

INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 29

# Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera (<u>Tawera gayi</u>) y Culengue (<u>Gari solida</u>) en la X Región



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

# REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

# **EJECUTOR**

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA



# **JEFE DE PROYECTO**

GABRIEL JEREZ A.

# **AUTORES**

GABRIEL JEREZ
NANCY BARAHONA
HERNÁN MIRANDA
VILMA OJEDA
DONALD BROWN
CECILIA OSORIO
ANDRÉS OLGUIN
JOSE M. ORENSANZ

### **COLABORADORES**

VIVIAN PEZO
DAGOBERTO SUBIABRE
NERSIO SALDIVIA
LIZANDRO MUÑOZ
GLADYS JOFRE
CLAUDIO ROMERO
GASTON OJEDA
CHRISTIAN BETANCOURT
GONZALO COLLADO
RAUL RAMIREZ
LUIS COCAS
KATHERINNE VALDERRAMA

# PERSONAL PARTICIPANTE

AUTORES		
NOMBRE	INSTITUCIÓN	
GABRIEL JEREZ	Estimaciones de mortalidad natural y talla crítica	IFOP
NANCY BARAHONA	Coordinación general del proyecto	IFOP
HERNAN MIRANDA	Diseño estadístico	IFOP
VILMA OJEDA	Aspectos de crecimiento	IFOP
DONALD BROWN	Aspectos reproductivos	U. DE VALPARAÍSO
CECILIA OSORIO	Análisis de reclutamiento	U. DE CHILE
ANDRES OLGUIN	Análisis sedimentológico	IFOP
JOSE M. ORENSANZ	Plan de rotación de áreas recurso culengue	UNIVERSIDAD DE WASHINGTON

COLABORADORES		
NOMBRE	FUNCIÓN	INSTITUCIÓN
VIVIAN PEZO	Coordinación de terreno	IFOP
DAGOBERTO SUBIABRE	Preparación y lectura muestras de crecimiento	IFOP
NERSIO SALDIVIA	Buceo técnico de muestras	IFOP
LIZANDRO MUÑOZ	Lectura de anillos de crecimiento	IFOP
GLADYS JOFRE	Redacción y compaginación informe	IFOP
CLAUDIO ROMERO	Digitalización de cartografía	IFOP
GASTON OJEDA	Fotografia científica	IFOP
CHRISTIAN BETANCOURT	Preparación muestras histológicas	U. DE VALPARAISO
GONZALO COLLADO	Preparación muestras histológicas	U. DE VALPARAISO
RAUL RAMIREZ	Preparación muestras histológicas	U. DE VALPARAISO
LUIS COCAS	Preparación muestras histológicas	U. DE VALPARAISO
KATHERINNE VALDERRAMA	Preparación muestras histológicas	U. DE VALPARAISO

# **RESUMEN EJECUTIVO**

El Informe Final que se presenta contiene una descripción de las actividades y resultados finales del proyecto "Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera (*Tawera gayi*) y Culengue (*Gari solida*) en la X Región" para el período comprendido entre enero de 1998 y julio de 1999. Los meses de muestreos han comprendido el lapso entre marzo de 1998 y abril de 1999, mientras que el procesamiento y análisis han considerado el período de octubre de 1998 a julio de 1999.

Los resultados obtenidos consideran los temas relativos a: 1) Determinación del crecimiento, 2) Validación de las determinaciones de edades, 3) Determinaciones estacionales de las relaciones longitud - peso, 4) Determinación de la clave edad – talla, 5) Estudios de crecimiento a través de marcaje y recaptura, 6) Caracterización del ciclo de madurez sexual, 7) Determinación del período de reclutamiento y reclutas, 8) Caracterización de los tipos de sustrato relacionado con el proceso de reclutamiento, 9) Estimación de las tasas de mortalidad natural y talla crítica, 10) Estudio preliminar de un plan de rotación de áreas para la explotación del recurso Culengue.

Los procesos poblacionales básicos para cada recurso se resumen en los siguientes cuadros:



	Tawera gayi	
Función de crecimiento	$L_{ap(t)} = 40.6 * (1 - e^{-0.287*(t+1.082)})$	
Tasa de crecimiento anual	3,2 mm/mes	
Ciclo reproductivo	Tawera tiene un ciclo reproductivo continuo asincrónico o mixto, sin un período de reposo gonadal. El período reproductivo es extenso con una actividad gametogénica continua, se expresa con madurez importante en los meses de marzo, julio y octubre, y consecuentemente una etapa de evacuación de gametos extensa en que las emisiones principales de gametos ocurrirían entre abril-mayo y julio-septiembre y noviembre-enero.	
Talla de primera madurez	Rango 12,5-17,4 mm	
Epoca de reclutamiento	Invierno-primavera	
Tasa de mortalidad natural	Rango M=0,32 y M=0,63.	
Talla crítica	Rango tc= 28,7 mm a tc = 33,1 mm.	

Gari solida		
Función de crecimiento	$L_{ap(t)} = 81.7 * (1 - e^{-0.149*(t+1.633)})$	
Tasa de crecimiento anual	6,5 mm/mes	
Ciclo reproductivo	El Culengue presenta un ciclo reproductivo continuo anual sin un marcado período de reposo gonadal. El período reproductivo extenso con una actividad gametogénica continua, se expresa con madurez importante en los meses febrero, mayo y diciembre, y consecuentemente una etapa de evacuación de gametos extensa en que las emisiones principales de gametos ocurrirían entre febrero-marzo, mayo-junio y diciembre-enero	
Talla de primera madurez	Rango 40,0-44,9 mm de longitud.	
Epoca de reclutamiento	Otoño-invierno	
Tasa de mortalidad natural	Rango M = 0,16 y M = 0,24	
Talla crítica	Rango tc = 61 mm a tc = 66 mm.	

Cabe consignar que los resultados obtenidos sobre crecimiento individual de datos de marcaje y recaptura, aspectos del reclutamiento, estimaciones de tallas mínimas de madurez, estimaciones de mortalidad natural y talla crítica, tanto para la pesquería de Tawera como la de Culengue, representan los primeros estudios que se realizan en estas especies de bivalvos.

En el caso particular del recurso Culengue, se destaca el estudio preliminar sobre un plan de rotación de áreas de explotación ubicadas al interior de la bahía de Ancud, X Región. Por primera vez se ha desarrollado y aplicado un método que permite postular una estrategia formal de explotación para un recurso bentónico chileno basado en un plan de rotación óptima de áreas. Se aconseja que los bancos de este recurso debería explotarse cada 8 años, mediante un mecanismo de cierre y apertura secuencial anual de cada uno de ellos.

# **INDICE GENERAL**

			Página
RES	UMEN I	EJECUTIVO	j
INDI	CE GEN	IERAL	V
INDI	CE DE I	FIGURAS	ix
INDI	CE TAE	BLAS	xvii
1.	INTRO	DUCCION	1
2.	ANTEC	EDENTES GENERALES DE LOS RECURSOS	3
	2.1 2.2	Recurso Culengue ( <i>Gari solida</i> ) Recurso Tawera ( <i>Tawera gayi</i> )	3 6
3.	OBJET	TIVOS	9
	3.1 3.2	Objetivo general Objetivos específicos	9
4.	INFOR	ME DE GESTION	11
	4.1	Coordinación con el equipo de terreno	11
	4.2	Ejecución de muestreosSolicitud de pesca de investigación	11 12
	4.4	Reuniones de coordinación con organizaciones de pescadores	12
5.	METO	OOLOGIA POR OBJETIVO	13
	5.1	Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de los recursos Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 1)	13
	5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4	Lectura de anillos de crecimiento Estimador de la estructura de edades Estimación de los parámetros de crecimiento Crecimiento estacional y anual por rangos de tamaño	13 17 20 22



# INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

	5.1.5 5.1.6 5.1.7 5.1.8	Marcaje y recaptura	25
	5.2	Determinación y caracterización del ciclo reproductivo, ojiva de madurez y talla mínima de madurez de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.( OBJETIVO 2)	
	5.2.1	Metodología para determinar y caracterizar el ciclo de madurez sexual (ciclo reproductivo de los adultos) de las	
	5.2.2	Metodología para determinar talla mínima de reproducción	33
	5.2.3	para cada especie  Metodología para determinar la ojiva de madurez (función madurez) para cada especie	45 47
	5.3	Determinación y caracterización del reclutamiento (asenta- miento de ejemplares en el bentos) de los recursos Tawera	
	5.4	y Culengue en la X Región (OBJETIVO 3) Estimación de la mortalidad natural y la talla crítica de los recursos Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 4)	48 49
	5.4.1	Estimar la mortalidad natural de los recursos Tawera y	1907.000
	5.4.2	Culengue en la X Región Estimación de la talla crítica de los recursos Tawera y Culengue en la X Región	49 53
	5.5	Formulación de una metodología para elaborar un plan de rotación de áreas de extracción de los recursos Tawera y Culengue en la X Región	55
6.	RESUL	LTADOS POR OBJETIVO	57
	6.1	Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de los recursos Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 1)	57
	6.1.1	Determinación y caracterización del crecimiento de los recursos Tawera y Culengue en la X Región	57



### INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

6.1.1. 6.1.1.		57
	de crecimiento	63
6.1.1.	3 Estimador de la estructura de edades	64
6.1.2	Estimación de los parámetros de crecimiento	67
6.1.3	Método de marcaje – recaptura	70
6.1.3.		71 71
6.1.3. 6.1.3.		72
6.1.4	Estimación de los parámetros somatométricos de los	
0.1.4	recursos Tawera y Culengue en la X Región	72
6.1.4.	Relación longitud antero posterior – longitud desde	
0.1.4.	el umbo	72
6.1.4.	2 Relación talla – peso estacional y anual	74
6.2	Determinación y caracterización del ciclo reproductivo,	
	ojiva de madurez y talla mínima de madurez de los Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 2)	76
520		
6.2.1	Determinación y caracterización del ciclo de madurez sexual (ciclo reproductivo de los adultos) de las especies	
	seleccionadas	76
6.2.2	Determinación talla mínima de madurez sexual para cada especie	85
0.0		
6.3	Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de los recursos	
	Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 3)	92
6.3.1	Análisis del sedimento	92
6.3.2	Análisis del reclutamiento	93
6.4	Estimación de la mortalidad natural y la talla crítica de los	
	recursos Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 4)	96
6.4.1	Mortalidad natural y talla crítica en Tawera	96
6.4.2	Mortalidad natural y talla crítica en Culengue	97

	6.5	Formulación de una metodología para elaborar un plan de rotación de áreas de extracción de los recursos Tawera y Culengue en la X Región (OBJETIVO 5)	- 98
	6.5.1 6.5.2	Fuentes de documentaciónAnálisis y resultados	
7.	DISCU	JSION	115
	7.1 7.2 7.3 7.4 7.5	Aspectos del crecimiento Aspectos reproductivos Aspectos del reclutamiento y análisis del substrato Aspectos de mortalidad natural y talla crítica	118 127 128
8.	CONC	LUSIONES	131
	8.1 8.2 8.3 8.4 8.5	Aspectos de crecimiento Aspectos reproductivos Aspectos del reclutamiento y análisis de substratos Aspectos de mortalidad natural y talla crítica Aspectos del plan de rotación de áreas para Culengue	132 133 134
9.	BIBLIC	OGRAFIA	125

### **FIGURAS**

# **TABLAS**

# ANEXO SOLICITUD PESCA INVESTIGACION



# INDICE DE FIGURAS

Area de estudio y muestreo del recurso Culengue (Gari solida) en el Figura 1 banco "Los Corrales", Xª Región. Area de estudio y muestreo del recurso Tawera (Tawera gayi) en el Figura 2 banco de la isla Caucahue, Quemchi, Xª Región. Esquema de la cara externa de la valva derecha de Tawera. Figura 3 Figura 4 Esquema de la cara externa de la valva derecha de Culengue. Figura 5 Secciones gonadales de Tawera gayi que tipifican los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo. Desarrollo estado 1 y 2 masculino y femenino. Figura 6 Secciones gonadales de Tawera gayi que tipifican los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo. Desarrollo estado 3. Regresión estado 1. Secciones gonadales de Tawera gayi que tipifican los diferentes Figura 7 estados gonadales en el ciclo reproductivo. Regresión estado 2. Masculino y femenino. Esporocistos con cercarias de tremátodos Figura 8 Secciones gonadales de Tawera gayi que tipifican los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual. Línea germinal incompleta estado 1 Indeterminado. Secciones gonadales de Tawera gayi que tipifican los diferentes Figura 9 estados en la adquisición de la madurez sexual. Línea germinal incompleta estado 2 y 3. Femenino. Figura 10 Secciones gonadales de Gari solida que tipifican los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo y el hermafroditismo

intraacinar. Desarrollo estado 1 y 2. Masculino y femenino.



- Figura 11 Secciones gonadales de *Gari solida* que tipifican los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo y el hermafroditismo intraacinar. Desarrollo estado 3. Regresión estado 1. Masculino y femenino.
- Figura 12 Secciones gonadales de *Gari solida* que tipifican los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo y el hermafroditismo intraacinar. Regresión estado 2. Masculino y femenino. Hermafrodita.
- Figura 13 Secciones gonadales de *Gari solida* que tipifican los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual. Línea germinal incompleta estado 1 Indeterminado.
- Figura 14 Secciones gonadales de *Gari solida* que tipifican los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual. Línea germinal incompleta estado 2 y 3. Masculino.
- Figura 15 Secciones gonadales de *Gari solida* que tipifican los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual. Línea germinal incompleta estado 2 y 3. Femenino.
- Figura 16 Líneas de crecimiento en Tawera gayi.
- Figura 17 Líneas de crecimiento en Gari solida
- Figura 18a Valvas de *Tawera gayi* de individuos de 2 y 3 años de edad.
- Figura 18b Valvas de Tawera gayi de individuos de 4 y 5 años de edad.
- Figura 19a Valvas de Gari solida de individuos de 5 y 9 años de edad.
- Figura 19b Valvas de Gari solida de individuos de 11 y 13 años de edad.
- Figura 20 Distribución de los incrementos marginales promedio para las edades de Tawera (a) y Culengue (b). Febrero 1998 Febrero 1999.
- Figura 21 Distribución de frecuencias de tallas de Culengue en el muestreo que se estudió edad, en la muestra poblacional y en el muestreo del desembarque.



- Figura 22 Dispersión y curva de crecimiento ajustada para Tawera (a) y Culengue (b). 1998.
- Figura 23 Estructura de talla de Tawera de las muestras utilizadas en el estudio de marcaje y recaptura para estimación de las tasas de crecimiento estacional y anual.
- Figura 24 Estructura de talla de Culengue de las muestras utilizadas en el estudio de marcaje y recaptura para estimación de las tasas de crecimiento estacional y anual.
- Figura 25a Curva de tasa de incremento promedio mensual. Tawera Período marzo-julio 1998.
- Figura 25b Curva de tasa de incremento promedio mensual. Tawera Período julio 1998-enero 1999.
- Figura 25c Curva de tasa de incremento promedio mensual. Tawera Período enero-abril 1999.
- Figura 26a Curva de tasa de incremento promedio mensual. Culengue Período marzo-agosto 1998.
- Figura 26b Curva de tasa de incremento promedio mensual. Culengue Período agosto 1998-enero 1999.
- Figura 26c Curva de tasa de incremento promedio mensual. Culengue Período enero-abril 1999.
- Figura 27 Curva de tasa de incremento promedio mensual. Tawera Período marzo 1998 abril 1999.
- Figura 28 Curva de tasa de incremento promedio mensual. Culengue Período marzo 1998 abril 1999.
- Figura 29 Ajuste de ecuación de Ford-Walford de crecimiento a los valores de incremento en talla en el período marzo 1998 abril 1999. Tawera, Xº Región.



- Figura 30 Ajuste de ecuación de Ford-Walford de crecimiento a los valores de incremento en talla en el período marzo 1998 abril 1999. Culengue, Xº Región.
- Figura 31 Dispersión de puntos y curva ajustada para las variables longitud antero-posterior y longitud desde el umbo para Tawera (a) y Culengue (b). 1998.
- Figura 32 Relación de las variables peso-longitud para Tawera 1998. Banco de la Isla Caucahue.
- Figura 33 Relación de las variables peso-longitud para Culengue 1998. Banco Los Corrales.
- Figura 34 Indice gonadosomático (IGS) por fecha de muestreo. Tawera gayi.
- Figura 35 Indice gonadosomáticos complejo gónada glándula digestiva. *Tawera gayi*.
- Figura 36 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia porcentual de estados gonadales. (a) Machos. (b) Hembras. *Tawera gayi*.
- Figura 37 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia porcentual de estados gonadales totales. *Tawera gayi*.
- Figura 38 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. (A): Línea germinal temprana: (B): Línea germinal avanzada. (C): Otros tejidos. *Tawera gayi*.
- Figura 39 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras (A): Gonias. (B): Ovocitos previtelogénicos. (C): Ovocitos vitelogénicos adheridos. (D): Ovocitos vitelogénicos libres. *Tawera gayi*.
- Figura 40 Indice gonadosomático (IGS) por fecha de muestreo. Gari solida.
- Figura 41 Indice gonadosomático complejo gónada glándula digestiva. *Gari solida*.





Figura 42	gonadales. (a) Machos. (b) Hembras. <i>Gari solida</i> .
Figura 43	Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia porcentual de estados gonadales totales. <i>Gari solida</i> .
Figura 44	Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. (A): Línea germinal temprana: (B): Línea germinal avanzada. (C): Otros tejidos. <i>Gari solida</i> .
Figura 45	Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio. Hembras. As Gonias; B: Ovocitos previtelogénicos; C: Ovocitos vitelogénicos adheridos; D: Ovocitos vitelogénicos libres. <i>Gari solida</i> .
Figura 46	Indice gonadosomático (IGS) por rango de talla. Tawera gayi.
Figura 47	Estados de madurez sexual en machos. Tawera gayi.
Figura 48	Talla de primera madurez sexual en machos. Tawera gayi.
Figura 49	Estados de madurez sexual en hembras. <i>Tawera gayi</i>
Figura 50	Talla de primera madurez sexual en hembras. Tawera gayi
Figura 51	Estados de madurez sexual poblacional. Tawera gayi
Figura 52	Talla de primera madurez poblacional. <i>Tawera gayi</i> .
Figura 53	Curva de madurez y talla de primera madurez (TPM). <i>Tawera gayi</i> .
Figura 54	Indice gonadosomático (IGS) por rango de talla. Gari solida.
Figura 55	Estados de madurez sexual en machos. Gari solida.
Figura 56	Talla de primera madurez sexual en machos. Gari solida.
Figura 57	Estados de madurez sexual en hembras. Gari solida
Figura 58	Talla de primera madurez sexual en hembras. Gari solida
	No.



# INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO

Figura 59	Estados de madurez sexual poblacional. Gari solida.	
Figura 60	Talla de primera madurez poblacional. Gari solida.	
Figura 61	Curva de madurez y talla de primera madurez (TPM). Gari solida.	
Figura 62	Caracterización porcentual de las clases de arena presentes en e Sector de Carelmapu, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Figura 63	Caracterización porcentual de las clases de arena presentes en e Sector de Quemchi, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Figura 64	Estructura de talla poblacional del recurso Culengue. Los Corrales, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Figura 65	Estructura de talla poblacional del recurso Tawera. Punta Queler Quemchi, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Figura 66	Estimación de la tasa de mortalidad natural para Tawera a partir de los datos de tallas poblacionales y la edad correspondiente, mediante la aplicación del met4 = Pauly (1983) Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Figura 67	Bancos del recurso Culengue ( <i>Gari solida</i> ) en la zona de Bahía de Ancud y costa de Carelmapu, X Región, susceptibles de ser sometidos a una estrategia de rotación por areas de cosecha.	
Figura 68a	Curva de crecimiento individual en peso (g) del Culengue de la Bahía de Ancud (X Región).	
Figura 68b	Curvas de biomasa (en unidades relativas arbitrarias) correspondientes a dos modelos de supervivencia: modelo exponencial y distribución de Weibull.	
Figura 68c	Curvas de biomasa (en unidades relativas arbitrarias) acumulada tras una cosecha total (tiempo en años). Modelo exponencial y distribución de Weibull.	
Figura 68d	Curvas de supervivencia ajustadas con el modelo exponencial y con la distribución de Weibull.	
xiv		



Figura 68e Análisis gráfico del tiempo de rotación óptima utilizando el modelo de supervivencia exponencial.

Figura 68f Análisis gráfico del tiempo de rotación óptima utilizando la distribución de Weibull como modelo de supervivencia.

# **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1	abril 1999.	
Tabla 2	Tamaño de muestra de longitud.	
Tabla 3	Número de muestras de Tawera y Culengue analizadas por mes para estudio de edad.	
Tabla 4	Clave edad-talla (en número) para Tawera. Banco Isla Caucahue. Marzo 1998 – Febrero 1999.	
Tabla 5	Clave edad-talla (en número) para Culengue. Banco Los Corrales. Febrero 1998 – Enero 1999.	
Tabla 6	Valores de los parámetros de crecimiento de Tawera y Culengue, intervalos de confianza y medida de ajuste de la relación.	
Tabla 7	Longitudes antero posterior promedio estimada por edad y valores de interés asociados de Tawera, banco de la isla Caucahue, Marzo 1998 a Febrero 1999.	
Tabla 8	Longitudes antero posterior promedio estimada por edad y valores de interés asociados de Culengue, 1998, banco Los Corrales, Febrero 1998 a Enero 1999.	
Tabla 9	Tamaños de muestras marcadas y recapturadas de Tawera durante el período de estudio en la Xª región.	
Tabla 10	Tamaños de muestras marcadas y recapturadas de Culengue durante el período de estudio en la Xª región.	
Tabla 11	Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Marzo – Julio 1998.	



- Tabla 12 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Julio 1998 Enero 1999.
- Tabla 13 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Enero – Abril 1999.
- Tabla 14 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en Culengue. Los Corrales, X Región. Marzo Agosto 1998.
- Tabla 15 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en Culengue. Los Corrales, X Región. Agosto 1998 Enero 1999.
- Tabla 16 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en Culengue. Los Corrales, X Región. Enero Abril 1999.
- Tabla 17 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé. X Región. Marzo 1998 Abril 1999.
- Tabla 18 Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en Culengue. Los Corrales, X Región. Marzo 1998 Enero 1999.
- Tabla 19 Resumen de los estadísticos de la regresión lineal entre la longitud antero posterior y la longitud desde el umbo, coeficientes y límites de confianza para Tawera y Culengue.
- Tabla 20 Datos estadísticos de interés para las relaciones peso-longitud por métodos no lineales para Tawera y Culengue 1998.
- Tabla 21 Pesos teóricos alcanzados a una talla definida según trimestre para Tawera y Culengue, 1998.



Tabla 22 Indice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar por fecha de muestreo. Tawera gayi. Tabla 23 Medida del complejo gónada glándula digestiva y sus respectivos indices gonadosomáticos. Tawera gayi. Tabla 24 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Machos. Tawera gayi. Tabla 25 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Hembras. Tawera gayi. Tabla 26 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales totales. Tawera gayi. Tabla 27 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. Tawera gavi. Tabla 28 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. Tawera gayi. Tabla 29 Indice gonadosomático (IGS) por fecha de muestreo. Gari solida. Tabla 30 Medida del complejo gónada glándula digestiva y sus respectivos indices gonadosomáticos. Gari solida. Tabla 31 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Machos. Gari solida. Tabla 32 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%)de estados gonadales. Hembras. Gari solida. Tabla 33 Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales totales. Gari solida. Tabla 34 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. Gari solida.



- Tabla 35 Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. *Gari solida*
- Tabla 36 Indices gonadosomáticos (IGS) por rangos de talla. Tawera gayi.
- Tabla 37 Madurez sexual. Variaciones de las frecuencias porcentuales de los ejemplares en los diferentes estados histológicos de la gónada, por rango de talla. Tawera gayi.
- Tabla 38 Indice gonadosomático (IGS) por rangos de talla. Gari solida.
- Tabla 39 Madurez sexual. Variaciones de las frecuencias porcentuales de los ejemplares en los diferentes estados histológicos de la gónada, por rango de talla. Gari solida.
- Tabla 40 Caracterización porcentual de las clases de arenas presentes en el sector de Carelmapu.
- Tabla 41 Caracterización porcentual de las clases de arenas presentes en el sector de Quemchi.
- Tabla 42a Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural y talla crítica del recurso Tawera (*Tawera gayi*), X Región.
- Tabla 42b Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) y talla crítica (tc) para el recurso Tawera (*Tawera gayi*), X Región a partir de tres métodos de cálculo: met1= Taylor (1958); met2 = Alagaraja (1984), met3 = Rikhter & Efanov (1976), met4 = Pauly (1984).
- Tabla 43 Valores usados para la estimación de la tasa de mortalidad natural para Tawera mediante el método de Pauly (1984) a partir de la estructura de talla poblacional anual del recurso en la X Región.
- Tabla 44a Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural y talla crítica del recurso Culengue (*Gari solida*), X Región.



Tabla 44b Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) y talla crítica (tc) para el recurso Culengue (*Gari solida*), X Región a partir de tres métodos de cálculo: met1= Taylor (1958); met2 = Alagaraja (1984), met3 = Rikhter & Efanov (1976).



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Informe Final del proyecto "Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera y Culengue en la Xª Región", ejecutado por IFOP y financiado por el Fondo de Investigación Pesquera.

El proyecto posee objetivos específicos que conducen a ampliar el conocimiento de estos recursos en el ámbito del crecimiento, ciclo reproductivo, reclutamiento, mortalidad natural, talla crítica y una primera aproximación a la formulación de un plan de rotación de áreas para el recurso Culengue.

Luego, de más de un año de trabajo, se ha recopilado una gran cantidad de información biológico-pesquera de los recursos objetivos. Dicha información se considera altamente valiosa, por su calidad y oportunidad; permitiendo en el caso de Tawera, disponer de las primeras estimaciones de crecimiento, talla de primera madurez, proceso de reclutamiento, estimaciones de tasas de mortalidad natural y de talla crítica. Similar información se obtuvo para Culengue, además de estudiarse, por primera vez, la posibilidad de la aplicación formal de un plan de rotación de áreas para una pesquería bentónica chilena.

En este marco, se informa sobre los resultados obtenidos, los cuales satisfacen los objetivos general y específicos comprometidos originalmente.

Se ha incorporado un capítulo de gestión que da cuenta de las actividades realizadas y así dar cumplimiento a los objetivos planteados. Se entregan las metodologías que se aplicaron y los resultados obtenidos según corresponde.



# 2. ANTECEDENTES GENERALES DE LOS RECURSOS

# 2.1 Recurso Culengue (Gari solida)

La explotación del recurso Culengue con fines comerciales se inició en la década del 80 en la Xª Región, registrando en 1984 un desembarque igual a 24 t cifra que alcanzó su máximo histórico en 1990 (31.372 t), constituyendo esta cifra el 99,9% del desembarque nacional del recurso. La información disponible señala que hasta 1988 el 100% de los desembarques provinieron de la Xª Región. En los años siguientes, si bien comenzó su explotación en otras regiones del país, su desembarque no fue significativo, manteniendo la Xª Región niveles de participación que variaron entre un 99,9 % y 82%, como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1 : Desembarque de Culengue (t). Período 1984 - 1998

Año	Desembarque (t)	Xª Región %	Desembarque Nacional (t)
1984	25	100,0	25
1985	570	100,0	570
1986	1.155	100,0	1.155
1987	1.027	100,0	1.027
1988	1.542	100,0	1.542
1989	17.691	99,8	17.729
1990	31.329	99,9	31.372
1991	26.902	96,6	27.859
1992	23.330	89,6	26.033
1993	11.954	86,5	13.820
1994	11.651	90,3	12.901
1995	8.641	82,0	10.527
1996	7.703	88,5	8.702
1997	6.913	84,3	8.203
1998	3.006	91,5	3.287

FUENTE: SERNAPESCA



En la Xª Región, la pesquería de Culengue, en conjunto con el erizo y la almeja constituyen las principales especies explotadas por los pescadores artesanales, observándose una diferenciación espacial en su explotación, asociada a la abundancia de los bancos existentes a lo largo de la región. Los antecedentes disponibles indican que las mayores concentraciones y niveles de explotación de Culengue en la región se observan en la zona norte de la Isla de Chiloé, centrándose la actividad y los desembarques en los puertos de Carelmapu, Ancud y Pudeto, siendo este último el principal centro de desembarque (Reyes et al., 1994, 1995a).

Los pescadores de los tres centros de desembarque mencionados durante 1996 operaron sobre 14 áreas de extracción, destacando en términos de viajes y desembarques Punta Chocoi en Carelmapu, Isla Cochino en Pudeto y Ahui en Ancud (Barahona *et al.*, 1997; 1998).

En el cuadro 2, se observa que en los últimos 13 años la tendencia de los desembarques de la pesquería de Almeja y Culengue en la Xª Región, es que esta última en un corto lapso de tiempo sobrepasó los niveles de desembarque de almeja, para luego comenzar a declinar presentando similar tendencia ambas curvas hasta la fecha. El fuerte incremento en los desembarques y la sostenida demanda sobre este recurso obedeció a la apertura de nuevos mercados a partir de la década del 80. Los principales consumidores de este producto enlatado lo constituyen los países asiáticos.

Cabe hacer notar que la Unidad de Pesquerías Bentónicas del IFOP ha desarrollado algunas investigaciones recientes en este recurso. Hasta el año 1994 se realizó, a través del programa denominado "Diagnóstico de Pesquerías", un monitoreo de la pesquería en la Xª Región, el cual incorporó en los últimos años análisis de la estructura de talla de los desembarques de las principales áreas de extracción,



estructura de talla poblacional en los bancos Ahui e Isla Cochinos, estimación de parámetros morfométricos para Isla Cochinos, determinación de parámetros de crecimiento por lectura de anillos, elaboración de claves talla edad, validación mediante marcaje, talla de primera madurez sexual, ciclo de madurez gonadal y fecundidad potencial. Posteriormente, el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) de la Xª Región financió un proyecto denominado "Investigación de aspectos reproductivos de Culengue en la X Región" y cuyo ejecutor fue el mismo grupo de trabajo del presente proyecto.

Por otra parte, desde 1995 a la fecha se está desarrollando el programa "Investigación Situación Pesquerías Bentónicas" en la región, que cuenta entre sus recursos objetivos el Culengue. A través de este proyecto se dispone de información relativa a niveles de desembarque del recurso, embarcaciones en operación, niveles de rendimiento por área y algunos índices de precios de venta del recurso en playa.

Cuadro 2: Desembarque de Culengue y Almeja en la Xª Región. Período 1986 -1998

Año	Xª Región	
	Culengue	Almeja
1986	1.155	35.278
1987	1.027	32.427
1988	1.542	40.029
1989	17.691	31.365
1990	31.329	22.959
1991	26.902	35.131
1992	23.330	32.180
1993	11.954	20.592
1994	11.651	14.366
1995	8.641	14.853
1996	7.703	17.677
1997	6.913	9.339
1998	3.006	23.253

FUENTE: SERNAPESCA

# 2.2 Recurso Tawera (Tawera gayi)

El recurso Tawera es un bivalvo Veneridae conocido con el nombre vulgar de "bongo" ó "juliana". Se distribuye por el Pacífico desde Valparaíso hasta el Canal Beagle (Hupé, 1854) y por el Atlántico desde la desembocadura del río de la Plata al sur (Carcelles y Williamson, 1951).

Bustos *et al.*, 1981 señalan que se encuentra presente en la comunidad de fondos blandos de la bahía de Ancud en la Xª región y áreas adyacentes, en un porcentaje cercano al 0,8% entre ocho bivalvos presentes en la zona.

Este recurso a la fecha no se ha explotado en términos comerciales en el país, debido a que está sometido a la legislación vigente para almejas que establece una talla mínima de longitud valvar igual a 5,5 cm, siendo los ejemplares de esta especie muy inferiores a esta talla. La literatura cita registros de talla máxima igual a 39 mm en Carcelles y Williamson, *op. cit.* y 30,4 mm en Hupé, *op. cit.* 

En el año 1989, a petición de la empresa American Seafood, la autoridad pesquera autorizó la ejecución de un proyecto de evaluación de la biomasa de este recurso en los principales bancos de la Xª Región, estudio de aspectos reproductivos y pesca experimental (Resolución Nº 1827 del 24/11/89). Esta investigación la realizó, a petición de la empresa, el Instituto de Fomento Pesquero, el cual brindó la asistencia técnica necesaria para la aplicación de la metodología de evaluación directa de los bancos como el estudio reproductivo, constituyendo los resultados de la investigación los únicos antecedentes que se disponen a la fecha sobre el recurso a nivel nacional.

Los antecedentes reproductivos que se disponen corresponden al banco Tubildad (42° 08' L.S.), los cuales indican que la primera madurez poblacional para ambos

sexos se encuentra entre los grupos de tallas 19 - 20,9 mm y 21 - 22,9 mm, con una primera madurez individual en machos de 9,1 mm y en hembras de 9,4 mm. Los ejemplares de mayor tamaño capturados en esta investigación alcanzaron los 37 mm de longitud valvar y la proporción de sexos fue de 1:1. La evaluación directa se realizó sobre tres bancos de la Xª Región ubicados en el sector del mar interior de la Isla de Chiloé: Estero Tubildad, Punta Chohen y Quintergen. Los resultados indican cifras de biomasa que variaron entre 459 t y 39,7 t.

# OBJETIVOS

# 3.1 Objetivo general

Recopilar información básica de los procesos de crecimiento y edad, reproducción, reclutamiento y mortalidad natural de los recursos Tawera y Culengue (Mollusca, Bivalvia) y formular una metodología para un plan de rotación de áreas de extracción de los mismos

# 3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Determinar y caracterizar el crecimiento y estimar los parámetros somatométricos de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.
- 3.2.2 Determinar y caracterizar el ciclo reproductivo, ojiva de madurez y talla mínima de madurez de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.
- 3.2.3 Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el sustrato) de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.
- 3.2.4 Estimar la mortalidad natural y la talla crítica de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.
- 3.2.5 Formular una metodología para elaborar un plan de rotación de áreas de extracción de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.

# 4. INFORME DE GESTIÓN

### 4.1 Coordinación con el equipo de terreno

Al inicio del proyecto se efectuaron reuniones de coordinación y capacitación con el equipo de terreno en función de cada materia específica y objetivo. Se revisaron los lugares de muestreo señalados en la propuesta técnica, efectuándose algunas precisiones al respecto; los muestreos de Culengue con excepción del estudio reproductivo se efectuaron en la zona denominada Los Corrales, área de pesca asociada al puerto de Carelmapu. Los muestreos de Tawera se efectuaron en Punta Queler, banco asociado a la localidad de Quemchi (Fig. 1 y Fig. 2).

### 4.2 Ejecución de muestreos

Se efectuó una programación de los muestreos (**Tabla 1**), éstos se realizaron en la fecha de acuerdo a lo programado. Junto con la ejecución de los muestreos poblacionales se obtuvo las muestras para los estudios de crecimiento de ambas especies.

Las actividades de marcaje se iniciaron en marzo y abril de 1998, en Tawera y Culengue, respectivamente; lográndose efectuar tres recapturas y dos eventos de reposición de ejemplares marcados para cada especie. La primera recaptura se efectuó en agosto de 1998; la segunda en enero de 1999 y la tercera en abril de 1999, correspondiente a una recaptura total. Las muestras para este estudio de marcaje se obtuvieron del mismo banco donde se efectuaron el resto de los muestreos (ciclo reproductivo, lectura de anillos para crecimiento, reclutamiento y asentamiento y muestreos poblacionales).



# 4.3 Solicitud de pesca de investigación

Se tramitó una Solicitud de Pesca de Investigación (Ver anexo), con el fin de poder extraer ejemplares de Culengue bajo la talla mínima legal. Al aplicarle la normativa vigente para almejas al recurso Tawera, todos sus ejemplares quedan bajo la talla mínima de extracción, por lo cual también fue incluida en la solicitud antes mencionada.

Las áreas solicitadas bajo esta figura legal fueron para Culengue Punta Chocoi y Bahía Ancud y para Tawera Isla Cochino y Bahía Ancud. Posteriormente, se solicitó una rectificación a la solicitud original, ya que el muestreo de Tawera se ejecutó en Quemchi dada la mayor disponibilidad de ejemplares en esta zona.

Hasta junio de 1998 se operó con una Guía de Libre Tránsito, otorgada por SERNA<u>PESCA</u>, posteriormente no fue necesario dicho documento ya que se dispuso de la autorización vía Pesca de Investigación.

# 4.4 Reuniones de coordinación con organizaciones de pescadores

Al inició del proyecto el equipo de terreno efectuó reuniones con las organizaciones locales, con el fin de informar a los pescadores de esta investigación, además de solicitar su colaboración con el fin de no extraer individuos marcados del recurso Culengue, ya que esta actividad se ejecutó en el área de pesca de la flota de Carelmapu.

Posteriormente se efectuaron reuniones de trabajo con pescadores locales con el fin de recopilar información que contribuyera al logro del objetivo 3.2.5 (ver punto 55).

# 5. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

5.1 Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de los recursos tawera y culengue en la X Región. (OBJETIVO 1)

#### 5.1.1 Lectura de los anillos de crecimiento

Para la obtención de las muestras a analizar se realizó en cada sector seleccionado para el estudio, un muestreo piloto a fin de conocer la estructura de tallas poblacional.

Mensualmente se realizó un submuestreo para edad, que consistió en seleccionar una muestra representativa de ejemplares, a lo largo de todo el rango de tallas y en un número suficiente para permitir conocer todas las edades que componen cada intervalo de clase de talla. Esta submuestra se extrajo en forma periódica, en base mensual a través del año, para los bancos seleccionados.

En general los pasos seguidos en la observación de anillos en estas especies fueron los siguientes:

- a) Observación de aspecto general de las dos valvas.
- b) Marcaje con lápiz grafito de eje central auxiliar.
- c) Observación de la valva derecha con luz transmitida y/o reflejada.
- d) Marca con grafito, sobre el eje trazado, los anillos que se observen con las características definidas previamente y que se relacionan al hundimiento y a veces cambio de tonalidad que se produce al experimentar el individuo un período de tiempo prolongado de bajo crecimiento.
- e) Registro de las mediciones de interés.



## Preparación de las valvas para determinación de edad

En el laboratorio de Ancud, X región, los ejemplares se estratificaron por rango de talla cada 5 mm y 2 mm, para Culengue y Tawera respectivamente. El rango de estratificación se relaciona con la longitud máxima conocida que alcanza cada especie. Se recolectaron 30 individuos por rango y se rotularon con un número de orden.

Para el análisis en laboratorio de la lectura de anillos, si bien se reciben y observan ambas valvas, se eligió solamente la valva derecha<sup>1</sup> para la medición con el fin de conservar el patrón de análisis y facilitar el trabajo de relectura de anillos. Las valvas fueron tratadas con cloro para facilitar la observación de anillos.

Para seleccionar los anillos de crecimiento considerados verdaderos se siguen las líneas de crecimiento más marcadas a lo largo de todo el recorrido, de extremo a extremo en la valva. Una vez aceptados con características de tal, se señalan con una pequeña marca de lápiz, para seguir observando en general los próximos. A cada anillo se le registra su longitud, las cuales son las medidas que formarán el archivo de edad que permite el estudio de los parámetros de crecimiento de la especie.

#### Determinación de edad

La muestra total se analizó por un lector y, posteriormente, es usada para efectuar lecturas repetitivas, dirigidas y al azar por un segundo lector, asegurando mantener un criterio uniforme de asignación de edad.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Se define como valva derecha la que resulta en esa dirección al observar la muestra con el umbo hacia el observador y el sector del ligamento del molusco hacia abajo.

La ejecución de las actividades para llevar a cabo este estudio se realizó en dos etapas. Una primera etapa se llevó a cabo en el laboratorio de IFOP-Ancud, consistente en la preparación inicial de las muestras y la realización de una primera lectura. En una segunda etapa, se trasladó al laboratorio de IFOP Valparaíso, submuestreando bajo dos procedimientos y ejecutando una segunda lectura.

Los procedimientos de submuestreo empleados son:

- Submuestreo al azar: Cada submuestra al azar la analiza un segundo lector, se evalúa la concordancia de las edades asignadas, se revisan con una tercera lectura las muestras con discrepancia y se realiza un resumen de lo observado.
- Submuestreo dirigido: Este submuestreo se realiza sobre el mismo mes de muestras en que se ha efectuado la selección al azar para revisión de concordancia y tiene por finalidad revisar cada registro, seleccionar los que el lector ha señalado como lectura dudosa o bien las medidas que ameriten revisión y proceder a una segunda lectura.

