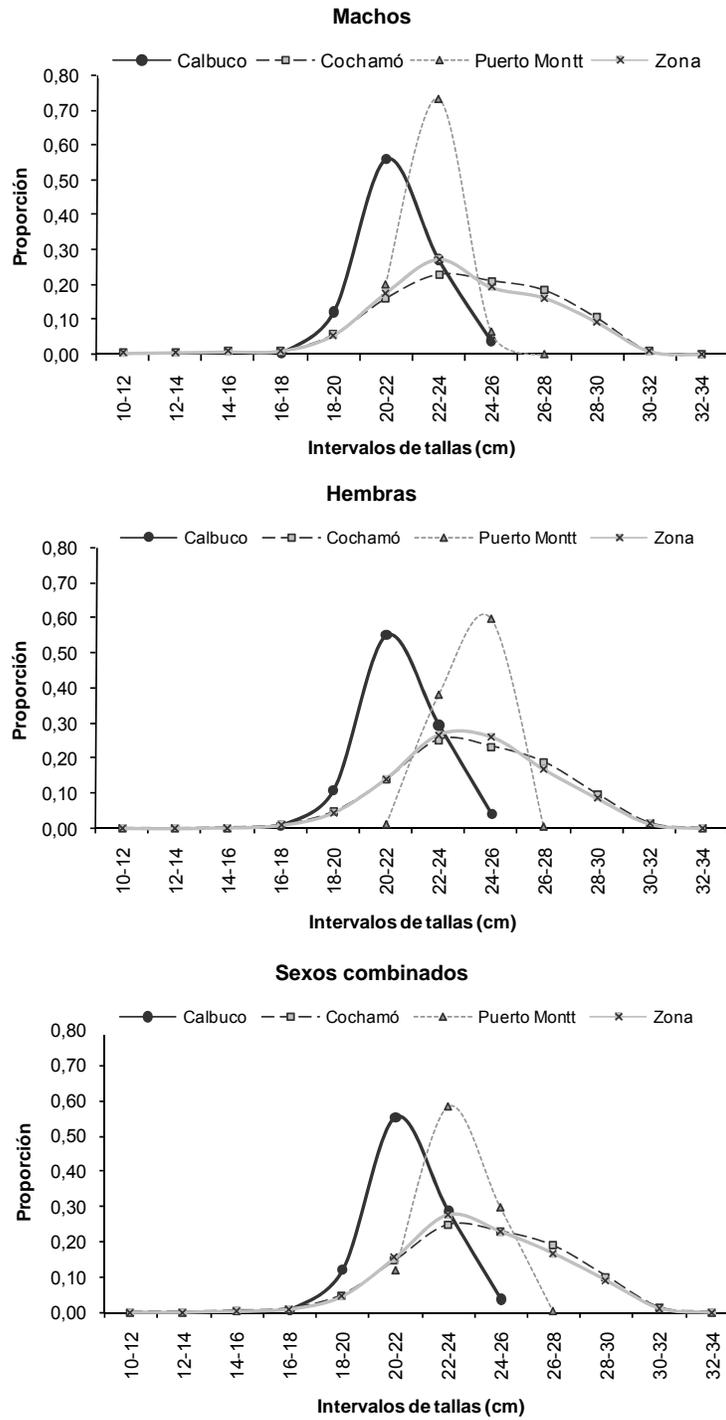
Puerto Montt registró operaciones de pesca en los meses de julio y agosto, con estructuras de talla unimodales, distintas entre por sexo. La composición de tamaños de las hembras presenta mayores calibres (tallas más grandes) en comparación a los machos, con un

intervalo modal entorno a los 24 y 22 cm para hembras y machos, respectivamente y un rango de ocurrencia similar para ambos sexos entre los 20 y 27 cm (**Fig. 21**).

Finalmente, la composición talla-estructurada de la captura para la zona y temporada de estudio, muestra diferencias entre las distintas procedencias del desembarque, observándose en Cochamó el rango de tallas más amplio, con registros de individuos en las capturas entre los 10 y 34 cm, con un intervalo modal centrado entre los 22 y 25 cm, **Fig. 22**.



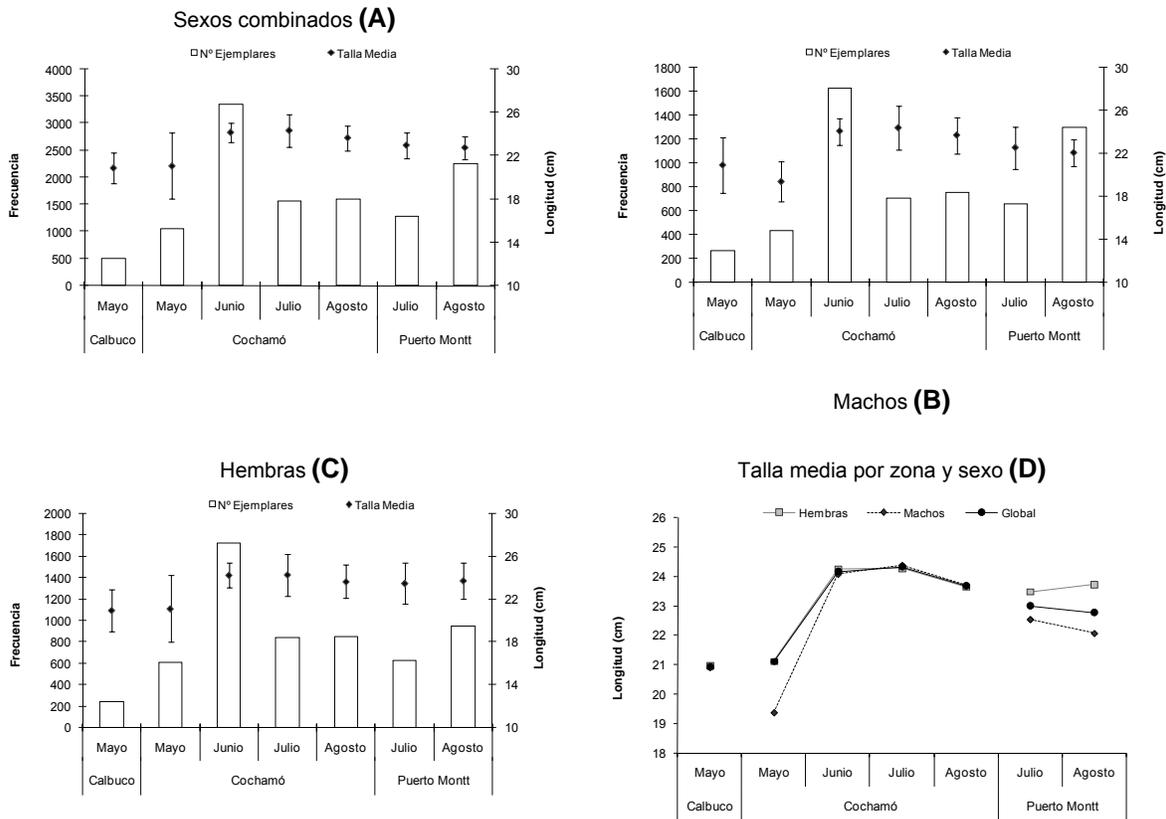
**Figura 21.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexo. Pejerrey de mar (*O. regia*). Puerto Montt, julio - agosto del 2007.



**Figura 22.** Composición talla estructurada e intervalo de confianza de la captura, según sexos y procedencia del desembarque. Pejerrey de mar (*O. regia*), entre mayo y agosto del 2007.

### 5.4.2. Talla media

Es un estimador simple de la estructura de tallas de las capturas, a la vez que es un buen indicador de las variaciones en la composición de longitudes para los casos en que las estructuras son unimodales, como es caso de pejerrey de mar de la X Región. En tal sentido podemos señalar, que dichas estimaciones presentaron una mayor variación temporal que espacial, con valores centrales en torno a los 20 cm en mayo y 23 cm para el período junio-agosto del 2007, sin mayores diferencias entre sexos, **Fig. 23**.



**Figura 23.** Estimación e intervalo de confianza para la talla media (cm), según procedencia del desembarque y tamaño de muestra. Pejerrey de mar (*O. regia*): (A) sexos combinados, (B) Machos, (C) Hembras y, (D) talla media por zona y sexo.

En Calbuco, las estimaciones de ambos sexos poseen un coeficiente de variación mayor que la estimación de la talla media, de los otros puntos de desembarque (**Tablas 7 a 10**). Y finalmente, para el área de estudio en la temporada de pesca 2007, se registró una talla media de la captura en ambos sexos, en torno a los 23 cm (**Tabla 10**).

**Tabla 7.** Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Calbuco.

LT (cm)	Machos		Hembras		S/Sexo <sup>3</sup>	
	P	CV	P	CV	P	CV
16-18	0,0035	96,7%	0,0068	73,1%	0,0059	47,5%
18-20	0,122	23,9%	0,1074	14,8%	0,1193	14,6%
20-22	0,5621	9,1%	0,5523	5,6%	0,5525	4,7%
22-24	0,2731	8,5%	0,2947	8,6%	0,2861	5,4%
24-25	0,0394	31,7%	0,0388	44,4%	0,0362	18,2%
Talla Media (cm)	20,9	6,3%	21,0	4,8%	20,9	3,5%
Peso Medio (g)	65,8	6,1%	66,3	5,1%	65,9	3,5%
% Sexual	52,9%	10,8%	47,1%	12,1%	-	-
Relación W-L	$W = 0,005 \times L^{3,09}$		$W = 0,011 \times L^{2,85}$		$W = 0,008 \times L^{2,97}$	
número ejemplares longitud	262		238		500	
número ejemplares W-L	301		435		736	
Captura (kg)	3.600					

<sup>3</sup> S/Sexo: Sexos combinados

**Tabla 8.** Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Puerto Montt (Anahuak-Tenglo).

LT (cm)	Machos		Hembras		S/Sexo	
	P	CV	P	CV	P	CV
20-22	0,2008	5,9%	0,0122	23,2%	0,1184	5,9%
22-24	0,7334	2,6%	0,3827	5,0%	0,5822	2,3%
24-26	0,0652	12,1%	0,5996	3,6%	0,2964	3,7%
26-28	0,0006	77,1%	0,0055	29,5%	0,0030	28,3%
Talla Media (cm)	22,2	2,4%	23,7	2,9%	22,8	1,9%
Peso Medio (g)	76,1	2,5%	92,8	3,0%	83,3	1,9%
% Sexual	55,7%	1,8%	44,3%	2,2%	-	-
Relación W-L	$W = 0,005 \times L^{3,13}$		$W = 0,004 \times L^{3,18}$		$W = 0,004 \times L^{3,16}$	
número ejemplares longitud	1952		1568		3520	
número ejemplares W-L	782		822		1604	
Captura (kg)	9.722					

**Tabla 9.** Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, zona de Cochamó.

LT (cm)	Machos		Hembras		S/Sexo	
	P	CV	P	CV	P	CV
10-12	0,0048	21,6%	0,0019	34,2%	0,0022	25,3%
12-14	0,0069	28,0%	0,0016	33,7%	0,0022	27,7%
14-16	0,0097	18,8%	0,0039	27,7%	0,0053	20,6%
16-18	0,0121	14,6%	0,0113	19,3%	0,0117	17,6%
18-20	0,0594	6,1%	0,0481	8,9%	0,0489	7,7%
20-22	0,1619	4,8%	0,1397	4,9%	0,1458	4,1%
22-24	0,2293	3,5%	0,2536	3,7%	0,2473	3,1%
24-26	0,2110	3,8%	0,2345	3,7%	0,2296	3,0%
26-28	0,1848	4,4%	0,1890	4,2%	0,1886	3,3%
28-30	0,1069	5,7%	0,0987	5,6%	0,1027	4,3%
30-32	0,0124	17,0%	0,0163	14,7%	0,0146	11,7%
32-34	0,0008	70,4%	0,0016	45,9%	0,0012	38,8%
Talla Media (cm)	23,5	1,8%	23,8	1,8%	23,7	1,5%
Peso Medio (g)	99,3	2,0%	101,6	1,9%	101,4	1,6%
% Sexual	43,9%	2,0%	56,1%	1,5%	-	-
Relación W-L	$W = 0,005 \times L^{3,14}$		$W = 0,006 \times L^{3,06}$		$W = 0,006 \times L^{3,08}$	
número ejemplares longitud	3520		4019		7542	
número ejemplares W-L	552		914		1466	
Captura (kg)	101.491					

**Tabla 10.** Estimación y coeficiente de variación de la captura talla estructurada, talla y peso medio, proporción sexual. Relación longitud peso, número de ejemplares medidos por sexo y desembarque, para el área de estudio (global).

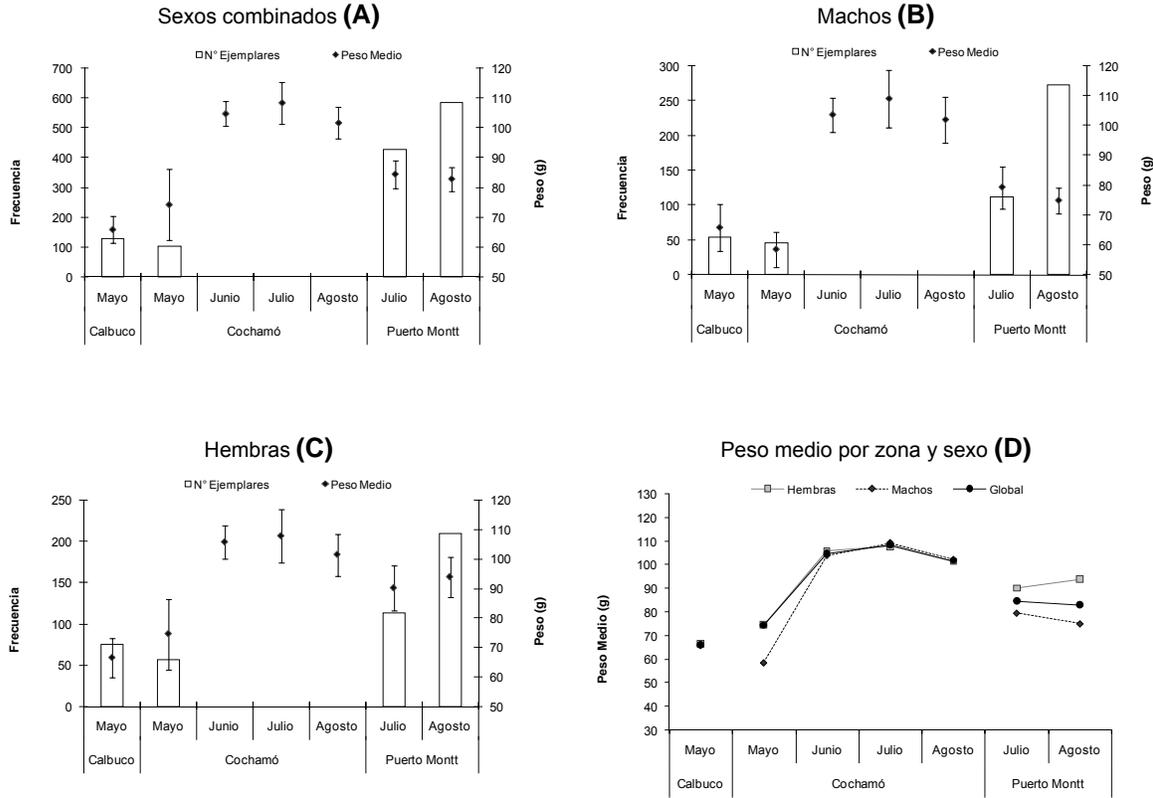
LT (cm)	Machos		Hembras		S/Sexo	
	P	CV	P	CV	P	CV
10-12	0,0043	21,6%	0,0017	34,2%	0,0020	25,3%
12-14	0,0061	28,0%	0,0014	33,7%	0,0019	27,7%
14-16	0,0086	18,8%	0,0034	27,7%	0,0047	20,6%
16-18	0,0108	14,5%	0,0102	18,9%	0,0105	17,3%
18-20	0,0563	5,9%	0,0458	8,3%	0,0469	7,2%
20-22	0,1777	4,0%	0,1419	4,3%	0,1563	3,4%
22-24	0,2733	2,7%	0,2658	3,2%	0,2769	2,5%
24-26	0,1933	3,7%	0,2593	3,1%	0,2292	2,7%
26-28	0,1634	4,4%	0,1675	4,2%	0,1670	3,3%
28-30	0,0945	5,7%	0,0872	5,6%	0,0908	4,3%
30-32	0,0109	17,0%	0,0144	14,7%	0,0129	11,7%
32-34	0,0007	70,4%	0,0014	45,9%	0,0011	38,8%
Talla Media (cm)	23,3	1,7%	23,7	1,7%	23,6	1,3%
Peso Medio (g)	96,3	1,8%	99,8	1,8%	98,8	1,4%
% Sexual	45,2%	1,8%	54,8%	1,4%	-	
Relación W-L	$W = 0,005 \times L^{3,11}$		$W = 0,005 \times L^{3,09}$		$W = 0,005 \times L^{3,1}$	
número ejemplares longitud	5734		5825		11562	
número ejemplares W-L	1635		2171		3806	
Captura (Kg)	114.813					

### 5.4.3. Peso medio

El procedimiento para la estimación de este parámetro, vincula el diseño de muestreo correspondiente con la estimación de la estructura de tallas y la relación longitud peso; permitiendo apreciar una señal de la condición biológica del recurso y en este sentido, podemos señalar que el peso medio, presentó tanto variaciones espacio-temporales, observándose en el mes de mayo en Calbuco y Cochamó, valores en torno a los 65 g. magnitud que asciende a valores cercanos a 90 y 100 g, para Puerto Montt y Cochamó, entre julio y agosto del 2007, **Fig. 24**.

A excepción de Puerto Montt, no se distinguen mayores diferencias en las estimaciones del peso medio de la captura entre sexos (**Tabla 8**). Por otro lado, la menor estimación se registró para la zona de Calbuco, en contraposición con el peso medio de la captura de

Cochamó, zona que debería poseer mayor oferta alimenticia por estar más protegida de las inclemencias del tiempo y que cuenta con varios centros de engorda de salmonidos (**Tabla 7** y **10**). Finalmente, para el área de estudio se registró una estimación del peso medio igual a 96 y 100 g, para machos y hembras respectivamente (**Tabla 10**).

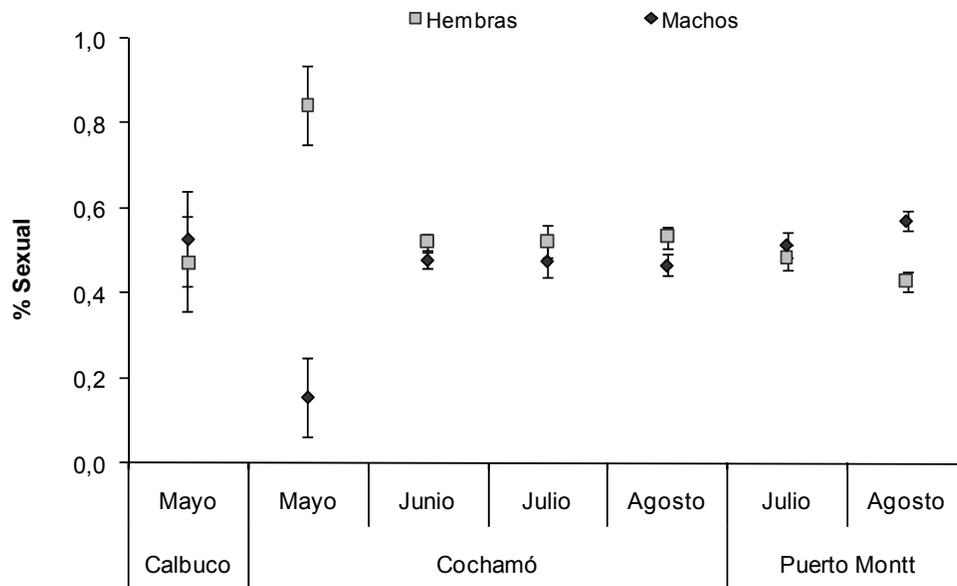


**Figura 24.** Estimación e intervalo de confianza del peso medio (g), según procedencia del desembarque y tamaño de muestra. Pejerrey de mar (*O. regia*): (A) sexos combinados, (B) Machos, (C) Hembras y, (D) peso medio por zona y sexo.

#### 5.4.4. Proporción sexual

La proporción sexual es un índice que permite cuantificar la participación de cada sexo en las capturas y en tal sentido podemos informar que no se observó variaciones temporales significativas en la proporción sexual de la captura, a excepción de la estimación del mes de mayo en Cochamó con una participación de hembras sobre el 80% (**Fig. 25**). Obsérvese, que mayo es el mes de inicio de la temporada de pesca y en consecuencia, del muestreo intensivo del desembarque, momento en el cual se pudo entrenar al personal técnico dispuesto en terreno.

No obstante, si existen diferencias espaciales en la estimación de la proporción sexual de la captura, observándose una mayor presencia de machos en la captura de Calbuco y Puerto Montt con un 53% y 56%, respectivamente; mientras que en Cochamó se registró una mayor presencia de hembras en las capturas, con una proporción en torno al 56% (**Tablas 7 a 9**). Finalmente, para el área de estudio, se registró una proporción mayor de hembras (55%), esto debido a la gran importancia de la zona de Cochamó en el estimado final (**Tabla 4**).

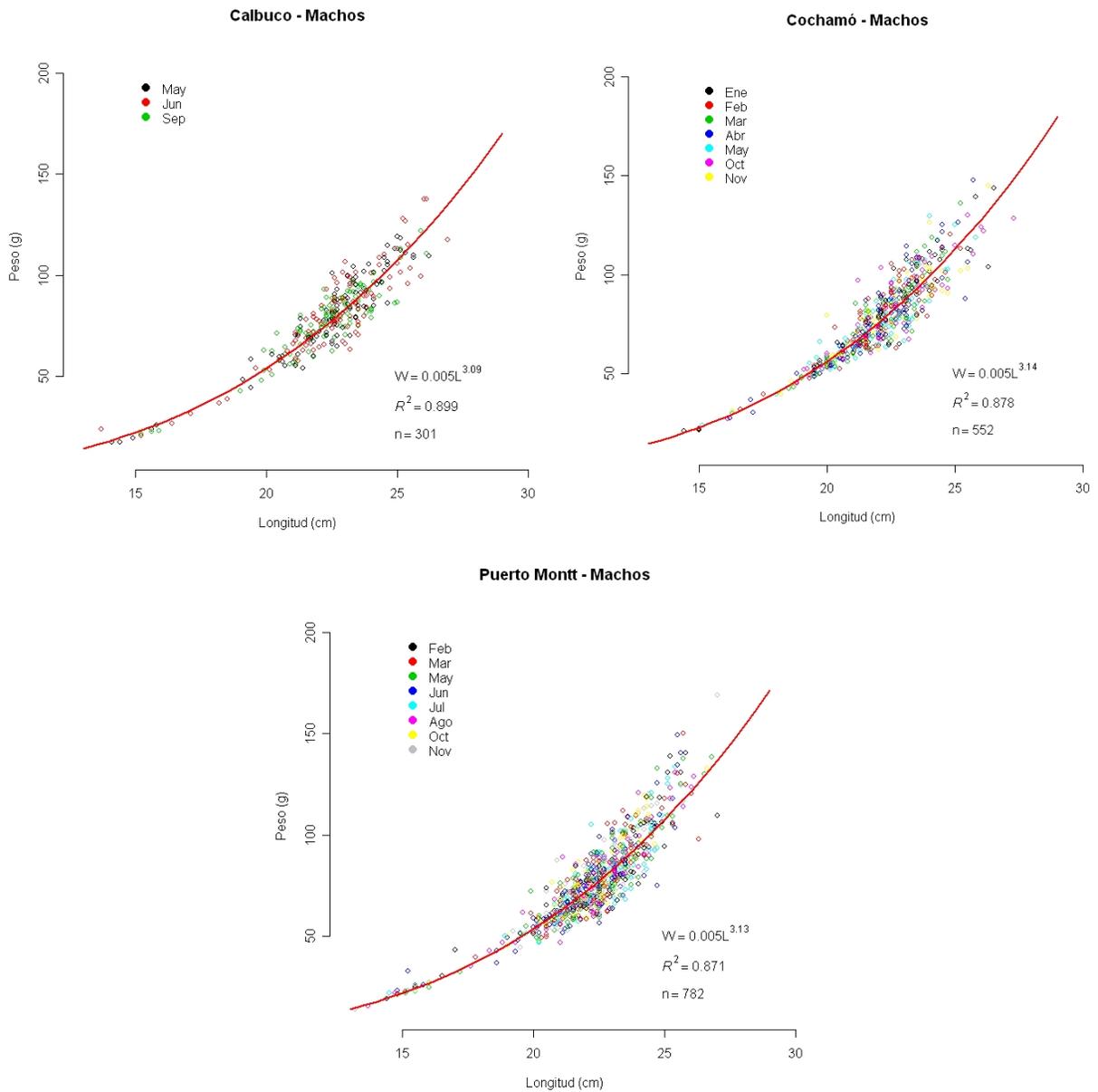


**Figura 25.** Estimación e intervalo de confianza, proporción sexual, según mes y zona procedencia del desembarque. Pejerrey de mar (*O. regia*), X Región de Chile.

