UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES



EL PEJERREY PATAGONICO Odontesthes hatcheri (EIGENMANN 1909) DEL EMBALSE EZEQUIEL RAMOS MEXIA: PARAMETROS DEMOGRAFICOS Y DINAMICA POBLACIONAL

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL TITULO DE DOCTOR DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES EN EL AREA DE CIENCIAS BIOLOGICAS

AUTOR: ALEJANDRO A. DOMANICO

DIRECTOR: LAUCE R. FREYRE

LUGAR DE TRABAJO INSTITUTO DE LIMNOLOGIA DR. RAUL RINGUELET (ILPLA) AREA ECOLOGÍA DE POBLACIONES.

Mayo de 2006

EL PEJERREY PATAGONICO Odontesthes hatcheri (EIGENMANN 1909) DEL EMBALSE EZEQUIEL RAMOS MEXIA: PARAMETROS DEMOGRAFICOS Y DINAMICA POBLACIONAL

JURADOS

EL PEJERREY PATAGONICO *Odontesthes hatcheri* (EIGENMANN 1909) DEL EMBALSE EZEQUIEL RAMOS MEXÍA: PARAMETROS DEMOGRAFICOS Y DINAMICA POBLACIONAL

Resumen

El objetivo de esta tesis es estimar los principales parámetros demográficos de la población del pejerrey patagónico Odontesthes hatcheri del embalse Ezequiel Ramos Mexía. El crecimiento fue estudiado a través de dos métodos independientes, (1) lectura de escamas y (2) análisis de cohortes (método de Petersen). Las estimaciones de ambos métodos fueron comparadas entre sí y con las obtenidas en poblaciones de otros ambientes patagónicos. El estudio de la reproducción permitió determinar la época de desove, la fecundidad y la talla de primera madurez. Se calcularon las principales relaciones morfométricas entre la longitud total (L_i), el peso (W) y la longitud de la cabeza (L_c) y se estimaron indicadores del estado poblacional como el índice de condición (K_n) y el cefálico (I_c). El análisis del comportamiento y selectividad de las artes de pesca experimentales posibilitó estimar las densidades relativas y en consecuencia describir el crecimiento y la supervivencia. La producción neta total se calculó por integración en el diagrama de Allen. Los resultados del presente trabajo permitieron confeccionar una tabla de vida para la población bajo estudio.

Con la información obtenida se elaboró un modelo de dinámica-poblacional y se lo simuló a diferentes presiones hipotéticas de pesca. Este modelo podría ser utilizado como una herramienta para el desarrollo ordenado y manejo de una eventual pesquería a implementar sobre este recurso.

Palabras claves: *Odontesthes hatcheri*, embalse patagónico, parámetros demográficos, dinámica poblacional.

THE PATAGONIC SILVERSIDE Odontesthes hatcheri (EIGENMANN 1909) FROM THE EZEQUIEL RAMOS MEXÍA RESERVOIR: DEMOGRAPHIC PARAMETERS AND POPULATION DYNAMICS

Abstract

The aim of the present Thesis is to estimate the main demographic parameters of the population of the patagonic silverside *Odontesthes hatcheri* from the Ezequiel Ramos Mexía reservoir. Two independent methods for estimating growth were applied, (1) reading of scales and (2) analysis of cohorts (Petersen's method), being both compared with each other and with the growth of populations from different patagonic environments. Studies on reproduction allowed to determinate the species spawning period, as well as its fecundity and the size of its first maturity. The main morphometric relationships between total length (L_t), weight (W) and cephalic length (L_c) were calculated, and the indicators of the population status like the condition index (K_n) and the cephalic index (C_t), were estimated. The analysis of the behavior and selectivity of the experimental fishing gears allowed to estimate the relative densities and consequently to describe the growth and the survival rate. The total net production was calculated by an integration Allen's diagram. Based on the estimated set of parameters, a life table for the species population was made.

With the information obtained, a model of population dynamics was elaborated and then simulated at different hypothetical fishing pressures. This could be useful for the orderly development and management of a future silverside fishery.

Key words: *Odontesthes hatcheri*, patagonic reservoir, demographic parameters, population dynamics.

Agradecimientos

Agradezco a las siguientes Instituciones por el apoyo recibido: Comisión de Investigaciones de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Instituto de Limnología "Dr. Raúl Ringuelet" (ILPla), ex-HIDRONOR S.A., Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", INIDEP (Instituto Nacional de Investigaciones y Desarrollo Pesquero), CONICET y a la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas).

En cuanto a lo personal, antes de comenzar a agradecer, debo comentar que fueron muchas las personas que me acompañaron desde que me inicie en el campo de la biología hasta el presente y las mismas fueron de algún modo participe de esta tesis y de mi formación profesional. En primer lugar me gustaría mencionar a mi director Lauce Freyre por depositar su confianza en mí y por su cuestionamiento permanente que hizo que las cosas se resuelvan de una y más maneras. A Aldo Torno quien fue mi primer Jefe y amigo, el ya no esta entre nosotros pero el recuerdo de el es imborrable. Al Doctor Carlos Guerrero gran compañero y amigo, fue el que me brindó la primera posibilidad de iniciarme en estudios de peces. A mis colegas del P.E.E. Guillermo López, Ricardo Ferriz con quien navegamos gran cantidad de horas y compartimos muchas horas de campaña y de laboratorio. A Salvador Trubiano, pescador de los de antes. A mis compañeros de laboratorio del ILPla Miriam Maroñas, Eduardo Sendra y Sara Mollo, por su incesante aliento. A caco Ricardo Delfino Schenke gran amigo y compañero de muchas campañas, travesías, informes, viajes y demás cuestiones. A Alberto Espinach Ross, Sara Sverlij y Carlos Fuentes compañeros del INIDEP. A Graciela Esnal por las recomendaciones recibidas. Al Dr. Rolando Quirós y a la Dra. Laura Luchini por sus sugerencias A mis colegas Dres. Darío Colautti y Claudio Baigún por su apoyo. Al Dres. Alberto Rodríguez Capítulo, Miguel Di Siervi, Nora Gómez y a Claudio Della Croce por el apoyo brindado.

En especial a mis padres Rubén y Delia dos personas extraordinarias, que ya no están pero que se pondrían muy contentos y orgullosos con la realización de esta tesis.

A mis hermanos Mirta, Rubén, Pablo y Aníbal por el aliento y ruegos para que concluyera con este trabajo. Y al recuerdo de mi Tia Titina.

No puedo dejar de mencionar nuevamente a mi esposa Maria Isabel y a mis hijos Hernán y Eugenia sin ellos no podría haber llegado a concluir esta tarea.

A mi esposa Maria Isabel, y a mis hijos Hernán y Eugenia

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción General	11
Capítulo 1. Características generales del área de estudio	23
1.1 Descripción del área de estudio: características ambientales	
(geología, hidrografía, clima, parámetros-físicos) del embalse	
Ezequiel Ramos Mexía	24
1.2 Principales comunidades bióticas del embalse	
Ezequiel Ramos Mexía	30
Capítulo 2. Características de los muestreos	24
2.1 Artes de muestreo y puntos de muestreo	
2.2 Tratamiento de los ejemplares, en el campo y en el laboratorio	35
húmedohúmento de los ejemplares, en el campo y en el laboratorio	36
2.3 Composición de las capturas	
2.3 Composición de las capturas	
Capítulo 3. Relaciones morfométricas	39
3.1 Introducción	
3.2 Materiales y métodos	
3.2.1 Relación Longitud total (L_t) vs. peso (W)	43
3.2.2 Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud estándar (L_{est})	43
3.2.3 Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud Cabeza (L_c)	44
3.2.4 Indices morfométricos	44
3.2.4.1 Factor de condición (K)	44
3.2.4.2 Indice cefálico	45
3.3 Resultados	46
3.3.1 Relación Longitud total (L_t) vs. peso (W)	46
3.3.2 Comparación con otros resultados	
3.3.3 Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud Cabeza (L_c)	
3.3.4 Factor de Condición (K)	
3.3.5 Indice cefálico (<i>I_c</i>)	
3.4 Discusión y Conclusiones	
One's In A. Danier Land's	00
Capítulo 4. Reproducción	
4.1 Introducción	
4.2 Materiales y Métodos	
4.2.1 Epoca de desove	
4.2.2 Fecundidad absoluta	
4.2.3 Fecundidad relativa	
4.2.4 Edad o talla de primera madurez sexual	
4.2.5 Proporción de sexos	
4.3 Resultados	
4.3.1 Epoca de desove	
4.3.2. Federal a talla de primara maduraz covuel	
4.3.3 Edad o talla de primera madurez sexual	19

4.3.4 Proporción de sexos	81
4.4 Discusión y conclusiones	82
Capítulo 5. Selectividad de redes agalleras	85
5.1 Introducción	
5.2 Materiales y Métodos	90
5.2.1 Características de las redes agalleras	
5.2.2 Obtención de datos y corrección de las capturas	
5.2.3 Cálculo de la probabilidad de retención	
5.2.4 Cálculo de la probabilidad de encuentro	
5.2.5 Cálculo del coeficiente de capturabilidad	
5.3 Resultados	
5.3.1 Probabilidad de Retención	
5.3.2 Probabilidad de Encuentro	109
5.3.3 Coeficientes de selectividad	
5.3.4 Distribución de Tallas	114
5.4 Discusión y conclusiones	
Capítulo 6. Crecimiento	118
6.1 Introducción	
6.2 Análisis del Crecimiento y determinación de la edad a través de	la lectura
de escamas	
6.2.1 Materiales y Métodos	
6.2.1.1 Tratamiento y lectura de las escamas	
6.2.1.2 Estimación de radios medios	
6.2.1.3 Retrocálculo de tallas	
6.2.1.4 Periodicidad en el marcado de la escama y adjudicación de	
6.2.1.5 Ajuste al modelo de Bertalanffy para todos los datos y por se	xos127
6.2.2 Resultados	
6.2.2.1 Estimación de radios medios	129
6.2.2.2 Retrocálculo de tallas	
6.2.2.3 Incremento marginal y asignación de la época de marcación.	133
6.2.2.4 Ajuste al modelo de Bertalanffy para todos los datos y diferer	nciado por
sexos	
6.3 Análisis del Crecimiento y determinación de la edad a través del	análisis
de frecuencia de tallas y de la progresión de modas (A.P.M.)	143
6.3.1 Materiales y Métodos	
6.3.1.1 Selección del universo de los muestreos	
6.3.1.2 Descomposición de las distribuciones de la captura	144
6.3.1.3 Ajuste al modelo de von Bertalanffy a las tallas medias	
6.3.1.4 Crecimiento en peso y curva estacionalizada	
6.3.2 Resultados	146
6.3.2.1 Selección del universo de muestreo	
6.3.2.2 Curva de Bertalanffy para todos los datos	151
6.3.2.3 Crecimiento en peso	
6.3.2.4 Curva de crecimiento estacionalizado en longitud y en peso	152
6.4 Comparación de métodos	

6.4.1 Verificación de validez de ambos métodos	154
6.5 Discusión y conclusiones	157
Capítulo 7. Mortalidad, Supervivencia y Producción Neta	160
7.1 Introducción	
7.2 Materiales y Métodos	
7.2.1 Estimación de la Mortalidad y Supervivencia	
7.2.2 Otros métodos para estimar la mortalidad:	
7.2.3 Estimación de la numerosidad en el área muestreada por las	
agalleras	
7.2.4 Biomasa	
7.2.5 Producción Neta	
7.3 Resultados	
7.3.1 Mortalidad y Supervivencia	
7.3.2 Comparación con otros métodos	
7.3.3 Estimación de la numerosidad en el área muestreada	
7.3.4 Producción Neta	
7.4 Discusión y conclusiones	
7.1. Bloodolotty consideration	
Capítulo 8. Dinámica Poblacional	188
8.1 Introducción	
8.2 Materiales y Métodos	
8.2.1 Confección de la tabla de vida	
8.2.2 Cálculo de la producción neta	
8.2.3 Evolución de las capturas con datos de AIC	
8.2.4 Evolución de los datos de las capturas y la cota del embalse p	
aportados por la AIC y los estimados en el presente trabajo	
8.2.5 Modelo de simulación por medio de diferentes presiones pes	
8.2.6 Definición del modelo de población del pejerrey patagónico el	
embalse Ezequiel Ramos Mexía	196
8.2.7 Evaluación del rendimiento pesquero	197
8.3 Resultados	
8.3.1 Tabla de vida y producción neta por estación	197
8.3.2 Evolución de las capturas con datos de AIC	203
8.3.3 Evolución de los datos de las capturas (pesos medios) y la co	ta, para
datos aportados por la AIC y los estimados en el presente trabajo	205
8.3.4 Modelo de simulación del pejerrey patagónico para el embals	e Ezequiel
Ramos Mexía, ante diferentes presiones de pesca	207
8.3.5 Evaluación del rendimiento pesquero	212
8.4 Discusión y conclusiones	213
Capítulo 9. Consideraciones finales	216
Bibliografía	220

Introducción General

Desde el origen de la humanidad las orillas de los ríos fueron los lugares preferidos para el establecimiento de asentamientos humanos. Muchas de las más antiguas civilizaciones surgieron sobre fértiles llanuras anegadizas, y desde unos 500 años antes de nuestra era, cuando tuvieron lugar las primeras colonizaciones sistemáticas del Nilo, de Mesopotamia, del Indo y de los ríos chinos, el hombre se ha esforzado constantemente por dominar los regímenes hidrológicos en beneficio de la agricultura. La civilización romana y más tarde la de Europa occidental construyeron represas en muchos ríos menores para obtener energía hidráulica. En muchas de las partes más áridas del mundo se condicionaron las corrientes de los ríos y arroyos con fines de riego. Estas tendencias se acentuaron a través del tiempo, hasta que las actuales obras de construcción de represas, desvíos y canalizaciones han dejado pocos cauces de ríos inalterados en el mundo (Welcomme, 1985).

Las comunidades de peces de los ríos han sido objeto de la pesca probablemente desde las primeras etapas de ocupación del hombre en los valles. Prácticamente no hay cultura que, teniendo acceso a un ambiente acuático, no haya aprovechado para su beneficio los organismos que allí habitan.

La pesca frente a otras actividades como la agricultura y la ganadería, no ha tenido en términos generales una evolución muy avanzada. En este sentido se puede decir que se encuentra en un estado incipiente en cuanto a su desarrollo tecnológico-industrial, encontrándonos en una etapa de "hombre recolector", sin menospreciar los avances significativos que se han conseguido en actividades como la piscicultura y el mejoramiento genético.

La pesca en aguas continentales representa una proporción menor respecto de las capturas totales registradas, pero tiene importancia desde el punto de vista regional. Las estadísticas pesqueras publicadas por la FAO (Food and

Agriculture Organization of the United Nations) en el 2003, nos señalan que las capturas mundiales entre los años 1995 al 2001, no muestran una tendencia en ambientes marítimos, pero si es observada en las capturas que se realizan en aguas continentales, en donde se evidencia un incremento que va de 7,86 % en 1995 a 9,41% de 2001 de la captura total (Tabla I.1.). Es de considerar, sin embargo que la captura en áreas de pesca marítima es mayor y representa un 91% de la pesca total. (Tabla I.1.).

Tabla I.1.: Estadísticas Pesqueras de la FAO (2003).

AÑOS							
1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
		Captura '	Total Mundi	al en mt			
92.301.906	93.750.402	94.215.594	87.593.312	93.601.896	95.439.820	92.356.034	
Capturas en aguas continentales							
7.263.906	7.427.541	7.562.466	8.043.505	8.513.361	8.788.721	8.692.758	
7.86 %	7.92%	8.03%	9.18%	9.1%	9.2%	9.41%	
Capturas en áreas de pesca marítima							
85.038.047	86.322.861	86.653.128	79.549.807	85.088.535	86.651.099	83.663.276	
92.14%	92.08%	91.974%	90.82%	90.905%	90.8%	90.59%	

Gran parte de la pesca continental actual procede de los ríos o de las zonas temporalmente inundadas por ellos, especialmente en América Latina y Asia sudoriental, donde los grandes lagos son raros. El aumento del número de usos de los ríos en competencia con la pesca ha hecho que desaparezcan algunas pesquerías muy antiguas, mientras que otras están en vías de extinción.

La situación de la pesca en la Argentina muestra una tendencia a incrementarse a lo largo de los últimos años, 11.227 tn. en el año 1992 a 23.980 tn. en el año 2001. Gran parte provienen de los ríos en especial los que pertenecen a la cuenca del Plata. Tabla I.2., y Figura I.1.

Tabla I.2.: Capturas totales en la Argentina en tn. (FAO 2003).

AÑOS									
1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CAPTURA TOTAL en la ARGENTINA en tn.									
11.227	11.800	12.785	17.191	19.189	22.735	23.197	27.558	30.418	23.860

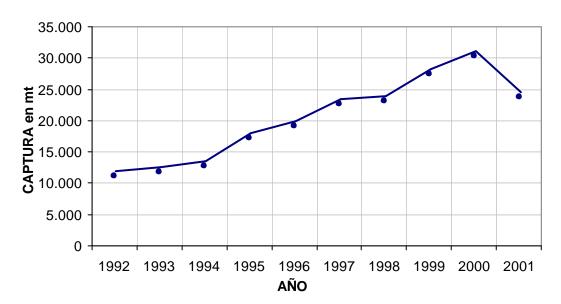


Figura I.1.: Variación de la captura total en tn. en la Argentina (FAO 2003)

Un hecho destacable es el papel social y económico que juegan las pesquerías en aguas continentales, tanto en términos de empleo, provisión de alimentos como en recreación y es indudablemente mayor de lo que refleja su participación en la captura pesquera total.

Aporte de la pesca deportiva y/o recreacional.

En el caso de la pesca deportiva, si bien existe el conocimiento que esta actividad constituye una fuente de ingresos económicos importante para la zona o región, no se dispone sino de cifras aproximadas que den cuenta de su

verdadero impacto regional. Vigliano *et al.* (1996) estimaron que, solamente esta actividad en el área de San Carlos de Bariloche, generaría unos \$8.000.000 anuales, lo cual indica la importancia que estas pesquerías poseen en términos del movimiento económico y sugiere, en definitiva, la conveniencia de invertir esfuerzos en la evaluación, desarrollo y manejo de la ictiofauna y los recursos pesqueros.

En general, los estudios sobre las comunidades ícticas de los ríos han sido posteriores a los dedicados a lagos y embalses. La preocupación práctica por la ordenación de los ríos para la pesca empezó a fines del siglo XIX en América del Norte y en Europa y produjo investigaciones en las aguas de esas regiones en favor de programas de repoblación y de mejoramiento físico, principalmente en beneficio de la pesca deportiva de salmónidos (Welcomme, 1985).

El aumento de la presión pesquera ejercida por el hombre trajo aparejado una serie de problemas entre ellos la disminución de los *stocks* pesqueros en algunas regiones del mundo. Esto fue motivo para que algunos biólogos a fines del siglo XIX y principios del XX trataran de explicar estos fenómenos y brindar soluciones, originándose una rama de la ciencia que se le llamó biología pesquera.

El objetivo básico de la biología pesquera es brindar a los pescadores y a los administradores de la pesca, respuestas a las preguntas de **donde**, **cuando** y **como** pescar y **cuanto** puede extraerse. Las tareas del biólogo pesquero incluyen por lo tanto, entre otras, la identificación de los recursos, la descripción de su distribución, la estimación de su abundancia, el estudio de las relaciones entre la distribución y la abundancia con las características ambientales y el comportamiento de los recursos ante la explotación pesquera. Asimismo, es de sumo interés abordar el estudio de la biología, la estructura y la dinámica de ciertas poblaciones, para obtener así estimaciones más precisas de los niveles de explotación que permitan maximizar los rendimientos de manera sostenible en

el tiempo y eventualmente el desarrollo de prácticas para la potenciación de los recursos pesqueros, tales como el manejo del hábitat y el repoblamiento.

En el caso de los recursos acuáticos continentales y en especial los referidos a la Patagonia se tiene un conocimiento parcializado. Las poblaciones de peces no han sido aún suficientemente evaluadas, y en el caso de ciertas especies nativas, no se les ha adjudicado un valor ecológico y económico suficiente. Así no se les prestó debida importancia a las posibilidades económicas y de desarrollo que poseen las pesquerías comerciales o deportivas (Bonetto *et al.,* 1990). La existencia de explotación comercial en unos pocos lagos, como son los lagos Cardiel, Buenos Aires y Pellegrini, o el desarrollo temporario de una pesca de tipo artesanal en los lagos Musters y Colhué Huapí, no fue suficiente para reconocer el potencial económico de estos ambientes en la región. (Baigún, 2001).

Principales antecedentes sobre la Ictiofauna Argentina y Patagónica de aguas continentales.

En la literatura existen trabajos relevantes sobre sistemática, zoogeografía y diversidad de peces dulceacuícolas en la Argentina y varios de ellos se refieren a especies pertenecientes a la región Patagónica:

En primer lugar el estudio de Ringuelet *et al.* (1967) sobre sistemática de peces, constituye uno de los tratados pilares que analiza los peces de aguas dulces, en la Argentina, posteriormente Ringuelet (1975), describe los aspectos zoogeográficos de los peces argentinos. Recientemente, López *et al.* (2003) realizan un listado comentado de peces continentales y Menni (2004) describe las especies de peces y ambientes, que habitan en la Argentina continental. En la Patagonia, Arratia *et al.* (1983), analizaron la diversidad de peces de esta región. Del Valle y Núñez (1990), Ortubay *et al.* (1994) y Miguelarena *et al.* (1997),

describieron los peces del Neuquén. Ferriz *et al.* (1998), realizaron una revisión de la bibliografía de los peces continentales patagónicos. Bello y Ubeda (1998), describieron el estado de conservación de los peces de agua dulce de la Patagonia y Bello (2002), presenta un listado de localidades para los peces nativos de la Patagonia.

Los estudios realizados hasta la actualidad, sobre peces patagónicos continentales, han cubierto varios aspectos importantes de su biología y ecología. El desarrollo de estos trabajos siguió, de algún modo, las tendencias históricas observadas en el estudio de peces en aguas continentales de la Argentina. Inicialmente predominaron las contribuciones sobre la zoogeografía y sistemática de peces nativos y exóticos, para luego agregarse estudios sobre ecología y diversos aspectos biológicos. Un análisis histórico de la realización de trabajos sobre peces patagónicos, tomando como base el trabajo de recopilación realizado por Ferriz *et al.* (1998), indican que a partir de 1980, se produce un aumento importante de la producción científica sobre la ictiología de la región (Baigún, 2001).

Se presenta a continuación una revisión de varias de las contribuciones más significativas relacionadas con aspectos ecológicos y biológicos, del pejerrey patagónico en lagos, embalses y ríos de la Patagonia, y que brindan un panorama global sobre el conocimiento que se posee en la actualidad:

a) Ecología trófica

Entre los principales estudios sobre este tema se encuentran los realizados por Grosman (1993-1994) quien analizó la interacción trófica entre *Oncorhynchus mykiss, Percichtys trucha* y *Odontesthes hatcheri* en la laguna Terraplén. De esta última especie y en este mismo ambiente, Grosman y Rudzik (1990) determinaron previamente los componentes de su dieta. Otros estudios sobre alimentación de pejerrey han sido desarrollados en la laguna Ñe-Luán por Baiz *et al.* (1982,1983) y Bello *et al.* (1991a) y en el embalse Ramos Mexía por Ferriz (1987). A su vez

Cervellini et al. (1993) investigaron la dieta de la especie en sus estadios larvales y juveniles. Macchi et al. (1997b), consideraron la dieta de especies autóctonas y exóticas del lago Gutiérrez y Macchi et al. (1997a), presentaron resultados sobre características tróficas en ambos grupos de especies que habitan en los embalses del río Limay. Ferriz (1993-94) dio a conocer los resultados de alimentación de *P. trucha*, *O. hatcheri*, *O. mykiss* y *S. trutta* en el río Limay. Macchi et al. (1999), consideraron la interacción entre especies nativas y exóticas en varios ambientes del norte de la Patagonia. Recientemente Ruiz (2002), analizó los componentes de la dieta del pejerrey patagónico en el embalse Florentino Ameghino (Chubut).

b) Edad y crecimiento

Guerrero y Dománico (1989 y 1992), determinaron la edad y estudiaron el crecimiento del pejerrey patagónico *Patagonina hatcheri* en el embalse Ezequiel Ramos Mexía y en el embalse compensador Arroyito respectivamente. Grosman (1991 y 1993) evaluó los parámetros de crecimiento de *O. hatcheri* en la laguna Terraplén, a través de varios métodos, Cataldo (1989) halló los parámetros de crecimiento para los lagos Musters, Rosario, Terraplén y el embalse Ramos Mexía. En juveniles de pejerrey patagónico, se destacan los trabajos de Alonso *et al.* (1993) y Fernández *et al.* (1997) y en larvas de esta especie, puede mencionarse el de Battini *et al.* (1995). Freyre analizó en el embalse Alicurá (1991) los aspectos demográficos y describió la dinámica poblacional de las especies autóctonas y exóticas que lo habitan, entre ellas al pejerrey patagónico. Bello *et al.* (1991b) estudiaron el crecimiento diferencial en distintos ambientes de la provincia de Río Negro. Posteriormente Ruiz (2002) estudió el crecimiento de *O. hatcheri* mediante la utilización de otolitos, en el embalse F. Ameghino.

c) Estructura de tallas

Baigún y De Nichilo (1985) determinaron las estructuras de tallas para *P. trucha, P. colhuapiensis y O. hatcheri* en varios ambientes patagónicos.

d) Desplazamientos y movimientos migratorios

Se puede mencionar el trabajo de Cussac *et al.* (1992), que han estudiado los desplazamientos intralacustrinos de juveniles de *G. maculatus* y *O. hatcheri*.

e) Reproducción y desarrollo embriológico

Las características sobre el desarrollo embriológico de *O. hatcher*i fueron considerados por Battini y Cussac (1997) y Ruiz (2002) analizó la biología reproductiva de los pejerreyes en el embalse F. Ameghino.

f) Relación de abundancia de peces con factores ambientales

Quirós *et al.* (1986 a y b) establecieron los factores ambientales que condicionan la estructura de la comunidad de peces en lagos de diferente estado trófico y Quirós (1988 y 1990) y Quirós *et al.* (1988), realizaron predicciones de biomasa en lagos y embalses de la Argentina.

g) Evaluaciones de abundancia y biomasa

Baigún y De Nichilo (1985) determinaron valores de biomasa relativa de *P. trucha, P. colhuapiensis* y *O. hatcheri* en los lagos Musters, Colhue Huapí, laguna Esquel, embalse Ameghino y laguna Las Chultas. Asimismo. Quirós y Baigún (1986) obtuvieron valores de captura por unidad de esfuerzo de la comunidad de peces en ambientes patagónicos. Dománico y Cavanna (1987), realizaron un análisis de las capturas en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. Guerrero *et al.* (1989), estudiaron las variaciones en la composición de las capturas en un embalse norpatagónico. A su vez Grosman (1991) utilizó métodos alternativos de captura en *O. hatcheri*. En el lago Moreno, Alonso *et al.* (1995) establecieron las variaciones estacionales de captura y biomasa de *O. mykiss* y *O. hatcheri*.

Vigliano *et al.* (2001), realizaron evaluaciones ícticas en los lagos Moreno Este, Oeste y Morenito (Río Negro), mediante el uso de redes enmalladoras.

h) Estudios sobre selectividad y características de artes de captura
Baigún y De Nichilo (1985) dieron a conocer resultados sobre parámetros de
selectividad y características de una batería estandarizada de enmalladoras para
O. *hatcheri* en el lago Rosario. Estudios posteriores analizaron la selectividad de
las redes agalleras para el pejerrey patagónico (Cavanna y Dománico, 1987).

i) Otros estudios

Por otra parte, merecen citarse los estudios sobre parasitismo realizados por Ortubay *et al.* (1989), Viozzi (1993) y Ortubay *et al.* (1994).

Objetivos del Proyecto

En el marco del convenio llevado a cabo entre Hidronor S. A. y el Museo de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" tuvo lugar un proyecto denominado "Plan de Estudios Ecológicos de la cuenca del Río Negro P.E.E.C.R.N.", cuyo objetivo fue el de evaluar el impacto de las represas ubicadas en el río Limay y Neuquén sobre las distintas comunidades bióticas y estudiar la dinámica de los peces que habitan en ambientes nuevos.

Una de las tareas de este proyecto se centró en evaluar las poblaciones de peces que habitan en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. Como parte del mismo se focalizó el estudio del pejerrey patagónico (*Odontesthes hatcheri*).

Objetivos de la Tesis

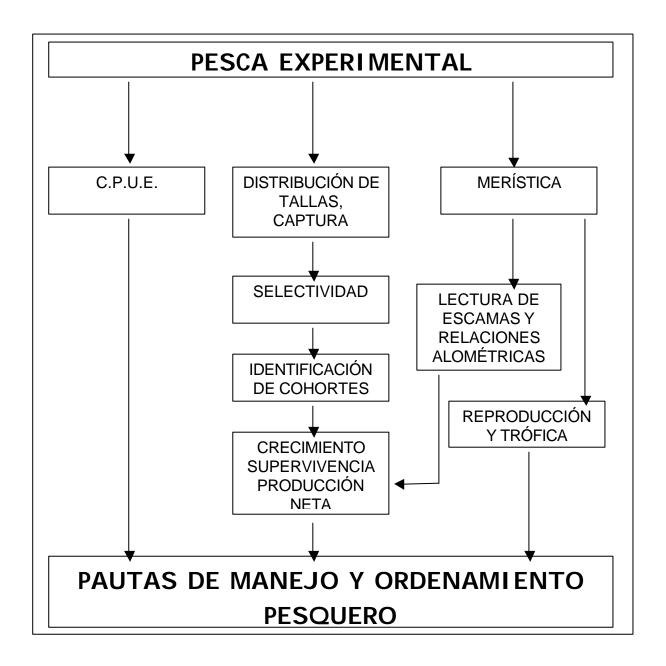
El objetivo de esta tesis es estimar los principales parámetros que describen el crecimiento, la fecundidad y la mortalidad de la población del pejerrey patagónico perteneciente al embalse Ezequiel Ramos Mexía, y elaborar, sobre la base de los datos alcanzados, un modelo de la dinámica de la población. La información y resultados obtenidos podrían ser usados como herramientas para el desarrollo ordenado y manejo de una eventual pesquería a implementar sobre este recurso en este ambiente en particular. Un diagrama de las variables a medir se encuentra resumido en el cuadro I.1.

Objetivos parciales

 Analizar el comportamiento y selectividad de las artes de pesca experimental utilizadas para describir y estimar aquellos parámetros y atributos poblacionales de interés para desarrollar pautas de manejo pesquero.

- Estimar aquellos parámetros poblacionales que resulten sensibles a las condiciones bióticas y abióticas en los ambientes y que puedan ser utilizados como elementos diagnósticos para el manejo de las pesquerías (crecimiento, mortalidad o supervivencia y reproducción).
- Validar el uso de las metodologías propuestas para la determinación de la edad y la abundancia relativa, a través de la comparación de los resultados obtenidos sobre crecimiento, por dos métodos independientes entre sí.

Cuadro I.1.: Diagrama de las variables a medir donde se exponen los objetivos parciales y el objetivo final.



Capítulo 1

Características generales del área de estudio

1.1.- Descripción del área de estudio: características ambientales (geología, hidrografía, clima, parámetros-físicos) del embalse Ezequiel Ramos Mexía

Los embalses "lagos de represas" ("man-made lakes") poseen características que les son propias, entre ellas se pueden mencionar que éstos son ecosistemas intermedios entre un río y un lago. Por la asimetría de la represa a lo largo de su eje, la cola retiene muchas características del río, la menor profundidad, la extensión de la turbulencia y el predominio del transporte horizontal. En tanto hacia la presa, donde la sección transversal del valle inundado es mayor, aparece la posibilidad de la estratificación térmica, química y biológica, que acompaña la adquisición de muchas otras características generales de los lagos. En relación con estas diversas características la estratificación probable y el régimen del embalse, éste puede diferir profundamente de lo que sería esperable en un lago de dimensiones comparables.

El carácter efímero de los lagos queda reforzado en los embalses. La acumulación de sedimentos es rápida y la duración de su vida es breve, a escala geológica. En este sentido, la relación entre la cuenca y el embalse es obvia, y el embalse depende de su cuenca en la misma intensidad que los ríos que la alimentan.

"Desde el punto de vista ecológico general, la construcción de embalses es menos criticable que muchas otras actividades humanas. En realidad hacen más regular y lento el flujo del agua, por lo tanto, ha de conducir a una estabilización de los ecosistemas. Además proporcionan energía "limpia", derivada de la que se degrada naturalmente en el sistema atmósfera/hidrósfera, y pueden tener influencia positiva sobre la calidad del clima, aunque sea pequeña" (Margalef, 1983).

El embalse Ezequiel Ramos Mexía fue construido por endicamiento del río Limay en el año 1972. Este se encuentra ubicado entre los 39º 15' y 39º 40' S y los 68º

40' y 68° 20' O (Provincias del Neuquén y Río Negro, Argentina). En primer lugar, la finalidad de este embalse es la de proporcionar energía hidroeléctrica; en segundo término, la de servir de reservorio de aguas y eventualmente regular crecidas del caudal del río Limay y por último la de utilizar el agua con fines de riego.

Los principales parámetros morfométricos del embalse se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1.: Parámetros morfométricos (Land de Castello, 1981 y Mariazzi et al., 1991).

Superficie	816 km ²
Volumen a cota 381 m.s.n.m.	20,200 hm ³
Profundidad máxima	60 m
Profundidad media	24,7 m
Longitud máxima	59,5 km.
Ancho máximo	13,7 km.
Línea de costa	346 km.
Desarrollo de línea de costa	3,4
Área de la cuenca	24200 km^2
Tiempo de residencia media	365 días

Geología

El valle del río Limay esta formado por un gran porcentaje de gravas de guijarros clásticos, con un diámetro de 1 a 3 cm y 30 % de arena. El espesor del manto varía entre 10 a 30 metros. La sucesión estratigráfica de la región alrededor del lago esta compuesta por tres clases de sedimentos: 1) Sedimentos cretácicos, emergiendo sobre ambos lados del embalse en un camino continuo; están formados por rocas de arena, arena arcilla-aluvial, rocas sedimentarias y arcillas; la arcilla es del grupo montmorillonita con baja permeabilidad. 2) Sedimentos modernos, formados por conglomerados polimícticos de granulometría variable,

con clastos no más grandes de 10 cm de diámetro, arena y matriz arcillosa y 3) Sedimentos recientes, de arena fina a muy fina, formando dunas de hasta 7 metros de alto, predominantemente en el noreste del lago, (Mariazzi *et al.,* 1991).

La vegetación del valle es del tipo estepa arbustiva, predominando dos especies de jarilla, *Larrea divaricata* y *Larrea cuneifolia* y una de algarrobo *Alpataco sp.*, (González Arzac, 1985).

Hidrografía

La mayoría de las cuencas hídricas patagónicas vierten sus aguas al Océano Atlántico, pero existe un grupo de ríos que desemboca en el Pacífico. Los ríos que pertenecen a la vertiente Atlántica, tienen su origen en el faldeo oriental de la cordillera, con sus cabeceras integradas en redes dendríticas de grandes dimensiones, que ocupan una superficie de 272.400 km². A medida que abandonan el ambiente montañoso para internarse en la meseta tienen menos afluentes y se transforman en ríos alóctonos de fuerte corriente. La mayoría de los ríos se alimenta del deshielo de las altas cumbres durante el verano, mientras que en otoño e invierno lo hacen de las abundantes precipitaciones en la cuenca superior. A este tipo de régimen hidrológico mixto se lo denomina pluvionival (Ortubay et al., 1994).

El caudal de muchos ríos ha permitido la construcción de grandes represas para aprovechamiento hidroeléctrico como es en el caso del Limay donde se encuentran: Alicurá, Piedra del Águila, El Chocón y Arroyito, (de sentido oeste a este).

El río Limay se encuentra ubicado al norte de la Patagonia y es el límite geográfico y político que separa las provincias del Neuquén y de Río Negro. Este se origina al este del lago Nahuel Huapí aproximadamente entre los 71º 72'W y 56º 75'W latitud sur, teniendo una longitud de 440 km. Posteriormente forman el

río Negro con la confluencia del río Neuquén, que después de atravesar la meseta patagónica, desemboca sus aguas en el Océano Atlántico. Tanto el río Limay como el Neuquén son dos de los ríos mas grandes de la Patagonia y junto al río Negro, forman la segunda cuenca hídrica de Argentina (Cuenca del Río Negro) (Luchini, 1981).

Los primeros tramos del río Limay presentan un régimen hidrológico mixto pluvionival. La influencia de las lluvias y de la nieve en la cabecera se hace sentir especialmente en la época invernal (meses de junio-agosto). En octubre y noviembre se nota nuevamente, un aumento de caudal, por efectos de los deshielos progresivos. Las lluvias de los meses de estío, no alcanzan a elevar el caudal del río, que se mantiene en estiaje hasta fines de mayo o junio (Luchini, 1981).

El régimen hidrológico del río Limay, modifica a su vez la cota del embalse pudiéndose observar en general que, para los años 1982 a 1985, los mínimos se registran para los meses de mayo y junio y los máximos para la época estival (Figura 1.2).

Climatología

El clima de la región corresponde al tipo árido mesotermal, con una precipitación media anual de aproximadamente 200 mm, siendo la época de menos lluvias en invierno y máximas en verano – otoño (Figura 1.1.) (Datos aportados por Hidronor S.A.).

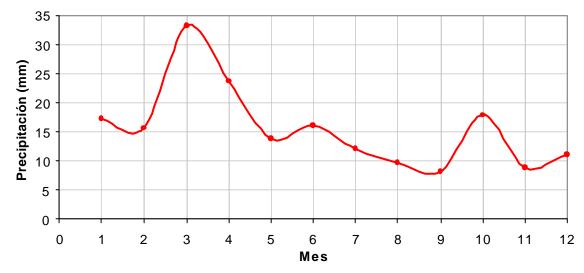


Figura 1.1.: Precipitación media mensual.

La temperatura fluctúa entre 8° C en septiembre de 1981 a 21° C en marzo de 1982. Existe un período de mezcla vertical desde marzo a noviembre de 1982, mientras que durante el verano hay una suave estratificación, con una amplitud máxima de 3° C en marzo de 1982 (Mariazzi *et al.*, 1991).

El viento sopla principalmente del oeste a lo largo del eje longitudinal del lago. Esto causa una mezcla vertical, permitiendo una transferencia de nutrientes a la zona eufótica y una resuspensión de materia particulada. Por lo tanto se observa una zona fótica con baja transparencia y de poca profundidad, causando una baja densidad numérica de fitoplancton y clorofila.

Características físicas y químicas del embalse

La transparencia del agua varía entre 1 a 6 metros, con una media de 3,3 metros. La profundidad de la zona eufótica varía entre 6,4 a 20,4 metros con un promedio de 11,7 metros. El oxígeno disuelto varía entre 8 y 11 mg I^1 , mostrando una uniforme distribución en la columna de agua. Solo durante marzo de 1982 ocurrió una variación en la cual fluctuó entre 8,5 en la superficie y 4,8 mg I^1 en profundidad (Mariazzi *et al.*, 1991).

La cota del lago sufre modificaciones a lo largo del año, observándose que puede variar entre 4 a 5 m aproximadamente, entre los años 1982 a 1985, (Figura 1.2.).

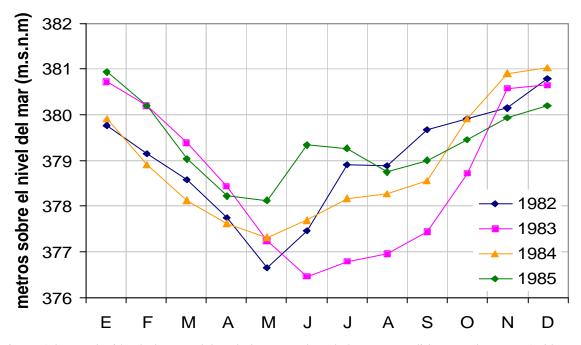


Figura 1.2.: Evolución de la cota del embalse para el período comprendido entre los años 1982 a 1985.

Variables químicas

El agua del lago se caracteriza por ser blanda, de neutra a ligeramente alcalina, con composición iónica básicamente bicarbonatada cálcica, (Land de Castello, 1981), (Tabla 1.2.).

La concentración de clorofila y la producción primaria son relativamente bajas por la baja concentración de nutrientes (nitrógeno orgánico y fósforo total) y el bajo tiempo de residencia. Por lo tanto el embalse puede clasificarse como un lago oligo – mesotrófico.

Tabla 1.2. Valores de las principales variables químicas del embalse Ezequiel Ramos Mexía.

Variables	Valor medio	Rango
Ortofosfato (µg P 1 ⁻¹)	5	5 - 47
P Total (µg P l ⁻¹)	10	5 - 53
Nitrato (μg N l ⁻¹)	10	10 - 50
Nitrito (µg N 1 ⁻¹)	10	-
Amonio (μg N 1 ⁻¹)	10	-
Sílice (mg SiO ₂ 1 ⁻¹)	13,3	11,8 - 15,6
Conductividad (µmho cm ⁻¹)	71	63 - 90
Carbonato (mg CO ₃ ⁼ 1 ⁻¹)	0	-
Bicarbonato (mg CO ₃ ⁼ H ⁻¹ l ⁻¹)	37,8	34,4 - 41,0
Cloro (mg Cl ⁻¹ l ⁻¹)	2,0	0,0 - 4,3
Sulfato (mg $SO_4^= 1^{-1}$)	2,5	0,0 - 4,0
Calcio (mg Ca ⁺⁺ l ⁻¹)	6,7	0,9 - 13,6
Magnesio (mg Mg ⁺⁺ 1 ⁻¹)	3,2	0,0 - 6,8
Sodio (mg Na ⁺ 1 ⁻¹)	4,8	3,5 - 6,2
Potasio (mg K ⁺ l ⁻¹)	0,8	0,7 - 1,1
Sólidos residual (mg 1 ⁻¹)	57,8	52,1 - 69,5
Dureza total (mg CO ₃ Ca l ⁻¹)	29,6	17,0 - 48,5

1.2.- Principales comunidades bióticas del embalse Ezequiel Ramos Mexía

Ictiofauna:

La ictiofauna autóctona de la Patagonia, desde el punto de vista ictiogeográfico, esta comprendida en la provincia Patagónica que pertenece a la Subregión Austral de la región Neotropical (Ringuelet, 1975). Esta provincia es la de mayor pobreza íctica de toda la región Neotropical. Comprende el sur de la Argentina, desde el río Colorado hasta Tierra del Fuego y el sur de Chile, desde Puerto Montt hasta Fuegia (Arratia *et al.,* 1983). El estudio de la región patagónica ofrece ventajas por lo sencillo de sus sistemas ecológicos, debido al bajo número de especies de peces presentes: 15 especies autóctonas, 1 especie introducida en el área proveniente de otra región Argentina y 9 especies introducidas del Hemisferio Norte.

Desde el punto de vista zoogeográfico se considera a *Odontesthes hatcheri* (pejerrey patagónico) como indicador de la provincia patagónica de la subregión ictiogeográfica Austral sudamericana (según Ringuelet *et al.,* 1975), junto a los diplomístidos, tricomictéridos, galáxidos y percíctidos, (Gosztonyi, 1988). En el embalse Ezequiel Ramos Mexía se observa la presencia de 4 especies autóctonas y 2 introducidas.

A continuación se ubica sistemáticamente al pejerrey, y se consignan los nombres científicos específicos, nombrando primero a las especies autóctonas y luego a las introducidas.

Superorden Acanthopterygii

Orden Atheriniformes

Familia Atherinopsidae

Odontesthes hatcheri (Eigenmann, 1909) (A)

nombre vulgar (pejerrey patagónico)

Puyen *Galaxias maculatus* (A)

Perca boca chica **Percichthys trucha** (A)

Perca bocona (trucha criolla) *Percichthys colhuapiensis* (A)

Trucha arco iris *Oncorrhynchus mykiss* (I)

Trucha marrón **Salmo fario** (I)

- (A) autóctono
- (I) introducido

Fitoplancton:

En el embalse, según Guarrera (1987), se han registrado más de 350 especies de algas fitoplanctónicas, existiendo durante el período de muestreo, una alternancia de especies dominantes según la época del año: *Melosira italica*, *M. granulata* var. angustissima y *Binuclearia eriensis*, con una temprana floración de

cianofítas Anabaena circinalis en verano, otra de Mougeotia elegantula, seguida luego por Binuclearia eriensis en otoño y de Melosira itálica y Binuclearia eriensis, en invierno.

La productividad fitoplanctónica presentó picos a principios y fines del verano en forma desfasada, pero ésta no excedió de los 30 días. Los máximos de densidad de algas y de clorofila sucedieron a los de productividad entre 30 y 60 días, como producto de las floraciones de cianofítas en verano y de clorófitas en otoño (Kaisin, 1989).

El nanoplancton menor a 0,025 mm, corresponde a la fracción más importante de la productividad total fitoplanctónica, entre 18 y 64% de la productividad total según Guarrera *op. cit*.

Zooplancton:

El zooplancton es una comunidad relativamente pobre, al menos en término de biomasa (< 1g m²). Según Puig (1992), está mayormente compuesta por los copépodos *Mesocyclops longisetus*, *Acanthocyclops robustus*, *Notodiaptomus incompositus* y *Boeckella gracilipes* y los cladóceros *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia dubia* y *Alona affinis*. Los rotíferos ocupan un poco más del 10% de la biomasa y las tecamebas, solo registran el 2% de la biomasa total, (Puig y Sauval, 1986). La fracción ictioplanctónica esta compuesta principalmente por *Galaxias maculatus* (puyen), siendo su biomasa no mayor al 1% del total (Sauval, 1987).

Bentos

En el embalse se encontraron 120 especies de invertebrados bentónicos entre los cuales los quironómidos, ácaros y entomostracos fueron las taxa con mayor

riqueza específica. Sobre un total de mas de medio millón de organismos por m², los oligoquetos (principalmente *Limnodrilus homessi*) y los harpacticoideos (*Attheyella crenulata* y *A. wiesseri*) son dominantes en todo el embalse y los quironómidos y gasterópodos (principalmente *Chilina gibbosa*) son importantes en la zona litoral. Excepto algunos oligoquetos y quironómidos, la fauna se restringe a los 3 cm superficiales del sedimento, (Kaisin, 1989).

Macrófitas

Las macrófitas sumergidas *Potamogeton berteroanus* y *Nitella clavata* son las especies mas ampliamente distribuidas en el embalse, en cambio *Pilularia mandonii*, una pteridofita palustre, *Mirioplyllum elatinoides*, *Crassulla peduncularis*, *Ranunculus trichophyllus* y *Zannichellia palustris* viven en aguas someras y sometidas a cambios periódicos de nivel. *Potamogeton striatus*, *Nitella opaca* y *N. hyalina* poseen un nicho ecológico mas restringido que las especies cogenéricas mencionadas, sin embargo aportan al sistema una biomasa y productividad no despreciable, (Gabellone, 1986).