#### Mediciones registradas en las valvas

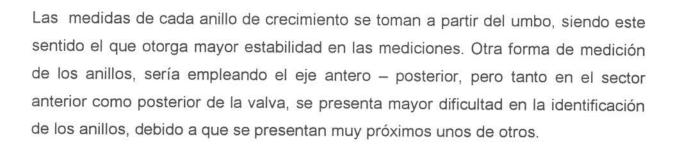
Después de la preparación inicial se realizan tres tipos de mediciones en las valvas, se empleó pie de metro de 0,01mm de precisión, a fin de obtener a posteriori relaciones morfométricas.

Las medidas registradas se observan en las Fig. 3 y Fig. 4 y son:

Largo total máximo a partir del umbo : L

Longitud antero posterior : Lap

Longitud de los anillos de crecimiento :  $L_1, L_2, ....$   $L_n$ .



## Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento

El estudio de las valvas, muestra la existencia de marcas de crecimiento, que se observan por la cara externa de la concha. El anillo de crecimiento, es una marca producida por cambios en la tasa de crecimiento, cuya periodicidad de formación puede ser analizada sobre la base de:

#### Análisis del tipo de borde

Este método se basa en la distinción de zonas de crecimiento rápido y lento, presentes en la periferia de la valva. El análisis se realiza mes a mes, lo que permitirá, al cabo de un año, tener la posibilidad de saber si existen períodos del año en que se refleja una marcada tendencia a un tipo especial de anillo, permitiendo así la corroboración de la frecuencia con que se presentan en un ciclo anual (estacionalidad). Esta metodología ha sido utilizada con éxito en especies de almejas por Reyes et al., 1994.

# Análisis de incremento marginal

Este procedimiento permite obtener una medida relativa del incremento marginal del anillo con respecto a la zona de crecimiento anterior del mismo. Estas se calculan en base a medidas referidas al largo umbo-borde menos la longitud del último anillo



en razón a la diferencia entre la longitud del último anillo menos la longitud del penúltimo anillo, lo que queda expresado como:

$$Img = (R - R_n)/(R_n - R_{n-1})$$

donde:

R = Longitud total

R<sub>n</sub> = Longitud del último anillo

R<sub>n-1</sub> = Longitud del penúltimo anillo

#### 5.1.2 Estimador de la estructura de edades

La construcción de la clave edad – talla tiene como fin el conocer la estructura interna del muestreo poblacional, presentando tanto las edades que abarcan los individuos en las distintas clases de talla, como la distribución de tallas que abarca cada edad y entregando antecedentes del aporte de las diferentes edades.

Posteriormente, al combinar estas matrices con las distribuciones de tallas sobre las que actúan las pesquerías, se transforman en una herramienta útil para conocer la estructura de edades que sostiene el desembarque y el tener el conocimiento de ellas en una serie histórica de años, posibilitan el análisis secuencial de las poblaciones.

Con el objeto de determinar la relación edad – talla, se empleó la construcción de clave talla edad de acuerdo al procedimiento definido por Southward (1976), el cual está basado en un diseño de muestreo bi-etápico.

El primer muestreo corresponde a un muestreo aleatorio simple de ejemplares para la obtención de la distribución de longitud, posteriormente, se realiza un muestreo



estratificado que permite la obtención de la clave talla – edad y la estructura de edad de la población.

La estructura de edad es calculada mediante el siguiente estimador:

$$p_r^* = \sum_{k=1}^K p_k q_{kr}$$

donde:

r = edad

k = clase de talla

pr = proporción de ejemplares de edad 'r'

pk = proporción de ejemplares de longitud 'k'

q<sub>kr</sub> = proporción de ejemplares de longitud 'k' y edad 'r'

$$p_k = \frac{n_k}{n}$$

n<sub>k</sub> = ejemplares de talla 'k' en la muestra de tamaño 'n'

n = muestra de talla

$$q_{kr} = \frac{m_{kr}}{m_k}$$

m<sub>kr</sub> = ejemplares de talla 'k' y edad 'r' en la muestra de edad m<sub>k</sub>

m<sub>k</sub> = muestra de ejemplares de talla 'k' para la estimación de la edad



# Estimación de la varianza de pr; pk y qkr

La estimación de las respectivas varianzas se hizo mediante los estimadores

$$\hat{V}[p_r^*] = \sum_{k=1}^K \left[ \frac{p_k^2 q_{kr} [1 - q_{kr}]}{m_k - 1} + \frac{p_k [q_{kr} - p_r^*]^2}{n} \right]$$

$$\hat{V}[p_k] = \frac{1}{n} p_k [1 - p_k]$$

$$\hat{V}[q_{kr}] = \frac{1}{m_k} q_{kr} [1 - q_{kr}]$$

#### Determinación de tamaño de muestra

Es sabido que la distribución de tallas poblacional se ajusta a un modelo probabilístico multinomial. Un enfoque complementario basado en el modelo probabilístico mencionado permite la determinación de un tamaño de muestra n, tal que un conjunto de K(K>2) intervalos de confianza simultáneos, contenga los k parámetros de la distribución multinomial con probabilidad  $1-\alpha$ , que se obtiene mediante la expresión:

$$n = \min(n) \ni \left[ P_r \left( \bigcap_{k=1}^K \left( p_k^- \le P_k \le p_k^+ \right) \right) = 1 - \alpha \right]$$

$$n \in N$$

donde  $p_k^- y p_k^+$  son los límites superior e inferior del k-ésimo parámetro  $P_k y R^+$  es el conjunto de números naturales.



La solución dada por Tórtora (1978), para tamaños de muestra ante diferentes combinaciones de riesgo a, error 'd' y número de clases de talla 'k' se presenta en **Tabla 2** para algunos casos particulares.

$$\alpha = 0.05$$
;  $d = 0.05, 0.075 \text{ y } 0.10$ ;  $k = 2.3...24$ 

La distribución de tamaños de muestra crece en relación directa al incremento de clases de talla que se defina, no obstante, este crecimiento del tamaño de muestra es asintótico y para un número de clases  $K \ge 24$ , el tamaño de muestra apropiado es aproximadamente igual a 1.000 ejemplares.

## 5.1.3 Estimación de los parámetros de crecimiento

La estimación de los parámetros de crecimiento en longitud serán descritos con el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957), cuya expresión es:

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

L<sub>∞</sub> = talla asintótica (cm), es la talla media que alcanzarían los ejemplares si crecieran indefinidamente.

k = coeficiente de crecimiento.

t<sub>o</sub> = edad hipotética del ejemplar (años) cuando su talla es cero.

Una aproximación inicial del valor de los parámetros de la curva de crecimiento se puede obtener por métodos gráficos (Ricker, 1975; Beverton y Holt, 1957). Numerosos investigadores presentan diferentes algoritmos para su resolución pudiendo emplear métodos de ajuste lineal (Tomlinson y Abramson, 1961; Allen, 1966; Ben Salem y Daget, 1991) o no lineal (Hartley, 1961; Prager et al., 1987;



subrutinas de software estadísticos como SYSTAT o SPSS) a fin de obtener parámetros más ajustados.

Un modelo del tipo de von Bertalanffy podría ajustarse linealmente por logaritmos o bien usar en la estimación de sus parámetros algoritmos no lineales. En la regresión no lineal, tal como en la regresión lineal, se eligen valores para los parámetros de manera que la suma de los cuadrados residuales sea mínima.

Al usar algoritmos no lineales no hay sin embargo, una solución de una sola vez sino que debe resolverse iterativamente. El emplear este tipo de ajuste obedece a evitar introducir posibles errores en los estimados, encontrando en la literatura numerosos algoritmos para la estimación de modelos no lineales (Draper & Smith, 1981).

Un medio de proceso es el que ofrece el módulo no lineal de software SYSTAT 7.0, selección con algoritmo de Gauss-Newton, el cual entrega en cada iteración los párametros de crecimiento y suma de cuadrados residuales.

El procedimiento de minimización de cuadrados, tiene la expresión.

$$SSR = \sum_{i=1}^{n} \left[ L_i - L_{\infty} (1 - e^{-K(t - t_0)}) \right]^2$$

Las iteraciones se detienen cuando el cambio relativo en la suma de cuadrados residuales entre iteraciones es menor o igual a un criterio de convergencia dado, en este caso 1,000 E-08.

Proporciona además, un resumen estadístico con valores de interés tales como suma de cuadrados residuales, coeficiente de determinación y otros, parámetros

estimados y matriz de correlación de los parámetros, lo que posibilita explorar la bondad de ajuste del modelo y la comparación con otros procesos.

La información básica es la totalidad de las observaciones de talla-edad que se genera al medir los **annulis** en cada individuo, obteniendo así la edad al momento de la captura del ejemplar, la que se destina a la elaboración de las claves edad – talla, como también las longitudes a edades pretéritas que se reflejan en los **annulis** de sus valvas.

Tal como lo señalaban Sparre y Venema, 1995, la tasa de crecimiento se puede definir en forma absoluta como:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\left(L_{(t+\Delta t)} - L_{(t)}\right)}{\Delta t} cm/a\tilde{n} o$$

y la tasa relativa se obtiene con la misma diferencia del numerador pero en referencia a la longitud en el tiempo t.

# 5.1.4 Crecimiento estacional y anual por rangos de tamaño

El proceso de crecimiento constituye un aspecto central en el estudio de la dinámica de poblaciones naturales y parte relevante en la evaluación de stock de recursos pesqueros y su administración. Este proceso puede ser visto desde la perspectiva del conjunto de individuos de la población (crecimiento poblacional) o de un individuo en particular (crecimiento individual). Este último tipo ha sido ampliamente estudiado en moluscos bivalvos, mediante algunos métodos. Defeo et al., 1988 resume, exhaustivamente, diferentes tipos de métodos para estimar el crecimiento individual y proporciona un conjunto de consideraciones metodológicas que, en definitiva, señalan la necesidad de aplicar más de un método, simultáneamente, para obtener

parámetros verosímiles de este proceso. IFOP, por su parte, ha realizado investigaciones en crecimiento de almejas (Venus antiqua y Gari solida) en la X Región durante los años 1980, 1992 a 1994, utilizando el método de lectura de anillos, marcaje en terreno (Bustos et al., 1981; Reyes et al., 1993; 1994 y 1995a,b) y ajuste de curvas polimodales (Jerez, 1991). Este último método ha sido utilizado en estimaciones de edad del recurso macha para los bancos de Peñuelas, IV Región (Ariz et al., 1994).

La determinación del proceso de crecimiento estacional y anual de los recursos en estudio, se efectuó para el recurso Tawera en la localidad de Punta Queler en Quemchi y para Culengue en Los Corrales en Carelmapu. Esto se efectuó mediante un programa de marcaje con reposición en terreno y a través de la lectura de anillos de crecimiento. El propósito de este programa consiste en someter a los ejemplares seleccionados a condiciones naturales de crecimiento, tanto de sustrato como de densidad y alimentación.

## 5.1.5 Marcaje y Recaptura

El programa de marcaje se desarrolló durante un período de 12 meses, en cada uno de los lugares seleccionados, los cuales constituyen zonas de bancos naturales.

Todas las actividades se realizaron en terreno, cuidando de alterar lo menos posible las condiciones de los organismos utilizados para el estudio. Esto debido a que es sabido que los organismos sometidos a experiencias en ambiente controlado sufren inicialmente un fuerte estrés, que se refleja en su crecimiento. Además, el crecimiento en organismos sometidos a este tipo de ambiente, es mayor que en aquellos obtenidos de ambiente natural (Trautmann, 1979), lo cual puede conducir a no obtener resultados representativos para determinar las tasas de crecimiento real.



El proceso de crecimiento se verificó mediante el registro de dos medidas de longitud: eje mayor dorso-ventral (umbo al borde valvar) y eje mayor antero-posterior, para cada ejemplar de un grupo de talla modal definido. Cada medida se efectuó con pie de metro de precisión 0,1 mm y cada ejemplar fue marcado mediante una clave de números inscritos en la concha con plumón indeleble y cubiertos con esmalte incoloro.

Se identificaron grupos asociados a rangos de talla (ver capítulo resultados por objetivo), una vez marcados los diferentes grupos se procedió a instalarlos dentro de una zona delimitada de aproximadamente 25-35 m², en sectores de substratos submareales arenosos. Cada zona fue identificada por boyas.

Los ejemplares fueron medidos individualmente al inicio del proyecto (en marzo para Culengue y en abril para Tawera) y luego controlados, de manera estacional cada 4 a 5 meses; esperando obtenerse, al menos, tres períodos de incremento por rango de talla. Las mediciones de talla se efectuaron fuera del agua, por el tiempo más corto posible, retornando a los ejemplares a los lugares originales del banco en estudio. Durante este lapso, se verificó la marca de color y el estado del ejemplar (conchas deterioradas o ejemplar muerto), procediendo a reemplazarlo por ejemplares marcados. Posteriormente, se procedió a estimar las correspondientes tasas de crecimiento estacional y anual por rango de talla de acuerdo a Wright (1976).



### Supuestos del programa de marcaje y recaptura

El programa de marcaje y recaptura se basó en los siguientes supuestos:

- La unidad experimental de marcaje representa un hábitat natural para los ejemplares en estudio.
- Durante el período de estudio, las pérdidas por causas de la pesca, para el recurso Culengue son irrelevantes, dado la protección y apoyo de las organizaciones de pescadores de las zonas de experimentación. En el caso de Tawera la investigación no se vio afectada por causa de pesca, ya que esta especie no se explota comercialmente.
- La marca aplicada a cada ejemplar no aumenta la mortalidad natural de las especies en estudio.
- La manipulación de los ejemplares, al momento de medirlos, no influyó en el proceso de crecimiento de los mismos.

# 5.1.6 Crecimiento estacional por rango de talla

A partir de los registros de talla de los muestreos estacionales se estimó una tasa absoluta de crecimiento estacional ( $r_{eij}$ ) en mm/mes para cada grupo de talla (I), cuya expresión individual esta dada por:

$$r_{eij} = \frac{L_{ij} - L_{j-1}}{t_j - t_{j-1}}$$



donde:

i = ejemplar medido, i=1,2,...,n, con n= 150

j = talla final Lj, j = 1, 2, ..., 8

j-1 = talla referencial inicial

L<sub>ij</sub> = talla final del ejemplar "i" en el instante t<sub>i</sub>

t<sub>j-1</sub> = fecha correspondiente al primer registro de longitud del grupo de talla j-1

t<sub>j</sub> = fecha correspondiente al segundo registro de longitud del grupo de talla j

#### · Estimador del crecimiento medio

El crecimiento esta dado por la estimación del incremento medio a partir de las tasas absolutas de crecimiento individual ( $r_{eij}$ ) observadas para la talla elegida y se define como:

$$\bar{r}_{ej} = \frac{1}{\Delta t * n} \sum_{i=1}^{n} L_{ij} - k_{j-1}$$

donde:

$$\Delta t = t_i - t_{i-1}$$

$$k_{j-1} = L_{j-1} / \Delta t$$

$$i = 1, 2, \dots, 8$$

# Estimador de la varianza de la tasa absoluta de crecimiento medio estacional (r<sub>eij</sub>)

La varianza del estimador  $(r_{ej})$  se obtiene de:

$$\hat{V}$$
 ar( $\bar{r}_{ej}$ ) =  $\frac{1}{\Delta t^2} * \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} \left[ L_{ij} - \bar{r}_{ej}^* \right]^2$ 



donde:

$$\overline{r}_{ej}^* = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n \left[ L_{ij} \right]$$

$$con j = 1,2,...,8$$

## Estimación de la precisión del estimador del incremento medio estacional

La precisión del estimador de la tasa absoluta de crecimiento medio estacional se mide a través del coeficiente de variación dado por:

$$CV(\overline{r}_{ej}) = \frac{\sqrt{\hat{V} ar(\overline{r}_{ej})}}{\overline{r}_{ej}}$$

## 5.1.7 Crecimiento anual por rango de talla

A partir de los registros de talla del muestreo estacional inicial y final se estimó una tasa de crecimiento absoluta anual  $(r_a)$  en mm/año para cada grupo de talla, cuya expresión es:

$$r_{aij} = \frac{L_{ij} - L_{j-1}}{t_j - t_{j-1}}$$

donde:

L<sub>ij</sub> = talla media en mm del grupo de talla "i" en tiempo final

L<sub>j-1</sub> = talla media en mm del grupo de talla "j-1" en tiempo inicial

t<sub>j</sub> = fecha del último registro de longitud del grupo de talla "i"

 $t_{j-1}$  = fecha del primer registro de longitud del grupo de talla "i"



Estimadores del incremento medio anual, su varianza y precisión presentan igual estructura analítica que la indicada para los respectivos estimadores de incremento medio estacional.

Los datos obtenidos del estudio de marcaje permitieron, además, estimar los parámetros de crecimiento ( $L_{\infty}$  y k) de la función de von Bertalanffy mediante la aplicación del método de ajuste de Ford-Walford (Pauly, 1983), los cuales pueden ser comparados con aquellos obtenidos del estudio de lectura de anillos para la clave talla-edad correspondiente. La estimación de los parámetros de crecimiento individual ( $L_{\infty}$  y k) de la función de von Bertalanffy (1938) se obtiene del ajuste lineal de los datos de talla  $L_1$  y  $L_2$  del período anual, mediante la relación de Ford-Walford (Ricker,1975).

$$L_2 = L_{\infty} * (1 - e^{-kt}) + L_1 e^{-kt}$$

donde:

L<sub>1</sub> = talla media en mm del grupo de talla 1 en t = 1(primer marcaje)

L<sub>2</sub> = talla media en mm del grupo de talla 1 en t = 2 (última recaptura)

 $L_{\infty}$  = longitud asintótica

k = coeficiente de crecimiento

# 5.1.8 Estimación de los parámetros somatométricos de los recursos tawera y culengue en la X Región.

# a) Relación Longitud antero posterior - Longitud umbo

La medida de longitud que se registra en el programa habitual de muestreo que se desarrolla para la pesquería bentónica y en los muestreos propios de este proyecto está dirigida a registrar la longitud antero posterior (Lap) de estos moluscos.



Para el estudio de edad la medición que facilita el registro de los anillos de crecimiento es la longitud en dirección umbo periferia (Lu) de la valva la cual es transversal a la mencionada anteriormente.

La expresión de ajuste de ambas variables es:

$$Lap = a + bLu$$

el grado de ajuste de ambas variables lo proporcionan los estadísticos derivados del proceso.

### b) Relación talla-peso estacional y anual

#### Diseño de muestreo

Para la estimación de la relación talla – peso se ha procedido a la realización de un muestreo aleatorio estratificado por clases de talla, donde cada clase corresponde a un estrato.

La elección de tal diseño corresponde a la necesidad de contar con información del peso de los ejemplares examinados por cada clase de tallas, para poder realizar la estimación de los parámetros de la relación:

$$w = al^b$$

Para tal efecto, ha sido necesario, previamente contar con información suficiente que represente de manera adecuada la distribución de longitud de la especie.



# Estimación de los parámetros "a" y "b" de entrada al ajuste NONLIN

Los parámetros "a" y "b" se estiman a través del método de mínimos cuadrados previa linealización de la relación talla – peso.

La estructura de estos estimadores es respectivamente

$$\hat{a} = \ln^{-1} \left[ \hat{a}^* \right]$$

$$\hat{b} = \hat{b}^*$$

donde,

$$\hat{a}^* = \overline{y} - \hat{b}^* \overline{x}$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^{m} [y_i - \bar{y}][x_i - \bar{x}]}{\sum_{i=1}^{m} [x_i - \bar{x}]^2}$$

i : Identifica al ejemplar examinado

i = 1, 2, ..., m

m = Tamaño de muestra

 $y_i = ln w_i$ ; i = 1, 2, ..., m

 $x_i = \ln I_i$ ; i = 1, 2, ..., m

w<sub>i</sub> = peso del ejemplar 'i' de la muestra

li = longitud del ejemplar 'i' de la muestra



$$\overline{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} y_i$$

$$\overline{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} x_i$$

## • Estimación de la relación talla - peso ajuste previo al NONLIN

La relación talla – peso se estiman por medio del estimador dado por:

$$\overline{w}_k = \stackrel{\wedge}{\alpha} l_k$$

donde:

k = indica la clase de talla

 $\overline{w}_k$  = peso medio estimado de los ejemplares de la clase de talla k

La varianza del estimador  $\overline{w}_k$  será estimada mediante la relación:

$$\hat{V}\left[\overline{w}_{k}\right] = \frac{1}{m_{k} - 2} \sum_{j=1}^{m_{k}} \left[w_{jk} - \overline{w}_{k}\right]^{2}$$

donde:

j = indica el ejemplar j-ésimo que ha sido pesado

k = indica la clase de talla

m<sub>k</sub> = muestra de ejemplares de la clase de talla 'k'



# Determinación del tamaño de muestra por clase de talla y total

El tamaño de muestra para estimar apropiadamente la relación talla – peso se determinó mediante el criterio de asignación óptima en el muestreo estratificado.

$$n = \left(\sum_{k=1}^{k} W_k S_k\right)^2$$

donde:

W<sub>k</sub> = peso de la clase de talla k

dado por la relación:

$$W_k = \frac{n_{k0}}{n_0}$$

n<sub>o</sub> = muestra piloto (o histórica)

n<sub>ko</sub> = ejemplares de talla k en la muestra piloto

 $s_k^2$  = varianza de los pesos de la talla k

$$S_k^2 = \stackrel{\wedge}{V} (\overline{w}_K)$$

V = varianza total

$$V = \sum_{k=1}^{K} \frac{W_k^2 S_k^2}{n_{k0}}$$

#### Ajuste no lineal

Los datos de peso (g) y longitud (mm) se ajustaron por medio de módulo no lineal del software SYSTAT 7,0 (Engelman and Wilkinson, 1997). Se emplearon en forma prefijada el algoritmo de Gauss – Newton que calcula derivadas exactas.

En el proceso se emplearon estimaciones lineales previas que permitieron tener valores como parámetros de entrada y se realizaron iteraciones hasta que se cumpliera el criterio de convergencia, 0,0001 en este caso.

- 5.2 Determinación y caracterización del ciclo reproductivo, ojiva de madurez y talla mínima de madurez de los recursos Tawera y Culengue en la X Región. (OBJETIVO 2).
- 5.2.1 Metodología para determinar y caracterizar el ciclo de madurez sexual (ciclo reproductivo de los adultos) de las especies seleccionadas.

Todo estudio de madurez sexual y ciclo reproductivo se basa en el hecho que ambos procesos son una manifestación de la sexualidad propia de las poblaciones de cada especie. Así en la adquisición de la madurez sexual, los animales juveniles llegan a producir gametos y a experimentar la primera evacuación, incorporándose al ciclo reproductivo como proceso propio de los adultos, llegando a formar parte del stock reproductivo.

En las especies con gónada localizada, la expresión de la sexualidad a nivel gonadal compromete eventos complejos, como la organización y diferenciación gonadal en un territorio determinado desde la interacción de células somáticas con células germinales en la generación de compartimentos gametogénicos, la proliferación de las células germinales en asociación a células somáticas y el consecuente

crecimiento gonadal, hasta el establecimiento de la línea germinal completa y por lo tanto de la gametogénesis luego de la citodiferenciación de las células terminales hacia gametos.

Con la diferenciación del sistema reproductor, la organización de la gónada como un órgano compartimentalizado, se establecen compartimentos gametogénicos que son la unidad morfofuncional básica donde se producen los gametos y que son característicos para una especie y el taxón a que pertenecen. En las almejas esta unidad básica es el acino gonadal, donde la cinética de las distintas generaciones de células germinales interactuando con las células somáticas intraacinares determina asociaciones celulares o estados citomorfológicos que permiten caracterizar los eventos de madurez sexual y de ciclo reproductivo, de acuerdo con estados gonadales típicos. Además del compartimento acinar gametogénico, puede organizarse un compartimento periacinar y un compartimento interacinar más o menos prominentes. Tanto las células somáticas intraacinares como las interacinares pueden asumir un rol de reserva energética que guarda una estrecha relación con la actividad gametogénica, como es común en mitílidos (*Aulacomya ater*, Jaramillo & Navarro,1995) y almejas (*Mesodesma donacium*, Brown & Guerra, 1979; *Semele solida* y *Gari solida*, Brown et al., 1993).

Consecuentemente con el establecimiento del patrón de organización y actividad, ocurre el crecimiento y la adquisición del tamaño gonadal. Su relación con el crecimiento corporal y la adquisición de la talla de los animales del stock reproductivo, es determinante de la fecundidad como expresión del número propio de gametos a ser aportados a la masa gamética poblacional, que aseguren el éxito reproductivo seleccionado para la mantención de las poblaciones de una especie en el tiempo y con las variaciones en un ambiente determinado.

De lo anterior se desprende que estos procesos tienen una expresión macroscópica factible de ser caracterizada y cuantificada en sus relaciones de peso, tamaño y volumen.

Este es el fundamento conceptual en la determinación y caracterización del ciclo de madurez sexual (entendido como el ciclo reproductivo de los adultos), en la determinación de los períodos de evacuación gamética (entendido como componente del ciclo reproductivo), en la determinación de la función de madurez (como expresión de la madurez sexual), y en la determinación de la talla mínima de reproducción (entendida como la adquisición de la madurez sexual en los juveniles y su incorporación al stock reproductivo) en las especies seleccionadas.

En estudios de ciclos reproductivos en moluscos los índices gonadosomáticos (IGS) y la técnica histológica constituyen metodologías rutinarias, siendo la primera más rápida y de menor costo. En general, la técnica histológica resulta ser la más precisa, puesto que refleja directamente la actividad gametogénica a través de la evolución citomorfológica de la organización gonadal y de la línea germinal (Brown & Guerra, 1979; Brown et al., 1993; Brown, 1995; Brown et al., 1997a,b). En este proyecto se han utilizando tanto las metodologías de IGS como parámetro del crecimiento gonadal macroscópico, como el estudio histológico cuali y cuantitativo del ciclo reproductivo como parámetro citomorfológico, y los resultados obtenidos se discuten asumiendo su consecuente relación en la expresión del patrón de ciclo reproductivo y de madurez sexual.

Durante un período de 12 meses se procesaron mensualmente 30 ejemplares adultos elegidos al azar, a pesar de considerar 15 machos y 15 hembras en la propuesta original. Este cambio se justifica en el hecho que el muestreo dirigido por sexo es impracticable cuando hay ejemplares en regresión gonadal total, en que no

es posible determinar el sexo por análisis microscópico en vivo; además de no permitir una aproximación a la proporción periódica de sexos.

Los muestreos se iniciaron en febrero de 1998, las muestras de Tawera se extrajeron del banco Punta Queler ubicado en Quemchi y las de Culengue en Isla Cochinos, Ancud, ambos ubicados en la X Región.

Para el cálculo de Indice Gonadosomático (I.G.S.), se ha utilizado regularmente las relaciones de peso o gravimétricas (Brown & Guerra, 1980; Creese, 1980; Tarifeño, 1980; Brown & Guerra, 1982; Cañas y Schuffeneger, 1989; Dibacco et al., 1995; Reyes et al., 1994; Jaramillo & Navarro, 1995; Brown et al., 1997a,b) y las relaciones somatométricas o de área correspondiente a la gónada respecto del resto de las partes blandas o específicamente de la glándula digestiva (Hayashi,1980). En este proyecto se propuso validar la metodología gravimétrica; al mismo tiempo que probar metodologías que utilizan relaciones de tamaño y relaciones somatométricas entre el área ocupada por tejido gonádico y el área ocupada por los tejidos somáticos. especialmente glándula digestiva. Tradicionalmente se han usado para este tipo de estudios de 10 a 30 ejemplares; como se señaló anteriormente, en este proyecto se procesaron mensualmente alrededor de 30 animales por especie, los que, luego de medidos, abiertos por corte de los músculos aductores y escurridos, fueron pesados en una balanza digital con una precisión de 0,1g. Una vez separadas las partes blandas de las valvas, se disecó el manto y branquias y se determinó el peso escurrido de la masa visceral de cada ejemplar en una balanza digital con una precisión de 0,1g.

En la propuesta técnica del proyecto se ofreció como metodología rápida de estudio del ciclo reproductivo en las especies comprometidas, la estimación de índices gonadosomáticos (**IGS**) de acuerdo con las siguientes relaciones:



$$IGS1 = \frac{\text{Area de G}}{\text{Area del CGGD}} x100$$

donde:

G = gónada

CGGD = complejo gónada glándula digestiva.

Sin embargo, en los primeros muestreos se evidenció que aún cuando se conserve la regularidad en la elección de un eje de corte longitudinal o transversal, la posición relativa de la glándula digestiva es variable de ejemplar a ejemplar. Esto hace que el cálculo de **IGS1** sea inadecuado, descartándose este cálculo.

En cuanto a la posibilidad de determinar las relaciones gravimétricas y volumétricas de acuerdo con los siguientes **IGS**:

$$IGS2 = \frac{\text{Peso de G}}{\text{Peso del CGGD}} x100$$

$$IGS3 = \frac{\text{Volumen de G}}{\text{Volumen del CGGD}} x100$$

la disección de la gónada y la glándula digestiva muestra una gran imprecisión, sobre todo en animales maduros, en que los gametos se disgregan y dificultan la medición de peso y volumen, por lo que también fue descartado.

Como alternativa se calculó el IGS aplicando la siguiente relación:

$$IGS = \frac{\text{Peso del CGGDP}}{\text{Peso total escurrido con concha}} x100$$



donde:

CGGDP = complejo gónada-glándula digestiva-pie (masa visceral).

Además, se midió en vivo, longitud, alto y ancho del complejo gónada glándula digestiva para intentar una relación con el tamaño de los ejemplares expresado en la longitud de la concha, y con el estado gonadal de los animales, calculando los siguientes **IGS**:

$$IGSL = \frac{\text{Longitud del CGGD}}{\text{Longitud total con concha}} x100$$

$$IGSH = \frac{\text{Altura del CGGD}}{\text{Altura total con concha}} x100$$

$$IGSA = \frac{\text{Ancho del CGGD}}{\text{Ancho total con concha}} x 100$$

donde:

IGS = índice gonadosomático en base a la longitud del CGGD

IGSH = índice gonadosomático en base a la altura del CGGD

IGSA = ndice gonadosomático en base al ancho del CGGD

CGGD = complejo gónada-glándula digestiva

Los resultados se expresan en tablas y gráficos, como la media aritmética  $\pm$  la desviación estándar (X  $\pm$  D.E.) mensual de las medidas y de los **IGS** totales (machos y hembras).



Para el estudio histológico cualitativo del ciclo reproductivo, los 30 ejemplares por especie y por banco, fueron procesados por técnica histológica de rutina (López et al., 1982). Trozos gonadales transversales de la región media y de 5 mm de espesor fueron fijados en Bouin Hollande. Las muestras luego de lavado en agua corriente, fueron deshidratadas en etanol, aclaradas en butanol (Gabe, 1968) e incluidas en Paraplast Plus (P.F.=57°-60°C). Después de ser cortadas en micrótomo rotatorio, las secciones de 5 – 8 μm, obtenidas de diferentes niveles gonadales con un distanciamiento de al menos 500 μm, fueron montadas en portaobjetos albuminizados, desparafinadas en xilol, hidratadas en etanol a concentraciones decrecientes hasta el agua destilada y teñidas con el método tricrómico de ARTETA. Finalmente, las preparaciones fueron deshidratadas en etanol y aclaradas en xilol para su montaje definitivo con bálsamo de Canadá o Entellan.

Considerando los acinos gametogénicos la organización gonadal morfofuncional básica en almejas, asumiendo como en otras almejas la existencia de células somáticas vesiculosas intraacinares, y considerando el grado de evolución citomorfológica de la línea germinal asociada a éstos; la gónada de cada animal de cada muestreo mensual fue clasificada cualitativamente en uno de los siguientes 5 estados histológicos del tejido gonadal de acuerdo con la siguiente escala (Brown, 1995; escala modificada de Lucas, 1965):

- D1 Desarrollo inicial (Madurez inicial)
- D2 Desarrollo avanzado (Madurez avanzada)
- D3 Desarrollo total (Maduro)
- R1 Regresión inicial (Evacuación parcial)
- R2 Regresión total (Evacuación total o vacío)



## Estados histológicos de la gónada en los machos

MD1: Madurez inicial. (Masculino, Desarrollo estado 1).

Acinos gonadales pequeños. La línea germinal puede estar representada por grupos de espermatogonias en proliferación próximas a las paredes de los acinos (o basales); espermatocitos en diferentes fases de la meiosis; y hasta las primeras espermátidas en escasa cantidad. Estas generaciones de células están comúnmente organizadas en una banda continua o en grupos cuneiformes hacia el centro del acino, rodeadas de tejido somático intraacinar. Este estado incluye desde línea germinal incompleta hasta completa con escasas espermátidas de núcleo compacto (Fig. 5A y 10A).

MD2: Madurez avanzada. (Masculino, Desarrollo estado 2).

Acinos gonadales de mayor tamaño. Es característica la línea germinal completa con un incremento de espermátidas, especialmente aquellas diferenciadas de núcleo compacto basófilo. Los cúmulos de células germinales han repoblado los acinos casi totalmente, organizándose una banda ancha de espermatogonias y espermatocitos, mientras las espermátidas forman columnas alargadas en espigas con sus colas hacia el centro del acino (Fig. 5C y 10C).

MD3: Maduro. (Masculino, Desarrollo estado 3).

Acinos de gran tamaño, de aspecto lobulado. La repoblación de los acinos por las células germinales es completa. Las espermatogonias y espermatocitos están limitados a una estrecha banda basal en los folículos. Estos están repletos de espermátidas organizadas como espigas en bandas radiales hacia el centro de cada acino, o de espermatozoides desorganizados colmando el lumen del acino (**Fig. 6A** y **11A**).



MR1: Regresión inicial. (Masculino, Regresión estado 1).

Signos de evacuación de gametos. Acinos de aspecto estrellado por los límites ligeramente colapsados, con espermatozoides en menor cantidad que el estado anterior, desorganizados de las bandas radiales y semejando corrientes de evacuación. En algunos casos hay evidencia de reorganización basal incipiente del tejido somático de células vesiculosas intraacinares. (Fig. 6C y 11C).

MR2: Regresión final o Evacuación total. (Masculino, Regresión estado 2)

Acinos de pequeño tamaño. El tejido somático intraacinar reorganizado totalmente llena los acinos. La línea germinal está representada por espermatogonias troncales basales y sólo escasos espermatozoides residuales, que permiten diferenciar el sexo en este estado. Eventualmente pueden existir amebocitos en grupos dentro de algunos acinos (**Fig. 7A** y **12A**).

# • Estados histológicos de la gónada en las hembras

FD1: Madurez inicial. (Femenino, Desarrollo estado 1).

Acinos gonadales pequeños, con tejido de células somáticas vesiculosas intraacinares. La línea germinal característica está representada por ovogonias en proliferación, ovocitos previtelogénicos en profase meiótica, ovocitos previtelogénicos que han detenido su evolución meiótica con vesícula germinativa circular pequeña, nucléolo evidente y escaso citoplasma. La presencia de algunos ovocitos de mayor tamaño por crecimiento de la vesícula germinativa y aumento del citoplasma, son evidencia del comienzo de la vitelogénesis. Estas células germinales están ampliamente adheridas a las paredes de los acinos gonadales, o ligeramente pedunculadas (Fig. 5B y 10B).



FD2: Madurez avanzada. (Femenino, Desarrollo estado 2).

Acinos gonadales de mayor tamaño. Disminución del tejido somático intraacinar. Aumento evidente de la cantidad de ovocitos vitelogénicos adheridos y pedunculados asociados a las paredes foliculares. Aún cuando predominan los elementos celulares de la línea germinal temprana, en el lumen de los acinos hay numerosos ovocitos vitelogénicos libres (Fig. 5D y 10D).

FD3: Maduro. (Femenino, Desarrollo estado 3).

Acinos gonadales de gran tamaño y lobulados, con células germinales que los han repoblado completamente. No hay tejido somático intraacinar. La generación de células germinales predominantes corresponde a los ovocitos vitelogénicos libres totalmente desarrollados (**Fig. 6B** y **11B**).

FR1: Regresión inicial. (Femenino, Regresión estado 1).

Evidencia de inicios de la evacuación de gametos. Acinos gonadales de menor tamaño que eventualmente presentan reorganización del tejido somático intraacinar en islotes basales. Disminución de la cantidad de ovocitos vitelogénicos libres, algunos de ellos con signos de degeneración (**Fig. 6D** y **11D**).

FR2: Regresión final o Evacuación total de gametos. (Femenino, Regresión estado 2).

Acinos de pequeño tamaño, con tejido somático intraacinar reorganizado totalmente. Asociadas a las paredes acinares sólo permanecen las ovogonias troncales y algunos ovocitos previtelogénicos residuales. En algunos casos es posible observar ovocitos vitelogénicos libres, que no fueron evacuados, rodeados por el tejido intraacinar (**Fig. 7B** y **12B**).

Los resultados para cada muestreo se expresan en un histograma como frecuencia porcentual de:

- a) Machos en cada estado
- b) Hembras en cada estado
- c) Machos y hembras en cada estado

### Determinación cuantitativa del ciclo reproductivo

Para la determinación cuantitativa del ciclo reproductivo, se aplicaron dos técnicas histológicas cuantitativas mediante la observación de las mismas preparaciones histológicas utilizadas para determinar el ciclo reproductivo cualitativo.

Como respuesta a la dificultad que ofrece el recuento de los tipos celulares de la línea germinal masculina, debido a su pequeño tamaño, se utilizó una metodología estereológica (Briarty, 1975) mediante la superposición de un retículo Weibel (ver Weibel, 1979) sobre imágenes randómicas de porciones microscópicas de planos histológicos transversales del complejo gónada – glándula digestiva (CGGD). Estas imágenes fueron captadas usando un equipo de videomicroscopía (cámara de video Cohu Mod. 4812 5000 0000; microscopio óptico Leitz Orthoplan) y posteriormente, se visualizaron y analizaron en un computador (Power Macintosh 7500 100) con la ayuda del programa de uso público NIH Image 1.60 (desarrollado en el U. S. National Institutes of Health y disponible en Internet en el <a href="http://rsb.info.nih.gob./nih-image/">http://rsb.info.nih.gob./nih-image/</a>).

Luego de una observación de "barrido" de la sección histológica mejor conservada usando el mismo aumento (~1000×), según recomendación de Die *et al.* (1995), se escogieron al azar tres campos microscópicos que presentaran tejido gonádico. Con el fin de expresar cuantitativamente la representación del tejido gonadal respecto a los distintos tipos de tejido presentes en las secciones histológicas, se registró el número de impactos de los "puntos de prueba" de la grilla Weibel (100 puntos por

campo microscópico), que incidían sobre estos. La sumatoria de las áreas de recuento correspondió a ~0,011 mm². En las lecturas se registró el número de impactos de los "puntos de prueba" por cada tipo celular según el criterio sugerido por Christiansen et al. (1972, 1973), de tomar en cuenta los elementos ubicados dentro del retículo utilizado inclusive aquellos situados en la periferia del margen superior e izquierdo, con centros de gravedad en las líneas de borde del sistema.

En los machos ésto correspondió a: espermatogonias y espermatocitos que se encuentran formando parte de la línea germinal temprana (LGT); espermátidas y espermatozoides en la línea germinal avanzada (LGA), células vesiculosas intraacinares (CVIA) y "otros" en que se incluyen los vasos sanguíneos, trazas de músculo y amebocitos. Posteriormente se calculó el promedio de impactos de cada tipo celular por individuo, que se transformó a "fracción de volumen" (FV, %) presentada en tablas y gráficos de cada tipo celular por muestreo.

En hembras, no se utilizó el método estereológico debido a la superestimación de la proporción de los tipos celulares presentes en cada sección, a consecuencia de su mayor tamaño. Por consiguiente, la cinética de la línea germinal respondió al recuento del número de ovocitos realizados mediante la superposición de un marco de área conocida (0,0052 mm²), a un aumento de 625X, sobre la porción microscópica de un plano histológico transversal del complejo gónada – glándula (CGGD). Para efectuar los recuentos, se adoptó el criterio de Christiansen et al. (1972; 1973). Se escogieron al azar tres campos microscópicos por individuo. En cada campo se registró el número total de ovogonias, ovocitos previtelogénicos, ovocitos vitelogénicos adheridos al acino y ovocitos vitelogénicos libres maduros, como una selección de lo tipos celulares representativos para la caracterización del ciclo reproductivo. El área total de recuento correspondió a ~0.0156 mm². Los resultados se presentaron en tablas y gráficos expresados como promedios mensuales por tipo celular.