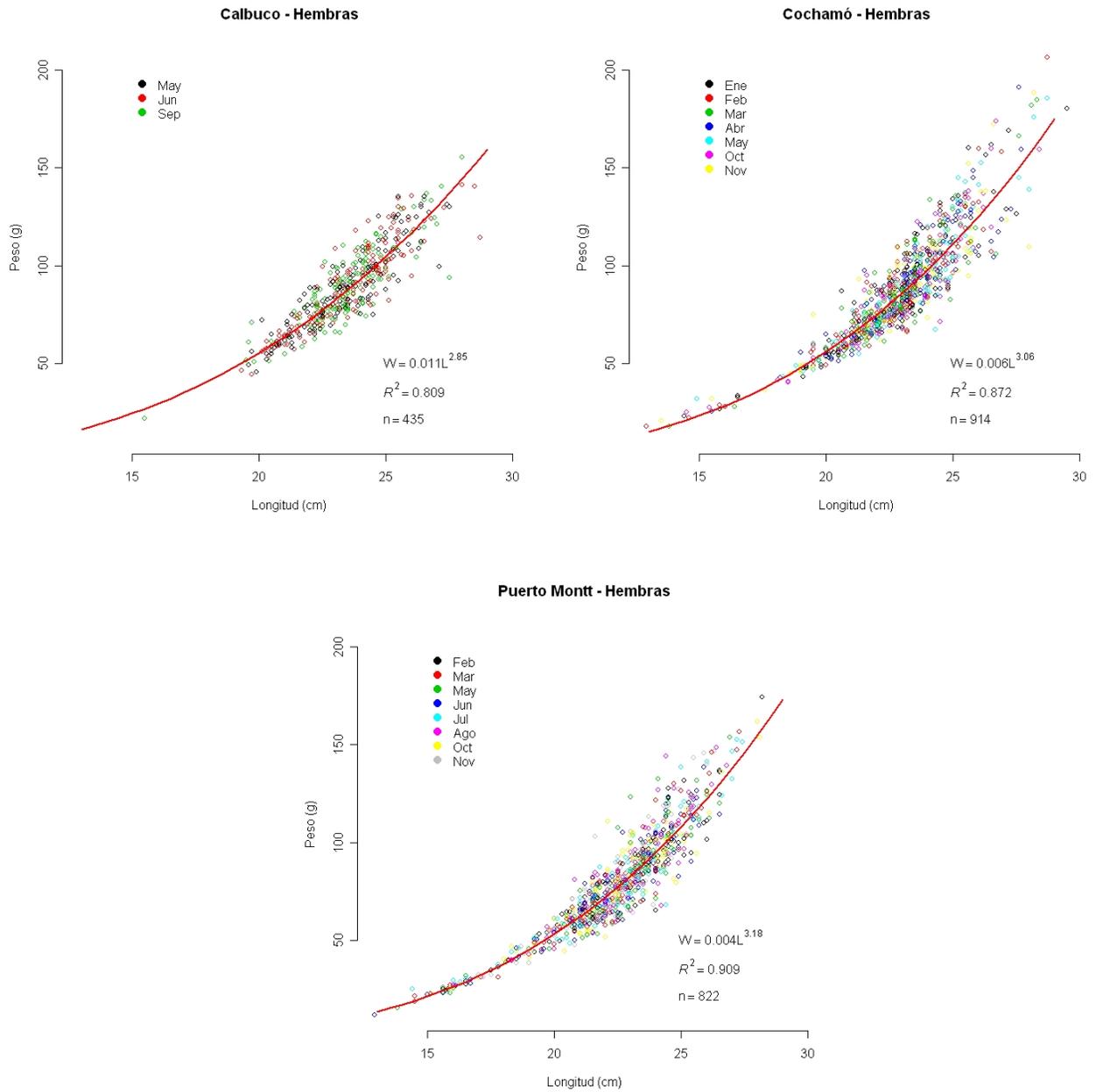
#### 5.4.5. Relación longitud peso

En ambos sexos y en las tres zonas, en general podemos señalar que los ajustes obtenidos en la relación longitud-peso explican adecuadamente gran parte de la variabilidad total, con porcentajes explicados por el modelo entorno al 88% para machos y hembras, sólo la zona de Calbuco registró un porcentaje menor de explicación con un 80% (**Figs. 26 y 27**). Los meses monitoreados difieren por zona, siendo Calbuco la procedencia con menos muestreos (mayo-junio-septiembre), mientras que Cochamó y Puerto Montt poseen información para casi todo el año.

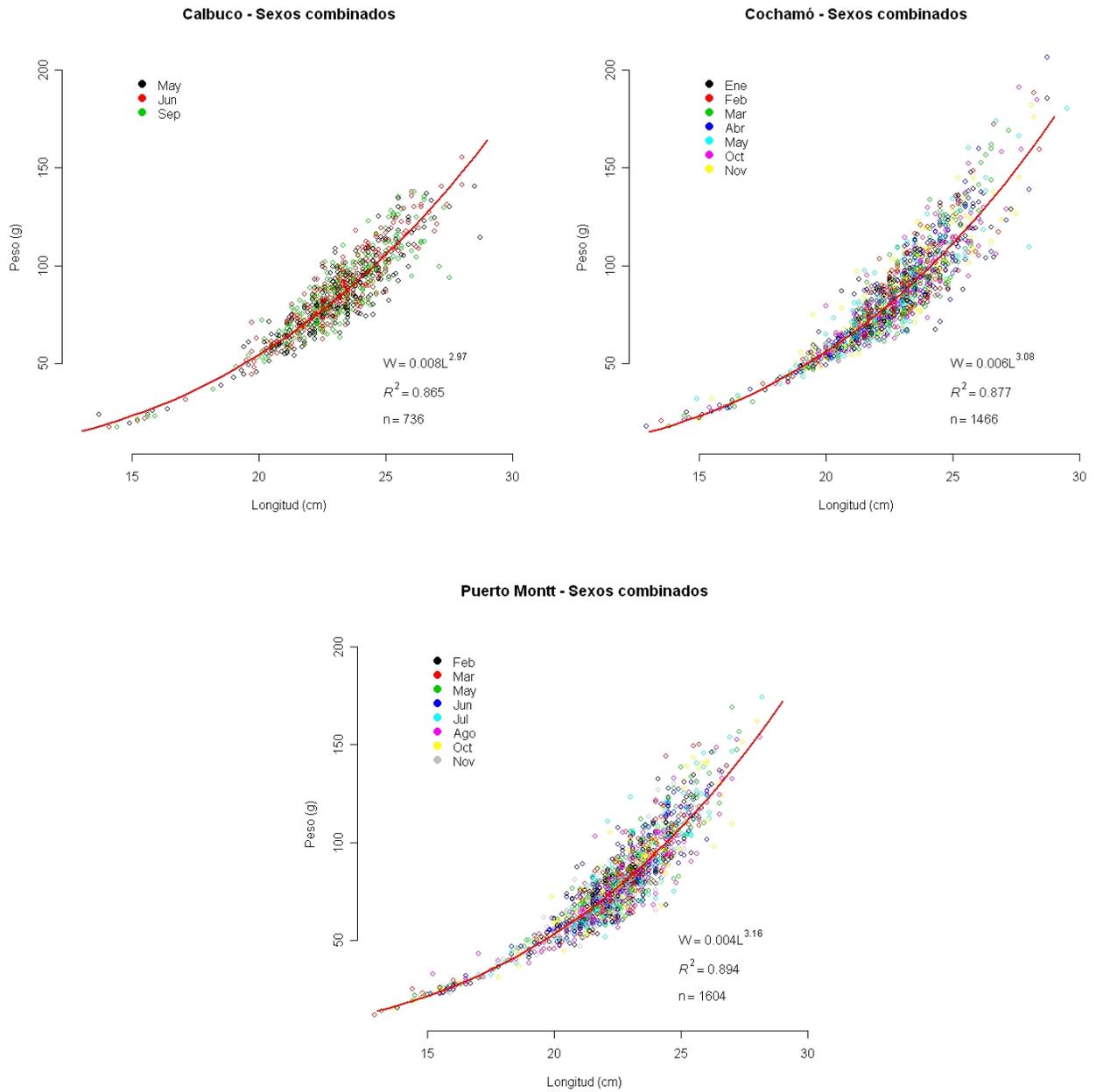
Para las relaciones longitud peso sin diferenciación sexual, la variabilidad explicada por el modelo alcanza el 87% en Calbuco y Cochamó y un 89% en Puerto Montt, en una primera aproximación no pareciesen diferir las relaciones longitud-peso de machos y hembras (**Tablas 6 a 9 y Figs. 26 a 28**).



**Figura 26.** Relaciones longitudud-peso, pejerrey de mar (*O. regia*) machos, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt.



**Figura 27.** Relaciones longitud-peso, pejerrey de mar (*O. regia*) hembras, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt.



**Figura 28.** Relaciones longitud-peso, pejerrey de mar (*O. regia*) sexos combinados, para los puertos de desembarque de Calbuco, Cochamó y Puerto Montt.

**5.5. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la función y los parámetros de crecimiento individual, así como la tasa instantánea de mortalidad natural y a la talla crítica (Objetivo específico 5).**

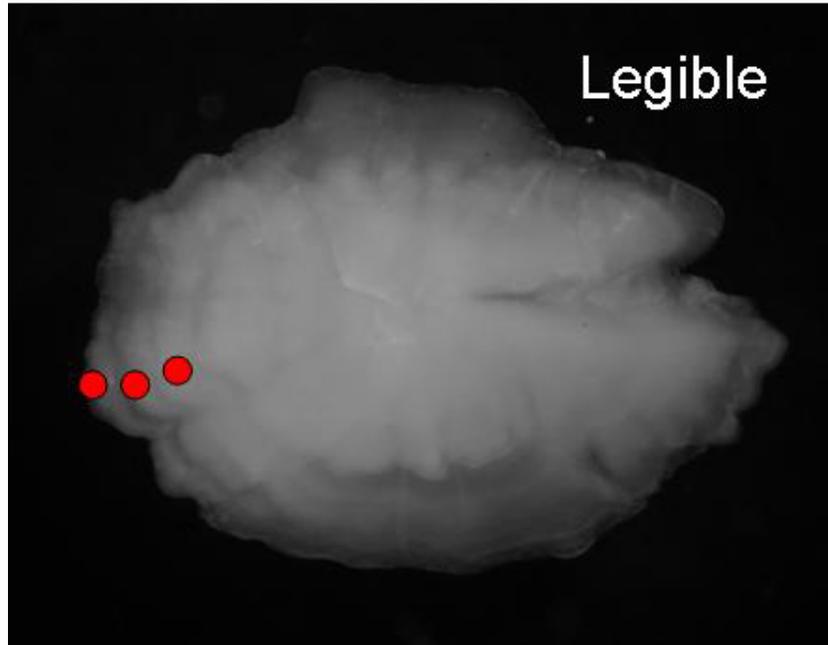
**5.5.1. Rango de edad y talla a la edad “0+”**

Como se indicó de forma previa, se observó la existencia de una marcada opacidad del otolito y carencia de bandas hialinas visibles. Un análisis exploratorio inicial en 277 muestras al inicio de los muestreos pilotos, mostró que sólo el 27,23% de los otolitos sagitales tuvieron un patrón de depósito de bandas estacionales que pudieron ser distinguidas (**Fig. 29**).

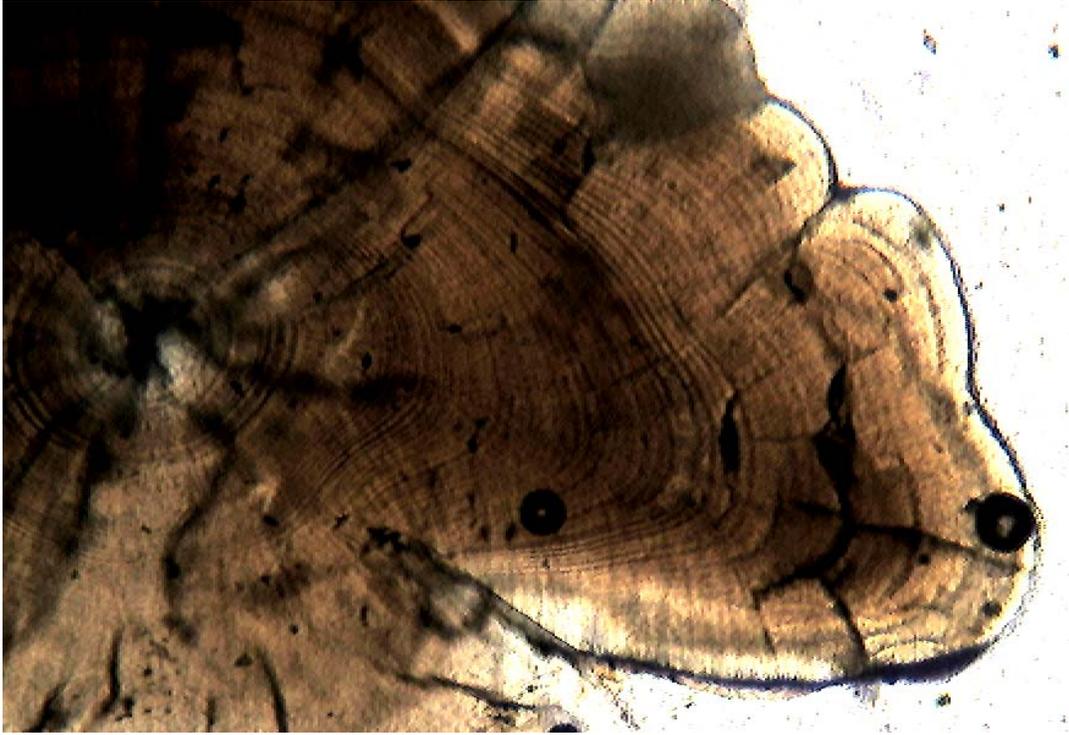
Para verificar la estructura de edad de los juveniles, se prepararon otolitos sagitales de 75 individuos recolectados el 15 de febrero del 2007. Todos estos juveniles tuvieron otolitos completamente opacos (**Fig. 30**). Los otolitos sagitales fueron montados en resina epóxica y pulidos por ambos lados hasta revelar el primordium. La estadística descriptiva de estos juveniles se ilustra en la **Tabla 11** y su estructura de talla y edad en la **Fig. 31**. Se demostró que individuos nacidos los primeros días de octubre alcanzaron un máximo de 8,6 mm después de 110 días.

En forma paralela se estudió la micro-estructura en 10 juveniles recolectados en julio del 2007 (LT promedio =12,3 cm; **Fig. 32**). Todos estos juveniles mostraron una zona hialina incipiente. En estos otolitos, los micro-incrementos pudieron ser contados desde el primordium hasta el inicio de la zona hialina, a partir de la cual se volvieron indistinguibles bajo microscopía óptica. Por consiguiente, se contaron los anillos desde el primordio hasta los últimos incrementos visibles, y se obtuvo un estimado relativo de la edad diaria a la cual se forma esta primera zona hialina. La media a la formación de la primera zona fue  $230 \pm 20$  días, aproximadamente 8 meses. Estos resultados evidenciaron que el primer anillo opaco en vez del hialino debe considerarse como ánulo, de manera que se les asignó la categoría de 1+, 2+ y 3+ a los individuos que mostraron 1, 2 y 3 anillos opacos, respectivamente.

Calidad	N	%
Legible	70	27,2
Ilegible	150	58,4
Patrón amorfo	37	14,4
<b>Total</b>	<b>257</b>	



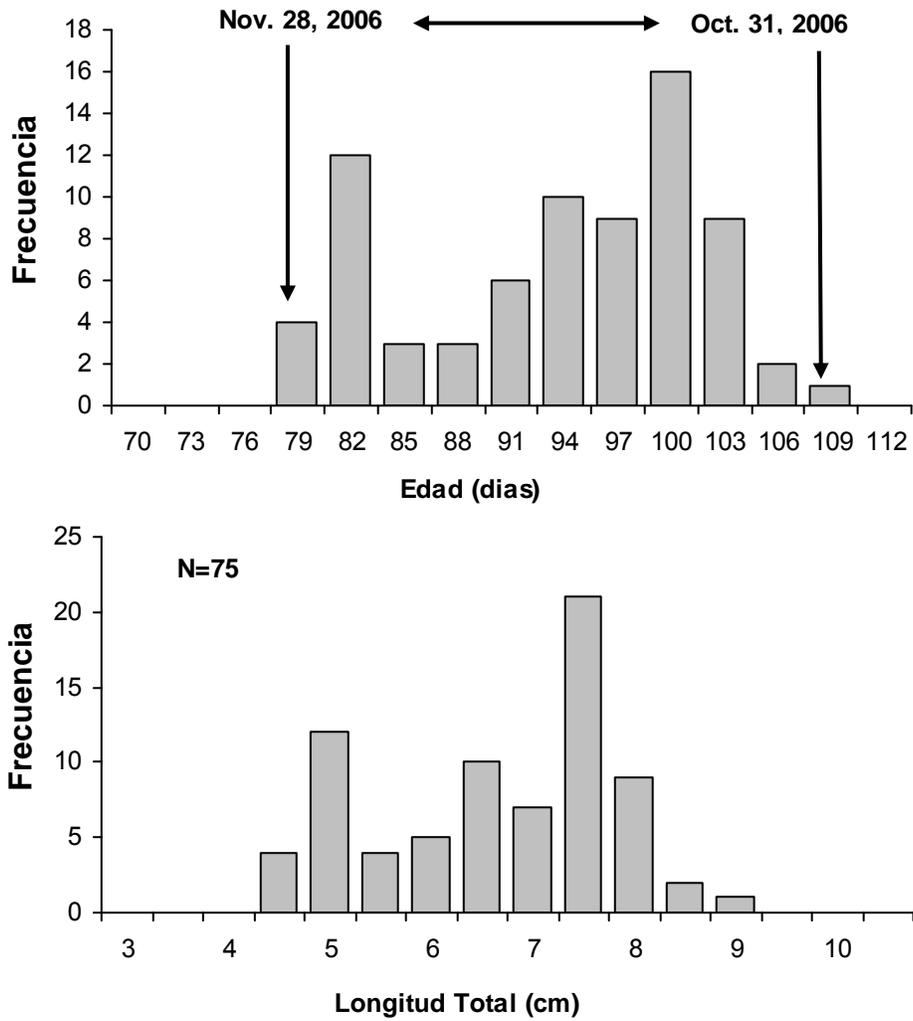
**Figura 29.** Tabla ilustrativa de la resolución presentada por los otolitos sagitales de *O. regia*, recolectados en los muestreos pilotos de octubre del 2006. La fotografía ilustra una muestra presumiblemente 3+ que presentó la mejor resolución encontrada.



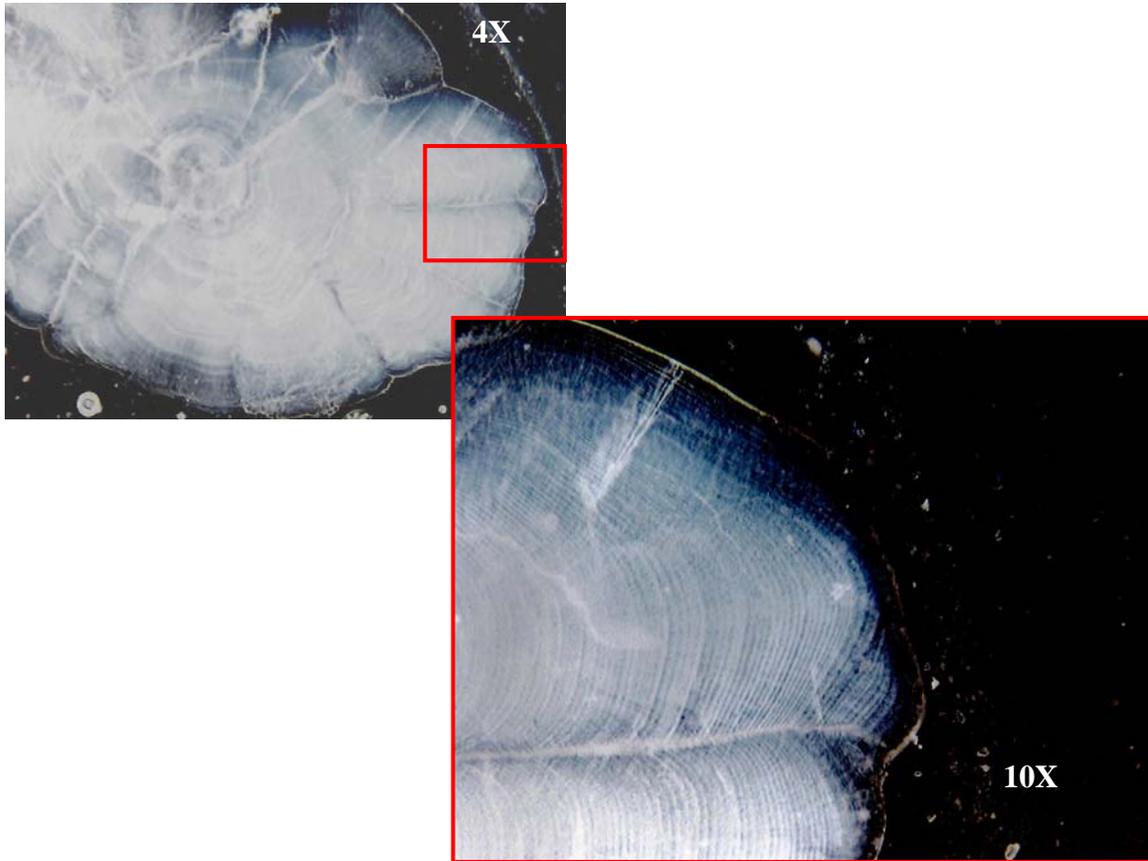
**Figura 30.** Fotografía ilustrativa de un otolito sagital de un ejemplar juvenil de *O. regia* de 7,5 cm de longitud total colectados el 15 de febrero de 2007 en la X región.

**Tabla 11.** Estadística descriptiva de juveniles *Odontesthes regia* recolectados el 15 de febrero del 2007 en Puerto Montt. DE= desviación estándar; Min= Mínimo; max= Máximo.

Estadístico	Longitud Total	Edad (días)	Fecha de eclosión
Media	6,4	92	15-nov-2006
DE	1,2	8	
Min	4,5	79	31-oct-2006
Max	8,6	107	28-nov-2006



**Figura 31.** Distribución de frecuencia de longitud y edad diaria de 75 juveniles recolectados el 15 de febrero de 2007 en la X Región. Las flechas indican fechas eclosión en sus respectivos extremos.



**Figura 32.** Otolito sagital de *O. regia* correspondiente a un juvenil de 12 cm de longitud total, recolectado el 24 de julio del 2007.

### 5.5.2. Crecimiento y mortalidad

La curva de crecimiento de von Bertalanffy fue ajustada en una muestra de 510 otolitos legibles, distribuidos en cuatro grupos de edades. La evidente variabilidad de la longitud a la edad no permite obtener estimaciones confiables si se ajustan modelos curvilíneos solamente con sólo tres grupos de edades. Por lo tanto, para incorporar el grupo “0+” al análisis se reasignaron los valores de edad como sigue: “0+”=1; “1+”=2; “2+”=3” y “3+”=4. De esta manera, se obtienen estimaciones confiables de “K” y “L<sub>∞</sub>” aunque “t<sub>0</sub>” sea arbitrario.

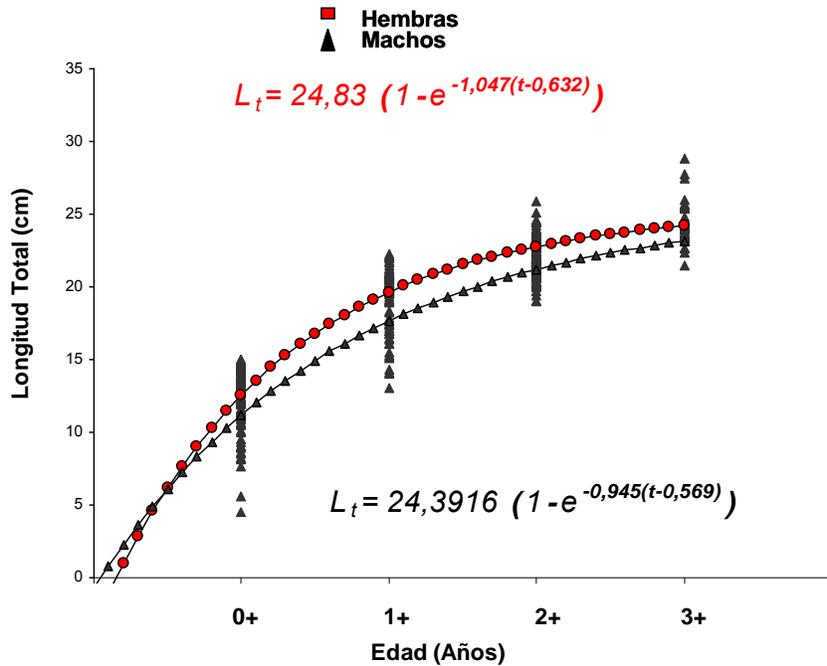
El ajuste y comparación entre sexos de los parámetros del modelo von Bertalanffy fue efectuado usando el comando CONTRAST del software SAS Inc. (**Tabla 12; Fig. 33**). No se encontraron diferencias significativas ni en la longitud asintótica ni en el coeficiente “K” entre

sexos para la especie en la zona de estudio. Con los valores de los parámetros obtenidos, se estimó la tasa de mortalidad natural utilizando la ecuación empírica de Pauly (1980) como sigue:

**Tabla 12.** Parámetros estimados, modelo de crecimiento von Bertalanffy. El ajuste y comparación de los parámetros “ $L_{\infty}$ ” y “ $K$ ” fueron efectuados usando el módulo CONTRAST del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad.

Sexo	Parámetro	Estimado	SE	GL	Valor-t	Pr >  t	Inf	Sup
Hembras	$L_{\infty}$	24,829	0,596	510	41,690	<,0001	23,659	25,999
	$t_0$	0,632	0,028	510	22,400	<,0001	0,577	0,688
	k	1,047	0,131	510	7,970	<,0001	0,789	1,305
Machos	$L_{\infty}$	24,393	0,640	510	38,110	<,0001	23,135	25,650
	$t_0$	0,569	0,030	510	19,140	<,0001	0,511	0,628
	k	0,945	0,099	510	9,500	<,0001	0,750	1,140

Contraste	GL	GL	Valor	Pr > F
	Num	Den		
$K_m$ vs $K_h$	1	510	0,38	0,5355
$L_{\infty m}$ vs $L_{\infty h}$	1	510	0,25	0,6183



**Figura 33.** Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy a la relación longitud total a la captura vs edad observada de *O. regia* en la X Región, estimada mediante lectura de ámulos en otolitos sagitales.