Capítulo 2

Características de los muestreos

2.1.- Artes de muestreo y puntos de muestreo

Las artes de captura adoptadas para este trabajo de tesis fueron las redes agalleras o de enmalle. En el diseño de los muestreos se tuvo en cuenta la heterogeneidad del ambiente, la accesibilidad a cada uno de los puntos elegidos, así como de los recursos con que se contaba.

En los comienzos del proyecto (P.E.E.C.R.N.) se fijaron 5 puntos de muestreo Carrizo, Fernández, club Náutico, Picún Leufú y Pantanito, por cuestiones operativas se continuó con tres, que fueron los analizados en la presente Tesis, Figura 2.1.

Se utilizaron dos trenes (baterías) de redes enmalladoras o agalleras compuestas cada una por 6 redes de distinto tamaño de red, las características se observan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características de las redes agalleras.

Distancia entre nudos (mm) malla estirada	42 50 60 70 78 1				104	
Coeficiente de armadura E	0,50					
Paño						
Material	Nylon multifilamento					
Hilo N° GH	3	3	3	4	6	4
Altura (en mallas) n	70	40	40	40	32	22
Relingas						
Material			Polie	tileno		
Diámetro (mm) GH	6					
Flotadores						
Material			Polie	tileno		
Diámetro (mm) Pl Ø	70					
Distancia entre boyas (cm) d1	82					
Lastre						
Material (Pb)	Plomo					
Peso (g)	90					
Distancia entre plomos (cm) d2	80					
Altura de la red armada (m)	2,6 1,7 2,1 2,4 2,2 2,0					2,0

En casi todos los muestreos se calaban dos trenes de enmalles, para cada estación de pesca (Figura 2.1.). Estas se disponían en forma perpendicular a la costa colocándose la red de malla más pequeña en una posición más cercana a la costa, de manera que las mismas se ubicaban en la zona litoral del embalse.

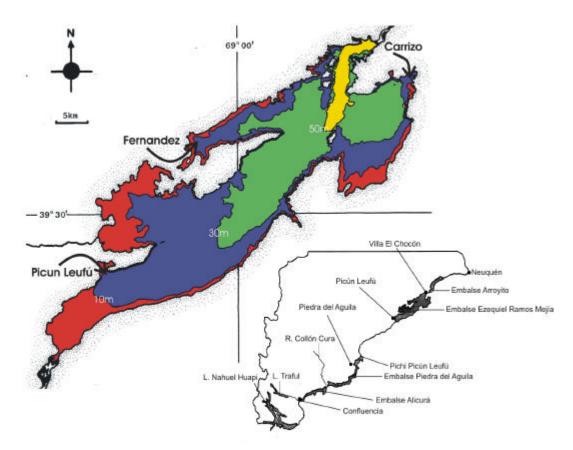


Figura 2.1. Puntos o estaciones de pesca (Fernández, Carrizo y Picún Leufú) en el embalse Ezequiel Ramos Mexía

2.2.- Tratamiento de los ejemplares, en el campo y en el laboratorio húmedo.

Luego de levantar las redes, las mismas eran llevadas a la costa donde se procedía a extraer los pescados, colocándolos en cajones previamente rotulados. Luego se los llevaba al laboratorio húmedo donde eran procesados, se los pesaba (W), utilizando una balanza de reloj para los ejemplares de gran porte (precisión de 5 g) y una digital para los de menor (precisión de 1 g). Se les tomaba la longitud total (L_t), estándar (L_{est}), longitud de la cabeza (L_c) y fork (L_f). Se

extraían estructuras de aposición, tales como escamas, otolitos etc., las mismas eran guardadas en seco dentro de sobres rotulados para su posterior tratamiento y estudio. Se consignaba el sexo y el estado gonadal o de madurez sexual y se les retiraban las gónadas, que luego de ser rotuladas eran colocadas dentro de frascos en solución de formaldehído al 10%. Por ultimo se obtenían muestras de contenido estomacal o tracto digestivo y se colocaban dentro de frascos con una solución de formaldehído al 5%. Los datos eran volcados en planillas confeccionadas para tal fin, denominadas de campo.

2.3.- Composición de las capturas.

La composición especifica en número y biomasa fueron variando a lo largo de los cuatro años y un trimestre de muestreo. Es de destacar la mayor proporción en cuanto a numerosidad del pejerrey patagónico frente a las otras 4 especies ícticas que fueron susceptibles de pescarse con las artes utilizadas. Los valores promedios en porcentaje por numerosidad y biomasas relativas para el periodo 1982-1986, se presentan en las Figuras 2.2. y 2.3..

1982/83/84/85 y 86 PBCH 19% PEJ 42% 16% TAI 9% 14%

Figura 2.2. Número de ejemplares en porcentaje entre los años 1982-1986. PEJ Pejerrey patagónico *Odontesthes hatcheri*, PBCH Perca boca chica *Percichthys trucha*, PBOC Perca bocona (trucha criolla) *Percichthys colhuapiensis*, TAI Trucha arco iris *Oncorrhynchus mykiss*, TM Trucha marrón *Salmo fario*.

1982/83/84/85 y 86

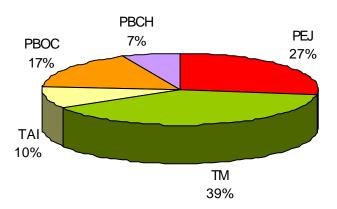


Figura 2.3. Biomasa de los ejemplares capturados en porcentaje entre los años 1982-1986, Ver referencia en Figura 2.2.

Capítulo 3

Relaciones morfométricas

3.1.- Introducción

Los datos de longitud y peso nos brindan valiosa información en los estudios de biología pesquera y nos proveen la base para estimar el crecimiento, la biomasa total por unidad de área y la producción de nueva biomasa (Anderson y Neumann, 1996).

Desde los trabajos de Huxley (1932), se conoce que el modelo potencial es la mejor manera de describir la relación entre dos variables métricas corporales de un organismo. Cuando se analiza la relación entre una variable métrica, que se refiere a peso o volumen, y otra variable métrica que se relaciona con longitudes corporales, la constante k (la relación de las dos velocidades de crecimiento) se aproxima a 3.

 $Peso = constante \ x \ longitud \ x \ longitud \ x \ longitud$

o lo que es lo mismo:

$$Peso = constante x (longitud)^3$$

0

$$W = a \times L^b$$

El valor de la constante empleada depende en gran medida de la especie en estudio y es de utilidad para analizar las variaciones sobre el volumen teórico debidas a la forma.

La relación entre la longitud y el peso corporal nos permite dar una primera respuesta a la pregunta ¿cuánto pesaría un pez de una determinada longitud? Para ello sólo se necesita saber el valor de la constante característica de la especie que se trate.

Para evaluar las poblaciones de peces con relación a las condiciones del ambiente acuático, se suelen utilizar indicadores. Estos indicadores, según López *et al.* (2001) pueden ser: limnológicos, bióticos y del estado poblacional.

Indicadores limnológicos: Las variables ambientales son indicadores de las condiciones de los ambientes acuáticos a través de éstos se pueden predecir: la abundancia, biomasa o rendimiento de las poblaciones de peces. En esta categoría de indicadores también pueden incluirse aquellas variables que están relacionadas con el estado trófico del ambiente como nutrientes, clorofila a, contenido de materia orgánica, salinidad, nivel hidrométrico, turbidez, etc. (Quirós et al., 1986 a, b y 1988; Quirós 1990; Baigún y Delfino, 1995).

Indicadores bióticos: El zooplancton es un componente importante para el desarrollo del pejerrey bonaerense (*Odontesthes bonariensis*), (Ringuelet, 1975; Freyre *et al.*, 1980 y 1981). Ringuelet (1966) señala que la producción de pejerrey es mayor en ambientes de menor diversidad de peces y que la presencia de un plancton mesohalino dominado por copépodos calanoideos (Boeckelidos) mayores a 1 mm, favorece el desarrollo de esta especie. La relación entre la calidad del zooplancton y la diversidad de peces fue utilizada por Freyre *et al.* (1993), como un indicador importante debido a la dieta del pejerrey. El zooplancton también ha sido empleado por Freyre (1976) y Grosman y Manzini (1997) en diferentes lagunas; por Berasain *et al.* (1997a) en Bragado; por Berasain (1997b) en Lobos y por Velasco *et al.* (1997) en Monte. Baigún y Anderson (1993) muestran, a su vez, que la biomasa relativa del pejerrey esta asociada con la biomasa de zooplancton.

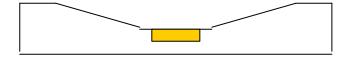
Indicadores del estado poblacional: La diagnosis sobre las poblaciones de peces, se ha basado fundamentalmente en el uso de índices morfométricos de condición, estos nos brindan rápidamente el estado sanitario de los peces.

Asimismo los índices de condición y cefálico nos dan la posibilidad de efectuar análisis temporales y espaciales del estado de las poblaciones. Los indicadores del estado de las poblaciones de peces, son generalmente muy utilizados para describir a una especie en particular, sujeta a una presión de pesca tanto deportiva como comercial u otros fines.

El objetivo del presente capítulo es el de estimar los índices de condición y cefálico para el pejerrey patagónico del embalse E. Ramos Mexía a partir de las expresiones alométricas clásicas.

3.2.- Materiales y métodos

Se contó para tomar las medidas corporales con dos ictiómetros de distintos tamaños. Los mismos, confeccionados para tal fin, constaron de una tabla de madera rectangular en cuya porción central se encuentra una regla de acero inoxidable. La tabla a su vez tiene, un ángulo hacia la mitad de la misma para facilitar el manejo de los ejemplares (ver vista general y corte transversal en Figura 3.1.). En el caso de ejemplares de gran tamaño se utilizó una tabla de 1 m y para los de menor porte, se empleo una tabla de 40 cm. Ambas poseían en uno de los extremos (en el 0 de la regla) un tope, que impedía que el pez se desplazara fuera del mismo.



Corte transversal del ictiómetro

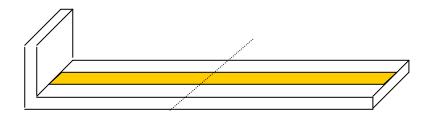


Figura 3.1.: Corte transversal y vista general del ictiómetro, en amarillo la posición de la regla.

Se obtuvieron las siguientes medidas

 L_i : (Longitud Total) es la longitud del pez en mm, que se mide desde el borde

distal de la boca hasta la parte distal de la aleta caudal

 L_{est} : (Longitud estándar) es la longitud del pez en mm, desde el borde distal de la

boca hasta donde se origina la aleta caudal o hasta la última vértebra, en

donde existe el denominado centro complejo, por ser la fusión de varias

vértebras.

 L_c : (Longitud de la cabeza) es la longitud en mm, entre el borde distal de la boca

hasta el borde distal del opérculo, incluida la membrana opercular.

W: (Peso corporal) es el peso corporal total en gramos del pez.

3.2.1.- Relación Longitud total (L_t) vs. Peso (W)

Los datos obtenidos en los muestreos entre enero de 1982 y marzo de 1986 se

ajustaron a una regresión alométrica. Se realizaron dos análisis por separado 1)

para todos los individuos capturados y 2) diferenciados por sexos.

$$W = a L_t^b$$

donde W es el peso en gramos

 L_t es la longitud total en mm

a y b constantes

3.2.2.- Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud estándar (L_{est})

Se analizó la relación existente entre (L_t) vs. (L_{est}) , probándose varios modelos de ajuste a través de la regresión funcional de Ricker (1975).

3.2.3.- Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud Cabeza (L_c).

Se analizó la relación existente entre (L_t) vs. (L_c) y se probaron varios modelos de ajuste a través de la regresión funcional de Ricker (1975).

3.2.4.- Indices morfométricos

3.2.4.1.- Factor de condición (K)

Los índices de condición miden, de alguna manera, el estado nutricional en el que se encuentran los individuos de una población y reflejan cambios en los excedentes de energía acumulados mayormente como grasas o lípidos (Gutreuter y Childress, 1990). De tal modo, cambios en el peso deberían estar relacionados con modificaciones en el estado fisiológico. El índice de condición mas utilizado para el diagnóstico de poblaciones de peces ha sido el índice o factor K de Fulton. Este mide el crecimiento en peso (W) de un individuo cuya longitud crece en forma isométrica (Ricker, 1975).

El factor K fue mejorado por Le Cren (1951) quién propuso el índice de condición relativa (K_n) como el cociente entre el peso actual de un individuo y el peso estimado por la ecuación alométrica para esa talla y para esa población.

La condición del pejerrey bonaerense fue descripta en Chascomús por Ringuelet (1964); en Chascomús, La Salada Grande, El Carpincho, Monte, Alsina y Cochicó

por Freyre *et al.* (1969); en el embalse Río Tercero (Córdoba), por Freyre y Sendra (1983); en la laguna Blanca Grande, por Freyre y Sendra (1993); en lago municipal de Colón por Freyre *et al.* (1993) y en las lagunas encadenadas del oeste por López *et al.* (1993). A su vez Grosman, (1995a), estima este factor de condición en cinco lagunas del centro de la provincia para evaluar el estado de las poblaciones de pejerrey y Grosman y Sergeña (1996), lo aplican para evaluar el estado de las poblaciones de pejerrey de las lagunas encadenadas del partido de Tornquist. Grosman y Manzini (1997), aplican este índice de condición en varios ambientes lagunares de Buenos Aires y La Pampa, y Grosman (1999) lo utiliza en el embalse Lago del Fuerte en Tandil y Grosman *et al.* (2000), en el lago municipal de Colon. También este factor ha sido descrito en la laguna de Lobos por Berasain (1997a) y en Bragado y Monte por Velasco *et al.* (1997).

El índice utilizado fue el de condición relativa, (K_n) y se lo estimó para todos los individuos, diferenciados por sexos y para los distintos meses de los años muestreados, de acuerdo a:

$$K_n = \frac{W}{a \times L_t^b}$$

donde a y b constantes de la relación alométrica

Además se agruparon todos los K_n correspondientes a un mismo mes y se obtuvieron gráficos resumidos para un periodo anual, en cada sexo.

3.2.4.2.- Indice cefálico

Otro índice frecuente en el análisis de poblaciones es el índice cefálico (*Ic*) el cual refleja la historia ontogénica de los individuos al comparar el crecimiento en longitud de la cabeza respecto a la longitud del cuerpo. Este índice ha sido utilizado por Ringuelet (1964) en la laguna de Chascomús, por Freyre *et al.*,

(1983) en el embalse Río Tercero (Córdoba), por Freyre y Sendra (1993) en la laguna Blanca Grande, por Freyre *et al.*, (1993) en el lago municipal de Colón y por López *et al.*, (1993) en las lagunas encadenadas del oeste. Por su parte, Grosman y Sergueña (1996) lo determinan en las encadenadas de Tornquist para analizar la condición de las poblaciones de pejerrey; Grosman y Mancini (1997) lo utilizan en diez ambientes de Buenos Aires y La Pampa, y Grosman (1999) lo aplica en la represa Lago de el Fuerte, Tandil, como así Grosman *et al.*, (2000) en el lago municipal de Colon.

$$Ic = \frac{Lc}{L_{\star}} \times 100$$

Este índice fue estimado para todos los individuos, diferenciados por sexos y para los distintos meses de los años muestreados. Sé graficaron los datos individuales del índice (enero de 1982 hasta marzo de 1986) y los promedios mensuales en función del tiempo. Además se agruparon todos los I_c (estimados como el cociente entre el $L_{c\ observado}$ y el $L_{c\ estimado}$) correspondientes a un mismo mes y se obtuvieron gráficos resumidos para un periodo anual en cada sexo

3.3.- Resultados

3.3.1.- Relación Longitud total (L_t) vs. Peso (W)

Se ajustaron los datos de todos los ejemplares capturados (V = 8491) a un modelo de tipo exponencial (Figura 3.1.).

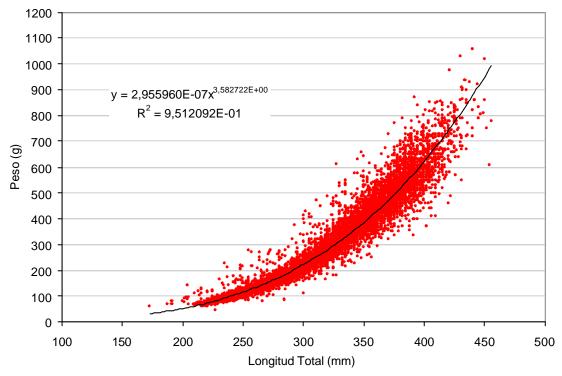


Figura 3.1.: Relación Peso (W) vs. Longitud total (L_t)

Los datos de hembras (N = 4779) ajustados al modelo exponencial se observan en la Figura 3.2.

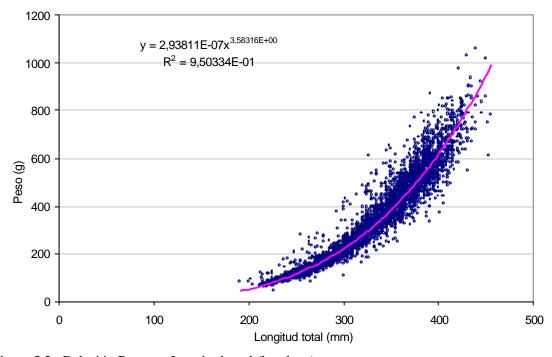


Figura 3.2.: Relación Peso vs. Longitud total (hembras)

Los resultados para machos (N = 3705), se presentan en la Figura 3.3.

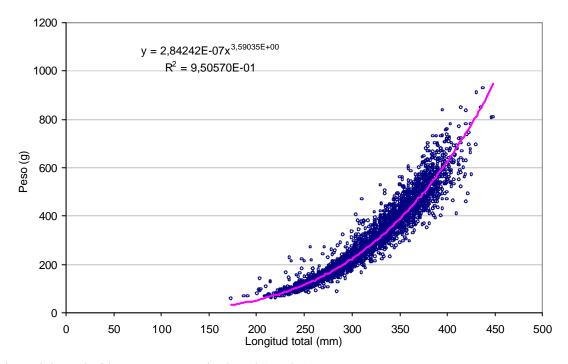


Figura 3.3.: Relación Peso vs. Longitud total (machos)

3.3.2.- Comparación con otros resultados:

Se realizó una tabla con los parámetros estimados por otros autores en distintos ambientes patagónicos y los parámetros obtenidos del presente trabajo (Tabla 3.1). Los gráficos de las diferentes curvas pueden observarse en la Figura 3.4. En el gráfico se incorporó además una curva isométrica (hipotética) con *b* igual a 3 y *a* promediado, de todos los autores (en línea punteada). Esta curva isométrica sirve para indicar, que aquellas que se encuentran por encima de ella, tendrían un mejor crecimiento en peso y las que están por debajo un mejor crecimiento en largo.

Tabla 3.1.: Parámetros de la curva L_t vs. W para diferentes ambientes se indican los parámetros a y b y el log a de la relación longitud – peso, para ambos sexos, los datos que se encuentran sombreados en amarillo corresponden exclusivamente a ejemplares capturados en verano

Ambiente	a	log (a)	b	Autor	\mathbb{R}^2	N
N. Huapí	4,6238E-05	-4,335	2,580	Baigún (2001)	0,90	200
Ñe Luán	2,8907E-05	-4,539	2,700	Baigún (2001)	0,88	120
Pellegrini	3,7411E-05	-4,427	2,710	Baigún (2001)	0,88	143
Ñe Luán	1,9902E-05	-4,701	2,830	Bello et al. (1996b)		682
C. Huapí	6,9183E-06	-5,160	2,960	Baigún (2001)	0,80	110
Rosario	3,3651E-06	-5,473	3,130	Baigún DeNichilo (1985)	0,92	145
F. Ameghino	2,0600E-06	-5,686	3,190	Ruiz (2002)		503
Moreno	1,9618E-06	-5,707	3,238	Bello et al. (1996b)		289
Musters	1,5596E-06	-5,807	3,240	Baigún (2001)	0,86	80
Alicurá	1,8135E-06	-5,741	3,262	Freyre (1991)		95
R. Mexía	1,3243E-06	-5,878	3,300	Baigún (2001)	0,96	150
Terraplén	1,3830E-06	-5,859	3,312	Cataldo (1989)		112
Quillén	1,0233E-06	-5,990	3,360	Baigún (2001)	0,99	90
Musters	7,8050E-07	-6,108	3,362	Cataldo (1989)		124
Lezama	7,5336E-07	-6,123	3,380	Baigún (2001)	0,90	105
F. Ameghino	6,1802E-07	-6,209	3,410	Baigún (2001)	0,85	130
Terraplén	3,8994E-07	-6,409	3,410	Baigún (2001)	0,97	75
M. Menuco	2,6730E-07	-6,573	3,580	Baigún (2001)	0,94	94
E. R. Mexía	2,9560E-07	-6,529	3,583	Dománico (2006)	0,95	8491
Los Mosquitos	2,5410E-07	-6,595	3,610	Baigún (2001)	0,86	119

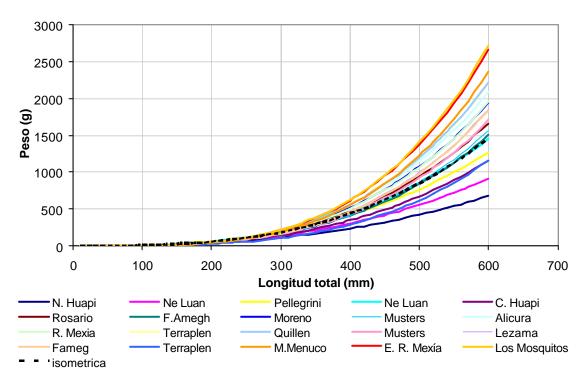


Figura 3.4.: Curvas Longitud total (L_t) vs. peso (W) se grafican las diferentes curvas, en línea punteada se dibuja una curva isométrica con b igual a 3 y a promediado.

Sé graficaron las constantes de la regresión *b* vs. *log a* estimados en distintos ambientes patagónicos por otros autores incluyendo el obtenido en el presente estudio (en triángulo rojo es para el embalse E. Ramos Mexía), (Figura 3.5.), observándose una relación lineal negativa, con un alto valor de correlación.

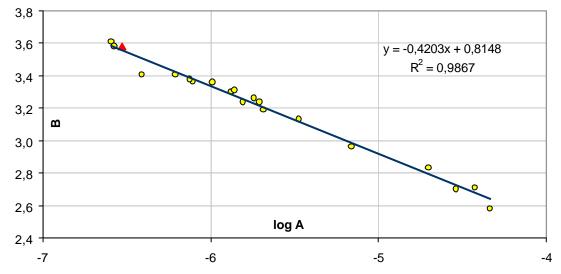


Figura 3.5.: Relación entre b vs. log a, parámetros de la relación longitud total (L_t) vs. peso (W) estimados en distintos ambientes patagónicos, en triá ngulo rojo E.E.R.M.

Se probaron varios modelos de ajuste para las variables (L_t) vs. (L_{est}) , el modelo

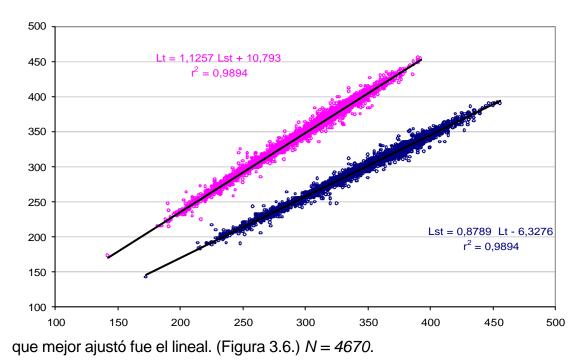
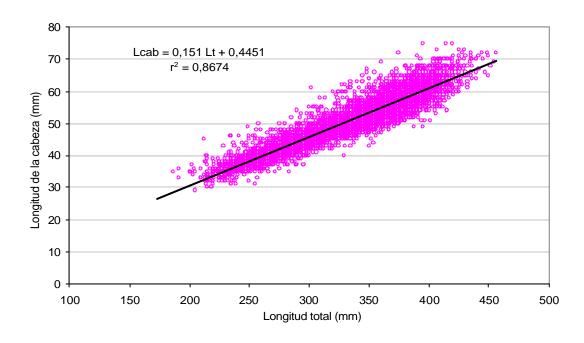


Figura 3.6.: Relaciones entre L_t vs. L_{est}

3.3.3.- Relación Longitud total (L_t) vs. Longitud Cabeza (L_c)

La siguiente figura muestra la relación obtenida entre estas dos variables.



(N=6670)

Figura 3.7.: Relación entre L_t vs. L_c

Freyre (1991) encontró, para el embalse de Alicurá, que la relación L_{est} vs. L_c , esta determinada por la siguiente ecuación:

$$L_c = 0.1731$$
. $L_{est} + 1.9935$ (r = 0.8642)

3.3.4.- Factor de Condición (K)

Los índices de condición (K_n) estimados en el presente trabajo tanto para hembras como para machos, fueron altos entre los meses de julio – agosto y bajos durante el verano, (Figuras 3.8 y 3.9). Estos resultados mostraron una estrecha relación con los máximos de densidad y biomasa de macroinvertebrados registrados por Kaisin (1989).

El pejerrey patagónico del embalse Ezequiel Ramos Mexía es un malacófago por excelencia, siendo el gasterópodo *Chilina gibbosa* el alimento principal a lo largo de todo el año. La dominancia de la ingestión de *Chilina* comienza cuando los pejerreyes alcanzan los 250 mm de L_t . Cuando llegan a los 400 mm de L_t la proporción es de más del 80 % (Ferriz, 1987).

Los valores mínimos de densidad y biomasa de macroinvertebrados, (*Chilina gibbosa* es el componente más importante) alimento potencial de los peces, fueron observados por Kaisin (1989) en primavera y verano y los máximos en el mes de junio.

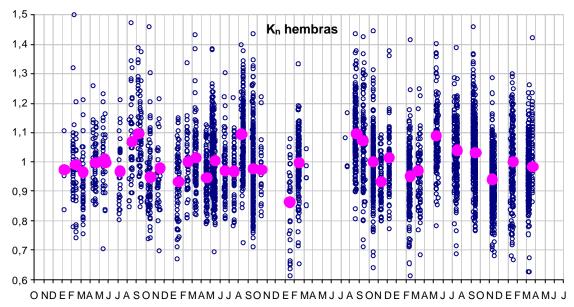


Figura 3.8.: Factor de condición K_n , valores individuales y promedios, de las hembras para los años 1982 a 1986.

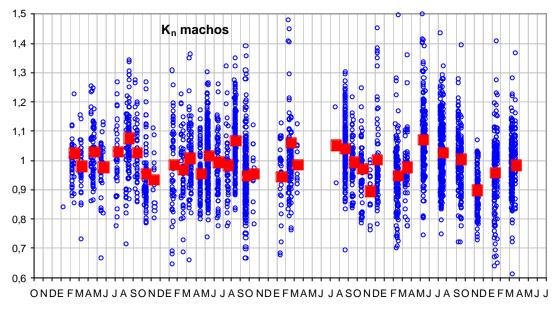


Figura 3.9.: Factor de condición K_n , valores individuales y promedios, de los machos para los años 1982 a 1986.

Cuando se efectuó el análisis del K_n en función del tiempo, con los valores agrupados por mes, se observó que el valor máximo es en el mes de agosto. (Figura 3.10. y 3.11.). Estos resultados concuerdan con lo encontrado cuando los datos estuvieron representados todos los meses de los distintos años, que abarcó el muestreo, (Figuras 3.8. y 3.9.).

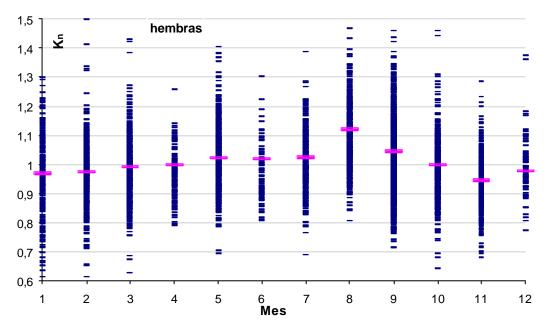


Figura 3.10.: Factor de condición K_n , valores individuales y promedios de las hembras, datos agrupados por mes.

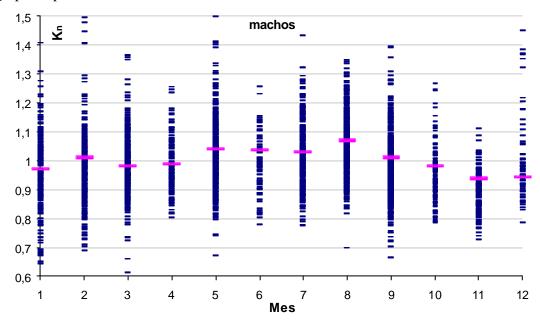


Figura 3.11.: Factor de condición K_n , valores individuales y promedios de los machos, datos agrupados por mes.

Además sé graficó el K_n en función de la talla (L_t), no observándose una asociación evidente, entre ambas variables, tanto para hembras como para machos (Figura 3.12. y 3.13).

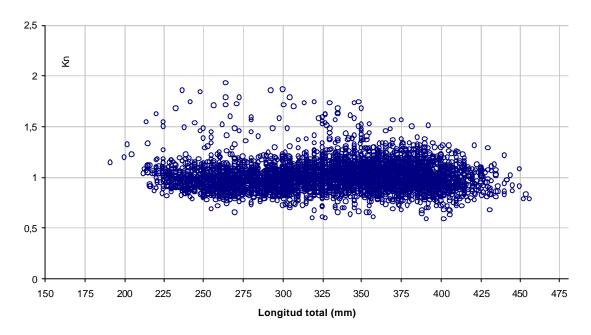


Figura 3.12.: Factor de condición K_n , vs. Longitud total L_t (mm) para hembras.

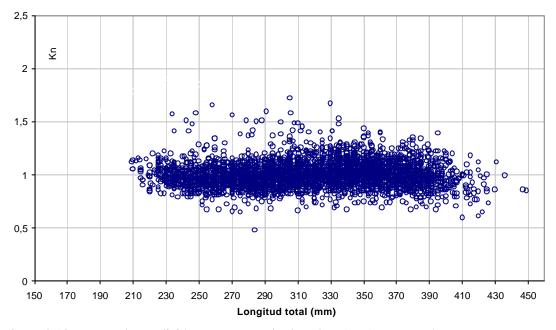


Figura 3.13.: Factor de condición K_n , vs. Longitud total L_t (mm) para machos

3.3.5.- Indice cefálico (Ic)

Los valores individuales y promedios del I_c de machos y hembras en función del tiempo se muestran en las Figuras 3.14. y 3.15.

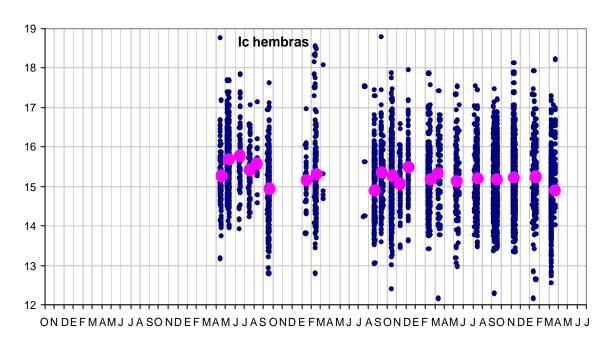


Figura 3.14.: I_c valores individuales y promedios de las hembras en función del tiempo.

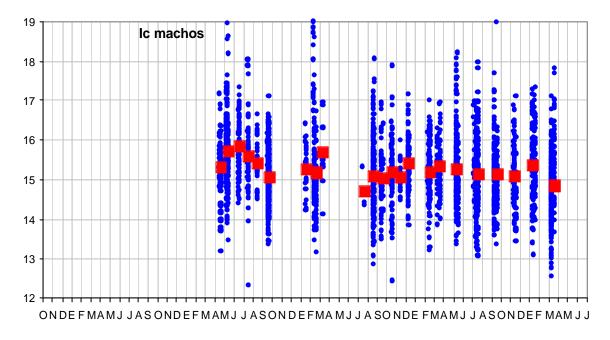


Figura 3.15.: I_c valores individuales y promedios de las machos en función del tiempo

Los valores estimados del I_c no variaron en función de la talla y el valor medio fue de aproximadamente del 15%.

Cuando se realiza el seguimiento del I_c en función del tiempo para ambos sexos, se visualiza que en el año 1983 y principios de 1984 los valores oscilaron para luego estabilizarse a partir de mediados de 1984, con una leve tendencia general a disminuir al final del período considerado.

Los gráficos de los valores de I_c agrupados por mes demostraron que en ambos sexos el valor máximo se da en el mes de junio (Figuras 3.16. y 3.17.).

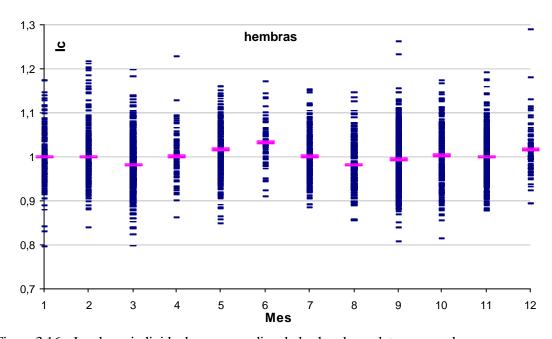


Figura 3.16.: I_c valores individuales y promedios de las hembras, datos agrupados por mes.

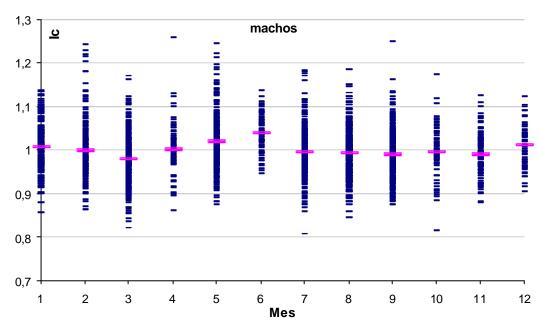


Figura 3.17.: I_c valores individuales y promedios de las machos, datos agrupados por mes.

3.4.- Discusión y Conclusiones

La regresión Longitud total (L_t) vs. peso (W), evidenció altos coeficientes de determinación $(R^2 = 0.9512)$, tanto cuando el análisis incluyó todos los individuos, como cuando incluyó solo hembras $(R^2 = 0.9503)$, o machos $(R^2 = 0.9505)$.

Cuando sé graficaron las curvas "Longitud total vs. Peso", para todos lo ejemplares de los ambientes patagónicos, donde además se trazó una curva isométrica con b=3 y a (valor promedio) en línea punteada (Figura 2.4.), se observó que la mayoría de los ejemplares de los distintos ambientes estaban por encima de la misma. En cuanto a los individuos del embalse Ezequiel. R. Mexía, la curva indica un marcado crecimiento en peso.

Las constantes de la curva Longitud total-peso "log a y b" fueron graficadas y se las ajustó a un modelo lineal, la pendiente resultó negativa y con un alto valor de

 R^2 (0,9867). Por otro lado, el valor de b, muestra que la mayoría de los ambientes del pejerrey patagónico obtienen una mejora trófica con el crecimiento.

Cuando se analizaron las relaciones entre las variables L_t y L_{est} y la L_t y L_c y se ajustaron a los datos a distintos modelos, el modelo lineal fue el de mejor ajuste en ambos casos. Estas relaciones son de utilidad cuando queremos realizar comparaciones con datos provenientes de otros autores y que no se basan en las medidas adoptadas en este trabajo, ya que a partir de éstas se pueden estimar otras medidas corporales que eventualmente no se hayan tomado.

En cuanto al análisis de los índices de condición merecen destacarse varias cuestiones. Cuando se estudió el factor de condición K_n en función del tiempo se observó que este factor se incrementa cuando es mayor la oferta alimentaria, tanto para hembras como para machos, encontrándose por lo tanto que el mismo tiene una variación estacional, es máximo para julio — agosto y mínimo en el verano (existe un período de retardo, desde que se registra el pico de mayor abundancia de *Chilina sp.* y la respuesta de los pejerreyes a aumentar en peso, que es de aproximadamente 1 a 2 meses). Este hecho se observó para todos los años muestreados. Cuando los K_n se agruparon por mes, el valor máximo fue en agosto, para ambos sexos, coincidiendo con los resultados anteriores. A su vez, cuando el factor de condición se analizó en función de la talla no se observó un patrón definido, excepto por la existencia de una mayor dispersión a medida que los individuos son más grandes.

Con respecto al I_c , se observa que éste oscila en el 15% a lo largo de los 51 meses analizados. Entre los años 1984 y 1986 los valores observados muestran una mayor estabilidad que en los años anteriores, con una leve tendencia a disminuir al final del período considerado, una explicación posible es que los ejemplares sufrirían una adaptación al medio nuevo ya que el embalse se originó en el año 1972. De la observación de los I_c agrupados por mes, para ambos

sexos, se destaca que el valor máximo se da en el mes de junio, sin embargo no se distingue una variación marcada a lo largo del año.

Capítulo 4

Reproducción

4.1.-Introducción

La reproducción es uno de los fenómenos más relevantes dentro del ciclo biológico de todo ser viviente. Los biólogos pesqueros han prestado mucha atención a este parámetro, sobre todo cuando se trata de un recurso que es factible de explotación. El ciclo sexual y la fecundidad de peces son parámetros importantes desde el punto de vista de la dinámica de poblaciones, así como lo es conocer la tasa de natalidad de una población, que es el número de nuevos individuos producidos por unidad de tiempo.

La reproducción de los peces es marcadamente estacional. Esta estacionalidad parece depender básicamente de dos factores temperatura y nivel hidrométrico. En las zonas templadas las especies ícticas suelen desovar, en términos generales, dentro de límites de temperatura muy definidos. La época de desove es en primavera o el principio de verano, dicho periodo en los ríos suelen coincidir con los ascensos en los niveles hidrométricos, (Welcomme, 1992).

Para estudiar los principales aspectos reproductivos debemos conocer en primera instancia el ciclo sexual, la época de desove y si esta es acotada o no en el tiempo, si se trata de un desovante parcial o total, establecer una escala de madurez para ambos sexos, estudiar la fecundidad en función de la talla o la edad, además de conocer la proporción de sexos por talla y la edad o talla de primera madurez sexual.

Dentro de los aterinomorfos el pejerrey bonaerense es la especie que posee una mayor información sobre aspectos reproductivos, en cambio la información existente en el pejerrey patagónico es muy escasa. Algunos de los principales trabajos se señalan a continuación:

Boschi y Fuster de Plaza (1959), realizaron una de las primeras investigaciones en *Odontesthes bonariensis* del embalse Río Tercero (Córdoba) donde

estudiaron el ciclo sexual, época de desove y describieron una escala de madurez sexual. Calvo y Dadone (1972) estudiaron en la laguna de Chascomús los estados de madurez sexual, describieron una escala y realizaron una tabla de madurez, esto sobre la base de observaciones macroscópicas de las gónadas, además calcularon el índice gonadosomático e identificaron épocas de desove. Calvo y Morriconi (1972) describieron la relación entre la talla y el número de ovas y época de desove en la laguna de Chascomús.

Calvo et al. (1977), estudiaron la proporción de sexos y los desplazamientos reproductivos del pejerrey bonaerense en la laguna de Chascomús. Iwaszkiw y Freyre (1980) analizaron la fecundidad en el embalse Río Tercero (Córdoba). Asimismo Freyre e Iwaszkiw (1982), determinaron la importancia de la disposición espacial de los ovocitos en los ovarios para estimar la fecundidad, en Basilichthys bonariensis bonariensis del embalse Río Tercero (Córdoba). Grosman (1995b), trata acerca de las generalidades de la crianza de peces y de la aterinicultura. Por su parte Miranda y Somoza (1998 y 2001) y Strüssmann et al. (1996) estudiaron en Odontesthes bonariensis, que existe una diferenciación sexual en los estadios tempranos o larvales condicionada por distintas temperatura del agua, de tal forma que a, temperaturas bajas (17°C a 20°C) se originan hembras y a temperaturas más altas (25°C) machos. Estos son datos de importancia en acuicultura para el manejo de planteles de reproductores u obtención de individuos estériles o monosexuados.

En cuanto al pejerrey patagónico, Viozzi (1993) estimó el índice gonadosomático (*IGS*) para un período anual, en muestras provenientes del lago Pellegrini (Pcia. del Neuquén). Bello *et al.* (1994) estudiaron entre otras relaciones, el índice gonadosomático en el pejerrey patagónico de la laguna Ñe Luán (Río Negro). Bello *et al.* (1996a), realizaron estudios macroscópicos e histológicos de las gónadas, de individuos de esta especie, provenientes del lago Moreno (Río Negro). Un estudio reciente realizado por Ruiz (2002), analizó los aspectos

reproductivos de *Odontesthes hatcheri* en muestras colectadas en el embalse Florentino Ameghino (Chubut).

Para conocer la época de reproducción se debe realizar un seguimiento del estado de madurez de las gónadas, al menos durante un período anual. La maduración gonadal, tanto en ovarios como en testículos comprende una serie de cambios los cuales pueden ser: variación de tamaño y forma, color, posición en la cavidad del cuerpo, entre otros, que obviamente conllevan a la producción de gametos tanto óvulos como espermatozoides. Para determinar el estado de desarrollo de las gónadas se pueden seguir tres tipos de observaciones:

- a) observaciones macroscópicas (de campo o en el laboratorio húmedo)
- b) observaciones microscópicas
- c) observaciones histológicas

Cuando se realizan estudios de producción o dinámica poblacional, es de suma importancia calcular la fecundidad específica por edad. Este valor depende de la fecundidad total o absoluta, de la talla de la primera madurez sexual y de la proporción de hembras por grupo de edad.

La fecundidad es una medida de la capacidad de reproducción de los individuos. En biología pesquera se acepta el concepto de que existe una fecundidad total o absoluta, a nivel de los individuos, que esta definida como el número de huevos (ovocitos maduros) que están contenidos en los ovarios y por otro lado la fecundidad relativa, que se refiere al número de huevos por unidad de peso o unidad de longitud (Rabinovich, 1980).

La fecundidad se la puede estimar a través de varios métodos. En el caso de tratarse de peces pequeños con ovocitos grandes y poco numerosos, pueden efectuarse conteos totales. En el caso de que se trabaje con peces que posean ovarios grandes y gran número de ovocitos pequeños se toman submuestras del

ovario, y la fecundidad puede se estima mediante técnicas gravimétricas o volumétricas. Estas se basan en pesar el ovario maduro, o medir el volumen y contar la cantidad de ovocitos presentes en dicha submuestra de cierto volumen o peso. A su vez estos métodos pueden ser húmedos o secos dependiendo de como se manipulen los ovocitos, (Bagenal y Braum, 1978).

Para estimar la fecundidad, y por ende para realizar el conteo de los ovocitos maduros se pueden distinguir tres métodos principales que son dados por Bagenal y Braum (1978), tomándose solo una submuestra del ovario:

a) por volumen; b) por área o c) por secado

Otro método que constituye una técnica húmeda volumétrica, es el denominado de empaquetamiento esférico dado por Guerrero (1989) y por Freyre *et al.* (2004). En el mismo se homogeniza la muestra, se mide el volumen total ocupado por los ovocitos en una probeta y se realiza el conteo de la misma en una submuestra.

El objetivo del presente capítulo es conocer los principales aspectos reproductivos del pejerrey patagónico en el embalse Ezequiel Ramos Mexía.

4.2. Materiales y Métodos

4.2.1.- Epoca de desove

En la determinación de los distintos estados de madurez de las gónadas, se adoptó la escala diseñada por Calvo y Dadone (1972), la cual describe 7 estados de madurez sexual para el pejerrey bonaerense. A esta escala, se le realizaron algunas modificaciones, que incorporan características propias de esta especie, las mismas se basaron en la coloración de las gónadas, la forma, la posición en

la cavidad del cuerpo, la irrigación sanguínea, el tamaño y la coloración de los ovocitos.

Tabla 4.1.: Características macroscópicas en los distintos estados y grados de madurez de las gónadas.

ESTADO Y GRADO DE MADUREZ	MACHOS	HEMBRAS		
Juvenil I	Testículo muy delgado acintado, transparente o ligeramente blancuzco en las partes más gruesas sanguínea visible.	Ovarios delgados y cilíndricos, de color rosado tenue o transparente resaltando la arteria genital y sus ramificaciones. Ovocitos microscópicos.		
En Preparación II	Color blanquecino rosado. Opacos, sección triangular. Bordes levemente festoneados, arteria genital bien visible.	Aumentan largo y espesor Son cilíndricos, turgentes de un color amarillo rosado Irrigación transversal visible. Ovocitos distinguibles a ojo desnudo.		
En Maduración III	Blanco grisáceo, son más opacos, bordes siempre irregulares. Aún se destaca la red sanguínea	Voluminosos, opaco amarillento. Las ramificaciones de los vasos son menos evidentes Ovocitos distinguibles a simple vista		
Prefreza IV	Blanco grisáceo o blanco lechoso. Son voluminosos. Los bordes son mas redondeados por el mayor grosor de las paredes, formándose lobulaciones, separadas. Disminuye la ramificación sanguínea visible. Por fuerte presión se puede lograr emisión de esperma.	Son muy voluminosos, turgentes, ocupan gran parte de la cavidad abdominal, sección cilíndrica. Amarillo verdoso Ovocitos grandes translúcidos, con gotitas de aceite concentradas en un polo.		

(Cont.) Tabla 4.1: Características macroscópicas en los distintos estados y grados de madurez de las gónadas.

	Llenan casi toda la cavidad Freza	Voluminosos y turgentes. A leve presión		
	abdominal. Color blanco lechoso.	expulsan ovocitos maduros. Color verdoso		
	Los bordes son festoneados. El	translúcido en la parte ventral ocupada por		
Freza V	esperma fluye a la menor presión	ovocitos maduros. En parte dorsal a ambos		
		lados de la arteria hay acumulación de		
		ovocitos inmaduros de color amarillento.		
		Los ovocitos maduros son translúcidos,		
		verdosos con gotitas de aceite más		
		grandes y reunidas en un solo grupo.		
	Color rosado a violáceo intenso se	Flácidos, aspecto hemorrágico por el		
Post Freza	ven congestionados y	aumento de la irrigación Se ven ovocitos		
VI	hemorrágicos. Disminuye el	residuales opacos, en proceso de		
	tamaño. Son flácidos	reabsorción. El color es anaranjado.		
	Marcado regresión de los	Cilíndricos con pared ovárica casi oscura,		
D	testículos, pequeños, triangulares,	casi negra. Irrigación escasa. Tamaño		
	bordes ligeramente festoneados,	reducido. Después Se acerca al estado II.		
Regresión	blanquecinos, la arteria y vena			
(II) VII	testicular siguen un curso irregular			
	pasando de una cara a la otra.			
	Después se acerca al estado II.			

Para poder establecer el estado de maduración y el comportamiento de los ovarios y testículos, se realizó el seguimiento de los mismos a través del tiempo. Con este fin, se estudiaron los 9307 ejemplares capturados en este estudio.

A cada uno de los ejemplares se les extrajeron los siguientes datos: sexo, estado de madurez sexual, talla total, estándar, peso total, fecha de captura, arte de pesca utilizado y lugar donde se realizó el muestreo.