# 5.2.2 Metodología para determinar talla mínima de reproducción para cada especie.

En los estudios de madurez sexual rutinariamente se han utilizado los IGS determinados por las relaciones de peso o gravimétricas en especies donde la gónada es un órgano conspicuo o forma un complejo con la glándula digestiva, aún discernible en individuos inmaduros (*Chlamys (Argopecten) purpurata*, Guerra & Brown, 1980; *Haliotis rufescens*, Brown, 1981; *Concholepas concholepas* Brown *et al.*, 1997; *Fissurella latimarginata, F. cumingi*, Brown *et al.* 1997b). Bajo estas mismas condiciones anatómicas el IGS determinado por las relaciones de medidas o somatométricas, ha resultado ser apropiado (Brown *op cit.*). Sin embargo, como en los estudios de ciclo reproductivo y sobre todo de especies como las almejas en que la gónada no es un órgano conspicuo fácil de aislar en los animales inmaduros o en maduración, la metodología más útil y objetiva sigue siendo la técnica histológica.

En este proyecto se utilizó:

- a) El IGS determinado por las relaciones de medida o somatométricas
- b) El método histológico por determinación de estados gonadales

Se realizó un muestreo para cada especie y para cada área de estudio en el período en que, mediante los muestreos de ciclo reproductivo, se observó gametogénesis activa y tendiendo a la madurez total en los animales adultos. Se intentó procesar tratando de completar 30 ejemplares para cada rango de talla, hasta la talla máxima obtenida para cada población, de acuerdo con el detalle de número de ejemplares por rangos de talla indicado en las tablas respectivas.



### La metodología fue la siguiente:

- a) IGS: se determinó IGS1 utilizando una metodología similar a la descrita para el estudio del ciclo reproductivo.
- b) Método histológico: La región gonadal o los trozos sagitales en el eje dorsoventral de la gónada, según corresponda con el tamaño de los animales; se procesaron por la técnica histológica de rutina descrita para el estudio del ciclo reproductivo. De acuerdo con el grado de evolución morfológica de la línea germinal, los animales en cada rango de talla fueron clasificados cualitativamente en dos categorías generales (Brown, 1995):
  - A. Línea germinal incompleta (**LGI**)
  - B. Línea germinal completa (LGC)

Los ejemplares con línea germinal incompleta se clasificaron de la forma siguiente:

iLGI 1	Sólo presencia de células germinales troncales o gonias
	(Fig. 8A-D y 13A-D).

MLGI 2	Machos:	presencia de espermatocitos	(Fig. 14A-B).
MILGIZ	Macillos.	presencia de espermatocitos	(Fig. 14A-D).

Los resultados para cada rango de talla se expresan en tablas y gráficos como:

- a) Frecuencia porcentual de ejemplares con LGI y LGC
- b) Frecuencia porcentual de ejemplares en cada condición de madurez sexual.

Este análisis gráfico permitió visualizar la forma de la relación entre talla y madurez de machos y hembras en cada estado, así como para la muestra total poblacional.

# 5.2.3 Metodología para determinar la ojiva de madurez (función de madurez) para cada especie.

Se aplicó el análisis de regresión logística el cual consiste en el ajuste de la función logística (programa STATISTICA, 1993 - módulo NONLIN):

$$P(I) = \frac{1}{1 + e^{\beta 2 + \beta 3I}}$$

donde p (I) es la proporción sexualmente madura a la talla I y β2 y β3 son parámetros de posición y pendiente respectivamente. Este modelo se considera apropiado para una variable (madurez sexual) que se comporta dicotómicamente (individuos maduros e inmaduros) como función de una variable continua (talla). Los errores de este modelo presentan una distribución binomial (Hosmer & Lemeshow, 1989) (para detalles de la teoría que respalda este enfoque y crítica de enfoque alternativos, ver Welch & Foucher 1989, Roa 1993), por lo que los parámetros se estimaron a través de una estimación de máxima verosimilitud binomial:

$$U$$
 ( $\beta$ 2,  $\beta$ 3) = - C  $\Sigma$  [ h ln (P(I) + (1 - h) ln (1 - P(I))]

donde h es la variable ya descrita y con valores de h= 0, inmaduro y h= 1, maduro, P(I) es la ecuación logística y  $\sum$  sobre todas las observaciones.



# 5.3 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de los recursos tawera y culengue en la X Región. (OBJETIVO 3).

Para caracterizar los períodos del reclutamiento de los recursos a estudiar en los bancos seleccionados, se recolectaron inicialmente y en forma mensual 10 muestras de sedimento superficial (0 - 10 cm de profundidad), utilizando tubos de PVC de 10 cm de diámetro y 50 cm de alto.

Los resultados obtenidos los primeros meses de muestreo (marzo – mayo), bajo número de reclutas, sugirieron un cambio en la obtención de las muestras, lo que se tradujo en obtener un total de 30 réplicas en tres puntos del banco, ambos extremos y centro (10 muestras por punto).

Los sedimentos se han tamizado a través de mallas de 0,25 mm de abertura, lo que ha permitido retener a los ejemplares presentes en el sustrato. Los ejemplares reclutas se han preservado en formalina al 10%, para su posterior análisis.

El criterio para definir la porción recluta, estuvo sujeto a la detección de los ejemplares de menor tamaño presente en la población. De acuerdo a estudios previos éstos presentarían una talla entre el rango 5 a 20 mm.

Un segundo cambio introducido a la metodología propuesta inicialmente, consistió en analizar las muestras del sedimento en forma mensual, con el fin de caracterizar los tipos de sustrato a los cuales se asocia la fracción de la población recluta.

Simultáneamente, se ha tomado información en relación con la presencia, distribución y abundancia de adultos, con el fin de detectar interacciones entre juveniles y adultos de la población.



- 5.4 Estimación de la mortalidad natural y la talla crítica de los recursos Tawera y Culengue en la X Región. (OBJETIVO 4).
- 5.4.1. Estimar la mortalidad natural de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.

En general, existen al menos cinco tipos genéricos de métodos para estimar la tasa instantánea de mortalidad natural "M", los cuales se resumen en los siguientes:

- a) Métodos bioanalógicos
- b) Métodos basados en la curva de captura y composición de tallas.
- c) Métodos basados en la composición de edades de la captura
- d) Experimentos de marcaje y recaptura
- e) Métodos que requieren datos de captura y esfuerzo.

Los métodos de las letras "d" y "e" requieren diferente tipo de información. Aunque se reconoce la mayor robustez que presentan, la información base para el cálculo de la tasa de mortalidad natural es costosa de obtener. Los métodos del tipo "e" funcionan con una base de datos captura y esfuerzo (estandarizado) de varios años, la cual obviamente es inexistente. Por su parte, los métodos basados en marcaje y recaptura requieren abundante trabajo de campo y períodos de más de un año, para efectuar varios eventos de marcaje. Es deseable, sin duda, el estudio de la mortalidad natural con la aplicación de métodos alternativos de validación, entre los que el marcaje y recaptura constituye uno de los mas utilizados (Phillips & Campbell, 1974; Vetter, 1988; Beinssen & Powell, 1979).

Además, varias técnicas específicas pertenecientes a los otros métodos (del tipo "b" y "c"), que estiman la mortalidad total (Z) podrían ser aplicables para estimar mortalidad natural (M) siempre que la estimación se hiciera sobre stock no explotados, situación



que no se presenta en los bancos de Culengue y, en menor medida, los de Tawera de la X Región, los cuales son sometidos a explotación en la actualidad. En este grupo de métodos encontramos los modelos de Beverton & Holt (1956), Ssentongo & Larkin (1973), Van Sickle (1977), Powell (1979), Pauly (1983), Jones & Van Zalinge (1981), Jones (1984), Heincke (1913), Chapman & Robson (1960), Robson & Chapman (1961), Fournier & Breen (1983), entre otros.

Lo anterior reduce la estimación de M a algunos métodos del tipo bioanalógicos, del tipo basado en datos de tallas de muestreos poblacionales.

Los métodos bioanalógicos se basan en suponer la existencia de una relación entre la mortalidad natural y procesos biológicos básicos como el crecimiento, la reproducción o la longevidad u otros. Algunos de estos métodos han relacionado estimaciones independientes de M y otros parámetros a través de relaciones funcionales. Tal es el caso de los modelos de Pauly (1980) y Rikhter & Efanov (1976), los cuales requieren parámetros ambientales o de edad de primera madurez. También son métodos bioanalógicos los que requieren sólo de parámetros de crecimiento como el de Taylor (1958) o de longevidad como el de Alagaraja (1984). Métodos como el de Höenig (1983) o el de Ebert (1981), si bien son bioanalógicos, requieren el supuesto de stock no-explotado para la estimación de M.

En consecuencia, existen algunos modelos posibles de aplicar para estimar M de acuerdo a la información disponible son los métodos bioanalógicos (estructura de talla poblacional, parámetros de crecimiento individual y ciclo de madurez). Estos son:



MÉTODO 1: Taylor (1958)

$$M = \frac{2,996 * k}{2,996 + k * t_0}$$

donde k y to son parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

MÉTODO 2: Alagaraja (1984)

$$M_{1\%} = \frac{-\ln(0.01)}{Tm}$$

donde Tm representa la longevidad en años.

MÉTODO 3: Rikhter y Efanov (1976)

$$M = \frac{1.521}{Tm50\%^{0.72}} - 0.155$$

donde Tm50% corresponde a la edad mediana de madurez sexual o talla de primera madurez, en la cual el 50% de la población está madura. Si bien, los valores de las constantes de este método se obtuvieron de estudios realizados en poblaciones de peces, la estimación obtenida se comparará con los valores calculados de los métodos 1 y 2.

MÉTODO 4: Pauly (1983)

En el caso de Tawera, dado que se esta estudiando poblaciones vírgenes, no sometidas a explotación comercial, se ha estimado adecuado agregar un cuarto método de estimación de la mortalidad natural. Este método está descrito para ser



aplicado a tallas (Pauly, 1983) y se fundamenta en la regresión entre la frecuencia numérica de ejemplares *versus* el grupo de talla o edad respectivo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\ln(\frac{N^{\circ}}{dt}) = a - Z * (t * (\frac{(L1 + L2)}{2}))$$

donde:

N° = frecuencia numérica por rango de talla o edad (en nuestro caso por talla)

dt = período de tiempo de crecimiento entre rangos de talla

a = intercepto

Z = pendiente de la función, en nuestro caso es equivalente a mortalidad

natural (M)

t = edad asociada al rango de talla

L1,L2 = tallas iniciales y finales de crecimiento en el rango de tallas.

Los parámetros de entrada a los métodos de estimación de M descritos (1 al 3) requieren fundamentalmente estimaciones de k, Loo, to, Tm (longevidad), Tm50% (talla primera madurez). Dichos parámetros se obtienen de la estimación del crecimiento y ciclo de madurez, de acuerdo a la metodología descrita para ese efecto. En el caso del método 4, aplicado exclusivamente a Tawera, los datos de entrada corresponden a la frecuencia numérica acumulada de los muestreos de talla poblacional anual y a los parámetros de crecimiento estimados por los métodos de lectura de anillos.



# 5.4.2 Estimación de la talla crítica de los recursos tawera y culengue en la X Región.

Ricker (1975) define la Talla Crítica (Tc) como : "the average size of the fish in a year-class at the time when the instantaneous rate of natural mortality equals the instantaneous rate of growth in weight for the year-class as a whole". Cuando se trata de poblaciones explotadas la Tc se alcanza cuando la tasa instantánea de crecimiento (G) iguala a la tasa instantánea de mortalidad natural (M) y la clase anual alcanza su biomasa máxima. Este concepto se encuentra relacionado estrechamente con el de "edad crítica" (Larkin, 1988).

Así, la estimación de Tc se obtiene del siguiente razonamiento:

La biomasa (B) de una clase anual se obtiene de la multiplicación del número de individuos (N) de la clase por su peso (Wt)

$$B_t = N_t * W_t$$

Ricker (op. cit.) expresa la tasa instantánea de mortalidad como:

$$N_t = N_0 e^{-Z_t}$$

Para el cálculo de la talla crítica (Tc) de recursos sometidos a escasa explotación la tasa instantánea de mortalidad total (Z) puede ser reemplazada por la tasa instantánea de mortalidad natural (M). Si la unidad de tiempo (t) es un año, entonces t=1 y la ecuación la podemos expresar como:

$$N_t = N_o * e^{-M}$$



El crecimiento de la fórmula de von Bertalanffy lo expresamos en términos del peso asintótico (Woo), del coeficiente de crecimiento de Brody (k), el parámetro de ajuste a la escala de tiempo (to) y (b) la pendiente de la relación talla-peso,

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k^*(t-t_o)})^b$$

Si se reemplaza las dos ecuaciones anteriores en la de estimación de Bt, entonces se obtiene la biomasa de la clase anual en el tiempo:

$$B_t = N_0 * e^{-M} * W_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Para estimar la biomasa máxima con la ecuación anterior se calcula la primera derivada en el tiempo y se iguala a cero despejando t. La edad crítica (Tmb) es entonces:

$$Tmb = \frac{1}{k} * \ln(\frac{bk}{M} + 1)$$

Así, el parámetro de crecimiento (k) se obtiene con los métodos descritos en el capítulo de crecimiento, (b) corresponde a la pendiente de la relación talla-peso y (M) a partir de los métodos indicados anteriormente. Esta función ha sido adecuadamente descrita en el trabajo de Alverson & Carney (1975). La talla crítica (Tc) se estimará finalmente con función de crecimiento de von Bertalanffy:

$$T_c = L_{\infty} (I - e^{-k(Tmb - t_0)})$$



# 5.5 Formulación de una metodología para elaborar un plan de rotación de áreas de extracción de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.

Las pesquerías que pueden ser sometidas a estrategias de explotación espacialmente definidas corresponden a aquellas compuestas por especies sésiles y sedentarias, en las cuales se verifican procesos de dinámica poblacional acotados en el espacio, tales como los reproductivos, el reclutamiento y los procesos migratorios. Este tipo de pesquería fue definido por Orensanz & Jamieson (1998). En esta categoría se encuentran los recursos "Culengue" y "juliana o tawera". Estas estrategias pueden consistir en una combinación de tácticas de explotación que consideren: épocas de vedas reproductivas, tallas mínimas de extracción, cuotas de captura y cierre de áreas de extracción.

En este informe, nos hemos centrado en las estrategias relacionadas con el cierre y apertura rotativa de áreas de extracción y cuales han sido las experiencias a nivel mundial de la aplicación de tal estrategia. Como opción de manejo formal solo recientemente ha comenzado a estudiarse en pesquerías; sin embargo, en términos históricos existen ejemplos de aplicación informal de este mecanismo de explotación de recursos bentónicos.

El objetivo del estudio consistió en formular una estrategia de explotación, particularmente del recurso Culengue de la Bahía de Ancud, basada en la rotación de áreas de extracción, definiéndolas espacialmente y proponiendo un sistema de aplicación radicado en la gestión conjunta de las organizaciones de pescadores y la autoridad normativa y fiscalizadora pertinente.

La recopilación de antecedentes bibliográficos y el registro de información no publicada, escrita y verbal, constituye la fuente primaria de información para abordar el presente objetivo. Se ha hecho una extensa búsqueda de referencias mediante dos



sistemas de información bibliográfica: ASFA y TREECD. Este último se refiere a recursos forestales, para los cuales existe una larga tradición en el uso de estrategias rotativas. En relación con información no publicada escrita y oral se ha recurrido a: Grupo de comunicación FISHFOLK de INTERNET, reportajes documentales de televisión (en Chile) y comentarios verbales de pescadores chilenos.

Respecto a la formulación preliminar de un Plan de Rotación de Áreas se ha postulado trabajar con la almeja "Culengue" como caso de estudio, por cuanto para esta se cuenta con bases de datos apropiada, a diferencia de lo que ocurre con la almeja "juliana" (cuya talla adulta es inferior a la talla mínima legal de las almejas sensu lato, por lo que no genera registros de desembarque). En este marco, la propuesta de un plan de manejo de rotación de áreas para el recurso Culengue contempla las siguientes acciones:

- Revisión y recopilación de antecedentes bibliográficos sobre el tema.
- Definición de las condiciones de aplicación: biológicas, pesqueras, económicas y sociales.
- Identificación de indicadores relevantes para evaluar el desempeño del plan de rotación.
- Formulación de un modelo conceptual y la definición del ámbito técnico de aplicación.
- Relación de los casos de estudio a nivel mundial sobre el tema.



## RESULTADOS POR OBJETIVO

- 6.1 Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de los recursos tawera y culengue en la X Región. (OBJETIVO 1)
- 6.1.1 Determinación y caracterización del crecimiento de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.

### 6.1.1.1 Lectura de los anillos de crecimiento

La lectura de edad se realiza por la cara externa de la valva. En ella se aprecia alternancias de zonas y según sea la especie, se emplea diferente iluminación para favorecer la lectura; por ejemplo, en Tawera, el espesor de las valvas no hace adecuado el uso de luz transmitida, siendo apropiado el uso de luz incidente, en Culengue en cambio, la luz transmitida favorece la apreciación de los anillos de crecimiento y la luz reflejada ayuda en la observación final para determinar la edad.

## Tawera gayi

La superficie externa de las valvas de esta especie, al estar secas, se observan totalmente blanquecinas y con periostraco ausente. Por su cara interna son marcadamente violáceas.

Presentan anillos concéntricos muy marcados por su cara externa, con algunos que se hunden más notoriamente en la valva.

La **Fig. 16** corresponde a un individuo muy pequeño con  $L_{ap}$  = 11.6 mm, en la zona de inicio, a partir del umbo, es característico encontrar un sector de tono rosáceo o

café claro, en donde se observan líneas de crecimiento que no se hunden en la valva. Es un sector que mide escasos milímetros, generalmente menos de 3 mm, y se señala como "sector A". Luego se presenta un sector de líneas de crecimiento, poco hundidas en la valva y muy próximas entre sí, lo que se denomina "sector B", y posteriormente se observa un sector con anillos regulares (en cuanto a separación y hundimiento), generalmente en un número de 11 a 20, los cuales son previos al primer año y terminan en un anillo de quiebre, notoriamente más hundido el que constituye el primer anillo anual.

### Primer anillo anual

Anillo muy marcado (de quiebre), cuya característica principal es que viene a continuación de las marcas regulares que se señalan en la Fig. 16.

## Segundo anillo anual

Anillo muy marcado hundido en la valva. En la zona de crecimiento previo al segundo anillo se aprecian líneas de crecimiento muy juntas. A veces algunas son diferenciables, pero normalmente se agrupan estrechamente, lo cual genera una imagen densa que imposibilita la lectura. Estas marcas no equivalentes a las señaladas en la "zona de marcas regulares" que son previas al primer anillo.

## Tercer anillo anual

Anillo muy marcado hundido en la valva. Su zona previa de crecimiento es similar a lo descrito para el segundo anillo, pero prácticamente es una zona estrecha en que no se diferencian marcas regulares.

## Anillos de edades mayores:

Se presentan notorios en hundimiento en la valva pero la profundidad del quiebre es menos intensa.

#### Gari solida

El periostraco en esta especie sólo está presente en la periferia de sus valvas. Después de ser tratadas con cloro, se observa una valva muy blanquecina con anillos concéntricos, algunos bastante marcados y hundidos que se destacan en relación a los demás.

En las valvas de Culengue, desde el inicio del crecimiento, hasta llegar a formar el primer anillo, se aprecian líneas de crecimiento caracterizadas por hundimiento leve, tal como se muestra en la **Fig. 17**. El ejemplar de esta imagen, corresponde a un individuo muy pequeño ( $L_{ap} = 13.35$  mm). Los anillos secundarios de crecimiento que allí se aprecian debido al aumento empleado en la toma de la imagen, pasan prácticamente inadvertidos a simple vista.

#### Primer anillo anual

Banda de crecimiento que se diferencia por su ancho, nitidez y a veces hundimiento en la valva. En forma previa a éste, suelen presentarse anillos de muy leve hundimiento.

## Segundo anillo anual

Es frecuente que no se presente como una sola banda nítida, ancha, sino como una agrupación de anillos que en su conjunto indican su presencia.

## Anillos de edades mayores

Desde el 3º o 4º anillo en adelante, se aprecia en general mayor regularidad en la secuencia de hundimiento de los anillos de crecimiento anuales.

Una muestra de cómo se aprecia los **annulis** en las valvas de las especies en estudio se presenta en las **Fig. 18** y **Fig. 19**.

En la **Fig. 18a** se presenta imágenes de Tawera de individuos de edades 2 y 3 años. La imagen A corresponde a un individuo de  $L_u$  = 19,90 mm y 2 años de edad. Previo a su primer anillo, se observa un anillo secundario característico que se presenta antes de la zona de anillos regulares (descrito en la **Fig.16**) y que antecede a la formación del primer anillo anual, se señala como "S" en la figura, Por su parte, la imagen B corresponde a un individuo un año mayor que el anterior. El tercer anillo está bastante próximo al borde. También se puede apreciar el anillo secundario que antecede al primer anillo que fue mencionado en la imagen anterior.

En la **Fig. 19b** se presentan ejemplares de Tawera de 4 y 5 años de edad. Las imágenes tanto A como B dejan en evidencia el gran incremento en el primer año y la disminución del incremento absoluto en los períodos anuales correspondientes a edades mayores.

En la observación de los **annulis** se utilizan diferentes ángulos de observación como se describiera anteriormente y lograr imágenes que revelen la edad de un individuo en base a sólo un ángulo de observación es difícil ya que ciertos planos facilitan la observación de los últimos anillos y otros favorecen la observación de los primeros anillos.



En el caso de Culengue se está frente a una especie de mayor longevidad. La Fig. 19a, muestra imágenes de individuos de 5 y 9 años. La toma A permite observar con facilidad la secuencia de anillos 1 a 5. En cambio en la imagen B se destaca levemente el primer anillo de crecimiento; el segundo y tercero prácticamente no se aprecian desde el ángulo en que se fotografió la muestra y ello se debe a similares razones a las mencionadas anteriormente. La imagen en este plano permite ilustrar principalmente los anillos formados desde que cumplió 4 hasta los 9 años de vida del individuo.

Es característico encontrar entre las bandas consideradas como anuales, anillos más tenues que corresponden a anillos secundarios que son formados por cambios puntuales del metabolismo que ha experimentado el individuo pero que no se comparan a la intensidad de los anillos de crecimiento anual en el cual el período e intensidad del cambio en el metabolismo genera un **annulus** de características notables.

Culengues de mayores de edades (11 y 13 años) se presentan en la **Fig. 19b**. En la imagen A el ángulo de toma hace que prácticamente no se observe el anillo 1, no así los diez restantes que se aprecian más nítidamente. Desde el anillo 2 al 5 se observan incrementos absolutos bastante notables y en la muestra del ejemplo desde la edad 6 a la 11, el espaciamiento entre las bandas se muestra notablemente más pequeño. La imagen B de la figura citada recientemente, corresponde a una muestra bastante adulta, 13 años. Si bien su Lu es de 65,00 mm, su Lap, 87,65 mm, está dentro de los intervalos de clases mayores que se observaron en este estudio. Se aprecian anillos bastante nítidos en los últimos años.

Cabe destacar que es muy relevante la observación del último anillo, el cual va a indicar cuan amplio es el crecimiento marginal posterior a él, entregando antecedentes para asociar época de muestreo (mes) v/s formación de anillo de



crecimiento lento o rápido en la periferia de la muestra. Al observar las valvas con luz natural o reflejada se aprecian zonas blancas (opacas) y zonas algo más oscuras (con tono entre beige y gris), más estrechas, las cuales se caracterizan por su hundimiento en la valva. Las zonas blancas (opacas) son más anchas y corresponden a los períodos de crecimiento rápido, las zonas algo más oscuras son angostas y corresponden a períodos de crecimiento lento. La tonalidad, intensidad y hundimiento en la valva son algunos de los factores claves en la discriminación del tipo de anillos que va a ser registrado como edad del individuo.

Son escasos los ejemplares que presentan un patrón de anillos totalmente nítidos, es frecuente ver que hay agrupaciones de anillos que indican que un período de crecimiento lento amplio ha quedado registrado.

Existen distintos planos de observación que facilitan la determinación de la edad. Si bien la visión horizontal sobre la muestra entrega una primera apreciación, las observaciones con la valva inclinada, usando a la vez diferentes distancias "observador - muestra", además de revisar como se marcan en los extremos de las valvas los anillos de crecimiento, son elementos que logran clarificar la edad a asignar.

#### Muestreos analizados

La serie de muestreos mensuales para el estudio, se inicia en febrero de 1998 e incluye los primeros meses de 1999.

El proceso de los resultados que aquí se incluyen considera los siguientes meses:

Año Especie	1998												1999	
	E	F	M	A	М	J	J	Α	S	0	N	D	E	F
Tawera	(-):	-	X	S/M	X	X	X	X	Х	X	X	X	X	X
Culengue	-	X	X	S/M	X	X	X	X	X	S/M	X	X	X	

X = Con muestras analizadas

S/M = Sin muestreo

# 6.1.1.2 Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento

El análisis periódico del material que se está formando en el borde de la valva es un buen indicador de la etapa de crecimiento en que se encuentra el individuo.

Al encontrarse en una etapa de crecimiento lento, el organismo presenta engrosada la periferia de su valva, y al momento de retomar una mayor tasa de crecimiento se observa el quiebre abrupto de una zona que se refleja hasta con un hundimiento.

La formación de anillos en pleno borde fue una situación observada, pero sin una tendencia clara. Quien mejor reflejó la variabilidad del crecimiento mensual fue el índice de incremento marginal.

## Tawera gayi

El incremento marginal promedio ya sea considerando todas las edades o bien, las primeras edades que son las que presentan el mayor incremento absoluto en el año, presentan valores que van decreciendo hasta llegar a sus mínimos en el mes de septiembre (Fig. 20a).

El observar valores pequeños de incremento marginal indica que recientemente se ha formado un anillo de crecimiento lento. Incluso después de septiembre la gráfica muestra como este incremento marginal va subiendo lo que indica que los individuos van retomando un ritmo de crecimiento rápido.

## Gari solida

La distribución del incremento marginal durante el año, presenta sus mayores valores en los primeros meses indicando la presencia de mayor crecimiento. En el mes de agosto, tanto al considerar todas las edades, como al considerar las edades de mayor incremento absoluto, se presentan los menores valores de incremento marginal indicando que ha ocurrido formación reciente de anillos de crecimiento lento (Fig. 20b).

Para ambas especies se aprecia que durante el período existe una marcada baja de este índice en una época determinada del año lo que indicaría la formación de un anillo de crecimiento durante el año, permitiendo por tanto asociar cada anillo de tales características al paso de un año.

#### 6.1.1.3 Estimador de la estructura de edades

## Tamaño de muestra empleado

La clave edad – talla de todo el período que abarca el estudio, está conformada por 2360 y 1983 individuos para Tawera y Culengue respectivamente.

En el transcurso del año se realizaron ejercicios que permitieron determinar un tamaño de muestra mínimo a leer por mes. En los primeros meses se comenzó analizando un número fijo de 30 muestras por intervalo de clase lo que significaba leer aproximadamente entre 300 y 400 individuos de Tawera y entre 300 y 350 individuos de Culengue en el mes, **Tabla 3**.

Un procedimiento de selección de tamaño de muestra mínimo a emplear, se realizó sobre la base de procesos reiterativos de submuestreos al azar, construcción de

matrices y revisión de la estructura de edades entregada. De este modo se realizó el ejercicio con los primeros meses acumulados de lecturas, observándose que en muestras al azar de un número de 150 individuos extraídos reiteradamente sobre la muestra total, se sostenía de forma adecuada la estructura que se observaba inicialmente con la muestra total.

En Tawera el tamaño mínimo de muestras adecuado a emplear en forma mensual, resultó ser algo menor que 150 individuos por mes, pero por razones prácticas de trabajo relacionadas a los rangos de talla que se emplean para esta especie, se conservó el mismo tamaño de muestra mensual a leer edad que en Culengue.

Con posterioridad se continuó el estudio mensual considerando el tamaño de muestra mensual encontrado como adecuado, no obstante para lograrlo, se debió revisar un número superior de muestras y descartar las valvas dudosas, es decir, que no permitan determinar la edad con confiabilidad, a pesar de ser sometidas al análisis que involucra una primera lectura y una segunda de revisión de las muestras que lo ameriten.

Este tamaño de muestras a leer por mes puede distribuirse en el rango de tallas de dos maneras, ya sea en forma proporcional a la distribución de frecuencia – longitud de la población o en base a un tamaño de muestra fija por intervalo de clase. Se eligió esta última forma, debido a que operativamente en estas especies es más fácil de realizar ya que el submuestreo se va realizando a la par con el muestreo de distribución de tallas poblacional.

De encontrarse frente al caso de una especie en que en un tiempo 1 se realiza completo el muestreo de frecuencia longitud y en un tiempo 2 se realiza el submuestreo para edad, como ya sería conocida de distribución de frecuencia a

*priori*, se podría extraer un submuestreo para edad en forma proporcional al muestreo de frecuencia longitud.

Si bien, la revisión mensual asegura un buen aporte mes a mes, la clave edad – talla no se realiza para una unidad de tiempo tan pequeña, sino que agrupa las muestras en un período mayor, reforzando la representación y variabilidad dentro del año.

## Tawera gayi

La clave edad – talla para esta especie se elaboró considerando intervalos de clase de 2 mm.

En las muestras obtenidas, en un rango de tallas de10,0 mm a 44,0 mm, se observó individuos de edad actual desde 0 hasta 9 años. Mas del 90 % de los individuos analizados poseen edades entre 0 y 6 años (**Tabla 4**).

En la tabla citada precedentemente, se incluyen además los valores de la proporción de ejemplares a la edad asociadas a la distribución de frecuencias y la varianza de esta probabilidad.

### Gari solida

Se contó con muestras de tallas desde 11,30 mm hasta 89,20 mm, lo que entrega al emplear clases de 5 mm, claves edad – talla con 16 clases de longitud (**Tabla 5**). Las edades observadas van desde 0 hasta 19 años, concentrando la mayor proporción en las edades pequeñas, por tratarse de un muestreo poblacional.

Al igual que para Tawera, junto a la clave edad - talla de Culengue se entrega los valores  $p_r$  y  $V(p_r)$ 

Si bien el muestreo abarcó diferentes puntos dentro del área de Los Corrales, para así tener acceso a toda la gama de tallas presentes, las tallas mayores a 85 mm son escasas, observándose que corresponden a una fracción menor al 1 % del muestreo.

En el muestreo para el estudio de edad, las tallas más representadas van desde los 25 mm a los 80 mm. (**Fig. 21**). De forma similar se distribuyen las tallas del muestreo poblacional y proporcionalmente sus extremos tienen un menor aporte comparado con el muestreo que resulta para edad debido al tipo de selección de tamaño de muestra fijo por clases de talla que se optó para este último.

Considerando los muestreos de tallas que se toman del desembarque en esta área, los cuales se realizan dentro de las actividades del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Bentónicas, 1998, se tiene que, las distribuciones de tallas se presentan notoriamente más a la derecha del rango de tallas de esta especie, con moda en la marca de clase de 67,7 mm. Obviamente esto obedece a la normativa que rige esta pesquería, en cuanto a la talla mínima de extracción del Culengue (60 mm.), no obstante bajo esta talla, la extracción registrada, representa 25 %. Realizando un ejercicio con la distribución de tallas del desembarque sobre la clave edad – talla construida, se obtiene que las edades 4 a 9 sostienen en un 75 % la actividad extractiva del área de Los Corrales.

# 6.1.2 Estimación de los parámetros de crecimiento

La determinación de la edad en cada individuo entrega tanto la edad actual asociada a la longitud al momento de la captura, como las longitudes pretéritas referidas a los anillos de crecimiento que se observan en las valvas y de los cuales se han registrado sus medidas. Los valores de longitudes promedios por edad se emplean en la obtención de parámetros de entrada al proceso de ajuste final.



## Tawera gayi

Se contó con muestras cuyas tallas oscilaban entre 10,0 – 44,2 mm, en las que se observó edades actuales desde 0 a 9 años de edad.

Si bien en cada valva se registra la edad actual del individuo, en el estudio de crecimiento se empleó las edades pretéritas, vale decir, lo que media cada anillo de crecimiento al momento del término de su formación.

El emplear de este modo la información enriquece el ajuste de la curva de crecimiento ya que incorpora el aporte de la talla precisa a cada edad, es decir, sin incrementos posteriores a la formación del anillo de crecimiento.

Para esta especie se procesó 5054 pares de datos cuya dispersión se presenta en la **Fig. 22a**, se aprecia que la información es abundante hasta la edad 5. Las muestras con edad 7 o más se tornan escasas, habiendo llegado a observar sólo cuatro ejemplares de edad 9.

La curva ajustada (Fig. 22a) para el crecimiento de Tawera es:

$$L_{ap(t)} = 40,6 * (1 - e^{-0.287*(t+1.082)})$$

Los valores de los parámetros y estadísticas asociadas al ajuste no lineal se entregan en la **Tabla 6**. Por su parte, los valores de las longitudes estimadas y las tasas de incremento se presentan en la **Tabla 7**.

La formación de cada anillo de crecimiento oscila en un rango de tallas propio del crecimiento de la especie regulado tanto por factores endógenos como exógenos.



Las mayores tasas de incremento se logran en los primeros años de vida y esto lo refleja la tasa de incremento relativa que alcanza un valor mayor a 60 % considerando los 4 primeros años.

#### Gari solida

Previo a la estimación de los parámetros de crecimiento es importante examinar como se dispersan los datos en forma natural. La **Fig. 22b** muestra la nube de puntos, 10.829 pares de datos, en donde se aprecia como describen la curva propia de su crecimiento, observándose información más escasa de la edad 14 en adelante.

El proceso de ajuste no lineal se realizó en base a los datos de los individuos desde edad 0 a 19 años, proporcionando la siguiente expresión de crecimiento:

$$L_{ap(t)} = 81,7*(1-e^{-0.149*(t+1.633)})$$

A partir de esta función en la **Tabla 8** se presentan las longitudes estimadas a cada edad y sus tasas de incremento.

Si bien la curva estimada está basada en el ajuste de los datos individuales, en la Tabla 8 se incluye los valores de longitud promedio observada por anillo, a fin de tener un punto de comparación junto a los mínimos y máximos, los cuales son de gran utilidad en la continuación de estos estudios.

Empleando para ambas especies las relaciones peso – longitud, se obtiene que Tawera alcanza peso asintótico de 20,9 g y Culengue de 106,6 g.

Así como la longitud asintótica representa un valor promedio el peso asintótico también lo es pero en esencia, el peso es un registro que presenta una variabilidad mucho mayor que los registros de longitud, por lo que no es de extrañar que en el muestreo se dé el caso de observar pesos mayores a estos pero de baja frecuencia.

## 6.1.3 Método de marcaje - recaptura

Los resultados obtenidos con los estudios de marcaje y recaptura para ambas especies fueron considerados altamente satisfactorios, ya que los porcentajes de ejemplares marcados recuperados en total superó el nivel del 5% (específicamente 6,7% para Culengue y 28,7% para Tawera). En el caso de Tawera se marcó 4.423 ejemplares y se recuperaron 1.269 ejemplares marcados (**Tabla 9**). En el caso del Culengue, se marcó 5.694 individuos y se recuperaron 380 ejemplares marcados (**Tabla 10**). Los estudios contemplaron tres eventos de marcaje y tres de reposición para las dos especies.

Por su parte, la estructura de talla del estudio de marcaje se presenta en las **Fig. 23** y **Fig 24** para Tawera y Culengue, respectivamente. En ambas especies, se marcó un amplio rango de tallas, lo cual permitió obtener una adecuada representación de las tasas de crecimiento estacional y anual de la población. En Tawera, el rango de tallas abarcó de los 10 mm a los 40 mm, mientras que en Culengue fue de 14 mm a 90 mm.

A partir de estos datos se calcularon las tasas de crecimiento estacionales y anuales, transformadas a mm/mes.



### 6.1.3.1 Tasas de crecimiento estacional

Las tasas de crecimiento estacional para ambas especies estudiadas variaron en sus valores específicos, pero mostraron un patrón común de disminución y crecimiento. Se observa que las tasas de crecimiento menores ocurrieron en el primer período del estudio de marcaje (marzo a julio de 1998) con un aumento promedio de 0,55 mm/mes y 1,54 mm/mes para Tawera y Culengue, respectivamente. En el período julio de 1998 a enero de 1999. las tasas alcanzan su máximo valor en 1,62 mm/ mes para Tawera y 15,0 mm/mes para Culengue. Finalmente, en el lapso de enero a abril de 1999, las tasas disminuyen pero se mantienen sobre los valores estimados para el período inicial. Para Tawera alcanzan a 1,28 mm/mes y para el Culengue a los 2,6 mm/mes. El patrón se resume como sigue: INVIERNO, bajas tasas de crecimiento, PRIMAVERA, notorio incremento del crecimiento, VERANO-OTOÑO, disminución del crecimiento, pero no inferior a la estación de invierno.

La presentación de las tasas de crecimiento estacional por rango de tallas se presentan en las Fig. 25a, 25b, y 25c para Tawera y Fig. 26a, 26b y 26c para Culengue. Las curvas muestran, en general, una tendencia decreciente con el aumento de las tallas observadas. Las barras en cada intervalo de talla corresponden a los intervalos de confianza al 95% del error estándar. Los valores específicos de las curvas indicadas anteriormente corresponden a las tasas de crecimientos por rango de talla y se proporcionan en las Tablas 11, 12 y 13 para Tawera y en las Tablas 14, 15 y 16 para Culengue.

## 6.1.3.2 Tasas de crecimiento anual

Las tasas de crecimiento anual promedio para ambas especies estudiadas proporcionan una magnitud de 3,23 mm/mes en el período marzo,1998 a abril,1999



para Tawera (**Tabla 17** y **Fig. 27**) y de 6,51 mm/mes para el Culengue en el mismo período. (**Tabla 18** y **Fig. 28**). En el caso de Tawera lograron recuperarse 260 ejemplares marcados de los 2.438 originales (10,6%). En el caso del Culengue, la recuperación fue de 63 individuos de un total inicial 2.380, equivalente a un 2,6%.

# 6.1.3.3 Ajuste función de crecimiento con datos de marcaje

Con el objeto de tener estimaciones de crecimiento independientes del estudio de lectura de anillos, se procedió al análisis de los datos de incrementos anuales dados por el estudio de marcaje, mediante la aplicación de la ecuación de Ford-Walford (Ricker, 1975). En la **Fig 29** se muestra el ajuste de la regresión entre los valores de talla L1 y L2 para Tawera. Los valores de Loo y k están dentro de las magnitudes esperadas para este recurso. El Loo se estimó inferior en, aproximadamente 25%, respecto al valor proveniente del ajuste de los datos de lectura de anillos.

Asimismo, la **Fig. 30** esquematiza la relación entre L1 y L2 para el Culengue. La estimación del valor de Loo=81,67 mm, prácticamente fue la misma que se obtuvo con la lectura de anillos (Loo= 81,70 mm).

# 6.1.4 Estimación de los parámetros somatométricos de los recursos Tawera y Culengue en la X Región.

# 6.1.4.1 Relación longitud antero posterior - longitud desde el umbo

En el muestreo habitual, tanto poblacional como del desembarque, la talla que se registra es la longitud antero - posterior. Al realizar el estudio de edad la medición de los anillos se tomó desde el umbo hasta su longitud máxima. El umbo da un punto de referencia estable desde el momento de nacimiento del individuo, no obstante la longitud antero - posterior de los anillos de crecimiento podría ser empleada, pero es



de mayor dificultad su medición ya que tanto en la cara anterior como posterior los anillos se juntan bastante.

El registro de mediciones de las valvas en su sentido antero - posterior  $(L_{ap})$  y la longitud total a partir del umbo  $(L_u)$ , es la clave que permite asociar las variables y traducir la medición de las distancias umbo- anillos de crecimiento, a longitudes en el sentido antero-posterior que es lo habitual tomado en el sistema de muestreo.