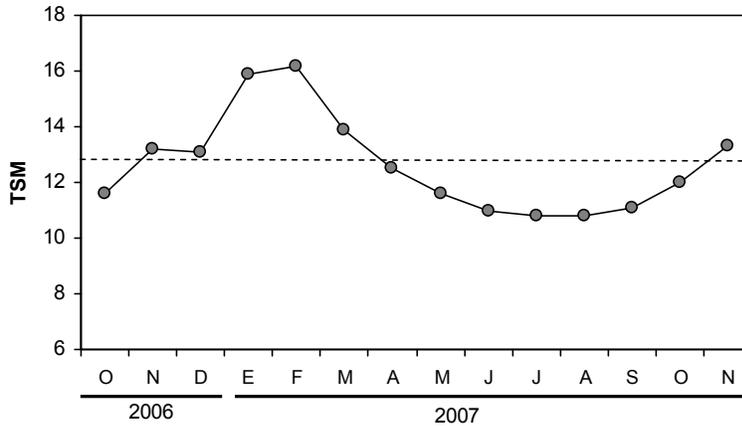
$$\text{Pauly (1980): } \log_{10} = -0,00066 - 0,279 \log_{10} L_{\infty\gamma} + 0,6543 \log_{10} \kappa_{\gamma} + 0,4634 \log_{10} T$$

donde  $L_{\infty\gamma} \text{ Hembras} = 24,829$ ;  $L_{\infty\gamma} \text{ machos} = 24,393$

$K_{\infty\gamma} \text{ Hembras} = 1,047$ ;  $K_{\infty\gamma} \text{ Machos} = 0,945$

$T = 12,6428$  (temperatura superficial del mar promedio durante el periodo de estudio;

**Fig. 34).**

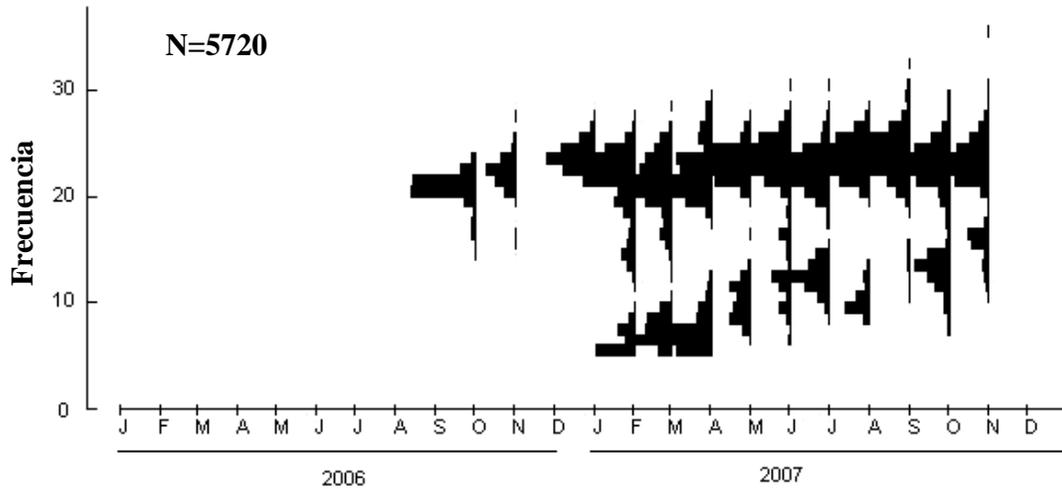


**Figura 34.** Temperatura superficial media mensual en la estación Puerto Montt. La línea segmentada denota la temperatura media para el periodo (12,64 °C). FUENTE: www. SHOA.cl.

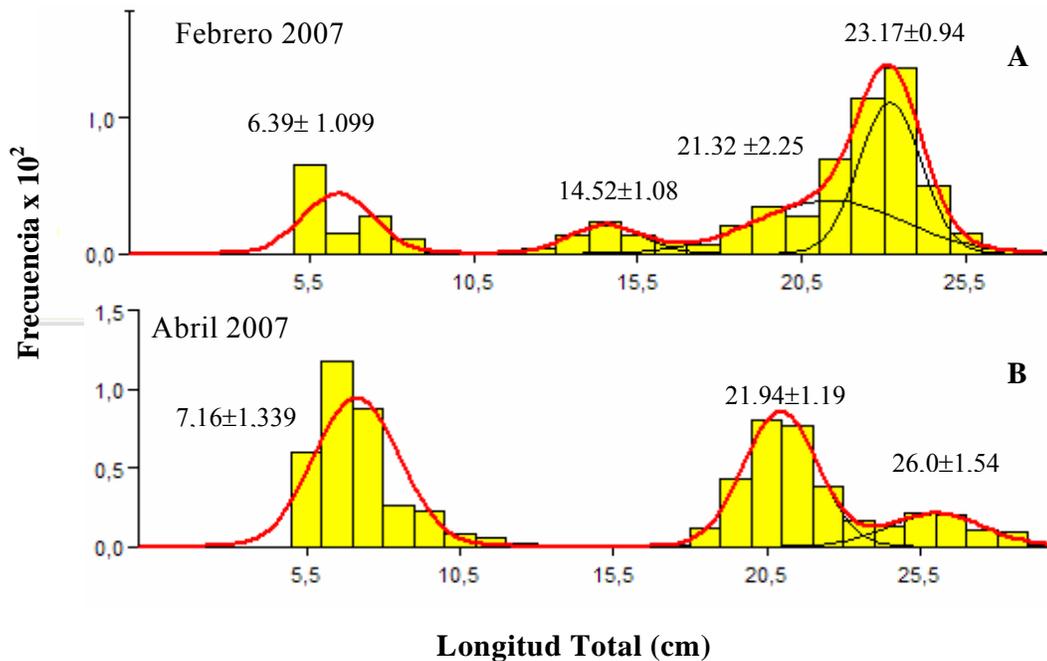
Se obtuvieron estimados de mortalidad natural de **1,34** y **1,26** para machos y hembras, respectivamente. Debemos subrayar que debido a las dificultades asociadas a la pesca de investigación se descartó el método de Hoening (1983).

### 5.5.3. Análisis de progresión modal

Un análisis global de la estructura de talla en 5.720 individuos proveniente del muestreo biológico ilustrado en la **Fig. 35**, evidenció la existencia de dos grupos modales dominantes, uno compuesto por individuos adultos sobre los 20 cm de longitud y la fracción presumiblemente juvenil compuesta por individuos mayoritariamente inferiores a 15 cm de LT. La cohorte juvenil mostró un crecimiento gradual en los meses de otoño y una reducción del crecimiento en invierno. Para identificar potenciales cohortes anuales se efectuó un análisis de progresión modal utilizando el modulo NORMSEP (Hasselblad 1996) del programa FISAT II (Gayanillo & Pauly, 1997), durante los meses de Febrero y Abril del 2007, los que aparecieron polimodales en los análisis preliminares. Los resultados evidenciaron la existencia de 4 grupos modales, 0+, 1+, 2+ y 3+. (**Fig. 36**).



**Figura 35.** Histogramas ilustrando la variación estacional en la distribución de frecuencia de longitud total de *O. regia*, recolectados en los muestreos biológicos desde octubre del 2006 a noviembre del 2007.



**Figura 36.** Histogramas derivados del análisis de progresión modal utilizando el módulo NORMSEP del programa FISAT II, en meses en que las distribuciones aparecieron polimodales. Las medias y desviaciones estándares se entregan sobre cada moda.

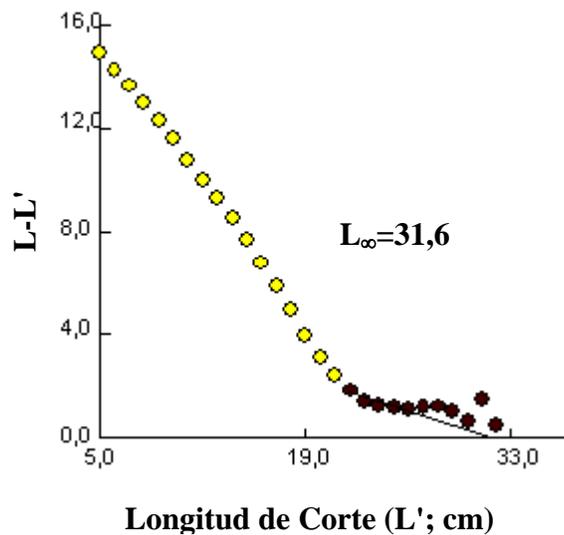
Debido a la inexistencia de diferencias significativas en los parámetros de crecimiento derivados de la curva de crecimiento, se construyó una clave talla-edad combinada. Las tallas medias estimadas a través del módulo NORMSEP para los grupos de edades mayores (i.e., 2+ y 3+) en que se espera estabilización del crecimiento, mostraron consistencia aceptable con las medias estimadas a partir de la lectura de otolitos (**Tabla 13**).

**Tabla 13.** Clave talla edad para *Odontesthes regia* por clase de edad, derivado de lecturas superficiales de otolitos sagitales. El valor en LT corresponde al punto medio en el intervalo.

LT	0+	1+	2+	3+
5	0	0	0	0
6	2	0	0	0
7	0	0	0	0
8	2	0	0	0
9	18	0	0	0
10	6	0	0	0
11	16	0	0	0
12	42	0	0	0
13	45	1	0	0
14	71	1	0	0
15	56	2	0	0
16	0	5	0	0
17	0	7	0	0
18	0	5	0	0
19	0	4	1	0
20	0	15	2	0
21	0	28	17	0
22	0	7	49	0
23	0	4	34	3
24	0	0	22	16
25	0	0	6	12
26	0	0	2	6
27	0	0	0	0
28	0	0	0	2
29	0	0	0	1
30	0	0	0	0
Media	12,54	19,26	22,19	24,34
DE	1,86	2,25	1,17	1,37
n	337	212	173	40

Debido a la gran variabilidad observada en la edad observada a la longitud de captura, se obtuvo un estimado alternativo del  $L_{\infty}$  utilizando el método de Wetherall (1986) usando el

programa FISAT II, asumiendo el supuesto de población en equilibrio. Este método usa una curva de captura supuesta, para identificar el grupo completamente reclutado a la pesquería (Gayanillo & Pauly 1997). El análisis fue llevado a cabo combinando toda la información del muestreo biológico, dado que el sexo de los juveniles menores de un año y pre-reclutas cercanos a la talla media de madurez no pudo ser distinguido. Cabe destacar que el diseño de muestreo y la consistencia en el arte de pesca en el muestreo biológico permitieron asumir el supuesto de aleatoriedad. El análisis estimó una longitud Asintótica de 31,6 mm de longitud total (Fig. 37).



**Figura 37.** Ilustración del método de Wetherall (1986) para la estimación de la longitud asintótica.

#### 5.5.4. Crecimiento de los juveniles

Durante el periodo de estudio se recolectó un total de 1.495 juveniles clasificados macroscópicamente como indeterminados y menores de 15 cm. Esta separación fue efectuada en función de la talla media de madurez (**ver resultados en sección 5.7**). Del total de individuos, el 88% fue asociado a Puerto Montt (como puerto de recalada), específicamente con la zona de pesca cercana Tenglo (**Tabla 14**). Las estadísticas de longitud total y peso total se muestran en las **Tablas 15 y 16**, respectivamente. Se destaca que a estos individuos de tamaño pequeño, sólo se les pudo medir en forma consistente estas dos variables.

La variación mensual de tallas y pesos medios mostró un patrón similar, evidenciando un crecimiento gradual en los meses de verano y otoño y una marcada reducción durante el invierno y primavera. Cabe destacar la presencia de dos grupos modales en febrero marzo y junio (**Figs. 38 y 40**). El análisis descriptivo confirmó lo reportado por el análisis de los micro-incrementos, que en promedio los juveniles al mediar el invierno alcanzan una talla promedio de 12 cm LT.

Los rangos máximos sugieren que en los meses de septiembre y octubre una fracción de los juveniles han alcanzado ya la talla media de madurez (15 cm LT). Para obtener un estimado promedio de la tasa de crecimiento diaria, se ajustó el modelo Gompertz asignando edad 1 al día primero de enero del 2007. El número de días transcurridos hasta la fecha de colecta se consideró un estimado de la edad media, y por consiguiente fue ingresada como variable explicatoria (día del año: DA). Cuando se ajusta el modelo sobre el grupo principal, se predice una tasa de crecimiento media de 0,05 cm/día (i.e., 0,05 mm/día) y longitudes asintóticas para el periodo de 13,7 cm de longitud total (**Fig. 38, Tabla 17**).

**Tabla 14.** Estadísticas generales sobre la ocurrencia de juveniles de *Odontesthes regia* en función por puerto de recalada y zona de pesca en la X región.

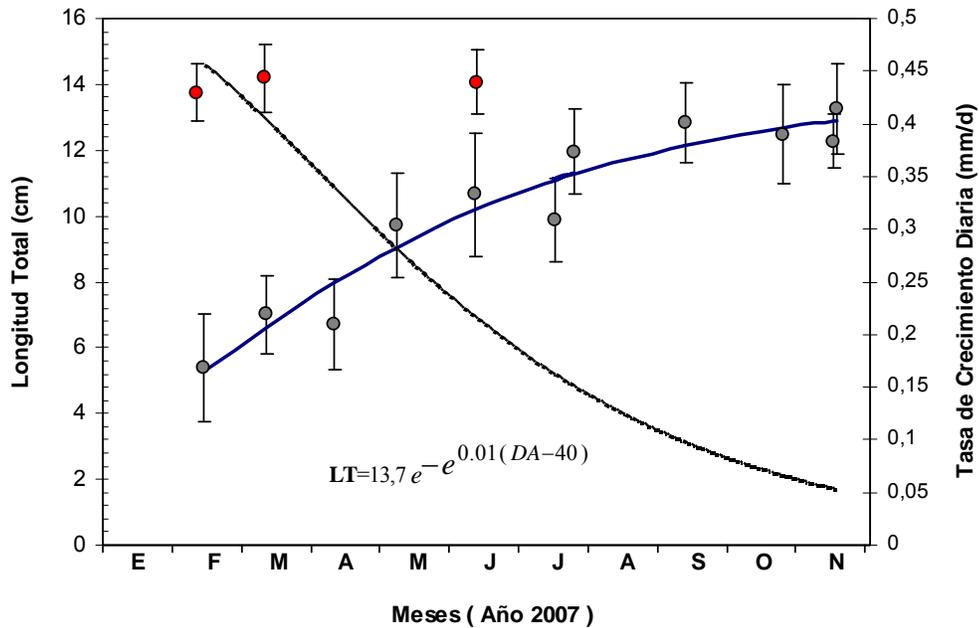
Puerto	Zona	Media	±	std	Rango	N	%
Calbuco	Calbuco	13,190	±	1,276	10 - 15	21	1,4
Cochamó	Cochamó	13,827	±	0,907	11 - 15	56	3,7
	Ralún	10,653	±	1,866	6 - 15	100	6,7
Puerto. Montt	Mailen	12,275	±	0,842	12 - 13	4	0,3
	Tenglo	9,009	±	2,940	3 - 15	1314	87,9

**Tabla 15.** Estadísticas generales sobre la longitud total de juveniles de *Odontesthes regia* recolectados en la X Región.

Fecha	N	Media	DE	Min	Max	CV
12-feb-2007	47	13,755	0,877	11	15	6,375
15-feb-2007	121	5,403	1,630	3	9	30,168
13-mar-2007	9	14,199	1,026	12	15	7,226
14-mar-2007	187	7,005	1,194	5	10	17,048
12-abr-2007	330	6,711	1,363	4	12	20,313
9-may-2007	159	9,694	1,584	6	13	16,342
12-jun-2007	100	10,653	1,866	6	15	17,513
13-jun-2007	6	14,067	0,993	12	15	7,061
25-jul-2007	200	11,955	1,282	9	15	10,720
17-jul-2007	100	9,883	1,284	8	13	12,992
11-sep-2007	15	12,840	1,230	10	15	9,578
23-oct-2007	178	12,483	1,488	7	15	11,919
14-nov-2007	4	12,275	0,842	12	13	6,860
16-nov-2007	39	13,259	1,365	10	15	10,294
Total	1496	9,370	3,015	3	15	32,175

**Tabla 16.** Estadísticas generales sobre el peso total de juveniles de *Odontesthes regia* recolectados en la X Región

Fecha	N	Media	DE	Min	Max	CV
12-feb-2007	47	19,890	3,943	10,470	32,020	19,825
15-feb-2007	121	1,372	1,101	0,100	4,240	80,293
13-mar-2007	9	19,222	4,329	10,380	22,390	22,521
14-mar-2007	186	2,313	1,222	0,670	6,450	52,840
12-abr-2007	329	2,185	1,650	0,146	10,810	75,533
9-may-2007	159	6,078	2,939	1,480	13,500	48,350
12-jun-2007	100	8,255	3,983	1,190	19,330	48,245
13-jun-2007	6	19,108	5,621	10,280	26,260	29,419
25-jul-2007	200	10,433	2,959	4,000	18,390	28,367
17-jul-2007	100	5,427	2,389	2,510	12,720	44,017
11-sep-2007	15	11,927	3,016	5,240	16,180	25,290
23-oct-2007	178	13,141	4,511	2,400	22,930	34,330
14-nov-2007	4	11,350	2,102	8,480	13,250	18,520
16-nov-2007	39	14,992	5,047	6,230	25,000	33,663
Total	1493	6,769	5,808	0,1	32,02	85,799



**Figura 38.** Variación estacional en la talla media de juveniles de *O. regia* recolectados en la X región. La línea azul representa el ajuste de un modelo Laird-Gompertz, donde fueron excluidos los grupos modales en rojo. La línea negra representa el ajuste derivado del modelo para la tasa de crecimiento diario.

**Tabla 17.** Parámetros estimados, modelo de crecimiento Laird-Gompertz, juveniles de *Odontesthes regia* recolectados en la X región. El ajuste de los parámetros fue efectuado usando el módulo NLMIXED del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad.

Parámetro	Estimado	SE	GL	Valor t	Pr >  t	a	Inf	Sup
$L_{\infty}$	13,706	0,889	22	15,42	<0,0001	0,05	11,862	15,550
$X_0$	39,999	10,902	22	3,93	0,0007	0,05	18,866	61,324
$b_1$	0,010	0,003	22	4,00	0,0006	0,05	0,005	0,015

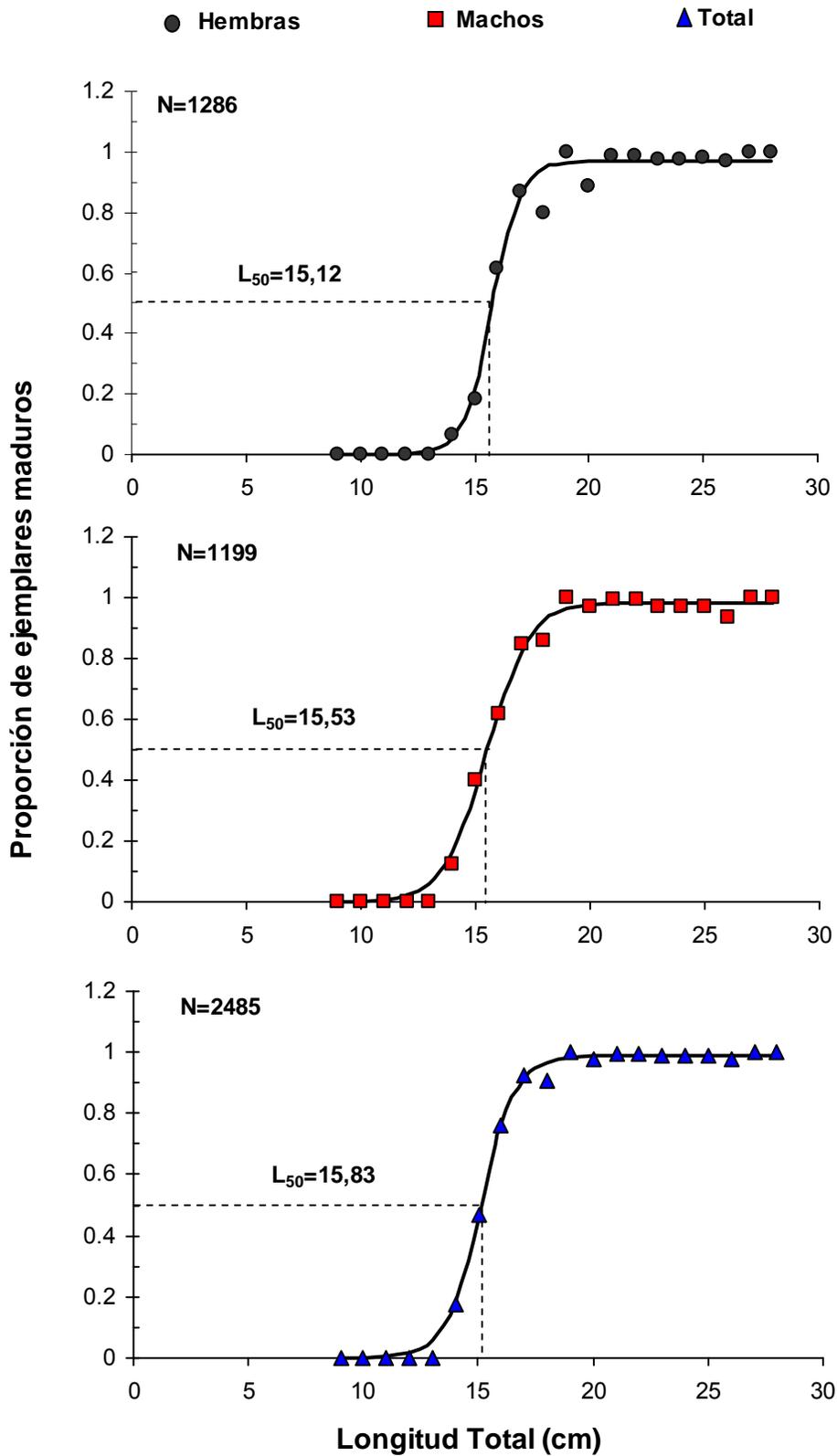
**5.6. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar la longitud y edad media de madurez sexual y la fecundidad parcial y total a la talla (Objetivo específico 6).**

**5.6.1. Talla y edad media de madurez sexual (TMM)**

Un estimado de la talla media de madurez gonadal, definida como la longitud media a la cual el 50% de los individuos presentaron signos de madurez pudo ser obtenida utilizando la clasificación del monitoreo de los estados microscópicos de madurez del ovario, y considerando los individuos indeterminados en el análisis. Para reducir las posibilidades de clasificación errónea de éstos últimos, sólo se consideraron los meses de agosto a noviembre (meses de máxima actividad reproductiva) en el cálculo de la talla media de madurez. El modelo logístico ajustado a las proporciones de hembras maduras entregó estimados de 15,83 cm; 15,53 y 15,12 cm para hembras, machos y por sexos combinados, respectivamente. Los intervalos de confianza superiores estuvieron por debajo de los 16 centímetros. Al no contar con información histológica para todas las hembras no pudo obtenerse un estimado de talla de primera madurez sexual, (**Tabla 18 y Fig. 39.**).

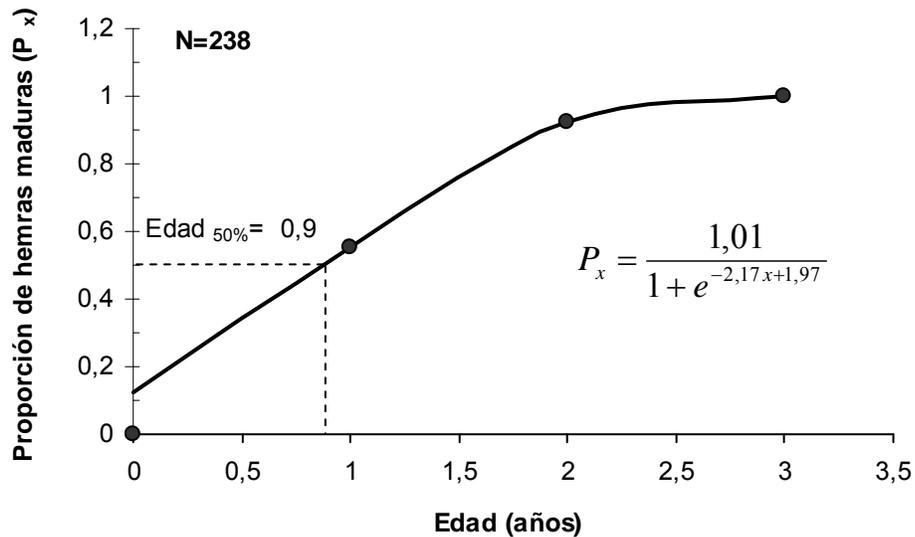
**Tabla 18.** Resumen del modelo logístico, proporción de individuos maduros de *Odontesthes regia* en la X Región. El ajuste de los parámetros “L<sub>50</sub>” y “b (pendiente)” fue efectuado usando el módulo NLMIXED del software estadístico SAS Inc. SE= error estándar del estimado, Inf y Sup denotan los intervalos de confianza. GL= grados de libertad.

Grupo	Parámetro	Estimado	SE	GL	Valor t	Pr >  t	Inf	Sup
Global	L <sub>50</sub>	15,121	0,080	51	188,7	<0,0001	14,960	15,282
	b	-1,278	0,134	51	-9,55	<0,0002	-1,547	-1,010
Hembras	L <sub>50h</sub>	15,827	0,076	51	209,01	<0,0003	15,675	15,979
	b	-1,413	0,170	51	-8,33	<0,0004	-1,754	-1,073
Machos	L <sub>50m</sub>	15,530	0,089	51	174,35	<0,0005	15,351	15,709
	b	-1,038	0,095	51	-10,98	<0,0006	-1,227	-0,848



**Figura 39.** Talla media de madurez sexual para ejemplares de *Odontesthes regia*, recolectados en la X Región. Los modelos e intervalos de confianza se muestran en la Tabla 18.

La estructura de edad de la población estuvo restringida sólo a tres clases anuales (**ver resultados de la sección 5.5**). Lo importante es rescatar en este caso si la mayoría de la población madura al primer año de vida. De la clave talla edad construida se constató que el (80%) de los individuos datados como 1+ estuvieron sobre la talla media de la población. Por el contrario, sólo el 40% de los individuos datados como 0+ estuvieron sobre esta talla. Por consiguiente se deduce, que la mayoría de la población madura alrededor del primer año de vida. Una evaluación aproximada para estimar la edad media al 50% se puede obtener ajustando un modelo logístico a una submuestra de hembras e individuos indeterminados clasificados macroscópicamente y datados según los procedimientos descritos en la **sección 5.5**. El modelo estimó la edad media de madurez a los 9 meses de vida (**Fig. 40**). La talla crítica para hembras fluctúa entre 18,24 y 18,32 cm y en machos, entre 18,60 y 19,07 cm.