En la determinación del estado de madurez sexual se siguió, en este trabajo de tesis, el criterio de las observaciones macroscópicas, las mismas fueron realizadas en el laboratorio húmedo. (Tabla 4.1.).

4.2.2.- Fecundidad absoluta

Con el fin de estudiar la Fecundidad se tomaron muestras de gónadas (ovarios) de 43 pejerreyes patagónicos del embalse Ezequiel Ramos Mexía entre el 20 y el 26 octubre de 1996.

En este muestreo adicional se utilizó una batería experimental de redes agalleras y estuvo compuesta por seis paños de 25 m de longitud cada uno, con 42, 50, 60, 70, 78 y 104 mm de longitud de malla estirada. Las enmalladoras fueron colocadas generalmente a flote, perpendicular a la costa y con la menor malla hacia la misma. El tiempo de calado fue de alrededor de 15 horas.

Una vez que se retiraban las redes del agua se procedía desenmallar la captura, colocándose a los ejemplares en cajones previamente rotulados con el número correspondiente al tamaño de red. Luego se llevaban los mismos al laboratorio húmedo donde se los procesaba tomándose sus datos merísticos, se consignaba su sexo y estado gonadal. En el caso de hembras maduras sexualmente se procedía a retirar los ovarios, los cuales se colocaban en formaldehído al 10 %, en frascos rotulados dentro de bolsas.

Los ovarios de ejemplares cuyos estados de madurez sexual eran IV o V, fueron los que se utilizaron para estimar la fecundidad, (Tabla 4.1.).

Se consideraron aquellos ovocitos maduros (Estado gonadal IV o V) descrito por Calvo y Dadone (1965 y 1972), Calvo y Morriconi (1972) y en López *et al.* (1981b).

Los aterinomorfos presentan la característica de poseer la membrana externa de los óvulos recubiertos por filamentos. Esto produce el aglutinamiento de aquellos, impidiendo la homogeneización del ovario y causando un error al medir el volumen que ocupan los ovocitos maduros con que luego se trabajará. Además se conoce que existe una distribución espacial de los ovocitos dentro del ovario, asociado a su madurez (Freyre e Iwaszkiw, 1982). Para subsanar este inconveniente, se optó por desarrollar una técnica para la separación de los filamentos. Esta consistió en realizar un homogenato con los ovarios, utilizando para este propósito una procesadora cuyas cuchillas se encontraban desafiladas, para no provocar daños a los ovocitos. Una vez finalizado este proceso, se pasaba al producto por una serie de tamices (3) de diferente poro: en primer lugar uno de 5 mm de lado, luego uno de 2 mm y por último uno de 1 mm. En el primero de los tamices se extraía manualmente el estroma ovárico, en el segundo quedaban retenidos los ovocitos maduros y en el tercero quedaban los ovocitos más pequeños que no habían madurado. Posteriormente se tomaban los ovocitos maduros y se los colocaba en una probeta graduada, se dejaba decantar hasta conseguir el máximo empaquetamiento y luego se leía el volumen que ocupaban los ovocitos. En el paso siguiente, se tomaba una submuestra al azar del homogenato purificado y se medía el diámetro de unos 45 ovocitos, con la ayuda de un proyector óptico de perfiles con un aumento de 20X. El promedio de este diámetro se consideró el tamaño de un ovocito estándar para esa muestra.

Para calcular la fecundidad se utilizaron las fórmulas propuestas por Guerrero (1989) y Freyre *et al.* (2004).

$$F = N \cdot C$$

donde

F es el número total de ovocitos correspondientes a los dos ovarios

N es él número de huevos en la bicapa

C es él número de las bicapas

$$N = 1,80751836 \times \left(\frac{r_p}{r_{mo}}\right)^2 - 3,40964912 \times \left(\frac{r_p}{r_{mo}}\right)$$

$$C = \frac{\frac{Vol(ml)}{\mathbf{p} \times r_{p}(mm)} - r_{mo}(mm)}{2 \times \sqrt{3 - \tan 30^{\circ}}} + \frac{1}{2} = \frac{\frac{Vol(ml)}{\mathbf{p} \times r_{p}(mm)} - r_{mo}(mm)}{1,55648634} + \frac{1}{2}$$

siendo

r_p radio interno de la probeta

 r_{mo} radio medio del ovocito

Vol volumen en ml desplazado por los ovocitos

El modelo de ajuste entre la fecundidad (F) y el peso total (W) fue lineal (Bagenal y Braum, 1978).

$$F = a + b \times W$$

donde

a y b son constantes

Este modelo fue ajustado aplicando el modelo de regresión funcional propuesto por Ricker (1975).

En el caso del modelo aplicado entre (F) y la longitud total (L_t) , se parte del modelo anterior y se llega a:

$$W = A \times L_{t}^{B}$$

$$F = a + b \times A \times L^{B}$$

$$C = b \times A$$

$$F = a + C \times L^{B}$$

donde

C, a y B son constantes

En este caso se utiliza el modelo de ajuste no lineal de mínimos cuadrados (método iterativo de Newton).

Asimismo se halló la relación existente entre la fecundidad y el peso del ovario

$$F = a + b \cdot P_g$$

donde

a y b son constantes

4.2.3.- Fecundidad relativa

Se calcularon las fecundidades relativas (F_R) como el cociente entre la fecundidad observada y el peso total (W) en gramos.

$$F_R = \frac{Fobs}{W}$$

Sé graficó la Fecundidad relativa (F_R) vs., la longitud total (L_t) y se buscó la relación que existe entre ambas variables.

4.2.4.- Edad o talla de primera madurez sexual

La edad o talla de primera madurez sexual nos indica la talla en las cuales las hembras están activas sexualmente por primera vez.

Para determinarla se tomaron ejemplares de los meses en los cuales los individuos se encontraban maduros sexualmente o en vías de estarlo. Se analizó un total de 1486 individuos. Los meses tomados en el año 1983 fueron octubre y noviembre, en 1984 septiembre, octubre y noviembre y en 1985 septiembre y noviembre.

La manera de estimarla consiste en agrupar a todos los datos de todos los años, según intervalos de L_t (10 mm), las hembras que no presentaban signos de maduración (estados I y II) por un lado y por el otro las que presentaron signos de maduración y regresión ovárica (estados III, IV, V, VI y VII). De esta manera se obtiene el porcentaje de individuos con signos de maduración para cada intervalo de talla. Estos datos fueron ajustados a una curva logística.

$$M = \frac{100}{1 + m \cdot e^{-a \cdot L_t}}$$

donde

M es el porcentaje de hembras maduras por intervalo de talla L_t es la talla total media del intervalo m y a son constantes de ajuste

Para el ajuste del modelo se utilizó un método de regresión no lineal por mínimos cuadrados (método iterativo de Newton).

La talla que corresponde al punto medio de la curva logística representa el 50 % de las hembras, que sería el tamaño medio de las mismas cuando comienzan su actividad sexual (Iwaszkiw *et al.*, 1983; Freyre *et al.*, 1982).

4.2.5.- Proporción de sexos

Se calculó el porcentaje de hembras presentes del total capturado para los distintos años, así como también para cada intervalo de talla y para todos los años en conjunto.

4.3.- Resultados

4.3.1.- Epoca de desove

Los datos referidos al estado gonadal se evaluaron a partir de agosto del segundo año de muestreo. Con estos datos se confeccionó un archivo y sobre la base de este, se construyó una tabla, donde se colocaron las observaciones de los ejemplares capturados, discriminados por sexos y estado gonadal, en número absoluto y en porcentaje, para los distintos años, (Tabla 4.2.), y para todos los años en conjunto para hembras y para machos (Figura 4.1. y 4.2.).

Se determinó así la época y duración del desove, que es el período donde se encuentra el mayor porcentaje de individuos en estado IV o V.

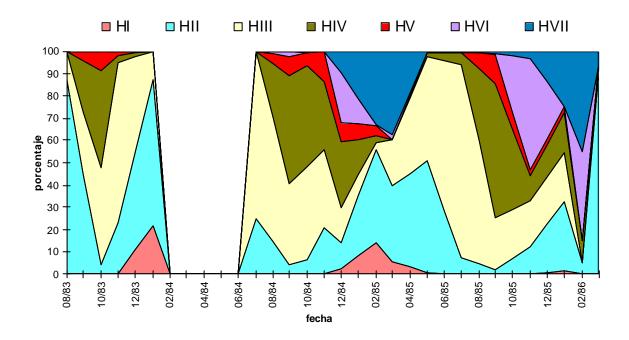


Figura 4.1.: Porcentaje de los distintos estados de las gónadas en hembras

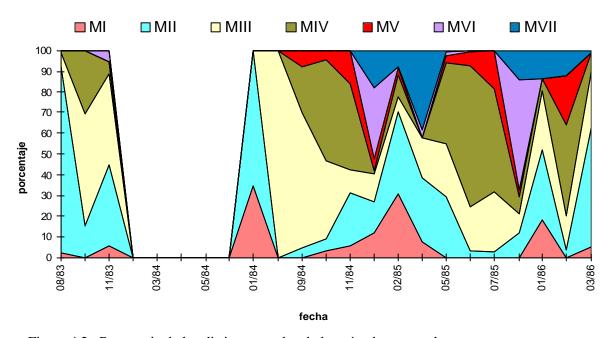


Figura 4.2.: Porcentaje de los distintos estados de las gónadas en machos

Tabla 4.2.: Ejemplares capturados discriminados por sexos y estados gonadales en números absolutos y porcentaje (entre paréntesis)

Año	1982							Sexo y g	rado de mad	urez					
Mes	Total	hembras	machos	Juv.											
Ene.	56	33 (58,93)	23 (41,07)												
Feb.	193	114 (59,07)	75 (38,86)	4 (2,07)											
Mar.	240	119 (49,58)	117 (48,75)	4 (1,67)											
Abr.	175	81 (46,29)	92 (52,57)	2 (1,14)											
May.	175	92 (52,57)	83 (41,43)												
Jun.	24	12 (50)	12 (50)												
Jul.	100	45 (45)	54 (54)	1 (1)											
Ago.	148	43 (29,05)	105 (70,95)												
Sep.	139	87 (62,59)	52 (37,41)												
Oct.	188	92 (48,94)	94 (50)	2 (1,06)											
Nov.	88	54 (61,36)	33 (37,50)	1 (1,14)											
Dic.	20	13 (65)	7 (35)		·	·		·			·	·			
Total	1546	785 (50,78)	747 (48,32)	14 (0,91)											

(Cont.) Tabla 4.2.: Ejemplares capturados discriminados por sexos y estados gonadales en números absolutos y porcentaje (entre paréntesis)

Año	1983								Sexo y g	rado de mad	lurez							
Mes	Total	hembras	machos	juv.			her	nbras						macl	nos			
11103	Total	nemoras	macnos	juv.	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Ene.	168	90 (53,57)	78 (46,43)															
Feb.	108	48 (44,44)	60 (55,56)															
Mar.	258	133 (51,55)	124 (48,06)	1 (0,39)														
Abr.	195	103 (52,82)	92 (47,18)															
May.	575	307 (53,39)	268 (46,61)															
Jun.	164	79 (48,19)	85 (51,83)															
Jul.	113	64 (56,64)	49 (43,36)		3 (4,68	3) 61 (95,31)												
Ago.	425	222 (52,24)	200 (47,06)	3 (0,71)		193 (86,55)	27 (12,11)	2 (0,9)				3 (1,50)	181 (90,5)	14 (7)	2(1)			
Sep	560	284 (50,71)	276 (49,29)															
Oct.	36	22 (61,11)	13 (36,11)	1 (2,78)		1 (4,35)	10 (43,48)	10 (43,48)	1 (4,35)				2 (15,4)	7 (53,8)	4 (30,8)			
Nov.	78	60 (76,92)	18 (23,08)			14 (23,33)	43 (71,67)	2 (3,33)	1 (1,67)			1 (5,56)	7 (38,9)	8 (44,4)	1 (5,56)		1 (5,56)	
Dic.																		
Total	2680	1412 (52,69)	1263 (47,12)	5 (0,18)														

(Cont.) Tabla 4.2.: Ejemplares capturados discriminados por sexos y estados gonadales en números absolutos y porcentaje (entre paréntesis)

Año	1984								Sexo y g	grado de mac	durez								
Mes	Total	hembras	machos	juv.			hei	mbras							macl	hos			
11100	10141	nemoras	macnos	juv.	I	II	III	IV	V	VI	VII		I	II	III	IV	V	VI	VII
Ene.	61	25 (40,98)	21 (34,43)	15 (24,6)		21 (84)	4 (16)						2 (9,52)	19 (90,48)					
Feb.	298	150 (50,34)	148 (49,66)																
Mar.	15	5 (33,33)	10 (66,67)																
Abr.																			
May.																			
Jun.																			
Jul.	7	4 (57,14)	3 (42,86)			1 (25)	3 (75)								3 (100)				
Ago.	378	167 (44,18)	210 (55,56)	1 (0,26)								205 (97,6)			1 (0,48)	4 (1,9)			
Sept.	211	148 (70,14)	63 (29,86)			6 (4,05)	54 (36,49)	72 (48,65)	13 (8,78)	3 (2,03)				3 (4,76)	41 (65,08)	14 (22,22)	5 (7,94)		
Oct.	337	270 (80,12)	66 (19,58)	1 (0,3)	1 (0,37)	17 (6,3)	112 (41,48)	123 (45,56)	15 (5,56)	1 (0,37)	1 (0,37)		2 (3,03)	4 (6,06)	25 (37,88)	32 (48,48)	3 (4,55)		
Nov.	87	68 (78,16)	19 (21,84)			14 (20,59)	24 (35,29)	21 (30,88)	9 (13,24)				1 (5,26)	5 (26,32)	2 (10,53)	8 (42,11)	3 (15,79)		
Dic.	151	84 (55,63)	67 (44,37)		2 (2,38)	10 (11,9)	13 (15,48)	25 (29,76)	7 (8,33)	19 (22,62)	8 (9,52)		8 (11,94)	10 (14,93)	9 (13,43)	1 (1,49)	4 (5,97)	23 (34,33)	12 (17,91)
Total	1545	921 (59,61)	607 (39,28)	17 (1,1)		·													

(Cont.) Tabla 4.2.: Ejemplares capturados discriminados por sexos y estados gonadales en números absolutos y porcentaje (entre paréntesis)

Año	1985									Sexo y g	grado de ma	durez								
Mes	Total	hembras	machos	juv.				her	nbras							macl	hos			
		nemorus	macnos	juv.		I	II	III	IV	V	VI	VII		I	II	III	IV	V	VI	VII
Ene.																				
Feb.	314	186 (59,24)	128 (40,76)		7 (3,76)	19 (10,22)	78 (41,94)	6 (3,23)	5 (2,69)	9 (4,84)	1 (0,54)	61 (32,8)	4 (3,13)	35 (27,34)	51 (39,84)	9 (7,03)	14 (10,94)	4 (3,13)	1 (0,78)	10 (7,81)
Mar.	122	70 (57,38)	52 (42,62)			4 (5,71)	24 (34,29)	14 (20)			2 (2,86)	26 (37,14)		4 (7,69)	16 (30,77)	10 (19,23)			2 (3,85)	20 (38,46)
Abr.																				
May.	301	132 (43,85)	169 (56,15)			1 (0,76)	66 (50)	62 (46,97)	2 (1,52)			1 (0,76)	1 (0,59)		48 (28,4)	44 ((26,04)	66 (39,05)	6 (3,55)	3 (1,78)	1 (0,59)
Jun.																				
Jul.	537	219 (40,78)	318 (59,22)				16 (7,31)	190 (86,76)	12 (5,48)		1 (0,46)				10 (3,14)	68 (21,38)	216 (67,92)	22 (6,92)	2 (0,63)	
Ago.																				
Sept.	659	464 (70,41)	195 (29,59)		1 (0,22)		9 (1,94)	107 (23,06)	280 (60,34)	61 (13,15)	1 (0,22)	5 (1,08)			5 (2,56)	57 (29,23)	97 (49,74)	36 (18,46))	
Oct.																				
Nov.	560	453 (80,89)	107 (19,11)			1 (0,22)	55 (12,14)	93 (20,53)	51 (11,26)	12 (2,65)	227 (50,11)	14 (3,09)			13 (12,15)	10 (9,35)	8 (7,48)	4 (3,74)	57 (53,27	15 (14,02)
Dic.																				
Total	2493	1524 (61,13)	969 (38,87)																	
Año	1986									Sexo y	grado de ma	durez								
Mes	Total	hembras	machos	juv.				hei	mbras							mac	hos			
		потпотав	macrios	juv.		I	II	III	IV	V	VI	VII		I	II	III	IV	V	VI	VII
Ene.	352	190 (53,98)	160 (45,45)	2 (0,57)	3 (1,58)	59 (31,05)	42 (22,1)	34 (17,89)	5 (2,63)			47 (24,74)	1 (0,63)	28 (17,5)	54 (33,75)	46 (28,75)	9 (5,63)			22 (13,75)
Feb.	45	20 (44,44)	25 (55,55)				1 (5)		2 (10)		8 (40)	9 (45)			1 (4)	4 (16)	11 (44)	6 (24)		3 (12)
Mar.	646	347 (53,72)	299 (46,28)			3 (0,86)	307 (88,48)	14 (4,03)	1 (0,28)			22 (6,35)		15 (5,02)	173 (57,86)	81 (27,09)	26 (8,7)	1 (0,33)		3 (1)
Total	1043	557 (53,4)	484 (46,4)	2 (0,2)																
Total	9307	5199	4070	38		_	_													
		55,86	43,73	0,41																

Se evidencia que los números de individuos correspondientes al estado II de

madurez sexual, son bajos entre los meses septiembre – noviembre. (Figuras 4.1.

y 4.2.).

El porcentaje del estado III es alto entre los meses de mayo y julio. Para el estado

IV se observa un alto porcentaje entre los meses septiembre, octubre y

noviembre.

En cuanto al estadio VII (que corresponde al post-desove), se incrementa entre

los meses diciembre a marzo.

Por lo tanto es notorio que el pejerrey patagónico para el embalse Ezequiel

Ramos Mexía posee una sola época de reproducción, entre los meses de

septiembre a diciembre, y abarcaría aproximadamente 4 meses.

4.3.2.- Fecundidad absoluta y relativa

Para los 43 individuos analizados las tallas totales oscilaron entre 296 a 430 mm

y las tallas estándar entre 250 y 365 mm. El diámetro promedio de los ovocitos

maduros fue de 1,8934 mm.

Relación Fecundidad (F) vs. Longitud total (L_t) (Figura 4.3.)

 $F = -76302,237 + 5733,577 \times L_t^{0,465}$

 $R^2 = 0.683 ; N = 43$

Relación Fecundidad (F) vs. Peso (W)

Se probaron dos modelos de ajuste, lineal y potencial, siendo este último el que

logró un mejor ajuste de los datos, (Figura 4.4.).

Relación fecundidad (F) vs. peso del ovario (Pg).

Se ajustaron los datos a una relación lineal, (Figura 4.5.).

Relación fecundidad relativa (F_r) vs. Longitud total (L_t).

Sé graficó las fecundidades relativas para las distintas longitudes totales (Figura 4.6.)

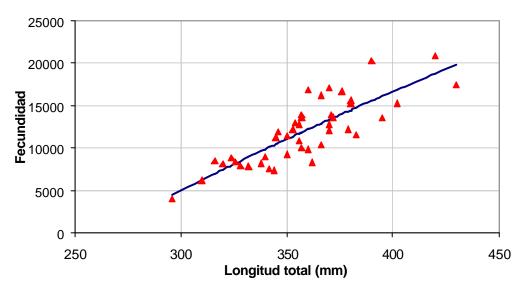


Figura 4.3.: Relación Fecundidad (F) vs. Longitud total (Lt)

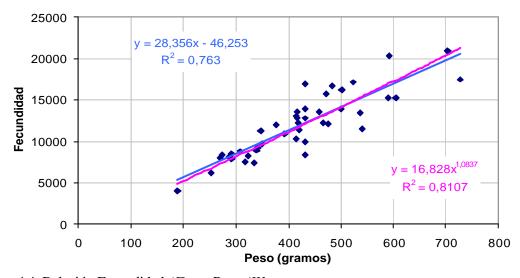


Figura 4.4. Relación Fecundidad (F) vs. Peso (W)

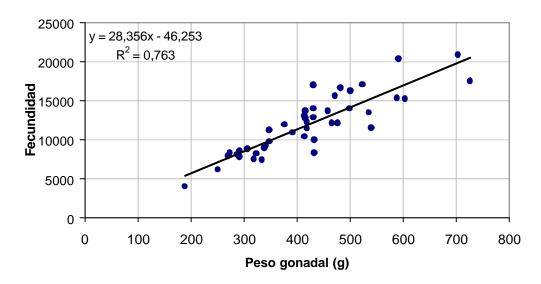


Figura 4.5.: Relación fecundidad (F) vs. peso del ovario (Pg)

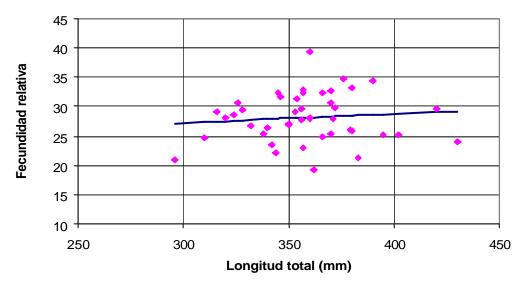


Figura 4.6.: Relación Fecundidad relativa (F_r) vs. Longitud total (L_t)

4.3.3.- Edad o talla de primera madurez sexual

Para estudiar la edad o talla de primera madurez sexual, se analizaron 1486 ejemplares, los mismos eran hembras maduras o en vías de estarlo (estados IV o V). Se trabajó con estos por considerarlas más confiables que los machos para determinar su estado gonadal, considerando que los cambios sufridos en las

gónadas femeninas a lo largo del tiempo son más evidentes que en los machos. (Tabla 4.3.). Los resultados de la regresión fueron los siguientes:

$$M = \frac{100}{1 + 198.77 \times e^{-0.021656 \cdot L_t}}$$

donde

M = % de hembras sexualmente maduras; N = 1486; r = 0,698 (Tabla 4.3. y Figura 4.7.).

Tabla 4.3.: Porcentaje de hembras maduras respecto a las inmaduras.

	Estado de n	naduración			%
Intervalo L _t			Total	%	estimad
(mm)	Inmaduros	Maduros			0
210-220	1	1	2	50,00	37,10
220-230	1	1	2	50,00	42,28
230-240	3	3	6	50,00	47,63
240-250	4	8	12	66,67	53,04
250-260	5	5	10	50,00	58,38
260-270	6	7	13	53,85	63,53
270-280	6	7	13	53,85	68,38
280-290	1	15	16	93,75	72,87
290-300	5	13	18	72,22	76,93
300-310	3	39	42	92,86	80,55
310-320	10	38	48	79,17	83,72
320-330	8	43	51	84,31	86,46
330-340	19	55	74	74,32	88,80
340-350	11	91	102	89,22	90,78
350-360	8	132	140	94,29	92,44
360-370	4	140	144	97,22	93,82
370-380	8	189	197	95,94	94,97
380-390	6	199	205	97,07	95,91
390-400	4	166	170	97,65	96,68
400-410	2	102	104	98,08	97,31
410-420	1	55	56	98,21	97,82
420-430	0	25	25	100,00	98,24
430-440	0	15	15	100,00	98,57
440-450	0	4	4	100,00	98,85
450-460	0	1	1	100,00	99,07

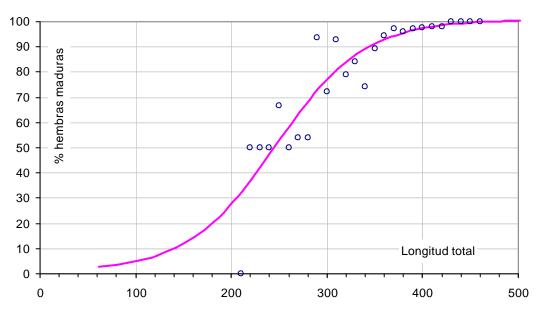


Figura 4.7.: Edad o talla de primera madurez es la talla que alcanza el 50% de hembras maduras.

4.3.4.- Proporción de sexos

En el análisis del porcentaje de hembras a lo largo de los cuatro años en que se tomaron muestras, en función de los intervalos de tallas totales, se observa que a tallas intermedias entre 220 y 370 mm de $L_{\rm f}$, la proporción de sexos es de alrededor del 50 %, pero a tallas inferiores oscila entre 0 y 65 % y para tallas mayores el porcentaje va desde 60 a 100 %. Estos resultados evidencian que las tallas menores son poco susceptibles de ser capturada por las artes empleadas, debido a la alta selectividad de las redes. En la captura de individuos de tallas mayores, la proporción de hembras es más elevada que los machos probablemente debido a la baja frecuencia de captura de estos individuos o tal vez porque que las hembras sean mas fácilmente capturables, debido a un comportamiento más gregario en las tallas mayores (Figura 4.8.). Asimismo la proporción de hembras activas reproductivamente respecto al de hembras totales, aumenta a medida que adquieren una talla mayor, (Figura 4.8.).

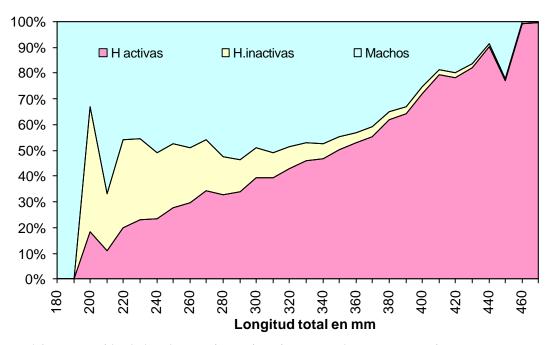


Figura 4.8.: Proporción de hembras activas e inactivas y machos en porcentaje

4.4.- Discusión y conclusiones

Entre los rasgos mas salientes de la información presentada merecen citarse los siguientes puntos:

De acuerdo a la observación macroscópica de las gónadas, en el presente estudio se describen 7 estados diferentes de gónadas, a diferencia de lo propuesto por Ruiz (2002), quien establece 6 estados de madurez sexual.

Se observa que el ciclo ovárico es altamente estacionalizado y que probablemente responda a variables ambientales, tales como temperatura y fotoperíodo, que en esta región son marcadas por tratarse de un clima templado frío.

La temporada de desove ocurre entre los meses de septiembre y diciembre, donde el porcentaje de individuos maduros es mayor (estados IV y V). De acuerdo a lo estudiado por Ruiz (*op. cit*) en el embalse Florentino Ameghino, en el otoño se da el período de preparación, en el invierno tardío y primavera se observa el período de maduración, con puestas parciales y en el verano se encuentran a las gónadas en reversión. Estas observaciones concuerdan con las de Viozzi (1993) en el Lago Pellegrini (Neuquén), donde el valor máximo del índice gonadosomático (*IGS*) se da entre los meses de agosto a diciembre y por las de Bello *et al.* (1996a) en el lago Moreno (Río Negro). Semejante, además con lo realizado por López *et al.* (1981b), en el embalse Ezequiel Ramos Mexía, que obtiene el valor máximo del índice gonadosomático (*IGS*), entre los meses de septiembre y octubre.

Grosman *et al.* (1990), determinaron que el periodo reproductivo del pejerrey patagónico en la laguna Terraplén (Provincia de Chubut), es corto y abarca los meses de octubre y noviembre. Del Valle y Núñez (1990) indicaron que la época de reproducción de esta especie ocurre entre los meses de agosto y enero.

Asimismo en el pejerrey bonaerense las épocas de desove ocurren en primavera y en otoño (Calvo y Morriconi, 1972). En este aspecto ambas especies de pejerrey coincidirían sólo con la época de desove de primavera.

Los diversos resultados y conclusiones obtenidos en los distintos estudios son entonces coincidentes.

La talla de primera madurez sexual de los individuos analizados para este trabajo de tesis fue de 244,37 mm de longitud total, que corresponde al 50 % y representa el tamaño medio para el cual las hembras de la población han entrado en actividad sexual. Las observaciones realizadas en el pejerrey patagónico del embalse F. Ameghino indicaron que la talla media de primera madurez sexual fue de 224,89 mm (Ruiz, 2002); mientras que la talla de primera madurez sexual, en el caso de los peces capturados en el lago Moreno fue de 230 mm (Bello *et al.*, 1996a).

No se observa un patrón definido entre las variables, fecundidad relativa y la longitud total. En cambio si se observan altos valores de coeficientes de determinación, al evaluar la asociación entre la fecundidad y el peso total ($R^2 = 0.8107$), la fecundidad y el peso gonadal ($R^2 = 0.763$), y entre la fecundidad y la longitud total ($R^2 = 0.683$).

Respecto a la proporción de sexos se puede interpretar que la mayor parte de la población posee un 50 % de individuos hembras y un 50 % de individuos machos. Sin embargo, a tallas menores de 220 mm y mayores de 360 mm, fue difícil determinar la proporción de sexos, debido a la escasa capturabilidad de individuos correspondientes a estas tallas. Asimismo se observó que la actividad sexual de las hembras comienza a los 190 mm de longitud total, para luego incrementarse cuando adquieren una mayor talla, llegando a casi el 100%, a los 400 mm de L_{t} .

En cuanto a las características reproductivas el pejerrey patagónico se encuentra enmarcado dentro de los denominados desovantes parciales.

Como un comentario adicional se puede decir, que la fecundidad absoluta varía entre 3976 huevos/hembra (L_t = 296 mm y W = 190 g) a 20879 huevos/hembra (L_t = 420 mm y W = 704 g). Estos valores son mayores a los obtenidos por Bello *et al.*, (1996a) al analizar ejemplares de esta misma especie provenientes del Lago Moreno Moreno, ya que fluctuaron entre 1376 a 4788 huevos/hembra, aunque los peces estaban comprendidos entre los 335 y 400 mm de longitud total.

Para el pejerrey bonaerense las cantidades promedio de ovas producidas son: para ejemplares de 250 mm de L_{est} 8000 y para ejemplares de 300 mm de L_{est} 14.000, (Grosman, 1995b).

Capítulo 5

Selectividad de redes agalleras

5.1.- Introducción

La estimación de la densidad o número relativo de individuos de una especie en un ambiente acuático léntico resulta dificultosa, por ello, a través del tiempo, se han empleado diferentes métodos. Entre los más utilizados se pueden mencionar: la evaluación del rendimiento pesquero, el marcado con recaptura, el ecosondeo, el agotamiento, la aplicación de ictiotóxicos, la electropesca u otros métodos de captura masiva. Cada uno de los métodos aludidos presenta, limitaciones y condiciones de aplicación (Lagler, 1978; Nielsen, *et al.*, 1985; Murphy, *et al.*, 1996).

Las técnicas de evaluación del rendimiento pesquero pueden diferenciarse según el tipo de arte que utilizan, entre las que se encuentran: entre otras, las redes activas (red de arrastre, de cerco y dragas) y las redes pasivas (redes agalleras o de espera, trampas y nasas). Estas, a su vez permiten monitorear las poblaciones.

La cantidad de peces capturados (C) por una red de pesca es proporcional al esfuerzo (f) que se realiza para capturarlos, a la probabilidad de captura (q) que la red tiene para ellos y a la densidad de peces (V) en el lugar donde se está pescando (Gulland, 1971), por lo tanto:

$$C = N \ q \ f$$
 ecuación 5.1
$$N = \frac{C}{q \ f}$$
 ecuación 5.2

En el presente estudio se utilizaron redes agalleras o enmalladoras para realizar la captura de los peces. Estas redes son recomendables cuando los ambientes a estudiar presentan vegetación o escasa profundidad, lo que inhibe el uso de artes activas (Lagler, 1978; Duddley y Scully, 1980). En este caso el coeficiente de capturabilidad q, depende de que los peces se encuentren con la red y de que

sean retenidos por la misma. Según Hamley (1975) la captura en una red de enmalle se describe como:

$$C_{ml} = N_l pR_{ml} pE_l f_m$$
 ecuación 5.3

donde

m = red agallera con D, E, y GH determinado l = longitud total de los peces $N_l = \text{densidad}$ de peces de longitud 1 $pR_{ml} = \text{probabilid}$ ad de retención de la red m sobre los peces de longitud 1 $pE_l = \text{probabilid}$ ad de encuentro con los peces de longitud 1

 f_m = esfuerzo efectuado por la red (expresado en metros de red, L, por horas de exposición)

Las redes agalleras o enmalladoras tienen un alto grado de selectividad, respecto de la talla de los peces (Freyre *et al.*, 1995). Es por ello que en todo estudio demográfico, se deberán corregir los datos de capturas previamente a transformarlos en densidades, tanto para el estudio de la mortalidad como del crecimiento (Regier y Robson, 1966). Además, el conocimiento de la selectividad facilita la estimación del rendimiento y permite el manejo adecuado de las pesquerías.

Asimismo, las baterías de enmalladoras se han aplicado extensamente en estudios regionales sobre comunidades de peces, (Johnson, 1976; Adams y Olver, 1977; Quirós y Baigún, 1986), en la determinación de parámetros poblacionales (Freyre, 1991; Guerrero, 1989; Dománico, 1990; Colautti, 1999), en la estimación indirecta de rendimiento pesquero (Ryder y Henderson, 1975; Jensen, 1978; Turner, 1981), además de ser utilizadas para estudios sobre aspectos biológicos y ecológicos de especies (Baigún, 1989; Grosman, 1993). Lagler (1978) encontró que las redes enmalladoras poseían menores varianzas que otras artes pasivas utilizadas para capturas experimentales en lagos. En la Patagonia existen numerosos ejemplos de muestreos experimentales con este tipo de arte en lagos y embalses (López *et al.*, 1981; Baigún y De Nichilo, 1985;

Quirós y Baigún, 1986; Quirós *et al.*, 1986; Freyre, 1991; Dománico, 1989; Guerrero, 1989, Vigliano *et al.*, 1999).

Las redes enmalladoras proporcionan registros de captura de número y peso de peces, los que expresados por unidad de área de red y tiempo de pesca, definen la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Al igual que ocurre con otras artes de captura, la CPUE obtenida con redes enmalladoras puede ser considerada como una medida indicativa de la abundancia real de un stock o población (Henderson et al., 1973; Leopold et al., 1975). Sin embargo, para que ello sea válido, es importante que las muestras resulten suficientemente representativas de la población bajo estudio. Además hay que considerar que, dado que las redes enmalladoras son artes pasivas, es necesario tener en cuenta las dimensiones de las redes, los tiempos de calado para evitar problemas de saturación (Kennedy 1951; Minns y Hurley 1988) y los biótopos de calado (Vigliano et al., 1999; Baigún et al., 2001).

Para estudiar la selectividad, se pueden utilizar distintas medidas corporales, como la longitud total, la longitud estándar, la longitud fork o el perímetro máximo.

La longitud total (L_t) y la longitud estándar (L_{est}) fueron calculadas como se mencionó previamente en la sección 3.2.

 L_{fork} : (Longitud fork) es la longitud del pez que se mide desde el borde distal hasta el fondo de la escotadura de la aleta caudal.

 P_{max} : (Perímetro máximo) es la medida que se toma de alrededor del cuerpo del pez en la zona de mayor ancho y alto, en general coincide con el nacimiento de la aleta dorsal.

La selectividad de las redes de enmalle se define como la curva resultante de la proporción de peces de cada clase de longitud que son retenidos y capturados del total de la población, en una unidad operativa de pesca (Lagler, 1978). La curva se describe por su moda, que corresponde a la longitud óptima de captura; su altura, que representa el grado de eficiencia de la captura y su ancho o amplitud que proporciona el rango de selección (Baigún, 1989).

La probabilidad de que un pez de talla l sea capturado por una red de malla m, se puede considerar que está compuesta por dos probabilidades independientes:

- (1) La probabilidad de que el pez encuentre la red (encuentro): pE_l
- (2) La probabilidad de que el pez sea retenido por la red de malla m, después del encuentro de ese pez con la misma (retención): $pR_{m,l}$.

La primera depende de la velocidad de natación de un pez, que está relacionada directamente con la talla y su metabolismo (Brett en 1964 define la velocidad relativa en unidades de longitud respecto del tiempo) y la segunda es función de la talla del pez y de las características propias del arte de pesca (Hamley, 1975; Rudstam *et al.*, 1984).

Se define al coeficiente de capturabilidad (q_{ml}) de una red de malla m para un pez de talla l, como, proporcional al producto de la probabilidad de encuentro por la de retención, siendo:

$$q_{ml} = A_1 \times pE_l \times A_2 \times pR_{ml}$$
 ecuación 5.4

donde $A_1 y A_2$ son constantes.

Entonces puede escribirse

$$q_{ml} = qe_{l} \times qr_{ml}$$

ecuación 5.5

donde qe_1 = coeficiente de encuentro = $A_1 \times p E_1$ qr_{m1} = coeficiente de retención = $A_2 \times p R_{m1}$

Entonces la captura puede estimarse como:

$$C_{ml} = N_l \ q_{ml} \ f_m \qquad \qquad \text{ecuación 5.6}$$

por lo tanto

$$N_l = \frac{C_{ml}}{q_{ml} f_m}$$
 ecuación 5.7

Si se asume que los peces se desplazan a una longitud por segundo (Brett, 1964; González Naya, 2005) y que al cabo de un movimiento rectilíneo de *n* longitudes se produce un cambio de dirección al azar, se puede calcular la frecuencia de las distancias recorridas durante cierto tiempo. De modo que conociendo el tiempo que las redes están expuestas y el número de longitudes que los peces recorren sin cambiar de dirección se puede estimar el área de la que proviene la captura, (ver Capítulo 7 "Mortalidad, Supervivencia y Producción Neta", punto 7.2.2.).

El objetivo del presente capítulo es estimar los coeficientes de capturabilidad del pejerrey patagónico, para cada clase de talla, de las distintas redes agalleras utilizadas en este embalse.

5.2.- Materiales y Métodos

5.2.1.- Características de las redes agalleras

Cada tren de enmalle o batería utilizada en este trabajo de tesis, estuvo conformado por 6 redes de diferente tamaño, cada una de ellas poseían una forma rectangular, con una relinga superior provista de flotadores (boyas) y la inferior con pesos (plomos) (Figura 5.1.). Fueron construidas con hilo de nylon multifilamento. Las características se describen consignando la distancia de malla estirada (D), el coeficiente de armadura (E), el grosor del hilo (GH), el número de mallas verticales (n), el tipo y diámetro de las boyas (PI Ø), la distancia entre boyas (d1), el peso de los plomos o lastres (Pb), la distancia entre los mismos (d2) y la altura de la red armada, según se indica en Freyre *et al.* (1983). (Para más detalle ver punto 2.1. Artes de muestreo y puntos de muestreo, en Capítulo 2).

A diferencia de las redes de arrastre que son "artes activas", donde la red es dirigida hacia los peces, las redes agalleras son "artes de pesca pasiva" lo que significa que los peces tienen que nadar hacia la red para ser capturados. Esto implicaría que los peces que se mueven con mayor rapidez tienen mayor probabilidad de encontrarse con la red, en relación con aquellos que son más lentos. Dado que la velocidad de natación de un pez está directamente relacionada con su talla y su metabolismo (Brett, 1964), el área muestreada por las redes aumentará entonces en función de la talla de los peces.

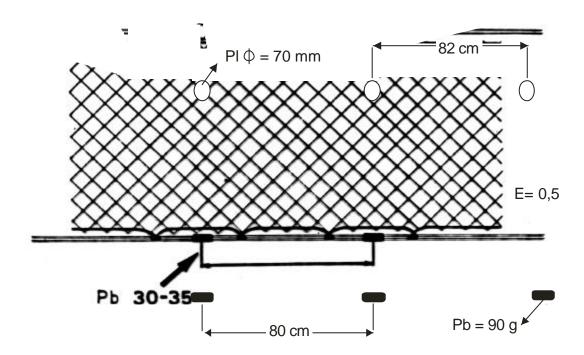


Figura 5.1.: Arte de pesca, red de enmalle o agallera utilizada en los muestreos. Acrónimos de acuerdo a la Tabla 2.1.

5.2.2.- Obtención de datos y corrección de las capturas.

En este estudio se utilizaron los datos de longitud total (L_t) en mm, por ser los que mejor estaban representados en los muestreos.

Se emplearon los datos obtenidos de las capturas realizadas entre los años 1982 y 1985 y el primer trimestre de 1986. Esta información proviene de 178 campañas, las mismas tuvieron una duración de aproximadamente una semana. Se tomaron los datos provenientes de tres estaciones de pesca, ya que fueron las que estuvieron representadas en los 51 meses que abarcó el estudio, siendo analizados un total de 9280 individuos (Figura 2.1., Capítulo 2). Los muestreos se efectuaron con redes agalleras de 42, 50, 60, 70, 78 y 104 mm de malla estirada.

Como primera medida se estandarizaron las capturas llevándolas todas a un mismo esfuerzo (definiéndose una unidad de esfuerzo como la resultante de la pesca efectuada por una red de 12,5 m de longitud de relinga, 2 m de altura, en una noche (15 h) de pesca):

- ◆ En los dos primeros años de muestreo se utilizaron redes de 12,5 m, y posteriormente se trabajó con redes de 25 m, a fines comparativos se estandarizaron las capturas a las redes de menor longitud (12,5 m).
- Se trabajó con las capturas referidas a la pesca que se efectuó durante una noche, que era el tiempo mínimo en que permanecían caladas las redes.
- ◆ Por último se procedió a llevar a todas las redes a una misma superficie, estandarizando todas las redes a 2 metros de altura, para ello se utilizaron los coeficientes de corrección para cada una de ellas (Tabla 5.1.).

Tabla 5.1.: Coeficientes de corrección para estandarizar la superficie de acción de las redes.

Malla estirada (mm)	Altura red armada (<i>m</i>)	Coeficiente corrección
42	2,558	0,782
50	1,741	1,149
60	2,09	0,957
70	2,439	0,820
78	2,169	0,922
104	2,010	0,995

Con las capturas totales estandarizadas, se confeccionó una matriz de frecuencias, siendo estos datos agrupados en intervalos de talla cada 10 mm, para cada red (Tabla 5.2.).

Tabla 5.2.: Capturas totales en números de individuos estandarizadas por esfuerzo de pesca, para todas las redes y por intervalo de talla.

Intervalo de L_t	Red (malla estirada en mm)										
(mm)	42	50	60	70	78	104					
150-160	0	0	0	0	0	0					
160-170	0	0	0	0	0	0					
170-180	0,85	0	0	0	0	0					
180-190	0,85	0	0	0	0	0					
190-200	2,55	0	0	0	0	0					
200-210	11,9	0	0,957	0	0	0					
210-220	49,3	11,49	0	0	0	0					
220-230	118,15	24,129	2,871	0	0	0					
230-240	204	47,109	6,699	1,64	0	0					
240-250	247,35	59,748	3,828	4,1	0	0					
250-260	236,3	142,476	10,527	3,28	0	0					
260-270	233,75	180,393	31,581	8,2	0	0					
270-280	189,55	241,29	43,065	8,2	0	0					
280-290	183,6	280,356	81,345	9,84	0	0					
290-300	158,95	244,737	166,518	17,22	0	0					
300-310	124,95	233,247	193,314	20,5	3,688	0					
310-320	82,45	155,115	203,841	34,44	11,986	1,99					
320-330	61,2	145,923	193,314	64,78	35,958	0,995					
330-340	45,05	140,178	198,099	95,94	66,384	0					
340-350	30,6	101,112	199,056	125,46	81,136	4,975					
350-360	24,65	101,112	184,701	155,8	113,406	5,97					
360-370	11,9	71,238	168,432	148,42	118,938	0					
370-380	17,85	51,705	189,486	159,08	130,924	5,97					
380-390	5,95	39,066	155,991	137,76	117,094	1,99					
390-400	5,1	26,427	106,227	108,24	88,512	7,96					
400-410	4,25	14,937	50,721	62,32	58,086	5,97					
410-420	3,4	3,447	20,097	32,8	44,256	4,975					
420-430	0	1,149	10,527	17,22	17,518	2,985					
430-440	0	1,149	2,871	5,74	7,376	4,975					
440-450	0	0	1,914	0,82	3,688	1,99					
450-460	0	0	0,957	0,82	0,922	0					
460-470		0	0	0	0,922	0					
Total	2054,45	2317,533	2226,939	1222,62	900,794	50,745					

5.2.3.- Cálculo de la probabilidad de retención

Para el cálculo del coeficiente de retención qr_{ml} , se utilizó el método propuesto por Gulland, (1971), según el cual se calcula la proporción de peces de cada clase de talla capturados por las distintas mallas, referidas a la máxima captura de esa clase para el conjunto de paños utilizados, de modo que la máxima captura le corresponde 100%:

$$qr_{ml} = \frac{C_o}{C_{\text{max}}} \times 100$$

donde

 $qr_{ml} = coeficient e de retención$

 $C_o = captura \ observada$

 $C_{\mathrm{max}} = captura \ máxima \ para una talla dada$

Así se obtuvieron los polígonos porcentuales de retención del tren de enmalle (Tabla 5.3.).

Tabla 5.3.: Polígonos porcentuales de retención del tren de enmalle.

Intervalo de L_t	Red (malla estirada en mm)										
(mm)	42	50	60	70	78	104					
150-160	0	0	0	0	0	0					
160-170	0	0	0	0	0	0					
170-180	100	0	0	0	0	0					
180-190	100	0	0	0	0	0					
190-200	100	0	0	0	0	0					
200-210	100	0	8,04	0	0	0					
210-220	100	23,31	0	0	0	0					
220-230	100	20,42	2,43	0	0	0					
230-240	100	23,09	3,28	0,80	0	0					
240-250	100	24,16	1,55	1,66	0	0					
250-260	100	60,29	4,45	1,39	0	0					
260-270	100	77,17	13,51	3,51	0	0					
270-280	78,56	100	17,85	3,40	0	0					
280-290	65,49	100	29,01	3,51	0	0					
290-300	64,95	100	68,04	7,04	0	0					
300-310	53,57	100	82,88	8,79	1,58	0					
310-320	40,45	76,10	100	16,90	5,88	0,98					
320-330	31,66	75,48	100	33,51	18,60	0,51					
330-340	22,74	70,76	100	48,43	33,51	0					
340-350	15,37	50,80	100	63,03	40,76	2,50					
350-360	13,35	54,74	100	84,35	61,40	3,23					
360-370	7,07	42,29	100	88,12	70,61	0					
370-380	9,42	27,29	100	83,95	69,09	3,15					
380-390	3,81	25,04	100	88,31	75,06	1,28					
390-400	4,71	24,42	98,14	100	81,77	7,35					
400-410	6,82	23,97	81,39	100	93,21	9,58					
410-420	7,68	7,79	45,41	74,11	100	11,24					
420-430	0	6,56	60,09	98,30	100	17,04					
430-440	0	15,58	38,92	77,82	100	67,45					
440-450	0	0	51,90	22,23	100	53,96					
450-460	0	0	100	85,68	96,34	0					
460-470	0	0	0	0	100	0					

Se conoce que existen tres formas por las cuales un pez puede ser retenido por una red agallera:

- Agalle: el pez queda retenido por detrás de los opérculos y de esta manera no puede retroceder y salir de la red.
- 2. Acuñamiento: el pez queda fuertemente retenido por la malla, en la zona donde posee la porción más ancha de su cuerpo.
- 3. Enganche: el pez no se introduce dentro de la malla, sino que es retenido por alguna parte saliente de su cuerpo como aletas espinas o dientes.

pR = pe + pa + pt donde:

pe= probabilid ad de retención por enmalle
 pa = probabilid ad de retención por acuñamiento
 pt = probabilid ad de retención por enganche

Descomposición de las modas de la distribución qr_{ml} para cada malla

Los polígonos de retención calculados para cada una de las redes presentaron más de una moda. Por lo tanto, para estimar los valores teóricos de los coeficientes de retención, se procesaron los resultados por un método iterativo minimizando la suma de los desvíos cuadráticos, de una suma de normales. Así se obtuvo una estimación de la retención de cada paño en función de la talla del pejerrey, pudiéndose distinguir en la mayoría de las redes dos componentes unimodales, que representarían las capturas efectuadas por agallamiento y las debidas a acuñamiento (Hamley, 1975). Luego se utilizó un coeficiente que ajustó las curvas de retención, de modo que a la máxima ordenada de cada bimodal le correspondiera el valor de 1, ya que este representa el máximo valor posible del coeficiente de retención para cada red. Por lo tanto podemos decir que para

cualquiera de las redes de los trenes utilizados, la probabilidad de retención estaría dada por:

$$pR = pe + pa = \frac{N_e}{Se\sqrt[2]{2p}} e^{-0.5[(j-L_e)/S_e]^2} + \frac{N_a}{Sa\sqrt[2]{2p}} e^{-0.5[(j-L_a)/S_a]^2}$$

donde

 N_e = número de individuos capturados por enmalle

 L_{e} = longitud media de enmalle

 S_{e} = desvío estándar de enmalle

 N_a = número de individuos capturados por acuñamient o

 $L_a =$ longitud media de acuñamient o

 S_a = desvío estándar de acuñamient o

5.2.4.- Cálculo de la probabilidad de encuentro

Como se mencionó previamente, la probabilidad de que un pez se encuentre con una batería de agalleras (pE), depende de la velocidad con que este nade.