## Tawera gayi

El proceso de 2360 observaciones indica que la función lineal ajusta bien ambas variables, r²=0,989, **Fig. 31a**, y la curva descrita es:

$$L_{ap} = 1,383858 + 1,169839*L_{u}$$

Los valores estadísticos derivados del proceso se presentan en la Tabla 19.

### Gari solida

Del proceso de 1.983 pares de datos, se aprecia que la función lineal describe con un buen grado de ajuste ( $r^2 = 0,994$ ) la asociación de estas variables (**Fig. 31b**). La curva que las representa es:

$$L_{ap} = 3,320583 + 1,278331*L_{u}$$

Los valores de interés y límites de confianza de los parámetros se presentan en la **Tabla 19**.

En aspecto, el Culengue presenta una mayor longitud en el sentido antero- posterior, la cual es aproximadamente un 30% que la longitud desde el umbo; tal como lo indica la ecuación precedente.



Las estadísticas de las rectas al emplear mínimos cuadrados indican que cuanto más pequeña es la suma residual de cuadrados en comparación con la suma total de cuadrados, mayor es el valor del coeficiente r<sup>2</sup>, tal como se aprecian los valores en la **Tabla 19** para ambas especies.

El estadístico F permite determinar si estos resultados, con un valor  $r^2$  tan alto, se relacionan aleatoriamente. Como el valor de F observado es mayor que el valor crítico de F, se está en presencia de una relación fuerte entre las variables ya que los valores de F observado, 215.966 en Tawera y 340.972 en la regresión de Culengue, son substancialmente mayores que el F crítico que en ambos casos toma un valor de 2.99 ( $F_{0,05;(2,n=\infty)}$ ).

Otra prueba de hipótesis basada en los valores del coeficiente de pendiente en relación al error típico, indica que en la regresión de Tawera el estadístico t toma un valor 26,5 y en Culengue un valor de 38,2 (**Tabla 19**). Si se considera que el valor crítico de t con  $\alpha$  = 0,05 y n =  $\infty$  es 1,96, se tiene una prueba más de que la variable independiente es poderosa en la estimación de las L<sub>ap</sub>.

# 6.1.4.2 Relación talla - peso estacional y anual

# Tawera gayi

Se ajustó la relación entre el peso total y la longitud en forma trimestral. La nube de puntos de cada ajuste junto a la curva que los expresa se presenta en la **Fig. 32**. Los valores de los parámetros y datos de interés asociados se presentan en la **Tabla 20**. Cada período de proceso está conformado por los meses en que se dispuso de muestra, de donde el primer trimestre cuenta con las muestras de marzo; el segundo trimetre lo componen las muestras de mayo y junio; y el tercer trimestre tienen muestras en los tres meses que lo constituyen respectivamente.



Las relaciones peso - longitud obtenidas por trimestre son:

Los pesos teóricos calculados a diferentes longitudes, se observan levemente más bajos durante el primer trimestre en las tallas mayores que los 30 mm (Tabla 21, Fig. 32)

#### Gari solida

Como ilustración de la dispersión de los datos y las curvas ajustadas se presenta la Fig.33.

Los valores de los parámetros en forma trimestral y anual presentan leves diferencias y en la **Tabla 20** se entregan los límites de confianza de estos junto a otros datos de interés. Los meses de muestras que conforman los procesos trimestrales implican un primer trimestre con muestras de marzo; segundo trimestre con muestras de mayo y junio; el tercer trimestre tiene muestras en sus tres meses componentes y el cuarto trimestre posee datos de noviembre y diciembre.

Si bien en general las curvas se aprecian bastante próximas entre sí, el segundo y tercer trimestre son prácticamente iguales.

Primer trimestre  $W = 0,000055 \times L^{3,275}$ Segundo trimestre  $W = 0,000033 \times L^{3,405}$ Tercer trimestre  $W = 0,000033 \times L^{3,407}$ 



Cuarto trimestre

W

 $0.000093 \times L^{3,177}$ 

Proceso Anual

W

 $0.000049 \times L^{3.312}$ 

El primer y cuarto trimestre presentan una diferencia leve la cual se resume en que a una misma talla los pesos medios son menores a principio de año en relación a lo que alcanzan en el cuarto trimestre. Como ejemplo de esta variación se presenta en la **Tabla 21** los pesos estimados a diferentes tallas.

- 6.2 Determinación y caracterización del ciclo reproductivo, ojiva de madurez y talla mínima de madurez de los recursos tawera y culengue en la X Región (OBJETIVO 2)
- 6.2.1 Determinación y caracterización del ciclo de madurez sexual (ciclo reproductivo de los adultos) de las especies seleccionadas.
- a) Tawera gayi
- Indice Gonadosomático, IGS

La **Tabla 22** resume los resultados de **IGS** para el total de ejemplares de las muestras poblacionales sin considerar el sexo. Los promedios se expresan en la **Fig. 34.** Las fluctuaciones en **IGS** expresadas en los promedios con valores entre 10,3 y 19.7, muestran una tendencia a la disminución desde febrero a julio de 1998. Estas variaciones aparentemente no tienen un correlato claro con las variaciones en los estados gonadales, como se verá más adelante.

La **Tabla 23** resume los resultados de medidas del complejo gónada-glándula digestiva CGGD (masa visceral) y los respectivos **IGS**, calculados respecto a estas medidas. Se entregan los siguientes **IGS**:



IGSL = índice gonadosomático respecto a la longitud del CGGD.

IGSH = índice gonadosomático respecto a la altura del CGGD.

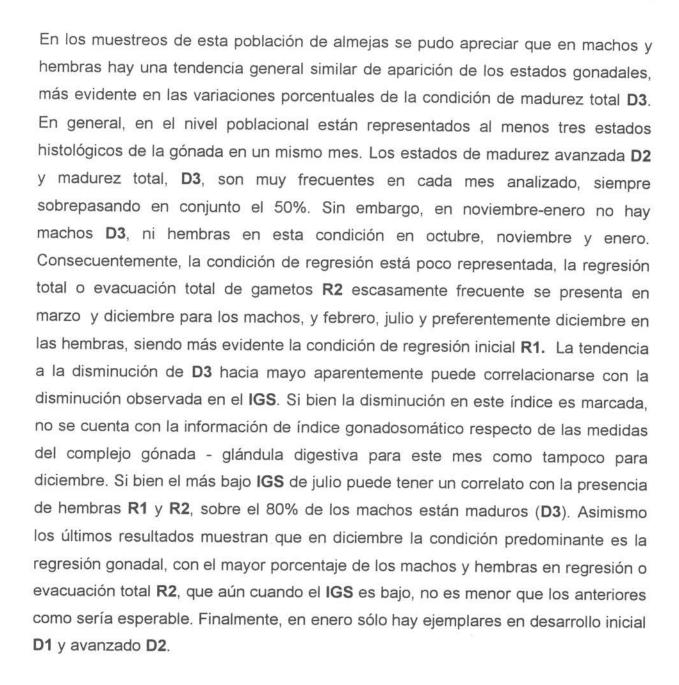
IGSA = índice gonadosomático respecto al ancho del CGGD.

La distribución de los promedios se expresa en la Fig.35 para los índices indicados anteriormente.

El índice gonadosomático respecto a la longitud del complejo gónada-glándula digestiva / longitud de la concha, IGSL, sigue una tendencia similar al IGS. El índice gonadosomático respecto a la altura, IGSH, y el índice gonadosomático respecto al ancho, IGSA, con fluctuaciones recíprocas a los anteriores, aparentemente muestra un correlato más claro con las variaciones en los estados gonadales; los valores más altos de marzo y agosto-octubre se corresponden con los mayores porcentajes poblacionales o totales de animales en desarrollo avanzado y maduros (D2 y D3).

## ♦ Análisis Histológico

Los resultados en número y frecuencias porcentuales de los distintos estados histológicos de la gónada para los ejemplares machos, hembras y para la muestra total sin considerar el sexo se entregan en las **Tablas 24,25 y 26** respectivamente. A la vez, en las **Fig. 36A** y **36B** se observan la distribución de estas frecuencias porcentuales para machos y hembras. Los porcentajes totales para los distintos estados gonadales en las muestras poblacionales, sin considerar el sexo, están representados en la **Fig. 37**. Las **Fig. 5A-7B** (fotomicrografías de secciones histológicas) muestran los distintos estados histológicos de la gónada de los adultos machos y hembras.



Al observar los resultados de frecuencia porcentual de estados gonadales totales poblacionales sin considerar el sexo, si bien en febrero y marzo aparecen ejemplares R2, se puede resaltar que en julio y mayormente diciembre presentan el mayor porcentaje de hembras en esta condición.

### Análisis Cuantitativo

Los resultados de los recuentos mensuales de tipos celulares en los machos se muestran en la **tabla 27**. La distribución de los promedios de células de la línea germinal temprana (LGT), avanzada y de otros tipos celulares se muestran en la **Fig. 38**.

En la **tabla 28** se entregan los resultados de los recuentos mensuales de tipos celulares para hembras. La distribución de los promedios de ovogonias, ovocitos previtelogénicos (OPV), ovocitos adheridos (OVA) y de ovocitos vitelogénicos libres (OVL) se observan en la **Fig. 39**.

Tanto en machos como en hembras, los valores de recuento en células de la línea germinal temprana y otros tienen un estrecho correlato recíproco con los valores de recuento de células de la línea germinal avanzada, al mismo tiempo que hay un correlato directo con los estados histológicos de madurez Consecuentemente, en machos los promedios altos de LGT en febrero, mayo, septiembre y notoriamente noviembre y enero, se corresponden inversamente con promedios bajos de LGA (comparar Fig. 38A y 38B), al mismo tiempo que se correlacionan directamente con la presencia de porcentajes altos de animales en la condición de desarrollo inicial y avanzado (D1-D2; Fig. 36A). Por otra parte, en los machos los valores máximos de LGA representada por espermátidas y espermatozoides, se corresponden estrechamente con las máximas frecuencias de machos en el estado gonadal de desarrollo total o maduro (D3), en marzo, julio y octubre (comparar Fig. 36A con 38B).

Este correlato también se presenta en las hembras en que los promedios bajos de gonias, OPV y/o OVA se corresponden con promedios altos de OVL en marzo, junio y diciembre; así como valores altos de OPV y OVA se corresponden con valores



bajos de OVL en el período septiembre-noviembre y en enero (comparar figura 39B-C con 39D) cuando se dan las mayores frecuencias de hembras en la condición gonadal D2 y no hay maduras D3 (ver Fig. 36B). Así mismo, los valores máximos de ovocitos vitelogénicos libres, OVL, se corresponden con los valores máximos del estado D3 en marzo, junio y diciembre (comparar Fig. 36B con 39D). Cabe destacar aún cuando en machos los recuentos de LGT pueden caer desde 62,8 a 3,1 y recíprocamente la LGA incrementar desde 8,5 a 77,0 (tabla 27); en las hembras siempre hay OVL variando entre 3,8 y 10,0 junto a los otros tipos celulares de la línea germinal femenina (tabla 28). Por otra parte, se presenta con muy baja frecuencia la parasitación por tremátodos a nivel gonadal (Fig. 7C-D).

Finalmente, durante los doce meses de este estudio se puede apreciar tres ondas que se correlacionan directamente con decrementos en la condición de desarrollo gonadal total en marzo-mayo, julio-septiembre y noviembre-enero, e inversamente con la condición de regresión y desarrollo inicial.

## b) Gari solida

# Índice Gonadosomático, IGS

La tabla 29 resume los resultados de IGS para los ejemplares totales de las muestras poblacionales sin considerar el sexo. Los promedios se expresan en la figura 40. Las fluctuaciones en IGS expresadas en los promedios con valores entre 22,5 y 31,3; luego de valores estables en el período febrero-abril, una tendencia a la disminución hacia junio, manteniéndose con leves variaciones hasta el período octubre-enero en que incrementan con máximos en noviembre y enero. Estas variaciones aunque mínimas pueden tener un correlato aproximado con las variaciones en los estados gonadales.



La **tabla 30** resume los resultados de medidas del complejo gónada-glándula digestiva (masa visceral) y los respectivos **IGS** calculados respecto a estas medidas. Se entregan los siguientes **IGS**:

IGSL = índice gonadosomático respecto a la longitud del CGGD.

IGSH = índice gonadosomático respecto a la altura del CGGD.

IGSA = índice gonadosomático respecto al ancho del CGGD.

La distribución de los promedios se expresa en la Fig. 41 para los índices indicados anteriormente.

El índice gonadosomático respecto a la longitud del complejo gónada-glándula digestiva / longitud de la concha, IGSL, sigue una tendencia similar al IGS. El índice gonadosomático respecto a la altura, IGSH y el índice gonadosomático respecto al ancho, IGSA, siguen una tendencia general similar al IGS. Sin embargo, en marzo se aprecia un incremento más notorio en el IGSL e IGSH; luego tiende a disminución hacia junio, manteniéndose hasta octubre en que incrementan hasta alcanzar máximos en enero.

# Análisis Histológico

Los resultados en número y frecuencias porcentuales de los distintos estados histológicos de la gónada para los ejemplares machos, hembras y para la muestra total sin considerar el sexo se entregan en las **tablas 31,32 y 33**, respectivamente. A la vez, la distribución de estas frecuencias porcentuales para machos y hembras se observan en la **Fig. 42**. Los porcentajes totales para los distintos estados gonadales en las muestras poblacionales, sin considerar el sexo, están representados en **Fig. 43**. Las **Fig.10A-12B** (fotomicrografías de secciones



histológicas) muestran los distintos estados histológicos de la gónada de los adultos machos y hembras.

Si bien no hay una clara sincronía, se puede apreciar que en machos y hembras hay una tendencia general similar de aparición de los estados gonadales, siendo menos evidente la condición de regresión total R2 y más representada la condición de desarrollo avanzado y total (D2-D3) en los machos. En general, en el nivel poblacional están representados al menos tres de los estados histológicos de desarrollo y regresión de la gónada simultáneamente en el período febrero-agosto y diciembre-enero.

El estado de madurez total **D3** aparentemente está poco representado, siendo el desarrollo avanzado **D2** y la regresión gonadal inicial **R1** los estados más representados. Aún cuando desde marzo la regresión total **R2** o evacuación total de gametos está presente en las hembras, es dominante la regresión inicial **R1** hasta mayo. Sin embargo, desde junio aparecen animales en la condición de desarrollo gonadal inicial **D1** junto con animales **R2** hasta septiembre, muy evidente en las hembras; que tendrían su correlato con los índices gonadosomáticos bajos de este período. Es interesante destacar que desde septiembre un alto porcentaje de los ejemplares en estado de desarrollo avanzado **D2** junto con la presencia de animales maduros **D3**, tiene su correlato con un incremento en **IGS**.

#### Análisis Cuantitativo

Los resultados de los recuentos mensuales de tipos celulares en los machos se muestran en la **tabla 34**. La distribución de los promedios de células de la línea germinal temprana (LGT), avanzada (LGA) y de otros tipos celulares se expresan en la **Fig. 44**.



En la **tabla 35** se entregan los resultados de los recuentos mensuales de tipos celulares en las hembras. La distribución de los promedios de ovogonias, ovocitos previtelogénicos (OPV), ovocitos adheridos (OVA) y de ovocitos vitelogénicos libres (OVL) se observan en la **Fig. 45**.

Como en *T. gayi*, tanto en machos como en hembras, los valores de recuento en células de la línea germinal temprana y otros tienen un estrecho correlato recíproco con los valores de recuento de células de la línea germinal avanzada, al mismo tiempo que hay un correlato directo con los estados histológicos de madurez gonadal.

En los machos la línea germinal temprana, LGT, está bien representada en febrero en que el 100% está en la condición de desarrollo avanzado D2; experimenta una disminución hacia abril-mayo en que consecuentemente se observa el mayor aumento en la línea germinal avanzada, LGA, correlacionado con el mayor porcentaje de machos en desarrollo gonadal total, D3 (comparar Fig. 44A-B con Fig. 42A). Luego hay un período de incremento marcado hasta septiembre en la LGT, manteniéndose en valores altos hasta noviembre. Este incremento es acompañado por una disminución en los promedios de LGA hacia agosto, los que aumentan hacia noviembre-diciembre, consecuente con un 100% de machos en desarrollo avanzado en septiembre-noviembre y la presencia de maduros D3 en diciembre (tabla 34; Fig. 44).

En las hembras los mayores recuentos de células de línea germinal temprana representada por las gonias y los ovocitos previtelogénicos OPV se presentan en marzo y junio-agosto (Fig. 45A-B). Recíprocamente, los promedios más altos de células de la línea germinal avanzada representada por los ovocitos adheridos OVA y los ovocitos libres OVL, ocurren en febrero-mayo y septiembre-diciembre, cuando se observan los mayores porcentajes de hembras en D2 y D3 (comparar Fig. 45 con



Fig. 42). A diferencia de *T. gayi*, hay un período de julio a agosto en que los recuentos de OVL caen prácticamente a 0, consecuente con los estados D1 Y R2 representados casi en un 100% en este período.

Finalmente *Gari solida* presenta una actividad gametogénica extensa caracterizada por el desarrollo avanzado **D2**, el desarrollo total o maduro **D3** desde septiembre, junto con la evacuación de gametos desde diciembre hasta junio; expresada en el alza de la línea germinal avanzada masculina LGA y el aumento en el número de ovocitos vitelogénicos libres OVL, y consecuentemente en sus decrementos importantes hacia diciembre-enero y mayo junio. Es interesante que aún cuando aparentemente se mantiene la actividad gametogénica expresada por el aumento en células germinales tempranas, el período junio-agosto muestra un decremento en las células germinales más maduras, que en los machos va acompañado con un alto número sostenido de elementos celulares correspondiente a otros tejidos (**Fig. 44**) y en las hembras el bajo número sostenido de OVL (**Fig. 45D**) acompañado por células vesiculosas intraacinares (**Fig. 10B**), caracterizando un período de desarrollo gonadal inicial latente o lento.

NOTA: Es interesante destacar que se presentaron algunos casos de ejemplares hermafroditas que tenían folículos gonadales masculinos contiguos a folículos femeninos: un ejemplar juvenil de sexo femenino con línea germinal incompleta LGI3, presentó un acino gonadal masculino junto a acinos gonadales femeninos (Fig. 12C), y un ejemplar adulto en regresión o evacuación inicial R1 con acinos gonadales masculinos con espermatozoides no evacuados junto a acinos gonadales femeninos con ovocitos vitelogénicos residuales (Fig. 12D).

### 6.2.2 Determinación talla mínima de madurez sexual para cada especie

### a) Tawera gayi

# Índice Gonadosomático, IGS

La **tabla 36** resume los resultados de **IGS** para los ejemplares totales de las muestras poblacionales sin considerar el sexo, extraídas por rango de talla para el análisis de madurez sexual. Los promedios y sus respectivas desviaciones se expresan en la **Fig. 46**.

El IGS se determinó desde el rango de talla 12,5-17,4mm ya que en los rangos anteriores no se registró el peso de CGGDP (complejo gónada-glándula digestiva-pié). Los valores variaron entre 17,5 y 21,5 sin observarse una tendencia clara que indique un aumento marcado desde un determinado rango correlacionado con la probable adquisición de la primera madurez sexual.

## Análisis Histológico

La tabla 37 resume los resultados de estados histológicos de madurez sexual de las muestras poblacionales extraídas para cada rango de talla y para cada sexo, así como las frecuencias porcentuales totales de ejemplares con Línea Germinal Incompleta, LGI, y de ejemplares con Línea Germinal Completa, LGC, sin considerar el sexo. Las Fig. 47 y 48 muestran, para machos, las frecuencias de estados gonadales de madurez sexual y las frecuencias en que se presentan los animales con LGC como expresión de primera madurez sexual, información similar para hembras se entrega en las Fig. 49 y 50. Información referida a frecuencia de estados gonadales de madurez sexual y frecuencia con que se presenta la primera madurez sexual poblacional se observa en las Fig. 51 y 52. Las Fig.8A-9D (fotomicrografías de secciones



histológicas) muestran los distintos estados histológicos de la gónada encontrados en ejemplares indeterminados y en machos y hembras inmaduros con LGI.

#### ♦ Talla Mínima de Madurez Sexual Individual

El ejemplar macho de menor tamaño que presentó Línea Germinal Completa, LGC, correspondió al rango 7,5-12,4 mm y midió 10,0 mm de longitud. La gónada presenta una maduración homogénea de los acinos gonadales como en los adultos en estado de desarrollo total o maduro MD3, con escasa línea germinal temprana, LGT, representada por espermatogonias y espermatocitos, y abundantes espermátidas elongadas organizadas en largas columnas y espermatozoides hacia el lumen acinar. Esto indica que ha alcanzado el estado de desarrollo o madurez total masculina LGCD3.

El ejemplar hembra de menor tamaño que presentó LGC correspondió al rango 12,5-17,4 mm y midió 13,7 mm de longitud. Esta hembra presentó acinos gonadales con LGT integrada por ovogonias y ovocitos previtelogénicos 1 y 2, y abundante LGA integrada por ovocitos vitelogénicos pedunculados y ovocitos vitelogénicos libres. Esto indica que ha alcanzado el estado de desarrollo o madurez avanzada femenino LGCD2 propio de los adultos.

### Talla Mínima de Madurez Sexual Poblacional

En este trabajo se considera como la talla mínima de madurez sexual de la muestra poblacional, aquella correspondiente al rango de talla en que la frecuencia porcentual de ejemplares con **LGC**, es igual o mayor al 50%; y en que los animales son capaces de experimentar la primera evacuación de gametos durante el ciclo propio de los adultos.



En el rango 7,5-12,4 mm hay machos con LGC, evidentemente en la condición de desarrollo o madurez total D3 y en regresión o evacuación de gametos (R1-R2) sobre un 40%. El estado de línea germinal incompleta, LGI, que caracteriza a los animales inmaduros, está representado en los machos por el 100 % de LGI3 sobre el 50%; consecuentemente va en decremento a medida que aumentan los animales con línea germinal completa, LGC, en desarrollo (D1-D2) y en regresión (R1-R2) alcanzando 92,8% en el rango 12,5-17,4 mm. Por lo tanto la condición LGC representativa de la talla de primera madurez sexual ya se establece en el rango de talla 12,5-17,4 mm (Tabla 37, Fig. 47), con un alto porcentaje de animales que presentan incluso los indicadores propios de la evacuación de gametos o regresión (R), que correspondería a la talla mínima de madurez sexual poblacional en los machos (Fig. 48).

La misma tendencia se observa en las hembras; sin embargo, todos los ejemplares presentan la condición de LGI a los 7,5-12,4 mm, con más del 40% en la condición LGI2 que no está representada en los machos. La LGC ya se establece sobre el 80% con ejemplares que presentan los estados de desarrollo gonadal (D1-D2) y regresión (R1) propio de los adultos, en el rango de talla 12,5-17,4 mm (Tabla 37, Fig. 49), que correspondería a la talla mínima de madurez sexual poblacional en las hembras (Fig. 50), como en los machos.

Consecuentemente la talla mínima de madurez sexual poblacional, sin considerar el sexo se expresa en el rango de talla <u>12,5-17,4 mm</u> en que sobre el 80% de los animales ha alcanzado la condición de LGC (Tabla 37, Fig. 52) y los estados gonadales propios de los adultos, desarrollo (D1-D2), y regresión (R1-R2)), están representados en la muestra poblacional (Fig. 51).

Es necesario aclarar que la condición LGI1 está representada en este caso por ejemplares clasificados como indeterminados con línea germinal incompleta (iLGI1) con sólo células troncales o gonias que no permiten identificar el sexo, y que se



presentan con una baja frecuencia en la **Fig. 51** en los dos primeros rangos. No hubo ejemplares con LGI1 en que las gonias permitieran discriminar el sexo.

### Ojiva de Madurez (Función de Madurez)

El ajuste de la función de madurez de Tawera entregó los estimadores de parámetros que se indican a continuación: ( $\beta1$  y  $\beta2$ = parámetros de posición y pendiente, respectivamente;  $I_{50\%}$ : talla de madurez sexual (TMS))

Parámetro	Valor
- log (Ver)	22,96
β1	7,34
E.Ε. (β <sub>1</sub> )	1,77
$\beta_2$	0,628
E.E. (β <sub>2</sub> )	0,139
Γ (β <sub>1</sub> , β <sub>2</sub> )	0,976
I <sub>50%</sub> (mm)	11,7

La curva de madurez y la talla de primera madurez se muestra en la Fig. 53.

## b) Gari solida

## Índice Gonadosomático, IGS

La **Tabla 38** resume los resultados de **IGS** para los ejemplares totales de las muestras poblacionales sin considerar el sexo, extraídas por rango de talla para el análisis de madurez sexual. Los promedios y sus respectivas desviaciones se expresan en **Fig. 54**.



El IGS se determinó desde el rango de talla 20,0-24,9mm ya que en los rangos anteriores no se registró el peso de CGGDP (complejo gónada-glándula digestiva-pié). Los valores variaron entre 34,6 y 43,7. Descartando el alto valor registrado a los 20,0-24,9mm, ya desde el rango 30,0-34,9mm se observa un alza que aparentemente se estabiliza desde los 40.0-44,9mm con valores bajos de D.E.

### Análisis Histológico

La **Tabla 39** resume los resultados de estados histológicos de madurez sexual de las muestras poblacionales extraídas para cada rango de talla y para cada sexo, así como las frecuencias porcentuales totales de ejemplares con Línea Germinal Incompleta, **LGI**, y de ejemplares con Línea Germinal Completa, **LGC**, sin considerar el sexo. Las **Fig. 55** y **56** muestran las frecuencias de estados gonadales de madurez sexual y las frecuencias en que se presentan los animales con LGC como expresión de primera madurez sexual para los machos, información similar se observa en las **Fig. 57** y **58** para las hembras, respectivamente. Las **Fig. 59** y **60** muestran la frecuencia de estados gonadales de madurez sexual y la frecuencia con que se presenta la primera madurez sexual poblacional, respectivamente. Las **Fig. 13A-15D** (fotomicrografías de secciones histológicas) muestran los distintos estados histológicos de la gónada encontrados en ejemplares indeterminados y en machos y hembras inmaduros con LGI.

#### ♦ Talla Mínima de Madurez Sexual Individual

El ejemplar macho de menor tamaño que presentó Línea Germinal Completa, **LGC**, correspondió al rango <u>35,0-39,9 mm</u> y midió <u>35,7 mm</u> de longitud. La gónada presenta una maduración homogénea de los acinos gonadales como en los adultos en estado de desarrollo inicial MD1, con línea germinal temprana, **LGT**, representada por espermatogonias, espermatocitos, y espermátidas redondas iniciales, escasas



espermátidas elongadas y espermatozoides residuales hacia el lumen acinar indicando una previa evacuación de gametos. Esto indica que ha alcanzado el estado de desarrollo o madurez inicial masculina **LGCD1**, propio de los machos adultos.

El ejemplar hembra de menor tamaño que presentó LGC también correspondió al rango 40,0-44,9 mm y midió 40,6 mm de longitud. Esta hembra presentó acinos gonadales con escasa LGT, integrada por ovogonias y algunos ovocitos previtelogénicos 1 y 2; la LGA está integrada por ovocitos vitelogénicos pecunculados y abundantes ovocitos vitelogénicos libres, OVL. Esto indica que ha alcanzado el estado de desarrollo o madurez total femenino LGCD3 propio de las hembras adultas.

#### Talla Mínima de Madurez Sexual Poblacional

En esta especie la condición iLGI1 (indeterminados con línea germinal incompleta), se presenta prácticamente en 100% hasta el rango 25,0-29,9 mm, disminuyendo al 50% al rango siguiente y a menos del 15% a los 35,0-39,9 mm. Consecuentemente aumenta la condición de LGI2-LGI3, y se establece la LGC en este rango, para los machos, en la condición de desarrollo (D1-D2; **Fig. 55**) alcanzando el 50%. Por lo tanto la condición LGC representativa de la talla de primera madurez sexual ya se establece en el rango de talla <u>35,0-39,9 mm</u> (Tabla 39, Fig. 56).

Aunque excepcionalmente hay ejemplares LGI2 en el rango 15,0-19,9 mm; la misma tendencia se observa en las hembras; todos presentan la condición de LGI hasta los 35,0-39,9 mm (Tabla 39, Fig. 58), disminuyendo a casi el 20% al rango siguiente. Consecuentemente, la LGC ya se establece casi el 80% con ejemplares que presentan los estados de desarrollo gonadal maduro (D3) y regresión (R1-R2) propio de los adultos, en el rango de talla 40,0-44,9 mm (Tabla 39, Fig. 57), que correspondería a la talla mínima de madurez sexual poblacional en las hembras (Fig. 58), a un rango superior que en los machos.



Consecuentemente la talla mínima de madurez sexual poblacional, sin considerar el sexo se expresa en el rango de talla <u>40,0-44,9 mm</u> en que sobre el 90% de los animales ha alcanzado la condición de LGC (Tabla 39, Fig. 60) y los estados gonadales propios de los adultos, desarrollo (D1-D2-D3), y regresión (R1-R2)), están representados en la muestra poblacional (Fig. 59).

#### Ojiva de Madurez (Función de Madurez).

El ajuste de la función de madurez de **Gari solida** entregó los estimadores de parámetros que se indican a continuación: ( $\beta$ 1 y  $\beta$ 2= parámetros de posición y pendiente, respectivamente;  $I_{50\%}$ : talla de madurez sexual (TMS)).

Parámetro	Valor
- log (Ver)	20,147
$\beta_1$	32,14
E.Ε. (β <sub>1</sub> )	6,82
$\beta_2$	0,817
E.Ε. (β <sub>2</sub> )	0,175
$r(\beta_1, \beta_2)$	0,998
l <sub>50%</sub> (mm)	39,3

La curva de madurez y la talla de primera madurez se muestra en la Fig. 61.



6.3 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de los recursos tawera y culengue en la X Región. (OBJETIVO 3).

#### 6.3.1 Análisis del sedimento

#### a) Gari solida

Los resultados obtenidos indican que granulométricamente el sedimento existente en los sectores de Carelmapu y Quemchi entre marzo de 1998 y febrero de 1999, se caracteriza por poseer un diámetro que oscila entre límites de 0,0312 mm hasta un máximo de 4 mm, lo que equivale a denominaciones que van desde fango hasta grava.

En el sector de Carelmapu (**Tabla 40**), el tamaño del sedimento está constituido principalmente por grava, arena muy gruesa y arena gruesa, de los cuales predomina el primero en todo el período analizado, en especial en la época de otoño (mayo y junio), donde llega a alcanzar niveles sobre el 90% del sedimento del sector. La presencia de arena muy gruesa y gruesa constituyen parte importante del sedimento del lugar en todo el período analizado (con excepción de mayo y junio), registrando porcentajes sobre el 30% del fondo marino del lugar. Entre mayo y junio este tipo de sedimento no sobrepasa el 7%. El sedimento restante conformado por arena mediana a muy fina no sobrepasa el 15% mensual en todo el período analizado, distribuyéndose entre un rango de 0,33% 14,74%. Por su parte, el sedimento remanente constituido por fango, presentó un mínimo de 0,16% (marzo) y un máximo de 0,57% (septiembre) (**Fig. 62**).



### b) Tawera gayi

La dinámica del sector de Quemchi (**Tabla 41**), registra predominancia de 3 tipos de fondo (grava, arena muy gruesa y arena gruesa), según la estación del año. Entre primavera y verano el sedimento esta conformado principalmente por grava, alcanzando sus niveles más altos en marzo (70,45%), mientras que a fines de otoño e invierno comienza a ser notoria la presencia de arena muy gruesa, la cual junto a grava conforman principalmente el fondo marino de este lugar (**Fig. 63**). La dinámica del sector vuelve a cambiar a partir de septiembre, donde grava, arena muy gruesa y arena gruesa constituyen el principal tipo de fondo registrando el 96% de representatividad del sedimento. Es destacable la presencia de arena gruesa a partir de junio, la cual registra valores sobre el 15% de representatividad en el sustrato. El sedimento restante (arena mediana a muy fina) no supera el 7% del sedimento en todo el período de estudio.

#### 6.3.2 Análisis del reclutamiento

#### a) Gari solida

Durante el período marzo, 1998 – junio de 1998 se obtuvo 10 réplicas de muestras de reclutamiento de un punto dentro del banco de Los Corrales. Los resultados de estos muestreos indicaron un bajo número de reclutas e incluso la ausencia de ellos. Considerando estos resultados y la necesidad de obtener información con una cobertura espacial mayor, con el fin de correlacionar tipo de sustrato y presencia de reclutas, la metodología se modificó. De acuerdo a esto, se realizaron en lo sucesivo muestreos en tres puntos del banco, en ambos extremos y en el centro, aumentando a 30 el número total de réplicas.



Sin embargo, a pesar este esfuerzo de muestreo, la frecuencia de reclutas de Culengue resulta escasa a lo largo del período de muestreo.

Para efectuar el análisis del proceso de reclutamiento se ha procedido a unir las muestras obtenidas a través del muestreo poblacional y de sedimento, los cuales en conjunto suman más de 16.000 ejemplares medidos, cubriendo un rango de 10 a 90 mm. Se puede señalar que en los meses de otoño-invierno (marzo a agosto) reclutan a la población una mayor proporción de ejemplares (**Fig.64**). La observación anterior es consistente con los resultados referentes a los aspectos reproductivos obtenidos en este estudio, ya que la población estaría en proceso de desove durante los meses de primavera — verano, lo que generaría asentamientos masivos durante el otoño, con la consecuente presencia de cohortes de reclutas en invierno.

Junto a las muestras de reclutas se identificaron ejemplares de los siguientes géneros y/o grupos de especies: *Tawera, Venus, Semele, Tagelus, Protothaca, Carditopsis, Gaimardia, Diplodonta, Nitrella, Nassarius, Crepidula, Fissurella, Natica, Iselica, Risoina*, Ofiuros, Holoturioideo y Poliquetos.

## b) Tawera gayi

Al igual que para el recurso Culengue, durante el período marzo – junio de 1998 se obtuvo 10 replicas de muestras de reclutamiento en un sector específico dentro del banco Punta Queler. Considerando la necesidad de obtener información con una cobertura espacial mayor, con el fin de correlacionar tipo de sustrato y presencia de reclutas, la metodología se modificó. Al igual que para el Culengue y de acuerdo a lo anterior, se realizaron en lo sucesivo muestreos en tres puntos del banco, en ambos extremos y en el centro, aumentando a 30 el número total de réplicas.



La unión de los archivos de talla poblacionales y de sedimento han permitido contar con una base de datos de más de 47.000 registros de tallas, que cubren el rango desde 1 mm hasta 49 mm de longitud.

Cabe señalar que a diferencia de lo determinado para Culengue y a la luz de los resultados de crecimiento y reproducción, se hace necesario redefinir la talla máxima que permite clasificar a los ejemplares como reclutas. Originalmente se había definido como fracción recluta a los ejemplares de hasta 20 mm de longitud, sin embargo, los individuos de Tawera que han alcanzado esta talla ya se habrían reproducido al menos una vez, con una edad estimada de un año (ver resultados objetivo 6.1 y 6.2). Por lo tanto, se ha restringido la definición de fracción recluta a individuos menores o iguales a 10 mm.

En forma preliminar se puede señalar que en los meses de invierno y primavera reclutan a la población una mayor proporción de ejemplares, en comparación con lo observado en los meses de otoño (**Fig.65**). Al igual que para Culengue, la observación anterior es consistente con los resultados referentes a los aspectos reproductivos obtenidos en este estudio, ya que la población estaría en proceso de desove durante los meses de otoño - invierno, lo que generaría asentamientos masivos durante el invierno y primavera.

Junto a las muestras de reclutas se identificaron ejemplares de los siguientes géneros y/o grupos de especies: *Venus, Tagelus, Diplodonta, Nassarius, Natica, Iselica, Aulacomya, Gari, Tegula*, Nemertinos y Poliquetos.



# 6.4 Estimación de la mortalidad natural y la talla crítica de los recursos Tawera y Culengue en la X Región. (OBJETIVO 4.)

### 6.4.1 Mortalidad Natural y Talla Crítica en Tawera

Los parámetros de entrada al cálculo de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) y el parámetro poblacional de la talla crítica (Lc) se presentan en la **Tabla 42a** y **42b**.

En el caso de Tawera se aplicaron, en definitiva, cuatro métodos de cálculo, tal como se mencionó en el punto de la metodología correspondiente. En general se aprecia coherencia en las magnitudes de los M estimados con los métodos 1 (Taylor,1958), 2 (Alagaraja, 1984) y 4 (Pauly, 1983). Si bien, el cálculo proporcionado por el método 3 (Rikhter & Efanov, (1976) se presentó en la tabla, la magnitud estimada escapa totalmente a los valores proporcionados por los otros tres métodos, lo cual esta sugiriendo una inconsistencia de este método para realizar una estimación representativa de M. En consecuencia, este método no parece apropiado para la estimación de M de este tipo de recurso. Similar conclusión es aplicable al Culengue.

El método 4 (Pauly, 1983) se aplicó con los datos de la estructura de tallas poblacionales de Tawera acumuladas en el período de estudio (1 año) (**Tabla 43**). A partir de estos datos se representó una relación entre la abundancia por rango de talla y la edad (en años) estimada para cada rango de talla observado (**Fig.66**). El valor de M obtenido de la pendiente de la regresión fue M=0.485, equivalente a una tasa de mortalidad absoluta porcentual de 38,4 %.

Los valores extremos de M obtenidos con los métodos 1,2 y 4 fluctuaron entre M = 0,32 y M = 0,63. Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 27% y 46%.

Por su parte, las estimaciones de edad crítica (tc) y talla crítica (Lc) también mostraron coherencia con las estimaciones de M, descartándose el valor obtenido proveniente del cálculo de M con el método 3 (Rikhter & Efanov, 1976). Los valores de la edad crítica (tc) fluctuaron entre los 3,2 y 4,8 años, correspondiendo tallas críticas de entre los 28,7 mm y los 33,1 mm.

### 6.4.2 Mortalidad Natural y Talla Crítica en Culengue

En el caso del Culengue, los parámetros de entrada para las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) y el parámetro poblacional de la talla crítica (Lc) se presentan en las **Tablas 44a y 44b**.

En el caso del Culengue se aplicaron los tres métodos descritos en la propuesta técnica original correspondiente. En general se aprecia coherencia en las magnitudes de los M estimados con los métodos 1 (Taylor,1958) y 2 (Alagaraja, 1984). El cálculo proporcionado por el método 3 (Rikhter & Efanov, (1976) se consideró no adecuado, dado que la magnitud estimada de M escapa notoriamente a los valores proporcionados por los otros dos métodos. Similar observación se efectuó para el caso de Tawera, sugiriéndose una inconsistencia de este método para realizar una estimación representativa de M.

Los valores extremos de M obtenidos con los métodos 1 y 2 fluctuaron entre M = 0.16 y M = 0.24. Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 15% y 21%.



Por su parte, las estimaciones de edad crítica (tc) y talla crítica (Lc) también mostraron coherencia con las estimaciones de M, descartándose el valor obtenido proveniente del cálculo de M con el método 3 (Rikhter & Efanov, 1976). Los valores de la edad crítica (tc) fluctuaron entre los 7,5 y 9,4 años, correspondiendo tallas críticas de entre los 61 y 66 mm.

 Formulación de una metodología para elaborar un plan de rotación de áreas de extracción de los recursos tawera y culengue en la X Región (OBJETIVO 5).

### 6.5.1 Fuentes de Documentación

### a) Discusión con pescadores de la Bahía de Ancud

La implementación de una estrategia de manejo (tal el caso de un programa de rotación) depende, en última instancia, de la colaboración y participación de las personas involucradas (en este caso los buzos comerciales de la Xa Región). Por esa razón se efectuó una reunión de discusión con dirigentes de organizaciones de buzos mariscadores en Ancud, el 10 de mayo de 1998. En esa reunión se recabó información y opinión sobre cuatro asuntos principales:

- La ubicación y extensión de los bancos de pesca ("procedencias") reconocidos por los pescadores.
- El proceso de pesca (modus operandi de los buzos).
- La situación actual del recurso Culengue, a través de la experiencia de los pescadores.
- La factibilidad de implementar un programa de rotación.



La información obtenida en esa ocasión fue excepcionalmente valiosa en la interpretación de los datos históricos de la pesquería.