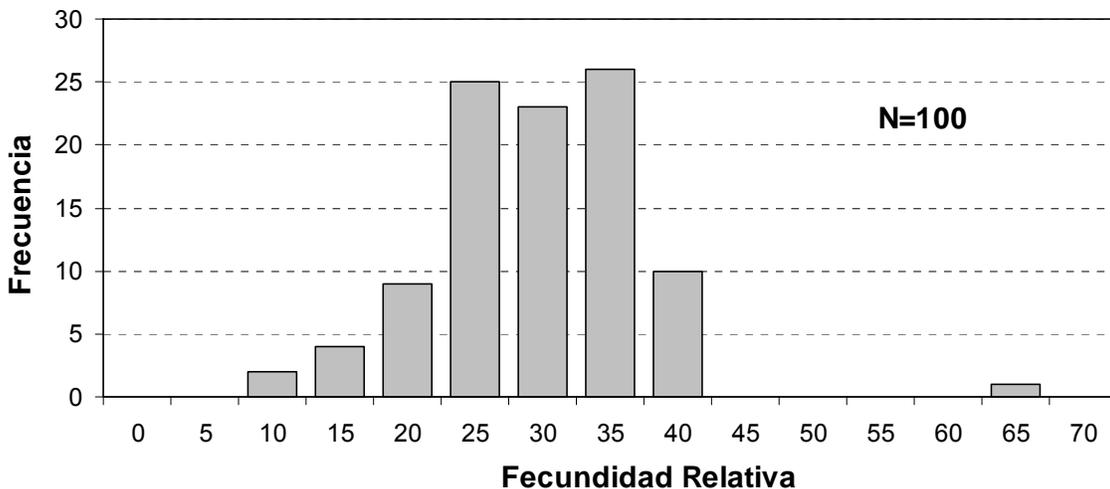


**Figura 40.** Edad media de madurez sexual para hembras de *Odontesthes regia* recolectados en la X Región.

### 5.6.2. Fecundidad

La información derivada de la distribución de frecuencia de tamaño de los ovocitos, índices de madurez e histología del parénquima ovárico demostró que *O. regia* es un desovador parcial. Aunque existió un hiatus entre el cluster de ovocitos previtelogénicos y los vitelados avanzados en ovarios maduros (indicador de desove sincrónico por grupo), su inexistencia como grupo distintivo en ovocitos hidratado no ocurrió, en estos ovarios ocurrieron más bien ovocitos vitelados pero de menor diámetro. Ante este escenario, la mejor alternativa para la estimación de la fecundidad parcial fue mediante el empleo de ovocitos hidratados.

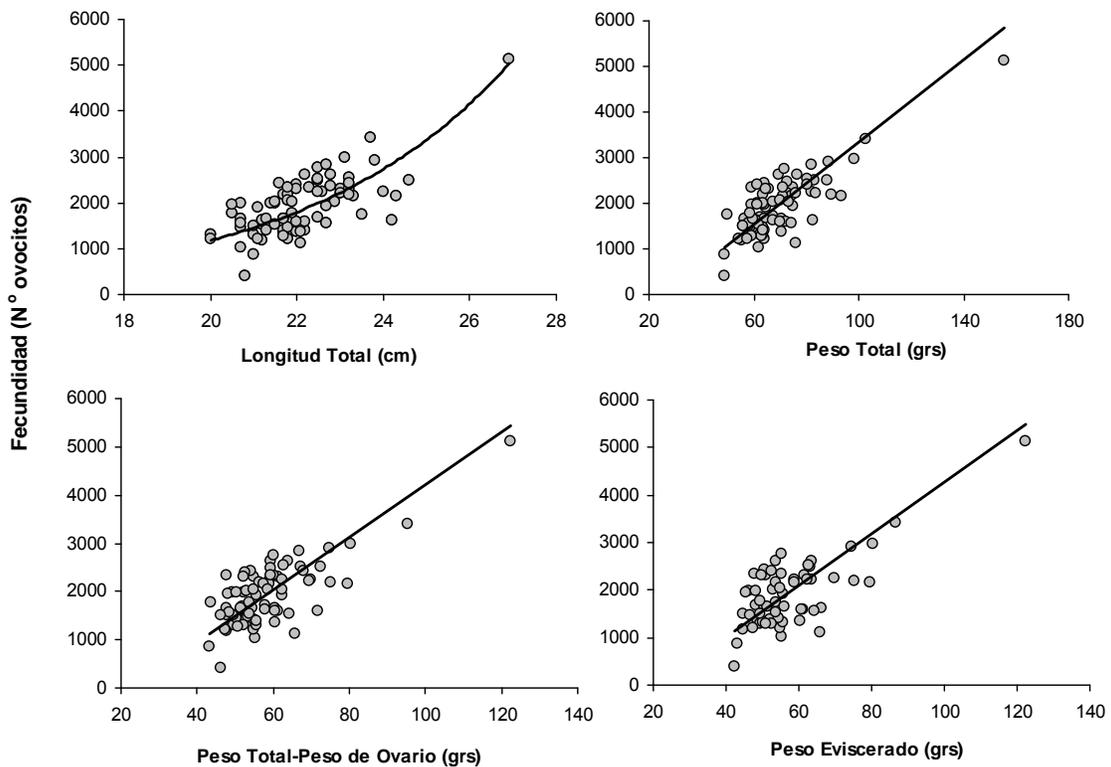
La fecundidad parcial de *O. regia*, estudiada en una muestra de 100 hembras hidratadas, fluctuó entre 1.500 a 6.000 ovocitos para ejemplares de entre 17 y 24 cm. La fecundidad relativa varió ampliamente (**Fig. 41**) con rangos entre 8-62, 9-75 y 43-122 ovocitos/g para el peso total, peso total menos el peso de la gónada y peso eviscerado, respectivamente. El diámetro medio de los ovocitos hidratados usados en la estimación de la fecundidad fue de 2 mm (rango: 1,8-2,4) (**Tabla 19**). La relación que mejor explicó la variabilidad en la fecundidad en función de la longitud fue de tipo potencial, mientras que ésta varió proporcionalmente en función del peso corporal, explicando en los tres casos más del 50% de la variabilidad de este último (**Tabla 20; Fig. 42**).



**Figura 41.** Distribución de frecuencia relativa por gramos de peso total de hembras de *Odontesthes regia*, recolectados en la X Región.

**Tabla 19.** Estadística descriptiva sobre la determinación de la fecundidad parcial en *Odontesthes regia* recolectados en la X Región. LT= longitud total; PT= peso total; PE= peso eviscerado; PTPG= Peso total-peso de la gónada; Fec= Fecundidad parcial; Fec Rel<sup>a</sup>= fecundidad relativa estimada a partir de PT; Fec Rel<sup>b</sup>= fecundidad relativa estimada a partir de PE; Fec Rel<sup>c</sup>= fecundidad relativa estimada a partir de PTPG; DV= desviación estándar; CV= coeficiente de variación.

Estadístico	LT	PT	PE	PTPG	PG	Fec	Fec Rel <sup>a</sup>	Fec Rel <sup>b</sup>	Fec Rel <sup>c</sup>
Min	20,00	48,70	42,20	43,10	2,40	402,31	8,24	9,53	8,67
Max	26,90	155,70	122,30	122,30	33,40	7318,32	61,93	75,69	68,29
Media	22,12	69,87	58,07	59,01	10,86	1984,40	27,83	33,98	33,02
DE	1,14	15,62	13,48	12,85	3,81	887,31	7,17	10,30	8,63
CV	5,17	22,35	23,22	21,77	35,09	44,71	25,77	30,30	26,13



**Figura 42.** Relación fecundidad parcial variables de dimensión corporal en hembras de *Odontesthes regia* recolectados en la X Región. Los modelos y bondad de ajuste se informan en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Resumen de los modelos ajustados para la relación fecundidad-longitud total (LT), peso total (PT), peso eviscerado (PE) y el peso total menos peso de la gónada, para ejemplares de *Odontesthes regia*, recolectados en la X Región

Ind.	Modelo	r <sup>2</sup>	Coef	Par	SE	Beta	t	P	Inf	Sup
LT	Y=a·e <sup>bX</sup>	0,40	a	2,88	0,64	0,63	4,50	0,00	1,61	4,16
			b	0,21	0,03		7,25	0,00	0,15	0,27
	Y=a·X <sup>b</sup>	0,40	a	-3,10	0,88	0,63	-3,53	0,00	-4,85	-1,35
			b	4,74	0,65		7,25	0,00	3,44	6,04
	Y=a+bX	0,39	a	-8682,72	1522,87	0,62	-5,70	0,00	-11714,53	-5650,92
			b	482,21	68,75		7,01	0,00	345,34	619,08
PT	Y=a+bX	0,62	a	-1153,08	282,05	0,79	-4,09	0,00	-1714,59	-591,57
			b	44,90	3,94		11,40	0,00	37,06	52,75
PE	Y=a+bX	0,55	a	-1127,09	369,75	0,74	-3,05	0,00	-1866,44	-387,73
			b	54,13	6,22		8,71	0,00	41,70	66,56
PTPG	Y=a+bX	0,62	a	-1231,61	290,11	0,79	-4,25	0,00	-1809,17	-654,04
			b	54,50	4,80		11,34	0,00	44,93	64,06

**5.7. Para la(s) especie(s) identificada(s) determinar el o los períodos y zonas de mayor intensidad en el proceso reproductivo. (Objetivo específico 7).**

Para cumplir con este objetivo específico se efectuaron dos muestreos pilotos, el 16 y 31 de octubre del 2006 (**Tabla 21**), con el fin de caracterizar la dinámica de la ovogénesis a nivel estereométrico e histológico, así como también, el identificar estados macroscópicos potencialmente monitoreables a través del ciclo reproductivo.

**Tabla 21.** Resumen general sobre variables medidas en hembras de *O. regia* recolectadas durante los muestreos pilotos del 10 y 31 de octubre del 2006 en la X región.

Variable	N	Min	Max	Media	DE
LT	240	15	27	21,2	1,48
PT	237	19	155,75	57,45	14,25
PG	240	0,1	33,4	6,64	4,18
IGS	237	0,39	23,04	10,94	4,78

El primer paso fue identificar las características de los estados macroscópicos en función de la información derivada de los estados histológicos y del tamaño de los ovocitos obtenida en los muestreos pilotos. Para simplificar la comparación primero se efectuó una caracterización general de la histología del ovario del pejerrey mar en la X Región, en función del tipo de ovocitos que se identificó.

**Ovocitos Primarios (OP):** Poseen un núcleo grande, esférico, con varios nucléolos en su periferia. Rodeado por escaso citoplasma basófilo. Presencia de una capa de células prefoliculares aplanadas.

**Pre-Vitelogénicos (PV):** El citoplasma muestra una basófilia de menor intensidad. Vesículas lipídicas claras, pequeñas, que se van repartiendo en todo el citoplasma (vitelo primario). Núcleo con varios nucléolos. Por fuera de la membrana celular se dispone una delgada zona pelúcida (zona radiada). Por fuera una capa de células foliculares o granulosa. (Ver Discusión). Junto a este tipo de ovocitos se presentan ovocitos primarios.

**Vitelogénicos (V):** El citoplasma presenta una gran cantidad de vitelo de tipo secundario, caracterizado por la presencia de gránulos esféricos de color rojo oscuro repartidos en todo el citoplasma. El resto del citoplasma es basófilo y escaso. Siempre están presentes las

vesículas claras del vitelo primario, las que se hacen más voluminosas en la región perinuclear. El núcleo posee bordes irregulares con pocos nucléolos. La zona pelúcida (radiada) es gruesa. Las células foliculares forman una sola capa. Este estado coexiste en el ovario con ovocitos PV que ya se encuentran en menor proporción.

**Maduros (M):** El citoplasma se presenta uniformemente denso por la condensación de los gránulos de vitelo. El núcleo está desplazado hacia el polo animal y en algunos ovocitos ha comenzado su rompimiento. La zona radiada (pelúcida) y la capa de células foliculares están claramente visibles. Junto a este estado es posible observar ovocitos V, PV y OP.

**Maduro Hidratado (MH):** Presentan forma irregular y de color rosado. La hidratación implica una rápida incorporación de fluido al folículo. Al realizar el corte histológico se rompe el ovocito liberando su contenido de vitelo, por lo cual las envolturas radiada y folicular se presentan como estructuras colapsadas y vacías.

**Folículo Post Ovulario (FPO):** Su estructura corresponde a las capas radiada y folicular colapsadas e invaginadas. Los FPO se presentan junto con ovocitos en etapas en PV y V.

**Existencia de filamentos coriónicos:** Los filamentos capsulares característicos en atérinidos a partir de ovarios PV y aparecen ligados en todo el contorno de la zona radiada definidos como una corrida ordenada de células en todos los tipos de ovocitos descritos arriba, excepto en los hidratados.

El análisis histológico del parénquima ovárico permitió identificar los siguientes 5 estados generales en el desarrollo de los ovarios potencialmente monitoreables desde un punto de vista macroscópico. 1) Inmaduro o en reposo, 2) En Maduración, 3) Maduro, 4) Hidratado y 5) Desovado reciente. Posteriormente, exanimación histológica de pequeños ovarios con características macroscópicas particulares durante el ciclo reproducido permitió identificar un estado adicional denominado “En recuperación”. Las características macroscópicas e histológicas se resumen en los siguientes cuadros.

<b>Ovario Inmaduros o en Reposo</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
Ovarios muy pequeños que aparecen como delgadas láminas tubulares difíciles de extraer de la cavidad abdominal.	Un examen histológico revela presencia de ovogonias y ovocitos primarios (núcleo-cromatina y perinuclear), y alvéolos corticales (pre-vitelogénicos). Ausencia absoluta de ovocitos en vitelogénesis parcial o temprana completos, aunque en algunos se observa ovocitos atrésicos.

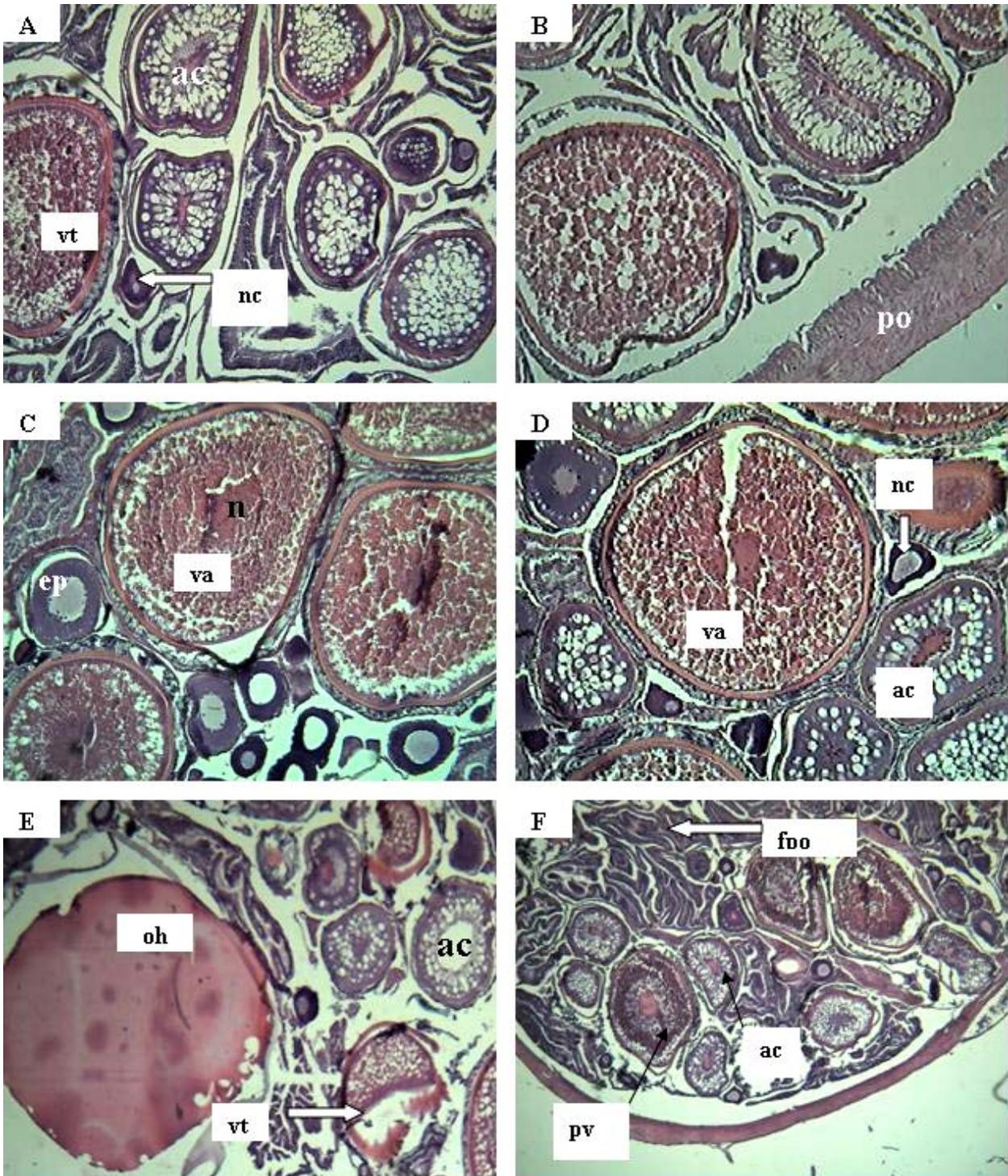
<b>Ovario en Maduración</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
Ovarios pequeños, compactos, alargados, ocupando 1/4 de la cavidad abdominal, alargados, coloración variable, pueden ser amarillos con áreas parcialmente ennegrecidas. En ocasiones los ovocitos no son visibles a ojo desnudo. Microscópicamente no fue posible distinguir entre ovarios que inician la ovogénesis por primera vez de aquellos con folículos post ovulatorios abundantes.	Estos ovarios se caracterizaron por presentar ovocitos en diferentes estados de desarrollo desde estados perinucleares, de alveolo cortical hasta ovocitos en vitelogénesis temprana. El estado de alveolo cortical (o previtelogénico) es el dominante caracterizado por la presencia de abundantes vesículas distribuidas hacia la periferia del citoplasma. La zona radiata es fina. La pared ovárica aparece gruesa, aspecto distintivo del inicio del periodo reproductivo ( <b>Fig. 43 A &amp; B</b> ). En algunos ovarios es posible distinguir restos de folículos spot-ovulatorios en fase tardía y/o corion residual. Rango IGS=2-5. En algunos ovarios es posible distinguir restos de folículos post-ovulatorios en fase tardía y/o corion residual.

<b>Ovario Maduro</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
Ovarios grandes amarillos/ anaranjados. Ocupan $\frac{3}{4}$ y a menudo toda la cavidad abdominal, sin áreas flácidas, a veces con capilares sanguíneos visibles y ovocitos visibles a ojo desnudo.	El carácter asíncrono de los ovarios en maduración se contraponen con el sincronismo de ovarios maduros donde ovocitos vitelados han aumentado de tamaño cubriendo todo el citoplasma, pero con el núcleo apareciendo todavía central en la mayoría de los casos y con distribuciones de frecuencia de ovocitos mostrando una clara separación entre el grupo de ovocitos vitelados avanzados y el segundo grupo más heterogéneo compuesto por ovogonias, ovocitos primarios y ovocitos pre-vitelogénicos ( <b>Fig. 43 C&amp;D; Fig. 44</b> ). Rango IGS=4-6, central. Los ovocitos vitelados en este estado alcanzan diámetros que van desde 0,8 a 1,3 mm. En este estado no se apreció la presencia de folículos post ovulatorios en ninguna de las muestras histológicas examinadas.

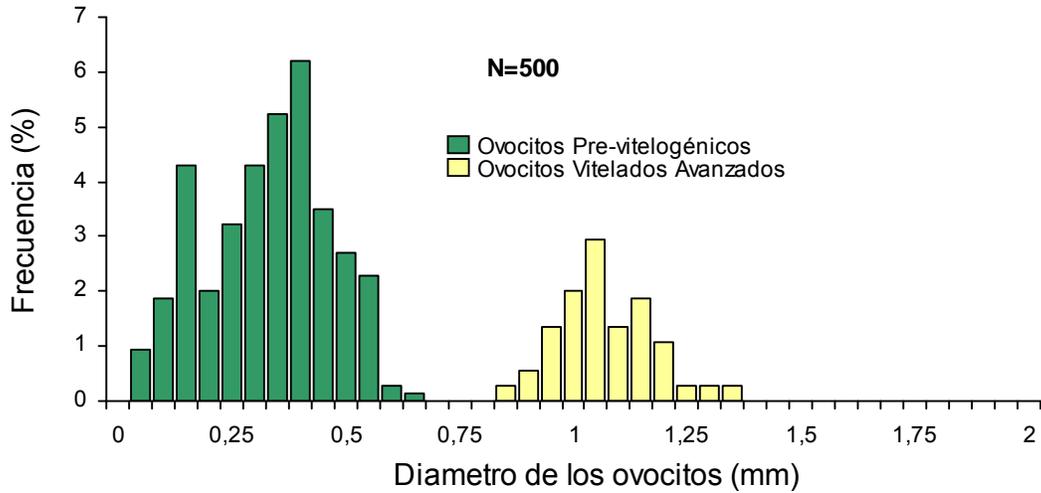
<b>Ovario Hidratado</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
<p>Ovarios grandes cubren toda la cavidad abdominal, Se distinguen a ojo desnudo dos tipos de ovocitos. (1) Uno de aspecto translúcidos (hidratados) que pueden o no fluir de la cavidad abdominal con presión ligera, y adheridos entre sí por filamentos coriónicos; y (2) ovocitos opacos mucho más pequeños. A simple vista es posible distinguir dos tipos de ovarios hidratados: (i) homogéneo (H) en que los ovocitos translúcidos se distribuyen homogéneamente entre los opacos pequeños, y ovarios hidratados no homogéneos (NH) en que se aprecia una clara separación entre ambos grupos, con los ovocitos vitelados pequeños distribuidos en la región dorsal del ovario (Fig. 46).</p>	<p>Vitelo completamente homogenizado (<b>Fig. 43 E</b>) en el tamaño de cada ovocito aumenta considerablemente alcanzando diámetros entre 1,6 a 2,7 mm (<b>Fig. 45</b>). Los filamentos coriónicos no son visibles aunque en ovarios no-homogéneos una inspección bajo lupa demostró que grupos de filamentos permanecen adheridos al polo vegetal otorgándole la consistencia de racimo a los ovocitos. Bajo luz transmitida los ovocitos hidratados aparecen translúcidos. El grupo de ovocitos en la región dorsal está compuesto por ovogonias. Un aspecto diferenciador entre las hembras H y NH fue en que las últimas se observó la existencia de folículos post-ovulatorios. Rango IGS=9-25.</p>

<b>Ovario “En Recuperación”</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
<p>Ovarios pequeños, compactos, alargados, ocupando menos de un tercio de la cavidad abdominal, alargados, coloración variable, pueden ser amarillos pálidos, sin ovocitos visibles a ojo desnudo, En ocasiones aparecen algo flácidos.</p>	<p>Esto ovarios están compuestos por ovogonias, ovocitos primarios (Núcleo-cromatina y perinuclear), y ovocitos pre-vitelogénicos (o alveolo cortical). Nunca se observaron ovocitos en vitelogénesis exógena. La distribución de frecuencia de diámetros en este estado muestra un rango de 0,1-0,2 mm e IGS de 1-2.</p>

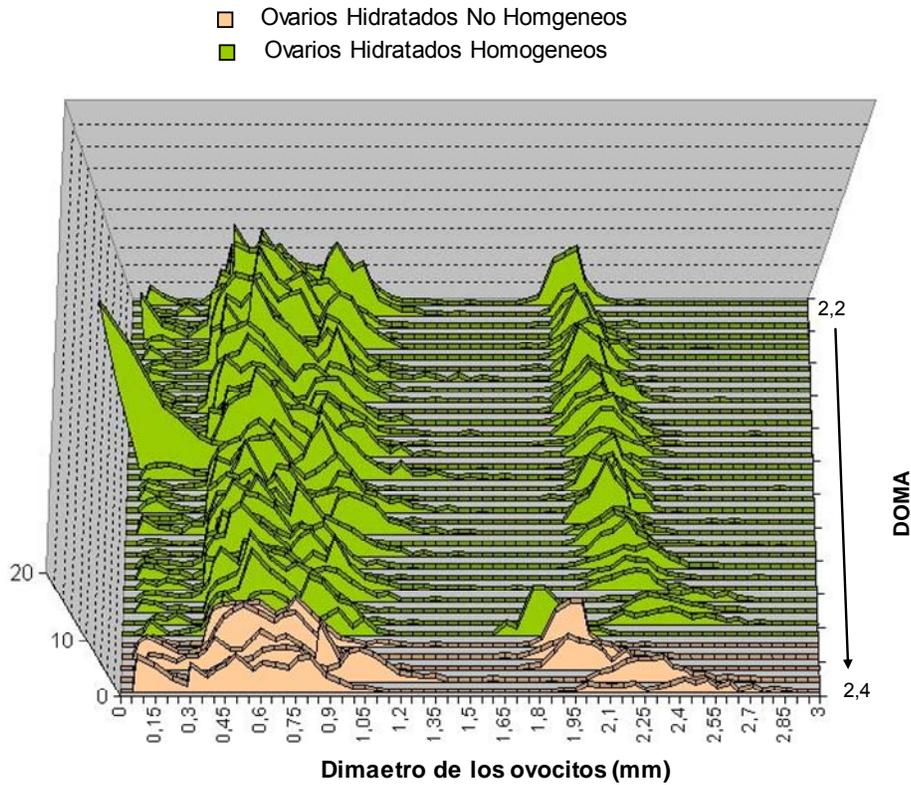
<b>Ovario Desovado Reciente</b>	
<i>Caracterización macroscópica</i>	<i>Caracterización Histológica</i>
<p>Ovarios muy flácidos y grandes capilares sanguíneos. Al extraerlos se aprecia sangramiento en la cavidad abdominal. Existen ovocitos en el ovario que constituirán la siguiente tanda, pero que son escasamente visibles a ojo desnudo.</p>	<p>La característica principal de este estado es la presencia de abundantes folículos post-ovulatorios que aparecen bien definidos, lo que es indicativo de desove reciente. También se aprecia la presencia de ovocitos pre-vitelogénicos.</p>



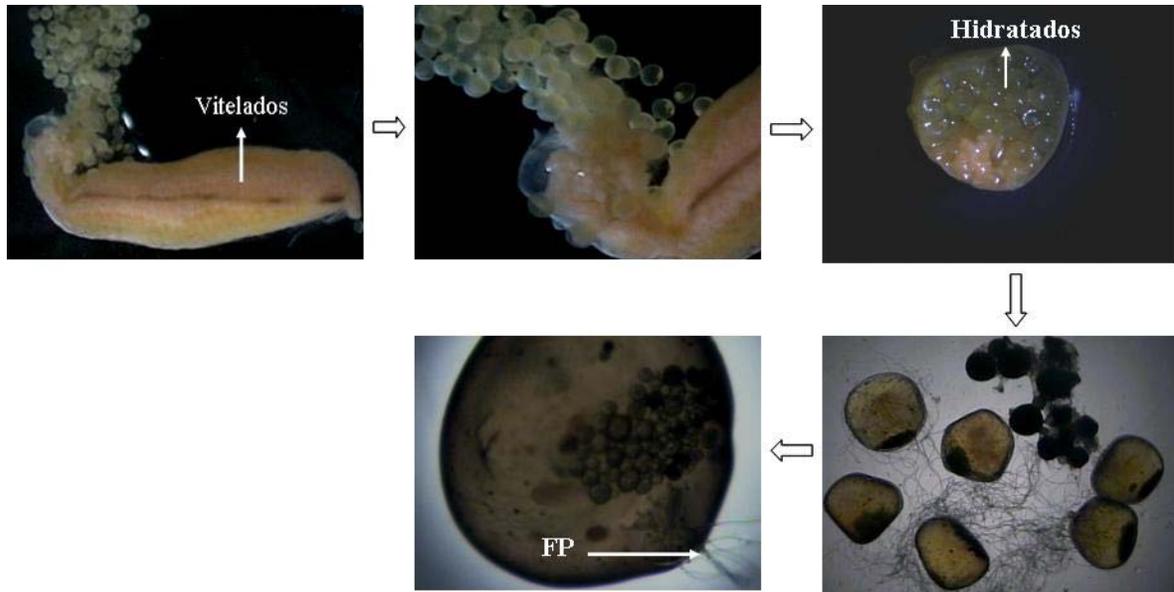
**Figura 43.** Fotografías de microscopía de luz ilustrando 4 estados de desarrollo de ovarios de *O. regia*: En maduración (A & B); Maduro (B & C), Hidratado (E) y Parcialmente Desovado (F). vt=vitelado temprano; ac: alvéolo cortical; nc= estado de núcleo-cromatina; po= pared ovárica; ep= estado perinuclear; vt=vitelado avanzado; n= núcleo; oh: ovocito hidratado; fpo=folículos post-ovulatorios; pv=parcialmente vitelado.