Se sabe que la velocidad de natación medida en longitudes por unidad de tiempo está relacionada linealmente con el metabolismo (Brett, 1964).

Para el pejerrey patagónico no se poseen datos sobre velocidad de natación ni sobre su metabolismo. Sin embargo se sabe que el consumo de O_2 por unidad de masa es igual para todos los ejemplares de una misma especie para igual temperatura ambiente. Por lo tanto, la pE depende de la longitud y según Rudstam *et al.*, (1984) se obtendría mediante:

$$pE = A L^H$$
 ecuación 5.8

donde A y H son constantes

y L es la talla o longitud media del intervalo

En este caso se utilizó como expresión de metabolismo al consumo de oxígeno (R) de la especie próxima *Odontesthes bonariensis* para la cual se posee información (Freyre *et al.*, 1981):

$$R = c t^d W^{l-g}$$
 ecuación 5.9

donde t es la temperatura en °C W es el peso del pez en gramos

c, d y g constantes

El peso de un individuo de un tamaño dado (*L*) se obtiene de:

$$W_i = a L^b$$
 ecuación 5.10

donde a y b son constantes

Por lo tanto de las ecuaciones 5.9 y 5.10, se desprende, que la probabilidad de encuentro para cualquier tamaño de pez estaría dada por:

$$pE = c t^d a^{1-g} L^{b(1-g)}$$

donde

$$c t^d a^{1-g} = A$$
 de la ecuación 5.8
 $b(1-g) = H$ de la ecuación 5.8

5.2.5.- Cálculo del coeficiente de capturabilidad

Una vez halladas los coeficientes de retención y de encuentro se puede hallar el coeficiente de capturabilidad de una red de malla m para un pez de talla l como el producto de ambos.

$$q_{m l} = qe_{l} \times qr_{m l}$$

5.3.- Resultados

5.3.1.- Probabilidad de Retención

La distribución de los valores de los coeficientes de retención relativa qr_{ml} para cada malla, evidenció una distribución polimodal. Se observaron dos modas, próximas entre si que corresponden a las formas de retención, por agallamiento o enmalle (agall) y por acuñamiento (acuñ). Las distribuciones de los coeficientes de retención relativos qr_{ml} para las redes de 42, 50 y 60 presentaron mesetas. La de 104 resultó de baja eficiencia para la captura del pejerrey patagónico. En ningún caso esta última red alcanzó una eficiencia de 1 indicando que para ninguna de las tallas, esta red capturó más individuos que otras redes (Tablas 5.4 a 5.9; Figuras 5.2 a 5.7).

De los resultados obtenidos por la descomposición en modas de las frecuencias observadas, se calcularon los coeficientes de retención relativos y los coeficientes de retención teóricos qr_{ml} , que representan los valores de retención relativos corregidos para que no sobrepasaran el valor de 1. (Tablas 5.4 a 5.9; Figuras 5.2 a 5.7).

Tabla 5.4.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m\,l}$ para la malla 42.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	186,4119	245,1838
Desvío estándar	11,6699	45,8481
Número	19.0072	119,8898

Intervalo de talla	Coeficient	es de retenció	n relativos	Coeficientes de retención teóricos				
(mm)	42 acuñ.	42 agall.	42 total	42 асиñ.	42 agall.	42 total		
150-160	0,017357	0,15073	0,168087	0,015986	0,13882	0,154806		
160-170	0,12071	0,226044	0,346755	0,111173	0,208184	0,319357		
170-180	0,402819	0,323241	0,726061	0,370991	0,297701	0,668693		
180-190	0,645033	0,440758	1,085791	0,594068	0,405932	1		
190-200	0,495633	0,573076	1,068709	0,456472	0,527796	0,984268		
200-210	0,182745	0,710501	0,893245	0,168306	0,654362	0,822668		
210-220	0,032332	0,839955	0,872287	0,029778	0,773588	0,803365		
220-230	0,002745	0,946862	0,949607	0,002528	0,872048	0,874576		
230-240	0,000112	1,017788	1,0179	0,000103	0,93737	0,937473		
240-250	2,19E-06	1,043199	1,043202	2,01E-06	0,960774	0,960776		
250-260	2,05E-08	1,019569	1,01957	1,89E-08	0,939011	0,939011		
260-270	9,23E-11	0,95018	0,95018	8,5E-11	0,875104	0,875104		
270-280	1,99E-13	0,844373	0,844373	1,84E-13	0,777657	0,777657		
280-290	2,07E-16	0,715488	0,715488	1,9E-16	0,658955	0,658955		
290-300	1,03E-19	0,578109	0,578109	9,46E-20	0,532431	0,532431		
300-310	2,45E-23	0,445407	0,445407	2,26E-23	0,410214	0,410214		
310-320	2,81E-27	0,327223	0,327223	2,59E-27	0,301368	0,301368		
320-330	1,54E-31	0,229229	0,229229	1,42E-31	0,211117	0,211117		
330-340	4,07E-36	0,153121	0,153121	3,75E-36	0,141023	0,141023		
340-350	5,15E-41	0,09753	0,09753	4,74E-41	0,089824	0,089824		
350-360	3,13E-46	0,059236	0,059236	2,88E-46	0,054555	0,054555		
360-370	9,1E-52	0,034306	0,034306	8,38E-52	0,031595	0,031595		
370-380	1,27E-57	0,018945	0,018945	1,17E-57	0,017448	0,017448		
380-390	8,54E-64	0,009976	0,009976	7,86E-64	0,009188	0,009188		
390-400	2,75E-70	0,005009	0,005009	2,53E-70	0,004613	0,004613		
400-410	4,24E-77	0,002398	0,002398	3,91E-77	0,002209	0,002209		
410-420	3,15E-84	0,001095	0,001095	2,9E-84	0,001008	0,001008		
420-430	1,12E-91	0,000477	0,000477	1,03E-91	0,000439	0,000439		
430-440	1,9E-99	0,000198	0,000198	1,8E-99	0,000182	0,000182		
440-450	1,6E-107	7,83E-05	7,83E-05	1,4E-107	7,21E-05	7,21E-05		
450-460	6,1E-116	2,96E-05	2,96E-05	5,7E-116	2,72E-05	2,72E-05		
460-470	1,2E-124	1,06E-05	1,06E-05	1,1E-124	9,8E-06	9,8E-06		

Tabla 5.5.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos qr_{ml} para la malla 50.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	280,8063	315,0606
Desvío estándar	21,72117	52,48281
Número	26,70037	88,82923

Intervalo de talla (mm)	Coeficiento	es de retenció	n relativos	Coeficient	es de retenció	ón teóricos
(mm)	50 асиñ.	50 agall.	50 total	50 acuñ.	50 agall.	50 total
150-160	2,55E-08	0,006453	0,006453	2,42E-08	0,00612	0,00612
160-170	3,3E-07	0,01133	0,01133	3,13E-07	0,010745	0,010746
170-180	3,45E-06	0,019184	0,019188	3,27E-06	0,018194	0,018197
180-190	2,92E-05	0,031325	0,031354	2,77E-05	0,029709	0,029736
190-200	0,0002	0,049326	0,049526	0,00019	0,046781	0,046971
200-210	0,001111	0,074902	0,076013	0,001054	0,071037	0,07209
210-220	0,004983	0,109684	0,114666	0,004726	0,104024	0,108749
220-230	0,01808	0,15489	0,17297	0,017147	0,146897	0,164044
230-240	0,05307	0,210931	0,264001	0,050332	0,200046	0,250378
240-250	0,126029	0,277005	0,403034	0,119525	0,262711	0,382236
250-260	0,242124	0,350808	0,592931	0,229629	0,332705	0,562334
260-270	0,37632	0,428433	0,804753	0,3569	0,406325	0,763225
270-280	0,473182	0,50458	0,977762	0,448764	0,478542	0,927306
280-290	0,481338	0,573074	1,054411	0,456499	0,543501	1
290-300	0,396117	0,627659	1,023775	0,375676	0,595269	0,970945
300-310	0,263723	0,662933	0,926656	0,250114	0,628723	0,878837
310-320	0,142044	0,675225	0,817269	0,134714	0,640381	0,775095
320-330	0,061894	0,663225	0,725119	0,0587	0,629	0,6877
330-340	0,021819	0,628211	0,65003	0,020693	0,595793	0,616486
340-350	0,006222	0,57383	0,580053	0,005901	0,544218	0,55012
350-360	0,001436	0,505469	0,506904	0,001362	0,479385	0,480746
360-370	0,000268	0,429376	0,429644	0,000254	0,407219	0,407473
370-380	4,05E-05	0,351734	0,351775	3,84E-05	0,333584	0,333622
380-390	4,94E-06	0,277859	0,277864	4,69E-06	0,26352	0,263525
390-400	4,89E-07	0,211674	0,211674	4,63E-07	0,200751	0,200751
400-410	3,91E-08	0,155504	0,155504	3,7E-08	0,14748	0,14748
410-420	2,53E-09	0,110167	0,110167	2,4E-09	0,104482	0,104482
420-430	1,32E-10	0,075265	0,075265	1,25E-10	0,071381	0,071381
430-440	5,6E-12	0,049587	0,049587	5,31E-12	0,047028	0,047028
440-450	1,92E-13	0,031505	0,031505	1,82E-13	0,029879	0,029879
450-460	5,31E-15	0,019303	0,019303	5,04E-15	0,018306	0,018306
460-470	1,19E-16	0,011405	0,011405	1,13E-16	0,010816	0,010816

Tabla 5.6.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos qr_{ml} para la malla 60.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	315,69937	375,5343
Desvío estándar	18,873068	56,09723
Número	21.343203	136.0111

Intervalo de talla	talla Coeficientes de retención relativos		Coeficientes de retención teóricos			
(mm)	60 асиñ.	60 agall.	60 total	60 асиñ.	60 agall.	60 total
150-160	8,146E-17	0,000426	0,000426	7,801E-17	0,000408	0,000408
160-170	6,447E-15	0,000845	0,000845	6,174E-15	0,000809	0,000809
170-180	3,853E-13	0,001624	0,001624	3,69E-13	0,001555	0,001555
180-190	1,739E-11	0,003023	0,003023	1,666E-11	0,002895	0,002895
190-200	5,929E-10	0,005452	0,005452	5,678E-10	0,005221	0,005221
200-210	1,526E-08	0,009523	0,009523	1,462E-08	0,00912	0,00912
210-220	2,968E-07	0,016115	0,016115	2,842E-07	0,015433	0,015433
220-230	4,358E-06	0,026417	0,026421	4,173E-06	0,025298	0,025302
230-240	4,832E-05	0,04195	0,041998	4,628E-05	0,040173	0,040219
240-250	0,0004047	0,064532	0,064937	0,0003876	0,061799	0,062187
250-260	0,0025597	0,096166	0,098726	0,0024513	0,092094	0,094545
260-270	0,0122266	0,138825	0,151052	0,0117088	0,132946	0,144655
270-280	0,0441068	0,19414	0,238246	0,0422388	0,185917	0,228156
280-290	0,1201646	0,263001	0,383166	0,1150754	0,251863	0,366938
290-300	0,2472412	0,345145	0,592386	0,23677	0,330527	0,567297
300-310	0,3841832	0,438777	0,82296	0,3679122	0,420194	0,788106
310-320	0,4508468	0,540364	0,991211	0,4317525	0,517478	0,949231
320-330	0,3995699	0,644655	1,044225	0,3826473	0,617353	1
330-340	0,2674421	0,74502	1,012462	0,2561154	0,713467	0,969582
340-350	0,1351886	0,83408	0,969269	0,129463	0,798755	0,928218
350-360	0,0516087	0,90458	0,956189	0,049423	0,866269	0,915692
360-370	0,0148792	0,950354	0,965233	0,014249	0,910105	0,924354
370-380	0,0032397	0,967215	0,970455	0,0031025	0,926252	0,929354
380-390	0,0005327	0,953587	0,95412	0,0005102	0,9132	0,913711
390-400	6,616E-05	0,910744	0,910811	6,336E-05	0,872172	0,872236
400-410	6,205E-06	0,842621	0,842627	5,942E-06	0,806934	0,80694
410-420	4,395E-07	0,755209	0,755209	4,209E-07	0,723224	0,723224
420-430	2,351E-08	0,655694	0,655694	2,251E-08	0,627924	0,627924
430-440	9,498E-10	0,551486	0,551486	9,096E-10	0,528129	0,528129
440-450	2,898E-11	0,449332	0,449332	2,775E-11	0,430302	0,430302
450-460	6,677E-13	0,354649	0,354649	6,394E-13	0,339629	0,339629
460-470	1,162E-14	0,271163	0,271163	1,113E-14	0,259679	0,259679

Tabla 5.7.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m\,l}$ para la malla 70.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	357,92951	416,3305
Desvío estándar	26,642233	30,808766
Numero	45,125493	65,97023

Intervalo de talla	Coeficient	es de retenció	ón relativos	Coeficientes de retención teóricos		
(mm)	70 асиñ.	70 agall.	70 total	70 acuñ.	70 agall.	70 total
150-160	1,705E-13	2,031E-16	1,707E-13	1,813E-13	2,161E-16	1,815E-13
160-170	2,772E-12	3,024E-15	2,775E-12	2,948E-12	3,217E-15	2,951E-12
170-180	3,914E-11	4,052E-14	3,918E-11	4,162E-11	4,31E-14	4,166E-11
180-190	4,8E-10	4,887E-13	4,805E-10	5,105E-10	5,197E-13	5,11E-10
190-200	5,113E-09	5,304E-12	5,119E-09	5,438E-09	5,641E-12	5,444E-09
200-210	4,731E-08	5,181E-11	4,737E-08	5,032E-08	5,51E-11	5,037E-08
210-220	3,803E-07	4,555E-10	3,807E-07	4,044E-07	4,844E-10	4,049E-07
220-230	2,655E-06	3,604E-09	2,658E-06	2,823E-06	3,833E-09	2,827E-06
230-240	1,61E-05	2,566E-08	1,612E-05	1,712E-05	2,73E-08	1,715E-05
240-250	8,478E-05	1,645E-07	8,494E-05	9,017E-05	1,749E-07	9,034E-05
250-260	0,0003878	9,488E-07	0,0003888	0,0004125	1,009E-06	0,0004135
260-270	0,0015411	4,926E-06	0,001546	0,001639	5,238E-06	0,0016442
270-280	0,005319	2,301E-05	0,005342	0,0056569	2,448E-05	0,0056813
280-290	0,0159456	9,678E-05	0,0160424	0,0169584	0,0001029	0,0170614
290-300	0,0415208	0,0003663	0,0418871	0,0441581	0,0003895	0,0445476
300-310	0,0939088	0,0012475	0,0951563	0,0998736	0,0013268	0,1012004
310-320	0,1844852	0,0038244	0,1883096	0,1962032	0,0040674	0,2002706
320-330	0,3147982	0,0105517	0,3253499	0,3347933	0,011222	0,3460153
330-340	0,4665715	0,0262016	0,4927731	0,4962069	0,0278658	0,5240727
340-350	0,6006472	0,0585565	0,6592037	0,6387987	0,0622758	0,7010745
350-360	0,6716391	0,1177791	0,7894182	0,7142998	0,1252601	0,8395599
360-370	0,6523305	0,2132096	0,8655401	0,6937648	0,2267521	0,9205169
370-380	0,5503193	0,3473686	0,8976879	0,5852741	0,3694325	0,9547066
380-390	0,4032525	0,5093539	0,9126064	0,428866	0,5417067	0,9705727
390-400	0,2566579	0,6721931	0,928851	0,2729601	0,714889	0,9878492
400-410	0,1418886	0,7983876	0,9402762	0,150901	0,849099	1
410-420	0,0681327	0,8534514	0,9215841	0,0724603	0,9076603	0,9801206
420-430	0,0284171	0,8210869	0,8495039	0,030222	0,8732401	0,9034621
430-440	0,0102948	0,7109592	0,721254	0,0109487	0,7561175	0,7670662
440-450	0,0032395	0,5540457	0,5572852	0,0034452	0,5892372	0,5926824
450-460	0,0008854	0,3885902	0,3894756	0,0009416	0,4132724	0,414214
460-470	0,0002102	0,245292	0,2455022	0,0002235	0,2608723	0,2610958

Tabla 5.8.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricas qr_{ml} para la malla 78.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	358,78785	438,0761
Desvío estándar	19,10346	54,025791
Numero	13,356903	141.87311

Intervalo de talla	Coeficiento	es de retenció	n relativos	Coeficientes de retención teóricos			ativos Coeficientes de retención teóricos	
(mm)	78 acuñ.	78 agall.	78 total	78 acuñ.	78 agall.	78 total		
150-160	5,429E-26	1,145E-06	1,14E-06	5,1899E-26	1,094E-06	1,09E-06		
160-170	1,26E-23	2,968E-06	2,97E-06	1,2045E-23	2,837E-06	2,84E-06		
170-180	2,223E-21	7,435E-06	7,44E-06	2,1254E-21	7,108E-06	7,11E-06		
180-190	2,983E-19	1,8E-05	1,8E-05	2,8516E-19	1,721E-05	1,72E-05		
190-200	3,043E-17	4,211E-05	4,21E-05	2,9089E-17	4,026E-05	4,03E-05		
200-210	2,36E-15	9,521E-05	9,52E-05	2,2561E-15	9,102E-05	9,1E-05		
210-220	1,392E-13	0,000208	0,000208	1,3304E-13	0,0001988	0,000199		
220-230	6,24E-12	0,000439	0,000439	5,9651E-12	0,0004197	0,00042		
230-240	2,127E-10	0,0008956	0,000896	2,0335E-10	0,0008562	0,000856		
240-250	5,513E-09	0,0017654	0,001765	5,2705E-09	0,0016877	0,001688		
250-260	1,086E-07	0,0033626	0,003363	1,0387E-07	0,0032146	0,003215		
260-270	1,628E-06	0,0061893	0,006191	1,5563E-06	0,0059169	0,005918		
270-280	1,855E-05	0,0110084	0,011027	1,7729E-05	0,010524	0,010542		
280-290	0,0001606	0,0189204	0,019081	0,00015357	0,0180878	0,018241		
290-300	0,0010579	0,0314237	0,032482	0,00101133	0,0300408	0,031052		
300-310	0,0052971	0,0504318	0,055729	0,00506397	0,0482124	0,053276		
310-320	0,0201665	0,0782118	0,098378	0,019279	0,0747699	0,094049		
320-330	0,058374	0,1172091	0,175583	0,05580513	0,112051	0,167856		
330-340	0,1284712	0,1697347	0,298206	0,12281744	0,1622651	0,285083		
340-350	0,214975	0,2375204	0,452495	0,20551444	0,2270677	0,432582		
350-360	0,2735058	0,3211825	0,594688	0,26146947	0,307048	0,568517		
360-370	0,2645706	0,4196851	0,684256	0,25292747	0,4012157	0,654143		
370-380	0,1945866	0,5299268	0,724513	0,18602331	0,5066059	0,692629		
380-390	0,108813	0,6465899	0,755403	0,10402437	0,618135	0,722159		
390-400	0,0462642	0,7623646	0,808629	0,04422819	0,7288147	0,773043		
400-410	0,0149556	0,8685948	0,88355	0,01429748	0,83037	0,844667		
410-420	0,0036759	0,9562963	0,959972	0,00351412	0,9142119	0,917726		
420-430	0,0006869	1,0173922	1,018079	0,0006567	0,9726192	0,973276		
430-440	9,76E-05	1,0459359	1,046033	9,3308E-05	0,9999067	1		
440-450	1,054E-05	1,0390643	1,039075	1,008E-05	0,9933375	0,993348		
450-460	8,661E-07	0,9974716	0,997472	8,2796E-07	0,9535752	0,953576		
460-470	5,409E-08	0,9252931	0,925293	5,1707E-08	0,8845731	0,884573		

Tabla 5.9.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos qr_{ml} para la malla 104.

	MODA 1	MODA 2
Talla media (mm)	415,7465	439,3273
Desvío estándar	17,18451	5,933087
Numero	5,382806	11,87118

Intervalo de talla Coeficientes de retención rel		in relativa	Coeficient	Coeficientes de retención teóricos		
(mm)	104 асиñ.	104 agall.	104 total	104 асиñ.	104 agall.	104 total
150-160	1,27E-51	0	1,27E-51	1,87E-51	0	1,87E-51
160-170	7,31E-48	0	7,31E-48	1,08E-47	0	1,08E-47
170-180	3,01E-44	0	3,01E-44	4,43E-44	0	4,43E-44
180-190	8,81E-41	0	8,81E-41	1,3E-40	0	1,3E-40
190-200	1,84E-37	0	1,84E-37	2,71E-37	0	2,71E-37
200-210	2,74E-34	0	2,74E-34	4,04E-34	0	4,04E-34
210-220	2,91E-31	0	2,91E-31	4,29E-31	0	4,29E-31
220-230	2,2E-28	3,4E-284	2,2E-28	3,24E-28	5,1E-284	3,24E-28
230-240	1,19E-25	2,3E-258	1,19E-25	1,75E-25	3,4E-258	1,75E-25
240-250	4,56E-23	9E-234	4,56E-23	6,72E-23	1,3E-233	6,72E-23
250-260	1,25E-20	2E-210	1,25E-20	1,84E-20	3E-210	1,84E-20
260-270	2,44E-18	2,7E-188	2,44E-18	3,59E-18	4E-188	3,59E-18
270-280	3,39E-16	2,1E-167	3,39E-16	5E-16	3,1E-167	5E-16
280-290	3,36E-14	9,6E-148	3,36E-14	4,96E-14	1,4E-147	4,96E-14
290-300	2,38E-12	2,5E-129	2,38E-12	3,5E-12	3,8E-129	3,5E-12
300-310	1,2E-10	3,9E-112	1,2E-10	1,76E-10	5,8E-112	1,76E-10
310-320	4,3E-09	3,56E-96	4,3E-09	6,34E-09	5,24E-96	6,34E-09
320-330	1,1E-07	1,87E-81	1,1E-07	1,62E-07	2,76E-81	1,62E-07
330-340	2,01E-06	5,77E-68	2,01E-06	2,96E-06	8,5E-68	2,96E-06
340-350	2,61E-05	1,04E-55	2,61E-05	3,84E-05	1,53E-55	3,84E-05
350-360	0,000242	1,09E-44	0,000242	0,000356	1,6E-44	0,000356
360-370	0,001596	6,65E-35	0,001596	0,002353	9,8E-35	0,002353
370-380	0,007515	2,38E-26	0,007515	0,011076	3,5E-26	0,011076
380-390	0,025214	4,96E-19	0,025214	0,037161	7,31E-19	0,037161
390-400	0,060295	6,04E-13	0,060295	0,088864	8,91E-13	0,088864
400-410	0,102769	4,3E-08	0,102769	0,151461	6,33E-08	0,151461
410-420	0,124845	0,000178	0,125024	0,183998	0,000263	0,184261
420-430	0,108098	0,043238	0,151337	0,159316	0,063725	0,223041
430-440	0,066711	0,611804	0,678515	0,098319	0,901681	1
440-450	0,029344	0,505378	0,534722	0,043247	0,74483	0,788077
450-460	0,009199	0,024372	0,033571	0,013558	0,035919	0,049477
460-470	0,002056	6,86E-05	0,002124	0,00303	0,000101	0,003131

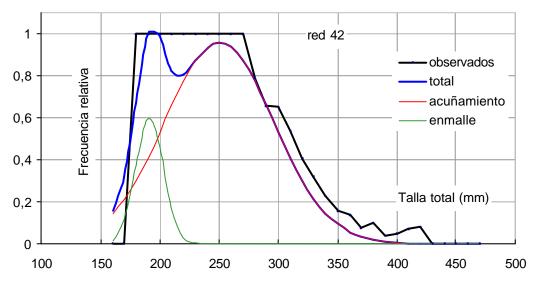


Figura 5.2.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m\ l}$ para la malla 42.

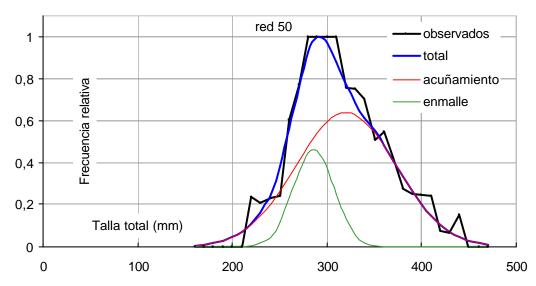


Figura 5.3.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m l}$ para la malla 50.

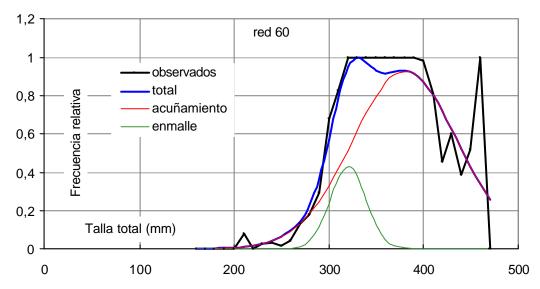


Figura 5.4.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m\ l}$ para la malla 60.

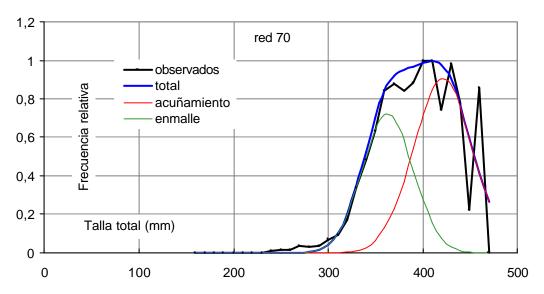


Figura 5.5.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m l}$ para la malla 70.

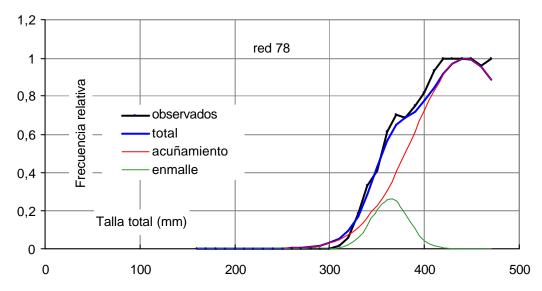


Figura 5.6.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m l}$ para la malla 78.

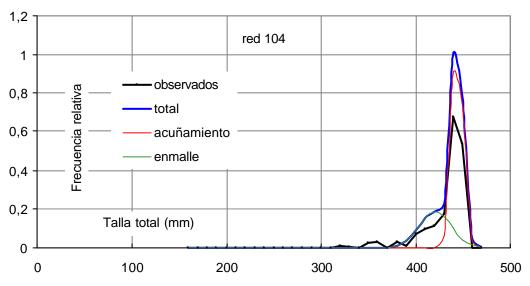


Figura 5.7.: Descomposición de modas, coeficientes de retención relativos y teóricos $qr_{m l}$ para la malla 104.

5.3.2.- Probabilidad de Encuentro

El consumo de oxigeno en mg/hora para *O. bonariensis* (según Freyre *et al.,* 1981) de peso *W*, esta dado por la siguiente expresión:

$$R = 0.0034 \times t^{1.5485} \times W^{0.75871}$$

En este caso el peso es obtenido de la talla por la relación hallada en el Capítulo 3 ("Relaciones morfométricas", punto 3.3.1.), para el total de la muestra (machos, hembras y juveniles).

$$W_l = 3E-07 \cdot L^{3,5827}$$

donde

L es la talla media del intervalo (l)

y W_l es el peso medio de los individuos del intervalo de talla (l)

Resultando

$$R = 3.8158 E-08 t^{1.5485} . L^{2.718}$$

aceptando como temperatura media 14,5 °C se obtiene

$$R = 2,3986 E-06 L^{2,7182}$$

Dado que la velocidad de natación (según Brett, 1964) es proporcional al consumo de oxígeno, se establece la relación:

$$V(m/h) = k(m/mg O_2) R(mg O_2/h)$$

Ya que no hay datos para estimar k se tomó como referencia para el cálculo del coeficiente de encuentro al intervalo de talla más capturado, que es el 280-290 y cuya media es 285 mm. A este intervalo se le adjudicó coeficiente 1 (i.e. $AL_{max}^{H}=1$), que corresponde a la máxima captura corregida por la probabilidad de retención y esfuerzo. Para las tallas por debajo de ese intervalo los valores fueron menores a uno y por encima mayores a uno (Tabla 5.10. y Figura 5.8.).

$$qe_l = 1/285^{2,7182}$$
. $L^{2,7182}$

donde

L es la longitud media de cada intervalo

Tabla 5.10.: Coeficientes de encuentro qe_l para los distintos intervalos de talla.

Intervalo de talla	Máxima captura por pb.	7 2
(mm)	de retención y esfuerzo	qe_l
150-160	0	0,1909
160-170	0	0,2263
170-180	0,85	0,2656
180-190	0,85	0,3089
190-200	2,55	0,3564
200-210	11,9	0,4083
210-220	49,3	0,4648
220-230	118,15	0,5259
230-240	204	0,5919
240-250	247,35	0,6629
250-260	236,3	0,7390
260-270	233,75	0,8205
270-280	241,29	0,9074
280-290	280,356	1
290-300	244,737	1,0982
300-310	233,247	1,2024
310-320	203,841	1,3126
320-330	193,314	1,4290
330-340	198,099	1,5517
340-350	199,056	1,6809
350-360	184,701	1,8166
360-370	168,432	1,9591
370-380	189,486	2,1085
380-390	155,991	2,2648
390-400	108,24	2,4283
400-410	62,32	2,5991
410-420	44,256	2,7773
420-430	17,518	2,9630
430-440	7,376	3,1563
440-450	3,688	3,3575
450-460	0,957	3,5665
460-470	0,922	3,7837

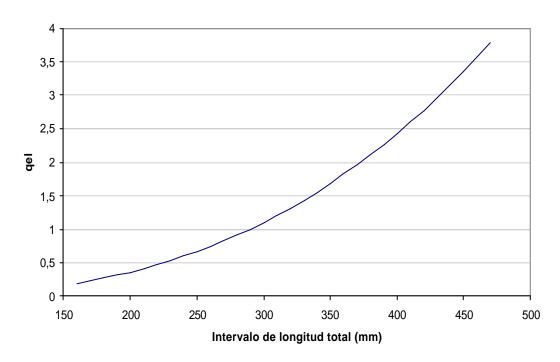


Figura 5.8.: Coeficientes de encuentro qe_l para los distintos intervalos de talla.

5.3.3.- Coeficientes de selectividad

Para el cálculo de los coeficientes de selectividad totales o de capturabilidad q_{ml} , se multiplicaron los coeficientes de retención qr_{ml} estimados, por los coeficientes de encuentro qe_l , obteniéndose los factores para corregir las capturas por selectividad para cada una de las mallas e intervalos de longitudes, (Tabla 5.11. y Figura 5.9.).

Tabla 5.11.: Coeficientes de selectividad total o de capturabilidad q_{ml} para cada intervalo de L_t y para cada red.

Intervalo	Red (malla estirada en mm)							
talla (mm)	42	50	60	70	78	104		
150-160	0,0295651	0,0011688	7,793E-05	3,467E-14	2,09E-07	3,567E-52		
160-170	0,0722892	0,0024323	0,0001832	6,68E-13	6,422E-07	2,439E-48		
170-180	0,1776176	0,0048336	0,0004131	1,107E-11	1,888E-06	1,177E-44		
180-190	0,3089302	0,0091865	0,0008944	1,579E-10	5,316E-06	4,012E-41		
190-200	0,3508491	0,016743	0,001861	1,94E-09	1,435E-05	9,671E-38		
200-210	0,3359460	0,0294389	0,0037242	2,057E-08	3,717E-05	1,65E-34		
210-220	0,3734081	0,0505472	0,0071733	1,882E-07	9,242E-05	1,993E-31		
220-230	0,4599784	0,0862779	0,0133076	1,487E-06	0,0002207	1,706E-28		
230-240	0,5549236	0,1482074	0,0238073	1,015E-05	0,0005068	1,035E-25		
240-250	0,6369299	0,2533967	0,0412257	5,989E-05	0,0011188	4,454E-23		
250-260	0,6940122	0,4156147	0,069877	0,0003056	0,002376	1,36E-20		
260-270	0,7180688	0,6262664	0,1186968	0,0013492	0,0048564	2,947E-18		
270-280	0,7057036	0,8415062	0,2070457	0,0051557	0,0095663	4,535E-16		
280-290	0,6589555	1	0,3669381	0,0170614	0,0182413	4,955E-14		
290-300	0,5847564	1,0663654	0,6230489	0,0489256	0,0341038	3,847E-12		
300-310	0,4932603	1,056754	0,9476553	0,121688	0,064062	2,122E-10		
310-320	0,3955916	1,0174313	1,2460106	0,2628858	0,1234536	8,316E-09		
320-330	0,3016944	0,9827502	1,4290389	0,4944693	0,2398729	2,317E-07		
330-340	0,2188309	0,9566278	1,5045432	0,8132264	0,442375	4,589E-06		
340-350	0,1509862	0,9246996	1,560248	1,1784404	0,7271299	6,463E-05		
350-360	0,0991090	0,8733544	1,6635057	1,5251986	1,0328055	0,0006472		
360-370	0,0619001	0,7983029	1,8109527	1,8034358	1,2815682	0,0046097		
370-380	0,0367894	0,7034467	1,9595574	2,013013	1,460419	0,0233535		
380-390	0,0208091	0,596852	2,0694419	2,1982277	1,6356021	0,0841642		
390-400	0,0112028	0,4874991	2,1181162	2,3988688	1,8772386	0,2157946		
400-410	0,0057410	0,3833213	2,0973524	2,5991435	2,195412	0,3936694		
410-420	0,0028007	0,2901789	2,00862	2,7221011	2,5488118	0,5117494		
420-430	0,0013007	0,2115029	1,8605464	2,6769698	2,8838288	0,6608727		
430-440	0,0005752	0,1484382	1,6669747	2,4211484	3,156375	3,156375		
440-450	0,0002422	0,1003193	1,4447501	1,9899478	3,3351922	2,6459891		
450-460	0,0000971	0,0652919	1,2113217	1,4773356	3,4010237	0,1764655		
460-470	0,0000371	0,0409258	0,9825511	0,9879128	3,3469751	0,0118459		

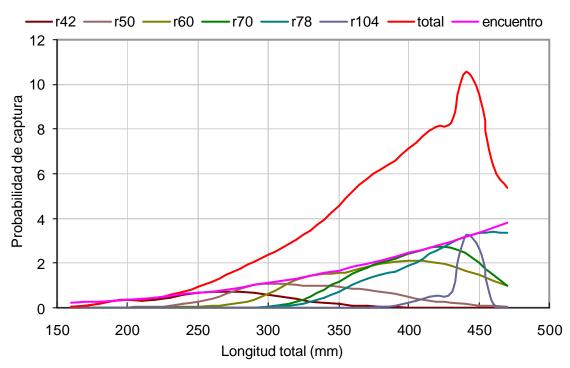


Figura 5.9.: Curvas de selectividad total q_{ml} para cada red, total y coeficiente de encuentro para las distintas longitudes (r42, r50, r60, r70, r78, r104).

5.3.4.- Distribución de Tallas

Una vez conocida la selectividad se corrigieron los valores de las capturas dividiéndolos por el correspondiente factor $q_{m,l}$.

La aplicación de los coeficientes de selectividad para esos grupos en especial, forma parte de la base de datos para el estudio de crecimiento por seguimiento de cohortes o de progresión modal (método de Petersen), analizado en el Capitulo 6 ("Crecimiento", punto 6.3.2.1.).

5.4.- Discusión y conclusiones

En ambientes lénticos, las redes enmalladoras poseen ventajas, frente a otras artes de captura como trampas, dragas, redes de arrastre, utilización de ictiotóxicos y electropesca. Entre las ventajas cabe destacar sus bajos costos operativos, su fácil instrumentación y por la información, que de su captura se

desprende. Los muestreos llevados a cabo en esta tesis se han centrado en el uso de redes enmalladoras, no solamente por aspectos logísticos y prácticos, sino también porque resulta el arte mas indicado para encarar un estudio ecológico-pesquero. Su mayor desventaja es que no pueden estimar abundancias absolutas, pero sí biomasa o abundancia relativa, estas últimas referidas al área de acción de las mismas. Otra desventaja de las redes enmalladoras es que poseen, elevada selectividad si se las utiliza de manera individual y ocasionan menor mortalidad que otros métodos.

El tren de enmalles utilizado capturó a todas las tallas de pejerrey patagónico a partir de 175 mm de $L_{\rm f}$, por lo tanto las distintas redes que conformaron la batería resultó ser adecuada. Este hecho se comprobó al observar que, existe un marcado solapamiento de las curvas de captura entre las distintas redes empleadas. Algunas redes fueron más eficientes que otras, lo que se desprende del análisis de la captura total de las mismas una vez que se las estandarizó por el esfuerzo, para que fueran comparables. La de mayor captura o la más eficiente fue la red de 50, luego le siguieron las de 60, 42, 70, 78 y por último la de 104.

En el análisis de las distribuciones del coeficiente de retención qr_{ml} en función de la talla l, se observa que, al descomponerlas existen dos componentes unimodales principales, para todas las redes empleadas del tren de enmalle. Esto se debería a la modalidad que tiene el pejerrey patagónico de ser retenido por las artes empleadas, tanto por agallamiento como por acuñamiento, como consecuencia de la forma fusiforme de su cuerpo. Además, la ausencia de saliencias notorias (espinas o radios de aletas duras) implicaría que, el tercer modo de retención, el de enganche, sea despreciable, con respecto a los otros dos.

Cuando se analizan los resultados de las descomposiciones de las distribuciones según los modos de retención (frecuencia de individuos *vs.* talla), para las 6 redes

utilizadas, se observa que la componente debida al acuñamiento es mayor que la debida al agallamiento. Este resultado fue más notorio en la red de 42 mm de malla estirada, siguiendo en orden decreciente las de 50, 60, 70, 78. En la de 104, los resultados para los dos tipos de retenciones no son comparables ya que, como se mencionó previamente, existió muy poca captura para esta especie en este ambiente.

La estimación del coeficiente de retención qr_{ml} , pudo ser hallada gracias a que los muestreos fueron realizados durante un período prolongado, de más de 4 años; de forma periódica, siendo mensual en los dos primeros años y cada dos meses en los últimos años de muestreo, cubriendo asimismo las distintas estaciones del año. De este modo se logró analizar, un gran número de ejemplares (N = 9280).

El coeficiente de encuentro qe_l hallado, es una estimación indirecta, que corrige la eficiencia del arte de acuerdo al tamaño del pez. De, esta manera se puede obtener un valor más real de la selectividad de cada malla, observándose, como era de esperar, que a medida que los individuos son de mayor porte aumenta la probabilidad de encuentro con la red. Se partió del valor de rango de talla de mayor captura a la que se le asignó el 100% o un valor probabilístico de 1 que corresponde al rango entre 280-290 mm de L_t .

Este modelo, que estima cual es la captura probable para esta especie, se puede considerar como una herramienta de gran utilidad para diseñar trenes de enmalle experimentales y/o con otros fines. Por otro lado, nos da un punto de apoyo para establecer pautas de manejo del recurso.

Asimismo describir la selectividad de las redes agalleras y por lo tanto hallar los coeficientes de capturabilidad, nos permite transformar los datos de capturas en estimaciones de densidad en función de la talla, y entonces realizar el

seguimiento de las cohortes con el fin de estudiar el crecimiento por el análisis de progresión de modas (Método de Petersen analizado en el Capítulo 6 "Crecimiento").

Cabe agregar que el conocimiento del funcionamiento de las redes agalleras, para esta especie, es de suma importancia. Esta información puede resultar relevante para llevar a cabo investigaciones en otros ambientes patagónicos o para futuros estudios que se realicen en este embalse.

En el caso que el método de captura elegido sea el uso de las redes agalleras, la elección de las distintas redes que conformarán la batería, dependerá de los objetivos que se persigan, y sobre la base de esto se podrá realizar el diseño del muestreo experimental.

Capítulo 6

Crecimiento

6.1.- Introducción

Los estudios de edad y crecimiento son fundamentales para las investigaciones en dinámica poblacional y cuando están orientadas a recursos pesqueros de importancia económica o deportiva, permiten un manejo racional de los mismos. A tal fin, se requiere una evaluación periódica del estado de dichos recursos, para lo cual se suelen utilizar modelos analíticos, que permiten conocer el tamaño de los stocks y los niveles de explotación a que están sometidos. La aplicación de estos modelos analíticos requiere del conocimiento de los parámetros de crecimiento y en forma sistemática de la estructura anual de edades de la población en estudio y su supervivencia.

Se define al crecimiento como el cambio en el tiempo de la masa corporal (aproximadamente peso corporal) de un pez. Una dimensión lineal del tamaño (por ejemplo, la longitud total), puede también ser utilizada como expresión del crecimiento en lugar del peso, siempre que dicha dimensión pueda ser convenientemente relacionada con el peso.

Entre los métodos para estudiar la edad y describir el crecimiento se pueden mencionar: el análisis de estructuras de aposición, el análisis de la distribución de frecuencias de tallas en la población, métodos de individualización por marcado y métodos de observación directa en cautiverio (Bagenal y Tesch, 1978).

El objetivo del presente capítulo es analizar el crecimiento y estimar determinar la edad, a través del estudio de estructuras de aposición y de análisis de frecuencia de tallas, en la población del pejerrey patagónico *Odontesthes hatcheri* del embalse Ezequiel Ramos Mexía.

6.2.- Análisis del Crecimiento y determinación de la edad a través de la lectura de escamas.

El método frecuentemente usado en la asignación de edad en peces, es el estudio y determinación de marcas de crecimiento en estructuras de aposición tales como: escamas, otolitos, vértebras, espinas y huesos del aparato opercular, que se forman durante períodos alternantes de crecimiento rápido y lento, y reflejan tanto influencias ambientales como fisiológicas.

Una de las estructuras más empleadas para la determinación de la edad es la escama, debido a su fácil lectura, extracción y su buena consevación en seco. Las escamas fueron utilizadas por un gran número de biólogos para estudiar el crecimiento en peces de agua dulce, entre los cuales pueden mencionarse a Freyre et al. (1983, 1987); Cataldo (1989); Sverlij et al. (1991); Guerrero et al. (1992); Grosman, (1993), entre otros.

En una primera etapa para cumplir con el objetivo de este capítulo se analizará el crecimiento y la edad en la población del pejerrey *Odontesthes hatcheri* bajo estudio, a través del estudio de escamas.

6.2.1.- Materiales y Métodos

6.2.1.1.- Tratamiento y lectura de las escamas

Las muestras de escamas se tomaron de individuos del embalse Ezequiel Ramos Mexía capturados con redes agalleras (ver Capítulos 2 y 5) y redes de arrastre a la costa. Se les extrajeron escamas a 516 de ejemplares que correspondían a 246 hembras, 216 machos y 54 juveniles, pertenecientes a un rango entre 41 a 438 mm, de longitud total.

La extracción de las escamas se realizó en la zona típica que es del flanco izquierdo preferentemente por debajo y por delante de la aleta dorsal, Figura 6.1.

Las escamas fueron colocadas en seco dentro de sobres rotulados. Una vez en el laboratorio se procedió a limpiarlas, sumergiéndolas en una solución con detergente enzimático durante aproximadamente una noche. Posteriormente se las cepilló con un pincel, para sacarles el resto de la epidermis adherida, se las enjuagó y se las montó entre vidrios. Esta última operación se realizó bajo una lupa Wild M8, seleccionando de 4 a 8 escamas por cada ejemplar. Las escamas seleccionadas fueron aquellas que no presentaban signos de regeneración, que no estaban rotas, que no eran asimétricas o que no pertenecieran a la línea lateral (Figura 6.1.) y por último se las secó en estufa a 60°C durante una noche, para retirarles el resto de humedad.

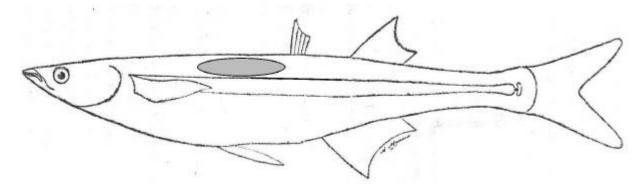


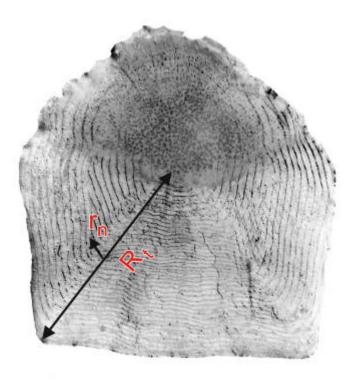
Figura 6.1.: Zona del cuerpo (en gris) de donde se extrajeron las escamas

De cada ejemplar se leyeron entre 2 a 4 escamas con un proyector óptico de perfiles con un aumento de 20X y con una precisión de 1 mm de proyección (0,001 mm). En total se leyeron 1008 escamas pertenecientes a 509 hembras, 445 machos y 108 juveniles.

En cada escama se midió el radio total (R_i) que es la distancia que existe desde el foco al borde más externo de la escama y la distancia del foco a cada marca de crecimiento (r_n), en cada arista. Ambas mediciones se realizaron en el campo

posterior de la escama, utilizándose el promedio de las lecturas o mediciones entre las aristas para cada una de las escamas.