### b) Compilación de antecedentes sobre el Culengue

El desarrollo de un modelo de rotación óptima fue coetáneo con las rutinas de muestreo biológico del programa, destinadas a recabar información sobre crecimiento y mortalidad (entre otros aspectos). Considerada la conveniencia de adelantarse a la conclusión de esas rutinas, se condujo un escrutinio meticuloso de toda la información disponible sobre el Culengue de la Xa Región. Esos antecedentes incluyeron:

- Publicaciones y documentos técnicos, especialmente los datos de los proyectos sobre diagnóstico y seguimiento de las pesquerías de la X Región, conducidos por IFOP.
- Bases de datos históricos correspondientes a esos programas.
- Datos mensuales sobre edad, estadíos reproductivos, y aspectos biológicos relacionados, obtenidos en 1993-1994 y publicados parcialmente por Reyes et al. (1995a). En este caso fue posible recuperar los archivos electrónicos originales, lo que permitió el re-análisis de esos valiosos datos. Cabe señalar que esos archivos estaban dispersos en varios lugares del país (Puerto Montt, Valparaiso, Santiago).
- Información estadística compilada por SERNA<u>PESCA</u> y por las oficinas aduanales.

Una vez consolidada, el volumen y calidad de esa información fueron tales que permitieron estimar los parámetros requeridos para el análisis de rotación óptima, mucho antes de lo previsto en el proyecto original.



### c) Cartografía de los bancos de Culengue

Combinando la información obtenida de los buzos mariscadores en Ancud con los datos de la base de datos históricos (capturas por procedencia y por intervalos de profundidad) se elaboró una carta preliminar de los bancos de pesca, necesaria junto con el análisis formal- para la eventual implementación de un programa de rotación.

Dicha cartografía fue digitalizada a fin de mapear y calcular el área de cada procedencia. Los resultados se presentan en la Fig.67). Se identificaron 8 bancos principales, cinco de los cuales se ubicaron dentro de la Bahía de Ancud y tres al norte del Canal de Chacao. Inicialmente, los pescadores delimitaron los bancos de manera aproximada y luego, utilizando las profundidades medias registradas en la operación de la flota asociada a cada banco y los perfiles batimétricos de la zona se ajustó de manera mas precisa las fronteras de cada uno de ellos. El banco mas extenso correspondió a Cochinos (3.505 Ha) y el mas pequeño a Punta Lengui (129 Ha). Una revisión preliminar de la serie histórica de desembarques por banco mostró que el banco mas productivo en los últimos 5 años ha sido Pta. Chocoi, con un 30% de los desembarques totales, sin embargo el que ha mostrado mayor rendimiento por superficie explotada ha sido Punta Lengui, con una promedio de 7 toneladas por hectárea. Estas diferencias por banco deberán tenerse en cuenta a futuro en el establecimiento de una estrategia de explotación por rotación de áreas.

# 6.5.2 Análisis y Resultados

# a) Revisión de antecedentes

Para la revisión de antecedentes mundiales sobre estrategias rotativas en pesquerías se recurrió a varias fuentes de información:

- Aquatic Science and Fisheries Abstracts
- University of Washington, Fish & Ocean Library
- Mensajes a la lista de discusión internacional FISHFOLK (Internet)
- Búsqueda en la WWW
- Correspondencia con colegas y biblioteca personal de los autores

Las aplicaciones teóricas mas prominentes en pesquerías fueron publicadas por Botsford *et al.* (1993), Caddy (1993), Caddy y Seijo (1998), Pfister y Bradbury (1996) y Sluczanowski (1984, 1986).

Las conclusiones mas importantes de esta revisión fueron:

- Las estrategias rotativas, bien establecidas en el manejo de recursos forestales, han recibido muy poca atención en pesquerías, a pesar de su gran utilidad potencial (particularmente en el manejo de stocks de organismos sedentarios).
- La mayor parte de las aplicaciones publicadas adolecen de serios defectos: desconocimiento de la teoría, mala documentación, errores formales, etc.
- Existe confusión respecto de los objetivos de las estrategias rotativas (sustentabilidad, mejores posibilidades de fiscalización, optimización del rendimiento, etc.)

Dadas las circunstancias, y visto el volumen de información compilada (en muchos casos muy mal documentada en la literatura internacional) se decidió compilar una revisión mundial sobre el tema que será enviada a una revista internacional ISI (ver más abajo).

La discusión que sigue trata exclusivamente con la estrategia de rotación de áreas en poblaciones naturales bajo manejo. La palabra "rotación" ha sido utilizada en manejo de recursos en otros contextos: rotación de especies en acuicultura (por ejemplo de crustáceos y peces en plantaciones de arroz; D'Abramo and Daniels, 1992), el espaciamiento de las cosechas, o la rotación "táctica".

Las estrategias rotativas fueron implementadas de manera espontánea en el manejo de algunas pesquerías. Más abajo se discuten algunos ejemplos. En algunos casos fueron propuestas o implementadas de manera intencional y planificada, con dos objetivos diferentes: sustentabilidad y maximización. Más abajo discutimos casos del primero, y presentamos el desarrollo formal de criterios para alcanzar el segundo.

#### b) Fundamentos

La situación usualmente confrontada en el manejo de pesquerías bentónicas tiene los siguientes elementos:

- 1. El arte de pesca es a menudo no selectivo, típicamente el caso de muchas artes de arrastre, dragas hidráulicas, etc. En los casos en que es selectiva, los individuos no capturados bajo la talla legal o no comercializables mueren o son dañados tras el paso del arte, o en razón de que se incrementa su vulnerabilidad a fuentes varias de mortalidad (por ejemplo depredación por jaibas, peces, aves, etc.). La operación de estas artes a menudo tiene efectos colaterales dramáticos sobre el ecosistema bentónico.
- 2. En los casos en que el arte es selectiva (por ejemplo en la pesca con buzos comerciales) la eficiencia es a menudo muy alta, al punto de que la mayor parte de



los individuos de talla comercial presentes en una parcela de fondo pueden ser capturados durante un evento de explotación.

3. Las parcelas explotadas están abiertas al reclutamiento por larvas o propágulos originados en otras localidades, aún cuando estén cerradas a la inmigración emigración de juveniles y adultos. Los desplazamientos locales de organismos de poca movilidad pueden ser ignorados en tanto las parcelas sean relativamente grandes.

Cuando se aplican estas condiciones, y dado que la región explotada pueda ser subdividida en subregiones o parcelas, la rotación espacial es una estrategia razonable para una variedad de pesquerías de invertebrados. Las estrategias de rotación espacial están basadas en dos criterios (Botsford et al., 1993):

- Uno es el de la pesca pulsátil, relacionado con [1] y [2]: cada parcela o subregión puede ser eficientemente explotada solo de tanto en tanto. En la práctica puede considerarse que todo el efectivo de valor comercial presente en la parcela es extraído durante cada evento de pesca. La población -se asume- se recupera entre cosechas sucesivas.
- El otro es el concepto de metapoblación, relacionado con [3]. Los reclutas (larvas que se asientan en la parcela) se originan en el pool reproductivo regional (la suma de las parcelas o subregiones).

Los principales controles y prácticas de manejo que pueden aplicarse bajo un tal escenario incluyen:

 La subdivisión de la región explotada en un número de subregiones o parcelas que son cosechadas fuera de fase. Esto satisface dos requerimientos:

continuidad, en tanto cada año hay parcelas disponibles para ser explotadas.

renovabilidad, en tanto siempre existen parcelas no recientemente explotadas (recuperadas o en recuperación) dentro de la metapoblación, las cuales pueden contribuir nuevos reclutas a las parcelas recientemente explotadas.

- Tiempo entre cosechas sucesivas, que tiene que ser lo bastante largo como para permitir la recuperación del stock local (incluyendo en muchos casos la recuperación del ecosistema bentónico del disturbio ocasionado por las artes de pesca).
- "Siembras" y/o manipulación del hábitat en las parcelas tras la cosecha, a fin de reducir el período de recuperación e incrementar el rendimiento de los pulsos de cosecha. Estas intervenciones pueden incluir "siembras" de post-larvas o juveniles, remoción de depredadores, manipulación del sustrato (por ejemplo mediante la adición de concha o grava). Estas practicas definen un continuo de intervenciones que llevan a la acuicultura.

## c) Tipos de Rotación de Areas de explotación

## c.1 Rotación Espontánea

Rotación de facto. Las tácticas de rotación espontánea han sido adoptadas de facto por los pescadores en muchas pesquerías de mariscos no formalmente reguladas. La pesquería de choros que opera en Argentina frente a la Provincia de Buenos Aires se centra en fondos de pesca discontinuos, entre las isobatas de 20 y 32 brazas. El arte 104

de pesca utilizado ("raño") es un tipo de rastra o draga. Los pescadores abandonan un lecho cuando la pesca deja de ser económicamente rentable (es decir, cuando está comercialmente diezmada). Entre 1961 y 1982 la flota alternó entre dos bancos, Faro Querandí y Quequén. Los desembarques de ambos fluctuaron fuera de fase. Esto se ve claramente cuando la diferencia entre los desembarques de años sucesivos en ambos bancos es graficada uno contra el otro: cuando los desembarcos provenientes de un banco ascienden, descienden los del otro, reflejando cambios en el destino espacial del esfuerzo de pesca (Lasta et al., 1986). La formalización de esta estrategia fue sugerida por Lasta op cit., pero nunca implementada: a partir de 1982 la pesquería declinó debido a la aparición recurrente de mareas rojas.

Rotación como estrategia empírica. La rotación espacial ha sido practicada empíricamente por siglos, en tanto constituye una alternativa intuitivamente razonable en el caso de recursos sedentarios. Un anciano de la tribu Lummi (Estado de Washington, Estados Unidos), describió la práctica en términos que capturan claramente su esencia:

"El jefe Chow-it-hoot marcaba los lechos de almejas que serían excavados en cada estación. Cosechaban un lecho por vez, hasta que el último había sido removido. Este método era repetido en cada estación. Cuando volvían a explotar las almejas del primer lecho, estas habían crecido ya hasta una talla utilizable" (Beck, 1955).

Algunos ejemplos de la aplicación empírica de estrategias rotativas a través de regulaciones, sean estas escritas o no:

 Corales preciosos (Corallium rubrum): Durante el siglo X los árabes practicaban la rotación de fondos de pesca, requiriendo 9 años entre cosechas permitidas.
 Una variación de esta práctica se practica en la actualidad en Cerdeña y España, donde los tiempos de rotación son de 5 y 25 años, respectivamente (FAO, 1984; Grigg, 1988).

- Algas marinas: los recolectores de algas de la provincia de Leon (Bretaña) manejan sus cosechas a través de períodos de corte y rotación de parcelas, así como de la regulación del uso de herramientas y de prácticas que pudieran ser nocivas para los recursos (Arzel, 1984).
- Cochayuyo: en Chile la cosecha de "cochayuyo" (*Durvillea antarctica*) en la Caleta de Puertecillo (VI Región) es manejada empíricamente a través de la destinación de parcelas a grupos familiares de manera rotativa.

## c.2 Rotación como estrategia viable para la sustentabilidad de las cosechas

A pesar de su identificación recurrente como una estrategia empírica de manejo, la rotación de áreas ha atraído poca atención por parte de los científicos y administradores ocupados en el manejo de stocks de invertebrados, presumiblemente en razón del énfasis en controles "heredados" de la ciencia pesquera tradicional, desarrollada en relación con recursos ícticos (límites de talla, restricciones directas al esfuerzo, cuotas). Por esta razón, los procesos que son relevantes para la implementación de estrategias rotativas han recibido relativamente poca atención (Botsford *et al.* 1993). Aquellos procesos incluyen el comportamiento espacial de los pescadores, la dinámica de agregación espacial del recurso, la variabilidad espacial y temporal en la dispersión de larvas entre poblaciones, y la recuperación de las parcelas tras la cosecha, incluyendo la recuperación de los daños infligidos al ecosistema bentónico por el arte de pesca.

En años recientes se han implementado protocolos para el manejo rotativo de varias pesquerías de invertebrados, siendo los siguientes ejemplos ilustrativos:



- Ostión japonés (*Mizuhopecten yessoensis*): En 1973 se implementó en la región de la Península Notsuke (Hokkaido oriental, Japón) un programa de manejo del ostión japonés que combina la "siembra" con la rotación. El rápido desarrollo de la pesquería de ostiones durante los 1960s y comienzos de los 1970s resultó en la depleción de los fondos de pesca, llevando a una clausura total de la pesquería en 1976. Las cooperativas pesqueras acordaron la partición de dos bancos, cada uno de ellos en 4 sectores, a fin de explotarlos de manera rotativa. Adicionalmente, el esfuerzo de pesca fue reducido de manera directa (entrada limitada, tripulación máxima).
- Erizo rojo (Strongylocentrotus franciscanus): esta especie es explotada comercialmente mediante buceo en el estrecho de Juan de Fuca y en la vecindad de las Islas San Juan Islands (Estado de Washington, Estados Unidos). A fin de evitar la sobrepesca por reclutamiento la administración pesquera estatal implementó un programa rotativo cuando la pesquería comenzaba a desarrollarse. Se prefirió esta alternativa a esquemas de cosecha mas tradicionales en vista de la biología de los erizos (estilo de vida sedentario, distribución espacial contagiosa, denso-dependencia depensatoria), en combinación con el comportamiento de los pescadores (Bradbury, 1991). Prospecciones mediante buceo iniciadas en 1984 en 146 localidades comercialmente explotadas hicieron posible el monitoreo de los efectos de la pesquería y el manejo rotativo de las poblaciones submareales de erizo. El área donde operan los buzos comerciales fue dividida en 5 "distritos". La pesca rotó con un ciclo de 3 años, explotándose dos distritos durante el primer año, dos durante el segundo y el quinto durante el tercer año del ciclo. La rotación fue combinada con una estación de pesca correspondiente al pico estacional del precio en el mercado (noviembre a marzo), tallas legales mínima y máxima, y cuotas. La estrategia de rotación fue abandonada en 1994, debido a complicaciones resultantes del litigio legal entre el estado y las tribus indias de la región.

Ostión neozelandés (Pecten novaezelandiae): La pesquería de esta especie atravesó una serie de ciclos de explosión y colapso durante los 1970s. Los desembarques tuvieron un pico en 1975 (10.000 toneladas), luego declinaron, y la pesquería fue finalmente cerrada durante los años 1981-1982. Luego fue abierta con fuertes regulaciones (Bull, 1993). En 1989 se implementó una estrategia rotacional combinada con un programa de "siembra". Dos bancos fueron divididos en tres sectores cada uno, y explotados conforme a un ciclo de 3 años. Esta estrategia, que se encuentra aún en su fase experimental, podría ser extendida a otros bancos.

Hay muy poca información disponible que permita la comparación entre estrategias rotacionales y tradicionales, en parte porque las primeras han despertado interés (en tanto estrategias formales) solo en años recientes. Es de esperar que muchas otras pesquerías costeras comiencen a ser explotadas rotativamente en años venideros, por cuanto esta alternativa es ahora mejor comprendida y considerada por los administradores pesqueros.

## c.3 Rotación Optima

Las poblaciones reales están compuestas de organismos de edades diversas. Para simplicidad en la presentación, sin embargo, se considera en primer lugar el problema del tiempo de rotación óptima en el caso en que todos los individuos tienen la misma edad. Este caso, no obstante, no es poco frecuente en los sistemas de interés en este contexto: se presenta cuando parcelas intensamente explotadas son "sembradas" luego de la cosecha, una practica usual en la explotación de muchos efectivos de bivalvos. El valor de los mariscos en una parcela (V) es función del tiempo (t). Hay una edad  $(t_c)$  antes de la cual los mariscos no tienen valor comercial, y mas allá de la cual (en el caso más simple) el valor aumenta linealmente con el peso, coincidiendo —por tanto- con la curva de biomasa de la cohorte. Provisto que  $V_t$  pueda



ser especificado, el problema en cuestión es ¿cuál es la edad óptima para cosechar los mariscos?. El valor neto de los mariscos es, por lo tanto,  $V_t$ -COST, donde COST se refiere al costo de la cosecha. El valor presente de los mariscos (PV) es:

$$PV = e^{-\delta t} (V_t - COST)$$

donde  $\delta$  (una constante positiva) es la tasa de descuento, que introduce las ganancias obtenidas o las pérdidas debidas a una demora en la cosecha. Este problema puede ser concebido, en el caso más simple, como la tasa de interés que podría acumularse si la parcela fuera cosechada, la cosecha vendida, y el dinero obtenido invertido a la tasa de interés actual. Imaginarse que la biomasa del stock alcanza un "plateau", y que posteriormente —por algún tiempo- no cambia mucho a lo largo de unos pocos años: Cuando la cosecha se demora,  $PV_t$  declina conforme al factor  $e^{-\delta t}$ . Maximizando  $PV_t$ 

$$\frac{V'(T)}{V(T) - COST} = \delta$$

donde *T* parecería ser el tiempo de rotación óptima. Como se verá más adelante, el problema de rotación optima, tal como fue introducido hasta aquí, está incompletamente especificado. La última ecuación ignora un aspecto importante del problema de rotación. Una vez que una parcela ha sido cosechada, esta queda nuevamente disponible para ser resembrada. Cuanto más se demora la cosecha, más se tarda en adquirir las ganancias de cosechas futuras. Asumiendo que los costos de cosecha son invariantes, y un período de rotación constante, es posible demostrar que

$$\frac{V'(T)}{V(T) - COST} = \frac{\delta}{1 - e^{-\delta T}}$$

Nótese que el lado derecho de las dos últimas ecuaciones aparece dividido por, respectivamente, , 1 y  $(I - e^{-\delta T})$ . Dado que  $I < (I - e^{-\delta T})$ . Es claro que la consideración completa del problema de rotación óptima lleva al acortamiento de la edad al momento de la cosecha. El punto que es mas importante comprender es que las decisiones acerca de la cosecha afectan tanto al stock actual como a los stocks futuros en una parcela determinada<sup>2</sup>.

Los resultados delineados más arriba son importantes desde el punto de vista conceptual. En la realidad la cosecha de parcelas sembradas está determinada por consideraciones prácticas, tales como las oportunidades de comercialización.

En muchos casos las parcelas o regiones cosechadas rotativamente se recuperan a través del asentamiento secuencial de nuevas cohortes. En este caso la cosecha se compone de múltiples cohortes, y la solución al problema de cosecha óptima se torna muy complejo. Aquí se considera un caso particular que se presenta con frecuencia en el manejo de stocks de invertebrados sedentarios:

- La cosecha no es selectiva
- El reclutamiento es independiente del tamaño del stock local (depende de larvas originadas en otras regiones de la metapoblación), y se asume constante
- Los costos de extracción pueden ser ignorados (o al menos son independientes de la abundancia del stock), de modo que es factible cosechar todo el stock durante una temporada de pesca relativamente breve.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Este resultado, bien conocido en manejo forestal como la Ecuación de Faustmann, fue derivado en 1849 por un ingeniero forestal alemán. Es uno de los primeros problemas resueltos en la teoría del manejo de recursos, y es aún motivo de controversia. Este y otros aspectos del problema de rotación óptima son tratados en el Capítulo 8 del libro de Clark (1976), al que debe referirse el lector motivado para una presentación completa y clara del problema.



Clark (1976, pp. 285-292) investigó este problema como un caso particular del model de rendimiento por recluta de Beverton-Holt. La estrategia de pesca óptima consiste de una secuencia de eventos de cosecha a intervalos especificados  $t = T_1, T_2, T_3, ...$ , en cada uno de los cuales se remueve todo el efectivo. Al igual que en el caso de stocks mono-cohortes (discutido más arriba), el espaciamiento óptimo de las cosechas debe ser determinado a partir de la fórmula de Faustmann,

$$\frac{V_I^{\#}(T)}{V_I(T)} = \frac{\delta}{I - e^{-\delta T}}$$

$$V_I(T) = \sum_{k=1}^{T} e^{-kM} w(k)$$

donde  $V^{\#}(t)$  es la tasa de incremento en biovalor neto en ausencia de pesca (es decir, el potencial de crecimiento natural o incremento en biovalor), k es un índice de las cohortes, y se asume que la  $k^{\text{th}}$  cohorte es reclutada en momento k.  $V_{I}(T)$  denota el valor del stock T años después de una cosecha completa (nótese que T es un número entero en esta formulación).

A continuación de un pulso de cosecha, la biomasa comienza a crecer de 0 (en t=0) y sigue creciendo con el reclutamiento de nuevas cohortes. Eventualmente, a medida que el crecimiento y el reclutamiento son balanceados por la mortalidad, se alcanza un equilibrio. En una pesquería rotativa la nueva cosecha ocurre mucho antes. ¿Cuál sería el período de rotación óptima, T, conforme a la ecuación de Faustmann? La solución puede obtenerse gráficamente si se representa la curva  $\Delta W(T)/(W(T))$  sobre una familia de curvas de la forma

$$\frac{\delta}{1 - \mathbf{e}^{-\delta T}} \quad ,$$

cada una de ellas correspondiente a un valor de la tasa anual de descuento,

$$i = (\mathbf{e}^{\delta} - 1).$$

- d) Consideraciones y aplicación preliminar de un modelo de rotación óptima al Culengue.
- d.1 Análisis preliminar de antecedentes sobre la biología y pesquería del Culengue

Los resultados biológicos sobre el culengue y la juliana (crecimiento, mortalidad) no estaban aún disponibles al momento de elaborarse esta sección del proyecto. Por esa razón se recurrió a la información detallada más arriba, a fin de estimar parámetros de mortalidad y crecimiento. La mayor parte de esos datos fueron resumidos de manera preliminar por Reyes et al. (1995a).

Los aspectos del análisis relevantes para el análisis de rotación son los siguientes:

- Se utilizó la función de Chapman-Richards (Richards, 1959) como modelo de crecimiento, en lugar del modelo de von Bertalanffy (ajustado por Reyes et al., 1995a)<sup>3</sup>.
- Se utilizaron dos funciones de supervivencia: el modelo exponencial y la distribución de Weibull. Esta última ajusta notablemente mejor las curvas de captura.

Las Fig.68a,d y b muestran –respectivamente- la curva de crecimiento individual en peso, las curvas de supervivencia para ambos modelos, y las curvas de la biomasa de una cohorte asociadas con las dos curvas de supervivencia. Por su parte, la Fig.68c muestra las curvas de biomasa (medida en unidades relativas arbitrarias) acumulada tras una cosecha total (tiempo en años) ajustadas mediante el modelo exponencial y la función de Weibull.

112

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Se utilizó este modelo por cuanto los datos presentados por Reyes et al. (1995a) indican un patrón de crecimiento sigmoide. El uso del modelo de von Bertalanffy (en lugar del de Chapman-Richards) no tiene prácticamente ningún efecto sobre el tiempo de rotación óptima estimado.



# d.2 Aplicación preliminar de un modelo de rotación óptima a la explotación del Culengue en la Bahía de Ancud

El modelo de rotación utilizado fue introducido en la sección precedente. Las **Fig.68e** y **Fig68f** sugieren los tiempos de rotación óptima para las dos funciones de supervivencia: 6-7 años para el modelo exponencial, y aproximadamente 8 años para la distribución de Weibull (el rango de variación contempla un rango generoso de tasas de descuento: 0 a 20%). La conclusión, robusta, es que (bajo los supuestos del modelo) 8 años constituye un intervalo de rotación óptimo y conservativo.

En caso de implementarse una tal estrategia, por lo tanto, los bancos de pesca deberían subdividirse en ocho secciones de productividad equivalente. Una sola de esas secciones sería explotada cada año sin restricción al esfuerzo de pesca.

Un aspecto importante que surgió de las conversaciones con los pescadores y del análisis de la base de datos de IFOP es la existencia de un "metier" bien definido en el esfuerzo de pesca: "almeja/culengue". Ello implica que cualquier plan realista de rotación debe tener en cuenta *ambos* recursos. Este proyecto no contempla el análisis de rotación de la almeja, pero es nuestra intención completar y publicar un manuscrito con el análisis de una estrategia rotativa bi-específica.



### DISCUSION

### 7.1 Aspectos del Crecimiento

El estudio de la edad en estos moluscos presenta un nivel de dificultad que es superado tras el análisis de un gran número de muestras, que abarcan todo su rango de tallas, en las que se logra descubrir patrones regulares de anillos de crecimiento.

Si bien existen anillos de crecimiento que son evidentemente fáciles de reconocer por su marcada presencia en la valva y por la separación que presentan respecto de otros, se da el caso en tallas pequeñas y en las más adultas que los anillos no son fáciles de discernir y requieren de una acuciosa revisión.

Tanto para Tawera como Culengue el empleo de la inmersión en cloro previo a su lectura dio buenos resultados en cuanto a destacar los anillos de crecimiento y facilitar el seguimiento de ellos en la valva. Existen estudios realizados en almeja, **Venus antiqua**, en que les ha facilitado la lectura del patrón de anillos, el tratar las muestras con HCl al 10 % durante un tiempo limitado (Bustos y Guarda, 1981). Culengue, en cambio, presenta valvas bastante delgadas y este tipo de tratamiento las deteriora en tan sólo segundos. Tawera, presenta valvas bastante gruesas y resistente no obstante es el cloro el medio de inmersión que entrega mejores resultados por presentación de la valva después del tratamiento y por facilidad de trabajo.

Al igual que como se encontró en Tawera y Culengue la presencia de un período de crecimiento lento relacionado principalmente a los meses de septiembre y agosto respectivamente, estudios en otros moluscos, han encontrado también la formación



de un anillo de crecimiento lento y un anillo de crecimiento rápido durante el año. Es así como Reyes et al, 1995a, trabajando con *Gari solida* observa que el crecimiento disminuye entre septiembre y noviembre y Reyes et al., 1994, trabajando con *Venus* antiqua lo observa desde septiembre a diciembre.

En cuanto a la estimación de parámetros morfométricos en ambas especies se observa una relación lineal de buen grado de ajuste, entre las variables longitud antero - posterior y longitud desde el umbo que permite realizar con confiabilidad las conversiones necesarias. La expresión de las relaciones peso - longitud basándose en procesos trimestrales en ambas especies, presentan una leve variación durante el año.

Existen dos estudios desarrollados tanto en Chile como en Perú en donde se han formulado expresiones de crecimiento para Culengue. Un aspecto relevante que se debe considerar al comparar las estimaciones de los parámetros de crecimiento, es la amplitud del rango de tallas, el número de muestras que se analiza y la metodología de ajuste empleada.

En Reyes *et al.* (1995a,b), se presentan un estudio para Culengue cuyos parámetros de crecimiento fueron:  $L_{\infty} = 102,7$  mm, K = 0,1652 y  $t_0 = 0,4988$ . Si bien la tasa de crecimiento es similar a la encontrada en el presente estudio (K = 0,1489) su  $L_{\infty}$  es bastante mayor al estimado en el presente para el área de Los Corrales ( $L_{\infty} = 81,7$  mm). Como Reyes *et al.*, *op cit.*, desarrolló su estudio con muestras provenientes del sector Isla Cochinos, se debe considerar que la distribución de tallas con que contó abarcaba desde los 15 a los 84,9 mm pero con predominio de la fracción adulta.

En el ajuste de las curvas de crecimiento la representación de las tallas mayores es un factor importante en la determinación de la  $L\infty$ . Al emplear en el ajuste las tallas promedio a la edad, el ajuste se torna sumamente sensible a la inclusión o exclusión de las longitudes promedio de las edades mayores quienes se encuentran escasamente representadas. Tal es el caso de Reyes *et al*, *op. cit.* en que en su Fig. 35 se aprecia como la curva teórica de crecimiento se dispara después de la edad 8, lo que le implica obtener  $L\infty$  mayores.

En el presente estudio se ajustó la curva de crecimiento sobre la base de pares individuales de observaciones, sin emplear promedio por edad en el ajuste. Con esto se evita la sensibilidad que provocan los promedios de las últimas edades y se asegura de tener la expresión de acuerdo al rango de tallas poblacional en que se basó el estudio.

Otra diferencia que es destacable con respecto a estudios anteriores es que en el presente se logró detectar individuos de hasta edad 17 años, situación no observada con anterioridad.

En un estudio realizado en Perú (Urban, 1998), el análisis fue basado en marcaje y recaptura y como un método alternativo calcularon la  $L_{\infty}$  a partir de distribuciones de frecuencia - longitud. Ellos obtuvieron una  $L_{\infty}$  más baja (77,5 mm) con los datos de marcaje y recaptura que la  $L_{\infty}$  obtenida en base a métodos que emplean las distribuciones de frecuencia - longitud (101 mm). La distribución de tallas que ellos emplearon correspondió de 1.671 individuos, con escasa representación entre los 30 a 50 mm, con moda en tallas de 60 a 70 mm y con la presencia de individuos de hasta 100 mm. En su gráfica de la curva de crecimiento incluyen hasta la edad 5. Estiman una tasa de crecimiento, K = 0,495, muy superior a lo observado en los Culengues de Punta Chocoi del presente estudio, esto significa que describen a su especie alcanzando mayores tallas en menor tiempo.

Los parámetros de crecimiento encontrados para Culengue en el presente estudio en relación con la tasa de crecimiento (K = 0,14885) lo describen con una tasa de crecimiento moderado durante el año, esto le significa alcanzar a la edad de 7,3 años la talla mínima de extracción (60 mm). Esta edad es mayor a la edad estimada para la talla mínima de extracción que hace Reyes et al., 1995a,b (5,8 años), debido a que esta última está basada en otro conjunto de parámetros de crecimiento.

Cabe señalar, los estudios de marcaje y recaptura confirmaron las estimaciones de crecimiento obtenidas con el estudio de lectura de anillos, lo cual supone la correcta validación de la aparición de anillos de crecimiento con periodicidad anual. Las tasa de crecimiento estacional variaron entre ellas, destacándose la disminución del crecimiento en la temporada de otoño-invierno, lo cual es coincidente con la experiencia científica al respecto.

## 7.2 Aspectos Reproductivos

En la historia de vida de los moluscos, el ciclo reproductivo puede considerarse como un carácter de la expresión del sexo en el nivel gonadal, al cual se incorporan los animales juveniles de una población una vez experimentada la primera madurez sexual. Giese (1959) lo define como la serie de eventos que ocurren en la gónada, desde el momento de la activación, crecimiento y gametogénesis, hasta la emisión de gametos y regresión de la actividad gonadal a un nivel de reposo relativamente sostenido. Consecuentemente, se correlaciona con la actividad o ciclo gametogénico en los individuos de una población (Sastry, 1979), que determina un período reproductivo de gametogénesis y evacuación de gametos y, eventualmente, un período de reposo gonadal en que la línea germinal está inactiva. De acuerdo con su duración, el ciclo reproductivo de las especies es una respuesta al ambiente, genéticamente controlada y que puede expresar los eventos reproductivos con



patrones anuales, semianuales o continuos (Giese, op. cit.). En el nivel poblacional, estos períodos pueden ser sincrónicos si todos los adultos de la población se reproducen simultáneamente o asincrónicos cuando los individuos tienen ciclos gametogénicos desfasados, determinando un mosaico de individuos en diferentes estados de actividad gametogénica (Sastry, op. cit.).

Entre los estímulos ambientales, la temperatura ha mostrado una estrecha correlación con el desarrollo de la gametogénesis. En los moluscos bivalvos que se distribuyen en varias zonas climáticas, el patrón reproductivo puede variar en relación con el ambiente local. Es así como en las especies de origen tropical que extienden su distribución hasta zonas frías, las poblaciones que habitan en estas últimas latitudes presentan una actividad gametogénica durante los meses cálidos. En cambio, en aquellas especies cuyo origen se encuentra en latitudes frías pero que se distribuyen hasta las zonas cálidas, el período reproductivo tiende a ocurrir en los meses fríos (Sastry op. cit.).

El ciclo reproductivo de las almejas adopta diversos patrones de expresión. Por ejemplo, en el Hemisferio Sur, hay especies con una amplia distribución geográfica (Callao en Perú al Archipiélago de Chonos en Chile), que presentan un ciclo reproductivo anual con diferencias interespecíficas atribuidas a su distribución latitudinal, como por ejemplo *Gari solida* y *Semele solida* (Brown *et al.* 1993). Sin embargo, hay especies que escapan al análisis latitudinal considerando su centro de origen. Si bien hay especies que en su distribución norte tienen actividad gametogénica continua, con varias evacuaciones de gametos durante el año, como es el caso de *P. thaca* (Barboza *et al.* 1980), hay otras especies con este patrón, para sus poblaciones de distribución sur, como ocurre en *Venus antiqua* (Lozada & Bustos 1984). Sin embargo, *P. thaca* en la X Región tiene un período reproductivo con máxima madurez en septiembre y octubre que culminaría con la evacuación de gametos desde septiembre hacia febrero; observándose un período de reposo



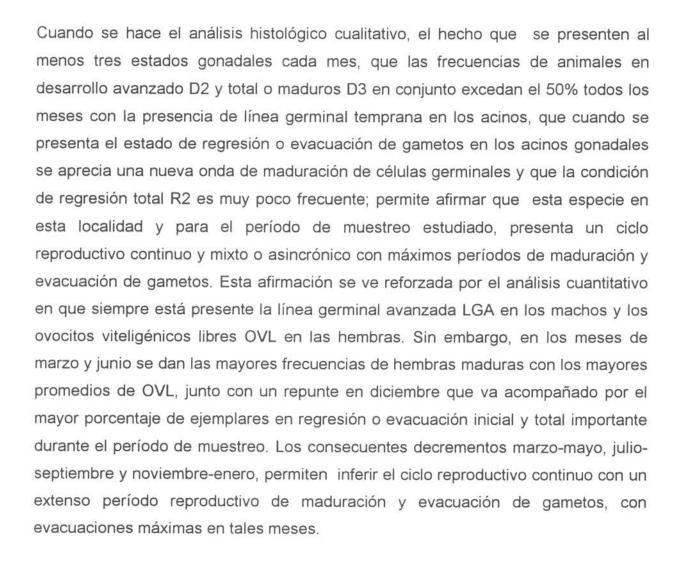
gonadal en marzo y el consecuente inicio de un nuevo período reproductivo en otoño; configurando un patrón de ciclo reproductivo anual (Reyes et al. 1994), y expresando las diferencias latitudinales.

Es necesario destacar que estos períodos de reproducción y el número de emisiones pueden variar respecto a la latitud y consecuentemente con la temperatura, adelantándose la madurez gonádica y produciéndose una segunda emisión de gametos en las poblaciones que habitan en bajas latitudes y mayor temperatura. Este hecho es de gran importancia en el manejo de las especies que se distribuyen en un amplio rango como la mayoría de los bivalvos de la costa chilena, ya que diferencias en la temperatura crítica pueden determinar patrones de ciclo reproductivo diferentes en el gradiente latitudinal.

#### a) Ciclo reproductivo de los adultos

## ♦ Tawera gayi

Durante el período de muestreo analizado es posible observar variación intragonadal individual evidenciado por un cierto grado de heterogeneidad en los estados histológicos de los acinos; además de variación intrapoblacional, manifestándose por la heterogeneidad de estados gonadales encontrados en un mismo mes de muestreo y que se expresa en las distintas frecuencias de estados gonadales mensuales. También, estas variaciones se evidencian entre los sexos; en los machos se da una mayor frecuencia de ejemplares maduros D3 durante los primeros 9 meses de muestreo, y en las hembras es más frecuente el estado de desarrollo avanzado D2; sin embargo, la frecuencia de aparición de estados gonadales sigue una tendencia similar en ambos sexos.



El método de análisis histológico cuantitativo ha sido un importante aporte objetivo para confirmar los eventos durante el ciclo reproductivo aparentemente continuo y mixto.

En Tawera los únicos antecedentes sobre ciclo reproductivo y primera madurez sexual corresponden a un banco en el Estero Tubildad ubicado en Chiloé, X Región (Lozada et al. 1991). Con una maduración sincrónica de machos y hembras, presentaría un patrón de ciclo reproductivo continuo, con un prolongado período de

evacuación de gametos en primavera-verano (septiembre-abril), señalándose como importantes las emisiones en octubre, diciembre y febrero.

Si bien nuestros resultados concuerdan con el patrón general de ciclo reproductivo, difieren en que las posibles máximas emisiones ocurren en otoño-invierno, además del período noviembre-enero. Sin embargo, aunque en la X Región, es otra población y si realmente el ciclo reproductivo es continuo y mixto, serían esperables estas diferencias en las maduraciones y emisiones máximas de gametos.

#### ♦ Gari solida

Como en Tawera, aunque no hay variación intragonadal individual; hay variación intrapoblacional que se expresa en las distintas frecuencias de estados gonadales mensuales. También, estas variaciones se evidencian entre los sexos revelando un cierto grado de asincronía en que las hembras muestran mayores frecuencias de estados de regresión inicial y total R1-R2 y desarrollo inicial D1; sin embargo, la frecuencia de aparición de estados gonadales sigue una tendencia similar en ambos sexos.

Cuando se hace el análisis histológico cualitativo, si bien se presentan al menos tres estados gonadales cada mes, el estado de regresión o evacuación de gametos es más neto presentándose con mayor frecuencia entre febrero y junio, y no es tan evidente en los acinos gonadales una nueva onda de maduración de células germinales. Esto permite afirmar que esta especie en esta localidad y para el período de muestreo estudiado, presenta un ciclo reproductivo continuo anual sin un marcado período de reposo gonadal y un período reproductivo extenso con evacuación de gametos desde diciembre a junio siendo más importantes en diciembre-enero y mayo junio, mes en que el mayor porcentaje de animales muestra desarrollo gonadal inicial **D1** indicando el inicio de un nuevo período



gametogénico, que al mismo tiempo da cuenta de la continuidad del ciclo aunque lento o latente. Esta afirmación se ve reforzada por el análisis cuantitativo en que siempre está presente la línea germinal avanzada LGA en los machos y los ovocitos viteligénicos libres OVL con fluctuaciones que caen abruptamente en junio y de manera muy evidente en las hembras. El consecuente decremento de OVL prácticamente a cero en el período junio-agosto junto con el incremento en gonias y ovocitos previtelogénicos refuerzan la idea de ciclo reproductivo continuo, consecuente con lo observado en machos.

En Gari solida el análisis histológico para una población de Coliumo VIII Región durante junio de 1991 y julio de 1992, se determinó que la mayoría de los animales presentaba gónada desarrollada entre octubre y enero, se observó regresión final R2 entre febrero y mayo y desarrollo inicial entre agosto y septiembre, caracterizándose un patrón de ciclo reproductivo anual con una evacuación principal alrededor de febrero. Por otra parte, el estudio realizado entre agosto de 1995 y julio de 1996 en Punta Chocoi, Carelmapu, en la X Región, (Asencio et al. 1996), el análisis histológico indica un largo período reproductivo con la presencia de gametos maduros entre septiembre y febrero, ocurriendo la mayor evacuación de gametos maduros entre octubre y diciembre, con una rápida recuperación hacia enero y febrero; sin embargo, el índice gonadosomático y gamético presenta el máximo decremento en marzo; caracterizándose un ciclo reproductivo con actividad gametogénica inicial y progresiva entre marzo y septiembre, una madurez máxima entre septiembre y octubre con evacuación de gametos maduros entre octubre y diciembre y reabsorción de gametos entre febrero y marzo. Los resultados actuales son consistentes con los resultados para Coliumo y Punta Chocoi; sin embargo, en esta última localidad la evacuación ocurriría de octubre a diciembre.

Si bien no hay un correlato absoluto, los índices gonadosomáticos muestran una tendencia que se aproxima a los principales eventos del ciclo reproductivo en estas especies. Esta metodología puede ser una herramienta útil si las mediciones adquieren un mayor grado de precisión y con seguridad si se aumenta el número de ejemplares. Los inconvenientes surgen con especies pequeñas como Tawera, y el grado de contaminación con arena que hacen difícil la limpieza, así como la retención de agua. Los índices gonadosomáticos determinados por las mediciones del complejo gónada-glándula digestiva pueden ser valiosos si se estandariza el método de medición. En este proyecto los ejemplares se midieron *in vivo* y manteniéndolos suspendidos del pie para la medición. Además de aumentar el número, una modificación a poner a prueba es medirlos después de fijados por un período de tiempo, asumiendo que las retracciones producto de la fijación van a afectar los tres ejes de medición consecuente con la organización muscular propia.