**Figura 44.** Distribución de frecuencia del diámetro de los ovocitos de un ovario maduro de una hembra de *Odontesthes regia* recolectada en Cochamó en la X Región. Longitud Total= 22 cm.



**Figura 45.** Distribución de frecuencia del diámetro de los ovocitos de 36 ovarios hidratados de hembras *Odontesthes regia*, recolectadas en Cochamó en la X región, inversamente ordenadas en función del diámetro medio de la moda más avanzada (DOMA). El eje "Y" corresponde a frecuencia.



**Figura 46.** Estereo-macroscopía de un ovario hidratado-no-homogéneo de *Odontesthes regia*, recolectado en octubre del 2006 en la décima región; FP= Filamentos Coriónicos. Longitud Total=20 cm.

### 5.7.1. Ciclo reproductivo

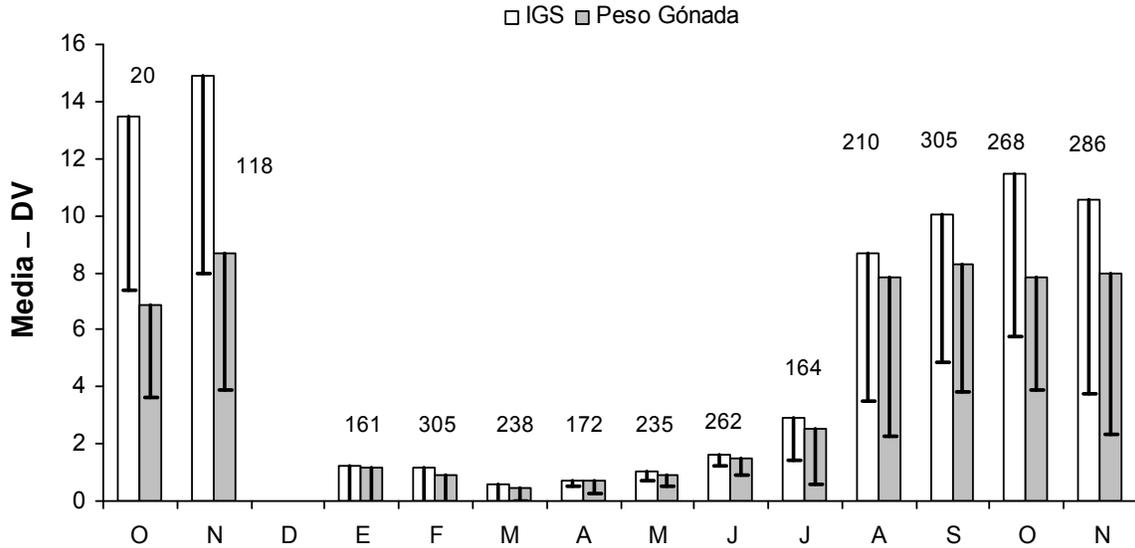
El estudio del ciclo reproductivo estuvo basado en una muestra total del **6.649** ejemplares distribuidos en trece meses de estudio. Por conveniencia, el muestreo piloto del día 31 de octubre del 2006 fue asignado al mes de noviembre, tanto en los análisis descriptivos como cuantitativos que se hicieron sobre una base mensual, con el fin de reducir el intervalo categórico entre los muestreos pilotos y el inicio del seguimiento mensual en enero del 2007. Las estadísticas generales por sexo y puerto de recalada se resumen en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.** Estadística descriptiva general de los ejemplares de *Odontesthes regia* recolectados por puerto de recalada y sexo (S). H=hembras, I= Indeterminado; M=machos; T=total, N=número de individuo, DE=desviación estándar

Sexo	Var	CALBUCO				COCHAMO				PTO. MONTT				TOTAL			
		N	Mean ± DE	Rango		N	Mean ± DE	Rango		N	Mean ± DE	Rango		N	Mean ± DE	Rango	
H	LT	584	23,4 ± 1,7	14 - 29		1276	22,6 ± 2,1	12,9 - 34,9		885	22,8 ± 2,2	14,5 - 29,0		2745	22,8 ± 2,1	12,90 - 34,9	
	PT		89,2 ± 20,7	16 - 167			83,2 ± 27,0	17,6 - 215,6			84,4 ± 27,4	18,6 - 206,7			84,9 ± 26,0	15,50 - 215,6	
	PE		75,1 ± 17,1	14 - 140			71,6 ± 21,8	14,6 - 159,6			71,7 ± 22,2	9,5 - 164,3			72,4 ± 21,0	9,53 - 164,3	
	PG		4,9 ± 4,8	0,1 - 26			3,4 ± 4,6	0,0 - 33,4			4,9 ± 5,0	0,0 - 30,5			4,2 ± 4,8	0,01 - 33,4	
I	LT	40	17 ± 4,78	10 - 26		240	14,5 ± 4,29	6 - 25,4		1362	9,38 ± 3,49	2,5 - 23,1		1642	10,3 ± 4,22	2,5 - 25,5	
	PT		39 ± 31,5	5 - 104			26,1 ± 23,2	1,19 - 101			7,55 ± 10,2	0,1 - 86,15			11 ± 15,8	0,1 - 103,8	
	PE		55 ± 26,3	10 - 94			34,5 ± 20,8	8,47 - 92,8			13,2 ± 17,2	0,22 - 77,5			22,2 ± 22,6	0,22 - 94	
	PG		0,1 ± 0,18	0 - 0,8			0,09 ± 0,19	0,01 - 1,17			0,05 ± 0,07	0,01 - 0,62			0,08 ± 0,15	0,01 - 1,17	
M	LT	507	21,5 ± 2,1	14 - 27		1143	22,0 ± 1,7	14,2 - 27,5		612	22,4 ± 2,0	13,2 - 27,0		2262	22,0 ± 1,9	13,20 - 27,5	
	PT		64,2 ± 22,4	17 - 138			77,0 ± 20,0	19,6 - 166,9			77,9 ± 22,5	13,7 - 169,2			74,4 ± 21,9	13,69 - 169,2	
	PE		61,6 ± 19,3	15 - 112			67,0 ± 16,5	15,8 - 138,0			66,1 ± 18,0	12,5 - 140,4			65,9 ± 17,5	12,48 - 140,4	
	PG		5,8 ± 3,9	0 - 20			1,7 ± 3,0	0,0 - 20,0			6,3 ± 3,7	0,0 - 19,0			3,7 ± 4,0	0,01 - 20,3	
	IGS		8,6 ± 5,1	0 - 39			2,4 ± 4,3	0,0 - 43,1			8,5 ± 4,3	0,0 - 33,1			5,2 ± 5,4	0,03 - 43,1	
T	LT	1131	22,5 ± 2,1	14 - 29		2659	22,0 ± 2,3	11,2 - 34,9		2859	22,0 ± 3,2	5,6 - 29,0		6649	22,1 ± 2,6	5,60 - 34,9	
	PT		77,3 ± 24,9	16 - 167			78,1 ± 25,8	10,4 - 215,6			77,4 ± 29,4	1,1 - 206,7			77,7 ± 26,8	1,07 - 215,6	
	PE		70,0 ± 19,2	14 - 140			67,5 ± 21,1	8,5 - 159,6			66,2 ± 23,6	1,5 - 164,3			67,6 ± 21,6	1,53 - 164,3	
	PG		5,1 ± 4,5	0,1 - 26			2,5 ± 4,0	0,0 - 33,4			5,1 ± 4,6	0,0 - 30,5			3,8 ± 4,5	0,01 - 33,4	

Un análisis global preliminar, tanto en el IGS como el peso de la gónada, mostró una consistente variación estacional en ambos sexos, con valores mínimos durante los meses de verano-otoño y un incremento progresivo a inicios del invierno. La máxima actividad reproductiva se evidenció en primavera (**Figs. 47 y 48**). Un aspecto distintivo fue la elevada variabilidad del IGS que se ilustra de manera gráfica en la **Fig. 49**. Un modelo lineal generalizado aditivo de la forma " $\text{Log PG} = \alpha + \text{mes} + \text{puerto} + \text{sexo} + \text{log LT} + e_i$ " explicó un 77% de dicha variabilidad, siendo la variación mensual (64%) y la longitud (32%) las variables que más aportaron al modelo (**Tabla 23**). Un aporte marginal, aunque significativo, fue contribuido por las diferencias entre sexo y puerto (**Tabla 23**). Cabe destacar que no se consideraron las interacciones debido a dos razones: (i) los rangos de longitudes para los estratos a evaluar (i.e., mes, puerto y sexo) no siempre se superpusieron para garantizar

estimaciones confiables y (ii) para evitar sobre-parametrizar el modelo. El mayor peso explicatorio de la longitud en la actividad reproductiva fue adicionalmente evidenciada a través de la fluctuación estacional del IGS por estrato de talla, donde se constató que las hembras > 15 cm presentaron un patrón temporal consistente (**Fig. 50**).

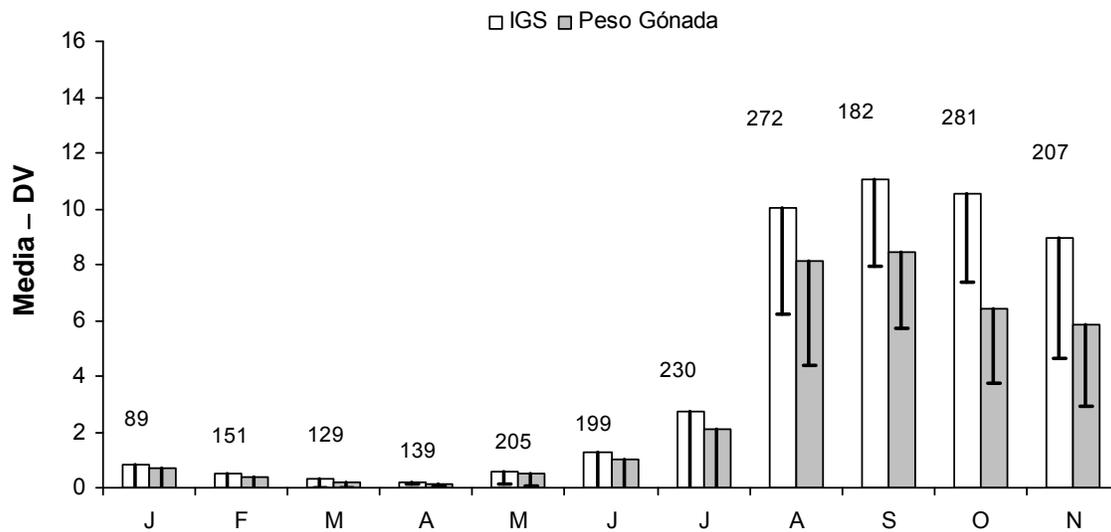


**Figura 47.** Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) y peso del ovario de *Odontesthes regia* en la X Región desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. Números sobre las barras corresponde al tamaño de muestra. DV=1 desviación estándar.

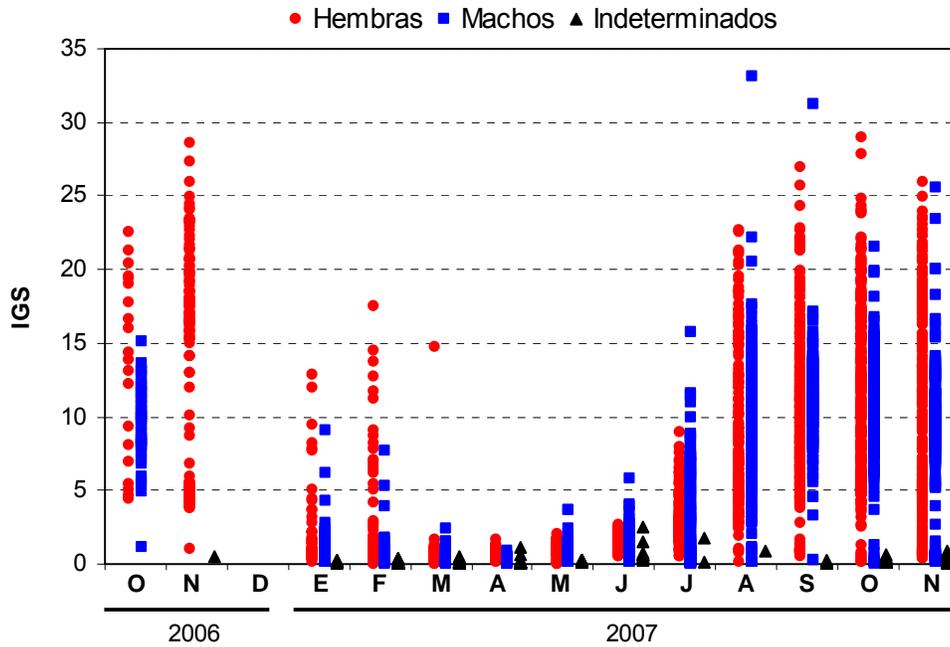
**Tabla 23.** Modelo lineal generalizado del tipo “Log(PG) = a+mes+puerto+sexo+log(LT)+ei” para evaluar la variabilidad estacional en el peso del ovario de *Odontesthes regia* desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. SS= suma de cuadrados del error; GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad.

Fuente	SS	GL	CM	F	P	np <sup>2</sup>
Modelo corregido	2299,14	17	135,24	1117,85	0,000	0,790
Intercepto	269,59	1	269,59	2228,31	0,000	0,306
Mes	939,64	12	78,30	647,21	0,000	0,606
Puerto	2,69	2	1,35	11,13	0,000	0,004
Sexo	84,55	2	42,27	349,42	0,000	0,122
Log TL	252,52	1	252,52	2087,15	0,000	0,292
Error	610,98	5050	0,12			
Total	2987,23	5068				
Total Corregido	2910,12	5067				

R<sup>2</sup>= 0,70



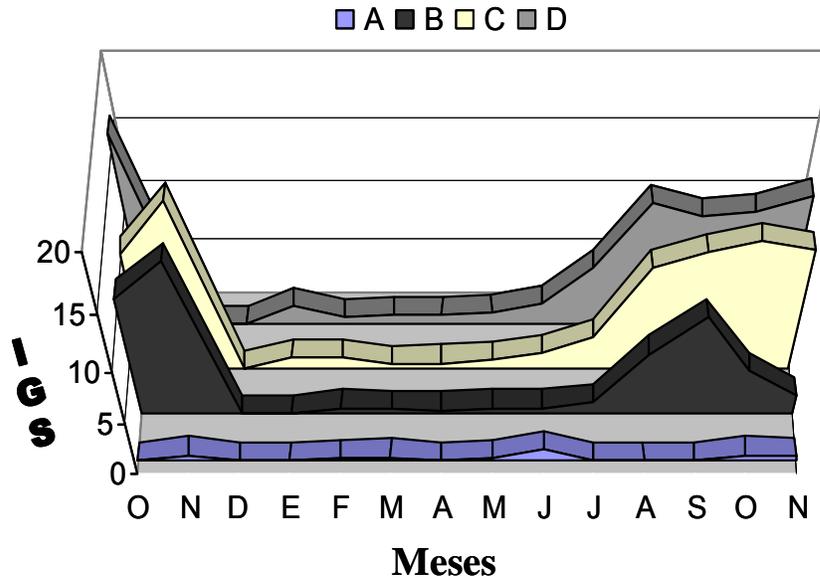
**Figura 48.** Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) y peso testicular de *Odontesthes regia* en la X Región desde enero a noviembre del 2007. Números sobre las barras corresponde al tamaño de muestra. DV=1 desviación estándar.



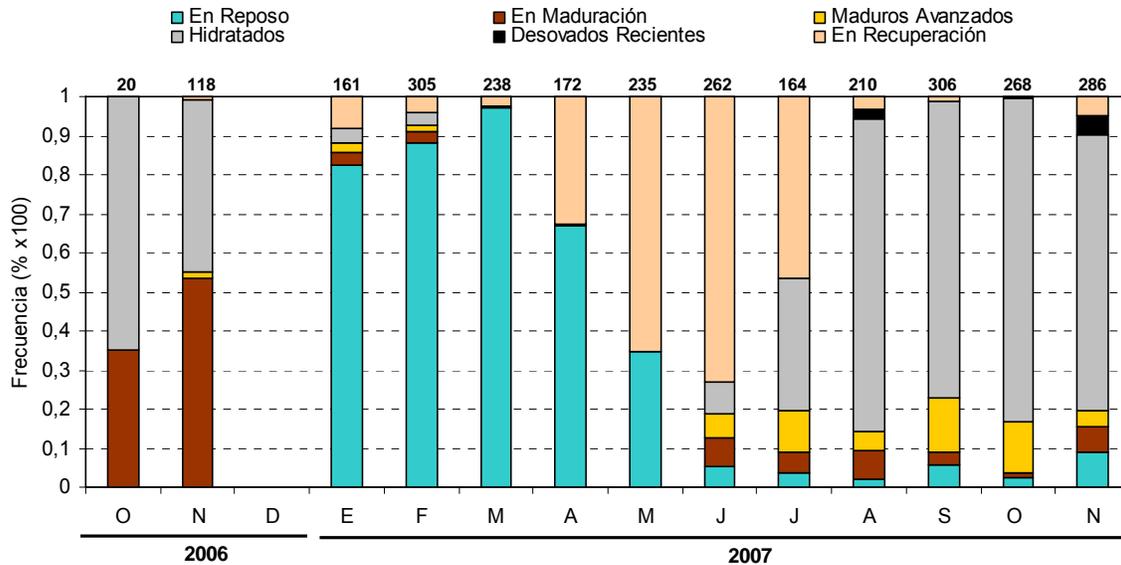
**Figura 49.** Variabilidad del Índice Gonadosomático (IGS) para un total de 2.745 hembras, 2.083 machos y 239 individuos clasificados como indeterminados del pejerrey de mar *Odontesthes regia* en la X Región.

La marcada estacionalidad en el ciclo reproductivo evidenciada, tanto para hembras como para machos, fue también evidente a través de la fluctuación mensual en los estados macroscópicos de hembras, clasificadas de acuerdo a las características descritas en los cuadros anteriores. La frecuencia de ocurrencia muestra que la época de desove se extiende mayoritariamente de julio a noviembre, donde las hembras con ovocitos hidratados alcanzan frecuencias mayores al 50%. Sin embargo, la ausencia de muestreo en diciembre no permite determinar si el cese es gradual o abrupto como lo sugiere la ocurrencia marginal de hembras hidratadas en enero y febrero del 2008 (**Fig. 51**). Un aspecto importante de considerar fue la existencia del estado macroscópico denominado “En recuperación” que pudo ser distinguido de esa forma, y cuyo análisis histológico demostró que corresponde a ovarios con gran cantidad de ovocitos pre-vitelogénicos y ausencia de atrofia folicular. Otro aspecto adicional fue la escasa presencia de ovarios recientemente desovados con las características propias de flacidez en observación macroscópica. Alternativamente, la observación histológica demostró que muchos de los ovarios clasificados “*en maduración*” presentaron abundantes folículos post-ovulatorios y evidencia de desove previo. La ocurrencia de estados macroscópicos por puerto de recalada, aunque inconsistente en

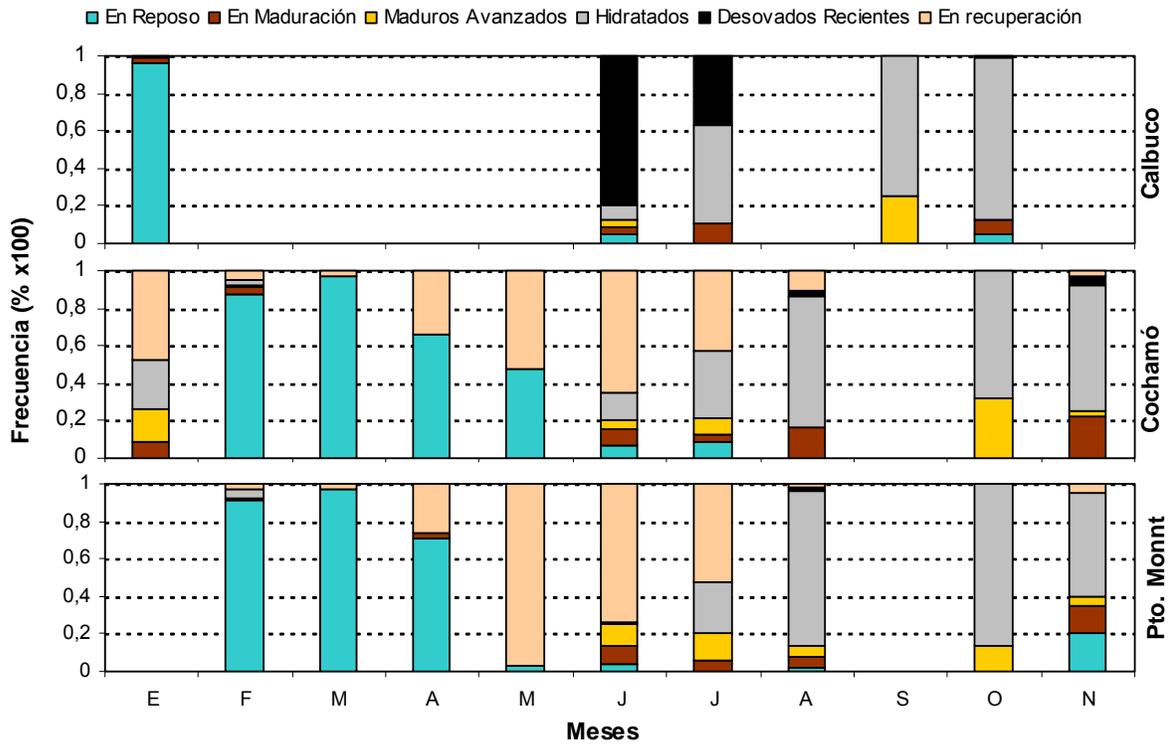
términos temporales, no mostró diferencias aparentes del patrón general, excepto por la ocurrencia de ovarios recientemente desovados en Calbuco (**Fig. 52**).



**Figura 50.** Variación estacional del Índice Gonadosomático (IGS) en función de cuatro estratos de talla (A<15, B: 15,1-20; C: 20,1-25; D> 25 cm) en hembras *Odontesthes regia* en la X Región.



**Figura 51.** Variación estacional en la frecuencia de ocurrencia de estados de madurez microscópicos en 2.745 hembras *Odontesthes regia* en la X Región. Números sobre las barras denotan el tamaño de muestra.



**Figura 52.** Variación estacional en la frecuencia de ocurrencia de estados de madurez microscópicos por puerto de recalada en hembras *Odontesthes regia* en la X Región.