Las escamas del pejerrey patagónico son relativamente pequeñas y su forma es



cicloide (Figura 6.2.).

Figura 6.2. Escama normal mostrando como se leyeron los radios a cada una de las marcas y el radio total.

Cuando se estudia el crecimiento analizando estructuras óseas de aposición, es necesario realizar tres etapas: la primera es estimar el tamaño medio alcanzado por la estructura en el momento de formar cada marca o anillo de marcación (estimación de radios medios), la segunda es estimar el tamaño medio que tenia el pez en el momento de originarse la marca (retrocálculo de tallas) y la tercera es estudiar la periodicidad de marcado, es decir la distancia temporal entre las marcas.

6.2.1.2 Estimación de radios medios		_
	1 mm	

Para este propósito se siguió el método propuesto por Sendra y Freyre (1981) y por Freyre y Sendra (1987). Este método supone que el proceso de marcación es de naturaleza probabilística, establece en que zona de la escama existe una mayor probabilidad de originarse una marca (evitando los errores debidos a la subjetividad del lector, la omisión de algún anillo y el conteo de marcas dudosas o de difícil lectura) y permite establecer si el pez puede haberse salteado alguna marca.

Para determinar los intervalos más probables de marcación, se confeccionó una matriz con las lecturas de todos los r_n de las escamas (20X) y se construyó un histograma de frecuencias probando con distintos intervalos siendo el utilizado el de 0,3 cm (15 milésimas de cm). El histograma evidenció una distribución polimodal. Suponiendo que cada una de las modas se distribuía normalmente y que cada una de ellas correspondía a edades sucesivas, se descompuso esta distribución polimodal en sus componentes normales, mediante el método de mínimos cuadrados.

Se obtuvieron de este modo las medias con sus desvíos estándar y se calcularon los puntos equifrecuentes que fueron los que delimitaron dos marcas o modas contiguas.

6.2.1.3.- Retrocálculo de tallas

Para realizar el retrocálculo de tallas es necesario conocer la relación que existe entre la longitud total (L_t) y el radio total de la escama (R_t). Para tal fin se probaron varios modelos (lineal, exponencial, potencial), y se determinó el modelo de tipo potencial es el que mejor ajusta a la relación entre las variables.

$$L_{t} = a R_{t}^{b}$$

donde

 L_t es la longitud total en milímetros

 R_t es el radio total de la escama en cm 20X

a y b constantes

Las constantes fueron calculadas por el método de regresión lineal funcional (Ricker, 1973).

Primero se procedió a linealizar el modelo potencial, aplicando logaritmos donde se obtuvo:

$$\ln L_t = \ln a + b \cdot \ln R_t$$

Con los parámetros obtenidos de este modo, sé retrocalcularon las tallas alcanzadas por los individuos a las distintas marcas que presentaban en la escama. Para ello se utilizó una modificación de la ecuación de Fraser-Lee (Fraser, 1916; Lee, 1920).

$$\ln l_n = \ln a + \frac{\ln L_t - \ln a}{\ln R_t \cdot \ln r_n}$$

donde

 l_n : longitud total (mm) cuando se origina la marca n

 L_t : longitud total en milímetros

a: es la ordenada al origen

 R_t : radio total en mm 20X

 r_n : radio de la escama en la marca n en mm 20X

6.2.1.4.- Periodicidad en el marcado de la escama y adjudicación de edades

Para estudiar la periodicidad a la cual se forman las marcas de crecimiento se analizó el incremento del borde de la escama a lo largo de un año, que es la distancia que existe entre el borde de la escama y el último anillo o marca.

Este análisis permitió:

Finalidad

- Determinar la época de marcación.
- En que momento y cuantas veces se producen marcas
- Si el suceso se produce en un tiempo acotado.
- Si todos los ejemplares de la población marcan en forma sincrónica
- Analizar si la estructura de aposición utilizada es la indicada

Para el estudio del incremento marginal se debe cumplir con el requisito que los muestreos deben ser periódicos y numerosos.

Para el cálculo del incremento marginal, se utilizó el método de Guerrero (1989) que es el cociente entre d_n (distancia observada entre el último anillo y el borde de la escama) y D_n (distancia teórica entre el radio hipotético n+1 y el radio n), ajustada a los valores de radios medios de escama, separados por intervalos de un año.

En primer lugar se ajustaron las lecturas de los radios a cada una de las marcas, r_n (descrito en crecimiento lectura de escamas), a un modelo de crecimiento de Bertalanffy y se obtuvieron los parámetros de la curva realizando para ello un ajuste no lineal de los datos, según método de Newton (método iterativo que minimiza la suma de desvíos cuadráticos).

$$r_n = R \infty \left(1 - e^{-q(n-n_0)}\right)$$
 ecuación 6.1

donde

n orden del anillo contado a partir del foco r_n es el radio a la edad n R \mathbf{Y} es el radio asintótico de la escama q es el coeficiente de crecimiento

 n_o intersección con el eje de las abscisas.

Luego se calculó la distancia teórica (D_n) entre la última marca y la siguiente, a partir del modelo de Bertalanffy:

$$D_n = R \infty [(1 - e^{-q(n+1-n_o)}) - (1 - e^{-q(n-n_o)})]$$
 ecuación 6.2

Despejando (n) a partir de la ecuación 1, se obtiene:

$$n = \left(\frac{1}{-q}\right) \cdot \log e \cdot \left(1 - \frac{r_n}{R^{\infty}}\right) + n_o$$

y reemplazándolo en la ecuación 2 para hallar la distancia teórica se obtiene:

$$D_n = R \infty \cdot \left(\frac{1 - r_n}{R \infty}\right) \cdot \left(1 - e^{-q}\right)$$

Conociendo los radios totales y los radios correspondientes a las distintas marcas, se pudo medir la distancia observada d_n , entre el borde de la escama y la última marca, realizando el cociente entre la distancia observada d_n y la distancia teórica D_n , se pudo calcular el incremento marginal (IM).

$$IM = \frac{d_n}{D_n}$$
 ecuación 6.3

De esta manera se calcularon los valores (*IM*) para cada uno de los individuos y las medias para cada mes con sus respectivos desvíos estándar.

Se calcularon los incrementos marginales (*IM*) de:

- Toda la población de las que se tenían muestras de escamas con una periodicidad aproximadamente mensual.
- El mismo tratamiento sobre muestras discriminadas por sexos.
- Sobre tres muestras de tamaños similares (alrededor de 300 individuos)
 seleccionadas por tallas (chicos, medianos y grandes).

Además se calcularon las medias del IM para cada muestreo y se representaron dichos valores en un ciclo anual. Debido a que en ciertas fechas los valores de IM_j mostraban distribución bimodal o trimodal, las mismas se descompusieron en una suma de normales, según el método iterativo de Newton, por lo tanto se contaba con dos o tres valores de \overline{x} , \overline{s} y N. Esta descomposición se realizó para ver si existía alguna relación entre los individuos que tenían un incremento grande, mediano o chico con su talla.

Para ajustar los datos en forma matemática y conocer la época de marcado, se ajustó para cada una de los casos, un polinomio trigonométrico de Fourier (Rey Pastor *et al.*, 1963). Se consideró que el *IM* debería presentar su decrecimiento más rápido para la fecha en que la mayor parte de la población produce una marca. Por lo tanto el valor 0 con pendiente negativa de la derivada primera, definió la fecha de marcado de los anillos.

Una vez establecida la periodicidad de marcación en la escama, a partir del incremento marginal, se calcularon las tallas medias correspondientes a cada marca, con sus desvíos estándar y se asignó la edad.

6.2.1.5.- Ajuste al modelo de Bertalanffy para todos los datos y por sexos

Los datos de las lecturas de los radios a cada una de las marcas fueron procesados mediante la utilización de tres tratamientos distintos:

- 1. El primer tratamiento consistió en calcular las tallas retrocalculadas transformando los radios medios en longitudes, a través del modelo que relaciona el R_t y L_t , a este tratamiento se le denomino "descomposición de radios".
- 2. En el segundo tratamiento, denominado "recuento de radios", se estimaron las tallas como se indica en el punto 6.2.1.3. y luego con las longitudes estimadas se procedió a generar una matriz de frecuencias, probando varios intervalos siendo él más conveniente de 10 mm. Posteriormente se adjudicó la edad según el número de radios encontrados y se ajustó a una normal a cada edad.
- El tercero denominado "retrocálculo total", es igual al anterior, con la diferencia que se adjudica la edad según el número de radios y se minimiza el error total.

Con las tallas retrocalculadas a cada marca, con sus edades asignadas, en cada uno de los tratamientos, se procedió a ajustar los datos a un modelo de crecimiento asintótico (modelo propuesto por Bertalanffy), utilizando el método de Newton, para minimizar la suma de los desvíos cuadráticos.

Ecuación de Bertalanffy

$$L_{t} = L \infty \left(1 - e^{-k(t - t_0)}\right)$$
 ecuación 6.4

donde

L**Y** longitud total asintótica

k medida de la velocidad a la cual la curva de crecimiento se aproxima a la longitud asintótica

 L_t longitud total a la edad t

 t_0 es la edad hipotética a la cual comienza el crecimiento

El ajuste al modelo se realizó para el total de los individuos y separados por sexos.

6.2.2.- Resultados

6.2.2.1.- Estimación de radios medios

Las medidas estimadas de los radios de los distintos anillos o marcas de crecimiento (r_n) , se agruparon en una matriz de frecuencia buscando el intervalo más grande, que asegura una mejor confiabilidad sin perder información. Este histograma presentó una distribución polimodal, la cual fue descompuesta en sus componentes unimodales (métodos de mínimos cuadrados) (Tabla.6.1.y Figura 6.3.), Dando como resultado 6 modas con sus medias, desvíos estándar y numerosidad para cada una de ellas (Tabla 6.2).

Tabla 6.2.: Resultados de la descomposición de la frecuencia de r_n en sus componentes normales, con sus medias, desvíos estándar y Numerosidad

Moda	1	2	3	4	5	6
Media en mm X20	2,4123	4,6306	6,2738	7,5688	8,3919	9,3121
D. E.	0,2250	0,8028	0,5072	0,3935	0,2774	0,4039
Area	109,0060	741,3834	231,7778	157,3839	58,4735	44,9203

Tabla 6.1: Matriz de frecuencia de r_n y ajuste de la Polimodal.

Intervalo	Frecuencia		F	recuencia	s ajustada	S	
cm (20X)	observadas	Moda 1	Moda 2	Moda 3	Moda 4	Moda 5	Moda 6
0 - 0,3	0	4,28E-18	5,31E-05	4,19E-29	3,99E-73	5E-184	1E-107
0,3 - 0,6	0	4,79E-13	0,000372	3,72E-26	3,89E-67	1,4E-170	1,2E-100
0,6 - 0,9	0	9,05E-09	0,002263	2,33E-23	2,12E-61	1,2E-157	8,58E-94
0,9 - 1,2	0	2,89E-05	0,01198	1,03E-20	6,45E-56	3,2E-145	3,4E-87
1,2 - 1,5	0	0,015644	0,055156	3,21E-18	1,1E-50	2,6E-133	7,77E-81
1,5 - 1,8	3	1,430737	0,22084	7,03E-16	1,05E-45	6,8E-122	1,02E-74
1,8 - 2,1	22	22,12905	0,769	1,09E-13	5,59E-41	5,4E-111	7,75E-69
2,1 - 2,4	61	57,88535	2,328815	1,19E-11	1,67E-36	1,3E-100	3,39E-63
2,4 - 2,7	30	25,6081	6,133443	9,11E-10	2,78E-32	1,04E-90	8,51E-58
2,7 - 3,0	23	1,915971	14,04863	4,93E-08	2,59E-28	2,48E-81	1,23E-52
3,0 - 3,3	30	0,024244	27,98491	1,88E-06	1,35E-24	1,85E-72	1,03E-47
3,3 - 3,6	46	5,19E-05	48,4813	5,06E-05	3,94E-21	4,27E-64	4,94E-43
3,6 - 3,9	69	1,88E-08	73,04407	0,00096	6,43E-18	3,07E-56	1,37E-38
3,9 - 4,2	94	1,15E-12	95,7097	0,012834	5,86E-15	6,84E-49	2,18E-34
4,2 - 4,5	114	1,19E-17	109,0655	0,120912	2,99E-12	4,74E-42	2E-30
4,5 - 4,8	114	2,08E-23	108,0884	0,802949	8,54E-10	1,02E-35	1,06E-26
4,8 - 5,1	88	6,17E-30	93,16036	3,758423	1,36E-07	6,82E-30	3,23E-23
5,1 - 5,4	83	3,09E-37	69,83025	12,40009	1,22E-05	1,42E-24	5,66E-20
5,4 - 5,7	82	2,62E-45	45,52148	28,83671	0,000607	9,15E-20	5,72E-17
5,7 - 6,0	64	3,75E-54		47,26804	0,016953	1,83E-15	3,33E-14
6,0 - 6,3	73	9,08E-64	12,72457	54,61236	0,264733	1,14E-11	1,12E-11
6,3 - 6,6	52	3,72E-74	5,456282	44,47497	2,312082	2,21E-08	2,15E-09
6,6 - 6,9	39	2,58E-85	2,03475	25,52946		1,33E-05	2,4E-07
6,9 - 7,2	43	3,02E-97	0,659911	10,32925	30,85162	0,002479	1,54E-05
7,2 - 7,5	48	6E-110	0,186132	2,945762	47,13658	0,143781	0,000567
7,5 - 7,8	46	2E-123	0,045658	0,592145	40,27789	2,590595	0,012042
7,8 - 8,1	33	1,1E-137	0,00974	0,083899	19,24881	14,50005	0,147412
8,1 - 8,4	32	1,1E-152	0,001807	0,008379	5,144812	25,21217	1,039405
8,4 - 8,7	19	1,8E-168	0,000292	0,00059	0,769066	13,61827	4,221303
8,7 - 9,0	11	4,8E-185	4,09E-05	2,93E-05	0,064296	2,285098	9,874568
9,0 - 9,3	15	2,2E-202			0,003006		
9,3 - 9,6	9	1,8E-220	5,3E-07	2,52E-08	7,86E-05	0,001929	10,32501
9,6 - 9,9	5	2,3E-239		4,38E-10	1,15E-06	9,7E-06	4,615205
9,9 - 10,2	2	5,2E-259	3,93E-09	5,37E-12	9,41E-09	1,52E-08	1,188232
10,2 - 10,5		2E-279	2,74E-10	4,64E-14	4,3E-11	7,36E-12	0,176206
10,5 - 10,8		1,3E-300	1,66E-11	2,82E-16	1,1E-13	1,11E-15	0,015051
10,8 - 11,1		0	8,79E-13	1,21E-18	1,58E-16	5,2E-20	0,00074
11,1 - 11,4		0	4,04E-14	3,66E-21	1,26E-19	7,57E-25	2,1E-05
11,4 - 11,7		0	1,61E-15	7,79E-24	5,64E-23	3,42E-30	3,42E-07
11,7 - 12,0	0	0	5,6E-17	1,17E-26	1,41E-26	4,8E-36	3,22E-09

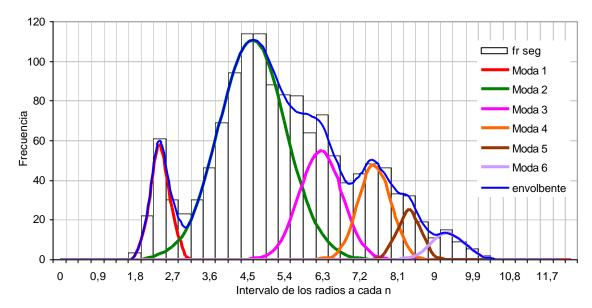


Figura 6.3.: Descomposición de la polimodal en sus componentes normales

Se buscaron los puntos equifrecuentes entre dos normales contiguas y a los intervalos entre ellas se asignaron edades correlativas. Luego se procedió a ajustar los r_n medios a un modelo de Bertalanffy (Figura 6.4.), obteniéndose los siguientes resultados:

$$r_n = 11,9855 (1 - e^{(-0.2489(t+0.0724))})$$

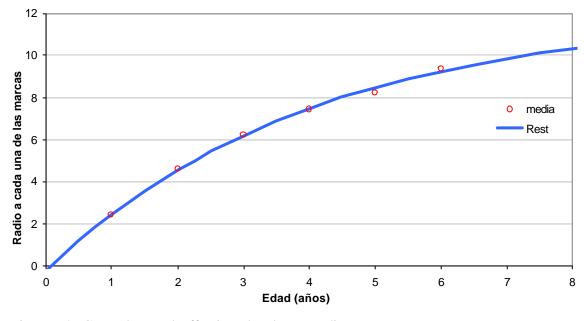


Figura 6.4.: Curva de Bertalanffy ajustado a los r_n medios.

6.2.2.2.- Retrocálculo de tallas

Se buscó el modelo que mejor ajustó a la relación entre las variables L_t vs. R_t , ver punto 6.2.1.3., siendo el modelo potencial el adoptado por ser el que brindó un mejor ajuste a los datos.

Los parámetros obtenidos fueron:

$$L_{t} = 72{,}981 \cdot R_{t}^{\ 0,7326} \tag{Figura 6.5.}$$

$$n = 1008$$

$$R^{2} = 0{,}9772 \ ; \ r = 0{.}9885$$

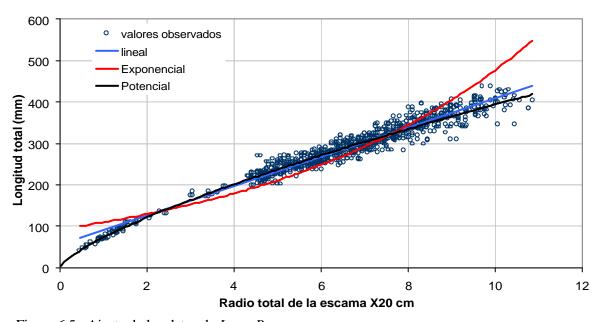


Figura 6.5.: Ajuste de los datos de L_t vs. R_t

Siendo los parámetros estimados para los modelos lineal y exponencial

Modelo lineal:

$$L_t = 35,338 \cdot R_t + 54,665$$
 $R^2 = 0,9501; r = 0,9747$ (Figura 6.5.)

Modelo exponencial:

$$L_t = 93,271 \cdot e^{0.1634 \cdot Rt}$$
 $R^2 = 0.86; r = 0.9273$ (Figura 6.5.)

Para realizar el retrocálculo de tallas para cada una de los r_n se obtuvieron según la corrección de Lee, una pendiente y una ordenada al origen para cada una de las escamas, donde se calcularon las tallas L_n para cada uno de los r_n , utilizando para ello el modelo potencial que ajustó a todos los datos.

6.2.2.3.- Incremento marginal y asignación de la época de marcación

Utilizando la ecuación 6.2. y 6.3 se calcularon los *IM* para cada escama, sé los graficó para toda la muestra y por sexos (Figuras 6.6.; 6.7. y 6.8.), para un periodo de un año, ajustando un polinomio de Fourier para cada uno de los casos.

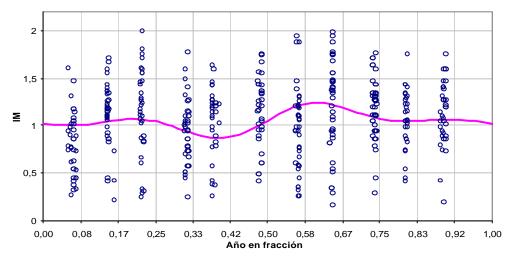


Figura 6.6.: IM para toda la muestra y ajuste de los datos a un polinomio de Fourier.

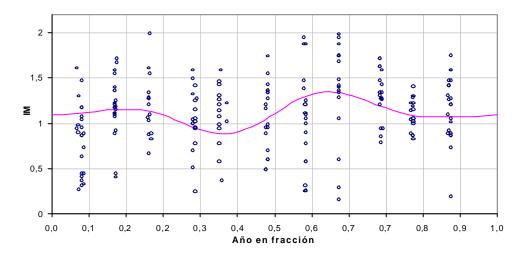


Figura 6.7.: IM para hembras y ajuste de los datos a un polinomio de Fourier.

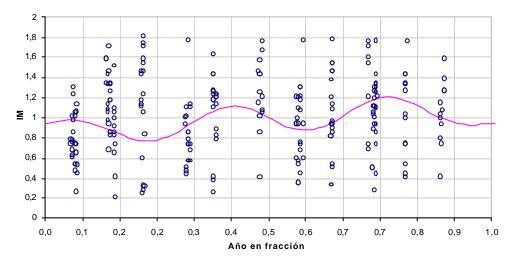


Figura 6.8.: IM para machos y ajuste de los datos a un polinomio de Fourier.

En ninguno de los tres casos (total, hembras y machos) se visualiza una zona de inflexión que indique claramente la disminución brusca del *IM*.

Sin embargo en cada uno de los grupos de muestreo el *IM* presenta dos o tres modas. Estas fueron descompuestas en una suma de normales observándose los siguientes resultados (Figuras 6.9. y 6.10.).

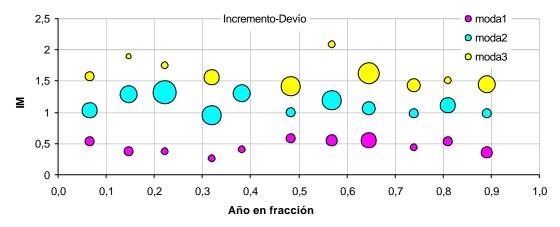


Figura 6.9.: *IM*, descomposición en componentes normales, medias de cada moda (el tamaño del área para cada una de las modas es proporcional al desvío estándar).

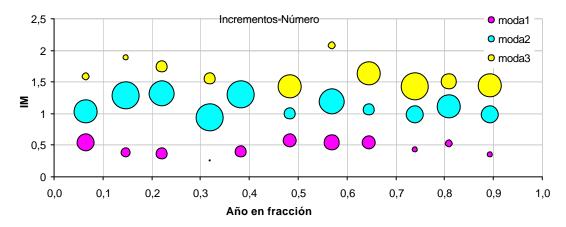


Figura 6.10.: *IM*, descomposición en componentes normales, medias de cada moda (el tamaño del área para cada una de las modas es proporcional al área).

Respecto al presente análisis se puede señalar que la baja interpretación de los resultados obtenidos, obligó a descartarlo, a igual conclusión se llegó con el método anterior.

Posteriormente se procedió a separar a toda la muestra en tres rangos de tallas con aproximadamente igual numerosidad, se ensayó este criterio debido a que se sabe que existe un comportamiento trófico que muestra un cambio de preferencias entre las tallas y/o edades (Ferriz, 1987), lo que podría afectar en forma diferencial la época de marcación. Se observó una fecha diferente de marcado entre los llamados chicos (205 a 265 mm de L_i) y los medianos y

grandes (267 a 438 mm de $L_{\rm r}$) (Figuras 6.11. y 6.12.). Se determinó que la época de marcación (que es el valor del punto donde cambia la inflexión de la curva, desde el punto máximo al punto mínimo del IM) para los individuos chicos, es de alrededor del 21 de abril y para los medianos y grandes el 27 de noviembre (marcados en las Figuras con un rectángulo punteado). De modo que la primera marca correspondería a 0,3053 parte del año y las marcas superiores a 0,9083 parte del año. Esta última mantisa corresponde a los anillos 3+ y superiores de manera que para la marca 2+ se utilizó la media aritmética entre la mantisa 1+ y 3+.

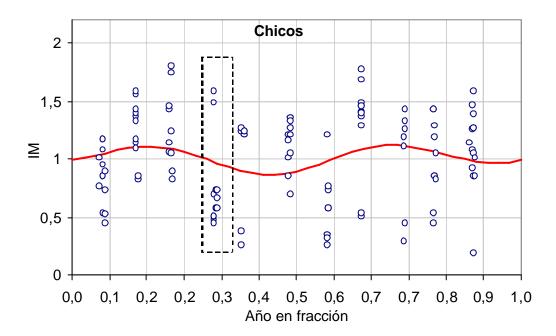


Figura 6.11.: IM para los individuos entre 205 a 265 mm de L_t , y ajuste del Polinomio de Fourier a los datos (zona rectangular fecha probable de marcación).

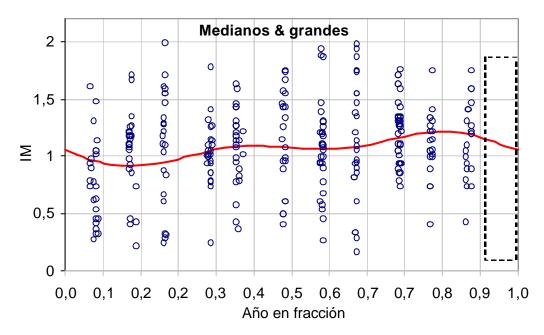


Figura 6.12.: IM para los individuos entre 267 a 438 mm de L_t y ajuste del Polinomio de Fourier a los datos (zona rectangular fecha probable de marcación).

6.2.2.4.- Ajuste al modelo de Bertalanffy para todos los datos y diferenciado por sexos

Tratamiento 1 "descomposición de radios"

La transformación de los Radios medios en Longitudes totales utilizando la ecuación que relaciona la longitud total y el radio total dio los siguientes resultados:

Tabla 6.3.: Descomposición de radios, resultados de la descomposición.

Edad (en partes de año)	1,309	2,698	3,908	4,908	5,908	6,908
$\overline{L_{t}}$	139,118	224,316	280,211	321,504	346,762	374,227
S	24,472	62,136	44,388	36,855	28,530	37,564
N	109,006	741,383	231,778	157,384	58,474	44,920

Parámetros de ajuste del modelo de Bertalanffy a los datos de la descomposición de radios:

Parámetros	Valor estimado	D. E.
<i>L8</i> (mm)	484,8349	15,650
k	0,204111	0,014
t_{O}	-0,344616	0,0840
$R^2 = 0,9995$		

Para los tratamientos 2 "recuento de radios" y 3 "retrocálculo total" se procedió a agrupar los L_n retrocalculados en una matriz de frecuencias, probándose varios intervalos, siendo utilizado el de 10 mm. Para el caso de "recuento de radios" sé graficaron las frecuencias de los mismos obteniéndose una curva (distribución) polimodal, que se descompuso en sus componentes unimodales, se adjudica la edad según el número de radios encontrados y se realiza el ajuste para cada edad.

Y para el caso de "retrocálculo total" se adjudica la edad según el número de radios encontrados y se minimiza el error total. Asumiendo en los tres tratamientos que las componentes de la distribución polimodal eran normales. Conocida la época de marcación se les adjudicó la edad para cada una de las modas, a estos datos se ajustó el modelo de Bertalanffy, obteniéndose los siguientes resultados ver Tablas 6.4. y 6.5. y Figuras 6.13. y 6.14.

Tabla 6.4.: Recuento de radios, resultados de la descomposición.

Edad (en partes de año)	1,309	2,599	3,908	4,908	5,908	6,908
$\overline{L_t}$	145,477	225,969	289,029	333,974	364,552	387,433
S	18,039	26,380	20,105	22,322	14,016	25,775
N	171,056	687,066	269,109	164,274	34,859	34,859

Parámetros de ajuste del modelo de Bertalanffy a los datos de la descomposición de radios:

Parámetros	Valor estimado	D. E.
<i>L8</i> (mm)	531,118	26,637
k	0,182074	0,018
t_0	-0,44456	0,0102
$R^2 = 0,9993$		

Tabla 6.5.: Retrocálculo total, resultados de la descomposición.

Edad (en partes de año)	1,309	2,730	3,908	4,908	5,908	6,908
$\overline{L_{t}}$	140,990	221,602	274,368	309,789	352,763	363,719
S	12,287	26,285	16,306	17,367	13,488	33,378
N	129,104	685,958	190,517	190,517	77,122	77,122

Parámetros de ajuste del modelo de Bertalanffy a los datos de la descomposición de radios:

Parámetros	Valor estimado	D. E.
<i>L8</i> (mm)	500,693	41,778
k	0,179025	0,031
t_0	-0,534544	0,0217
$R^2 = 0.9977$		

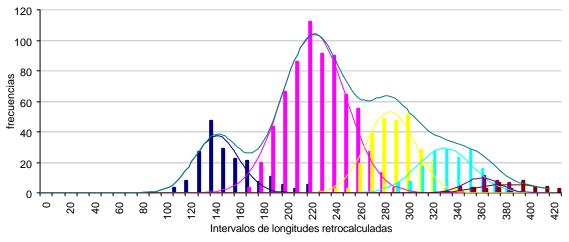


Figura 6.13.: Distribución polimodal de los L_n y descomposición (T2 "recuento de radios")

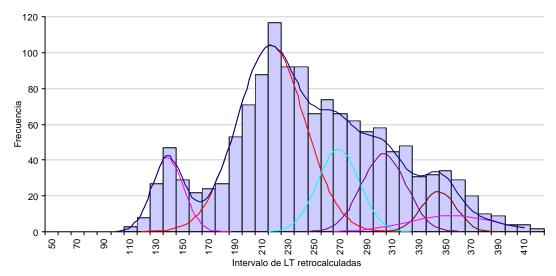


Figura 6.14.: Distribución polimodal de los L_n y descomposición (T3 "retrocálculo total")

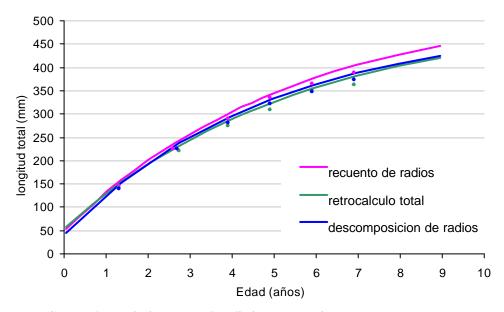


Figura 6.15.: Curvas de crecimiento para los distintos tratamientos.

Para ambos sexos se realizó la comparación de la distribución de frecuencias de radios de marcas, y se realizó un test de medias, no observándose diferencias significativas. Tabla 6.6. y Figura 6.16.

Tabla 6.6.: Valores medios y desvíos estándar (D. E.) de radios en cada una de las categorías de modas en hembras y machos. Se indica los valores de "t" de la prueba de diferencias de medias y su significación estadística a través de los valores de "p".

hembras			machos			Prueba de diferencia		
Moda	$\overline{r_{t}}$	S	N	$\overline{r_t}$	S	N	"t"	p
1	2,5353	0,5360	78	2,6410	0,5437	94	-1.277	0,203
2	4,5169	0,6475	381	4,5273	0,6665	295	-0,203	0,839
3	6,2685	0,4849	135	6,3090	0,503	144	-0,684	0,494
4	7,6275	0,3446	87	7,6367	0,460	64	-0,139	0,889
5	8,6074	0,2744	27	8,5366	0,362	15	0,713	0,48
6	9,4525	0,3354	20	9,27	0,2175	10	1,557	0,13

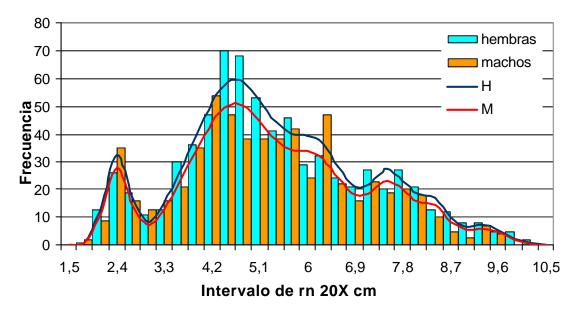


Figura 6.16.: Distribución de la frecuencia de marcas para ambos sexos y curva resultante de la descomposición (en rojo para los machos y azul para las hembras).

Asimismo se ajustaron los datos al modelo de Bertalanffy y se compararon los parámetros obtenidos no encontrándose diferencias significativas Figura 6.17. y Tabla 6.7.

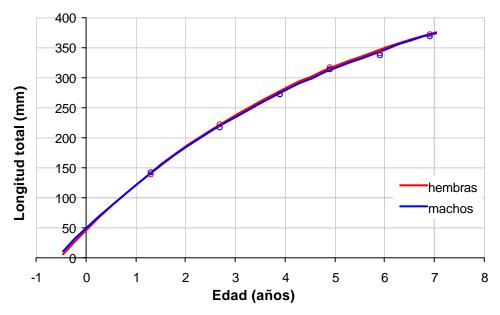


Figura 6.17.: Curvas de crecimiento para hembras y machos.

Tabla 6.7.:.Parámetros de la ecuación de Bertalanffy para hembras y machos.

Parámetros	hembras		machos	
	Valor estimado	D. E	Valor estimado	D. E
<i>L8</i> (mm)	499.3531	38.6464	515.5702	35.3674
k	0.1817	0.0305	0.1670	0.0228
t_0	-0.5168	0.2095	-0.5865	0.1535
R^2	0,9980		0,9988	

Se comprobó que no existen diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento resultando un p = 0.75; 0.69 y 0.78 para L**¥**, k y t_0 respectivamente.

6.3.- Análisis del Crecimiento y determinación de la edad a través del análisis de frecuencias de tallas y de la progresión de modas (A.P.M.).

El crecimiento puede ser analizado también a través del método de Petersen (Bagenal y Tesch, 1978), que se basa en el análisis de la distribución de frecuencias de tallas. Aplicando la modificación propuesta por Pauly, (1983) que consiste en el seguimiento de la progresión modas de frecuencias de tallas, básicamente el método de Petersen puede definirse como el estudio de las tallas medias de las cohortes y sus variaciones en el tiempo. En la bibliografía existen numerosos ejemplos en donde se aplica esta metodología en estudios de peces de ambientes dulceacuícolas (Freyre *et al.*, 1997; Sendra y Colautti, 1997; Baigún, 2001; Grosman, 1993).

Este método puede aplicarse a distribuciones de frecuencia de tallas correspondiente a las distintas fechas de captura ordenadas secuencialmente y requiere dos supuestos para poder establecer cuales modas pueden interconectarse. El primero es que la forma de crecimiento de los peces es rápida en un principio y luego decrece suavemente y el segundo que el patrón de crecimiento se repita de año en año.

Los métodos por lectura de escamas o por análisis de progresión de modas, son aplicables cuando los individuos analizados son jóvenes o pertenecen a edades tempranas, ya que cuando son avanzados en edad, las cohortes y las marcas de escamas resultan difíciles de interpretar.

En una segunda etapa para cumplir con el objetivo de este capitulo se analizará el crecimiento y la edad en la población del pejerrey *Odontesthes hatcheri* estudiada a través del análisis de la distribución de frecuencias de tallas y de la progresión de las modas.

6.3.1.- Materiales y Métodos

6.3.1.1.- Selección del universo de los muestreos.

Debido a que los muestreos, resultaron irregulares y poco densos, se procedieron a agrupar los datos correspondientes a fechas próximas de diferentes años. Con el propósito de facilitar el estudio de las progresiones modales, se separaron las capturas (4 años y un trimestre) en doce grupos por año, equidistantes en el tiempo, en períodos caracterizados por representar las mayores densidades de muestreos.

El procedimiento consistió en primer lugar en agrupar a todos los 178 muestreos efectuados en 51 meses distintos, en una matriz de frecuencias. Luego se procedió a efectuar una separación en componentes equidistantes. Para ello se ajustó a una sinusoide de período 1/12 de año que dejaba bajo sus valores máximos, aquellos grupos de fechas que se encontraban a igual distancia en el tiempo y se seleccionaron solo los muestreos de las fechas que se encontraban bajo esta curva (Tabla 6.8. y Figura 6.18.). Con esta selección se pudo considerar que los muestreos dentro de cada grupo eran suficientemente homogéneos como para que pudieran agruparse sus resultados.

6.3.1.2.- Descomposición de las distribuciones de la captura

Una vez que se tenían los grupos seleccionados y conociendo la selectividad de las redes agalleras (Capítulo 5, punto 5.3.3.), se corrigieron los valores de las capturas dividiéndolas por el correspondiente factor de capturabilidad $q_{(m,l)}$, (Capítulo 5, ecuación 5.6.) para cada una de las redes e intervalos de longitud total y en todos los grupos muestreados.

Sobre las densidades estimadas a partir de las capturas se realizó una descomposición de modas de la distribución de frecuencia de tallas para cada

uno de los grupos seleccionados en una suma de normales, utilizando el método de mínimos cuadrados por Newton.

De esta forma se obtienen las tallas medias (\overline{Lt}) , desvíos estándar (s) y numerosidad (N) para cada componente modal en los distintos grupos, que se interpretaron como correspondientes a cohortes diferentes. La edad para cada cohorte corresponde a la fecha en que se había llevado a cabo el muestreo y el periodo que separaba una moda de la contigua es de un año.

6.3.1.3.- Ajuste al modelo de von Bertalanffy a las tallas medias.

El ajuste al modelo de Bertalanffy se realizó utilizando los valores de $\left(\overline{Lt}\right)$ y su edad respectiva para cada moda en las cohortes individualizadas dentro de cada uno de los grupos comprendidos en el lapso de un año. Para tal fin se empleó el método de Newton que minimiza la suma de los desvíos cuadráticos.

6.3.1.4.- Crecimiento en peso y curva estacionalizada.

Cuando se trabaja en sistemas de producción, sobre todo en acuicultura o en explotaciones comerciales de algunas especies, resulta de gran utilidad determinar el crecimiento en peso de los individuos y conocer el peso que alcanzan a las diferentes edades.

Por esta razón se transforman los datos de crecimiento de longitudes (L_i) a valores en pesos (W), a través de la ecuación que los relaciona ver Capítulo 3 "Relaciones morfométricas", punto 3.3.1., y que se puede escribir de la siguiente manera combinando Bertalanffy con la fórmula alométrica clásica (Huxley, 1932).

$$W_{t} = a \left[L \propto \left(1 - e^{-k(t - t_{o})} \right) \right]^{b} = W \propto \left(1 - e^{-k(t - t_{o})} \right)^{b}$$

donde

 W_t es el peso al tiempo t a es la ordenada al origen de la recta de la relación $\log L_t$ - $\log W_t$ b es coeficiente de alometría o pendiente de la misma recta t_0 tiempo en el cual la tasa de crecimiento comienza a decrecer $W\Psi = a L\Psi^b$ es el peso máximo

A su vez se realizó el ajuste a los datos a un modelo de crecimiento estacionalizado en longitud y en peso (Pauly, 1984).

$$L_{t} = L \infty \left[1 - e^{(-kD(t-t_{o}) + (C\frac{kD}{2\mathbf{p}})sen(2\mathbf{p}(t-t_{s}))} \right]^{\frac{1}{D}}$$

siendo

D factor de superficie (Pauly, 1980)

C factor que expresa la amplitud de oscilación de crecimiento. Toma valores entre 0 (trópicos) y 1 (latitudes medias). Valores de 0 indican ausencia de crecimiento diferencial entre verano e invierno.

 t_s representa el punto invernal, que indica el período del año, (en fracción decimal) cuando el crecimiento es menor.

Para el ajuste a peso estacionalizado es:

$$W_{t} = W \infty \left[1 - e^{(-kD(t-t_{o}) + (C\frac{kD}{2\mathbf{p}})sen(2\mathbf{p}(t-t_{s}))} \right]^{\frac{b}{D}}$$

donde

b es el coeficiente de alometría (Capítulo 3, Relaciones morfométricas).

6.3.2.- Resultados

6.3.2.1.- Selección del universo de muestreo.

Previo a la individualización de las cohortes (método de Petersen) y el posterior análisis de la progresión de modas, se realizó una selección de los muestreos.

El ajuste de las fechas de los muestreos a una sinusoide de período 1/12 se presenta en la Figura 6.18. En la grafica se observan los grupos de fechas equidistantes en el tiempo bajo los rectángulos verdes definidos por los valores > 0 de la sinusoide. Estos datos son los que se utilizaron para el análisis del crecimiento, (Tabla 6.8. y Figura 6.18.).

Con los datos de las capturas seleccionadas para cada uno de los grupos se confeccionó una matriz de frecuencias, los mismos fueron corregidos por selectividad (Capítulo 5), analizándose un total de 8479 individuos.

Los datos de las capturas corregidas presentaban una distribución polimodal. Para identificar las distintas cohortes se las separó en sus componentes normales empleando un ajuste de mínimos cuadrados (Figura 6.19 y Tabla 6.9.). Los parámetros que caracterizan las normales (media, desvío estándar y numerosidad) se presentan en la Tabla 6.9. A cada una de estas modas se les asignó una edad de acuerdo a la fecha de captura y fueron los datos utilizados en el modelo de crecimiento.

Tabla 6.8.: Resultados del análisis, realizado para el total de las fechas de capturas.

Grupo	Periodo de las fechas de capturas
S	seleccionadas
1	17 enero – 31 enero
2	16 febrero - 2 marzo
3	18 marzo - 2 abril
4	18 abril – 2 mayo
5	18 mayo — 1 junio
6	18 junio – 2 julio
7	18 julio – 1 agosto
8	18 agosto – 1 septiembre
9	17 septiembre – 1 octubre
10	17 octubre – 1 noviembre
11	17 noviembre – 1 diciembre
12	17 diciembre – 31 diciembre

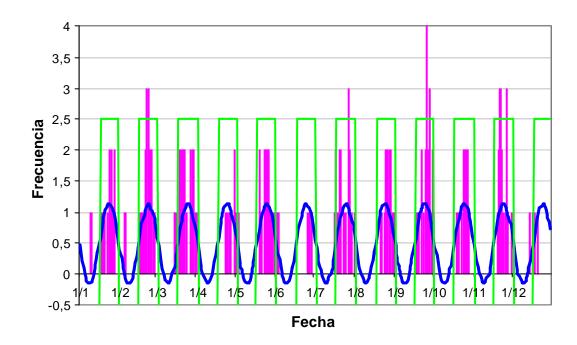


Figura 6.18.: Ajuste de las fechas de los muestreos a una sinusoide de período 1/12.

Tabla 6.9.: Resultados de la descomposición de modas para cada uno de los grupos (G), M = media, S = desvío estándar, N = numerosidad.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
M1	257,68	210,88	245,66	242,93	240,37	229,80	235,38	228,56	225,20	180,00	216,52	229,82
M2	335,12	227,26	290,09	292,15	264,57	243,47	281,48	260,92	250,96	252,27	256,05	259,27
М3	383,81	259,04	341,71	335,01	284,54	284,27	325,62	299,03	297,52	311,85	324,90	307,22
M4	401,41	294,89	379,16	354,87	307,56	321,23	347,74	335,59	342,48	352,18	348,13	350,99
M5		335,21	424,15	375,35	335,20	340,42	374,83	347,32	383,28	383,24	385,32	381,57
S 1	17,34	8,70	11,48	15,95	7,42	6,39	13,35	7,52	2,76	2,11	1,40	2,99
S2	20,29	1,31	20,36	18,29	4,10	15,74	27,94	9,49	11,64	16,06	22,10	12,40
S3	3,70	16,48	6,25	2,51	8,13	2,71	2,42	13,61	15,86	15,74	15,22	18,41
S4	10,69	13,40	18,98	8,03	7,92	17,51	6,79	4,60	19,68	13,41	7,13	0,40
S5		21,90	5,39	8,03	19,00	2,29	22,64	28,21	18,61	14,10	20,51	24,13
N1	53,97	11,26	9,98	131,44	37,41	96,73	19,93	12,98	8,88	1,24	13,63	1,67
N2	20,25	9,42	55,49	56,88	21,92	151,54	16,93	15,18	13,38	21,65	19,14	25,67
N3	1,86	37,99	3,26	13,05	24,98	24,19	4,62	26,76	22,85	17,94	13,73	17,23
N4	1,95	20,00	9,37	4,29	19,20	21,06	1,60	6,64	22,14	14,95	6,22	3,15
N5		22,96	0,94	1,24	15,22	1,57	10,87	51,45	13,55	9,63	17,67	15,99

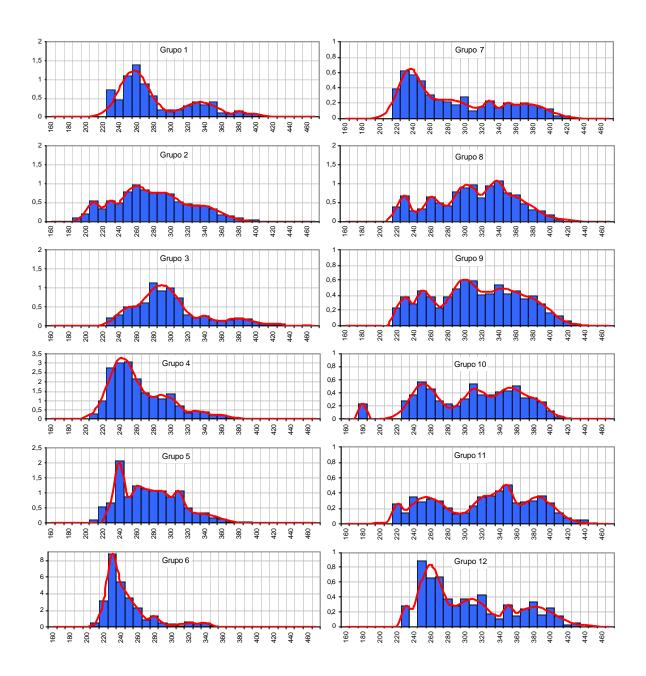


Figura 6.19.: Histogramas de frecuencia de las capturas corregidas para cada uno de los grupos seleccionados y ajuste de una polimodal.

6.3.2.2.- Curva de Bertalanffy para todos los datos.

Con las tallas medias, desvíos estándar, numerosidad y su edad, para cada una de las cohortes, se aplicó el método de análisis de progresión modal (APM) (Pauly, 1984) y se ajustó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Figura 6.20.). Del ajuste a los datos se puede escribir la siguiente ecuación:

Parámetros	Valor estimado	D. E.		
L8 (mm)	507,1427	51,8491		
k	0,2108	0,0541		
t_0	-0,5895	0,3723		
$R^2 = 0,9426$				

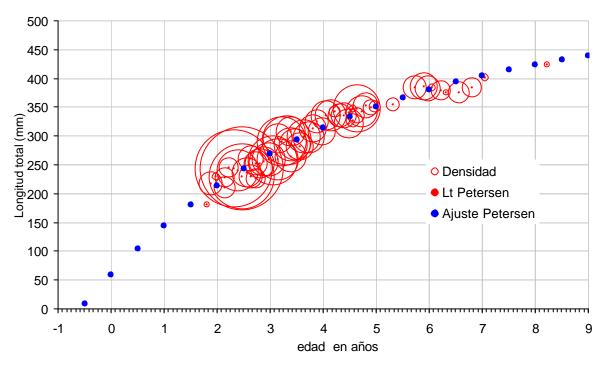


Figura 6.20.: Curva de crecimiento por análisis de progresión modal, puntos medios y densidad.

6.3.2.3.- Crecimiento en peso

Los datos de tallas versus edad obtenidos de la curva de crecimiento, estimada empleando el método de Petersen, fueron transformados en peso a través de la

relación tallas *vs.* peso (ver Capítulo 3), obteniéndose la siguiente ecuación de Bertalanffy y el gráfico correspondiente.

$$W_t = 1457,2067(1 - e^{-0.2108(t - (-0.5895))})^{3.5827}$$

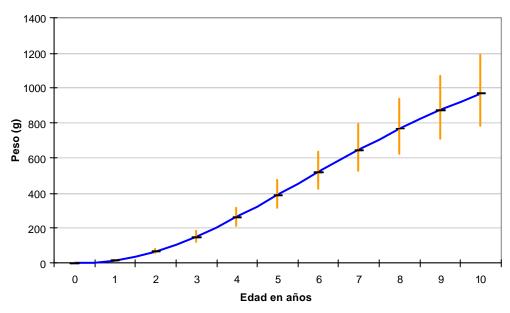


Figura 6.21.: Curva de crecimiento en peso con sus desvíos estándar.