#### b) Talla mínima de primera madurez sexual

Los bivalvos alcanzan la madurez sexual a diferentes edades aunque por lo general se considera un proceso que ocurre precozmente en el ciclo de vida de estos organismos (Eversole et al. 1980). Quayle & Bourne (1972) han sugerido que la madurez sexual sería función de la talla más que de la edad del individuo. En dos poblaciones de machas, *Mesodesma donacium*, separadas latitudinalmente (Bahía Peñuelas en la IV Región y Bahía Longotoma en la V Región) se han observado diferencias marcadas en la expresión de la talla mínima de primera madurez sexual (50-55 mm y 65-70mm, respectivamente), siendo los machos quienes aparentemente alcanzan primero el estado de madurez total propio de los adultos; así como en el desarrollo del patrón de organización de la unidad morfofuncional básica productora de gametos, el folículo gonadal (Brown, 1995). En las almejas gonocóricas, los machos tienden a madurar a una talla inferior y a una edad más temprana que las hembras probablemente debido al mayor gasto energético en la ovogénesis. Por otra parte, la edad a la cual se alcanza la madurez sexual en los bivalvos difiere dependiendo de la localidad geográfica debido principalmente a las



condiciones ambientales tales como temperatura, productividad, fotoperíodo, etc., propias de cada lugar. Eversole (*op. cit.*) sostiene además, que muchas especies de almejas alcanzan la primera madurez cuando tienen una talla cercana al 25% de la talla máxima de la especie. Sin embargo, los venéridos chilenos en los cuales hay algún antecedente respecto a la talla de la primera madurez, esta se alcanzaría entre el 33 y el 38% de la talla máxima registrada.

#### Tawera gayi

En esta especie hay diferencias en la expresión de la madurez sexual entre machos y hembras. De acuerdo con los resultados los machos son más precoces, puesto que desde el rango 7,5-12,4 mm es posible identificar animales con línea germinal incompleta ya en el estado LGI3, aunque con línea germinal discontinua y de maduración heterogénea entre los acinos, característico de una maduración virginal sin llegar a establecerse en forma permanente. Pero lo más resaltante es que ya se presentan animales con línea germinal completa, LGC, cercana al 50%, y más aún que corresponden a la condición de desarrollo total o maduros D3, regresión gonadal o de evacuación de gametos R1 y preferentemente R2. Por el contrario, las hembras sólo alcanzan la condición LGI3 con escasos ovocitos vitelogénicos pedunculados y algún ovocito vitelogénico libre propio de maduración virginal o "sexualidad juvenil", descrita como un fenómeno fugaz y difícil de detectar (Lucas, 1975).

En esta muestra colectada en febrero de 1998, la primera madurez sexual individual está representada por el macho de 10,0 mm y por la hembra de 13,7 mm, por lo que se sigue expresando la precocidad masculina. Sin embargo la hembra está dentro del rango en que se expresa la primera madurez sexual poblacional correspondiente a 12,5-17,4 mm. Resultados anteriores de estimación de primera madurez sexual poblacional para el banco Tubildad (Lozada et al., 1991), señalan

que la primera madurez individual para machos y hembras fue cercana 9,1 y 9,4 mm respectivamente; sin embargo, la talla de primera madurez sexual poblacional ocurrió entre los grupos de talla 19-20,9 mm y 21-22,9 mm, mayores a los resultados obtenidos en este proyecto.

#### Gari solida

Como en Tawera, en esta especie también se manifiesta la precocidad masculina va en el rango 30,0-34,9 mm es posible identificar sobre un 80% animales con línea germinal incompleta con escasas espermátidas y espermatozoides LGI3, aunque con línea germinal discontinua y de maduración heterogénea entre los acinos, característico de una maduración virginal sin llegar a establecerse en forma permanente; y en el rango siguiente ya se ha alcanzado el 50% de animales con línea germinal completa, LGC, que corresponden a la condición de desarrollo inicial y avanzado D1-2. Por el contrario, en las hembras, aunque aparecen 2 hembras LGI2 en el rango 15,0-19,9 y 4 a los 30,0-34,9 mm, sólo alrededor de un 20% está en la condición LGI3 al rango 35,0-39,9 mm. La línea germinal completa recién se establece en el rango 40,0-44,9 mm, alrededor del 80%, muy bien representada por animales en desarrollo total o maduros D3 e incluso en regresión o evacuación inicial y total R1-R2. Sin embargo, desde los 10,0 mm hasta los 29,9 mm prácticamente en el 100% de los animales no es posible determinar el sexo, por lo que han sido clasificados en la categoría de indeterminados, la cual se mantiene representada en cerca de un 20% a los 35,0-39,9 mm.

En la muestra también colectada en febrero de 1998, la primera madurez sexual individual está representada por el macho de 35,7 mm y por la hembra de 40,6 mm, por lo que se sigue expresando la precocidad masculina. Pero estos animales están en sus rangos respectivos de primera madurez sexual poblacional. Los valores de IGS en este caso, descartando el alto valor registrado a los 20,0-24,9 mm, que 126

incrementan aparentemente estabilizándose desde los 40,0-44,9 mm con valores bajos de D.E., muestran un correlato con la determinación histológica de la primera madurez sexual poblacional en el rango 40,0-44,9 mm, y puede ser un método macroscópico válido en la determinación de la talla de primera madurez sexual poblacional. Cercano a este último rango están los valores de resultados previos obtenidos de estimación de primera madurez sexual poblacional en Isla Cochinos de Chiloé (Asencio et al., 1996).

Finalmente, la determinación de la ojiva de madurez mediante ajuste de modelo logístico muestra una estrecha aproximación a la talla de primera madurez sexual poblacional calculada por el análisis histológico en ambas especies.

## 7.3 Aspectos del reclutamiento y análisis de substrato

Se puede mencionar que un análisis preliminar por sectores al interior de cada banco, para ambos recursos, no arrojó diferencias importantes en la composición y distribución de los diferentes tipos de sustrato, lo cual sugiere un carácter más bien homogéneo del sedimento en dichos bancos. Por esta razón se agruparon las muestras de sedimento al nivel de todo el banco en estudio.

Respecto a la relación de aparición de reclutas en ambas especies estudiadas asociada a un tipo particular de sedimento, se observó una tendencia a recolectar ejemplares reclutas en sedimentos de menores diámetros (0,125 – 1,0 mm) tipo arenas, lo cual indica, además, que ocurre en lugares con relativa mayor retención de masas de agua. Este punto tendría que ser comprobado en futuras investigaciones oceanográficas específicas. Del mismo modo, un análisis preliminar por sectores al interior de cada banco, para ambos recursos, no arrojó diferencias importantes en la densidad y estructura de tallas de los reclutas, lo cual sugiere que

el proceso de reclutamiento siguió el mismo patrón de homogeneidad presentado por el sedimento.

Es importante indicar que, en el caso de Tawera, todos los resultados se basan en el estudio de una población no explotada, por lo cual la magnitud del reclutamiento es una expresión de la capacidad de carga del sistema limitado por el fenómeno de denso-dependencia del reclutamiento que debería estar presente.

#### 7.4 Aspectos de mortalidad natural y talla crítica

#### Tawera gayi

Los valores de mortalidad natural para Tawera constituyen los primeros en ser estimados para este potencial recurso pesquero y señalan un primer nivel de explotación posible de aplicar en medidas de manejo futuras, basadas en estrategias de manejo de tasas de explotación constantes. Estas tasas deberían recomendarse en un rango porcentual de 30% a 40% de explotación del stock en número.

Las tasas de mortalidad natural obtenidas para esta especie no pueden ser comparadas con otros recursos bivalvos intensamente explotados, ya que las características biológicas individuales y poblacionales difieren notoriamente de aquellas. Así, por ejemplo, Tawera alcanza las tallas adultas en tamaños 50% menores que el resto de las almejas, lo cual virtualmente las deja fuera de la explotación comercial. Del mismo modo, las tasas de crecimiento y mortalidad difieren, mostrando en general, valores mayores de crecimiento y mortalidad natural que las especies comerciales. Normalmente, tasas de crecimiento mayores son coherentes con tasas de mortalidad natural también mayores.

Los valores de talla crítica (Lc) y edad crítica (tc) obtenidos para Tawera, indican la conveniencia de explotar a futuro a ejemplares cercanos o superiores a la talla de 30 mm, equivalentes a una tc de 3,5 años, con el objeto de prevenir sobre-explotación por crecimiento.

#### Gari solida

Los valores de mortalidad natural para el Culengue, también representan los primeros en ser estimados para este importante recurso pesquero y deberán ser consideradas en la aplicación de medidas de manejo futuras.

Las tasas de mortalidad natural obtenidas para esta especie se encuentran en el rango de estimaciones realizadas para otros bivalvos que constituyen especies comerciales. Para macha (*Mesodesma donacium*) Jerez *et al.* (1997) estimaron valores de M entre 0,242 y 0,285. Asimismo, Jaramillo *et al.* (1998) calcularon tasas de mortalidad de natural para la almeja *Mulinia edulis* cercanas a 0,35 en la VIII Región y 0,4 en la X Región no pueden ser comparadas con otros recursos bivalvos intensamente explotados, ya que las características biológicas individuales y poblacionales difieren notoriamente de aquellas. Así, por ejemplo, Tawera alcanza las tallas adultas en tamaños 50% menores que el resto de las almejas, lo cual virtualmente las deja fuera de la explotación comercial. Del mismo modo, las tasas de crecimiento y mortalidad difieren, mostrando en general, valores mayores de crecimiento y mortalidad natural que las especies comerciales. Normalmente, tasas de crecimiento mayores son coherentes con tasas de mortalidad natural también mayores.

Los valores de talla crítica (Lc) y edad crítica (tc) obtenidos para Culengue, indican la conveniencia de explotar a futuro a ejemplares cercanos o superiores a la talla de 65

mm, equivalentes a una tc de 7,5 años, con el objeto de prevenir sobre-explotación por crecimiento.

#### 7.5 Plan de rotación de áreas para Culengue

La información recopilada muestra que la pesquería del Culengue interactúa estrechamente con la pesquería de la almeja (*Venus antiqua*), por lo cual se ha estimado adecuado investigar a futuro, no solo el comportamiento del Culengue para efectos demostrativos, sino de manera integral el complejo pesquero "Culengue-almeja". Sin embargo, dada la disponibilidad de tiempo para llevar a cabo un estudio acabado del "metier", se ha centrado la propuesta de trabajo en analizar la aplicación a los datos de Culengue, tal como originalmente se comprometió.

En términos generales, resulta dificultoso comparar la propuesta sobre la posible aplicación de una estrategia basada en la rotación óptima de áreas de explotación para el Culengue, ya que no se encuentran antecedentes formales en la literatura científica consultada. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran la factibilidad de aplicar a futuro una medida de manejo basada en cosechas rotativas entre bancos de Culengue. Una condición básica de aplicación consiste en obtener la colaboración participativa de la flota que opera actualmente en la zona de Ancud y Carelmapu, con el fin de socializar los beneficios y obligaciones que esta estrategia impone para su éxito. Sin duda, el cierre y apertura secuencial de zonas de extracción solo puede ser factible previo acuerdo de las organizaciones de pescadores involucradas en su explotación histórica.

En la actualidad se poseen los antecedentes y los métodos que permiten aconsejar una estrategia de explotación basada en la rotación de áreas de cosecha o bancos para la pesquería del Culengue.



#### 8. CONCLUSIONES

### 8.1. Aspectos de Crecimiento

- Las valvas de Tawera y Culengue presentan un patrón de anillos de crecimiento susceptible de analizar y éste se ve mejorado al tratar las muestras con cloro.
- Para ambas especies en estudio se encontró un buen grado de ajuste entre las dimensiones longitud antero - posterior y longitud desde el umbo bajo una función lineal.
- Se observó leves variaciones del peso a la talla en los ajustes basados en la información trimestral de peso y longitud.
- Existe una formación periódica de los anillos de crecimiento lento y ésto se vería reflejado principalmente en el mes de septiembre en Tawera y en el mes de agosto en Culengue.
- Para Tawera se encontró presente las edades 0 a 9 años y para Culengue se observó de 0 hasta 19 años.
- Las edades mayormente representadas en el muestreo poblacional de Tawera corresponden al tramo 0 a 6 años. Culengue en cambio, es más longevo y las edades mayormente representadas abarcan desde edad 0 hasta los 10 años.
- La ecuación que describe el proceso de crecimiento de Tawera es:

$$L_{ap(t)} = 40,6 (1-e^{-0.2868593 (t+1.0824117)})$$



Para Culengue, la función que describe su crecimiento es:

$$L_{ap(t)} = 81.7 (1-e^{-0.1488509(t+1.6327557})$$

- Las tasas de crecimiento estacional mostraron que, tanto en Culengue como en Tawera, un período de menor crecimiento individual en otoño- invierno y uno mayor en primavera-verano.
- Las tasas de crecimiento anuales promedio fueron 3,2 mm/mes en Tawera y 6,5 mm/mes en Culengue, lo cual es consistente con los tamaños adultos y longevidad determinados en ambas especies.

#### 8.2 Aspectos reproductivos

## Tawera gayi

Tawera tiene un ciclo reproductivo continuo asincrónico o mixto, sin un período de reposo gonadal, por lo tanto el período reproductivo es extenso con una actividad gametogénica continua, que se expresa con madurez importante en los meses de marzo, julio y octubre, y consecuentemente una etapa de evacuación de gametos extensa en que las emisiones principales de gametos ocurrirían entre abril-mayo y julio-septiembre y noviembre-enero.

Presenta una talla mínima de primera madurez sexual individual masculina en el rango 7,5-12,4 mm con un macho de 10,0 mm de longitud; y la primera madurez sexual femenina en el rango 12,5-17,4 mm con una hembra de 13,7 mm de longitud. La talla mínima de primera madurez sexual poblacional sin considerar el sexo, en el rango 12,5-17,4 mm de longitud.

#### Gari solida

El Culengue presenta un ciclo reproductivo continuo anual sin un marcado período de reposo gonadal y un período reproductivo extenso con una actividad gametogénica continua, que se expresa con madurez importante en los meses febrero, mayo y diciembre, y consecuentemente una etapa de evacuación de gametos extensa en que las emisiones principales de gametos ocurrirían entre febrero-marzo, mayo-junio y diciembre-enero.

Por su parte, la talla mínima de primera madurez sexual individual masculina en el rango 35,0-39,9 mm con un macho de 35,7 mm de longitud; y la primera madurez sexual femenina en el rango 40,0-44,9 mm con una hembra de 40,6 mm de longitud. La talla mínima de primera madurez sexual poblacional sin considerar el sexo, en el rango 40,0-44,9 mm de longitud.

## 8.3 Aspectos del reclutamiento y análisis de substratos

El estudio de sedimento del substrato del hábitat para ambas especies mostró un patrón de distribución homogéneo, con una mayor presencia de grava y arena gruesa.

La mayor frecuencia de aparición de reclutas en Culengue ocurre en las temporadas otoño e invierno, mientras que en Tawera, la mayor proporción de reclutas aparece en los meses de invierno y primavera.

#### 8.4 Aspectos de mortalidad natural y talla crítica

La estimación de mortalidad natural para el recurso Tawera fluctuó entre M=0,32 y 0,63, equivalente a tasas absolutas de mortalidad de entre 27% y 46%. Por su parte la Talla Crítica se estimó en un rango de 28,7 mm a 33,1 mm.

En el Culengue, la tasa de mortalidad natural se estimó entre M = 0,16 y 0,24, equivalente a tasas absolutas de mortalidad de 155 a 21%, respectivamente. La talla crítica se estimó en un rango de 61 mm a 66 mm.

#### 8.5 Aspectos del plan de rotación de áreas para Culengue

El estudio del plan de rotación de áreas para el Culengue, dado su carácter preliminar y pionero en los estudios sobre manejo de pesquerías bentónicas a escala nacional, ha generado un importante nivel de conocimiento sobre el comportamiento de esta pesquería. La conclusión más relevante consiste en que la aplicación del modelo de rotación sugirió un período de rotación de la explotación de, aproximadamente, 8 años, lo cual aconseja dividir los bancos del recurso en ocho sub-bancos o zonas, las cuales deberían ir siendo cerradas a la explotación de manera secuencial cada año.



- ALAGARAJA, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. Indian. J. Fish. 31: 177-208.
- ALVERSON, D. & M. CARNEY. 1975. A graphic review of growths and decay of populations cohorts. J. cons. Int. Explor. Mer. 36: 133-143.
- **ALLEN, K**. 1966. A method of fitting growth curves of the von Bertallanfy type to observed data. J. Fish. Board Can. 23(3)163-179.
- ARIZ, L.; JEREZ, G.; PÉREZ, E. & CH. POTOCNJAK. 1994. Informe Final Proyecto: "Bases para la Ordenación y el Desarrollo de las Pesquerías Artesanales del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en Chile Central". Instituto de Fomento Pesquero-AGCCI. Septiembre de 1994. 61 pp.
- ARZEL, P. 1984. Traditional management of seaweeds in the district of Leon. FAO Fish. Tech. Pap. no. 249, 49 pp.
- ASENCIO, V.; E. LOZADA & A. REYES. 1996. Investigación de aspectos reproductivos del culengue, X Región. Informe Final. Proyecto FNDR, Intendencia X Región. IFOP. 40 p.
- BARAHONA, N., C. VICENCIO, V. PEZO A. MUÑOZ, , & A. OLGUÍN. 1998. Investigación Situación Pesquerías Bentónicas 1997. IFOP – Subsecretaría de Pesca. Tomos I, II, III y IV. Junio 1998.



- BARAHONA, N.; V. PEZO; A. MUÑOZ. & H. MIRANDA. 1997. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Informe Final. Investigación Situación Pesquerías Bentónicas. 1996. Julio 1997. Subpesca - IFOP. 1997
- BARBOZA, P.; RAMOS, R.;TAPIA, E. & C. TORO 1980. Ciclo reproductivo de la almeja *Protothaca thaca* (Molina, 1782). Mollusca, Bivalvia. Análisis histológico. Antofagasta. Univ. De Chile. 85 pp. (manuscrito).
- BECK, E.F. 1955. Lummi Indian How Stories. The Caxton Printers (Caldwell, Idaho).
- BEINSSEN, K, & D. POWELL. 1979. Measurement of Natural Mortality in a Population of Blcklip Abalone, *Notohaliotis ruber*. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 175: 23-26.
- BEN SALEM, M. & J. DAGET. 1991. Nouvelle methode d'estimation des parametres de la croissance chez les poissons. Cybium 15 (2): 103-109.
- **BERTALANFFY, L. VON,** 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10:181 -213.
- BEVERTON, R. & S. HOLT. 1956. A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Fish Populations, with Special Reference to Source of Bias in Catch Sampling. Rapp. P-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 140: 67-83.
- **BEVERTON, R. & S. HOLT.** 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. (Ser. 2) 19 : 533 p.



- BOTSFORD,L.W., QUINN,J.F., WING,S.R. & BRITTNACHER,J.G. 1993. Rotating spatial harvest of a benthic invertebrate, the red sea urchin, Strongylocentrus franciscanus. Proceedings of the International Symposium Management Strategies for Exploited Fish Populations, Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-93-02: 409-428.
- BRADBURY, A. 1991. Management and stock assessment of the red sea urchin (Strongylocentrotus franciscanus) in Washington State: periodic rotation of the fishing grounds. J. Shellfish Res. 10: 233 (abstract only).
- BRIARTY, L. G. 1975. Stereology: methods for quantitative light and electron microscopy. Science Progress, Oxford 62: 1-32.
- BROWN, D. & R. GUERRA 1979. Etapas en el desarrollo gonadal de la "macha", Mesodesma donacium (Lamarck, 1818) en las bahías de Guanaqueros y Coquimbo. Informe Serplac IV Región. Centro de Investivaciones Submarinas, Universidad del Norte, sede Coquimbo. 23 pp.
- BROWN, D. & R. GUERRA 1980. Recuperación gonadal en "ostión" Chlamys (Argopecten) purpurata (Lamarck, 1819) luego de evacuación de gametos. Arch. Biol. Med. Exp. 13(3): R363.
- BROWN, D. & R. GUERRA 1982. Ciclo reproductivo en dos poblaciones de *Chlamys* (*Argopecten*) *purpurata* (Mollusca: Bivalvia). Arch. Biol. Med. Exp. 15(2): R111.
- BROWN, D. 1981. Madurez sexual del "abalón rojo de California" Haliotis rufescens (Gastropoda: Prosobranchia) nacido y cultivado en Coquimbo, Chile. Arch. Biol. Med. Exp. 14(3): R253.



- BROWN, D. 1995. Aspectos reproductivos y madurez. En: Informe Final, Proyecto: "Monitoreo de la pesquería del recurso macha en la IV y V regiones, 1994". Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Subsecretaría de Pesca. 101pp., figuras, tablas y anexos.
- BROWN, D., CAMPOS,B., GUERRA, R. & C. OLIVARES 1993. Ciclo reproductivo de Semele solida (Almeja) y Gari solida (culengue) (Mollusca: Bivalvia) provenientes de bancos naturales separados geográficamente. Libro de Resúmenes XIII Jornadas de Ciencias del Mar: pp 109.
- BROWN, D.; CAMPOS, B. & R. RIVERO 1997a. Sexualidad y ciclo reproductivo de la almeja *Eurhomalea lenticularis* (Bivalvia: Veneridae) de la rada de Algarrobo, V Región. Libro de Resúmenes XVII Congreso de Ciencias del Mar. 13-16 mayo, 1997, Santiago Chile. Universidad de Chile, Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. pp 175.
- BROWN, D.; DURÁN, L.R.; COLLADO, G. & C. BETANCOURT 1997b. Ciclo reproductivo de las "lapas" Fissurella latimarginata y F. cumingi (Mollusca, Archaeogastropoda) en Punta Coloso (II Región) y Los Vilos (IV Región). Libro de Resúmenes XVII Congreso de Ciencias del Mar. 13-16 mayo, 1997, Santiago Chile. Universidad de Chile, Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. pp 84.
- BROWN, D.; RAMÍREZ, R. & L. COCAS 1997. Madurez sexual en el "loco" Concholepas concholepas (Mollusca, Neograstropoda) de Los Molles y El Algarrobo. Libro de Resúmenes XVII Congreso de Ciencias del Mar. 13-16 mayo, 1997, Santiago Chile. Universidad de Chile, Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. pp 85.



- BULL, M.F. 1993. Enhancement and management of New Zealand's "southern scallop" fishery. In N.F.Bourne et al., eds. Proceedings of the 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C., Canada, April 22-27, 1993. Vol. 2: 131-136. Canad. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1994.
- BUSTOS Y GUARDA, 1981. Antecedentes sobre crecimiento y estructura de edad de almeja (V. Antiqua) en la bahía de Ancud. F-963. IFOP.
- BUSTOS, E.; S. GUARDA; C. OSORIO; E. LOZADA; I. SOLÍS; M. DÍAZ & E. VALENZUELA. 1981. Estudio biológico-pesquero del recurso almeja en la Bahía de Ancud. II. Investigaciones específicas. Informe SERPLAC X Región. CORFO IFOP. Chile: 1 26.
- CADDY, J.F. 1993. Background concepts for a rotating harvesting strategy with particular reference to the Mediterranean red coral, *Corallium rubrum*. Mar. Fish. Rev. 55: 10-18.
- CADDY, J.F. & J.C.SEIJO. 1998. Application of a spatial model to explore rotating harvest strategies for sedentary species. Canad. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 359-368.
- CAÑAS, P. & M.R. SCHUFFENEGER 1989. Determinación del estado de madurez de C. concholepas (Bruguière, 1978), por medio de la aplicación de indices gonádicos. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 349-354.



- CARCELLES A. & S. WILLIAMSON. 1951. Catalógo de los moluscos marinos de la provincia magallánica. Inst. Nac. Invest. Científicas Naturales y zoológicas. Vol. 2.225 - 383.
- CLARK,C.W. 1976. Mathematical Bioeconomics, The optimal management of renewable resources. Wiley-Interscience, publ. John Wiley & Sons. N.Y. 351 p.
- CREESE, R.G. 1980. Reproductive cycles and fecundities of four common eastern australian archaeogastropod limpets (Mollusca: Gastropoda). Aust. J. Freshwater Res. 31: 49-59.
- CHAPMAN D.G. & D.S. ROBSON. 1960. The Analysis of a Catch Curve. Biometrics, 16: 354-368.
- CHRISTIANSEN, H.E.; BRODSKY, S.R. & M.E.CABRERA. 1973. Aplicación de una técnica histométrica en la determinación de la fecundidad en invertebrados marinos. Physis a Buenos Aires 32(84): 121-135.
- CHRISTIANSEN, H.E; CABRERA, M.E. & S.R. BRODSKY. 1972. Posibilidades de aplicación de una técnica estereométrica en la determinación de la fecundidad y en los cálculos de los procesos de reabsorción ovocitaria en invertebrados marinos. Anales de la Sociedad Científica Argentina 194: 279-298
- D'ABRAMO, L.R. & DANIELS, W.H. 1992. Joint production of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* and the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* as part of a crop rotation system. *Aquaculture '92: Growing Toward the 21st Century*, p. 74 (abstract only)



- DEFEO, O.; MASELLO, A. & C. LAYERLE. 1988. Consideraciones metodológicas para el estudio del crecimiento en moluscos bivalvos. Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar. N°47. (en prensa).
- DIBACCO, C.; ROBERT G. & J. GRANT. 1995. Reproductive cycle of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791), on northeastern Georges Bank. J. Shellfish Res. 14(1):59-69.
- DIE, D.J.; MCGILVRAY, J.G.; COURTNEY, A.J. & M.G. COSGROVE 1995. A quantitative method for staging penald prawn ovaries using image analysis. Invertebrate Reproduction and Development. 28 (3): 177-183
- DRAPER, N. & H. SMITH. 1981. Applied regression. New York: John Wiley.
- **EBERT, T.** 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. Limnol. Oceanogr. 25 (4): 764 -769.
- ENGELMAN L. & L. WILKINSON, 1997. Nonlinear regression. Statistics. NOVA-SYSTAT 7.0 for Windows.
- **EVERSOLE, A. G.; MICHENER, W.K. & P. J. ELDRIGE**. 1980. Reproductive cycle of *Mercenaria mercenaria* in a South Carolina estuary. Proceedings of the National Shellfisheries Association 70(1): 22-30.
- FAO. 1984. Technical consultation on red coral resources of the Western Mediterranean. FAO Fish. Rep. 306, 142 pages.



- FOURNIER, D. & P. BREEN. 1983. Estimation of Abalone Mortality rates with growth analysis. Trans.Amer.Fish.Soc. 112: 403 411.
- GABE, M. 1968 Techniques histologiques (París: Masson et Cie.). 1113pp.
- **GIESE, A. C.** 1959. Comparative Physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. Annual Review of Physiology 21: 547-576.
- GRIGG, R.W. 1989. Precious coral fisheries of the Pacific and Mediterranean. Pp. 637-645 in J.F.Caddy, ed.: Marine Invertebrate Fisheries- Their Assessment and Management. John Wiley & Sons, 752 pages.
- GUERRA, R. & D. BROWN 1980. Aspectos de la madurez sexual en " Chlamys (Argopecten) purpurata de bahía Tongoy. Arch. Biol. Med. Exp. 13(3): R365.
- **HARTLEY, H.** 1961. The modiefied Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression functions by least squares. Technometrics 3(2): 269-280.
- HAYASHI, Y. 1980. The reproductive biology of the ormer *Haliotis tuberculata*. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 60: 415-430.
- **HEINCKE, F.** 1913. Investigations on the Plaice. General Report. 1. The Plaice Fishery and Protective Measures. Preliminary Brief Summary of the most Important Points of the Report. Rapp. P-V. Reun.Cons. Int. Explor. Mer. 16: 67 pp.
- **HOENIG, J.** 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. Fish. Bull. U.S. 82: 898-903.



- HOSMER, D.W. & S. LEMESHOW. 1989. Applied logistic regression. Wilew & Sons, NY.
- HUPÉ, L.H. 1854. en GAY, C. (ed). Historia Física y Política de Chile. Zool. 8.
- JARAMILLO, R. & J. NAVARRO. 1995. Reproductive cycle of the chilean ribbed mussel Aulacomia ater (Molina, 1782). J. Shelfish Res. 14(1): 165-171.
- JEREZ, G. 1991. INVES. Evaluación de stock recurso almeja, Bahía Ancud, 1990. Informe Técnico IFOP-Subsecretaría de Pesca.
- JONES, R. & N.P. VAN ZALINGE. 1981. Estimates of Mortality Rate and Population Size for Shrimp in Kuwait Waters. Kuwait Bull. of Mar. Sci., (2): 273-288.
- JONES, R. 1984. Assessing the Effects of in Exploitation Pattern Using Lenght Composition Data (with notes on VPA and Cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., (256): 118 pp.
- LARKIN, P.A. 1988. Pacific Salmon in Fish populations dynamics: the implications for management, Gulland, J.A. (ed). Chichester, John Wiley and Sons Ltda., 153-183.
- LASTA, M.L., PARMA, A.M., PASCUAL, M.S. & ZAMPATTI, E.A. 1986.
  Consideraciones sobre la explotaci\n del mejill\n (*Mytilus edulis platensis*) en la costa bonaerense. Resultados de la prospecci\n del "Banco Faro QuerandR" (junio 1981). Rev. INIDEP (Argentina) 6: 45-55.



- LÓPEZ, M.L.; LEYTON C. & M.E. GRAF. 1982. Técnicas de citología e histología.

  Depto.de Biología Celular y Genética. Fac. de Medicina. U. de Chile (eds.)

  242 pp.
- LOZADA, E. & H. BUSTOS. 1984. Madurez sexual y fecundidad de Venus antiqua antiqua King & Broderip, 1835 en la Bahía de Ancud (MOLLUSCA: BIVALVIA: VENERIDAE). Revista de Biología Marina, Valparaíso 20(2): 91-112.
- LOZADA, E.; R. SCHUFFENEGER & A. VINAIXA. 1991. Estudio sobre el recurso *Tawera gayi* en la X Región. Empresa American Seafood, Puerto Montt. IFOP. 35 pp + Anexo
- LUCAS, A. 1965. Recherche sur le sexualité des mollusques bivalves. Theses Doctorat. Fac. Science. L' Université de Rennes. Francia.
- LUCAS, A. 1975. Sex differentiation and juvenile sexuality in bivalves molluscs. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 39 Suppl.: 532-541.
- ORENSANZ, J.M. & JAMIESON, G.S. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. <u>In Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Edited by G.S. Jamieson and A. Campbell. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125. pp.441-459.</u>
- PAULY, D. 1980. On the Interrelationships Between Natural Mortality, Growth Parameters, and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks. J. CIEM, 39(2): 175-192.



- PAULY, D. 1983. Lenght Converted Catch Curves: A Powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. Fishbyte 1(2): 9-13.
- **PFISTER, C. A. & A. BRADBURY**. 1996. Harvesting red sea urchins: recent effects and future predictions. Ecol. Appl. 6: 298-310.
- PHILLIPS, B.F. & A. CAMPBELL. 1974. Mortality and longevity in the Whelk Dicathais orbita (Gmelin). J. Mar. Freshwat. Res.,25:25-33. populations cohorts. J. cons. Int. Explor. Mer. 36: 133-143.
- POWELL, D.G. 1979. Estimation of Growth and Mortality Parameters from the Length Frecuency of a Catch. Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Perm. Explor. Mer. 175: 167-169.
- PRAGER, M., S. SAILA & C. RECKSIEK. 1987. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Tech. Rep. 87-10: 1-37.
- QUAYLE, D. B. & N. BOURNE. 1972. The clan fisheries of British Columbia. Bull. Fish. Res. Board Can. 179: 1-70.
- REYES A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS, J. ARIAS & V. PEZO. 1994. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales 1993. Pesquerías bentónicas III, IV y X Región. Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. SGI/IFOP 94/7.
- REYES A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS, V. PEZO, V. ASENCIO & E. LOZADA. 1995a. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales 1994. Pesquerías Bentónicas III, IV y X región.



Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. Informe Final. IFOP – CORFO. 96pp. + Anexo Tablas y Figuras.

- REYES, A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS & E. LOZADA.

  1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas,

  1992. Informe Técnico CORFO-IFOP. SGI/IFOP 93/7.
- REYES, A.; BARAHONA, N.; ASENCIO, V.; ROBOTAHAM, H.; LOZADA, E.; ROA, R.; JERÉZ, G.; CARMONA, A.; PEZO, V. & H. MIRANDA. 1995b. Monitoreo de la pesquería del recurso almeja en la X Región, 1994. Informe Final Informe Técnico FIP-IT/93-14. Fondo de Investigación Pesquera. 63pp.,tablas y figuras.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin Nº 191, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 382 pp.
- RICKHTER, V.A. & V.N. EFANOV. 1976. On the Approaches to Estimation of Natural Mortality of Fish Population. ICNAF Res. Doc. 76/VI/8: 12 pp.
- **RICHARDS, F. J.** 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10: 290 300.
- ROA, R. 1993. Annual growth and maturity function of the squat lobster *Pleuroncodes*monodon in Central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 157-166.
- ROBSON, D.S. & D.G. CHAPMAN. 1961. Catch Curves and Mortality Rates. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 181-189



- SASTRY, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). Pp. 113- 292. En: A. C. Giese & J. S. Pearse (eds.), Reproduction of Marine Invertebrates. Vol V. Academic Press: New York.
- SERNAPESCA, Anuario Estadístico de Pesca. 1986 a 1998.
- **SLUCZANOWSKI, P.R**. 1984. A management oriented model of an abalone fishery whose substocks are subject to pulse fishing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1008-1014.
- SLUCZANOWSKI, P.R. 1986. A disaggregate model for sedentary stocks: the case study of South Australian abalone. In G.S.Jamieson and N. Bourne, eds.:
  North Pacific Workshop on Stock Assessment and Management of Invertebrates. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92: 393-401.
- **SOUTHWARD G.**, 1976. Sampling landings of halibut for age coposition Int. Halibut comm. Sci. Rep. 58. 31 pp.
- SPARRE, P. & S. VENEMA. 1992 Introduction to tropical fish stock assessment.

  Part I -Manual. FAO Fish. Tech. Paper 306/1.
- SSENTONGO, G.W. & P.A. LARKIN. 1973. Some Simple Methods of Estimating Mortality Rates of Exploited Fish Populations. J. Fish. Res. Board Can., 30: 695-698.
- TARIFEÑO, E.1980. Studies on the biology of the surf-clam Mesodesma donacium (Bivalvia: Mesodesmatidae) from chilean sandy beaches. Doctoral Thesis, University of California, Los Angeles. 229 pp.

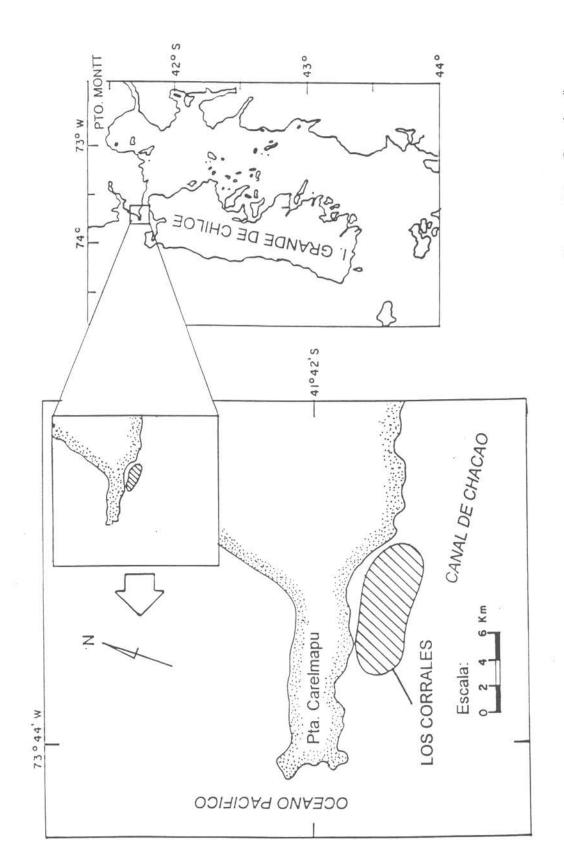


- TAYLOR, C. 1958. Cod Growth and Temperature. J. CIEM 23(3): 366-370.
- TOMLINSON, P. & N. ABRAMSON. 1961. Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. Calif Dpt. Fish Game, Fish. Bul. 116: 1-69.
- TORTORA, R., 1978. A note on sample size estimation of Multinomial Populations. The American Stadistician. Vol. 32 (3).
- TRAUTMANN, S., 1979. Estudio preliminar de edad y crecimiento en ostión (Chlamys patagonica, King, 1831) en base a lectura de anillos. Informe Práctica Profesional. Univ. de Chile. 23 pp.
- URBAN, H., 1998. Description and management of clam fishery (Gari solida, Psammobiidae) from Bahía Independencia, Perú (14 ° S). Fish. Res. 35: 199-207.
- VAN SICKLE, J. 1977. Mortality Rates from Size Distributions. Oecologia (Berl.) 27: 311-318.
- VETTER, E.F. 1988. Estimation of Natural Mortality in Fish Stocks: A Review. Fish. Bull. U.S. 86 (1): 25-43.
- WEIBEL, E. R. 1979. Stereological methods. Vol. 1: Practical methods for biological morphometry. Academic Press. London. 415 p.
- WELCH, D. & R. FOUCHER. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) population dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 333-343.

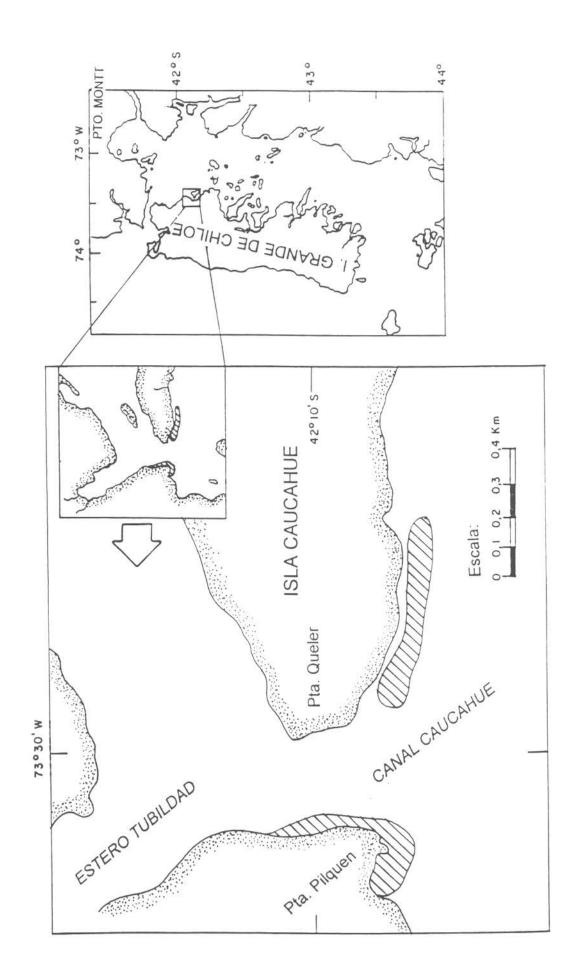


WRIGHT, M. 1976. Growth in the black abalone, *Haliotis cracherodii*. The Veliger 18 (2): 194-199.

# FIGURAS



Area de estudio y muestreo del recurso culengue ( *Gari solida* ), en el banco " Los Corrales ", X Región. Fig. 1



Area de estudio y muestreo del recurso tawera ( Tawera gayi ), en el banco de la isla Caucahue, Quemchi, X Región. 7 Fig.

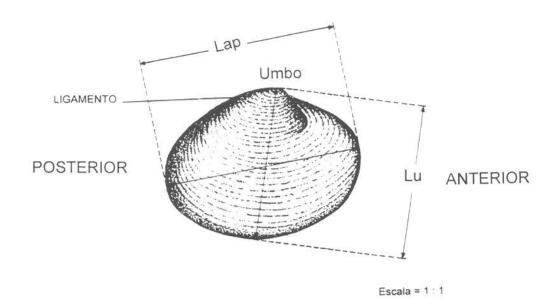
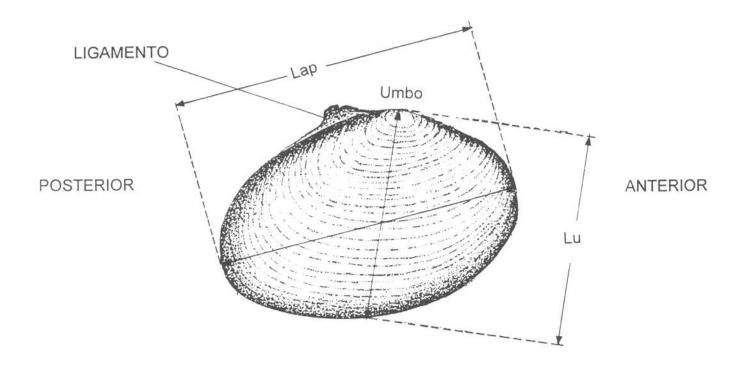


Fig. 3 Esquema de la cara externa de la valva derecha de tawera indicando las medidas realizadas : Lap = Longitud anterior, posterior ; Lu = Longitud desde el umbo.