### 5.7.2. Condición de los desovadores

Se evaluó la condición de los desovadores a través de los efectos mensuales de un modelo lineal generalizado (a) y mediante el índice de condición K (Fulton).

$$\text{➤ } \text{Log}(PE) = \alpha + \text{mes} + \text{log}(LT) + e_i \quad (a)$$

$$\text{➤ } K = 1000 * (PE/LT^3) \quad (b)$$

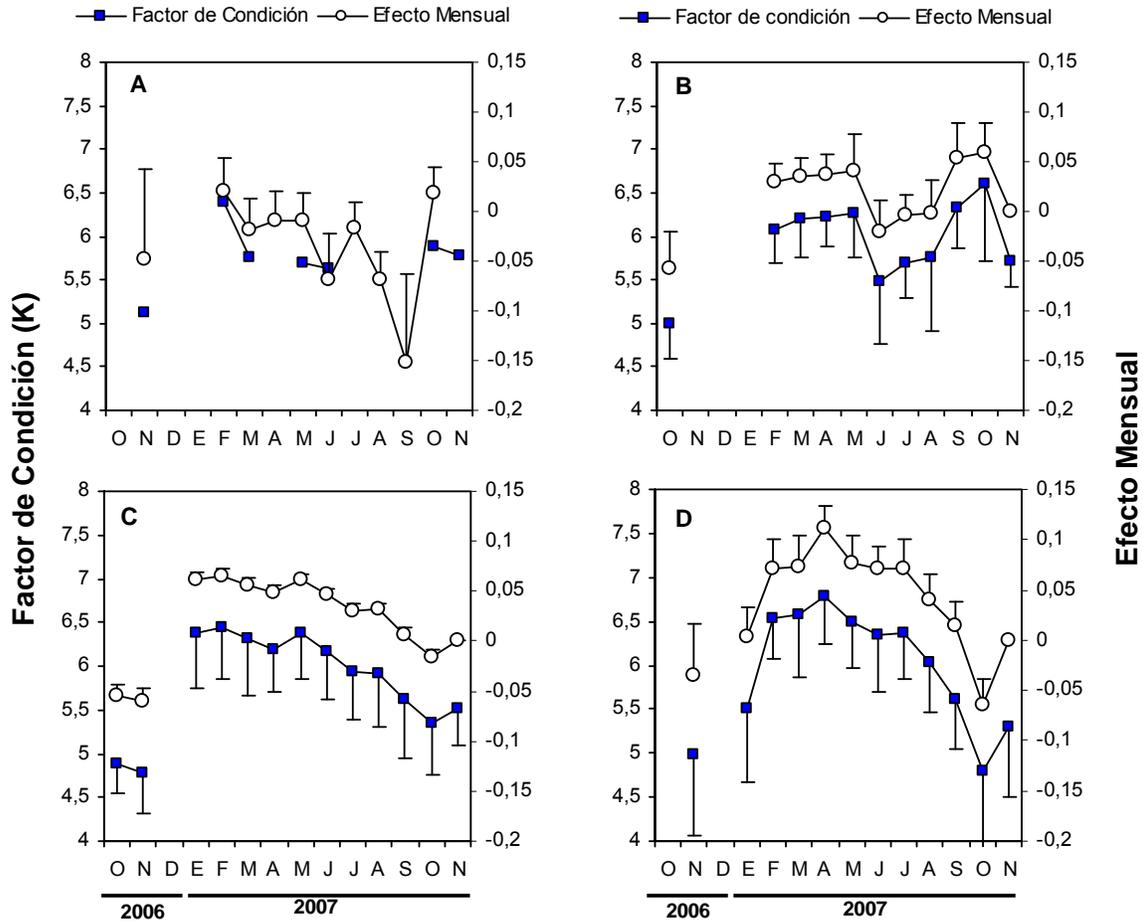
donde *PE*= peso eviscerado, *LT*=longitud total, y  $e_i$  es el término del error. Ambos índices mostraron un patrón similar evidenciando una variación estacionalidad significativa (**Tabla 24**), con valores elevados durante gran parte de los meses de verano e invierno y mínimos durante la época reproductiva, particularmente en los estratos de tallas mayores que presentaron la mayor condición (**Fig. 53, Tabla 24**), evidenciado por peso altamente significativo de la longitud como efecto principal. La condición de los individuos para el estrato B fue más errática, aunque fue más evidente la caída de la condición de estos ejemplares en invierno. La condición para los ejemplares más pequeños (Estrato A) fue

significativamente inferior sobre todo porque en este caso se usó el peso total como variable dependiente, debido a que el peso eviscerado no pudo ser registrado en forma consistente para todos los ejemplares. También se apreció una mayor variabilidad en este estrato.

**Tabla 24.** Modelo lineal generalizado del tipo “ $\text{Log}(PE) = a + \text{mes} + \text{puerto} + \text{sexo} + \text{log}(LT) + e_i$ ” para evaluar la condición de los ejemplares recolectados de *Odontesthes regia*, desde octubre del 2006 a noviembre del 2007. SS= suma de cuadrados del error; GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad.

Fuente	SS	GL	CM	F	P	$np^2$
Intercepto	29,93	1,00	29,93	13883,90	0,00	0,73
Mes	3,77	12,00	0,31	145,88	0,00	0,26
Puerto	0,01	2,00	0,00	1,45	0,23	0,00
Sexo	0,05	2,00	0,02	11,31	0,00	0,00
Log TL	91,17	1,00	91,17	42296,72	0,00	0,89
Error	10,80	5010,00	0,00			
Total	16459,68	5028,00				
Total Corregido	164,78	5027,00				

$R^2 = 0,93$



**Figura 53.** Variación estacional en la condición de los desovadores hembras *Odontesthes regia* en la X Región para cuatro estratos de talla (ver texto), evaluada a través de dos indicadores: (1) la magnitud de los efectos mensuales derivados de un modelo lineal generalizado y (2) el índice de condición K (Fulton).

### 5.7.3. Caracterización adicional de ovarios hidratados homogéneos y no-homogéneos.

Debido a que no fue posible identificar el horario de captura se desconoce si la existencia de los dos tipos de ovarios descritos en las secciones previas, puede o no estar relacionado con el proceso gradual de hidratación, bien documentado en peces teleósteos. Sin embargo, para ahondar en las causas de la existencia de estos estados ováricos, se procedió a efectuar un análisis de la condición de estas hembras a través del peso eviscerado entre hembras homogéneas y no homogéneas en un rango de talla similar. Un primer análisis con ANDEVA confirmó la ausencia de diferencias significativas en la longitud total y en el peso de

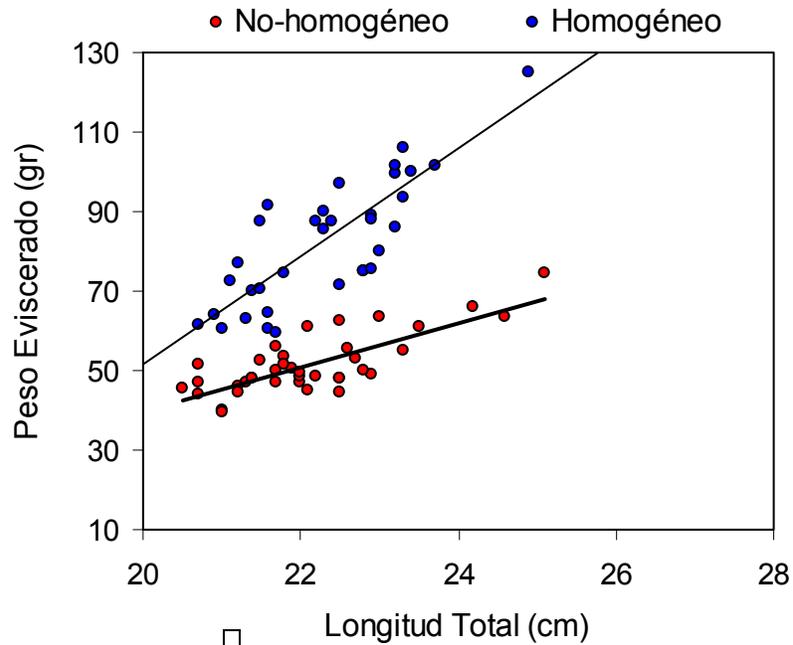
la gónada (**Tablas 25 y 26**). Sin embargo, el peso eviscerado varió significativamente entre ambos grupos (la tabla ANDEVA no se muestra por brevedad). Este aspecto fue confirmado cuando se analizó la relación longitud total-peso eviscerado entre grupos (**Fig. 54**). Para este rango de talla la relación fue lineal, aunque las pendientes fueron significativamente diferentes entre ambos grupos (ANCOVA: interacción grupo (x) LT;  $P < 0,001$ ). Estos resultados proveyeron evidencia preliminar que la condición varió entre ambos tipos de hembras. Por otro lado, el examen histológico de ovarios PH (N=15) y HH (N=20) evidenció presencia y ausencia de folículos post-ovulatorios, respectivamente en todas las hembras examinadas. Conociendo las diferencias potenciales asociadas a los dos tipos de ovarios hidratados encontrados, se puso especial énfasis en categorizarlos en forma separada en los monitoreos mensuales.

**Tabla 25.** ANDEVA para establecer si existen diferencias significativas en la longitud total de las hembras hidratadas, homogéneas y no-homogéneas.

Fuente de Variación	SS	df	MS	F	Sig.
Entre Grupos	2,709	1	2,709	1,537	,219
Intra-Grupos	135,670	77	1,762		
Total	138,379	78			

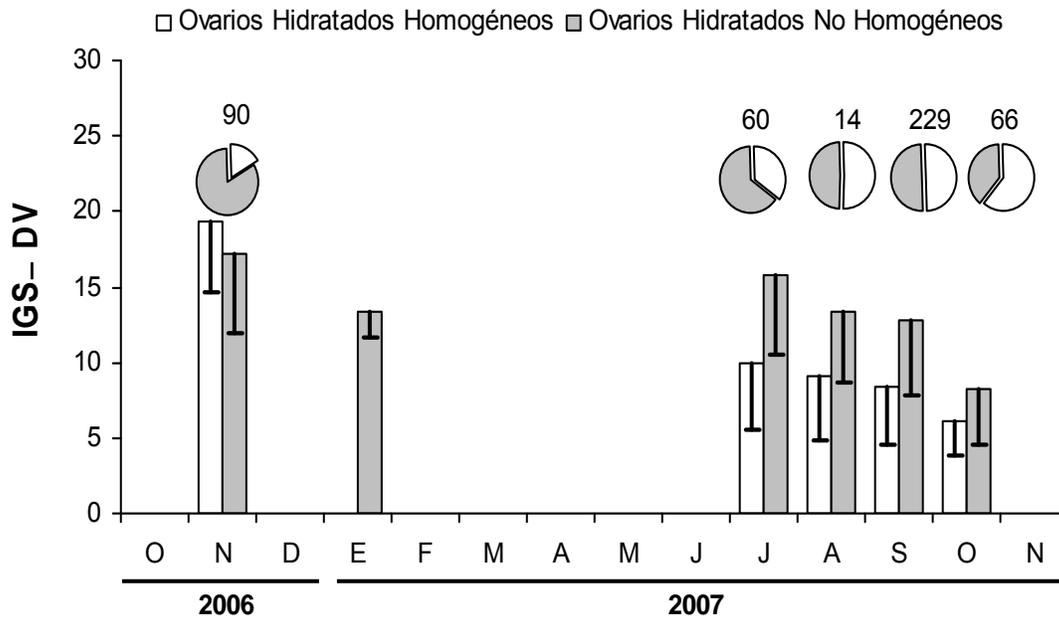
**Tabla 26.** ANDEVA para establecer si existen diferencias significativas en el peso de la gónada de las hembras hidratadas, homogéneas y no-homogéneas.

Fuente de Variación	S	df	MS	F	Sig.
Entre Grupos	7,387	1	7,387	0,355	,553
Intra-Grupos	1601,351	77	20,797		
Total	1608,738	78			



**Figura 54.** Heterogeneidad de la pendiente de la relación longitud total-peso eviscerado en hembras con ovarios hidratados, homogéneos y no-homogéneos.

La fluctuación estacional del IGS en hembras hidratadas evidenció que ambos tipos de ovarios ocurrieron consistentemente durante toda la época de desove, aunque se apreció diferencias en los valores medios (**Fig. 55**). Para evaluar el alcance de estas diferencias se aplicó un MLG aditivo del tipo  $\text{Log}(PG) = \alpha + \text{mes} + \text{puerto} + \text{tipo de ovario} + \text{log}(LT) + e_i$ . El modelo explicó un 49% de la variabilidad en el peso de la gónada siendo nuevamente la longitud (como efecto principal) la que más aportó al modelo, mientras la fluctuación mensual y el tipo de ovario realizaron un aporte marginal. En relación a éste último la variable  $\text{Log } PG$  varió significativamente entre tipos de hembras hidratadas ( $H=0,84 \pm 0,01$ ;  $NH=0,94 \pm 0,01$ ).



**Figura 55.** Variación estacional en el Índice Gonadosomático (IGS) medio en ovarios hidratados de *Odontesthes regia* durante el periodo de estudio. Los gráficos circulares muestran la frecuencia de ocurrencia de ambos tipos de ovarios en función del número de muestras recolectadas (valores).

**Tabla 27.** Modelo lineal generalizado aditivo de la forma “ $\text{Log}(PG) = a + \text{mes} + \text{puerto} + \text{Tipo de ovario} + \log(LT) + e_i$ ” en 577 hembras hidratadas de *O. regia* recolectadas en la X región. SS= suma de cuadrados del error; GL=grados de libertad; CM= cuadrado medio del error; P=probabilidad.

Fuente	SS	GL	CM	F	P	$n^2_p$
Intercepto	7,44	1	7,44	280,15	0,00	0,33
Mes	3,31	6	0,55	20,76	0,00	0,18
Puerto	0,01	1	0,01	0,35	0,55	0,00
Tipo de Ovario	0,25	1	0,25	9,37	0,00	0,02
Log LT	10,14	1	10,14	381,72	0,00	0,40
Error	15,06	567	0,03			
Total	500,52	578				
Total Corregido	30,00	577				

$R^2=0,49$

## 6. DISCUSIÓN

Debido a la falta de actividad de pesca en Dalcahue, se cambió este punto de desembarque, incorporando Anahuak - Tenglo, localidades próximas a Puerto Montt que sí registraron desembarques en el periodo de estudio.

### Identificación Taxonómica

La identificación taxonómica de la especie en estudio se basó inicialmente en el análisis morfológico externo y osteológico de los ejemplares seleccionados en la muestra. Según los estudios filogenéticos más recientes (Dyer 1998, 2000, 2006) el pejerrey de mar frente a las costas chilenas corresponde a tres especies del género *Odontesthes*, anidadas dentro del subgénero *Austromenidia*. El tema fue entonces precisar a cual especie del subgénero *Austromenidia*, corresponde el pejerrey de mar de la zona de estudio en la X Región.

La identificación taxonómica de los ejemplares de pejerreyes recolectados en los alrededores de Puerto Montt, se realizó siguiendo la clave de identificación de las especies chilenas (Dyer & Gosztanyi 1999, Dyer 2000, 2006), concluyendo que eran todos ejemplares de la especie *Odontesthes (Austromenidia) regia*; ya que poseían los atributos que diferencian manifiestamente a la especie.

Para explorar sobre una eventual diferenciación poblacional entre la muestras de las tres localidades, no obstante su cercanía, se procedió de forma complementaria a un segundo nivel de examen, aplicando técnicas propias de un análisis multivariado de componentes principales (PCA) a mediciones (proporciones) generadas en un proceso de laboratorio.

Los resultados del análisis taxonómico, condicionados al nivel de resolución de la técnica de análisis, no permiten discriminar diferencias inter específicas respecto a la procedencia de la muestra; pero nos informan de las variables con mayor capacidad predictiva respecto a los primeros componentes, siendo éstas: Pectoral-Anal, Pectoral Pélvica, Altura Cuerpo, Ancho

Inter Orbital, Diámetro Ojo, Predorsal 1, Predorsal 1-pm, Longitud Hocico, Longitud Hocico-pm y Altura de Cabeza 2.

### **Matriz del conocimiento**

La mayoría de los trabajos revisados corresponden a la categoría “biología”, pero también son los que poseen menor grado de conectividad con otros conceptos o tópicos, a diferencia los estudios tecnológicos o de economía pesquera. Esto implica que los trabajos en estas últimas categorías, realizan aportes que permiten mayor discriminación, al comparar o caracterizar la actividad que se realiza sobre la especie, desde la perspectiva del manejo de pesquería.

Geométricamente fue posible generar un sistema de tres agregaciones (clusters), coherentes en términos de las variables que ellos engloban; análisis desarrollado sobre los dos primeros ejes o dimensiones, que en conjunto explican una variabilidad entre 30 - 40%; lo que es aceptable para un análisis con variables categóricas. Es conveniente señalar que no se detectó una amplia categoría de trabajos relacionales, cada trabajo tiene una cobertura específica, sin una proyección a temas conexos o referidos a la actividad pesquera y su manejo o regulación.

En la categoría tecnológica, se destacan los trabajos sobre la eficiencia de los aparejos y artes de pesca, seguido de los trabajos sobre tipos de artes y aparejos. El nivel más bajo de cobertura lo constituyen los trabajos que analizan el régimen operacional de la pesca de la especie.

En la componente de Administración y Economía Pesquera, destacan los trabajos referidos a costos-beneficios, desembarques y mano de obra de la actividad, con una mínima incidencia en el efecto de vedas, como medidas de regulación pesquera. Esta observación indica, que en las referencias consultadas, no se observan las bases para realizar un manejo de la actividad, que tenga un respaldo en cuanto al efecto sobre la fracción reproductiva, la estructura de tallas del stock sometido a explotación, u otras relaciones que son de uso corriente.

Es adecuada la cobertura del conocimiento biológico, en identificación de especie, taxonomía, morfología, análisis genéticos y contenidos estomacales. No obstante, la agrupación (cluster) al que pertenecen, vistos desde la perspectiva de la investigación orientada al manejo de pesquería, tiene mínima inercia, es decir, el aporte al conocimiento bajo este enfoque es marginal, debido a la falta de conectividad de la investigación con objetivos más bien pesqueros; lo que no significa en ninguna instancia de que los trabajos revisados sean deficientes.

### **Dinámica reproductiva de la especie**

El análisis de las fluctuaciones del IGS, peso del ovario, análisis histológicos del parénquima ovárico y distribución de frecuencia de diámetros de los ovarios evidenciaron los siguientes seis aspectos relevantes en la dinámica reproductiva de esta especie: (i) un ciclo reproductivo caracterizado por una época de desove que se extendió desde agosto a febrero, con una máxima actividad en los meses de octubre y noviembre; (ii) una marcada variabilidad en el IGS y peso gonadal durante los meses de mayor intensidad reproductiva, independiente del tamaño del ejemplar; (iii) ocurrencia de ovarios maduros avanzados restringidos sólo al inicio de la época de mayor intensidad reproductiva, y (iv) existencia de dos tipos de ovarios hidratados (ie., homogéneos y no homogéneos).

Otros autores han reportado épocas de desove como la sintetizada en el párrafo anterior, tanto para *O. regia* como para especies relacionadas, de acuerdo al estatus taxonómico actual (Dyer & Gosztanyi 1999). Por ejemplo, Clasing & Valenzuela (*in litteris*) en la desembocadura del río Quelie, reportaron una época de desove para *Odontesthes (Autromenidia) regia* entre septiembre a febrero, que a su vez coincidió con lo reportado por Valenzuela (1987) para *Autromenidia laticlavia* en la isla de Chiloé. Recientemente, Gómez *et al.* (2006) en la zona de Pisco (Perú) también reportaron una época de desove principal entre julio a octubre para *O. regia*, aunque también se describió un máximo secundario en otoño. Esta última característica (i.e., la existencia de desove en otoño) también ha sido reportada por Coayla *et al.* (1991) para el sur del Perú, y a su vez también ha sido reportada para otros atherinópsidos como *O. bonaeriensis*, *B. australis* (Yasuda 1982; Moreno *et al.* 1977). No obstante, *O. regia* en la región estudiada no mostró evidencia de desove en otoño, que más bien estuvo asociado a una mejor condición de los desovadores.

La marcada variabilidad del IGS en los periodos de mayor actividad reproductiva en conjunto con la existencia de folículos post-ovulatorios en ovarios “*en maduración*”, sugieren que el pejerrey de mar es un desovador parcial, aspecto que ha ya sido sugerido por otros autores para esta misma especie (Clasing & Valenzuela *in litteris*; Chirinos & Tello 1963; Tarazona *et al.* 1979; Gómez *et al.* 2006). Estos últimos autores han sugerido que *O. regia* posee un desarrollo ovocitario de tipo asincrónico. No obstante, en el presente estudio la distribución de frecuencia de ovocitos en ovarios maduros mostró una clara separación entre ovocito previtelogénicos y ovocitos vitelados avanzados. Es precisamente este rasgo el que ha sido utilizado para identificar un desarrollo ovocitario de tipo sincrónico por grupos (Kjesbu *et al.* 1990; Horwood & Walker 1990), por lo que debiera esperarse que las tandas de desove sucesivas debieran surgir a partir del stock de ovocitos vitelados. Sin embargo, la ocurrencia escasa de ovarios con estas características y la ausencia de folículos post-ovulatorios, sugieren que el grupo más avanzado de ovocitos vitelados en estos ovarios corresponden al primer desove de la estación y no a un stock potencial de ovocitos, a partir de cual se debería sustentar los desoves posteriores. Un estudio adicional en el cual se compare la fecundidad parcial derivada del stock de ovocitos vitelados de ovarios maduros con aquellos derivados de ovocitos hidratados sería útil para dilucidar esta inferencia. Hasta ahora, aunque parece existir un desarrollo ovocitario sincrónico por grupos, los resultados no son definitivos para concluir si la fecundidad es determinada o indeterminada al inicio de la estación.

La fecundidad relativa (parámetro más útil para efectuar un análisis comparativo debido a su independencia del peso de la hembra) fluctuó entre 9-60 ovocitos/g, siendo bastante similar al rango de 24-88 ovocitos/g reportados por Gómez *et al.* (2006) y Coayla *et al.* (1991) para esta misma especie. Así mismo, Clasing & Valenzuela (*in litteris*) reportaron fecundidades parciales de 437 ovas para una hembra de 22 cm (edad 2) a 6.585 para una hembra de 37 cm (edad 5+) de longitud total para esta especie en el Sur de Chile. Aunque en el presente estudio no ocurrieron hembras mayores de 3 años, el rango varió de 402 a 7.510 ovocitos hidratados para hembras de entre 20 a 26 cm de longitud total. A pesar de las diferencias aparentes en fecundidad parcial, los rangos de tamaño de los ovocitos hidratados fueron similares (rango 1,8-2.2 mm Clasing & Valenzuela (*in litteris*) rango: 1,8-2,4 mm en el presente estudio), valores que se encuentran dentro del rango del tamaño del huevo reportado para esta especie (Chirinos de Vildoso & Chuman 1964). Adicionalmente, en un estudio reciente Orellana & Toledo (2002), reportan desoves en ambiente controlado de

aproximadamente 4.947 huevos por hembra. Por lo tanto, a la luz de estos hallazgos y los coeficientes de variación elevados (45%) reportados en el presente estudio, se deduce que la fecundidad parcial en esta especie es altamente variable.

Hasta la fecha los estudios en *O. regia* han reportado un aumento proporcional de la fecundidad en función de la talla y peso eviscerado (i.e., modelo lineal; Gómez *et al.* 2006). Del mismo modo, en el presente estudio la relación fecundidad-peso fue descrita adecuadamente por un modelo lineal. Contrariamente, la relación fecundidad parcial-longitud total fue exponencial y/o potencial, aunque la significancia de esos modelos curvilíneos estuvo supeditada a la existencia de una única hembra mayor a 26 cm utilizada en los análisis. Más allá del tipo de modelo que resulte, el hallazgo más importante es la elevada variabilidad asociada a este parámetro poblacional. Aunque es un hecho documentado, la elevada variabilidad asociada a la fecundidad parcial en peces teleósteos (Blaxter & Hunter 1982), siempre perdura la incertidumbre de que parte de esta variabilidad es explicada por aspectos metodológicos asociados a los sub-muestreos, como también a la atresia folicular, especialmente si se utiliza el método de la moda más avanzada. Sin embargo, dos aspectos sugieren que las estimaciones en el presente estudio son confiables: (i) el uso de ovocitos hidratados que corresponden efectivamente a los ovocitos que serán desovados y (ii) la existencia de filamentos coriónicos que al adherirse entre sí, impiden pérdida de ovocitos de la cavidad abdominal. Por consiguiente, se desprende que efectivamente la estrategia reproductiva de esta especie, compensaría el gran tamaño del huevo con fecundidades; lo que se complementa con la característica propia de los atheriniformes (a nivel de orden), que es, la presencia de abundantes filamentos coriónicos en sus huevos (Parenti 2004; Parenti & Grier 2004). Estos filamentos le dan la consistencia de un racimo que puede ser fácilmente adherido a algún sustrato, como macroalgas en el caso de *O. regia* (Chirinos & Chuman, 1964; Ugalde *et al.* 2004). Ciertamente, esta estrategia apunta a reducir la dispersión larval de su progenie y favorecer su retención en aguas someras.

Los resultados derivados del ajuste del modelo logístico a la proporción de hembras y machos maduros mostraron que la talla media de madurez para esta especie, está en torno a los 15 cm de longitud total, resultados que coinciden a lo reportado por Clasing & Valenzuela (*in litteris*). Por su parte Gómez *et al.* (2006) reportaron tallas de primera madurez sexual para hembras de 13,9 cm LT y tallas medias de madurez de alrededor de 15 cm LT. Las diferencias aparentemente son debido a que para la estimación de la talla media de

madurez sexual, se necesitan inspección histológica, para determinar a aquellos ejemplares que han desovado por primera vez, de aquellos reincidentes. Estimaciones preliminares de la talla de primera madurez sexual para *O. regia* también han sido efectuadas en el Sur de Chile. Olivares (2000), reportó valores de 14,6 cm de longitud de horquilla en la zona del golfo de Arauco, mientras que Ugalde *et al.* (2004) reportaron valores de 13 cm y 15 cm de longitud total para hembras y machos, respectivamente. Sin embargo, es necesario subrayar que estas estimaciones fueron efectuadas utilizando el método del incremento relativo del IGS, por lo que no son estrictamente comparables. Como conclusión, de los estudios efectuados hasta la fecha y los resultados reportados en el presente estudio, medidas de manejo que consideren tallas mínimas de captura superiores a 16 cm de longitud total garantizarían la exclusión de los reclutas en las capturas.