6.3.2.4.- Curva de crecimiento estacionalizado en longitud y en peso

El ajuste de los datos obtenidos por el método de Petersen a un modelo de crecimiento estacionalizado en longitud y en peso (Figuras 6.27. y 6.28.), brindaron los siguientes resultados:

Parámetr o	Valor estimado	S		
<i>L8</i> (mm)	481,3877	36,6750		
k	0,4154	0,0800		
t_0	-1,2151	0,4318		
С	0,7173	0,7173		
$t_{ m s}$	0,4861	0,4861		

D	0,6539	-
R^2	0,9491	

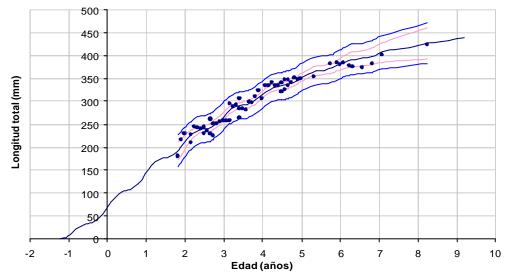


Figura 6.27.: Curva de crecimiento en longitud estacionalizada con sus intervalos de confianza 95% del ajuste en rojo y un desvío estándar de la estimación en azul.

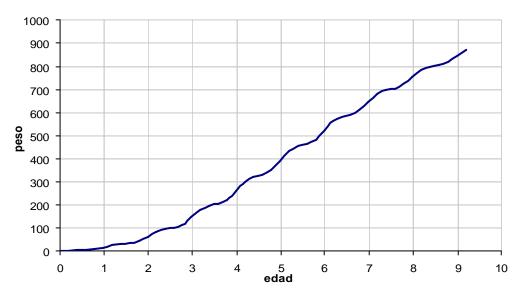


Figura 6.28.: Curva de Bertalanffy estacionalizada en peso.

6.4.- Comparación de métodos

6.4.1.- Verificación de validez de ambos métodos

Se compararon los resultados de los tres tratamientos que utilizan lectura de escamas, con los obtenidos por el análisis de progresión de modas. Los parámetros obtenidos fueron comparados a través del estadístico de Fisher-Behrens (Quin II y Deriso, 1999), que compara los parámetros de la curva de von Bertalanffy. Además se realizó la comparación de los parámetros para el ajuste de los datos (marcas en escamas) de hembras y de machos.

Se graficaron las curvas estimadas en los distintos tratamientos de las lecturas de los radios de las marcas en escamas y la estimada por el método de Petersen, donde se observa que las mismas son muy similares. (Figura 6.22.).

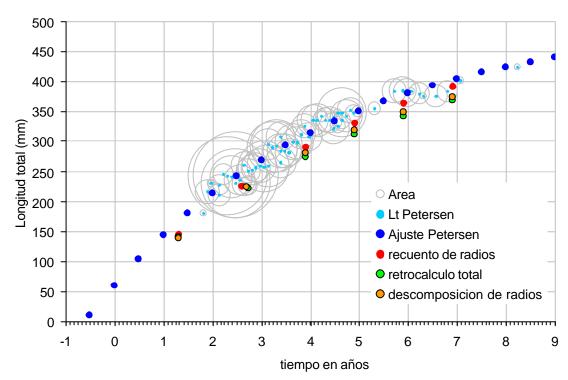


Figura 6.22.: Curvas de crecimiento para los distintos tratamientos y por APM.

Mediante el análisis estadístico de Fisher-Behrens, no se detectaron diferencias significativas, entre los parámetros de la curva de von Bertalanffy, estimados a través de los 4 tratamientos realizados. Tabla 6.10.

Tabla 6.10.: Probabilidad de que las diferencias obtenidas entre los parámetros se obtengan por azar. La hipótesis de igualdad de los parámetros sería desechada para valores de probabilidad entre 0,01 y 0,03.

$L\mathbf{Y}$	Petersen	Retrocálculo Total	Descomposición de radios
Retrocálculo Total	0,9222		
Descomposición de radios	0,6795	0,7213	
Recuento de radios	0,6800	0,5387	0,1345
k	Petersen	Retrocálculo Total	Descomposición de radios
Retrocálculo Total	0,6123		
Descomposición de radios	0,9041	0,4747	
Recuento de radios	0,6141	0,9334	0,3455
t_0	Petersen	Retrocálculo Total	Descomposición de radios
Retrocálculo Total	0,8978		
Descomposición de radios	0,5207	0,4143	
Recuento de radios	0,6963	0,6778	0,2388

En las figuras 6.23.; 6.24. y 6.25. se graficaron los parámetros del modelo de Crecimiento en cada uno de los casos con el desvío estándar estimado para cada uno de ellos. Se observa que la menor dispersión se da en el tratamiento "descomposición de radios."

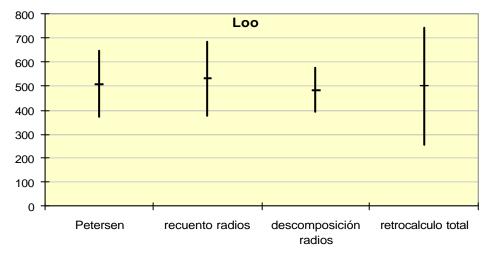


Figura 6.23: Dispersión del L8.

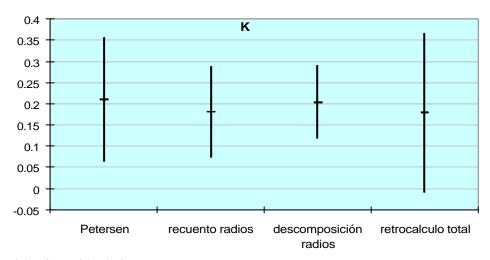


Figura 6.24. Dispersión de *k*.

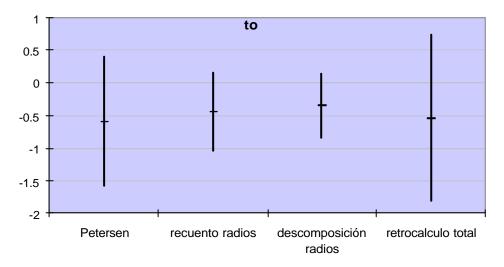


Figura 6.25. Dispersión para t_0 .

Se graficaron los valores de k en función de L¥ para cada uno de los tratamientos y el método de Petersen, observándose que se encuentran muy próximos (Figura 6.26.).

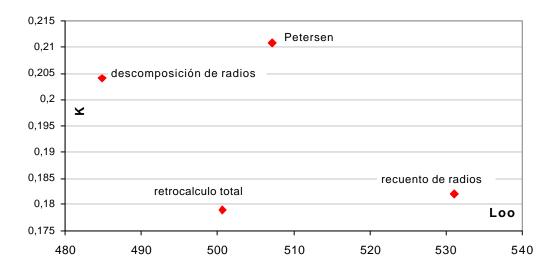


Figura 6.26.: k vs. Longitud infinita $(L\mathbf{Y})$ para los distintos métodos.

6.5.- Discusión y conclusiones

Lectura de escamas:

La lectura de edades en escamas resultó un método válido para esta especie. Estas mismas estructuras fueron utilizadas en otros ambientes patagónicos (Guerrero *et al.,* 1992; Grosman, 1993; Cataldo, 1989; Baigún, 2001; entre otros). Lo mismo puede señalarse del método de Petersen (Grosman, 1993).

La relación hallada para las variables L_t vs. R_t fue potencial obteniéndose un alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9772$). Sin embargo cabe destacar que, el modelo lineal resulta un ajuste similar al utilizado ($R^2 = 0.9501$). Como puede observarse en la Figura 5.5., el modelo lineal brinda estimaciones francamente sesgadas, para valores de R_t entre 0 y 2 y predice una talla de formación de la escama de 54,6 mm. El modelo potencial, por el contrario, no tiene ordenada al origen es decir asume que la escama se forma en el desarrollo embrionario. Para esta misma especie otros autores encontraron una relación lineal (Guerrero *et al.*, 1992; Grosman, 1993; Cataldo, 1989, Freyre *et al.*, 1991).

Autor	Ambiente	estructura	Modelo	Ordenada	Pendiente	a	b	\mathbb{R}^2
CATALDO,	Musters	Escama	lineal	85,69	30,46			0,6889
1989	Rosario	Escama	lineal	98,03	30,72			0,7744
	Terraplén	Escama	lineal	46,31	36,14			0,7921
	R. Mexía	Escama	lineal	3,345	61,72			
GUERRERO, 1992	Arroyito	Escama	lineal	-16,56	4,120			0,5745
DOMANICO, 2006	E. R. Mexía	Escama	potencial			72,981	0,7326	0,9772
GROSMAN, 1993	Terraplén	Escama	lineal	50,293	3,7576			0,9186
FREYRE, 1991	Alicurá	Escama	lineal	141,29	1,5328			0,3518

Las tallas retrocalculadas en los distintos tratamientos para las lecturas de las marcas en escamas, ofrecieron los siguientes puntos salientes:

El T1 "descomposición de radios" atenúa la variabilidad propia de cada una de las escamas al tratarlas como colectivo estadístico, con lo que no requiere la corrección de Fraser-Lee (Fraser, 1916 y Lee, 1920). Es el tratamiento más expeditivo, sin embargo requiere contar con un muestreo numeroso para que se cumpla el supuesto de base que consiste en que la distribución de la muestra represente probabilidades.

Los otros dos tratamientos, T2 y T3 ("recuento de radios" y "retrocálculo total", respectivamente), son básicamente similares ya que tienen en cuenta el fenómeno de Lea y por lo tanto se aplica la corrección de Fraser-Lee. En consecuencia, estos implican un mayor número de operaciones matemáticas, ya que con las tallas retrocalculadas se realiza una matriz de frecuencias que es descompuesta en sus componentes normales. Ambos métodos se diferencian en que el T2 luego de transformar los datos R_i a L_i se debe realizar la descomposición a cada una de las normales para obtener los $\overline{L_i}$ para cada fecha de marcación, mientras que en el T3 el colectivo de L_i retrocalculado, se descompone solo sobre la base de las frecuencias observadas, minimizando el error total.

La asignación de la época de marcación utilizando para ello el análisis del incremento marginal en las escamas, fue más efectiva cuando se separaron los individuos según su tamaño. Los individuos presentan un diferente comportamiento trófico de acuerdo a su edad o a su talla (Ferriz, 1987). Las fechas de marcación fueron diferentes para los individuos chicos (205-265 mm de longitud total) estimada en 0,3053 parte del año (21 de abril) y para los medianos y grandes (267-438) estimada en 0,9083 parte del año (27 de noviembre). El análisis del *IM* en los individuos separados por tallas permitió, en

este caso en particular obtener una mejor discriminación de los resultados. Ello apoyaría la hipótesis de que la marca de la escama se debe a una disminución de la oferta alimenticia diferente para los juveniles que consumen principalmente larvas bentófagas de los adultos que consumen casi exclusivamente *Chilina gibbosa*. En los individuos de menos de 100 mm de L_t los ítems alimentarios dominantes son ostrácodos, cladóceros y larvas de quironómidos, mientras que en los mayores a 250 mm de L_t la ingesta de *Chilina gibbosa* la cual llega a representar el 80 % (Ferriz, 1987).

En otoño suelen observarse los mínimos de densidad de larvas de quironómidos en el río Limay, este hecho podría inducir la marca o anillo en las escamas de los individuos juveniles para esta época (Paggi *et al.*, 2002). Las larvas de quironómidos forman parte del item alimentario de los pejerreyes de menos de 100 mm de L_t . (Ferriz op. cit).

En la primavera se da el mínimo de biomasa de *Chilina gibbosa* y en el verano la densidad mínima. Estos hechos corroborarían la hipótesis de que la marca en ejemplares que se alimentan casi exclusivamente de este molusco sería a fines de noviembre, (Bosnia *et al.*, 1990).

Los parámetros de la curva de Bertalanffy hallados por los tres tratamientos fueron similares no observándose diferencias significativas entre ellos (test de Behrens).

No se observaron diferencias significativas entre los radios medios de las lecturas de escamas y los parámetros de la curva de crecimiento para los dos sexos, corroborada por el test de medias y de Behrens.

No obstante el método T1 posee menores desvíos estándar en los parámetros, hecho que fue demostrado cuando se realizaron las comparaciones de las dispersiones.

Método de Petersen y análisis de progresión de modas (A.P.M.).

Cuando se efectúa la selección de las capturas de los muestreos (que son los datos de entrada para estimar la curva de crecimiento), se obtiene una buena resolución, ya que se toman aquellas fechas que dada su densidad y su representación son comparables y facilitan su seguimiento en el tiempo.

La curva de crecimiento hallada por Petersen es comparable con las halladas a través de la escama y sus resultados no difieren estadísticamente. Sin embargo la resolución temporal de este método es mayor lo que permite el ajuste del crecimiento estacionalizado.

Comparación de Métodos

En cuanto a las bondades y los inconvenientes de cada uno de los métodos se puede mencionar:

Para la lectura de escamas (salvo cuando se analiza la "descomposición de radios"), no se tiene que contar con un número grande de individuos capturados, pero si se necesita infraestructura para preparar y leer las escamas, a veces las lecturas de las marcas no son demasiado sencillas y hay que acumular experiencia para saber interpretarlas.

En cambio en el análisis de progresión de modas gran parte del trabajo es en el campo y las muestras deben ser periódicas y numerosas. Además hay que interpretar los datos y darles un buen tratamiento estadístico, o dicho en otras

palabras identificar con buen criterio a las distintas cohortes. Otra consideración importante al implementar este método es que cuando las capturas de los ejemplares se realizan con redes agalleras, se deben hallar los coeficientes de selectividad, para conocer cual es la distribución de densidades real de la población.

Del análisis comparativo entre los tratamientos dados a las lecturas de las escamas y el de Petersen, se desprende que ambos métodos son válidos y confiables, esto fue corroborado estadísticamente. Es decir que tanto las escamas como el análisis de la progresión de modas son aplicables para estudiar el crecimiento para esta especie.

La curva de crecimiento estacionalizada permitió establecer la época donde el crecimiento se desacelera, que corresponde a la 0,48 parte del año (t_s) que equivaldría a aproximadamente el mes de junio (fines de otoño o invierno).

Comparación con otros resultados

Actualmente existen numerosos ejemplos de trabajos sobre crecimiento realizados en el pejerrey bonaerense (*Odontesthes bonariensis*). Sin embargo los estudios en el pejerrey patagónico son escasos. Los llevados a cabo hasta el presente se pueden resumir en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11.: Parámetros de crecimiento en distintos ambientes, del pejerrey patagónico, realizados por distintos autores y metodología implementada. (*n.p.: no publicado; Inf. inéd. Informe inédito.).

AMBIENTE	AUTOR	METODO	L¥ (mm)	K	t_0	f'
Rosario (Chubut)	Baigún, 2001.	A.P.M.	540	0.33		2,983
Los Mosquitos (Chubut)	Baigún n.p*.	Lect. de esc	335	0.34		2,582
Lezama (Chubut)	Baigún n.p*.	Lect. de esc	435	0.23		2,639
Terraplén (Chubut)	Baigún n.p*.	Lect. de esc	448	0.38		2,882
Arroyito (Nqn-Río Negro)	Guerrero, 1992	Lect. de esc	453.77	0.426	0.572	2,943
Arroyito (Nqn-Río Negro)	Guerrero, 1992 Inf. inéd.	Lect. de esc	444.69	0.453	0.625	2,952
E. R. M (Nqn-Río Negro.)	Dománico, 2006	Esc. R.T	500.69	0.18	-0.534	2,652
E. R. M.(Nqn-Río Negro.)	Dománico, 2006	Esc. R.de R	531.12	0.18	-0.444	2,711
E. R. M. (Nqn-Río Negro)	Dománico, 2006	Esc. D. de R	484.83	0.20	-0.344	2,681
E. R. M.(Nqn-Río Negro)	Dománico, 2006	A.P.M	507.14	0.210	-0.589	2,734
Terraplén (Chubut)	Grosman, 1993	Esc. R. T.	394.53	0.573	-0.059	2,950
Terraplén (Chubut)	Grosman, 1993	Esc. D. R	524.52	0.249	-0.51	2,836
Terraplén (Chubut)	Grosman, 1993	A.P.M.	539.09	0.371	0.113	3,033
Musters (Chubut)	Cataldo, 1989	Lect. de esc	433.67	0.107	-2.919	2,305
Terraplén (Chubut)	Cataldo, 1989	Lect. de esc	483.96	0.320	0.271	2,875
E.E.R.M (Nqn-Río Negro)	Cataldo, 1989	Lect. de esc	532.76	0.231	-0.199	2,818
Rosario (Chubut)	Cataldo, 1989	Lect. de esc	485,681	0,1899	-0,854	2,651
Alicurá (Nqn Rio Negro)	Freyre, 1991	Lect. de esc	362.30	0.542	-1.563	2,853
F. Ameghino (Chubut)	Ruiz, 2003	Otolito	415.8	0.38	-0.15	2,818

Ngn = Neuquén

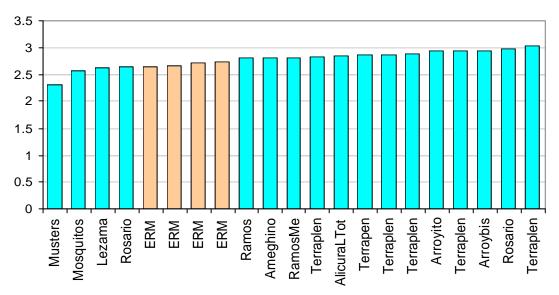
En cuanto a los parámetros de crecimiento de la curva de Bertalanffy obtenidos en distintos ambientes patagónicos estimados por distintos autores (Tabla 6.11), variaron para la L¥ entre 335 mm de L_t (Los Mosquitos-Baigún) y 540 mm de L_t (Rosario-Baigún). Situándose los calculados en el presente trabajo dentro de este rango: 484,83 – 531,12 mm (E.E.R.M.-Dománico).

Para el *k* varió entre 0,1071 (Musters-Cataldo) y 0,573 (Terraplén-Grosman). Los encontrados en este estudio oscilaron entre 0,18–0,21, que quedaron comprendidos dentro del rango del que se tenían datos.

Se estimó el índice de eficiencia de crecimiento (φ') (Tabla 6.11) de Pauly y Munro (1984), este se define como:

$$\phi' = \log k + 2 \log L \mathbf{Y}$$

El índice varió entre 2,3 (Musters, Cataldo) y 3 (Terraplén, Grosman), los obtenidos en el presente estudio oscilaron entre 2,652 y 2,734 (Figura 5.29, en color diferenciado los obtenidos en el presente trabajo). El valor promedio del índice de perfomance de crecimiento φ' de acuerdo a la recopilación de información hasta el presente es de 2,7898. Por otra parte Baigún 2001 estimó el



índice promedio era de 2,72.

Figura 6.29. Índice de perfomance de crecimiento ϕ ' en los distintos ambientes analizados

Las curvas de crecimiento halladas por diferentes autores, en distintos ambientes patagónicos se presentan en la Figura 6.30. Las curvas halladas en este estudio se encuentran próximas entre sí y comprendidas dentro del espectro total de las mismas.

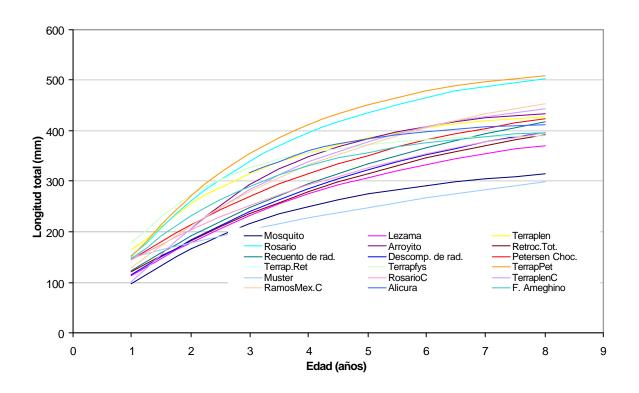


Figura 6.30. Curvas de crecimiento halladas para distintos ambientes por otros autores y las del presente estudio

Asimismo para poder comparar los parámetros de crecimiento sé graficó la relación que existe entre la constante k y la L8 en los distintos ambientes estudiados (Figura 6.31.) y en triángulos rojos se señalaron los hallados en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. Se observa, tal como fuera indicado por Gallucci y Quinn (1979), que ambos parámetros (L8 y k) se encuentran relacionados de manera inversa.

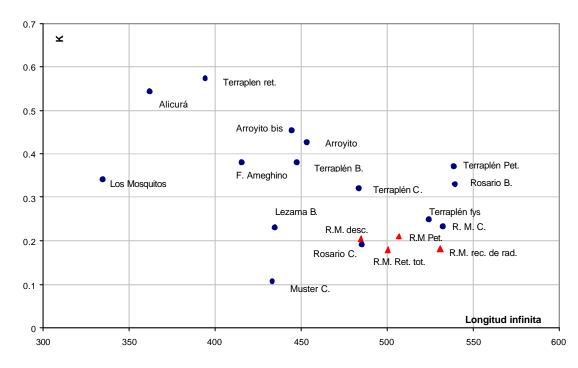


Figura 6.31. k en función de la L8 para los distintos estudios y ambientes (en triángulo rojo el E.E.R.M).

En resumen los resultados encontrados en la estimación de los parámetros de la curva general de Bertalanffy nos muestran la magnitud de las diferencias que pueden suponerse provenientes de la metodología empleada. Estas diferencias, aunque menores que las debidas a diferentes momentos de los muestreos o a distintos ambientes, no son en modo alguno despreciables cuando se introducen en modelos biológico-pesqueros a pesar de que las diferencias probabilísticas sean no significativas para el embalse Ezequiel Ramos Mexía.

Comparación entre parámetros demográficos y variables abióticas y bióticas

El crecimiento de un pez es un indicador útil del estado de la población porque es sensible a los cambios en la abundancia, así como al producto de la interacción intra e inter específica y la influencia de factores abióticos. Weatherly (1972) resalta la importancia del medio ambiente como condicionante del crecimiento. Muchos estudios han analizado la relación entre el crecimiento y ciertos parámetros bióticos y abióticos (Donald *et al.*, 1980; Donald y Anderson, 1982;

Diana, 1984). En los ambientes patagónicos estas comparaciones fueron analizadas por Guerrero (1991) y Lafarga y Guerrero (1991).

Con el objeto de comparar la relación entre parámetros demográficos y variables limnológicas y/o ambientales, se analizaron los valores de las mismas en los ambientes que se presentan en la Tabla 6.12.

El análisis entre el largo infinito (L) y la CPU total (Quirós, 1990) nos muestra que existe una relación lineal negativa con un alto valor de correlación, entre ambas variables (Figura 6.32.). Esto indica que ha medida que existe una mayor abundancia relativa, disminuiría la longitud infinita. Cuando se realizó la comparación entre el L} y el área que ocupaba cada ambiente se observó una relación lineal positiva (Figura 6.33.). De ello se puede concluir que ha medida que los ambientes son de mayor superficie, tienen mayores posibilidades de refugio frente a la presencia de predadores como los son los salmónidos y percíctidos. Respecto a la relación entre el L} y la latitud se observó una asociación lineal negativa (Figura 6.34.), indicando que a medida que las condiciones de temperatura son mas extremas la longitud infinita tiende a disminuir. Asimismo se observó una baja relación negativa entre el L} y la clorofila (Figura 6.35.).

Tabla 6.12: Parámetros demográficos y algunas variables ambientales y limnológicas. (tomado de Quirós, 1990).

Ambiente	$L\Psi$ (promedio)	CPU	Latitud	clorofila	Area (km²)
Lezama	435	22,6	42,45	0,74	7,5
Terraplén	487,922		42,98	20,1	
Rosario	540	26,8		1,69	
Los Mosquitos	335	83		54,1	4,6
Musters	433,674	51,2	45,37	7,09	414
Fl. Ameghino	415,8	47,1	44,1	2,17	65
R. Mexía	519,357	14,3	39,42	2,16	816
Arroyito	444,69				38,6

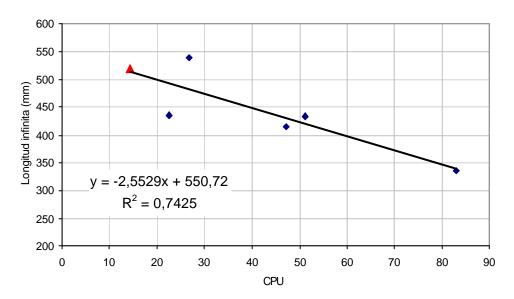


Figura 6.32: Relación entre CPUE total y L\mathbf{Y}, en triángulo rojo E.E.R.M.

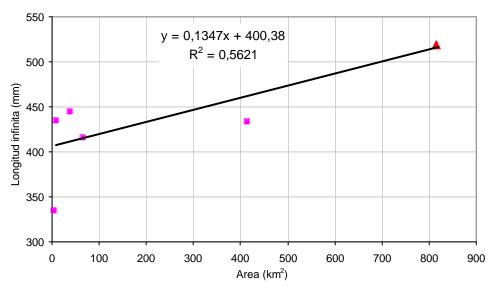


Figura 6.33. Relación entre $L\mathbf{Y}$ $\hat{\mathbf{y}}$ el Area (km²), en triángulo rojo E.E.R.M.

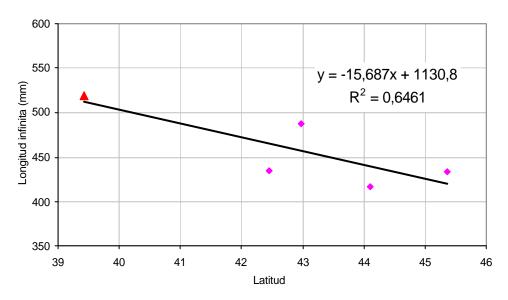


Figura 6.34. Relación entre L**Y** \mathring{y} la Latitud, en triángulo rojo E.E.R.M.

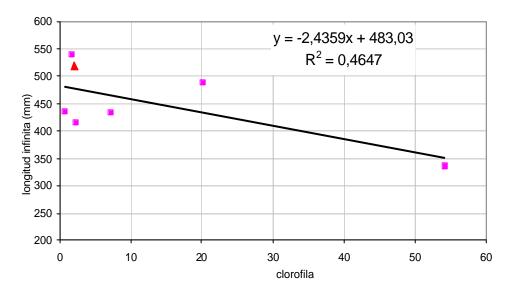


Figura 6.35 Relación entre L\(\mathbf{Y}\) la concentración de clorofila, en triángulo rojo E.E.R.M.

Los resultados observados demuestran que en ciertos casos, la L\mathbb{Y}, estaría influenciada por variables ambientales tales como el clima, el área del cuerpo del agua, la abundancia relativa y en menor medida por las características químicas del agua, en definitiva, todas ellas, afectan de alguna manera la productividad de los ambientes.

Capítulo 7

Mortalidad, Supervivencia y Producción Neta

7.1.- Introducción

Se entiende por mortalidad la disminución del número de individuos. Si dentro de un período se considera constante la probabilidad de muertes, se puede suponer que estas son proporcionales al número de individuos existentes N y a una tasa de mortalidad Z (Margalef, 1974).

$$\frac{dN}{dt} = -Z N$$

El cambio en cuanto a números (N) de individuos se debe a las entradas y salidas del sistema:

Se entiende por entradas a la variable N: inmigración y nacimientos y por salidas: emigración y muerte.

Para poblaciones cerradas o acotadas se descartan las inmigraciones y emigraciones. La tasa de cambio en número en un determinado período es la diferencia entre la tasa de nacimientos (natalidad) y la de muertes (mortalidad).

$$N = N_i + Nacimientos + Inmigración - Emigración - Mortalidad$$

En general los métodos que se utilizan para estimar la tasa de mortalidad en las poblaciones están asociados a la determinación de la numerosidad de las mismas.

Existen numerosos métodos para estimar la numerosidad en poblaciones de peces (Lagler, 1978; Nielsen y Johnson, 1985 y Murphy y Willis, 1996).

Se pueden citar por ejemplo los métodos de estimación directa de la densidad a través del área barrida, en donde por estimación de la densidad observada en

una región se extrapola y se calcula la numerosidad total en el área bajo estudio que se supone homogénea. También puede utilizarse el método de clausura y agotamiento (ver Capítulo 5, punto 5.1.). Los censos pueden aplicarse también a especies migratorias, que realizan su desplazamiento en una época acotada del año, a través del análisis de una sección estrecha del río o arroyo, donde se pueda efectuar el conteo fácilmente.

Otras aproximaciones para estimar la numerosidad poblacional incluyen los métodos de relación, dentro de ello los más utilizados son el marcado y recaptura y sus variantes y la estimación indirecta de la numerosidad. Esta ultima metodología involucraría la estimación de huevos depositados por la población que junto con los datos de fecundidad individual permite calcular la numerosidad total.

La última aproximación que puede mencionarse son los métodos de captura por unidad de esfuerzo. De acuerdo a esta metodología, en una población cerrada la captura por unidad de esfuerzo es proporcional a la numerosidad de la población en un tiempo dado.

Cuando se estudian las mortalidades, lo que interesa son las tasas de cambios en especial los que se producen a nivel de distribuciones de tallas y el número de individuos para cada clase de edad, en función del tiempo, (Gulland, 1971). Esta información es indispensable para describir la estructura demográfica de la

población y analizar o seguir su evolución en un determinado período de tiempo.

Las variaciones de la distribución de tallas de las capturas estandarizadas fueron analizadas en el Capítulo 6 "Crecimiento", punto 6.3.: Análisis de progresión de modas.

A su vez conociendo la relación que existe entre la talla y el peso se pueden transformar los datos en biomasa y conocer cual es su magnitud en los distintos períodos de tiempo y por lo tanto se puede estimar la producción.

Los objetivos del presente capítulo son estimar la mortalidad/supervivencia en función de la edad, además calcular la biomasa a las distintas edades y conocer la producción neta.

7.2.- Materiales y Métodos

7.2.1.- Estimación de la Mortalidad y Supervivencia:

Para estimar la mortalidad es necesario conocer la cantidad de individuos de edad t que sobreviven hasta alcanzar la edad t+?t la proporción entre estos es lo que se denomina tasa de supervivencia, en general el tiempo transcurrido adoptado es el de 1 año (Ricker, 1975).

$$\frac{N(t + \Delta t)}{N(t)} = S$$
 ecuación 7.1

donde

N(t) es el número de individuos al tiempo t

S es la tasa de supervivencia

? t es el intervalo de tiempo

y el coeficiente de mortalidad Z viene dado por:

$$e^{-Z\Delta t} = S = \frac{N(t+1)}{N(t)}$$

Cuando se habla de pesquerías la mortalidad total esta compuesta por la mortalidad producida por la pesca F (que puede ser igual a 0 en el caso de que no exista una pesca comercial) y por la mortalidad natural M (producida por predación, enfermedad y/o senilidad).

$$Z = (F + M)$$

Cuando no existe explotación como es en el caso del presente estudio.

$$F = 0$$
 y $Z = M$

Se puede calcular la mortalidad o supervivencia para cada intervalo de talla o de edad si se cumplen con las siguientes condiciones:

- Tasa de supervivencia es uniforme con la edad en el intervalo de edades tratado.
- 2) Por lo tanto la tasa de mortalidad también es uniforme en las mismas condiciones.
- Que las muestras se realicen en forma aleatoria respecto a las clases de edad involucradas.
- 4) Que distintas clases de edad tengan el mismo número de individuos al tiempo que fueron reclutadas a la pesquería o que comenzaron a ser susceptibles de ser capturadas por el arte de pesca empleado.

Se conoce que existe una relación lineal o casi lineal entre el logaritmo de la numerosidad y el tiempo o la edad de los individuos (Beverton y Holt, 1959; Ricker, 1975; Chapman, 1978 y Pauly, 1984). A esta relación se la denomina curva de captura, entonces se puede escribir la siguiente ecuación:

$$\log_e N_t = a - b \times t$$

donde

a y b constantes

$$N_{t} = e^{a} \times e^{-b \times t}$$

En este caso b es la tasa instantánea de mortalidad Z y e^a es el número de individuos a t=0, es $decir N_0$

Por lo que se puede escribir

$$N_{t} = N_{0} \times e^{-Z \times t}$$
 ecuación 7.2

donde

 N_0 es el número de individuos que nacen N_t es el número de individuos en función de t t tiempo desde el nacimiento.

En el presente trabajo para estimar la mortalidad se utilizaron los datos de las capturas por unidad de esfuerzo (capturas experimentales), realizadas a lo largo de 4 años y un trimestre (1982-1986). Estos datos fueron corregidos por selectividad, por área y por tiempo de exposición de las redes, convirtiendo los valores de rendimiento en densidades (numerosidades relativas). Cuando se intenta aplicar el modelo clásico de supervivencia a la población bajo estudio, se observa que el mismo no alcanzan a eliminar las variaciones de la densidad y no permiten obtener estimaciones adecuadas de los parámetros del modelo.

Por lo mencionado, el tratamiento de los datos se basó en el conocimiento previo de t_o (origen del crecimiento) y se procedió a minimizar la variabilidad de los datos de densidad acumulando las capturas correspondientes a un año. Siendo esta metodología similar a realizar estimaciones de medias móviles. (Freyre inédito).

La ecuación 7.1., puede expresarse como una serie geométrica. Para esto es necesario que se realicen las transformaciones que relacionan la fecha de muestreo con el orden de los mismos (n) y el intervalo entre ellos (Δt) . Si se calcula la suma de la captura durante un año, se tendrá que:

$$\sum_{t=1}^{t+1} N_0 e^{-Zt} = A e^{-Zt}$$

De modo que se pueden obtener A y Z por regresión y despejar N_0 de la expresión:

$$N_0 = A \frac{1 - e^{-Z \, \Delta t}}{1 - e^{-Z}}$$

De esta manera se estimó el N_0 , graficándose además la curva de supervivencia.

7.2.2.- Otros métodos para estimar la mortalidad:

Existen otros métodos para estimar la mortalidad total y la natural que se basan en conocer los parámetros de crecimiento y variables ambientales.

Ecuación de Pauly

El modelo desarrollado por Pauly (1980) determina la mortalidad natural (M) a partir de un ajuste multivariado entre K, L Y y la temperatura media anual del agua (T en °C). El modelo ajusta a una regresión múltiple los datos de 175 stocks de peces marinos y dulceacuícolas. Este modelo asume que los peces pequeños y las especies con crecimiento más rápido (especies que habitan ambientes con temperaturas mas elevadas) poseen una mayor mortalidad. La mortalidad natural se estima como:

$$log Z = log M = -0.0066 - 0.279 log L Y + 0.6543 log k + 0.4632 log T$$

$$(R^2 = 0.718)$$

Método de Taylor

Taylor (1958) relaciona la mortalidad natural con la edad máxima (t_{max}) a través de la siguiente ecuación:

$$Z = M = 2.999/t_{max}$$

Método de Hoenig

Sobre la base del análisis de 82 stocks de peces, Hoenig (1982) postuló que la mortalidad total debe correlacionarse inversamente con la edad máxima (*tmax*) de los peces según la siguiente expresión:

$$ln Z = 1.45 - 1.01 ln (t_{max}) (R^2 = 0.69)$$

7.2.3.- Estimación de la numerosidad en el área muestreada por las redes agalleras.

En esta Tesis se pretende estimar el área de la que provendrían los peces capturados por las redes agalleras, para referir la captura e intentar una aproximación a la numerosidad absoluta.

Se desarrolló un modelo que simulaba el movimiento de los peces y registraba el recorrido lineal final al cabo de 15 hs de natación a velocidad crucero (1 Lt/seg., Brett, 1964; González Naya et al., 2005) y efectuaba un cambio de dirección al azar cada 1, 2, 3,...15 Lt. Las frecuencias de las distancias lineales se analizaron y su resultado puede observarse en la Figura 7.1.

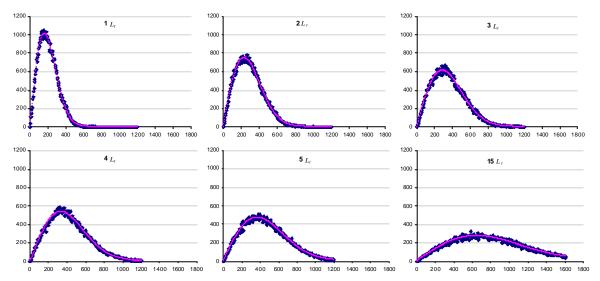


Figura 7.1.: Frecuencias de recorridos obtenidas para 6 valores diferentes de n entre 1-5 y 15 con los ajustes obtenidos, en ordenadas las frecuencias de casos y en abscisas las distancias recorridas, se lo simuló para 57.002 casos.

Se demostró que la frecuencia de longitudes recorridas puede describirse por:

$$FREC \ L_{t} = e^{a-b \cdot L_{t}^{2} + c \cdot \ln L_{t}} \qquad \qquad \text{ecuación 7.3}$$

donde *a*, *b* y *c* son constantes de ajuste.

Posteriormente se analizaron las funciones que describen los parámetros a, b y c en función de L_t como se apunta en 7.3.3.

7.2.4. Biomasa

Teniendo en cuenta que se conoce la curva de crecimiento en peso (y por lo tanto los pesos en las distintas edades alcanzadas) y además se conocen las densidades relativas de las distintas cohortes (puntos 5.3.3. y 6.3.2.1.), se puede estimar la biomasa de una cohorte en los distintos tiempos cubiertos por el muestreo, efectuando el producto entre ambos.

7.2.5.- Producción Neta

Se define a la Producción Neta (PN) como la elaboración total de tejido por parte de una cohorte o población en un determinado período de tiempo, incluyendo los individuos que murieron en ese lapso. Es decir es la cantidad de biomasa que la población entrega a sus diversos consumidores. Cuando se utiliza un período de un año, se denomina producción anual neta.

Para realizar la estimación de la PN es necesario conocer el crecimiento en peso (punto 6.3.2.3.) y la mortalidad. Además si se pretende conocer la producción total se debería conocer cual es la numerosidad total, en este caso se hace referencia a numerosidades relativas estimadas a partir de las capturas experimentales estandarizadas (punto 6.3.2.1.).

En los diagramas de Allen (Chapman, 1978) se representa el número de sobrevivientes de la población que alcanzan sucesivos pesos medios distribuidos en intervalos equivalentes. Se asume que la producción en un período pequeño de tiempo es aproximadamente el producto N_t y $d\overline{W}$, donde $d\overline{W}$ es el crecimiento en peso de la población en el intervalo de tiempo. Y si se suman los N_t $d\overline{W}$ para todos los incrementos en $d\overline{W}$ se obtiene el área total bajo la curva $\left(N \ vs \ \overline{W}\right)$ y por lo tanto la producción neta anual de la población.

$$PN = \int_{0}^{\infty} N_{t} d\overline{W}$$

Utilizando el método de Simpson para integrar, se procedió a establecer un número impar de intervalos iguales de peso, cubriendo el rango total entre 0 y W8 para generar la muestra.

7.3.- Resultados

7.3.1.- Mortalidad y Supervivencia

A partir de la regresión entre el logaritmo de la numerosidad relativa estandarizada (acumulada y no acumulada), con respecto a la edad de los ejemplares de cada cohorte, se obtuvieron dos rectas cuyos gráficos y resultados se encuentran en las Figuras 7.2. y 7.3. En la Tabla 7.1., se consignan los datos las numerosidades acumuladas, no acumulados y sus logaritmos.

Los resultados del ajuste de las numerosidades acumuladas fueron:

$$Z = -0.76101466$$
; $A = 7099.51288$; $N_o = 1282.35945$

Con los parámetros de esta recta se obtuvo la curva de supervivencia, donde también se observan las abundancias relativas (Figura 7.4.).

Tabla 7.1.:Numerosidad relativa acumulada, no acumulada y sus logaritmos en función de edad.

t (años)	ln N	N	log N acum	N acum
1,81	0,216	1,241		
1,90	2,612	13,632		
1,98	0,513	1,670		
2,15	3,029	20,683		
2,23	4,182	65,468		
2,31	4,879	131,441		
2,39	4,083	59,324		
2,48	5,515	248,268		
2,56	2,992	19,926		
2,65	3,338	28,158		
2,73	3,103	22,263	6,417	612,074
2,81	3,075	21,645	6,450	632,478
2,90	2,952	19,136	6,458	637,982
2,98	3,245	25,668	6,495	661,980
3,06	3,988	53,968	6,574	715,949
3,15	4,060	57,996	6,624	753,261
3,31	4,041	56,878	6,533	687,794
3,39	3,788	44,180	6,419	613,230
3,48	3,186	24,185	6,394	598,086
3,56	2,829	16,927	5,924	374,003
3,65	3,287	26,759	5,916	371,004
3,73	3,129	22,854	5,912	369,604
3,81	2,887	17,944	5,914	370,196
3,90	2,620	13,729	5,904	366,494
3,98	2,847	17,233	5,889	361,088
4,06	3,008	20,253	5,865	352,652
4,15	3,134	22,957	5,765	318,937
4,23	1,182	3,261	5,649	283,898
4,32	2,569	13,051	5,660	287,159
4,40	2,723	15,223	5,494	243,332
4,48	3,119	22,635	5,368	214,376
4,56	1,828	6,220	5,360	212,825
4,65	4,062	58,082	5,309	202,119
4,73	3,097	22,141	5,453	233,442
4,82	2,704	14,946	5,450	232,730
4,90	1,827	6,217	5,437	229,732
4,98	1,146	3,146	5,404	222,220
5,32	1,457	4,292	5,086	161,662
5,73	2,606	13,548	3,927	50,742
5,90	2,872	17,665	3,303	27,203
5,98	2,772	15,987	3,655	38,652
6,07	0,622	1,862	3,941	51,492
6,23	2,238	9,375	3,977	53,355
6,32	0,216	1,241	4,139	62,729
6,56	2,386	10,875	4,158	63,970
6,82	2,265	9,630	4,043	57,005
7,07	0,667	1,948	3,496	32,983
8,23	-0,058	0,943	3,165	23,694

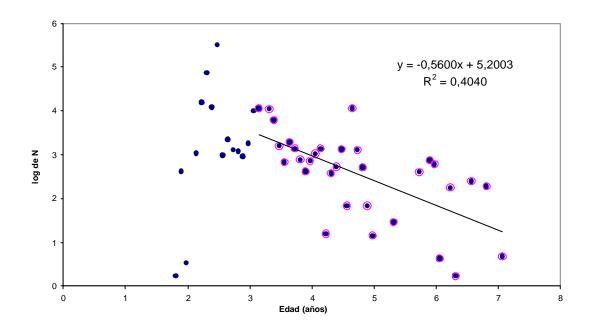


Figura 7.2.: Relación entre el log de N y la edad en años para datos sin acumular

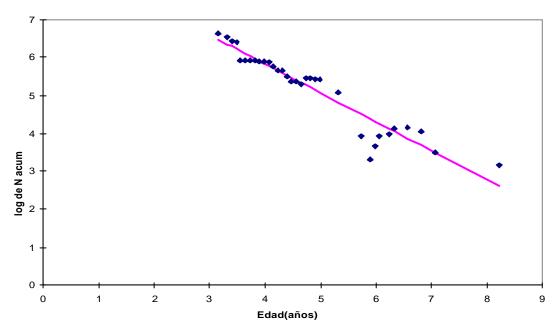


Figura 7.3.: Relación entre el log de N y la edad en años para datos acumulados.

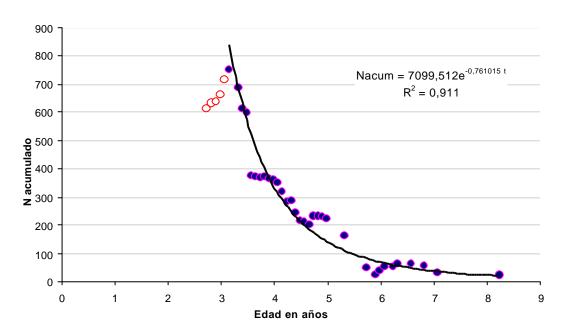


Figura 7.4.: Ajuste de los datos N acumulados *vs.* edad en años (datos no utilizados en círculos rojos vacíos).

7.3.2.- Comparación con otros métodos

Sobre la base de los parámetros estimados a partir del estudio del crecimiento (Capítulo 6) y aceptando como temperatura media 14,5 °C para el embalse Ezequiel Ramos Mexía, se realizaron estimaciones de la mortalidad según los modelos propuestos por Pauly, Taylor y Hoenig. Los valores hallados en el presente trabajo y aquellos hallados por Baigún (2001) para esta misma especie en otros ambientes patagónicos se muestran en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2.: Mortalidad natural en distintos ambientes patagónicos

Ambiente	Provincia	Z	Método (Autor)
Musters	Chubut	0,3	según Taylor 1958
Musters	Chubut	0,46	según Hoenig 1982
Rosario	Chubut	0,45	según Pauly 1980
Ezequiel Ramos Mexía	Neuquén-Río Negro	0,4998	según Taylor 1958
Ezequiel Ramos Mexía	Neuquén-Río Negro	0,6979	según Hoenig 1982
Ezequiel Ramos Mexía	Neuquén-Río Negro	0,4104	según Pauly 1980
Ezequiel Ramos Mexía	Neuquén-Río Negro	0,7610	según ajuste acumulado
Ezequiel Ramos Mexía	Neuquén-Río Negro	0,560	según ajuste sin acumular

7.3.3.- Estimación de la numerosidad en el área muestreada

Los resultados de las simulaciones de desplazamiento de los peces se observan en la Tabla 7.3.

$L_t \sin doblar$	1	2	3	4	5	15
Nº casos	54002	57002	57002	56931	56696	53995
a observado	2,2852	1,6626	1,1174	0,5353	0,7354	-0,448415
b observado	0,00001891	9,2688E-06	6,2433E-06	0,0000048	3,6783E-06	1,2318E-06
c observado	1,0084	1,0013	1,0277	1,0813	1,0017	1,0214
a estimado	2,2588	1,5499184	1,1352492	0,8410368	0,6128279	-0,5107229
b estimado	1,88924E-05	9,3692E-06	6,2292E-06	4,6656E-06	3,7294E-06	1,2405E-06
c estimado	1 0224	1 0227	1.0230	1.0233	1.0236	1 0267

Tabla 7.3.: Parámetros de las simulaciones y ajuste de los mismos.