Escala = 1 : 1

Fig. 4 Esquema de la cara externa de la valva derecha de culengue indicando las medidas realizadas : Lap = Longitud anterior, posterior ; Lu = Longitud desde el umbo.

# LEYENDA DE FIGURAS

Fotomicrografías de secciones gonadales de ejemplares de *Tawera gayi* de Quemchi, para tipificar los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo de los adultos y la presencia de parásitos tremátodos interacinares. Cortes de 5 µm de espesor teñidos con el método tricrómico de Arteta.

A. MD1

(Masculino. Desarrollo estado 1). Madurez inicial. Acinos pequeños. Banda adbasal de espermatogonias y espermatocitos(★). Escasas espermátidas adluminales (★). Aumento 100x.

B. FD1

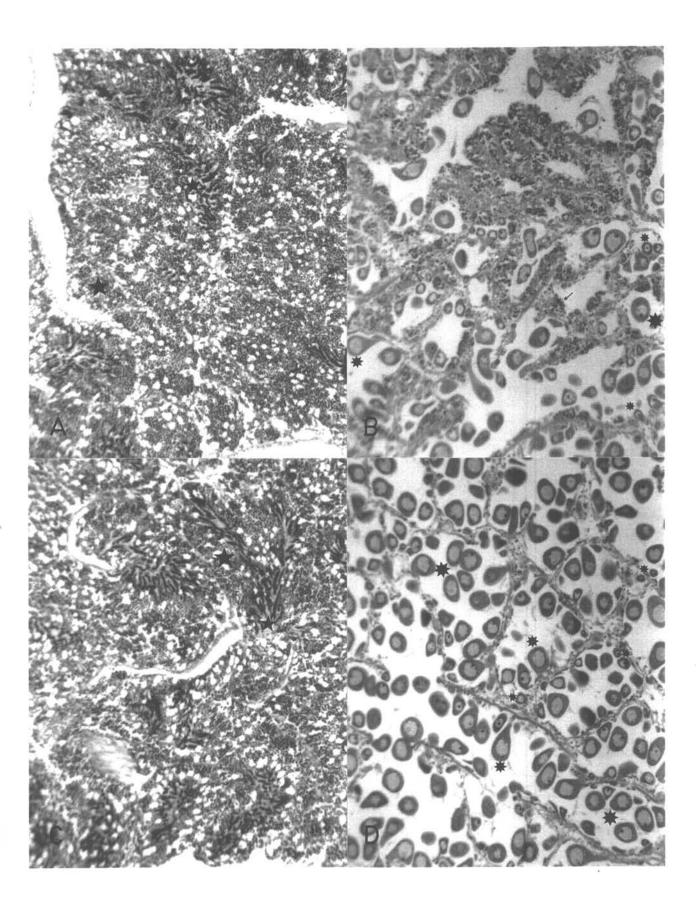
(Femenino. Desarrollo estado 1). Madurez inicial. Acinos pequeños. Ovogonia (→). Ovocito previtelogénico (★). Ovocito vitelogénico adherido pedunculado (★). Ovocito vitelogénico libre (★). Aumento 100x.

C. MD2

(Masculino. Desarrollo estado 2). Madurez avanzada. Acinos de mayor tamaño con una banda ancha de línea germinal temprana de espermatogonias y espermatocitos adbasales (★) y largas columnas de espermátidas (★) hacia el lumen. Aumento 100x.

D. FD2

(Femenino. Desarrollo estado 2). Madurez avanzada. Acinos de mayor tamaño con ovocitos vitelogénicos pedunculados (★) y libres (★), pero persisten ovocitos previtelogénicos (★) en la pared acinar. Aumento 100x.

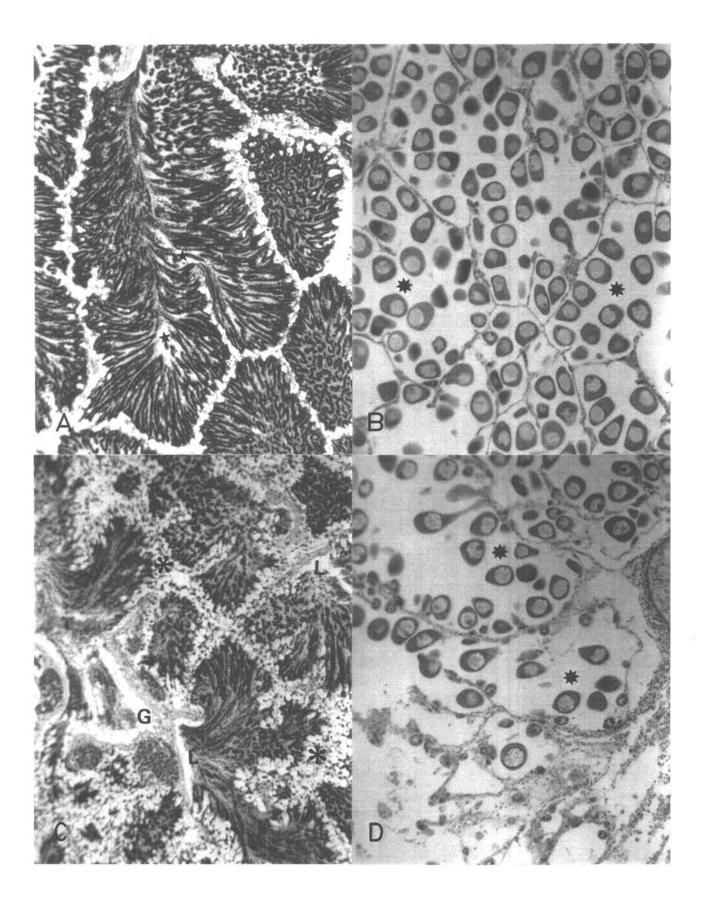


A. MD3 (Masculino. Desarrollo estado 3). Madurez total. Acinos grandes llenos de espermátidas en columnas (★). Aumento 100x.

B. FD3 (Femenino. Desarrollo estado 3). Madurez total. Acinos grandes llenos de ovocitos vitelogénicos libres ( ★ ). Aumento 100x.

C. MR1 (Masculino. Regresión estado 1). Regresión inicial o evacuación parcial de espermatozoides. Acinos gonadales de menor tamaño en que se aprecia el lumen (L) con cúmulos de espermatozoides no evacuados. Espermatozoides en gonoducto (G). Células vesiculares intraacinares (♣). Aumento 100x.

D. FR1 (Femenino. Regresión estado 1). Regresión inicial o evacuación parcial de ovocitos. Acinos más pequeños con ovocitos vitelogénicos padunculados y libres no evacuados (\*\*). Aumento 100x.



A. MR2

(Masculino. Regresión estado 2). Regresión final o evacuación total de espermatozoides. Acinos pequeños colapsados. Espermatozoides residuales (★) permiten identificar el sexo. Células vesiculares intraacinares (★). Aumento 100x.

B. FR2

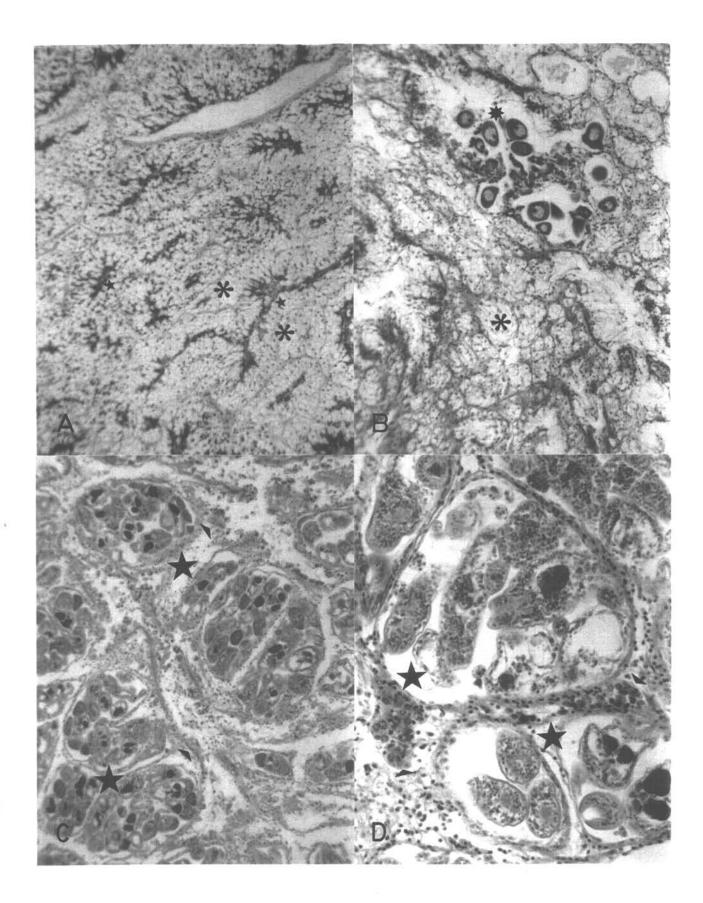
(Femenino. Regresión estado 2). Regresión final o evacuación total de ovocitos. Ovocitos vitelogénicos libres residuales (☀) permiten identificar el sexo. Aumento 100x.

C.

Esporocistos con cercarias de tremátodos (\*\*\*). Acinos gonadales femeninos en regresión total (\*\*). Aumento 100x.

D.

Esporocistos con cercarias de tremátodos (\*\*\*). Acinos gonadales en regresión total (\*\*). Aumento 250x.

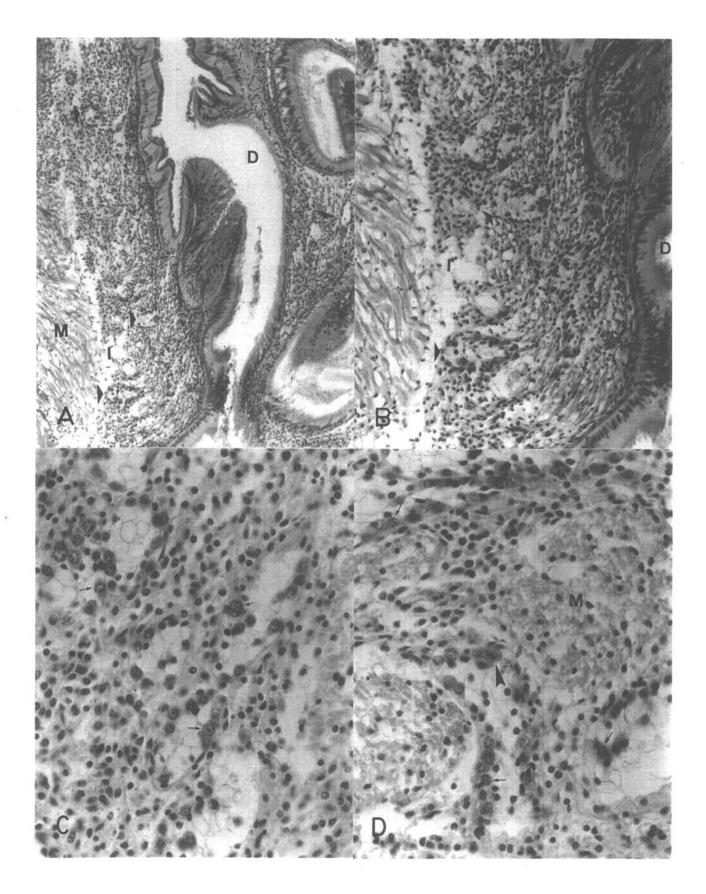


Fotomicrografías de secciones gonadales de ejemplares de Tawera gayi de
Quemchi, para tipificar los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual.  Cortes de 5 µm de espesor teñidos con el método tricrómico de Arteta.

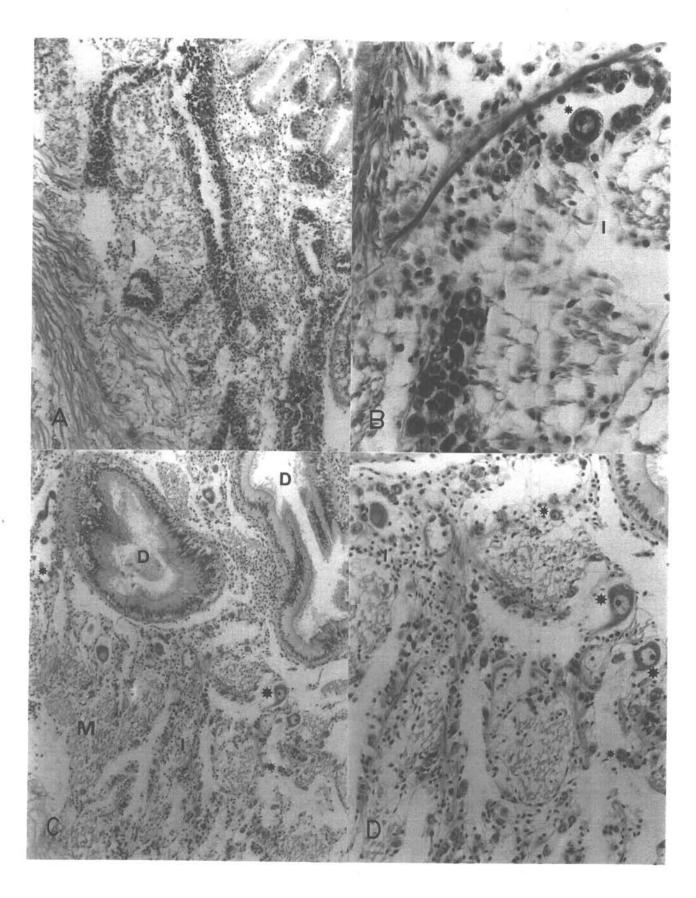
A. iLGI1 (indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1).
 Inmadurez sexual. Acinos gonadales pequeños compactos
 ( ) ). Células germinales ( → ) no permiten identificar el sexo. Compartimiento intersticial ( I ). Tubo digestivo ( D ).

Haz muscular (M). Aumento 100x.

- B. iLGI1 (indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1).
  Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento.
  Aumento 200x.
- C. iLGI1 (indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1).
  Inmadurez sexual. Similar a la anterior. Células germinales
  (→). Aumento 400x.
- D. iLGI1 (indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1).
   Inmadurez sexual. Similar a la anterior. Células germinales
   (→). Metafase mitótica de célula germinal (➤). Aumento 400x.



- A. FLGI2 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 2).
  Inmadurez sexual. Compartimiento intersticial (I). Acino gonadal con lumen (L). Línea germinal temprana hasta ovocitos previtelogénicos (\*). Aumento 100x.
- B. FLGI2 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 2).
  Inmadurez sexual. Compartimiento intersticial (I). Ovocito previtelogénico (\*). Haz muscular (M). Aumento 200x.
- C. FLGI3 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 3).
  Inmadurez sexual. Compartimiento intersticial ( I ). Acinos gonadales pequeños con línea germinal temprana hasta ovocitos vitelogénicos pedunculados escasos ( ★ ). Tubo digestivo ( D ). Haz muscular ( M ). Aumento 100x.
- D. FLGI3 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 3).
  Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento.
  Ovocito previtelogénico ( \* ). Ovocito vitelogénico pedunculado (\*). Aumento 200x.



Fotomicrografías de secciones gonadales de ejemplares de *Gari solida* de Ancud, para tipificar los diferentes estados gonadales en el ciclo reproductivo de los adultos y el hermafroditismo intraacinar. Cortes de 5 µm de espesor teñidos con el método tricrómico de Arteta.

A. MD1

(Masculino. Desarrollo estado 1). Madurez inicial. Acinos pequeños. Cúmulos adbasales de espermatogonias y espermatocitos (★). Pocas espermátidas adluminales (★). Compartimiento intersticial (I). Gonoducto (G). Cordón nervioso (N). Aumento 100x.

B. FD1

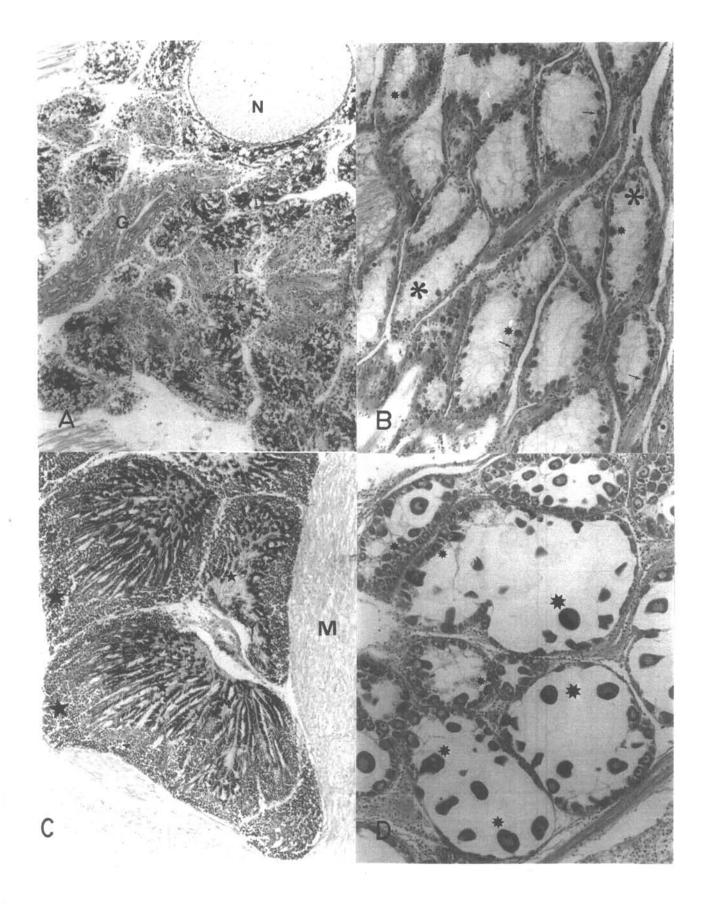
(Femenino. Desarrollo estado 1). Madurez inicial. Acinos pequeños con células vesiculosas intraacinares ( ★ ). Ovogonia ( → ). Ovocito previtelogénico ( \* ). Compartimiento intersticial ( I ). Aumento 100x.

C. MD2

(Masculino. Desarrollo estado 2). Madurez avanzada. Acinos de mayor tamaño con una banda ancha de línea germinal temprana de espermatogonias y espermatocitos adbasales (★) y largas columnas de espermátidas (★) hacia el lúmen. Haz muscular (M). Aumento 100x.

D. FD2

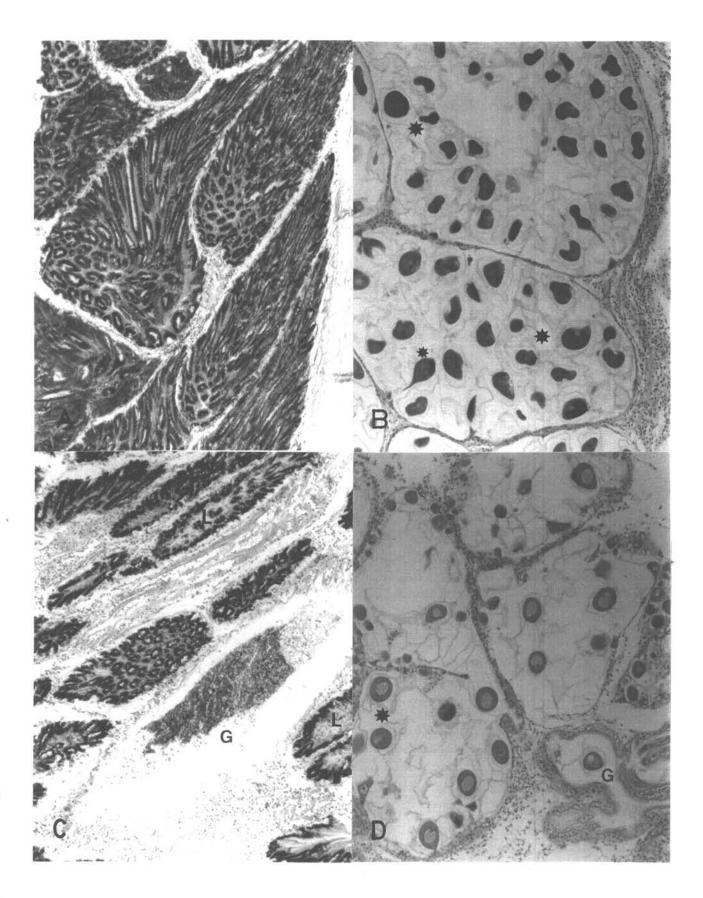
(Femenino. Desarrollo estado 2). Madurez avanzada. Acinos de mayor tamaño con ovocitos vitelogénicos pedunculados (★) y libres (★). Ovocitos previtelogénicos (★) en la pared acinar. Aumento 100x.



A. MD3 (Masculino. Desarrollo estado 3). Madurez total. Acinos gonadales grandes colmados de espermátidas en columnas

(★). Aumento 100x.

- B. FD3 (Femenino. Desarrollo estado 3). Madurez total. Acinos gonadales llenos de ovocitos vitelogénicos libres (★). Ovocito vitelogénico pedunculado (★). Aumento 100x.
- C. MR1 (Masculino. Regresión estado 1). Regresión inicial o evacuación parcial de espermatozoides. Acinos gonadales de menor tamaño en que se aprecia el lúmen ( L ) con cúmulos de espermatozoides desorganizados no evacuados. Gonoducto con espermatozoides ( G ). Aumento 100x.
- D. FR1 (Femenino. Regresión estado 1). Regresión inicial o evacuación parcial de ovocitos. Acinos más pequeños con ovocitos vitelogénicos libres no evacuados. Gonoducto (G) con ovocito en tránsito. Aumento 100x.



A. MR2

(Masculino. Regresión estado 2). Regresión final o evacuación total de espermatozoides. Compartimiento intersticial ( I ). Acinos pequeños con células vesiculosas intraacinares ( ★ ) y con escasos espermatozoides residuales ( ★ ) que permiten identificar el sexo. Aumento 100x.

B. FR2

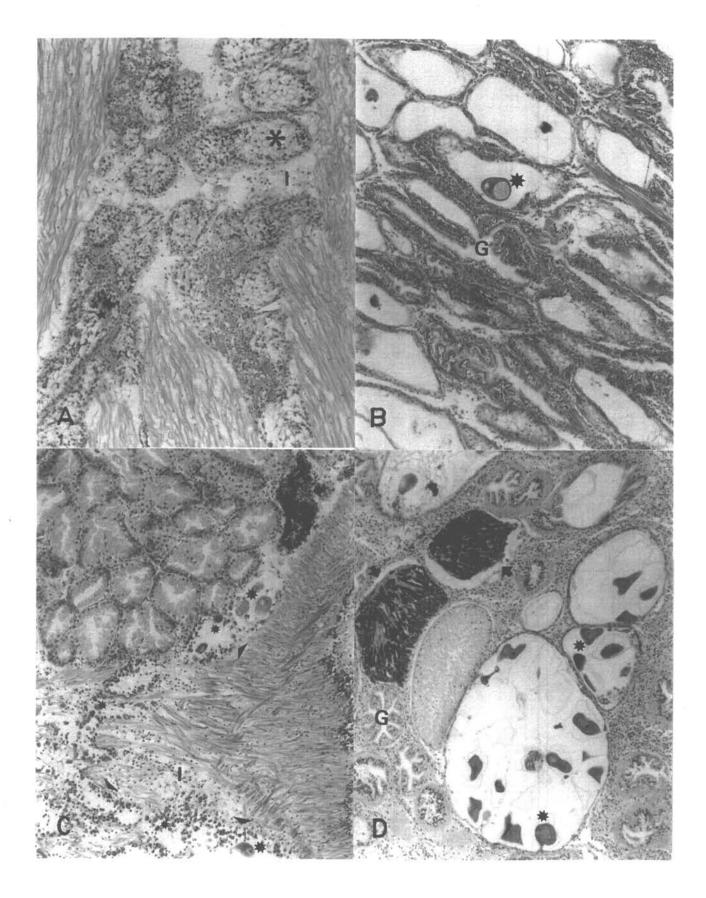
(Femenino. Regresión estado 2). Regresión final o evacuación total de ovocitos. Ovocitos vitelogénico libre residual (☀). Gonoducto ( G ). Aumento 100x.

C.

Hermafrodita. Ejemplar inmaduro con línea germinal incompleta LGI3. Acino gonadal con línea germinal femenina ( ) ), con ovocitos previtelogénicos ( \* ) y vitelogénicos ( \* ). Acino gonadal con línea germinal masculina, hasta espermátidas ( ). Aumento 100x.

D.

Hermafrodita. Ejemplar adulto en regresión o evacuación inicial R1. Acinos gonadales masculinos ( → ) con espermátozoides no evacuados. Acino gonadal femenino con ovocitos vitelogénicos residuales (★). Aumento 100x.



Fotomicrografías de secciones gonadales de ejemplares de Gari solida de
Ancud, para tipificar los diferentes estados en la adquisición de la madurez sexual. Cortes de 5 µm de espesor teñidos con el método tricrómico de Arteta.

A. iLGI1

(indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1). Inmadurez sexual. Acino gonadal pequeño y compacto (→). Células germinales no permiten identificar el sexo (→). Tubo digestivo ( D ). Haz muscular ( M ). Aumento 100x.

B. iLGI1

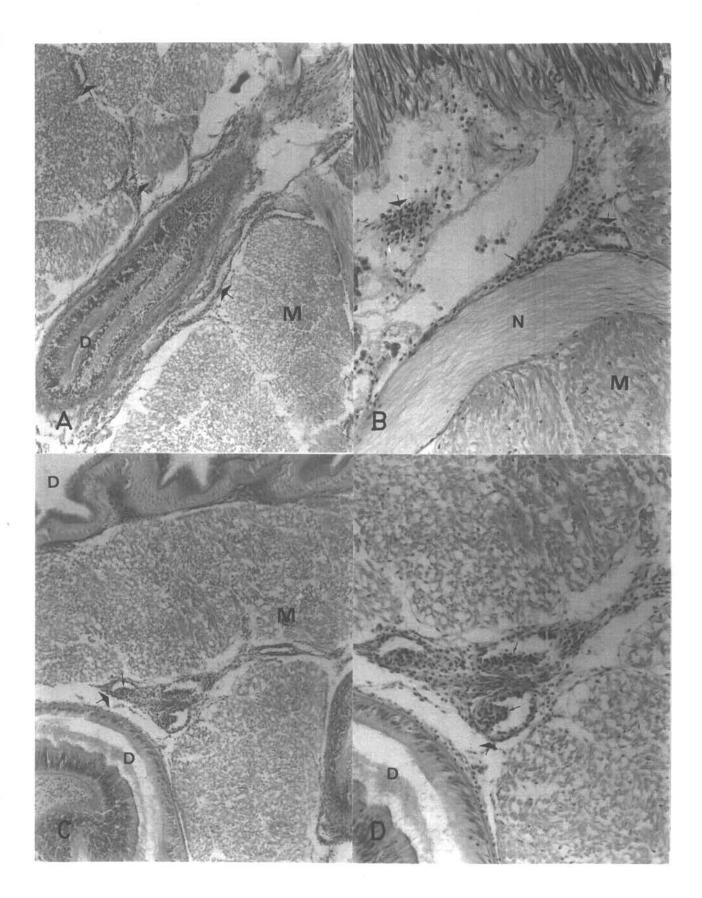
(indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1). Inmadurez sexual. Similar a la anterior a mayor aumento. Acino gonadal pequeño y compacto ( →) ). Células germinales no permiten identificar el sexo (→). Haz muscular ( M ). Cordón nervioso ( N ). Aumento 200x.

C. iLGI1

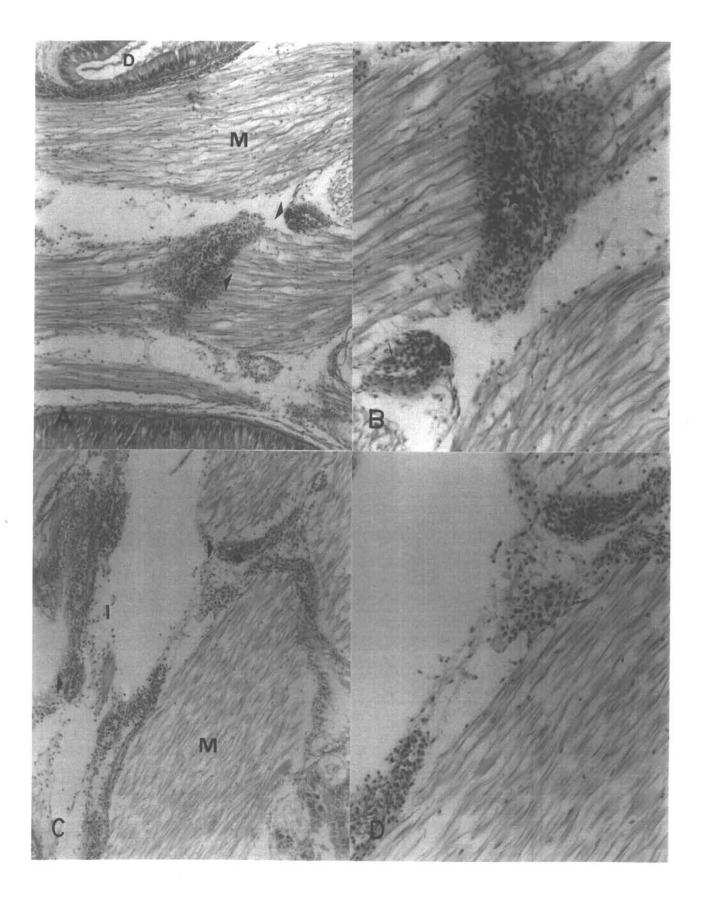
(indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1). Inmadurez sexual. Acino gonadal pequeño (→). Tubo digestivo (D). Haz muscular (M). Aumento 100x.

D. iLGI1

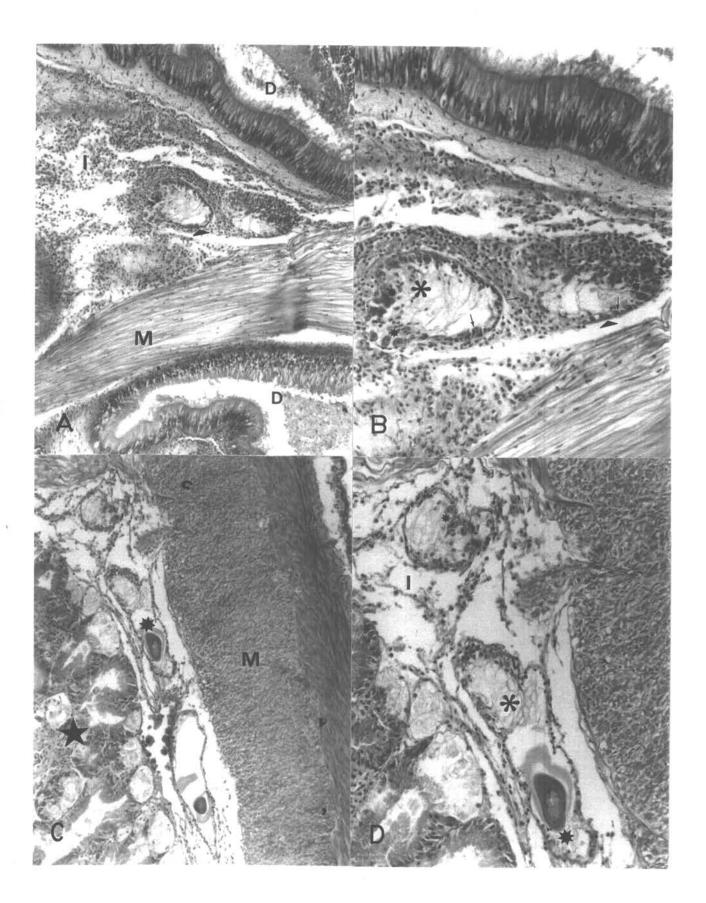
(indeterminado, Línea Germinal Incompleta, estado 1). Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento. Cúmulos de células germinales (→) no permiten identificar el sexo. Aumento 200x.

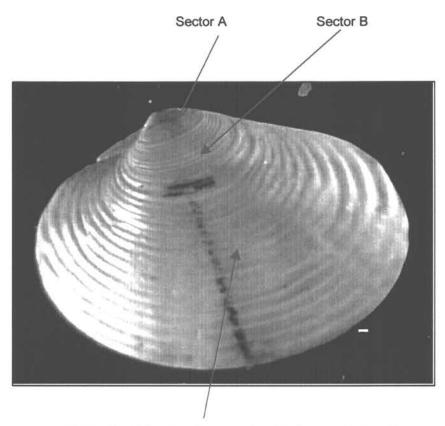


- A. MLGI2
- (Masculino, Línea Germinal Incompleta, estado 2). Inmadurez sexual. Acino gonadal pequeño con línea germinal temprana hasta espermatocitos ( ▶ ). Haz muscular ( M ). Tubo digestivo ( D). Aumento 100x.
- B. MLGI2
- (Masculino, Línea Germinal Incompleta, estado 2). Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento. Espermatogonias (→ ). Espermatocitos (★ ). Aumento 200x.
- C. MLGI3
- (Masculino, Línea Germinal Incompleta, estado 3). Inmadurez sexual. Compartimiento intersticial amplio ( I ). Acinos gonadales pequeños ( ▶ ) con línea germinal hasta espermátidas (★). Haz muscular ( M ). Aumento 100x.
- D. MLGI3
- (Masculino, Línea Germinal Incompleta, estado 3). Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento. Espermátidas (★). Aumento 200x.



- A. FLGI2 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 2).
  Inmadurez sexual. Compartimiento intersticial (I). Acino gonadal () ). Haz muscular (M). Tubo digestivo (D).
  Aumento 100x.
- B. FLGI2 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 2).
  Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento.
  Ovogonia (→). Ovocito previtelogénico (\*). Células vesiculosas intraacinares (\*). Aumento 200x.
- C. FLGI3 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 3).
  Inmadurez sexual. Acino gonadal con ovocito vitelogénico libre (★) en el lumen. Glándula digestiva (★). Haz muscular (M). Aumento 100x.
- D. FLGI3 (Femenino, Línea Germinal Incompleta, estado 3).
  Inmadurez sexual. Idem a la anterior a mayor aumento.
  Aumento 200x.





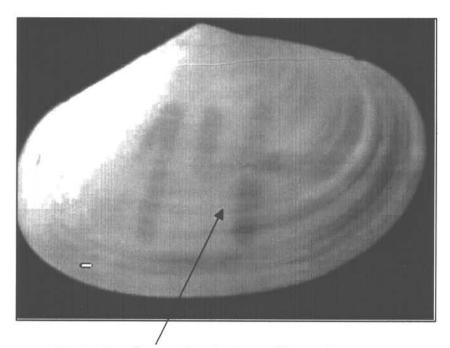
Sector de anillos regulares previos al primer anillo anual

Escala: 1 cm = 1,21 mm

Fig. 16. Tawera proveniente del muestreo del banco de la isla Caucahue, Lu = 8,70 mm; Lap = 11,60 mm.

Sector A corresponde a la zona inicial de crecimiento con líneas de crecimiento no hundidas en la valva.

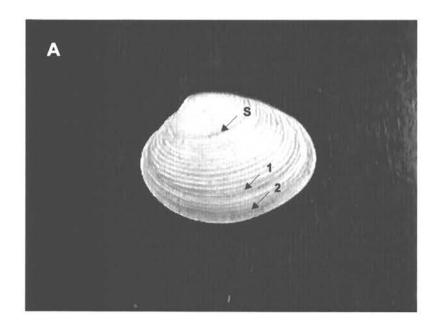
Sector B corresponde a la zona de líneas de crecimiento levemente hundidas en la valva, pero muy juntas unas de otras.



Sector de anillos previos al primer anillo anual

Escala: 1 cm = 1,26 mm

Fig. 17. Culengue proveniente del banco Los Corrales, Lu = 9,05 mm; Lap = 13,35 mm, en que se aprecian anillos de crecimiento previos al primer anillo anual.



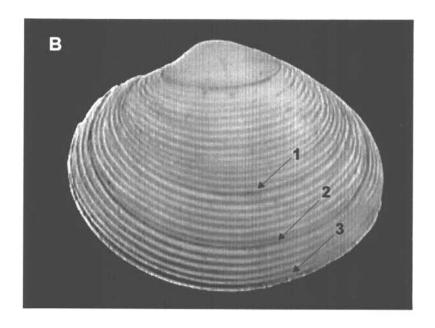
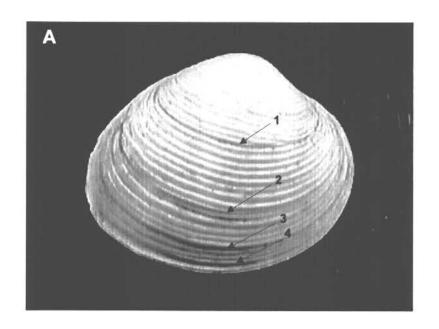


Fig. 18a. Valvas de tawera de individuos de 2 y 3 años A = muestra Nº 203 de marzo de 1998;

Lu = 19,90 mm, edad 2 y S indica anillo secundario.

B = muestra Nº 319 de marzo de 1998;

Lu = 27,10 mm; edad 3



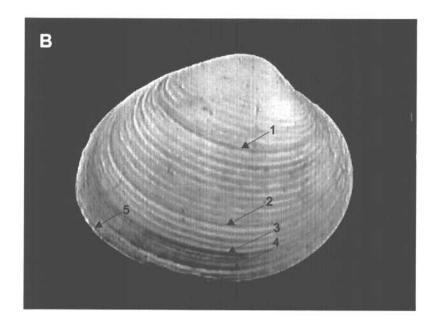
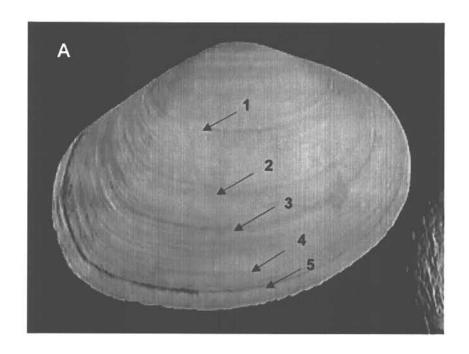
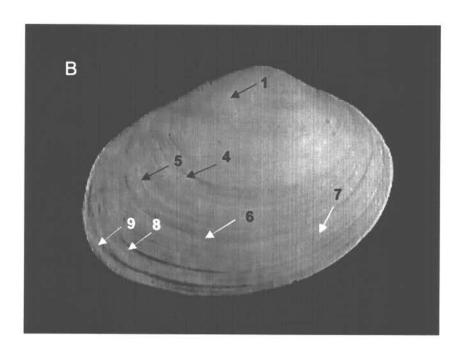


Fig. 18b. Valvas de tawera de individuos de 4 y 5 años A = muestra Nº 360 de junio de 1998; Lu = 27,10 mm, edad 4. B = muestra Nº 339 de junio de 1998; Lu = 27,90 mm; edad 5



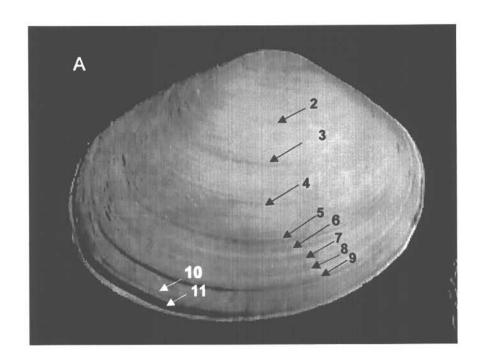


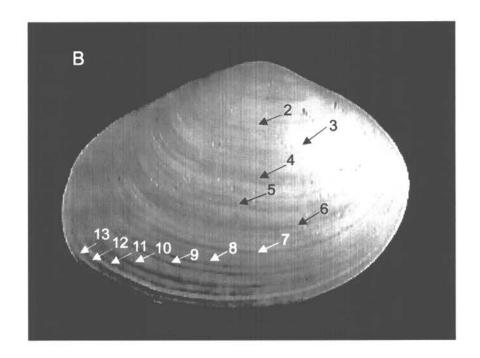
Valvas de culengue de individuos de 5 y 9 años A = muestra Nº 91 de noviembre de 1998; Fig. 19a.