### **Ovarios hidratados homogéneos versus ovarios hidratados no homogéneos**

Un hallazgo notorio de la presente investigación fue la presencia de dos tipos de organización de los ovocitos en ovarios hidratados, i.e., ovarios en que el stock de ovocitos de menor tamaño se distribuye en forma homogénea entre los ovocitos hidratados y ovarios en que ambos grupos se distribuyen en la región dorsal y ventral del ovario, respectivamente. Un análisis posterior reveló que las hembras HP tuvieron IGS medios superiores en la mayoría de los meses en que ambos componentes ocurrieron, aunque estas mostraron una menor condición evidenciada por las medias marginales del peso eviscerado en los que se uso la longitud y puerto de recalada como variables explicatorias en un modelo lineal generalizado. Paralelamente, la variación estacional del IGS y la frecuencia de ocurrencia de ambos componentes mostró una superposición en la época de desove.

Para inferir sobre este hallazgo se debe partir por un hecho fundamental, i.e., es muy fácil distinguir macroscópicamente la existencia de ovarios con dos fases, que hasta la fecha ha sido descrita para *Odontesthes smitii*, *Basilichthys australis* y *Odontesthes bonariensis*. (Boschi & Fuster de Plaza 1959; Moreno *et al.* 1977; Yasuda 1982; Zama 1988). Sin embargo, hasta la fecha, no ha sido descrita para *Odontesthes regia*, ya sea en estudios experimentales o de campo. Por consiguiente, dos hipótesis plausibles pueden ser sugeridas: (i) el estado hidratado no-homogéneo es un evento posterior al homogéneo en *Odontesthes regia*, como una estrategia para maximizar el desove de huevos de gran tamaño y adheridos entre sí por filamentos coriónicos, estrategia que no había sido descrita

anteriormente para esta especie; y (ii) existe mezcla potencial de alguna de las especies que presenta este tipo de organización ovárica en la zona de estudio. Los cuatro siguientes aspectos argumentan en favor de la primera hipótesis:

- a) los ovarios hidratados homogéneos nunca presentaron folículos post-ovulatorios, estructura ampliamente utilizada como evidencia de desove previo en peces teleósteos, lo que sugiere que este estado es anterior al no homogéneo,
- b) la existencia de filamentos coriónicos parecieran dificultar una estrategia de desove parcial, donde el stock de ovocitos de menor tamaño debe ser mantenido en el parénquima ovárico para ser desovado en tandas posteriores, por lo que debería existir un mecanismo compensatorio,
- c) la existencia de estos filamentos son una estrategia reproductiva generalizada en esta familia, y
- d) el hecho que las hembras no homogéneas tuviesen un mayor peso del ovario, sugiere que el proceso de hidratación aún no está finalizado.

La comparación del diámetro de los ovocitos entre ambos grupos en una muestra significativa, podría ser útil en dilucidar esta última inferencia, debido a que los ovarios no-homogéneos debiesen tener tamaños de ovocitos significativamente mayores. Por otro lado, la hipótesis de mezcla de especie no es respaldada por los resultados que se describieron en la sección de taxonomía.

### **Condición de los desovadores**

Los resultados derivados del factor de condición “*K*” y el efecto mensual derivado de un modelo lineal generalizado evidenciaron una muy buena condición para esta especie durante gran parte del año, independiente del sexo y puerto de recalada. Rasgo particularmente evidente en hembras mayores a 20 cm de longitud total, en las cuales se confirmó una caída significativa en la condición, sólo en los meses de mayor actividad reproductiva. Estos hallazgos sugieren que esta condición está presumiblemente relacionada a una disponibilidad alimenticia óptima en la zona de estudio. En este sentido, reportes preliminares de los pescadores señalan que esta especie tiene una especial preferencia por

pellets usados en alimentación artificial para salmónidos cerca de las balsas jaulas. Los pescadores también señalan que el pellet es utilizado por ellos, como cebo para optimizar la disponibilidad del recurso alrededor del arte de pesca. Por lo tanto, ¿hasta qué punto la buena condición fisiológica de la población puede estar vinculada al alimento artificial disponible en el ambiente y/o ser producto de una óptima disponibilidad de presas naturales? Futuras investigaciones sobre oferta alimenticia y contenido estomacal de esta especie podrían contribuir a dilucidar esta interrogante.

Un aspecto que se dedujo de los modelos lineales generalizados aditivos fue la elevada influencia de la talla, tanto en la condición de los ejemplares, como en el potencial reproductivo representado a través del peso de la gónada, evidenciando que ejemplares mayores presentan mejor condición y mayor capacidad reproductiva. Ciertamente, este último rasgo es bastante característico de muchos peces teleósteos (ver Wootton 2005, y referencias ahí citadas), No obstante, en una población de vida corta y crecimiento rápido este rasgo se torna fundamental para manejo pesquero, particularmente porque los tamaños de capturas debiesen estar focalizados al tamaño medio de la población, lo que exige diseños de artes de pesca selectivos. Esta aseveración adquiere especial importancia, cuando recientes estudios señalan que efectivamente la actividad pesquera tiende a remover individuos mayores que poseen mayor potencial reproductivo, cuyo impacto puede llegar a ser extremo desde un punto de vista de sustentabilidad e incluso evolutivo (Conover 2005; Conover 2007; Carlson *et al.* 2007)

### **Crecimiento y mortalidad**

Los resultados derivados de los análisis de edad y crecimiento arrojaron los siguientes principales hallazgos: (i) pejerrey de mar en la X Región es un población de crecimiento rápido, en que alcanza alrededor del 60% de su longitud asintótica durante su primer año, (ii) la estructura de edad es de sólo tres años, (iii) crecimiento similar entre sexos y (iii) elevadas tasas de mortalidad natural. Estos hallazgos son similares a los reportados por Villavicencio & Muck (1984), quien utilizando otolitos sagitales para el pejerrey en Perú, reporta longitudes asintóticas de 25 cm, valores “K” de 0,69, y edades de no más de tres años. Ambos resultados se contraponen a lo señalado por Valdebenito (1980), quien reporta edades para *Odontesthes regia laticlavia* en el estuario del río Valdivia de 7 años. Por otra parte, Clasing

& Valenzuela (*in litteris*) reportan edades de 1 a 6 años a través de la lectura de otolitos sagitales, con las mayores ocurrencias de edades entre 1 a 3 años.

En el presente estudio, aunque las estimaciones de edad utilizando otolitos sagitales fueron variables, no se apreciaron individuos mayores a tres años, aspecto que además fue confirmado por el análisis de progresión modal, confiriendo confiabilidad a la estimación de estructura de edad generada. La carencia de individuos longevos obedecería a un efecto característico de la actual explotación, que realiza el esfuerzo de pesca sobre agregaciones reproductivas en aguas litorales someras, pudiendo a la vez haber un efecto conjunto del patrón de explotación (vulnerabilidad) con un des-reclutamiento del stock desovante, o corresponder a un mero reflejo que la longevidad en esta especie varía inversamente con la tasa de crecimiento. Esta última aseveración es sustentada por estudios en otros aterínidos, como *Cauque mauleanum*, que muestra una gran variabilidad en los patrones de crecimiento. Por ejemplo, en el río Valdivia esta especie necesita 4 años para alcanzar longitudes de 25 cm, mientras que en el lago Rapel sólo necesita 2 años para alcanzar el mismo tamaño (Vila & Soto 1981; Klink & Eckmann 1985). Un ejemplo adicional en la plasticidad en los patrones de crecimiento de *Odontesthes regia* los constituye un reciente estudio experimental en el sur de Chile, en el cual se reporta que esta especie es capaz de alcanzar tallas de 16,5 cm en aproximadamente 130 días (Orellana & Toledo 2007); lo que corresponde en la práctica casi al doble de los 8,5 cm, en 110 días app., registrado en el juvenil de mayor talla usando micro-incrementos diarios de otolitos en condiciones naturales. Esta extraordinaria plasticidad en los patrones de longevidad y crecimiento, parece ser un rasgo generalizado en aterinopsidos y aterínidos, quienes presentan una marcada plasticidad adaptativa en las características de su historia de vida dentro de los hábitats que ocupan (Bammer & Henderson 1988).

El análisis de la variación estacional de la talla media de juveniles, menores a la talla de madurez media, mostró que la población creció a una tasa diaria de 0,5 mm/día, evidenciando una marcada disminución en la tasa de crecimiento en la temporada de invierno; alcanzando posteriormente, una talla media mayor a 13 cm durante la estación reproductiva de primavera. Es importante constatar, que los ejemplares de tamaños mayores ya han alcanzado en este período la talla media de madurez sexual de la población (i.e., 15 cm LT). Por consiguiente, se deduce que esta especie efectivamente es capaz de desovar por primera vez, en su primer año de vida. Hallazgos similares han sido reportados para

*Odontesthes sp.* en el lago Los Patos en Brasil (Bemvenuti 1987). Asimismo, la disminución del crecimiento de los juveniles en invierno, fue evidenciada tanto por micro-estructura de los otolitos y por la variación estacional en la longitud media. Este aspecto estuvo asociado a la formación de la zona hialina que corrobora el criterio de usar el primer anillo opaco para señalar a los individuos mayores de un año. Un crecimiento reducido en verano también ha sido descrito para juveniles de *Cauque mauleanum* en el Río Valdivia (Klink & Eckman 1985), aunque esta especie sólo alcanza alrededor de 6 centímetros en promedio durante su primer año de vida.

Las estimaciones de mortalidad natural fueron mayores a uno, y aunque parecen elevadas en comparación a otros peces marinos en los que se ha usado la misma metodología (Velasco *et al.* 2003; Kraljevic & Dulcic 1997; Janusz & Horbowy 1997) no es posible establecer conclusiones sobre su alcance en ausencia de estimaciones de especies más emparentadas taxonómicamente. Hasta la fecha, los patrones de edad y crecimiento han sido bien documentados para especies de aterinimorfos en el hemisferio norte, donde presentan ciclos de vida cortos, restringidos en su mayoría a 1-2 años y elevadas mortalidades naturales (Prince & Potter 1987; Conand 1993). No obstante, la información para aterínidos y aterinopsidos en el hemisferio sur aún es escasa y parcial. Específicamente, estimaciones de mortalidad natural no han sido aún documentadas en esas dos familias en el hemisferio Sur. Por lo tanto, consideramos que son necesarios estudios adicionales para verificar estos hallazgos y para validar en definitiva si en esta especie las tasas de mortalidades elevadas, no están siendo influenciadas por migración desde la zona de estudio de los ejemplares más longevos.

### **Indicadores bio-pesqueros, provenientes del desembarque**

Los resultados del presente estudio, describen a la pesca de pejerrey de mar en la X Región, como una pesquería artesanal litoral, con marcada estacionalidad en que se explotan año a año, fundamentalmente agregaciones reproductivas, bajo la Fig. de pescas de investigación. Por dicha razón, los valores de CPUE reportados en la presente temporada de pesca, corresponden más bien a cambios en la disponibilidad del stock desovante presente en aguas someras, más que a cambios en la abundancia de la población total.

Al inicio de la temporada de pesca, mes de mayo, se observaron los menores valores en tallas y pesos medios de la captura. Resulta también interesante señalar, que en la zona de Cochamó (mayo del 2007), más del 80% del total de la captura corresponden a hembras, observándose además, una segunda moda en la estructura de la captura, con individuos en torno a los 12 cm, que podría corresponder de acuerdo a los resultados de edad y crecimiento de este estudio, al ingreso de reclutas a la pesquería.

Existe incertidumbre, respecto a la confiabilidad de la proporción sexual reportada para el mes de mayo de 2007 en localidad de Cochamó, debido a que no fue posible discriminar entre un proceso espacio-temporal, característico al pejerrey de mar de la X Región de Chile o a un error de medición. Debido a que mayo, es el mes de inicio de la temporada de pesca y en consecuencia, del muestreo intensivo del desembarque; momento en el cual se entrenó al personal técnico dispuesto en terreno (Cochamó). Se sugiere poner atención a lo antes señalado, para que futuras investigaciones puedan dar respuesta a dicha interrogante.

## 7. CONCLUSIONES

Al término de este trabajo, se puede concluir que:

Se observó escasa producción de trabajos relacionales, que refieran y vinculen estudios sobre aspectos propios de la biología de la especie y como éstos, se ven afectados por la actividad pesquera y la selectividad de los aparejos de pesca.

Para la especie y su actividad de extracción, se detectó una carencia de trabajos referidos a la Administración, Economía y la Tecnología Pesquera, que permitan sustentar y proyectar efectos en el recurso, en función de las categorías señaladas. La categoría Biológica presentó el nivel menor de conectividad con temas vinculados al manejo de pesquería, por lo que desde este punto de vista, no significan mayor aporte

Las muestras de 90 ejemplares provenientes de Calbuco, Tenglo y Cochamó correspondieron todos a ejemplares de pejerrey de mar *Odontesthes (Austromenidia) regia*, basado en el análisis de morfología y osteología, siguiendo la clave para pejerreyes chilenos (Dyer 2000). El estudio de morfometría y merística, usando análisis multivariado de componentes principales (PCA) no arrojó agrupaciones de ejemplares que indicaran algún indicio de diferenciación a nivel de especie, respecto a la procedencia de la muestra.

*Odontesthes regia* presenta una época de desove que se extiende desde julio a febrero con los máximos para ambos sexos en primavera. Durante esta prolongada época de desove *O. regia* muestra una elevada variabilidad individual del IGS a escala mensual, lo que sumado a la existencia de folículos post-ovulatorios en ovarios en maduración sugiere que esta especie es un desovador parcial, pero con fecundades parciales y relativas bajas. No obstante, como mecanismo compensatorio esta especie posee ovocitos ovulados grandes en comparación con otros peces marinos de tamaño similar.

La morfología externa de ovarios hidratados de *Odontesthes regia* mostró dos tipos de ovarios distintivos, ovarios en que el stock de ovocitos de menor tamaño se distribuye en forma homogénea entre los ovocitos hidratados (i.e., ovarios hidratados homogéneos) y ovarios en que ambos grupos se distribuyen en la región dorsal y ventral del ovario (i.e., ovarios hidratados no homogéneos). Dos hipótesis se plantean para la existencia de la dicotomía en la ocurrencia de ovarios hidratados: (i) El estado hidratado no-homogéneo es un evento posterior al homogéneo en *Odontesthes regia* como una estrategia para maximizar el desove de huevos de gran tamaño y adheridos entre sí por filamentos coriónicos, estrategia que no ha sido descrita anteriormente para esta especie. (ii) Existe mezcla potencial de alguna de las tres especies, para las cuales se ha descrito organización ovárica no homogénea en ovarios hidratados (i.e., *B. australis*, *O. bonaeriensis* y/o *O. smithi*).

La población mostró una elevada condición durante gran parte del año independiente del tamaño, puerto de recalada y género. De vida corta, hasta tres años; con un crecimiento rápido que alcanza el 60% de su  $L_{\infty}$  al primer año de vida, estrategia vinculada a elevadas mortalidades naturales.

La ocurrencia de cohortes de juveniles en la zona de estudio sugieren que la zona costera somera es una zona de desove y crianza, la cual es crucial para el fortalecimiento del reclutamiento y producción de *Odontesthes regia* en la X Región.

La pesca, extrae fundamentalmente individuos maduros de la población, puesto que la talla media de la captura en torno a los 20 cm, está por sobre la talla media de madurez, que se alcanza a los 15 cm, advirtiéndose además que las hembras madurarían al primer año de vida.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT JF (1899). The marine fishes of Peru. Proceedings Academy Natural Sciences, Philadelphia 51(2): 324-364.
- ANDREW NL, CHEN (1997). Optimal sampling for estimating the size structure and mean size of abalone caught in a New South Wales fishery. Fishery Bulletin 95: 403-413.
- BAHAMONDE N, PEQUEÑO G (1975). Peces de Chile. Lista sistemática. Publicación ocasional Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile 21: 3-20.
- BALBONTIN F, FISCHER W (1981). Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 17(3): 285-334.
- BAMBER RN, HENDERSON PA (1988). Pre-adaptive plasticity in *Atherinids* and the estuarine seat of teleost evolution. 33: 17-23.
- BEMVENUTI MA (1987). Abundancia, distribucao e reproducao de peixes-rei (Atherinidae) na regioo estuarina de lagoa dos patos, RS, Brasil. Atlântica Rio Grande. 9: 5-32.
- BEVERTON RJH, HOLT SJ (1957). On the Dynamics of Exploited Fish Populations. HMSO, London.
- BLAXTER JHS, HUNTER JR (1982) The biology of the clupeoid fishes. In: Blaxter JH, Russell FS, Yonge M (eds) Advances in Marine Biology. Academic Press 30: 1-223.
- BOSCHI EE, FUSTER de PLAZA ML (1959). Estudio biologico-pesquero del pejerrey del embalse del Rio II (*Basilichthys bonariensis*) con una contribución al conocimiento limnológico del ambiente. Publ. Dep. Invest. Pesqueras, Secretaría Agri.& Gan. Republica Argentina. 8: 3-61.
- CAMAPNA SE, JONES CM (1992). Analysis of otolith microstructure data. In Otolith microstructure examination and analysis (Stevenson DK, Campana SE eds), pp. 73-100. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 117.
- CAMPOS H (1984). Los géneros de atherinidos (Pisces: *Atherinidae*) del Sur de Sudamérica. Revista Museo Argentino Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" 13(6): 71-84.
- CARLSON SM, EDELINE EL, THROND AV, FLETCHER JM, JAMES JB, STENSETH NC (2007). Four decades of opposing natural and human-induced artificial selection acting on Windermere pike (*Esox lucius*). Ecology letters. 10: 512–521.
- CHIRINOS DE VILDOSO A, CHUMAN E. (1964). Notas sobre el desarrollo de huevos y larvas del Pejerrey *Odontesthes (Austromenidia) regia regia* (Humboldt). Bol. Inst. Mar. Perú, Callao 1 (1): 1-31.
- CHIRINOS DE VILDOSO A, TELLO F (1963a). Peso-longitud del pejerrey *Austromenidia regia regia* (Humboldt & Valenciennes) Inf. Interno Inst. Investig. Rec. Marinos, Perú, 50: 1-18.
- CHIRINOS DE VILDOSO A, TELLO F (1963b). Datos descriptivos sobre el pejerrey *Austromenidia regia* (Humboldt & Valenciennes). Inf. Interno Inst. Investig. Rec. Marinos, Perú, 58: 1-11.

- CHIRINOS DE VILDOSO A, TELLO F (1963c). Reproducción del pejerrey *Austromenidia regia* (Humboldt & Valenciennes) Inf. Interno Inst. Investig. Rec. Marinos, Perú, 68: 1-220.
- CLASING E, VALENZUELA G. Ciclo reproductivo de *Odontesthes (Austromenidia) regia* (humboldt 1821) (Teleostei, Atherinopsidae) en la desembocadura del Río Queule, Sur de Chile. (*In litteris*).
- COAYLA P, VALDIVIA A, VIZCARRA A (1991). Una contribución al conocimiento de la reproducción del pejerrey *Odontesthes regia regia* en el sur del Perú. Res. Sem. Latinoamericano Pesca Artesanal y III Reunión Desarrollo Costero Integrado, 67 pp.
- COCHRAN (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons Inc. New York. 513 p.
- CONAND F (1993). Life history of the silverside *Atherinomorus lacunosus* (Atherinidae) in New Caledonia. Journal of Fish Biology. 42; 851-863.
- CONOVER DO (2005). Darwinian fishery science: lesson from the Atlantic silverside (*Menidia menidia*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 730-737.
- CONOVER DO (2007). Nets versus nature. Nature 450: 179-180
- CRABTREE CB (1987). Allozyme evidence for the phylogenetic relationships within the silverside subfamily *Atherinopsinae*. Copeia 1987(4): 860-867.
- CUVIER G & VALENCIENNES A (1835). Histoire naturelle de poissons. Livre douzième, 10:1-482. FG Levrault, Paris.
- DE BUEN F (1955). Contribución a la ictiología. VIII. El *Odontesthes regia laticlavia* y ensayo de distribución genérica de las especies chilenas. Investigaciones Zoológicas Chilenas 2(7): 115-118.
- DE LA HOZ E, ALDUNATE R (1994). Variaciones del complejo tendinoso del fascículo A1 del músculo aductor mandibular y sus consecuencias en el mecanismo de mordida premaxilar en *Cauque*, *Austromenidia*, y *Basilichthys* (Teleostei, Atherinidae). Revista de Biología Marina, Valparaíso 29(2): 235-249.
- DE LA HOZ E, VIAL J (1988). Potencialidades mecánicas del sistema de protracción premaxilar de *Austromenidia regia* (Teleostei-Atherinidae). Revista Chilena Historia Natural 61: 163-176.
- DE LA HOZ E, VIAL J (1994). Diseño estructural bucal en pejerreyes sudamericanos (*Atherinopsinae*; *Atherinidae*): modelo biocinématico de mecanismos de alimentación. Revista Chilena Historia Natural 67: 35-47.
- DE LA HOZ E (1994). Aspectos cinemáticos del mecanismo de mordida premaxilar en los géneros *Cauque*, *Basilichthys*, y *Austromenidia* (Teleostei, Atherinidae). Investigaciones Marinas, Valparaíso 22: 31-37.
- DE LA HOZ E (1995). El mecanismo de mordida premaxilar en Atherinopsinae (Teleostei: Atheriniformes): aspectos estructurales relacionados con la transmisión de fuerzas. Revista Chilena Historia Natural 68: 351-359.
- DE LA HOZ E, CANCINO C, OJEDA E (1994). Capacidades de modulación y plasticidad funcional de los mecanismos de captura de alimento en *Atherinopsinae* sudamericanos (Teleostei, Atherinidae). Investigaciones Marinas, Valparaíso 22: 45-65.

- DYER BS (1993). A phylogenetic study of atheriniform fishes with a systematic revision of the South American silversides (Atherinomorpha, Atherinopsinae, Sorgentinini). Ph.D. Thesis, University of Michigan, Ann Arbor. 596 p.
- DYER BS (1997). Phylogenetic revision of Atherinopsinae (Teleostei, Atheriniformes, Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater fish genus *Basilichthys* Girard. Miscellaneous Publication, Museum Zoology, University of Michigan 185: 1-64, 46 figs.
- DYER BS (1998). Phylogenetic systematics and historical biogeography of the Neotropical silverside family Atherinopsidae (Teleostei, Atheriniformes). En Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Malabarba LR, RE Reis, RP Vari, ZM Lucena & CAS Lucena (eds). Porto Alegre, Edicpucrs, pp.519-536.
- DYER BS (2000). Revisión sistemática de los pejerreyes de Chile (Teleostei, Atheriniformes). Estudios Oceanológicos 19: 99-127.
- DYER BS (2003). Family Atherinopsidae. 515-525. In: Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. RE Reis, SO Kullander & CJ Ferraris (Org.) Edipucrs, Porto Alegre. 742 p.
- DYER BS (2006). Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). Biocell 30(1): 69-88.
- DYER BS, CHERNOFF B (1996). Phylogenetic relationships among *atheriniform* fishes (Teleostei, Atherinomorpha). Zoological Journal Linnean Society, London 117: 1-69, 25 figs.
- DYER BS, GOSZTONYI AE (1999). Phylogenetic revision of the South American subgenus *Austromenidia* Hubbs, 1918 (Teleostei, Atherinopsidae, *Odontesthes*) and a study of meristic variation. Revista de Biología Marina y Oceanografía 34(2): 211-232.
- FISCHER, W (1963). Die fische des brackwassergebeites Lenga bei Concepción (Chile). Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie 48(3): 419-511.
- FOWLER HW (1903). Descriptions of new, little known and typical Atherinidae. Proceedings Academy Natural Sciences, Philadelphia 55: 727-742.
- FOWLER HW (1951). Analysis of the fishes of Chile. Revista Chilena de Historia Natural años LI-LII-LIII (1947-1949): 263-326.
- GAYANILO FC, PAULY D (1997). The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT).
- GOMEZ (2006). GOMEZ C, PEREA DE LA MATA A, WILLIAMS DE CASTRO M (2006). Aspectos reproductivos del pejerrey *Odontesthes regia regia* (Humbolt 1821) en la zona de Pisco durante el periodo 1996-97 y mayo-julio del 2002, relacionados con su conservación. Ecología Aplicada 5: 140-147.
- GULLAND JA (1956). On the fishing effort in English demersal trawl fisheries. Invest. Minst. Agric. Fish. Food UK (Ser. 2) 20, 1-41.
- GYLLEN A (1992). El mar chileno exporta. Ed. Gyllen, 160 pp.
- HASSELBLAD V (1966). Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. Technometrics, 8:431-444.
- HERRERA G, CLARAMUNT G (1990). Estimaciones de la fecundidad parcial y frecuencia de desove de *Sardinops sagax* durante 1987 y 1988, en el Norte de Chile. Invest. Cient y Tec, serie: Ciencias del Mar 1990; 1:55-68.

- HILBORN R, WALTERS CJ (1992). Quantitative Fisheries Stock Assessment. Chapman & Hall, New York, 570pp.
- HILDEBRAND SF (1946). A descriptive catalog of the shore fishes of Peru. Bull. U.S. Natl. Mus. 189: 1-530.
- HOENING JM (1983). Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. 101: 58-74.
- HORWOOD JW, WALKER MG. 1990. Determinacy of fecundity in sole (*Solea solea*) from the Bristol Channel. J Mar Assoc UK 70: 803-813
- HUBBS CL (1918). *Colpichthys*, *Thyrinops*, and *Austromenidia*. New genera of atherinoid fishes from the New World. Proceedings Academy Natural Sciences, Philadelphia 67: 305-308.
- HUMBOLDT A VALENCIENNES de A (1821). Recherches sur les poissons fluviatiles de l'Amérique équinoxiale. En Voyage de Humboldt et Bonpland. Recueil d'observations de zoologie et d'anatomie comparée. II. Zoologie, pp. 145-216.
- HUNTER JR, GOLDBERG SR (1980) Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish Bull US 77: 641-652.
- HUNTER JR, MACEWICZ BJ (1985) Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: Lasker R (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA-NMFS, Tech. Rep. 36: 79-94
- JANUSZ J, HORBOWY J. 1997. The state of the walleye pollock in the northern part of the Okhotsk Sea, North Pacific. Fisheries Research (Amsterdam). 30: 87-102.
- KJESBU OS, WITTHAMES PR, SOLEMDAL P, WALKER MG (1990) Ovulatory rhythm and a method to determine the stage of spawning in Atlantic Cod (*Gadus morhua*). Can J Fish Aquat Sci 47: 1185-1193
- KLINK A, ECKMANN R (1985). Age and Growth, Feeding Habits and Reproduction of *Cauque mauleanum* Steindachner 1886 (Pisces: Atherinidae) in southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 20: 239-249.
- KRALJEVIC M, DULCIC J (1997) Age and growth of gilt-head sea bream (*Sparus aurata* L.) in the Mirna Estuary, Northern Adriatic. Fisheries Research (Amsterdam). 31: 249-255.
- LAHILLE F (1929a). Las formas chileno-peruanas de pejerreyes y la evolución de la caleta caudal. Revista Chilena Historia Natural 33: 81-93.
- LAHILLE F (1929b). El pejerrey. Boletín Ministerio Agricultura Nacional, Buenos Aires 28(3): 261-395.
- LOWERRE-BABIERI, SK, CHITTENDEN ME, BARBIERI LR (1996). The multispawning pattern of weakfish in the Chesapeake Bay and Middle Atlantic Bight. J. Fish. Biol. 48, 1139-1163.
- MADDOCK DM, BURTON MPM (1998). Gross and histological observations of ovarian development and related condition changes in *American plaice*. J Fish Biol 53: 928-944
- MANN G (1954). Vida de los peces en aguas chilenas. Instituto Investigaciones Veterinarias, Santiago de Chile, 342 pp.