Las funciones que describen los parámetros de ajuste son:

$$a = 1,0227 \ln n + 2,2588$$

$$b = \frac{1}{-870,45859 + 53801,827 n}$$

$$c = 0,00031111 n + 1,0221$$

El promedio de L_t de toda la captura resultó 320,58 mm, por ello se estimó la distancia recorrida más probable, como la moda obtenida de la derivada primera mediante la ecuación siguiente:

$$\frac{c^{1/2}}{2^{1/2} \cdot b^{/2}} = \frac{\sqrt{c}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{b}}$$

Si se considera razonable que un pejerrey de 320,5 mm de L_t se desplaza, sin estímulo externo, 9 L_t (2,885257 m) antes de cambiar de dirección, se concluye que recorrería 1435,95 m al cabo de 15 hs, lo que equivale a decir que las redes obtienen su captura de 647,7813 hectáreas (ha), (tomando como la distancia recorrida como el radio de una circunferencia).

De modo que los reclutas estimados por N_o = 1282,35945 corresponden a 1,9796 individuos por ha.

7.3.4.- Producción Neta

En la Tabla 7.4., se presentan los valores estimados para el cálculo de la producción neta y en la Figura 7.5., la curva de Allen obtenida.

Tabla 7.4.: Valores estimados de pesos medios con sus respectivas edades, número de sobrevivientes y biomasas correspondientes a cada una de las edades.

W (g)	t(años)	Número de sobrev.	ВМ	W (g)	t(años)	Número de sobrev.	ВМ
0	0,41	1282,36	0	339,47	5,62	24,39	8280,78
10,95	1,81	442,01	4840,29	350,42	5,70	22,86	8012,01
21,90	2,17	335,86	7355,72	361,37	5,79	21,44	7746,71
32,85	2,43	275,03	9035,20	372,32	5,87	20,10	7485,27
43,80	2,65	233,38	10222,58	383,27	5,96	18,86	7227,98
54,75	2,84	202,34	11078,76	394,22	6,04	17,69	6975,14
65,70	3,01	178,01	11696,00	405,17	6,12	16,60	6726,97
76,65	3,16	158,29	12133,32	416,12	6,21	15,58	6483,67
87,61	3,30	141,90	12431,18	427,08	6,29	14,62	6245,38
98,56	3,44	128,04	12618,76	438,03	6,37	13,73	6012,25
109,51	3,57	116,14	12717,81	448,98	6,46	12,88	5784,39
120,46	3,69	105,81	12745,04	459,93	6,54	12,09	5561,86
131,41	3,81	96,75	12713,52	470,88	6,62	11,35	5344,73
142,36	3,92	88,75	12633,73	481,83	6,71	10,65	5133,04
153,31	4,03	81,63	12514,11	492,78	6,79	10,00	4926,82
164,26	4,14	75,26	12361,60	503,73	6,87	9,38	4726,07
175,21	4,24	69,53	12181,95	514,68	6,96	8,80	4530,80
186,16	4,34	64,35	11979,94	525,63	7,04	8,26	4340,99
197,11	4,44	59,66	11759,62	536,58	7,12	7,75	4156,60
208,06	4,54	55,39	11524,38	547,53	7,21	7,26	3977,61
219,01	4,64	51,49	11277,14	558,48	7,29	6,81	3803,98
229,96	4,73	47,92	11020,38	569,43	7,38	6,38	3635,64
240,91	4,82	44,65	10756,24	580,38	7,46	5,98	3472,55
251,86	4,91	41,64	10486,53	591,33	7,55	5,61	3314,64
262,82	5,01	38,86	10212,86	602,29	7,64	5,25	3161,84
273,77	5,09	36,30	9936,58	613,24	7,72	4,92	3014,07
284,72	5,18	33,92	9658,88	624,19	7,81	4,60	2871,27
295,67	5,27	31,73	9380,80	635,14	7,90	4,30	2733,35
306,62	5,36	29,69	9103,23	646,09	7,98	4,02	2600,21
317,57	5,45	27,80	8826,93	657,04	8,07	3,76	2471,79
328,52	5,53	26,03	8552,59				

Para confeccionarla se dividió el rango de pesos (0-657,04 g) en 61 intervalos. Se calculó la edad a la que corresponde cada peso, utilizando la inversa de la función de Bertalanffy en peso y el número de sobrevivientes, mediante la función de supervivencia. La producción anual neta resultó ser de 46,155 kg, por el área cubierta por unidad de esfuerzo pesquero estandarizada y por año, utilizando 61 ordenadas tal como se detalla en la Tabla 7.2. Considerando los resultados del punto 7.3.3., la producción anual neta sería de 71,251 g/ha.

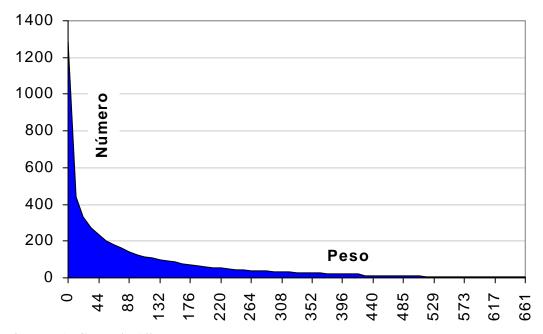


Figura 7.5.: Curva de Allen

Asimismo sé graficó la variación de la biomasa respecto a la edad de una cohorte. La derivada primera de la ecuación $BM=N_t$ X W_t en función de t asumió el valor cero cuando el pejerrey llega a la edad 3,68 años, es decir la biomasa de la población llega a su máximo valor (Figura 7.6.).

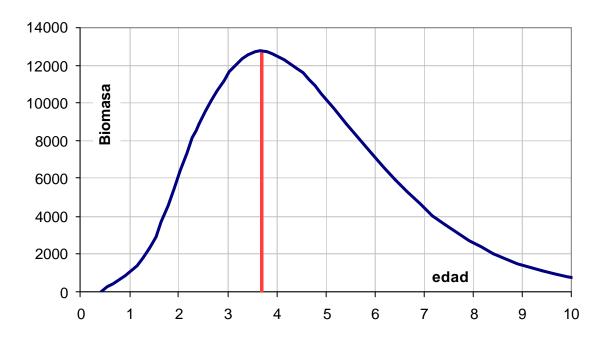


Figura 7.6.: Biomasa en función de la edad referida al área de acción de las artes de pesca utilizada y edad (rojo) a la cual la biomasa es máxima.

7.4.- Discusión y conclusiones

Se probaron 2 modelos para ajustar la curva de supervivencia a los datos de las densidades estandarizadas, con datos sin agrupar y agrupados (Freyre inéd.). El segundo método posee un mayor R^2 (0,91) señalando que el error fue minimizado a través del mismo. Así, este fue el método adoptado para describir la curva de supervivencia, considerando los individuos de a partir 3 años de edad ya que, por ser selectivas las redes, los ejemplares más pequeños no estaban suficientemente representados. El valor de Z hallado fue de 0,76.

El Z estimado cuando se utilizaron los modelos de (Hoenig, Pauly y Taylor) oscilaron entre 0,41 y 0,69, para los pejerreyes provenientes del embalse Ezequiel Ramos Mexía, siendo similar a lo observado por Baigún (2001), donde para el lago Musters los valores estimados a través de las ecuaciones de Taylor y Hoening fueron de 0,3 y 0,46 respectivamente. Estos modelos pueden ser de utilidad para una primera aproximación a la estimación de la tasa de mortalidad.

Sin duda estimar este parámetro mediante la utilización de densidades relativas estandarizadas, es una metodología de mayor precisión dado que involucra sus decrecimientos a través del tiempo. Lo que es obvio es que si no se cuenta con el estudio de la selectividad del arte de pesca utilizado (Capítulo 5, "Selectividad de redes agalleras"), no se podría conocer la estructura de tallas de la población, ni de las densidades relativas de las distintas cohortes.

La edad máxima alcanzada por el pejerrey patagónico según el modelo propuesto es de aproximadamente 7 años y es la que se utilizó cuando se realizaron las estimaciones con los métodos descriptos en el párrafo anterior.

En la estimación de la producción se utilizaron los datos recopilados en las capturas experimentales, por lo que se entiende que los resultados están referidos al área de acción de las artes de pesca. Los valores hallados se refieren a densidades relativas, utilizadas asimismo en la estimación del crecimiento para aplicar el método de Petersen y en la sección anterior cuando se describió la supervivencia o mortalidad. Sin embargo se intenta una interpretación del área muestreada por las redes, donde los resultados nos indican que la densidad poblacional del pejerrey patagónico es de 3,7154 individuos por ha. y que la producción anual neta es de 0,0712 kg/ha.

En el caso de intentarse una explotación comercial de esta especie, es de relevancia conocer la edad a la que se alcanza la mayor biomasa de la población, en el presente estudio, la máxima biomasa se da a los 3,68 años. En el Capítulo 8 "Dinámica Poblacional", se presenta un modelo de simulación a distintas tasas de explotación.

Capítulo 8

Dinámica Poblacional

8.1.- Introducción

La dinámica de poblaciones estudia los cambios de la densidad poblacional que resultan de las interacciones de la población y el ambiente. Csirke (1980) sostiene que toda población está constantemente sometida a factores contrapuestos los cuales determinan el tamaño de la población y su estructura. Estos cambios están relacionados con las tasas de *reproducción, crecimiento y mortalidad*. A su vez están influenciados por factores extrínsecos e intrínsecos. Dicho de otra manera la dinámica poblacional trata de interpretar las fluctuaciones en la densidad poblacional y poder predecirlas en el tiempo.

El conocimiento de la dinámica poblacional de los stocks pesqueros y sus características biológicas-ecológicas son un factor esencial para desarrollar planes de gestión y conservación de recursos.

Cuando se realizan estudios de dinámica de poblaciones se pueden presentar algunas incógnitas, en especial si nos referimos a especies de interés deportivo y/o comercial y lo que se desea realizar es el manejo de los mismos.

El objetivo básico de la biología pesquera es proporcionar, a los pescadores y a los administradores de la pesca, respuestas a las preguntas de **donde**, **cuando**, **como** y **cuanto** pescar.

El biólogo pesquero realiza una considerable cantidad de tareas entre las que se pueden mencionar: identificación de los recursos pesqueros, descripción de su distribución, estimación de la abundancia, estudio de las relaciones entre la distribución y la abundancia con las características ambientales, análisis del comportamiento de los recursos ante la explotación pesquera, estudio de la biología, la estructura demográfica y la dinámica de las poblaciones. Todas estas tareas permiten predecir con la mayor precisión los valores de explotación que a su vez permitan maximizar los rendimientos de manera sostenible en el tiempo.

Otro aspecto importante especialmente crítico en el caso de las pesquerías de agua dulce, es la evaluación del impacto del desarrollo de otros usos de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados sobre las poblaciones de peces (construcción de represas, navegación, riego, contaminación, etc.) y la formulación de medidas para su compensación o mitigación (Espinach Ros, 1990).

Tradicionalmente las pesquerías en el mundo se manejaron sobre la base del análisis estadístico de la información proveniente de las capturas comerciales de la misma pesquería que se pretendían ordenar y/o manejar.

En la Argentina la estadística oficial de pesca de las aguas continentales es de baja calidad y en muchos ambientes es inexistente.

Algunos de los parámetros demográficos como el crecimiento y a la mortalidad, en conjunto con atributos poblacionales tales como longitud media y peso medio, nos brindan valiosa información para establecer pautas de manejo del recurso.

La gestión y la conservación de los recursos pesqueros implican dos tareas o actividades complementarias que comprenden 1) la evaluación y 2) el manejo:

1)- Evaluación de Poblaciones

Cuando la situación y la importancia del recurso lo justifican se pueden obtener estimaciones más precisas del rendimiento así como predicciones de los efectos de cambios en el régimen de pesca, mediante la aplicación de modelos de evaluación de poblaciones.

Es por esta razón que los biólogos relacionados con los temas pesqueros deben realizar **evaluaciones** de los recursos con información proveniente de muestreos

en los ambientes acuáticos, denominadas capturas experimentales. Esta práctica se la denomina de carácter intensivo.

Los modelos de Evaluación de poblaciones de peces se pueden agrupar en dos tipos principales Analíticos y Holísticos.

Los Analíticos son alimentados con información obtenida por muestreos intensivos y los Holísticos basados en muestreos extensivos.

Modelos Analíticos: El concepto básico de este tipo de modelos es el de la integración de ecuaciones diferenciales newtonianas. Y se sustentan en conocer la dinámica de las cohortes.

Las cohortes se definen como el conjunto de peces pertenecientes a la población nacidos en la misma temporada. Estos modelos dinámicos se hicieron relevantes a partir de los trabajos de Beverton y Holt (1957) que se basan en considerar una población como un conjunto de cohortes que crecen y soportan una mortalidad a lo largo de su vida.

En este tipo de modelo analítico newtoniano, el rendimiento es una función de la abundancia de la clase anual reclutada en la pesquería, de la tasa de explotación (F), de la relación entre la mortalidad natural (M) y la tasa de crecimiento (K) cuando los individuos de la población crecen siguiendo la oferta y consumo, impuesta por la pesquería y el ambiente.

En ambientes de agua dulce los cambios del entorno afectan de manera directa a las poblaciones, por esto los modelos dinámicos presentan dificultades conceptuales para su implementación.

Los modelos de tipo holístico o sistémicos se basan en que la descripción de las poblaciones no tienen en cuenta su estructura de edades o longitudes sino que la

considera como una biomasa homogénea. Modelos de este tipo son los denominados de "producción excedente" que se basan en que las poblaciones fuera del tamaño de equilibrio natural (donde la producción de biomasa compensa a la producida a las pérdidas) debido al efecto de la pesca, responden generando una producción excedente, con una tasa que dependerá del tamaño poblacional y que nuevamente tenderá a llevarlas al punto inicial. (Ricker, 1975). En los modelos de producción excedente la población esta regulada por mecanismos denso-dependientes, previo a la fase de reclutamiento. Se trata de una situación de cambio que puede ser contemplada por el estado de cambio de los modelos newtonianos comentados anteriormente.

Existen otros modelos (modelos de caja negra) más simples donde el rendimiento se estima de manera empírica mediante análisis de regresión simple o múltiple con datos provenientes de series de ambientes relativamente homogéneas, en que las características ambientales determinan el rendimiento potencial de los cuerpos de agua, siendo los valores obtenidos encuadrados dentro de ciertos límites. Estas variables suelen agruparse en tres categorías (Rawson, 1955): climáticas, edáficas y morfométricas. Estos métodos solo intentan predecir el estado estable del sistema, y no necesariamente buscan relaciones causales, (Rigler, 1982).

2)- Manejo de Pesquerías

De acuerdo a Hilborn y Walters (1992), se pueden agrupar los objetivos del manejo de un recurso en cuatro áreas principales: biológicos, económicos, recreativos y sociales.

Biológicos: estos están referidos a la obtención del rendimiento máximo sostenible, lo que significa que intentan maximizar la cosecha en forma sostenida en el tiempo, cuando se realizan prácticas de pesca comercial.

Económico: se basa en producir movimiento económico, y que este tenga altos beneficios con bajos costos.

Recreativo: es de importancia ya que tiene en cuenta lo referido principalmente a la pesca deportiva y todo lo relacionado a ella en cuanto a servicios e insumos.

Social o de subsistencia: el producto de la pesca es destinado al consumo local, de grupos familiares de la región.

Además de los temas directamente relacionados con la pesca el manejo de las pesquerías debe tener en cuenta los otros usos de los recursos hídricos y por lo tanto se debe convenir entre los aspectos pesqueros y los programas de desarrollo de la cuenca.

Sobre la base de lo expuesto se puede decir que el enfoque integral involucrando ambos tipos de modelos, sería el camino mas apropiado para abordar la evaluación y el manejo de los recursos pesqueros.

El objetivo del presente capítulo es analizar la dinámica de población del pejerrey patagónico con el propósito de aportar información de utilidad ante una eventual explotación del recurso.

8.2.- Materiales y Métodos

8.2.1.- Confección de la tabla de vida

A través de los parámetros demográficos y de las relaciones halladas en el transcurso de esta tesis fue posible diseñar y realizar una Tabla de vida, que es una compilación y resumen de la información demográfica del pejerrey patagónico en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. La misma se basó en la información analizada y estimada de los capítulos 3, 4, 5, 6 y 7 y en ellas se

consignan los valores de L_t , W, proporción de hembras activas (que participan en el proceso de la reproducción), BM en función de la edad y número de huevos que aportan cada una de las cohortes.

8.2.2.- Cálculo de la Producción Neta (*PN*).

La PN se estimó utilizando el método de Allen (Chapman, 1978) que considera la suma de los diferenciales de mortalidad para cada talla (crecimiento) a lo largo de la vida de una cohorte. Esta integral representa la PN de la cohorte a lo largo de un año, asumiendo que este es el período entre dos temporadas sucesivas de desove. Obteniendo el área subtendida bajo esta función entre las tallas inicial y final de un año de crecimiento se puede estimar entonces la PN para cada edad.

Con el objeto de analizar las producciones por estación de pesca (1982-1986) se estimó la producción neta (Freyre, 1977; Freyre *et al.,* 1980 y 1981) en las estaciones Carrizo, Peso, Picún Leufú y Pantanito. Este análisis permitirá identificar aquellas estaciones en donde el balance energético es positivo "comunidades explotadoras" y aquellas en que el balance resulta negativo "comunidades explotadas" (Margalef, 1974).

8.2.3.- Evolución de las capturas con datos de AIC

Se contó con los datos de capturas de pejerreyes estandarizadas (superficie de la batería 100 m²), cedidos atentamente por la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas) para tres estaciones de muestreo (Picún Leufú, Pto. Fernández y Pantanito). Estos registros, que corresponden al período que abarca los años 1993 y 2003, fueron utilizados para el análisis de la evolución de los pesos, de la numerosidad y de los pesos medios de la captura. Se realizaron los promedios de los datos para cada mes.

8.2.4.- Evolución de los datos de las capturas y la cota del embalse, para datos aportados por la AIC y los estimados en el presente trabajo

Se estudió la evolución que existe del peso medio de las capturas y los niveles hidrométricos del embalse (cotas) a través del tiempo. Los datos de las capturas de los años 1982 a 1986 corresponden al presente estudio y los datos de las capturas entre 1994 a 2003, así como los niveles hidrométricos fueron aportados por AIC. Los datos de captura suministrados por la AIC provienen de las mismas tres estaciones de pesca mencionadas previamente (Pantanito, Picún Leufú y Fernández) por ser aquellas que se encontraron representadas en los años analizados. El período total analizado abarcó desde el año 1982 hasta 2003, (no se contó con los registros de captura entre los años 1987 y 2002).

8.2.5.- Modelo de simulación por medio de diferentes presiones pesqueras

Se entiende por modelo, un sistema algorítmico que es la representación del sistema natural que se quiere estudiar y será definido dependiendo de los objetivos que se persigan, por esto existe un gran número de modelos posibles de un mismo sistema.

El sistema esta compuesto por objetos, los mismos poseen una cierta organización interna y comportamientos propios, que son la consecuencia de las particularidades de los integrantes que la componen y de la manera en que interactúan (propiedades emergentes). En términos generales para definir un modelo es necesario fijar sus límites, identificar los objetos que lo constituyen y definir como están relacionados, teniendo en cuenta cual es el objetivo perseguido.

Entre los objetivos para los cuales se realizan modelos, se destaca realizar simulaciones con ellos, lo que significa tratar de predecir, cuali o cuantitativamente el comportamiento de un sistema bajo ciertas hipótesis.

8.2.6.- Definición del modelo de población del pejerrey patagónico en el embalse

Ezequiel Ramos Mexía

El propósito de plantear el siguiente modelo es poder brindar respuestas a los

administradores de pesca o a los pescadores acerca de cuanto es posible

capturar. Esto es posible en virtud del conocimiento de los parámetros

demográficos estimados en el presente trabajo y permite pronosticar que

consecuencias arrojan la aplicación de distintas intensidades de pesca.

Los objetos considerados en el modelo son la oferta de Chilina gibbosa, el peso

de los individuos y el número o densidad de 10 cohortes y el banco de huevos

que generan.

Las ecuaciones diferenciales que intervienen en el modelo son:

$$Of = X - \sum I - K Of^{2}$$

$$si\ t \ge t_0 \ y\ t \le t_0 + 45\ dias\ S = 1,\ si\ no\ S = 0$$

$$\dot{Q} = I - R - D = k_i \ Of \ Q^{ei} - k_r \ Q^{er} - k_d \ Q^{ed} \ S$$

$$\stackrel{\bullet}{N} = -k_m N - k_n N$$

donde:

Of: oferta trófica para el pejerrey

X: entrada de energía a las poblaciones presa, especialmente Chilina

gibbosa.

I: insumos de la población del pejerrey

Q: Biomasa individual en gramos

R: respiración

D: biomasa transferida en el desove

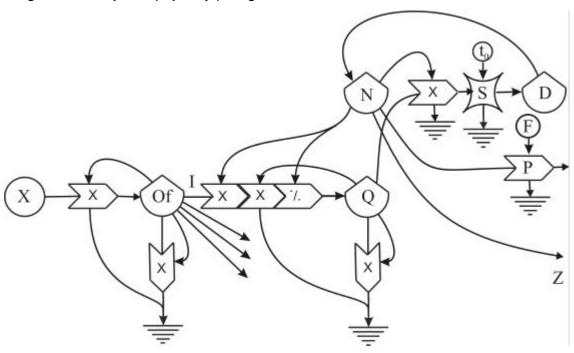
S: interruptor del desove.

t₀: tiempo en que la talla vale 0

N: número de individuos

201

Diagrama de flujo del pejerrey patagónico.



8.2.7.- Evaluación del rendimiento pesquero

Para los casos de embalses y/o lagos, los modelos de caja negra basados en el índice morfoedáfico (IME) (Ryder *et al.*, 1974; Ryder, 1982) se encuentran entre los más difundidos por su sencillez y eficiencia relativa. Estos relacionan el rendimiento pesquero (Y) con el cociente entre los sólidos totales disueltos (STD) y la profundidad media del cuerpo de agua (P).

Además en estos modelos se utilizan las siguientes variables: FT= fósforo total (mg/l); TEMP= temperatura media del aire (°C); A= área (hectáreas); VOL= volumen (m³); CHL= clorofila a (mg/m³).

8.3.- Resultados

8.3.1.- Tabla de vida y producción neta por estación

Basándose en los parámetros hallados en el transcurso de esta tesis fue posible confeccionar una Tabla de vida, que es una compilación de la información demográfica del pejerrey patagónico en el embalse Ezequiel Ramos Mexía (Tabla 8.1). Para confeccionarla se recurrió a los resultados obtenidos de los capítulos 3, 4, 6 y 7.

Se resume, además, en un gráfico la curva de mortalidad o de supervivencia, del crecimiento en largo y en peso y la biomasa respecto a las distintas edades de los individuos de la población (Figura 8.1). Asimismo se estimó el número de huevos aportados por las hembras de cada cohorte a las distintas edades, (Figura 8.2) teniendo en cuenta la participación de las hembras activas en la población que se puede ver en la Figura 4.8, (Capítulo 4: "Reproducción").,

Tabla 8.1. Tabla de vida para un área estimada de 647,78 ha.

t (edad)	L_t (mm)	W (g)	N	Machos	Hembras	H activas	ВМ	Huevos/ Cohorte
0,41	0	0	1282,36	1251,21	31,15	0,16	0	0
0,91	50,74	0,38	876,51	837,19	39,32	0,58	333,59	3,45
1,41	96,40	3,79	599,11	553,12	45,98	1,79	2273,13	128,02
1,91	137,50	13,54	409,50	359,53	49,97	4,49	5544,28	1273,38
2,41	174,48	31,79	279,90	229,29	50,61	9,13	8896,82	6523,82
2,91	207,76	59,41	191,31	143,34	47,98	14,95	11366,67	21035,59
3,41	237,71	96,26	130,77	87,95	42,82	19,87	12587,39	47164,94
3,91	264,67	141,44	89,38	53,14	36,24	22,04	12642,05	79401,19
4,41	288,93	193,65	61,09	31,76	29,34	21,24	11830,94	107568,83
4,91	310,76	251,40	41,76	18,86	22,90	18,50	10498,03	124315,82
5,41	330,41	313,15	28,54	11,18	17,36	15,03	8938,11	128094,38
5,91	348,09	377,46	19,51	6,64	12,86	11,63	7363,93	121423,27
6,41	364,00	443,02	13,33	3,97	9,37	8,72	5907,59	108208,25
6,91	378,32	508,71	9,11	2,38	6,73	6,38	4636,60	92032,86
7,41	391,21	573,58	6,23	1,44	4,79	4,60	3573,31	75502,33
7,91	402,81	636,87	4,26	0,88	3,38	3,27	2711,93	60205,18
8,41	413,25	698,01	2,91	0,54	2,37	2,31	2031,58	46925,55
8,91	422,64	756,54	1,99	0,34	1,65	1,62	1505,06	35902,63
9,41	431,10	812,17	1,36	0,21	1,15	1,13	1104,38	27051,78
9,91	438,71	864,71	0,93	0,13	0,80	0,79	803,69	20124,23
10,41	445,55	914,04	0,64	0,08	0,55	0,54	580,67	14810,53

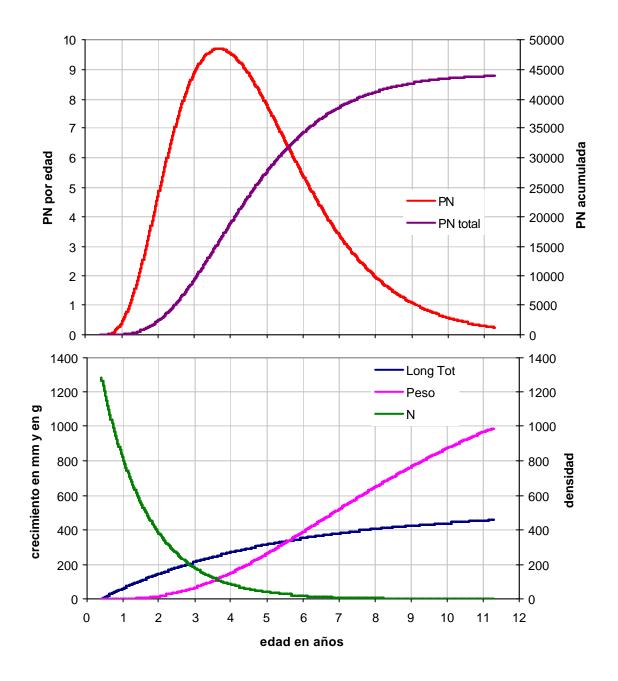


Figura 8.1.: Producción neta, mortalidad, crecimiento en largo, peso y biomasa en las distintas edades referidas al área muestreada.

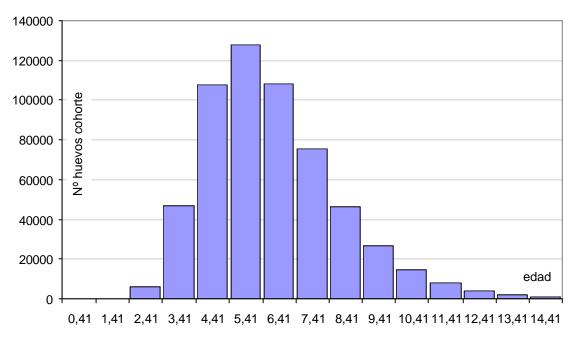


Figura 8.2.: Número de huevos aportados por la población de hembras muestreada, de cada cohorte en el momento del desove.

En el análisis de Producción neta en función de la edad debe destacarse que la oportunidad de la máxima producción se da entre los tres y cuatro años de vida, (Figura 8.1.), mientras que la máxima producción de huevos ocurre aproximadamente a los 5 años (Figura 8.2.).

El análisis comparativo entre las estaciones de pesca se realizó bajo las siguientes premisas:

Se utilizaron un mismo esfuerzo de pesca (metros de red calados, horas de exposición y número de redes iguales para todos los muestreos y todas las estaciones).

Se promediaron los datos de las distintas capturas y se lo refirió a un período anual, se registró el N y el peso total para cada una de las capturas en los diferentes muestreos que correspondían a distintas fechas (se utilizaron doce grupos en el lapso de un año, equidistantes en el tiempo, ver Capítulo 6: Crecimiento, "Análisis de progresión de modas".).

Se estimaron los pesos medios como la razón entre el peso y el N de cada captura. Luego se procedió a estimar la producción neta en el período multiplicando la disminución anual de densidad (N1-N2, que se produce tanto por mortalidad dentro de la comunidad, como por emigración), por el peso promedio en los dos periodos consecutivos correspondientes. La suma de estas producciones arroja la producción neta anual, si es positiva (PN+) se trata de comunidades en donde se genera biomasa con un balance neto positivo y si es negativa se pierde biomasa (PN-). En la Tabla 8.2., se observa los valores de producción neta por estación:

Tabla 8.2. PN por estación.

Estación de Pesca	Producción Neta anual
Fernández	-1,96031722
Picún Leufú	-4,12694125
Pantanito	5,69215971
Peso	-1,96031722

La única estación cuyo balance resultó ser positivo fue Pantanito que se ubica en la zona de la cola del embalse donde el río Limay afluye aportando nutrientes. En dicha zona se observa una colonización importante por parte de las macrófitas, una extensa zona litoral, baja profundidad media siendo el peso medio de los ejemplares de menor valor, o sea que registra la presencia de mayor cantidad de individuos jóvenes.

En Picún Leufú se observó el valor más negativo probablemente debido a que la zona de litoral sea menor, mayor profundidad media y el peso medio de los individuos es el de mayor valor, lo que significa que se encuentran individuos de mayor porte y se puede suponer que existiría una elevada presión de predación

tanto por parte de los salmónidos como de los percíctidos. Las estaciones Carrizo y Peso dan valores intermedios (Figura 8.3.).

.

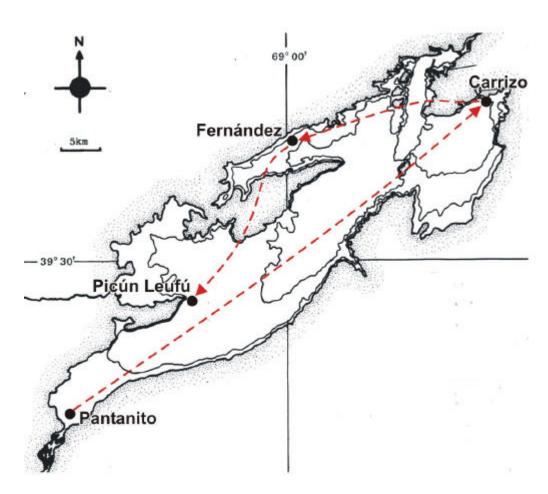


Figura 8.3.: Estaciones de pesca y balance energético, con flechas se indican el orden de la *PN*, desde la estacion con mayor balance positivo (Pantanito) al de mayor balance negativo (Picún Leufú).

8.3.2.- Evolución de las capturas con datos de AIC

Según la información obtenida, las redes utilizadas para el muestreo en las estaciones estudiadas rindieron, en promedio 18,15 individuos de 4,72 kg de peso. Los mismos corresponden a un esfuerzo de 100 m² de red en 15 hs de exposición y se refieren a una superficie de 647,78 ha.

Entre los resultados más sobresalientes se destaca que los pesos y las abundancias (densidades) del total de las capturas, fueron menores entre los meses de junio a agosto, para la estación Fernández. En cambio, en Pantanito, se observa una disminución del peso y de la abundancia en el mes de agosto, no observándose ninguna tendencia clara en Picún Leufú (Figuras 8.4. y 8.5.). Estos resultados podrían estar relacionados con el comportamiento de la especie ya que debido a las bajas temperaturas invernales los peces poseen movimientos más restringidos.

El peso medio de los ejemplares evidenció valores altos entre los meses de julio y agosto, tanto para las estaciones Picún Leufú y Pantanito, en cambio para Fernández el valor mayor se da en septiembre. Esto estaría relacionado con lo ya comentado en el Capítulo 3 ("Relaciones morfométricas", punto 3.3.4.), respecto que el factor de condición del pejerrey estaría relacionado con la mayor abundancia y densidad de los macroinvertebrados, en especial de *Chilina gibbosa,* alimento principal del pejerrey patagónico en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. Kaisin (1989) y Bosnia *et al.* (1990) evidencian que el pico de macroinvertebrados se observa en el mes de junio y existe otro pico de menor envergadura para el mes de septiembre (Figura 8.6.).

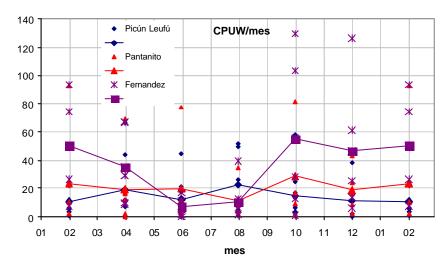


Figura 8.4.: Evolución del peso de las capturas a lo largo del año en valores promediados y datos individuales.

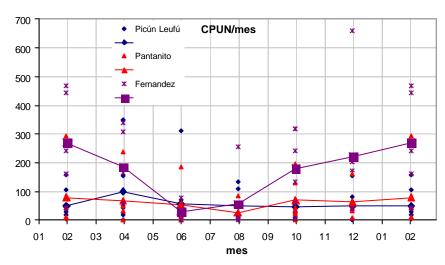


Figura 8.5.: Evolución de la abundancia a lo largo del año en valores promediados y datos individuales.

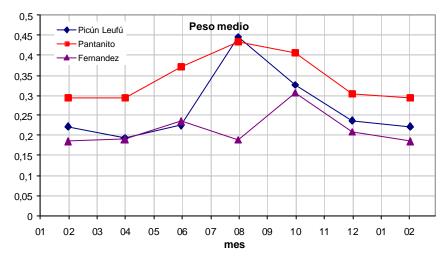


Figura 8.6.: Evolución del peso medio individual a lo largo del año en valores promediados y datos individuales

8.3.3.- Evolución de los datos de las capturas (pesos medios) y la cota, para datos aportados por la AIC y los estimados en el presente trabajo

Cuando se analiza la evolución en el tiempo, del peso medio de la captura de los ejemplares respecto a la variación del nivel hidrométrico (cota) del embalse, (Figura 8.7), se observa entre los años 1987 y 1993 una marcada disminución de la cota. La misma fue producto de reparaciones de la presa por haberse producido filtraciones, hecho que obligó a la empresa a descender el nivel del embalse para disminuir la presión que se ejercía sobre la misma, haciéndose dejar pasar mas caudal de agua por el vertedero. Este evento originó una caída de aproximadamente 15 metros (de 380 a 365 msnm) en el nivel.

Coincidente y desgraciadamente en esos años no se obtuvieron registros de pesca. Esto produjo una modificación en la fisonomía o en la geografía del cuerpo de agua, respondiendo los pejerreyes de manera tal que los pesos medios fueron menores en los años posteriores a este suceso (1999 a 2001). Este resultado fue más evidente en los ejemplares capturados en las estaciones de pesca Picún Leufú y Puesto Fernández.

Se supone que el peso medio de los individuos disminuyó debido a que el alimento principal del pejerrey patagónico, el gasterópodo *Chilina gibbosa*, disminuyó su biomasa por originarse modificaciones principalmente en la zona litoral, área donde se distribuye la mayor parte de su población. La disminución, en aproximadamente 15 m en el nivel del embalse, produjo que las zonas litorales quedaran expuestas, sin agua, produciendo mortandades del gasterópodo y/o provocando desaparición de ambientes propicios para el desarrollo del mismo.

Para establecer en que años los cambios de cota y de temperatura fueron de importancia, se analizaron los mismos a través de un índice que consiste en el producto del cuadrado de la magnitud del cambio de cota (agrupado cada cuatro

meses), con la temperatura media a la que ese cambio se produjo. El análisis se basa en la suposición que un cambio rápido en época de alta temperatura tiene un efecto mayor sobre la población de *Chilina gibbosa* (Kaisin 1989). Se observó que a mediados del año 1983 se produjo el mayor efecto adverso sobre este gasterópodo (Figura 8.8.).

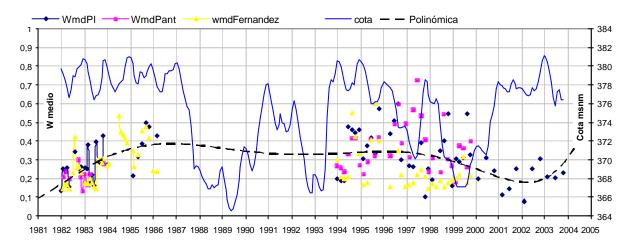


Figura 8.7.: Variación del peso medio, su ajuste polinómico y el nivel hidrométrico (cota del embalse) en función del tiempo.

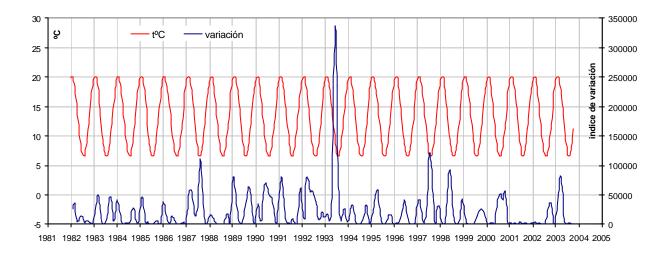


Figura 8.8.: Índice de variación de la cota y de la temperatura ambiental, compárese con la Figura 8.7.

Se observa que el índice llega a valores altos en 1987, 1997 y 1998, muy altos en 1993 y presenta pulsos importantes en 1989, 1991, 1992 y 2003. Por

autocorrelación se asume que la respuesta de los pejerreyes muestra un retardo que comprende entre 3 y 8 meses, ver Figura 8.9.

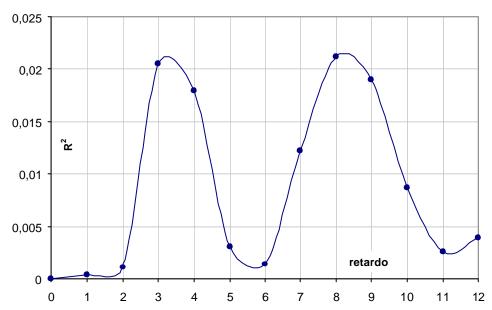


Figura 8.9.: Autocorrelación entre el índice de variación y el peso medio de los pejerreyes.

8.3.4.- Modelo de simulación del pejerrey patagónico para el embalse Ezequiel Ramos Mexía, ante diferentes presiones de pesca.

Una primera aproximación de los parámetros del modelo se obtuvo de los ajustes expuestos, siempre referidos al área muestreada por las redes. Luego se procedió a su calibración por un método iterativo minimizando la suma de las diferencias cuadráticas entre la simulación del modelo y la tabla de vida presentada en la Tabla 8.1. (Figura 8.10.)

Se utilizó integración por diferencias finitas según el algoritmo de Euler con un $\Delta t = 0,005556 = 1/18$ de año.

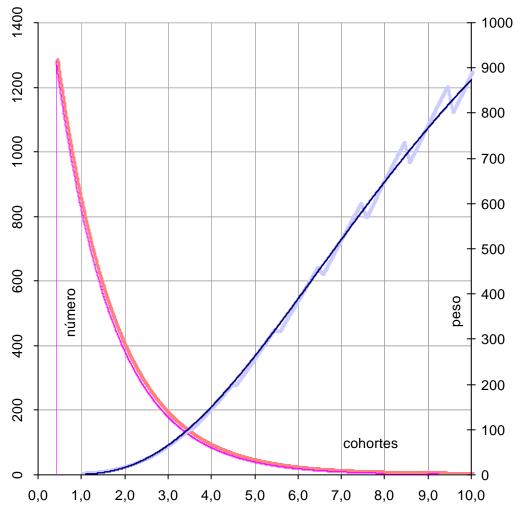


Figura 8.10.: Ajuste entre peso (azul) y número (rojo), observados y simulados por el modelo. En línea sólida los datos de la tabla de vida y en línea gruesa los datos simulados.

Los valores de los parámetros, obtenidos por calibración, resultaron:

X =	214314,1
<i>K</i> =	0,071934
$k_i =$	0,012892
$e_i =$	0,781784
$k_r =$	4,125333
$e_r =$	0,875203
$k_d =$	0,121474
e_d =	1,286336
$k_n =$	0,74792

El modelo fue simulado a diferentes presiones de pesca *kp* entre 0 y 2 y se consignaron los resultados en capturas en individuos, en peso, en peso medio de la captura y en las variaciones de la oferta.

Se realizó una primera simulación en donde la mortalidad por pesca involucra a todas las edades. Figura 8.11. y Tabla 8.2.

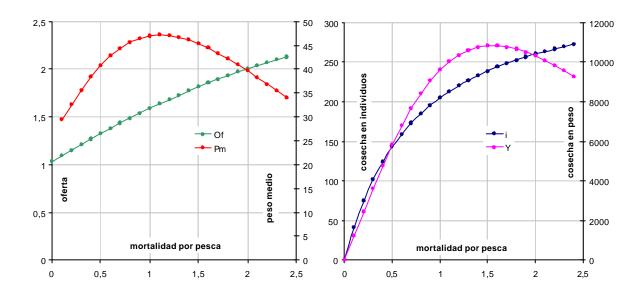


Figura 8.11.: Resultados de los estados estables del modelo a las diferentes intensidades de pesca. Of= oferta trófica, Pm= peso medio g de los individuos capturados, I= Captura en individuos, Y= Cosecha en peso total g para un año y área muestreada.

Los estados estables de las simulaciones con diferentes mortalidades por pesca para todas las edades arrojaron los siguientes resultados presentados en la Tabla 8.3.

Tabla 8.3.: Resultado de las simulaciones con las mortalidades por pesca aplicadas para todas las edades.

Mortalidad por pesca	Oferta de alimento por hectárea	Captura en individuos por hectárea	Captura en gramos por hectárea	Peso medio de la captura
0	1,0353	0	0	0
0,1	1,0936	41,52	1222,73	29,45
0,2	1,1518	74,72	2436,41	32,61
0,3	1,2095	101,77	3622,12	35,59
0,4	1,2664	124,18	4757,65	38,31
0,5	1,3225	143,01	5821,32	40,70
0,6	1,3777	159,04	6794,94	42,72
0,7	1,4318	172,83	7665,40	44,35
0,8	1,4846	184,83	8425,06	45,58
0,9	1,5361	195,35	9071,28	46,44
1	1,5861	204,66	9605,54	46,94
1,1	1,6347	212,94	10032,34	47,11
1,2	1,6817	220,37	10358,28	47,00
1,3	1,7272	227,07	10591,15	46,64
1,4	1,7711	233,13	10739,35	46,07
1,5	1,8135	238,65	10811,39	45,30
1,6	1,8543	243,70	10815,63	44,38
1,7	1,8936	248,33	10760,04	43,33
1,8	1,9313	252,60	10652,14	42,17
1,9	1,9676	256,53	10498,95	40,93
2	2,0023	260,19	10306,95	39,61
2,1	2,0355	263,58	10082,13	38,25
2,2	2,0673	266,74	9829,96	36,85
2,3	2,0977	269,69	9555,47	35,43
2,4	2,1268	272,45	9263,24	34,00

La máxima captura en peso se produciría entonces con un esfuerzo que genere una mortalidad por pesca de 1,6, es decir que extraiga un 20% de la población en 1 año. En estas condiciones, los peces capturados llegarían a los 10815,63 kg ha 1 año 1 pero pesarían en promedio 44,4 g cada uno.

Si asumimos que las capturas podrían afectar solamente a los ejemplares a partir de los 3 años de edad los resultados cambian de manera notoria (Tabla 8.4. y Figura 8.12.).

Tabla 8.4.: Resultados de las simulaciones con las mortalidades por pesca aplicadas para los ejemplares mayores de 3 años.

Mortalidad por pesca	Oferta de alimento por hectárea	Captura en individuos por hectárea	Captura en gramos por hectárea	Peso medio de la captura
0	1,0352	0	0	0
0,1	1,0527	5,15	842,232	163,24
0,2	1,0668	9,48	1622,002	171,02
0,3	1,0777	13,17	2349,081	178,38
0,4	1,0859	16,34	3027,609	185,25
0,5	1,0918	19,10	3658,734	191,56
0,6	1,0957	21,51	4242,572	197,25
0,7	1,0981	23,62	4779,362	202,30
0,8	1,099	25,49	5270,001	206,73
0,9	1,099	27,14	5716,158	210,58
1	1,098	28,61	6120,182	213,87
1,1	1,097	29,92	6484,909	216,68
1,2	1,095	31,10	6813,463	219,05
1,3	1,093	32,16	7109,081	221,04
1,4	1,090	33,11	7374,97	222,69
1,5	1,088	33,98	7614,209	224,06
1,6	1,086	34,77	7829,685	225,19
1,7	1,084	35,48	8024,056	226,11
1,8	1,082	36,14	8199,734	226,86
1,9	1,080	36,75	8358,885	227,47
2	1,079	37,30	8503,436	227,95
2,1	1,078	37,82	8635,092	228,33
2,2	1,077	38,29	8755,351	228,62
2,3	1,077	38,74	8865,527	228,85
2,4	1,077	39,15	8966,767	229,02

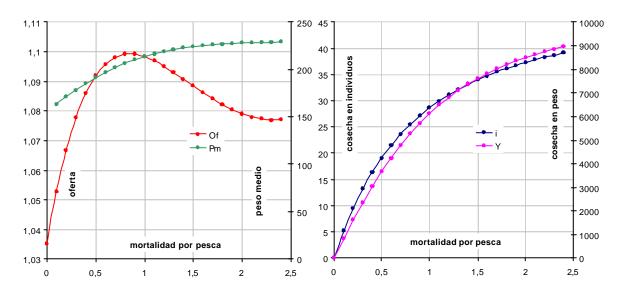


Figura 8.12.: Resultados de los estados estables del modelo a las diferentes intensidades de pesca. Of= oferta trófica, Pm= peso medio g de los individuos capturados, I= Captura en individuos, Y= Cosecha en peso total g para un año y el área muestreada.

La máxima captura se produciría ahora con un esfuerzo que equivalga a una mortalidad por pesca mayor de 2, es decir extrayendo más de un 13,5 % de la población de 3 años de edad, o más, con lo que obtendrían 8,503 kg. ha⁻¹ año⁻¹ de individuos de 227,95 g.

Para lograr una mortalidad por pesca de 2 para el área litoral del embalse deberían utilizarse 1970,335 m² de red, en jornadas de 15 hs. diarias, asumiendo que en el año se pueda salir a pescar 120 días. Lo que equivale a manipular un arte de 985,1674 m lineales de redes de 2 m de altura cada jornada. Si asumimos que para manejar 2 baterías de 150 m cada una se necesitan 5 operarios, se requieren 16,42 pescadores que obtendrían 83801,36 kg. año⁻¹ es decir unas 84 tn. Si asumimos un rendimiento de \$1/kg., cada operario podría recibir \$425,3154 mensuales.

Ambas variables, esfuerzo de pesca y edad de primera captura deben manejarse adecuadamente para obtener este rendimiento máximo sostenible.

8.3.5.- Evaluación del rendimiento pesquero

Los índices más utilizados, basados en el índice morfoedáfico (IME=TSD/ZMED) son las estimaciones de rendimientos pesqueros según los diferentes modelos aplicados (Baigún 2001) y se presentan en la en la Tabla 8.5.. Se observa una notable variabilidad en los resultados. Los modelos 1, 2, 5 y 12, por ejemplo, arrojan rendimientos por debajo de 0,1 kg/ha. En tanto que los modelos 8, 9 y 10 proporcionan rendimientos próximos entre sí, con valores bajos a moderados. Se observó que los modelos aplicados para embalses (15-17) presentaron resultados homogéneos. Los valores de rendimiento fueron desde 14,1 a 26,3 kg/ha.