- MORENO CA, URZUA R, BAHAMONDE N (1977). Breeding season, sexual rate and fecundity of *Basilichthys australis* Eigenmann 1927, from Maipo River, Chile. (Atherinidae, Pisces). Studies on Neo Neotropical Fauna and Environment 12: 217-223.
- NAVARRO J, PEQUEÑO G (1979). Peces litorales de los archipiélagos de Chiloé y Los Chonos, Chile. Revista de Biología Marina 16(3): 255-309.
- NELSON JS (2006). Fishes of the world. 4th Edition. John Wiley and Sons, New York, 601pp.
- OLIVA JN, CARBAJAL JW, TRESIERRA YA (1986). Reproducción e histología de gónadas de peces. Univ. Nacional de Trujillo, Depto. Ciencias Biológicas, Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú, 93 pp.
- OLIVARES J (2000). Determinación de edad y crecimiento del pejerrey marino *Austromenidia laticlavia*, Valenciennes 1835, del golfo de Arauco, Región del Bio-Bio, Chile. Tesis presentada al departamento de ciencias del mar de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano. 216 pp.
- ORELLANA F, TOLEDO H (2002). Reproducción y desarrollo embrionario del pejerrey de mar *Odontesthes regia* Humboldt 1821 en el sur de Chile. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Santiago, Chile.
- ORELLANA F, TOLEDO H (2007). Crecimiento de juveniles de pejerrey (*Odontesthes regia* Humboldt, 1821) (*Atherinidae*) en balsas jaulas. Gayana 71: 76-83.
- PARENTI LR (2004). The phylogeny of atherinomorphs: Evolution of a novel fish reproductive system. In Grier HJ, M del C Uribe (eds), Viviparous fishes. Proceeding of the I and II International Symposia. New Life Publications, Homestead, Florida.
- PARENTI LR, GRIER HJ (2004). Evolution y Phylogeny of Gonad Morphology in Bony Fishes. Interg. Comp. Biol. 44: 333-348.
- PATTERSON KR (1992) An improved method for studying the condition of fish, with an example using Pacific sardine *Sardinops sagax* (Jenyns). J Fish Biol 40: 821-831
- PAULY D (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J.Cons. Int. Explr. Mer. 39: 175-192.
- PEQUEÑO G (1989). Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. Revista de Biología Marina 24: 1-132.
- PÉREZ LC (2004). Técnicas de análisis multivariante de datos. Pearson Educación S.A. Madrid. 646 p.
- PITCHER, T. and D. PREIKSHOT. 2001. RAPFISH: a rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. Fish. Res. 49: 255-270.
- PRINCE JD, POTTER IC (1983). Life-cycle duration, growth and spawning times of five species of *Atherinidae* (*Telostei*) found in a Western Australian estuary. Aust. J. Mar. Fresh. Res. 34: 287-301.
- PUPELDE (2004) Monitoreo y caracterización de artes y aparejos de pesca en la pesquería del Pejerrey *Odontesthes regia* en aguas interiores de la Décima región. Informe Final Proyecto del COREPA & FERPEPA, 87 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- ROBSON DS (1966). Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICNAF Res. Bull. 3, 5–14.
- RUIZ VH (1991). Ictiofauna del Río Andalién (Concepción, Chile). Gayana, Zoología 57(2): 109-278.
- SAEED B, IVANTSOFF W, CROWLEY L (1994). Systematic relationships of atheriniform families within Division I of the Series Atherinomorpha (*Acanthopterygii*) with relevant historical perspectives. Journal of Ichthyology 34(9): 27-72.
- SCHULTZ LP (1948). A revision of six subfamilies of atherine fishes, with descriptions of new genera and species. Proceedings U.S. National Museum 98(3220): 1-48.
- SERNAPESCA (2005). Anuario Estadístico de Pesca. [[http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_remository&Itemid=54&func=select&id=43](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=54&func=select&id=43)]. Revisado: marzo del 2008.
- SILVA M, STUARDO J (1985). Alimentación y relaciones tróficas generales entre algunos peces demersales y el bentos de Bahía Coliumo (Provincia de Concepción, Chile). Gayana, Zoología 49(3-4): 77-102.
- STEINDACHNER F (1898). Die fische der sammlung plate. IV. Fauna Chilensis. Abhandlungen zur Kenntniss der Zoologie Chiles. Zoologisches Jahrbuch, Suppl. 4: 281-338.
- SUKHATME PV (1956). Teoría de encuestas con aplicaciones. México. 495 p.
- TARAZONA J, ISHIYAMA V, BARRERA S (1979). Ovogénesis en el pejerrey *Odontesthes regia regia* (H.). Revista Ciencias, Universidad Nacional Mayor San Marcos 71: 29-37.
- URZÚA R, DÍAZ C, KARMY E, MORENO C (1977). Alimentación natural de *Basilichthys australis* (Eigenmann) en Tejas Verdes, Chile (*Atheriniformes*, *Atherinidae*). Biología Pesquera, Chile 9: 45-61.
- VALDEBENITO P (1980). Edad, crecimiento y mortalidad natural de *Odontesthes regia laticlavia* (Pisces: Atherinidae) de Bahía Corral, Chile. Tesis Licenciatura en Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 66p.
- VALENZUELA G (1987). Evaluación del impacto sobre *Austromeniá laticlavia* y *Notothenia cornucola* (Pisces), desovantes en paraderas de *Gracilaria verrucosa* en el Sur de Chile. Informe Final Proyecto Fodecyt. N°. 5023/85.
- VELASCO G, REIS E, LAURA V (2003). Calculating the natural mortality rate for *Netuma barba* (Lacepede, 1803) (Actinopterygii, Siluriformes, Ariidae). Acta Biologica Leopoldensia. 25: 233-242.
- VETTER EF (1988). Estimations of natural mortality in fish stocks: a review. Fish. Bull. 86: 25-43.
- VILA I, DOTO D (1981). Atherinidae (Pisces) of Rapel Reservoir, Chile. Verh. Inst. Ver. Limno. 21: 1334-1338.
- VILLAVICENCIO Z & P MUCK (1984). Estudio de otolitos de *Odontesthes regia r.*, pejerrey: determinación de edad. Boletín Instituto del Mar Perú - Callao 8(3): 73-100.
- WALLACE R, SELMAN K (1981). Cellular and dynamics aspects of the oocyte growth in teleosts. Amer. Zool. 1981; 21: 325-343.
- WETHERALL JA (1986). A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. ICLARM Fishbyte, 4(1): 12-14.

- WHITE BN (1985). Evolutionary relationships of the Atherinopsinae (Pisces: Atherinidae). Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County 368: 1-20.
- WHITE BN (1986). The Isthmian link, antitropicality and American biogeography: distributional history of the Atherinopsinae (Pisces: Atherinidae). Systematic Zoology 35(2): 176-194.
- WHITE BN (1989). Sorgentininae Risso & Risso, 1953: a family-group name senior to Basilichthyini White, 1985 (Pisces: Atherinidae). Copeia 1989(3): 744.
- WOOTTON RJ (2005). Reproductive biology of fishes. Blackwell Science Inc. 1209 p.
- YASUDA N (1982). Visitation in the mother countries of "pejerrey". Part I. Culture of Pejerrey. Fish Cult. Tokyo, 19: 63-66.
- YOUNG Z SAAVEDRA JC, MIRANDA H, GONZÁLEZ M, BARAHONA YN (2002). Estimación de tamaños de muestra en la pesquería de Huepo y Erizo. Informe Técnico proyecto Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 2002. SUBPESCA-IFOP. 13 p. + Anexo
- ZAMA A, CÁRDENAS E (1982). Seasonal occurrence of fishes collected in Ensenada Baja, southern Chile, with notes of stomach contents, sex ratio and maturity. Introduction into Aysén-Chile of Pacific Salmon, SERNAP-JICA 5: 1-16, 1 pl.
- ZAMA A, CÁRDENAS E (1984). Descriptive catalogue of marine and freshwater fishes from the Aysén Region, southern Chile, with zoogeographical notes on the fish fauna. Introduction into Aysén-Chile of Pacific Salmon, SERNAP-JICA 9: 1-75 + VII pls.
- ZAMA A (1988). Length-weight relationships and gonadal development of the atherinid fish *Austromenidia smitti* from southern Chile. Japanese Journal of Ichthyology 34(4): 518-523.

**ANEXO I. Clave artificial para la identificación de especies de pejerreyes del sur de Sudamérica (modificada de Dyer 2006)**

- 1a. Presencia de primera aleta dorsal (con excepción en algunos ejemplares del grupo *Basilichthys semotilus*); escamas corporales cicloideas, redondeadas, sin espínulas; máxima altura corporal posterior a la aleta pectoral; aleta pectoral no sobrepasa el margen dorsal de la estola ..... Familia Atherinopsidae ..... 2
- 1b. Ausencia de primera aleta dorsal; escamas corporales alargadas dorso-ventralmente con tres a cinco espínulas; máxima altura corporal a nivel de aleta pectoral; aleta pectoral dorsal a la estola.....Familia Notocheiridae.....*Notocheirus hubbsi*
- 2a. Presencia sólo de hueso posttemporal; canal sensorial preopercular abierto, sin tubo óseo; presencia de una serie de canales o concavidades en la piel anterior a los forntales y entre los nasales (Sistema sensorial rostral); aleta anal con 24 o más radios..... Subfamilia Menidiinae ..... 3
- 2b. Presencia de huesos extraescapular y posttemporal; rama horizontal del canal sensorial preopercular en un tubo óseo (excepto *Odontesthes mirinensis*); ausencia de sistema sensorial rostral; aleta anal entre 15 y 21 radios ..... Subfamilia Atherinopsinae ..... 4
- 3a. Sistema sensorial rostral encerrado formando tubos con poros ..... *Atherinella (Eurystole) nocturna*
- 3b. Sistema sensorial rostral con 4 fosas anteriores y 2 posteriores; 35-40 escamas en línea lateral sobre estola ..... *Atherinella (Xenomelaniris) brasiliensis*
- 4a. Presencia de un freno en la mandíbula superior (protracción premaxilar restringida, Fig. 1B); escamas dorsales de la cabeza con imbricación invertida (margen anterior libre, Fig. 2); cuatro hileras de escamas suborbitales; ligamento labial reducido ..... *Basilichthys* .....5
- 4b. Ausencia de un freno en la mandíbula superior (premaxilar libremente protractil, Fig. 1A); escamas dorsales de la cabeza con imbricación normal (margen posterior libre); dos otras hileras de escamas suborbitales; ligamento labial expandido.....*Odontesthes*.....6
- 5a. Todas las escamas dorsales de la cabeza con imbricación invertida (Figura 2B); rama horizontal del canal sensorial preopercular con cinco poros.....grupo de especies *Basilichthys microlepidotus*
- 5b. Solo las escamas dorsales de la región interorbital con imbricación invertida (Figura 2A); rama horizontal del canal sensorial preopercular con cuatro poros .....grupo de especies *Basilichthys semotilus*
- 6a. Primera aleta dorsal sobre o posterior al ano; escamas grandes, con menos de 11 hileras de escamas dorsales entre estolas (excepto *O. platensis*) ..... 7
- 6b. Primera aleta dorsal sobre las aletas pélvicas; escamas pequeñas, con más de 12 hileras de escamas dorsales entre las estolas ..... 13
- 7a. Origen de la primera aleta dorsal sobre o posterior al ano (Fig. 3A,B) ..... 8
- 7b. Origen de la primera aleta dorsal anterior al ano y posterior a la aleta pélvica (Fig. 3C) ..... 11
- 8a. Escamas ausentes a lo largo del cleitro; dos hileras de escamas suborbitales; dos hileras de dientes en mandíbulas; origen de primera aleta dorsal más cercana al origen de la aleta anal que al ano; escamas lisas (Fig. 4A) ..... 9
- 8b. Escamas presentes a lo largo del cleitro; tres o cuatro hileras de escamas suboculares; uno o tres hileras de dientes en mandíbulas; origen de primera aleta dorsal más cercana al origen de ano que al origen de la aleta anal; presencia de escamas crenadas o crenuladas (Fig. 4B,C).....10
- 9a. Dientes mandibulares de tamaño normal con hilera interna de igual o mayor longitud que la hilera externa de dientes (Fig. 1A); vómer con tres parches de dientes o ninguno; menos de 40 branquiaspinas en brazo inferior del arco branquial (22-24 *orientalis* & *perugiae*; 26-30 *mirinensis*,

*bicudo, ledae, piquava*) ..... subgénero *Odontesthes*

9b. Dientes mandibulares pequeños con hilera interna de dientes más pequeños que los externos; vómer sin dientes; más de 45 branquispinas en brazo inferior del arco branquial (12-14+46-50) ..... *O. retropinnis*

10a. Escamas predorsales crenuladas (Fig. 4B); presencia de membrana pélvica entre rayos internos; dientes mandibulares aproximadamente del mismo tamaño, las de la hilera externa más grandes que de la hilera interna; embudo hemal bien desarrollado; 26 a 28 branquispinas en la rama inferior del primer arco branquial ..... *O. argentinensis*

10b. Escamas predorsales y de la estola crenadas (Fig. 4C); ausencia de membrana pélvica entre rayos internos; dientes mandibulares de diferentes tamaños, algunos caninos, sin diferencia entre hileras internas y externas; ausencia de embudo hemal; 22-26 branquispinas en la rama inferior del arco branquial ..... *O. incisa*

11a. Menos de 20 branquispinas (13-19) en la rama inferior del arco branquial; dientes vomerinos ausentes o en 3 parches; mandíbula inferior nunca prognata.....12

11b. Más de 30 branquispinas (32-38) en la rama inferior del arco branquial; dientes vomerinos presentes en un único parche medial; mandíbula inferior prognata en individuos grandes ..... *O. bonariensis*

12a. Ausencia de escamas en el cleitro; escamas solo en la mitad posterior del interoperculo; presencia de hileras de escamas entre los rayos de la aleta anal; mandíbula superior prognata y protrusión premaxilar dirigida ventralmente; dientes faríngeos molariformes; dientes vomerinos ausentes; ausencia de dientes en el endopterigoides; escamas grandes, menos de 10 hileras dorsales entre estolas.....*O. humensis*

12b. Presencia de escamas en el cleitro; escamas en todo el largo del interoperculo; ausencia de hileras de escamas entre los rayos de la aleta anal; mandíbulas iguales; dientes faríngeos no molariformes; vómer con 3 parches de dientes; presencia de dientes en el endopterigoides; escamas pequeñas, mas de 12 hileras de escamas dorsales entre estolas.....*O. platensis*

13a. Origen de primera aleta dorsal sobre mitad anterior de aleta pélvica; ausencia de embudo hemal; menos de 20 branquispinas en brazo inferior de primer arco branquial; base de último rayo de segunda aleta dorsal notablemente anterior al origen del último rayo de la aleta anal...*O. nigricans*

13b. Origen de primera aleta dorsal sobre mitad posterior de aleta pélvica; presencia de embudo hemal; más de 21 branquispinas en brazo inferior de primer arco branquial (excepto el subgénero *Cauque*); base de último rayo de segunda aleta sobre el origen del último rayo de la aleta anal....14

14a. Mandíbulas iguales y protrusión dirigida anteriormente; ausencia de hileras de escamas entre rayos de la aleta anal; dientes faríngeos no molariformes; presencia de dientes en el endopterigoides; embudo hemal del tipo 4 (Fig. 3C).....Subgénero *Austromenidia*.....15

14b. Mandíbula superior prognata y protrusión premaxilar dirigida ventralmente; presencia de hileras de escamas entre rayos de la aleta anal; dientes faríngeos molariformes; dientes endopterigoideos ausentes; embudo hemal del tipo 1 o 3 (Fig. 3A,C).....17

15a. Placa ventral del urohial reducido.....*O. smitti*

15b. Placa ventral del urohial expandido en forma ovalada .....16

16a. Cuatro hileras de escamas suborbitales; presencia de dientes vomerinos.....*O. regia*

16b. Tres hileras de escamas suborbitales; ausencia de dientes vomerinos.....*O. gracilis*

17a. Escamas con borde posterior liso; mas de 21 branquispinas en brazo inferior de primer arco branquial (21-27); embudo hemal sin arcos hemales modificados (tipo 1, ver Fig.).....*O. hatcheri*

17b. Escamas crenadas; menos de 20 branquispinas en brazo inferior de primer arco branquial (12-19); embudo hemal con expansiones del arco hemal del tipo 3 (ver Fig.)..Subgénero *Cauque*....18

18a. Escamas marcadamente crenadas en los costados del cuerpo.....*O. mauleanum*

18b. Escamas marcadamente crenadas solo en el pedúnculo caudal.....*O. brevianalis*

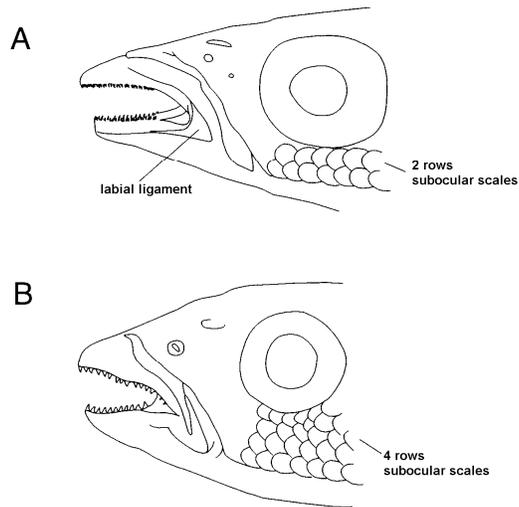


Figura 1. Vista lateral de la cabeza; A. *Odontesthes perugiae*, B. *Basilichthys semotilus*.

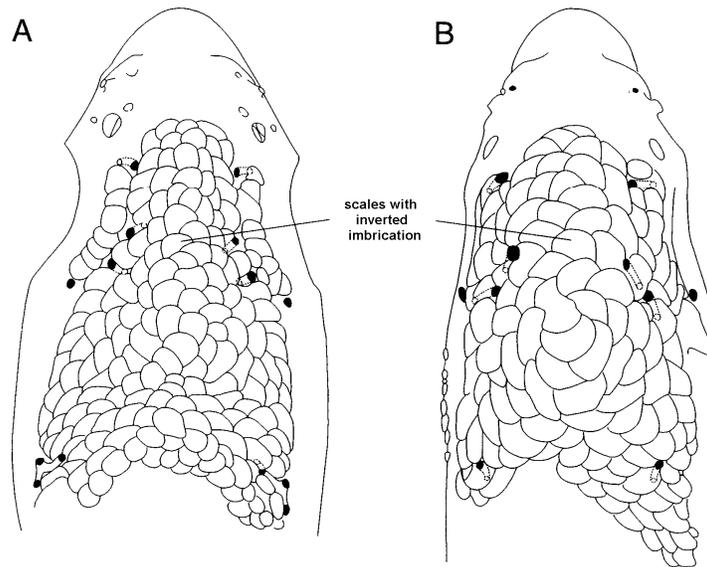


Figura 2. Vista dorsal de la cabeza de *Basilichthys*; A. *B. microlepidotus*, B. *B. semotilus*.

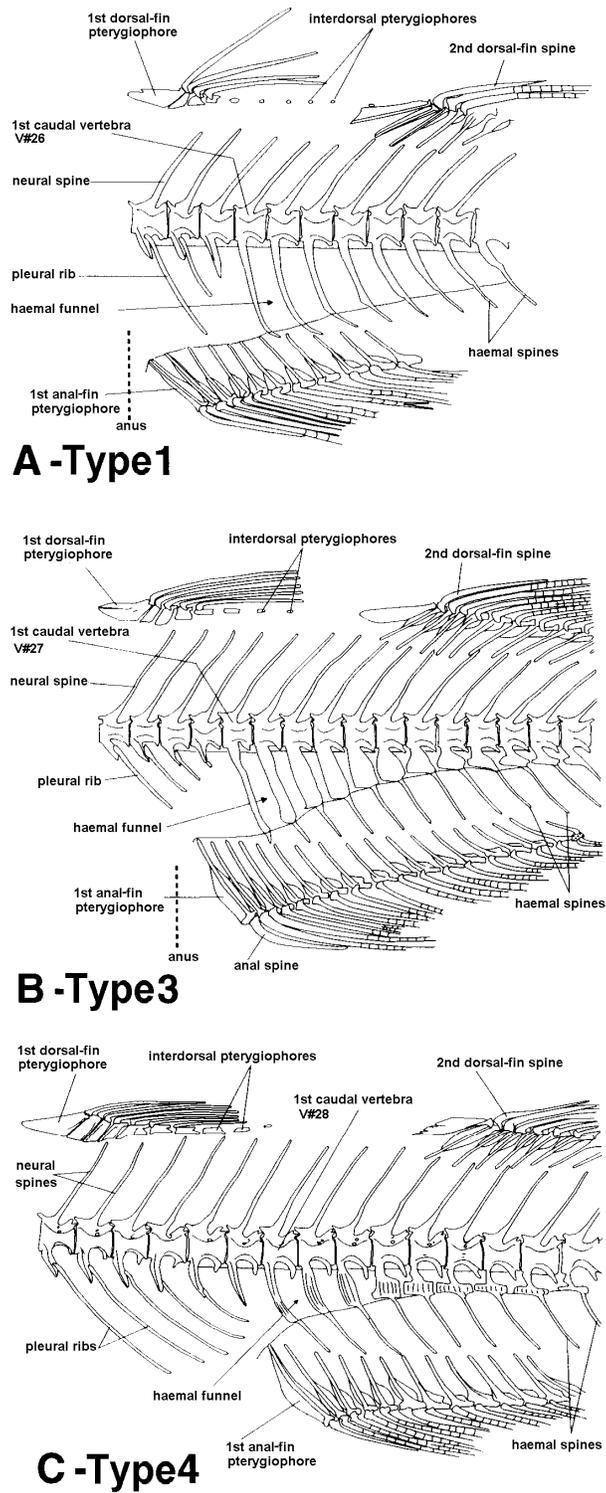


Figura 3. Vista lateral de aletas impares y esqueleto axial; A. *Odontesthes retropinnis*, B. *O. bonariensis*, C. *O. regia*.

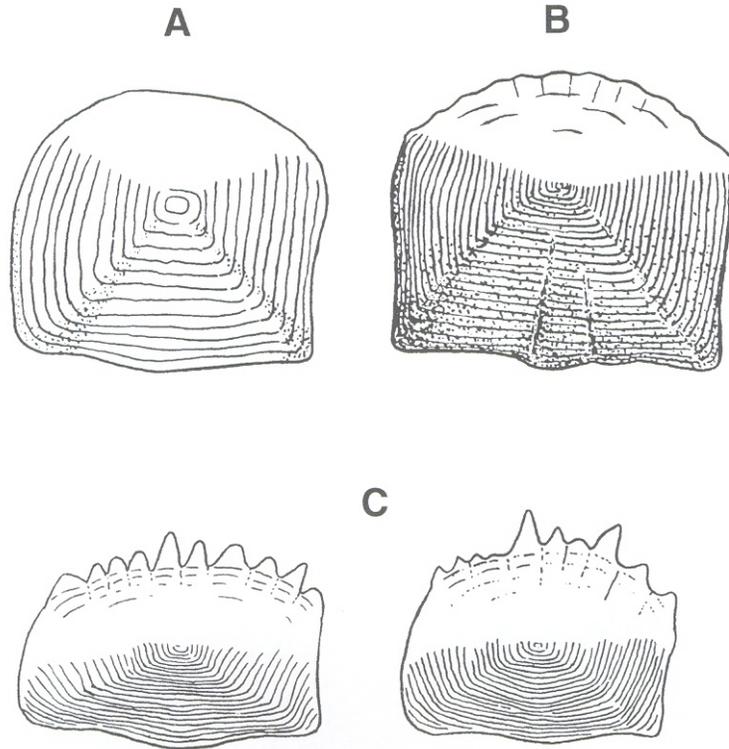


Figura 4. Escamas con borde posterior hacia arriba; A. *Odontesthes humensis*, liso, B. *O. argentinensis*, crenulada, C. *O. incisa*, crenada.

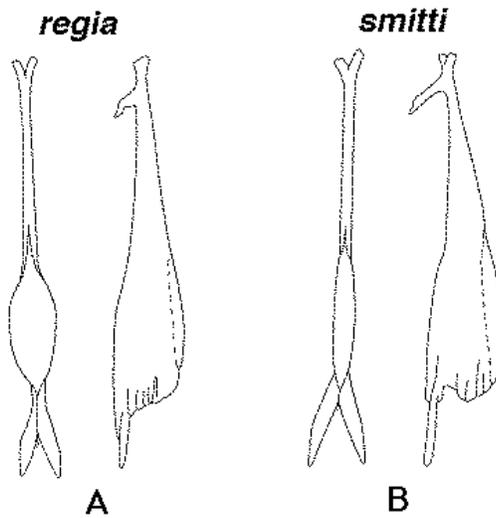


Figura 5. Vistas ventral y lateral del urohial; A. *Odontesthes regia*, B. *O. smitti*.