Tabla 8.5.: Descripción de los modelos utilizados para la estimación del rendimiento pesquero mediante modelos empíricos. TSD= total de sólidos disueltos (mg/l); ZMED= profundidad media (m); FT= fósforo total (mg/l); TEMP= temperatura media del aire (°C); A= área (hectáreas); VOL= volumen (m³); CHL= clorofila a (mg/m³); IME= índice morfoedáfico. Todos están descriptos para lagos y embalses del Hemisferio Norte; C (kg/año): captura para todo el ambiente según la ecuación de Shaefer (modificada por Ricker 1975). RMS (tons/año): rendimiento máximo sostenible; H (tons); cosecha para todo el ambiente según la aproximación de Gulland (1970); Y: rendimiento máximo sostenible según Gulland (1970); B= biomasa (kg/ha). (Tomado de Baigún 2001).

Nº	Modelo	Autor	Rendimiento en kg/ha E. R. Mexía
1	$\log Y_{fc} = -2.24 + 0.69 \log IME$	Oglesby (1977 b)	0,1
2	$\log Y_{fc}$ = -2.91 + 1.56 $\log IME_{25}$	Oglesby (1977 b)	0,1
3	$\begin{array}{c} log \ RMS = 1.005 \text{ - } 0.116 \ log \ ZMED + 0.118 \ log \\ TSD \end{array}$	Matuszek (1978)	11,4
4	$P=30.25/d^{0.7029}+0.5$	Rawson (1955)	2,1
5	$\log Y = 1.021 \log FT - 1.148$	Hanson y Leggett (1981)	0,7
6	Y= 0.066 FT + 0.141 ZMED + 0.013 TSD - 1.513	Hanson y Leggett (1981)	3,3
7	$H=1.382 \text{ IME}^{0.443}$	Ryder (1965, modificado por Schneider y Haedrich 1989)	2,1
8	H= k. 1.382 IME ^{0.443}	Ryder (1965, modificado por Schneider y Haedrich 1989) y corregido por la latitud	6,3
9	log RMS = 0.061 TEMP + 0.043 IME	Schlesinger y Regier (1982)	6,01
10	log RMS= 0.050 TEMP + 0.280 log IME + 0.236	Schlesinger y Regier (1982)	6,0
11	$C = A^{1.44} \text{ Vol}^{0.49} \text{ TSD}^{0.49} \exp^{4.49}$	Rempel y Colby (1991)	0,9
12	$C = A1.26 \text{ Vol}^{0.26} \text{ TSD}^{0.17} \exp^{3.00}$	Rempel y Colby (1991)	0,0
13	$log_e Y = 7.01 + 0.85 log_e A$	Youngs y Heimbuch (1982)	3,5
14	Log B = 1.862 + 0.796 log IME - 0.204 log IME2	Oglesby y Jenkins (1982)	26,3
15	$Log B = 1.759 + 0.713 log IME - 0.093 log IME^{2}$	Jenkins (1982)	23,7
16	$Log B = 1.502 + 0.879 log IME - 0.139 log IME^{2}$	Jenkins (1982)	14,1
17	$Log B = 1.752 + 0.896 log IME - 0.223 log IME^2$	Jenkins (1982)	21,7

8.4.- Discusión y Conclusiones

Del análisis de la tabla de vida confeccionada se puede observar que la mayor proporción de hembras activas se da a los 3,91 años de vida, coincidentemente con la observación de mayor biomasa. En cambio el mayor número de puestas de huevos en la población se registra en la cohorte correspondiente a los 5,41 años.

En este estudio se analizó la Producción neta por estación de pesca, empleando los datos obtenidos en el periodo 1982 a 1986, donde se estableció cuales eran las estaciones con comunidades explotadoras y cuales eran las explotadas. En el caso de Pantanito es la única estación con balance positivo, donde se registró el mayor número de individuos jóvenes. En cambio, Picún Leufú fue la estación que arrojó el valor más negativo. Estos resultados estarían relacionados con las características fisonómicas que presentaron las distintas estaciones pesqueras, las de menor profundidad arrojaron valores más altos de producción y las de mayor profundidad, los menores. Una explicación posible sería que el pejerrey en las zonas más profundas, estaría sujeto a una predación mas elevada, por parte de los salmónidos y los percíctidos.

Como se indicó en los resultados respecto al análisis de las capturas totales estandarizadas (CPUW y CPUN, 1994 a 2004, datos de la AIC) se observó una disminución de las mismas en los meses mas fríos o invernales, obedeciendo tal vez a pautas comportamentales cuando se restringen los desplazamientos, debido a que en estos meses los peces tienen bajas tasas metabólicas y en consecuencia son menores los volúmenes de pesca. El peso medio de los ejemplares siguió la mayor disponibilidad de alimento, siendo mayor entre los meses de julio a agosto, situación ya observada en el Capítulo 3 "Relaciones Morfométricas". En las estaciones Pantanito y Picún Leufú este hecho se evidenció claramente.

Cuando se estudió la evolución de la cota del embalse y el peso medio de los ejemplares en función del tiempo, se observó que este parámetro demográfico fue sensible a las modificaciones del ambiente, ya que el peso medio varió, como así también sucedió con la talla media. Por lo observado en este análisis el sistema presenta una dinámica apreciable.

Cuando se analizó el índice de variación (cota del embalse y temperatura ambiental) y el peso medio de los pejerreyes en función del tiempo, se observó, por autocorrelación, que los peces, tardarían en responder a las modificaciones del ambiente entre 3 a 8 meses.

El uso y estudio de parámetros biológicos aporta valiosa información para orientar diversas pautas que pueden aplicarse al manejo pesquero. Parámetros tales como el peso medio constituyen indicadores críticos de la respuesta biológica de las poblaciones a las condiciones ambientales. Es importante, ante la eventual implementación de una pesquería, obtener datos ambientales y a la vez obtener datos de captura por unidad de esfuerzo para relacionarlos.

Otro punto importante de observar es que a través de un modelo (Freyre, 2003), se puede simular la respuesta de las poblaciones de peces, en este caso el pejerrey patagónico, ante eventuales y diferentes presiones de pesca observándose como se modifican los parámetros biológicos (tasa de crecimiento, tasa de mortalidad, abundancia, densidad, etc.).

El rendimiento máximo sostenido calculado en el presente estudio, de acuerdo a las simulaciones efectuadas con el modelo predictivo, arrojó unas 84 tn para la zona litoral del embalse, esta posee una superficie de 98,55 km², o 98.550 ha.

Los modelos empíricos arrojaron valores para el rendimiento pesquero que oscilaron entre valores menores a 0,1 hasta 26,5 kg/ha/año, para el total de las poblaciones de peces. Una conclusión primordial que se desprende es que si bien estos modelos son sencillos de aplicar, el administrador o el político de los recursos debe estar, en todo caso, capacitado para reconocer sus limitaciones y los supuestos bajo los cuales fueron desarrollados y cotejar estas condiciones con las características locales.

Capítulo 9

Consideraciones finales

El propósito de esta tesis como ya fuera mencionado en la Introducción General es cubrir las carencias de información en cuanto a aspectos biológico-pesqueros de los peces nativos y en especial a aquellos que poseen un importante valor deportivo o comercial.

A lo largo de la presente tesis se ha buscado presentar un panorama general de la biología del pejerrey patagónico, en el embalse Ezequiel Ramos Mexía, donde se analizaron aspectos demográficos y de la dinámica poblacional, que permitieron brindar información de utilidad con vistas a ofrecer pautas de manejo y ordenamiento del recurso pesquero. Hasta el presente se han llevado a cabo pocas investigaciones integrativas, como en este caso, exceptuando el trabajo de Tesis doctoral que trata sobre la "Biología del pejerrey patagónico en el embalse F. Ameghino", (Ruiz 2002).

El conocimiento generado en la presente tesis, representa un punto de inicio para desarrollar futuras investigaciones o para administrar los recursos pesqueros, en donde se pretenda, su explotación, cultivo, regulación, control, etc.. Entre los puntos analizados y lo que resulta más destacables se puede mencionar:

- Se siguió la evolución del factor de condición de los pejerreyes a lo largo del año y se observó cual era la época más propicia, desde el punto de vista nutricional.
- Se estimó la selectividad de las artes utilizadas y se determinaron los tamaños de red óptimas, para su captura.
- Se describió el crecimiento a través de dos métodos independientes, como lo fueron el análisis de escamas y el análisis de progresión de modas de frecuencias de tallas, llegando a resultados coincidentes.
- > Se estimó la fecundidad, la edad de primera madurez y se estableció la época de desove.
- Se describió la supervivencia o mortalidad.
- Se estimó la producción neta, y la edad de mayor biomasa.

- ➤ Se compararon los parámetros demográficos estimados con otras investigaciones llevadas a cabo en otros ambientes lénticos patagónicos.
- > Se analizó la dinámica de la población en el tiempo, correlacionándola con variables ambientales, como así en las distintas estaciones de muestreo.
- A partir de la información demográfica-dinámica obtenida se diseñó un modelo de simulación, predictivo de la respuesta de la población del pejerrey en el ambiente estudiado, ante las posibles situaciones de presión pesquera.

Es de destacar como resultado de este trabajo, que para encarar un estudio de manejo pesquero deben sumarse varias disciplinas entre ellas la biología pesquera, la ictiología y la limnología. La visión integrada y ecosistémica de los cuerpos de agua dulce brindarán un conocimiento más certero para la resolución de los problemas pesqueros.

Como un comentario adicional se puede indicar que, el énfasis puesto en estudios biológico-pesquero en los últimos años, en ambientes dulceacuícolas, de la Argentina, no ha estado suficientemente acompañado por propuestas de recolección de información básica, tal como datos de capturas y esfuerzos. Por lo tanto es de utilidad insistir, que esta información, es de gran importancia y uno de los pilares fundamentales para la evaluación de las pesquerías, a los que habrá que agregarles aspectos ambientales, sociales, económicos, políticos, etc.

Por ello esta investigación debió basarse en capturas experimentales, único método accesible para obtener la información empírica necesaria.

Los administradores de los recursos pesqueros, en términos generales estuvieron siempre interesados en desarrollar programas de siembra, o piscicultura intensiva, como es el caso de Alicurá, o extensiva, como el caso de las siembras de salmónidos efectuados en casi todos los ambientes patagónicos

y cuyanos, sin detenerse a examinar sus alcances o resultados en un contexto científico y dirigido a mejorar la gestión de los recursos.

Como una conclusión final se puede decir que la base está en plantear correctamente la política y decidir científicamente que bienes se pueden obtener de los embalses y/o lagos.

Y sobre esta base comprometer a los organismos de investigación con planteos concretos.

Y exigirles, no respuestas de acciones sino metodologías técnicas rutinarias que los organismos gubernamentales provinciales o nacionales estén en condiciones de implementar.

Bibliografía

- Adams, G. F. y C. H. Olver. 1977. Yield properties and structure of boreal percid communities in Ontario. J. Fish. Res. Board Can. 34: 1613-1625.
- Alonso, M. F.; M. A. Battini y V. E. Cussac. 1993. El otolito larval y juvenil de Odontesthes microlepidotus en relación con la edad y el crecimiento. III Reun. Cient. Asoc. Arg. Biol. Des. Vaquerías, Córdoba. Argentina pág. 107.
- Alonso, M. F.; P. J. Macchi; M. T. Bello; D. Milano y A. García. 1995. Registros e interpretación de los desplazamientos de peces en un brazo del lago Moreno. Páginas 277-278 en: Resúmenes XVII Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata, Abril de 1995.
- Anderson, R. O. y R. M. Neumann. 1996. Length, Weight, and associated structural indices. Pages 447-482 *in* B.R. Murphy and D. W. Willis, editors. Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Mariland. 732 pp.
- Arratia, G.; M. B. Peñafort y S. Menu-Marque. 1983. Peces de la región sureste de los Andes y sus probables relaciones biogeográficas actuales. Deserta (Mendoza), 7. 48-107.
- Bagenal, T. B. y E. Braum. 1978. Eggs and early life history. En: T. B. Bagenal (ed.), 165-201. Methods for assessment of fish production in freshwaters. IBP Handbook No 3, Blackwell Scientific Publications Ltd., 365 pp.
- Bagenal, T. B. y F. W. Tesch, 1978. Age and growth. En: T. B. Bagenal (ed.), pp 101-136. Methods for assesment of fish production in freshwaters. IBP Handbook No 3, Blackwell Scientific Publications Ltd., 365 pp.
- Baigún, C. R. M. 1989. Redes enmalladoras: Características y aplicaciones dirigidas a la evaluación de los recursos pesqueros de agua dulce. Climax, 7: 79 pp.
- Baigún, C. R. M. 2001. Ecología pesquera de lagos y embalses patagónicos (Argentina). Tesis doctoral F.C.E. y Nat. (U.B.A). 395 pp.
- Baigún, C. y A. De Nichilo. 1985. Pesca experimental. III Parte. Páginas 66-130. En: Evaluación del potencial pesquero en seis lagos de la provincia del

- Chubut (Quirós, R., coord.). INIDEP, Dpto. de Aguas Cont., Informe de Avance Nº 1.
- Baigún, C. y R. Delfino. 1995. Relación entre factores ambientales y biomasa relativa de pejerrey en lagos y embalses templado-cálidos de la Argentina. Acta Biol. Venez., 15: 47-57
- Baigún, C. R. y R. O. Anderson. 1993. Structural indices for stock assessment of and management recommendations for pejerrey *Odontesthes bonariensis* in Argentina. North Amer. J. Fish. Manag. 13: 600-618.
- Baiz, M. de L.; M. T. Bello y M. M. Bunge. 1982. Alimentación del pejerrey introducido en la laguna Ñe-Luán, Maquinchao, Río Negro. En: Resúmenes III Reunión Iberoamericana de Conservación y Zoología de Vertebrados, 15-19 de nov., de 1982, Buenos Aires.
- Baiz, M de L.; M. T. Bello y M. M. Bunge. 1983. Interacción trófica entre trucha y pejerrey de laguna Ñe-Luán (R.N). Página 80 en Resúmenes XI Reunión Argentina de Ecología, Villa Giardino, Córdoba 1983.
- Battini, M. A.; M. F. Alonso y V. E. Cussac. 1995. Growth and nutritional condition of the larvae of *Odontesthes microlepidotus* (Atherinidae): an experimental approach. Env. Biol. Fish. 42: 391-409.
- Battini, M. A. y V. E. Cussac. 1997. Desarrollo embrionario y larval de Odontesthes hatcheri (Atherinidae). Página 39. En: Resúmenes II Congreso Argentino de Limnología, Buenos Aires, Septiembre de 1997.
- Bello, M. T.; M. M. Bunge y M. de L. Baiz. 1991a. Alimentación natural del pejerrey (*Patagonina hatcheri*) introducido en la laguna Ñe Luán, Río Negro. Biol. Pesq. 20: 13-19.
- Bello, M. T.; M. F. Alonso; P. J. Macchi y A. A. García. 1991b. Consideraciones sobre el crecimiento diferencial del pejerrey patagónico (*Patagonina hatcheri* Eig.) en ambientes distintos de la pcia., de Río Negro Arg. Res. XV. Rev. Arg., de Ecología Rosario Santa Fe Arg. pág. 69.
- Bello, M. T., M. F. Alonso y P. J. Macchi. 1994. Estado del pejerrey patagónico introducido en la laguna Ñe Luán (Río Negro). I Congreso y III Reunión Argentina de Limnología. Tankay 1. 219-221.

- Bello, M. T.; A. A. García y M. F. Alonso. 1996a. Aspectos de la biología reproductiva del pejerrey patagónico *Odontesthes hatcheri* (Eig.) Res III. Jorn. Patag. Medio Ambiente., Esquel: 50.
- Bello, M. T.; M. F. Alonso y M. de Lourdes Baiz. 1996b. Rendimiento en peso de los ejemplares de tamaño comercial del pejerrey patagónico. Cuadernos Universitarios CRUB-UNC. Nº 24. 15 pp.
- Bello, M. T. y C. Ubeda. 1998. Estado de conservación de los peces de agua dulce de la Patagonia Argentina, Aplicación de una metodología objetiva. Gayana Zool. 62(1): 45-60.
- Bello, M. T. 2002. Los peces autóctonos de la Patagonia Argentina. Distribución natural. Cuadernos Universitarios CRUB-UNC. Nº 43. 59 pp.
- Berasain, G. G.; T. D. Toffani y N. Vanzatto. 1997a. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe Técnico Laguna de Bragado Partido de Bragado. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, MAA Prov. Bs. As.
- Berasain, G. G.; T. D. Toffani y N. Vanzatto. 1997b. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe Técnico Laguna de Lobos Partido de Lobos. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, MAA Prov. Bs. As.
- Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). Human Biology, 10 (2): 181-213.
- Beverton, R. J. y S. J. Holt. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special references to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.- Reun. CIEM, 140: 67-83.
- Beverton, R. J. y S. J. Holt. 1959. On the dynamics of exploited fish population. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G.B (2 Sea Fish) 19, 553 p.
- Bonetto, A. A.; H. P. Castello e I. R. Wais. 1990. Comparison between the differential impact of dams on two large river basins in Argentina. In UNESCO (ed.): The impact of large water projects on the environment. París. 109-119.
- Boschi, E. E. y M. L. Fuster de Plaza. 1959. Estudio biológico pesquero del pejerrey del embalse Río Tercero (*Basilichthys bonariensis*).

- Departamento de Investigaciones Pesqueras. Secretaria de Agricultura Ganadería. Bs. As. Publ. 6:1-61.
- Bosnia, S. A.; F. J. Kaisin y A. Tablado. 1990. Population dynamics and production of the freshwater snail *Chilina gibossa* Soweeby 1841 (Chilinidae, Pulmonata) in North-Patagonian reservoir Hydrobiología, 190: 97-110.
- Brett, J. R. 1964. The respiratory metabolism and swimming perforance of young sockeye salmon. J. Fish. Res. Borrad Can., 21: 1183-1226.
- Calvo, J. y L. Dadone. 1972. Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) I. Escala de Tabla de Madurez. Rev. Museo de la Plata, Sección Zoología, tomo XI, páginas 153-163.
- Calvo, J. y E. R. Morriconi. 1972. Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Basilicthys bonariensis*) III. Estudio de la fecundidad época y numero de desoves. Anales de la Soc. Cient. Arg. (1-2) 75-84.
- Calvo, J.; E. R. Morriconi y J. E. Zabala Suárez. 1977. Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*). Il Proporción de sexos y desplazamientos reproductivos. Physis. Vol 36 Nº 92: 135-139.
- Cataldo, D. H., 1989. Crecimiento de pejerrey patagónico *Patagonina hatcheri* en cuatro ambientes lénticos de la Patagonia Argentina. Seminario de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Fac. Cs. Exactas y Nat. (UBA) 45 pp.
- Cervellini, M. P.; M. A. Battini y V. E. Cussac. 1993. Ontogenetic shifts in the diet of *Galaxias maculatus* (Galaxiidae) and *Odontesthes microlepidotus* (Atherinidae). Env. Biol. Fish. 36: 283-290.
- Cavanna, L. A. y A. A. Dománico. 1987. Análisis de la selectividad de redes agalleras para el pejerrey patagónico. En Resúmenes XIII Congreso de Ecología. Bahía Blanca, 5-8 de abril de 1987.
- Colautti, D. C. 1997. Ecología de la carpa *Cyprinus carpio*, en la cuenca del Rio Salado, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, F.C N y Museo (UNLP), 220 pag.

- Chapman, D. W., 1978. Production. En: T. B. Bagenal (ed.), pp 202-217. Methods for assesment of fish production in freshwaters. IBP Handbook N° 3, Blackwell Scientific Publications Ltd., 365 pp.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO Doc. Téc. Pesca 192, 82 p.
- Cussac, V. E.; P. Cervellini y M. A. Battini. 1992. Intralacustrine movements of *Galaxias maculatus* (Galaxiidae) and *Odontesthes microlepidotus* (Atherinidae) during their early life history. Env. Biol. Fishes 35: 141-148.
- Del Valle, A. E. y P. Nuñez. 1990. Los peces de la pcia. del Neuquén, CEAN-JICA. Ed. Hemisf. Sur. Bs. As., 86 p.
- Diana, J. S. 1984. The growth of largemouth bass *Micropterus salmoides* under constant and fluctuating temperatures. J. Fish. Biol. 24: 45-52.
- Dománico, A. A. y L. A. Cavanna. 1987. Análisis de las capturas de peces en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. En resúmenes del XIII Congreso de Ecología. Bahía Blanca, 5-8 de abril.
- Dománico, A. A. y C. A. Guerrero. 1990. Utilización del otolito para la determinación de la edad y el crecimiento en *Percichthys trucha* (Valenciennes, 1850) (Osteichthyes: Percicichthydae). Medio Ambiente. 11(1):42-52. Chile.
- Donald, D. B.; R. S. Anderson y D. W. Mashoo. 1980. Correlations between brook trout growth and environmental variables for mountain lakes in Alberta. Trans. Amer. Fish. Soc. 109: 603-610.
- Donald, D. B. y R. S. Anderson. 1982. Importance of environment and stocking density for growth of rainbow trout in mountain lakes. Trans. Amer. Fish. Soc. 111: 675-680.
- Dudley, R. G. y R. Scully. 1980. Changes in experimental gillnets catches from the Kafue George dam. J. Fish. Biol. 16: 521-537.
- Espinach Ros, A. 1990. Biología Pesquera de Agua Dulce. Ecognición, Universidad CAECE, Suplemento Especial Nº 1, 1-4.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. http://www.fao.org/fi/statist/statists.asp
- Fernández, C.; V. H. Baez y V. E. Cussac. 1997. Tasa metabólica y crecimiento de "pejerrey patagónico" *Odontesthes hatcheri* (Eigenman) (Pisces, Atherinidae). Página 63 en Resúmenes VIII Congreso Iberoamericano de Biodiversidad y Zoología de Vertebrados, Concepción, Chile.
- Ferriz, R. A. 1987. Alimentación del pejerrey patagónico *Patagonina hatcheri* (Eigenmann, 1909) en el embalse Ramos Mexía, Neuquén, Argentina. Rev. Mus. Arg. C. Nat. "Ber. Riv." Hidrobiol.,VI (9):61-66.
- Ferriz, R. A. 1993/94. Algunos aspectos de la dieta de cuatro especies ícticas del río Limay (Argentina). Ictiología 2/3 (1/2): 1-7 p.
- Ferriz, R. A., H. L. López y S. Gómez. 1998. Bibliografía de los peces continentales patagónicos. Aquatec 6, 12 p.
- Fraser, C. Mc. L. 1916. Growth of the spring salmon. Trans. Pacific. Fish. Soc. Seattle, for 1915, 29-39.
- Freyre, L. R.; C. Togo; J. Zetti y S. Mollo. 1969. Estudios ictiológicos sobre poblaciones, correlaciones somáticas y correlaciones biocenóticas en lagunas bonaerenses. Convenio Estudio Riqueza Ictícola. Trabajos técnicos cuarta etapa (1968-1969). Consejo Federal de Inversiones, Minist. Asuntos Agrarios, La Plata (mimeo.).
- Freyre, L. R. 1976. La población de pejerrey de la laguna de Lobos. Limnobios, 1: 105-128
- Freyre, L. R.; M. C. Romero y O. H. Padin. 1980. Metabolismo energético de peces dulceacuícolas I. Metodología. Metabolismo de *Bryconamericus iheringi* Boul (Pises, Characiformes). Limnobios, La Plata, Argentina. 1(10): 411-422.
- Freyre, L. R.; O. H. Padin y M. A. Denegri. 1981. Metabolismo energético de peces dulceacuicolas. II. El pejerrey, *Basilichthys bonariensis bonariensis*, Cuvier y Valenciennes (Pisces, Atherinidae). Limnobios, La Plata, Argentina. 2(4):227-232.

- Freyre, L. R. y J. M. Iwaszkiw. 1982. Importancia de la distribución especial de ovocitos en ovarios de peces, para determinaciones de fecundidad. Limnobios, 2 (5): 305-310.
- Freyre, L. R.; Protogino L. y J. Iwaszkiw. 1983. Demografía del pejerrey *Basilichthys bonariensis bonariensis* (pisces: Atherinidae) en embalse Río Tercero, Córdoba. Biología acuática 4:1-39.
- Freyre, L. R. y E. D. Sendra, 1987. Un método para la interpretación de marcas de crecimiento en peces. Limnobios, 2 (9): 677-684.
- Freyre, L. R. (coord.). 1991. Evaluación de los recursos ictícolas en aguas interiores de Río Negro. CF+CRUB Informe final (inédito).
- Freyre, L. R. y E. D. Sendra, 1993. Relevamiento pesquero de la laguna Blanca Grande, Pdo., Olavarria. Aquatec Bol. Téc. 1:9 p.
- Freyre, L. R.; M. E. Maroñas; J. Ponte Gómez y E. D. Sendra. 1993. Relevamiento pesquero del lago Municipal de Colon, Provincia de Buenos Aires. Aquatec Bol. Téc. 2:9 p.
- Freyre, L. R. y M. E. Maroñas. 1995. Estimación de la selectividad de redes de espera, para el pejerrey bonaerense, según las principales características de construcción del arte. Gayana Oceanol 3(2) 41-52.
- Freyre, L. R.; M. E. Maroñas y E. D. Sendra. 1997. Demografía del pejerrey Odontesthes bonariensis bonariensis de la laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires. Natura Neotropicalis 28(1): 47-49.
- Freyre, L. R. 2003. Modelo demográfico dinámico para el pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Biología Acuática 20: 27-36.
- Freyre, L. R.; C. A. Guerrero y M. E. Maroñas. 2004. Propuesta de una corrección para la estimación del número de huevos por el método volumétrico. Resúmenes Jornadas de Biología del pejerrey IIB-INTECH, pág. 37.
- Fuster de Plaza, M. L. 1950. Reconocimiento y determinación de las especies de salmones introducidas en el Parque Nacional Nahuel Huapi. Min. Agric. Ganad. Rep. Arg., Publ. Misc. 336, 55 p.

- Gallucci, V. F. y T. J. Quinn. 1979. Reparametizing, fitting, and testing a simple growth model. Trans. Amer. Fish. Soc. 108: 14-25.
- Gabellone, N. 1986. Estudio de las comunidades de Hidrófitas del embalse Ezequiel Ramos Mexía, (Prov., de Río Negro y del Neuquén, Argentina). La Plata, F. C. N. y Museo de la U.N.L.P. Tesis Nº 465, 106 pp.
- González Arzac, E. L. F. 1985. Fitosociología en el área de Alicurá (Provincias de Río Negro y del Neuquén) La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Número de tesis: 451, 126 pp.
- González Naya, M. J.; S. Gómez y L. Ramirez. 2005. Capacidad de natación en *Gymnogeophagus meidionalis* (Pisces: Cichlidae). Biol. Acuática 22: 163-168.
- Gosztonyi, A. E. 1988. Peces del río Chubut inferior, Argentina. *Physis*. (Bs. As.), secc. B, 46 (110): 41-50.
- Grosman, M. F. y G. Rudzik. 1990. Análisis de la dieta del "Pejerrey patagónico" *Patagonina hatcheri* Eigenmann, 1909, Atherinidae, de la laguna Terraplén, Chubut, Argentina. Biota 6: 71-88.
- Grosman, M. F. 1991. Estudio demográfico del "pejerrey patagónico" *Patagonina hatcheri* Eigenmann 1909, de la laguna Terraplén, Prov. del Chubut. Biol. Acuática 15: 198-199.
- Grosman, M. F. 1993. Comparación de diferentes metodologías para la estimación del crecimiento del pejerrey patagónico. Ecología Austral 3:33-41.
- Grosman, M. F. 1993-1994. Interacciones tróficas entre trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), pejerrey patagónico (*Patagonina hatcheri*) y perca (*Percichthys trucha*) en un ambiente patagónico. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral 24-25: 15-25.
- Grosman, F. 1995a. Factores de condición del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) (Pisces) en cinco ambientes pampásicos. Resúmenes XVII Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata, 24-28 de Abril de 1995, 260.

- Grosman F. (ed.) 1995b. El pejerrey, ecología, cultivo, pesca y explotación. Ed. Astianax. 132 p.
- Grosman, F. 1999. Estrutura da comunidades de peixes da represa "Lago del Fuerte", Tandil, Argentina. Acta Scientiarum 21: 267-275.
- Grosman, F. y S. Sergueña. 1996. Parámetros biológicos y sociales de una pesquería deportiva de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Actas VI Jornadas pampeanas de Ciencias Naturales: 133-141.
- Grosman, F. y M. Mancini. 1997. La pesca deportiva como sistema interactivo de tres niveles tróficos. Actas IV Jornadas Científicas y Técnicas. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional Río Cuarto: 381-393.
- Grosman, F; G. González; D. Agüería y P. Sanzano. 2000. Ictiología del "Lago Municipal de Colón" (Argentina), como un ejemplo de dinámica ambiental. Revista AquaTIC Nº 10. 15 pp.
- Guarrera, S. A.; M. A. Casco; R. O. Echenique y H. A. Labollita. 1987. Las Algas del Sistema del Río Limay (Argentina) I. Cyanophyta, Chrooco-ccales y Chamaesiphonales. Revista del Museo de La Plata, Bot. 14: 163-189.
- Guerrero, C. A. 1989. Demografía y dinámica de la población de la perca de boca grande *Percichthys colhuapiensis* del embalse Ezequiel Ramos Mexía. Tesis doctoral. F.C.E. y Nat. (U.B.A). 201 pp.
- Guerrero, C. A.; A. A. Dománico; R. A. Ferriz y G. R. López. 1989. Variaciones en la composición de capturas experimentales de peces en un embalse norpatagónico. En resúmenes de la XIV Reunión de Ecología. 16-21 de abril. San Salvador de Jujuy.
- Guerrero, C. A. y A. A. Dománico. 1989. Edad y crecimiento del pejerrey patagónico *Patagonina hatcheri* en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. En Resúmenes de la XIV Reunión de Ecología. 16-21 de abril. San Salvador de Jujuy.
- Guerrero, C. A. 1991. Crecimiento de la perca boca chica (*Percichthys trucha*) en cuatro ambientes leniticos patagónicos. Páginas 47-71 en Trabajos presentados al segundo taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses (Vila, I., ed.), Santiago de Chile, 28 de setiembre 3 de octubre de 1987. COPESCAL, Doc. Téc. 9.

- Guerrero, C. A y A. A. Dománico. 1992. Edad y crecimiento del pejerrey patagónico en Arroyito (Rio Limay), Pcia. del Neuquén (MS). 14 pp.
- Gulland, J. A., 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Ed. Acribia FAO, 164p (Zaragoza).
- Gutreuter, S. y M. Childress. 1990. Evaluation of condition indices for estimation of growth of Largemouth Bass and White Crappie. North Amer. J. Fish. Manag. 10: 434-441.
- Hamley, J. M. 1975. Review of gillnet selectivity. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1943-1969.
- Henderson, H. F., R. A. Ryder y A. W. Kudhongania. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2000-2009.
- Hilborn, R. y C. J. Walters. 1993. Quantitative fisheries stock assessment. Chapman & Hall, New York, 570 p.
- Hoenig, J. M. 1982. Estimating mortality rate from the maximum observed age. ICES, C.M. 1982/D:5.
- Huxley, J. 1932. Problems of relative growth, Methuen & Co. London.
- Iwaszkiw, J. M. y L. R. Freyre. 1980. Fecundidad del pejerrey *Basilichthys bonariensis bonariensis* (Pisces Atherinidae) del embalse río Tercero, Córdoba. Limnobios, 2 (1): 36-49.
- Iwaszkiw, J. M.; L. R. Freyre y E. D. Sendra. 1983. Estudio de la maduración, época de desove y fecundidad del dientudo, *Oligosarcus jenynsii* (Pisces Characidae) del embalse Río III, Córdoba, Argentina.Limnobios, La Plata. Argentina. 2(7): 518-525.
- Jensen, A. L. 1978. Assessment of the lake trout fishery in lake Superior: 1929-1950. Trans. Amer. Fish. Soc. 107: 543-549.
- Johnson, L. 1976. Ecology of artic population of lake trout *Salvelinus namaycush*, lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*, artic char, S. alpinus and associated species in unexploited lakes of the Canadian northwest territories, J. Fish, Res. Board Can. 33: 2489-2488.

- Kaisin, F. J. 1989. Dinámica, Producción y balance energético del zoobentos en un embalse norpatagónico, Tesis doctoral F.C.E. y N. (U.B.A). 253 pp.
- Kennedy, W. A. 1951. The relationship of fishing effort by gillnets to the interval between lifts. J. Fish. Res. Board Can. 86: 201-214.
- Lafarga, A. M. y C. A. Guerrero. 1991. Crecimiento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en ambientes patagónicos. Páginas 72-90 en Trabajos presentados al segundo taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses (Vila, I., ed.), Santiago, Chile, 28/9-3/10 1987. COPESCAL Doc. Téc. 9, 196 p.
- Lagler, K. 1978. Capture sampling and examination of fishes. Páginas 7-47 en Methods for assessment of fish production in fresh waters (Bagenal, T. B., ed.). IBP H N

 3 Blackwell, London, 365 pp.
- Land de Castello, H. 1981. Algunos aspectos limnológicos de las cuencas de los ríos Limay y Neuquén, con especial referencia al embalse Ezequiel Ramos Mexía. Ecosur 8(16): 1-27.
- Lee, R. M., 1920. A review of the methods of age and growth determination by means of scales. Fishery Invest., Lond., Ser II, 4, 2. 32 pp.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. Journal of Animal Ecology 20:201-219.
- Leopold, M. T.; W. Korulzyc; W. Novak y L. Swierzowska. 1975. Effectiveness of gill net as a tool for the estimation of the fish population in Polish lakes. Páginas 90-95 en Symposium on the methodology for the survey, monitoring and appraisal resources in lakes and large rivers. Panel review and referent papers (Welcomme R., ed.). EIFAC Tech . Pap. (23) Suppl. 1, 747 p.
- López, H. L.; O. H. Padin y J. M. Iwaszkiw. 1993. Biología pesquera de las lagunas Encadenadas del Sudoeste, provincia de Buenos Aires. Inf. Técnico IATASA, Buenos Aires, 64 pp, t. y fig.
- López, H. L.; C. Baigún; J. Iwaszkiw; R. Delfino y O. Padin. 2001. La cuenca del salado: Uso y posibilidades de sus recursos pesqueros EDULP, Serie Ambiente y Desarrollo, 1, 60 pp, 3 tab., 8 figs. La Plata.

- López, H. L., A. M. Miquelarena y R. C. Menni. 2003. Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. ProBiota, Serie Técnica y Didáctica N° 5 pág. 85.
- López, R. B.; R. A. Ferriz; C. A. Guerrero y G. R. López. 1981a. En: Aspectos Ecológicos del Área de Piedra del Águila, Plan de Estudios Ecológicos. Inédito. Copia mimeografiada en el Mus. Arg. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia", Buenos Aires.
- López, R. B, A. Torno, C. Guerrero, G. López y R. Ferriz. 1981b. Necton-peces. Páginas 274-346 en Convenio HIDRONOR S.A-M.A.C.N. Plan de estudios ecológicos de la cuenca del río Negro. Informe final de la segunda etapa. Tomo III, 416 p.
- Luchini, L. 1981. Estudios ecológicos en la cuenca del río Limay (Argentina) Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, 12: 44-58.
- Macchi, P. J.; F. Alonso; E. Cussac y A. Denegri. 1997a. Piscivoría en salmónidos y peces nativos en lagos y embalses de la Patagonia norte. Página 96 en Resúmenes II Congreso Argentino de Limnología, Buenos. Aires. Septiembre de 1997.
- Macchi, P. J.; D. Mlano; P. H. Vigliano y M. F. Alonso. 1997b. Alimentación, relaciones tróficas y uso del espacio de la comunidad de peces del lago Gutiérrez, Prov. de Río Negro. Página 97 en: Resúmenes II Congreso Argentino de Limnología, Buenos Aires, Septiembre de 1997.
- Macchi, P. J.; V. E. Cussac; M. F. Alonso y M. A. Denegri. 1999. Predation relationships between introduced salmonids and the native fish fauna in lakes and reservoirs in northern Patagonia, Ecol. Freshw. Fish 8: 227-236.
- Margalef, R. 1974. Ecología, Omega S.A., Barcelona, 951 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología, Omega S.A., Barcelona, 1010 pp.
- Mariazzi, A. A.; V. H. Conzonno; R. Echenique y H. Labollita. 1991. Physical and chemical characters, phytoplankton and primary production of Ezequiel Ramos Mexía Reservoir (Argentina). Hydrobiologia 209: 107-116.
- Menni, R. C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina Continental. Monogr. Mus. Argentino Cienc. Nat. 5: 1-316.

- Miranda, L. A. y G. M. Somoza. 1998. Determinación sexual por temperatura en el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Relación con la expresión de hormona liberadora de gonadotrofina (GnRH) y de gonadotrofinas (GtHs). En: 1er. Taller Integral sobre el recurso Pejerrey en la Provincia de Buenos Aires, Diciembre, INTECH, Chascomús: 49-50.
- Miranda, L. A. y G. M. Somoza. 2001. Biología reproductiva del pejerrey *Odontesthes bonariensis*: Diferenciación sexual y endocrinología de la reproducción. Aspectos básicos y su potencial aplicación en acuicultura: 41-45. En: Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey. F. Grosman (Ed). Editorial Astyanax. 212 pp.
- Minns, C. K., y D. A. Hurley. 1988. Effects of net length and set time on fish catches in gill nets. North American Journal of Fisheries Management 8:216–223.
- Miquelarena, A. M.; H. L. López y L. C. Protogino. 1997. Los peces del Neuquén. Total Austral S.A., Buenos Aires, 50 p.
- Murphy, B. R. y D. W. Willis, (editors). 1996. Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Nielsen, L. A. y D. L. Johnson, (editors). 1985. Fisheries Techniques, second printing. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Ortubay, S. G.; L. G. Semenas y C. A. Ubeda. 1989. Elminti parassiti e loro effecti sui pesci del lago Rosario (Chubut, Argentina). Riv. Ital. Acquacol., 24: 207-218.
- Ortubay, S. G.; L. G. Semenas; C. A. Ubeda; A. E. Quaggiotto y G. P Viozzi. 1994. Catálogo de peces dulceacuícolas de la Patagonia Argentina y sus parásitos metazoos. Direc. De pesca de la provincia de Río Negro: 1-110.
- Paggi, A. C. y Rodríguez Capítulo A. 2002. Chironomids composition from drift and bottom samples in a regulated north-patagonian river (Río Limay, Argentina). Ver. Int. Verein. Limnol. 28: 1229-1235.
- Pauly, D. 1980. A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Circular, No 729. 54 p.

- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO. Fisheries Technical Paper No 234. 54 p
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with a programmable calculator. ICLARM Studies and reviews 8, 325 p. International center for living aquatic resources management, Manila, Philippines.
- Petersen, C. G. J. 1892. Fiskensbiologiske forhold i Holboek Fjord, 1890-91. Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890(91), 1: 121-183.
- Puig, A. y R. H. Sauval. 1986. Zooplancton del embalse Ezequiel Ramos Mexía, en A. E. Torno y S. Guarrera (eds), Resumen Informe Final, Illa Etapa PEECRN: 39-41.
- Puig, A. 1992. Estructura espacial y temporal de la taxocenosis de entomostracos (Crustácea) Limnéticos en el embalse E. R. Mexía (Provincias del Neuquén y Río Negro, Argentina). Tesis doctoral F.C.E. y N. (UBA), 180 pp.
- Quin II, T. J. y R. B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. 542 p.
- Quirós, R. y C. R. Baigún. 1986. Prospección pesquera en 33 embalses y lagos patagónicos (Argentina). Páginas 159-179. En: Trabajos presentados al taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses (Vila I. y E. Fagetti, eds.). Santiago, Chile, 5-10 Noviembre de 1984. COPESCAL, Doc. Téc. 4.
- Quirós, R.; S. Cuch y C. R. Baigún, 1986. Relación entre abundancia de peces y ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas en lagos yembalses patagónicos (Argentina). Páginas 180-222. En Trabajos presentados al taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses (Vila I. y E. Fagetti, eds.). Santiago, Chile, 5-10 Noviembre de 1984. COPESCAL, Doc. Téc. 4.
- Quirós, R.; C. R. M. Baigún; S. Cuch; R. Delfino; A. Denichilo; C. Guerrero; M. C. Marinone; S. Menu Marque y M. C. Scapini. 1988. Evaluación del rendimiento pesquero potencial de la Republica Argentina: I. Datos 1. Inf. Téc. Dto. Aguas Continentales (INIDEP) Nº 7: 55 p.

- Quirós, R. 1988. Evaluación del rendimiento pesquero potencial de la República Argentina: II. Evaluación por regiones. Inf. Téc. Dto. Aguas Continentales (INIDEP) Nº 8.
- Quirós, R. 1990. Predictors of relative fish biomass in lakes and reservoirs of Argentina. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47 928-939 p.
- Quirós R.; R. Delfino; S. Cuch y R. Merello, 1983. Diccionario de Ambientes Acuáticos Continentales de la República Argentina. Parte I: Ambientes lénticos (de superficie mayor de 5 km2). Serie Contribuciones No. 435, INIDEP.
- Rabinovich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. CECSA. México
- Rawson, D. S. 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. Verh. Int., Ver. Limnol. 12: 164-175.
- Rey Pastor J.; P. Pi Calleja y C. A. Trejo. 1963. Análisis matemático, análisis algebraico, teoría de ecuaciones, cálculo infinitesimal de una variable, volumen I. Ed. Kapeluz. 836 pág.
- Regier, H. A. y D. S. Robson. 1966. Selectivity of gill nets specially to lake white fish. J. Fish. Res. Board Can. 23: 423-454.
- Ricker, W. F. 1973. Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Board Can., 30: 409-434.
- Ricker, W. F. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can., 191: 382 pp.
- Rigler, F. H. 1982. The relation between fisheries management and limnology. Trans. Amer. Fish. Soc. 111: 121-132.
- Ringuelet, R. A. 1964. Un ejemplo de criterio normativo para la explotación de un recurso íctico de aguas continentales. La pesca comercial del pejerrey en la laguna de Chascomús (1958). Agro, 6: 61-78.
- Ringuelet, R. A. 1966. Composición y distribución de la fauna íctica. En: Trabajos Técnicos Primera Etapa (1965). Convenio Estudio Riqueza Ictícola (mimeo).

- Ringuelet, R. A., 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. Ecosur (La Plata) (3): 1-122.
- Ringuelet, R. A.; R. H. Arámburu y A. Alonso de Arámburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Com. de Inv. Cientif. Prov. de Bs. As. 602 pp.
- Ryder, R. A. 1982. The morphoedaphic index-use, abuse and fundamental concepts. Trans. Amer. Fish. Soc. 111: 154-164.
- Ryder, R. A.; S. K. Kerr; K. H. Loftus y H. A. Regier. 1974. The morphodaphic index, a fish yield estimator-review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 31: 663-688.
- Ryder, R. A. y H. F. Henderson. 1975. Estimates of potential yield for the Nasser Reservoir, Arab Republic of Egypt. J. Fish. Res. Board Can. 32: 2137-2151.
- Rudstam, L. G.; J. J. Magnuson y W. M. Tonn. 1984. Size selectivity of passive gear. A correction for encounter probability applied to gillnets. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1252–1255.
- Ruiz, A. E., 2002. Biología del pejerrey patagónico, *Odontesthes hatcheri* (Eigenmann, 1909) Dyer, 1993, en el embalse Florentino Ameghino, Chubut, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 177 pp.
- Sauval, R. H. 1987. El ictioplancton en el embalse Ezequiel Ramos Mexía. En: Torno, A. y Guarrera, S. (eds). Informe Final IIIa Etapa del PEECRN, convenio Hidronor S. A. Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires.
- Semenas, L.; C. Ubeda; S. Ortubay; P. Noguera; J. Revenza y G. Viozzi. 1989. Estado sanitario de las poblaciones de peces de cuerpos de agua andino patagónicas. Actas primeras Jornadas Nacionales de Fauna Silvestre, 1987. Univ. Nac. de la Pampa Arg., II: 329-347.
- Sendra, E. D. y L. R. Freyre. 1981. Un método para la corrección de mediciones de las marcas periódicas de crecimiento en radios de peces. Limnobios 2, (4): 233-525.

- Sendra, E. D., Colautti D. 1997. Procedimiento metodológico para el estudio del crecimiento de los pejerreyes de agua dulce. Caso de *Odontesthes bonariensis bonariensis* de la laguna de San Miguel del Monte. Natura Neotropicalis 28 (2): 105-115.
- Strüssmann, C. A.; F. Takashima y K. Toda. 1996. Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey, *Odontesthes bonariensis*. Acuaculture. Amnsterdan No 139, p. 31-45.
- Sverlij, S. y J. Mestre Arceredillo. 1991. "Crecimiento del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, atheriniformes) en el embalse La Florida, San Luis, Argentina", Rev. Hidrobiol. Trop. 24 (3): 183-195.
- Taylor, C. C. 1958. Cod growth and temperature. J. Cons. Internat. Explor. Mer 23, 366-370.
- Turner, J. L. 1981. Changes in multispecies fisheries when many species are caught at the same time. Páginas 136-142 en Seminar on the river basin management and development (Kapetstky, J. M, ed.), Blantyre, Malawi 8-10 December 1980. CIFA Tech. Pap. 8.
- Velasco, C. M.; G. Berasain y E. Barchiesi. 1997. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe Técnico. Laguna de Monte. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires.
- Vigliano, P. H. y F. Grosman. 1996. Análisis comparativos entre pesquerías recreacionales de Bariloche, Provincia Río Negro y de Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Medio Ambiente 1: 80-87.
- Vigliano, P. H.; P. J. Macchi; M. A. Denegri; M. F. Alonso; D. Milano; G. Lippolt y G. Padilla. 1999. Un diseño modificado de calado de redes agalleras para estudios cuali-cuantitiativos de peces por estratos de profundidad en lagos araucanos. Natura Neotropicalis 30 (1-2): 1-12
- Vigliano, P. H.; M. A. Denegri; G. E. Lippolt; M. F. Alonso; P. J. Macchi; D. Milano y M. I. García Asorey. 2001. Evaluación íctica de los lagos Moreno Este, Oeste y Morenito (R.N), mediante el uso de redes enmalladoras. Página 239 en Resúmenes I Reunión Binacional de Ecología, XX Reunión Argentina de Ecología, Bariloche, 23-27 Abril 2001.

- Viozzi, G. 1993. Infestación parasitaria de *Patagonina hatcheri* (Pisces Atherinidae) en el lago Pellegrini, Río Negro. Trabajo de Licenciatura. CRUB, Univ. Nac. Del Comahue. 64 pp + figs y tablas.
- Weatherley, A. H. 1972. Growth and ecology of fish populations Academic Press, Inc. (Eds.). London 294 pp.
- Welcomme, R. L. 1985. *River Fisheries*. FAO Fish. Tech. Pap 262 FAO, Rome, Italy.
- Welcomme, R. L. 1992. Pesca fluvial. FAO Documento Técnico de Pesca. Nº 262. Roma, FAO. 303 p.