Lu =

49,20 mm, edad 5. muestra Nº 411 de julio de 1998; 61,85 mm; edad 9 В

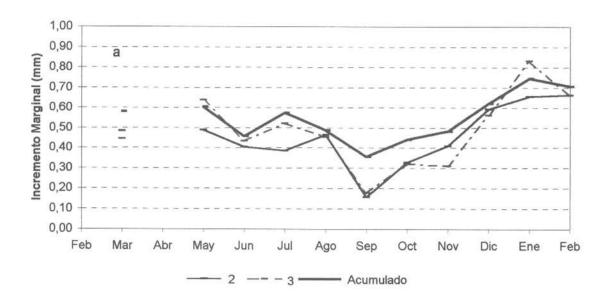
Lu =





Valvas de culengue de individuos de 11 y 13 años A = muestra Nº 101 de noviembre de 1998; Fig. 19b.

Lu = 57,90 mm, edad 11. B = muestra N° 439 de julio de 1998; B = muestra N° 439 de ju Lu = 65,00 mm; edad 13



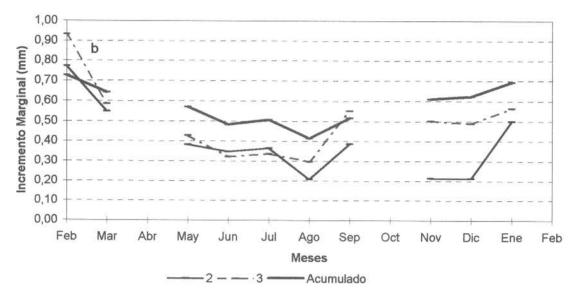
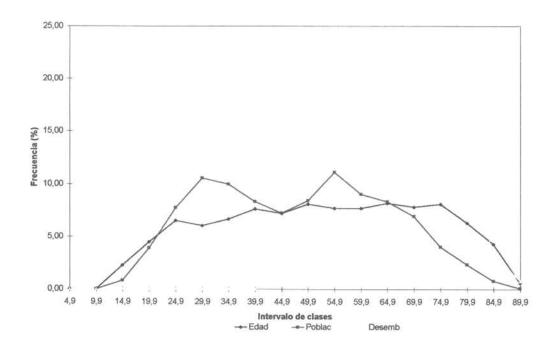
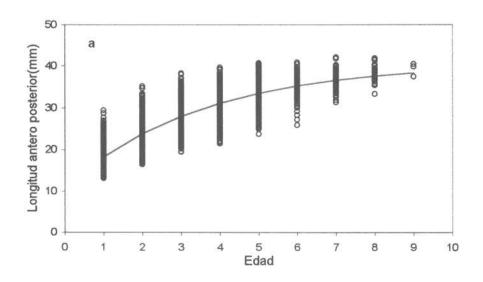


Fig. 20: Distribución de los incrementos marginales promedio para las edades 2 y 3 de tawera (a) y culengue (b). El acumulado considera todas las edades. Febrero '98 - Febrero '99



Intervalo de clase	4,9	9,9	14,9	19,9	24,9	29,9	34,9	39,9	44.9	49,9	54.9	59.9	64.9	69.9	74.9	79.9	84.9	89.9
Edad						6,06												
Población						10,58												
Desembarque						0,00												

Fig. 21: Distribución de frecuencias de tallas de culengue en el muestreo que se estudió edad, en la muestra poblacional y en el muestreo del desembarque.



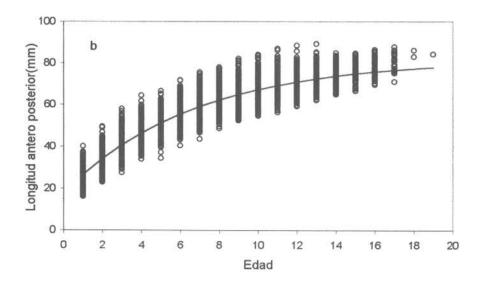
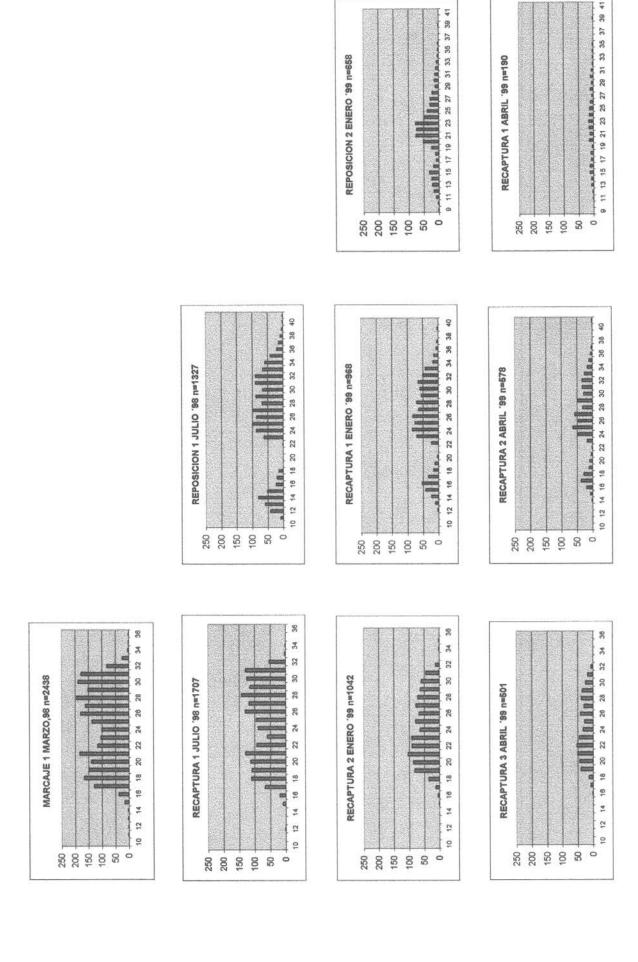
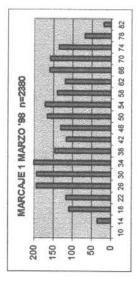
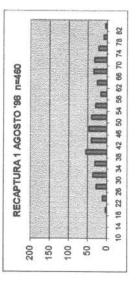


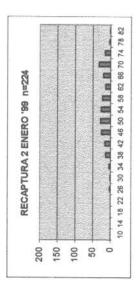
Fig. 22: Dispersión y curva de crecimiento ajustada para tawera (a) y culengue (b) 1998.

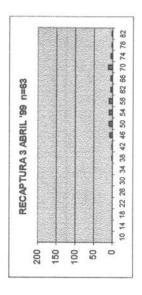


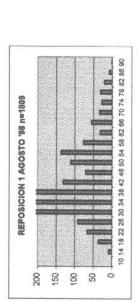
Estructura de talla de Tawera de las muestras utilizadas en el estudio de marcaje y recaptura para estimación de las tasas de crecimiento estacional y anual. Los eventos de marcaje se efectuaron en las estaciones de otoño e invierno de '98 y verano y otoño de '99 en el banco de Quemchi, Chiloé, X Región Fig 23:

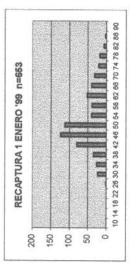


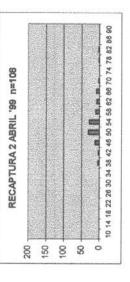


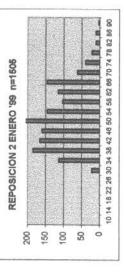














Estructura de talla de Culengue de las muestras utilizadas en el estudio de marcaje y recaptura para estimación de las tasas de crecimiento estacional y anual . Los eventos de marcaje se efectuaron en las estaciones de otoño e invierno '98 y verano y otoño '99 en el Banco Los Corrales, Carelmapu. Fig. 24:

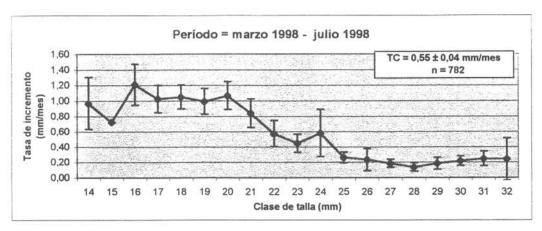


Fig. 25a: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Tawera, Quemchi, Chiloé, X Región.

Marzo - Julio 1998. TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

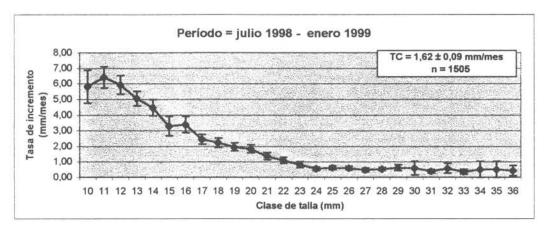


Fig. 25b: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Tawera, Quemchi, Chiloé, X Región.

Julio 1998 - Enero 1999. TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

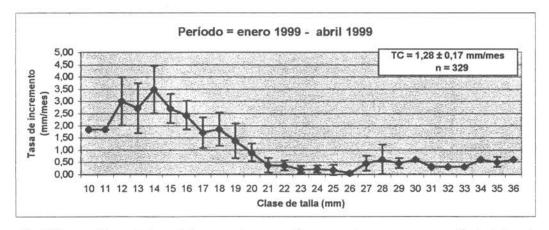


Fig. 25c: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Tawera, Quemchi, Chiloé, X Región. Enero - Abril 1999. TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

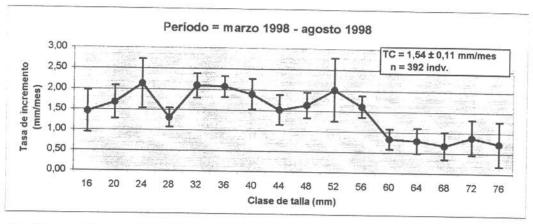


Fig. 26a: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Culengue (Gari solida), Banco Los Corrales, Carelmapu. Marzo - Agosto 1998.

TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

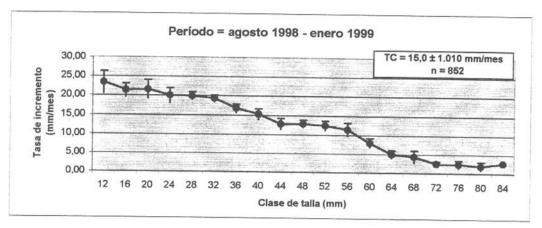


Fig. 26b: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Culengue (Gari solida), Banco Los Corrales, Carelmapu. Agosto 1998 - Enero 1999.

TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

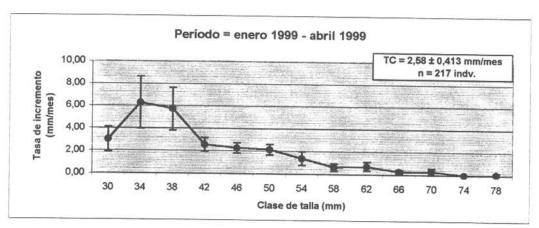


Fig. 26c: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Culengue (Gari solida), Banco Los Corrales, Carelmapu. Enero 1999 - Abril 1999.

TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

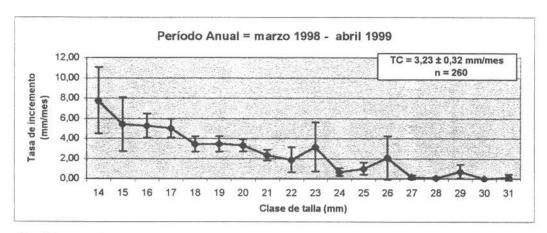


Fig. 27: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Tawera, Quemchi, Chiloé, X Región. Marzo 1998 - Abril 1999. TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

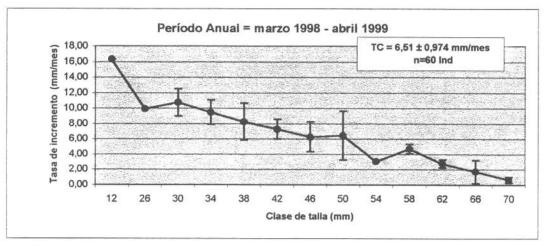


Fig. 28: Curva de tasa de incremento promedio mensual con su correspondiente intervalo de error estándar al 95% de confianza para Culengue (**Gari solida**), Banco Los Corrales, Carelmapu. Marzo 1998 - Abril 1999.

TC = Tasa de crecimiento promedio del período.

Fig. 29: Ajuste de Ecuación de Ford-Walford de crecimiento a los valores de incremento en talla del recurso Tawera, X Región. Marzo 1998 - Abril 1999.

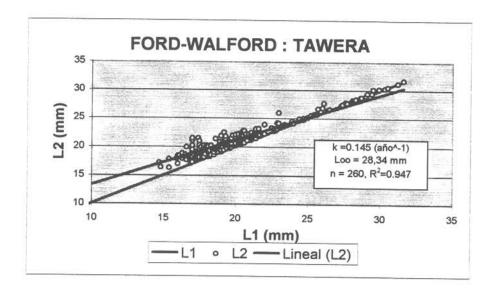
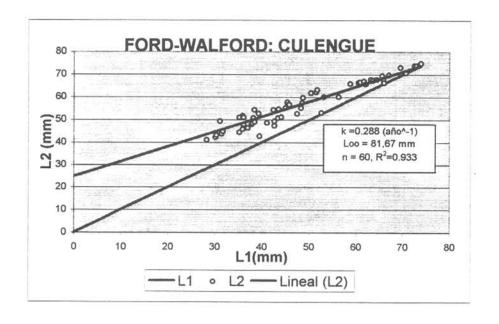
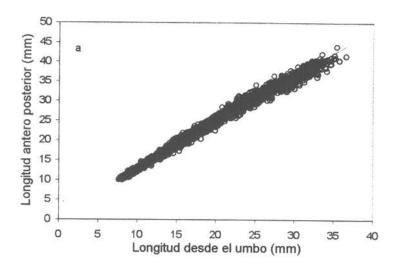


Fig. 30: Ajuste de Ecuación de Ford-Walford de crecimiento a los valores de incremento en talla el recurso Culengue, X Región. Marzo 1998 - Abril 1999.





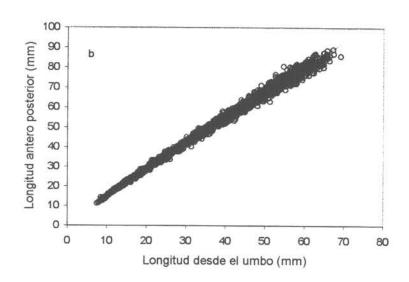


Fig. 31: Dispersión de puntos y curva ajustada para las variables longitud antero posterior y longitud desde el umbo para tawera (a) y culengue (b), 1998.

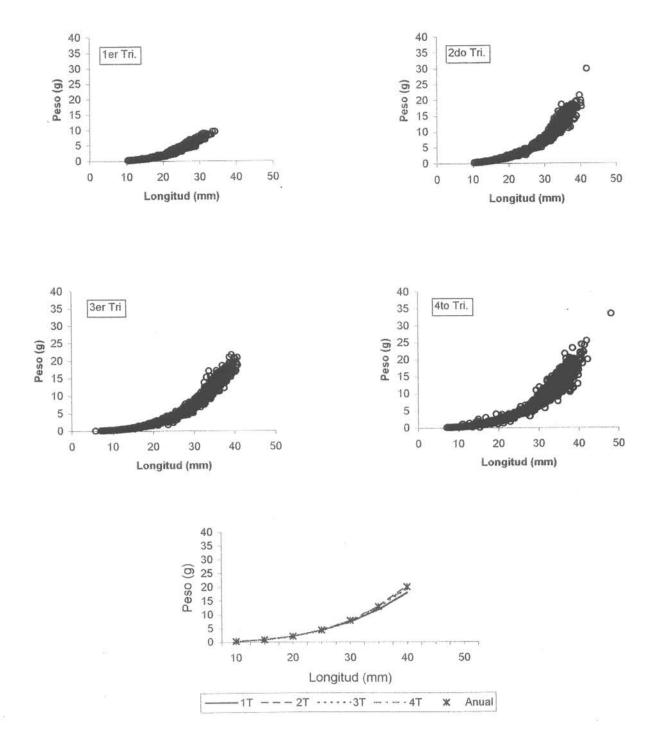


Fig. 32: Relación de las variables peso-longitud para tawera 1998, banco de la isla Caucahue.

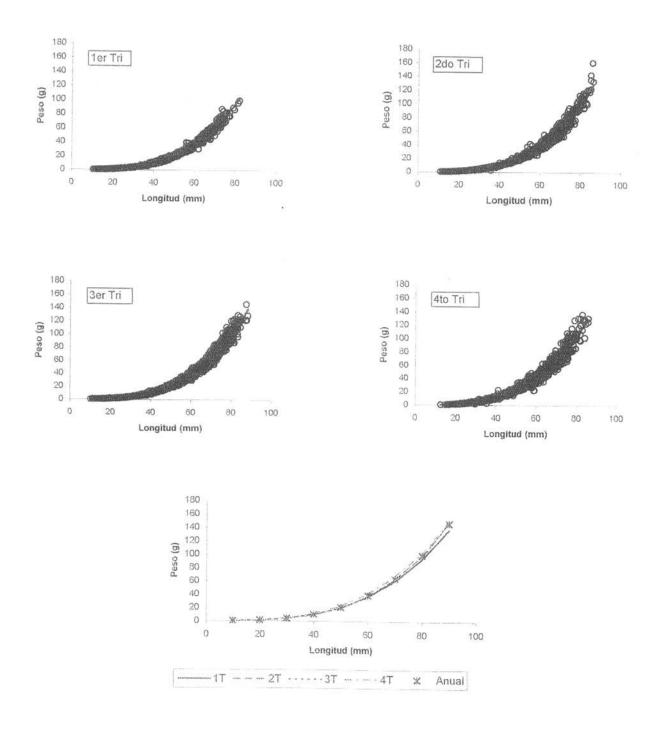


Fig. 33: Relación de las variables peso - longitud para culengue 1998, banco Los Corrales.

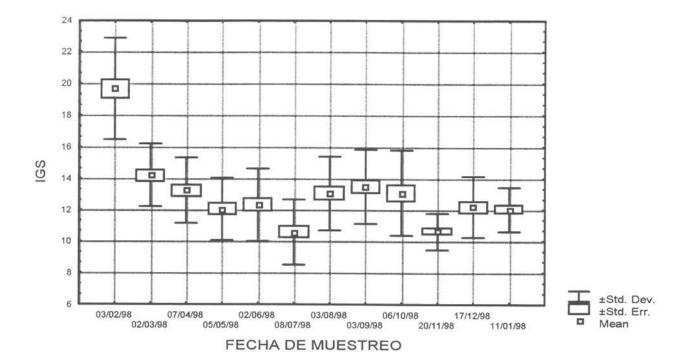


Fig. 34: Indice gonadosomático (IGS), por fecha de muestreo (promedio, desviación estándar y error estándar). *Tawera gayi*, Quemchi. Febrero '98 – Enero '99.

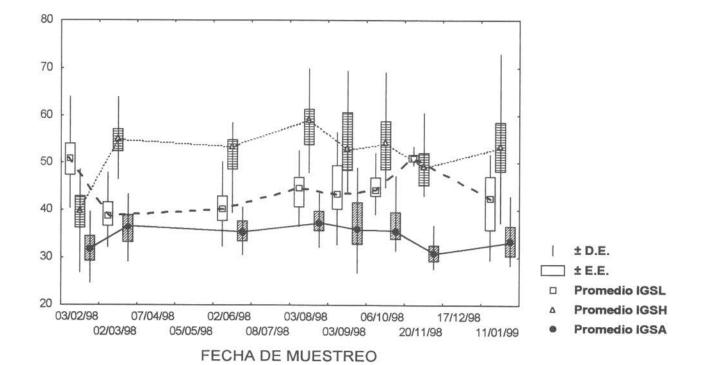
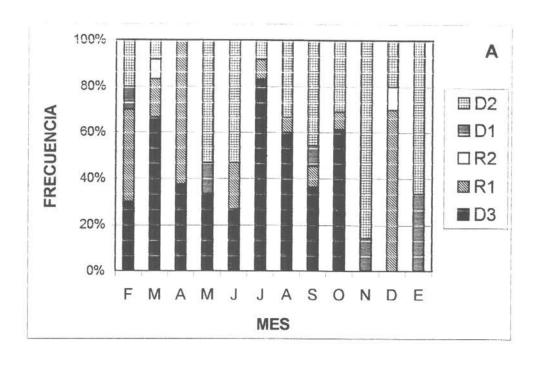


Fig. 35: Indice gonadosomáticos complejo gónada – glándula digestiva (promedio, desviación estándar y error estándar). *Tawera gayi*, Quemchi. Febrero '98 – Enero '99.



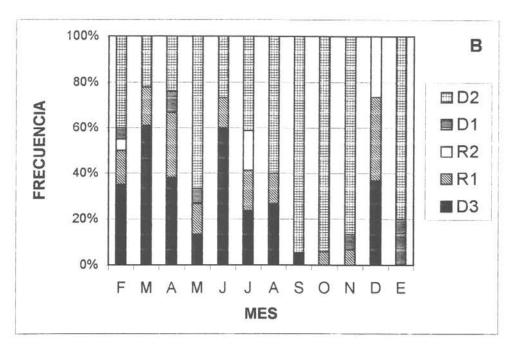


Fig. 36: Ciclo reproductivo. Frecuencia porcentual de estados gonadales. (A): Machos; (B): Hembras. *Tawera gayi*, Quemchi. Febrero '98 - Enero '99.

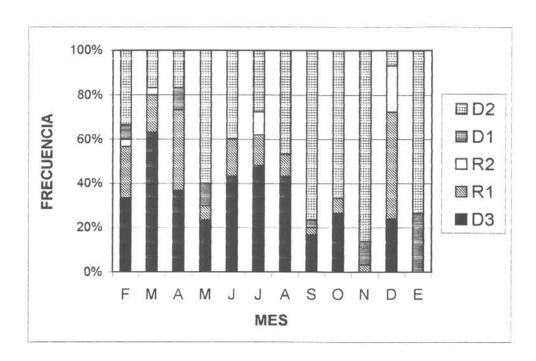


Fig. 37: Ciclo reproductivo. Frecuencia porcentual de estados gonadales totales. *Tawera gayi*, Quemchi. Febrero '98 - Enero '99.

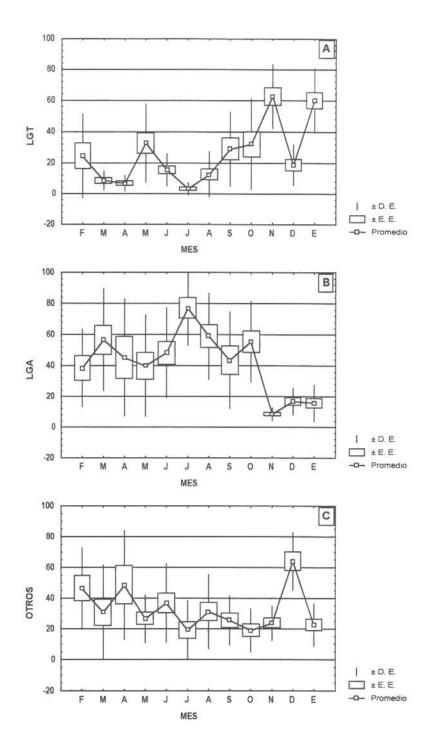


Fig. 38: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. (A): Línea germinal temprana; (B): Línea germinal avanzada; (C): Otros tejidos. *Tawera gayi*, Quemchi. Febrero '98 – Enero '99.

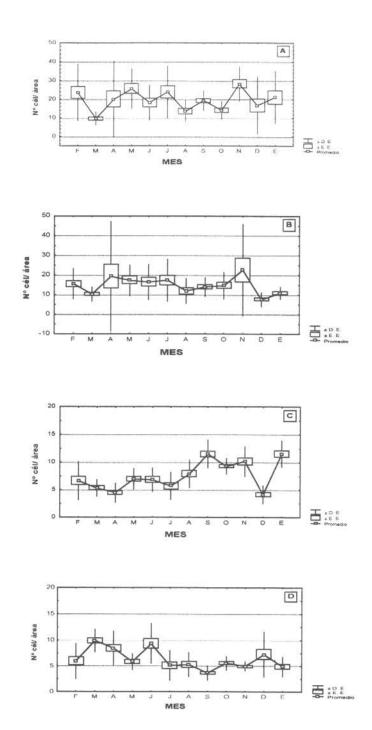


Fig. 39: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. (A): Gonias; (B): Ovocitos previtelogénicos; (C): Ovocitos vitelogénicos adheridos; (D): Ovocitos vitelogénicos libres. *Tawera gayi*. Quemchi. Febrero '98 – Enero '99.

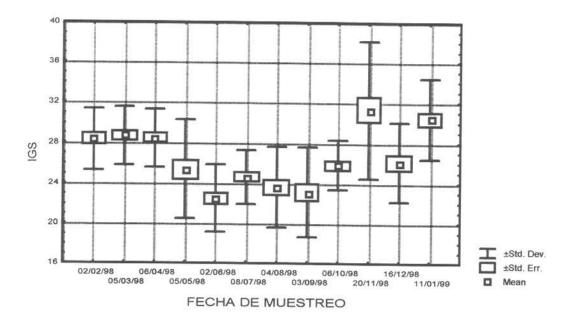


Fig. 40: Indice gonadosomático (IGS), por fecha de muestreo (promedio, desviación estándar y error estándar). *Gari solida*, Ancud. Febrero '98 – Enero '99.

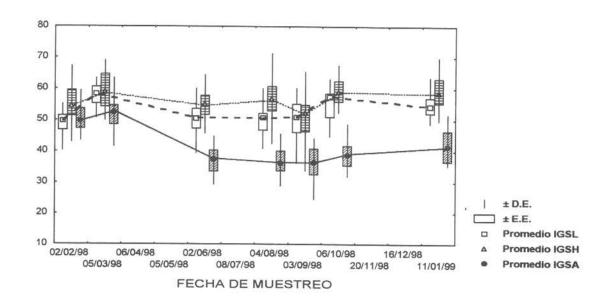
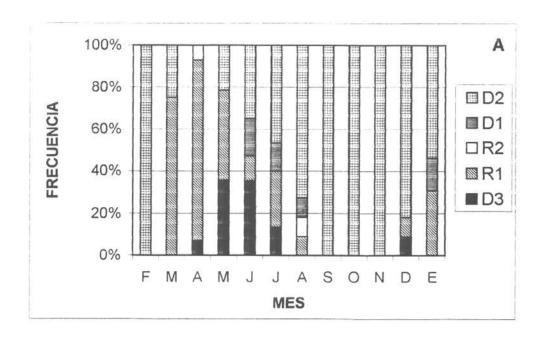


Fig. 41: Indices gonadosomáticos complejo gónada – glándula digestiva (promedio, desviación estándar y error estándar). *Gari solida*, Ancud. Febrero '98 – Enero '99.



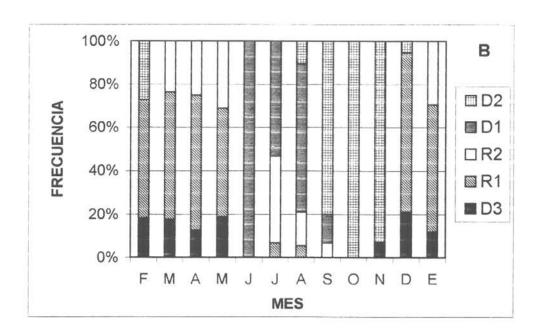


Fig. 42: Ciclo reproductivo. Frecuencia porcentual de estados gonadales. (A): Machos. (B): Hembras. *Gari solida*. Ancud. Febrero '98 - Enero '99.

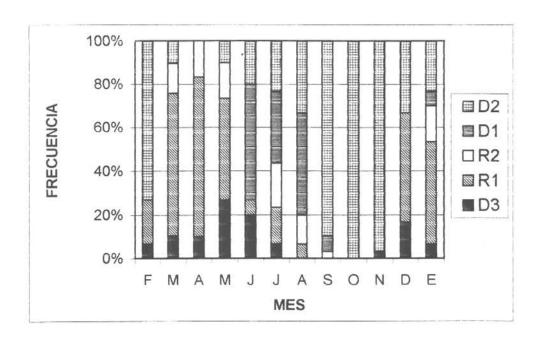


Fig. 43: Ciclo reproductivo. Frecuencia porcentual de estados gonadales totales. *Gari solida*. Ancud. Febrero '98 - Enero '99.

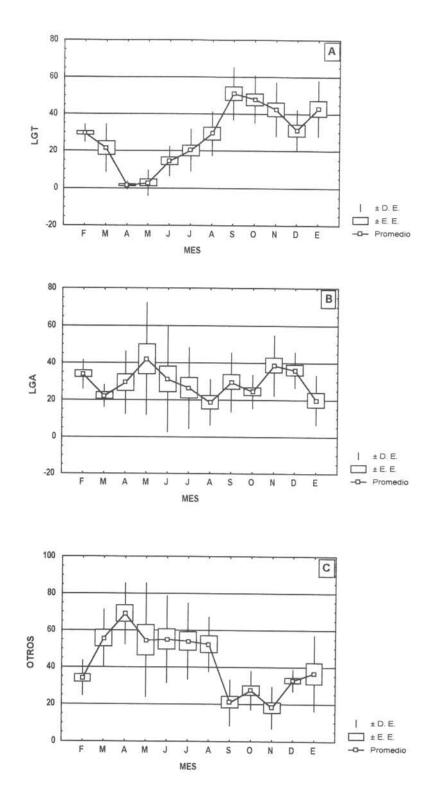


Fig. 44: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. (A): Línea germinal temprana; (B): Línea germinal avanzada; (C): Otros tejidos. *Gari solida*, Ancud. Febrero '98 – Enero '99.

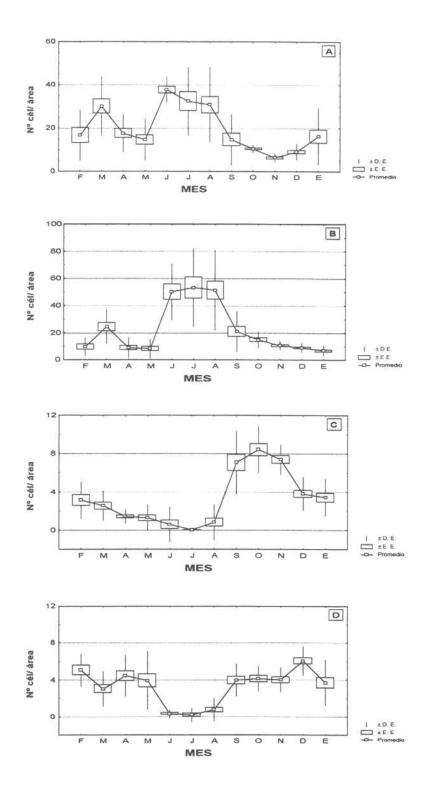


Fig. 45: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. (A): Gonias; (B): Ovocitos previtelogénicos; (C): Ovocitos vitelogénicos adheridos; (D): Ovocitos vitelogénicos libres. Gari solida. Ancud. Febrero '98 – Enero '99.

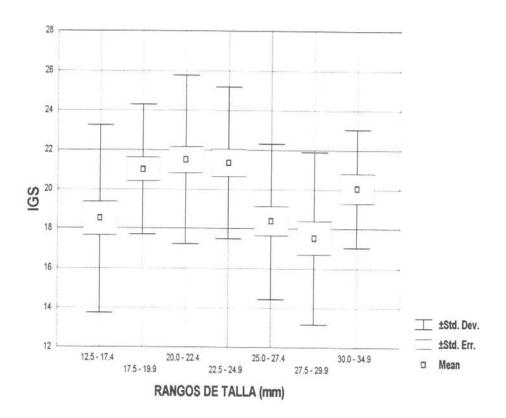


Fig. 46: Indice gonadosomático (IGS) (promedio, error y desviación estándar) por rango de talla. *Tawera gayi*, Quemchi . Febrero '98 – Enero '99.

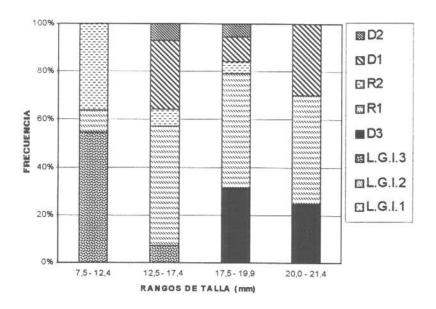


Fig. 47: Estados de madurez sexual en machos. Tawera gayi. Quemchi.

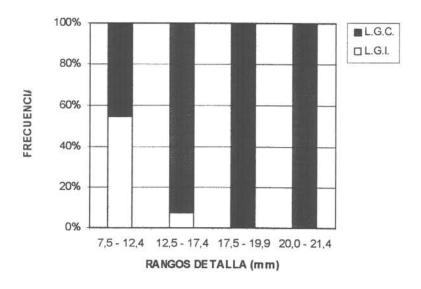


Fig. 48: Talla de primera madurez sexual en machos. Tawera gayi. Quemchi.

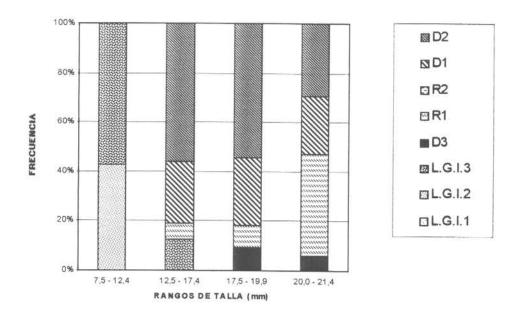


Fig. 49: Estados de madurez sexual en hembras. Tawera Gayi. Quemchi.

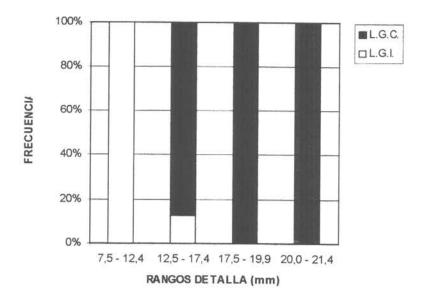


Fig. 50: Talla de primera madurez sexual en hembras. Tawera gayi.

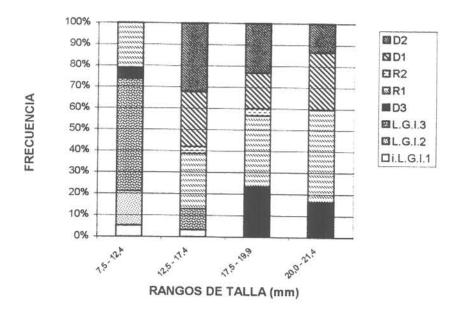


Fig. 51: Estados de madurez sexual poblacional. Tawera gayi. Quemchi.

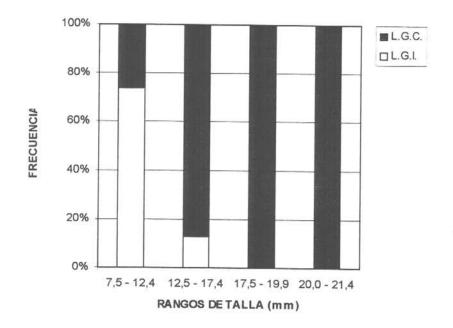


Fig. 52: Talla de primera madurez poblacional. Tawera gayi. Quemchi.

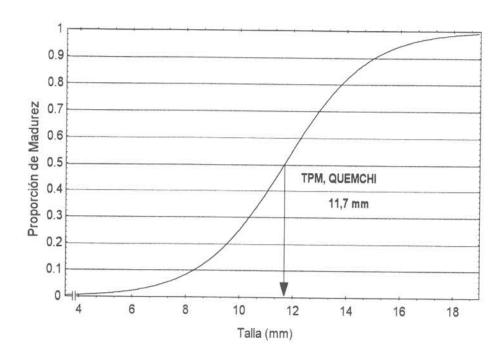


Fig. 53: Curva de madurez y talla de primera madurez (TPM). Tawera gayi, Quemchi.

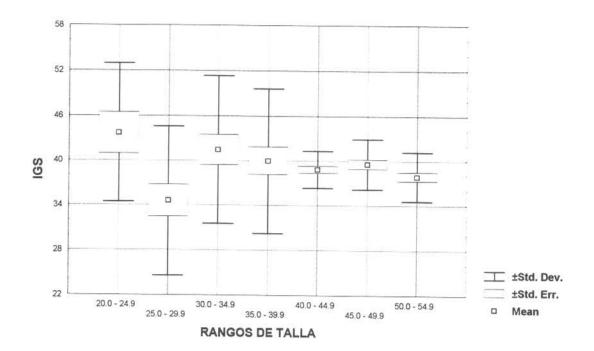


Fig. 54 : Indice gonadosomático (IGS) (promedio, error y desviación estándar) por rango de talla. *Gari solida*, Ancud.

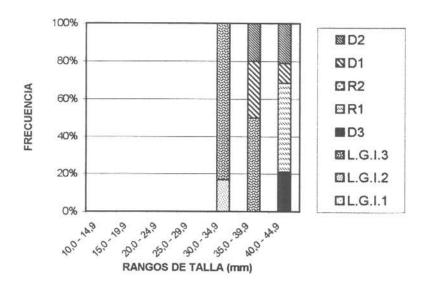


Fig. 55: Estados de madurez sexual en machos. Gari solida. Ancud.

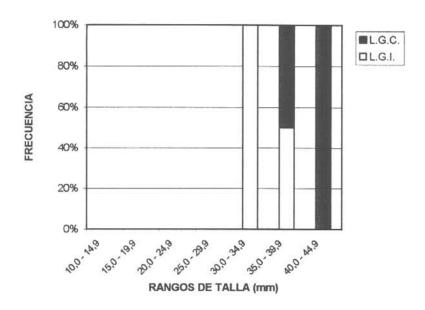


Fig. 56: Talla de primera madurez sexual en machos. Gari solida. Ancud.

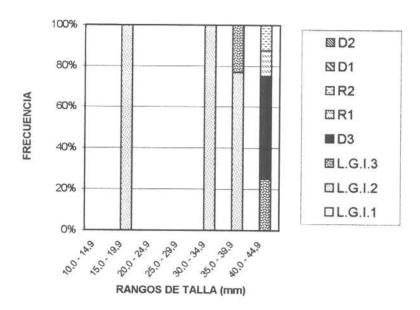


Fig. 57: Estados de madurez sexual en hembras. Gari solida. Ancud.

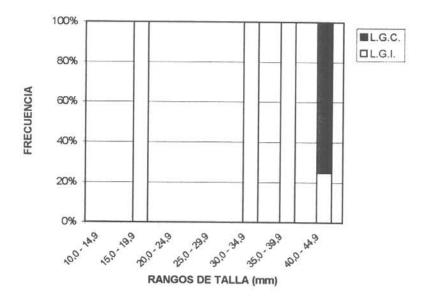


Fig. 58: Talla de primera madurez sexual en hembras. . Gari solida. Ancud.

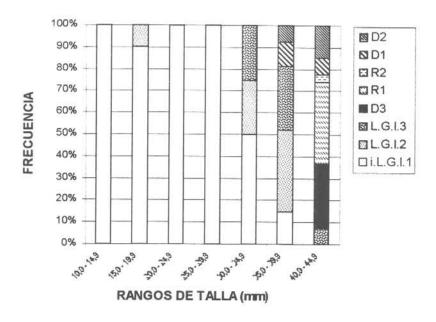


Fig. 59: Estados de madurez sexual poblacional. Gari solida. Ancud.

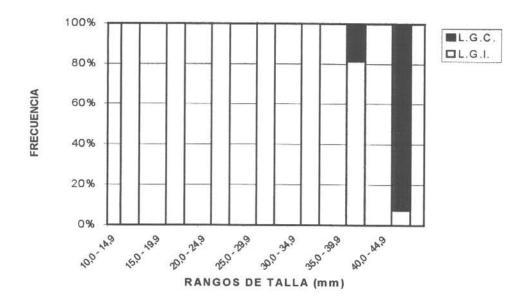


Fig. 60: Talla de primera madurez sexual poblacional. Gari solida. Ancud.

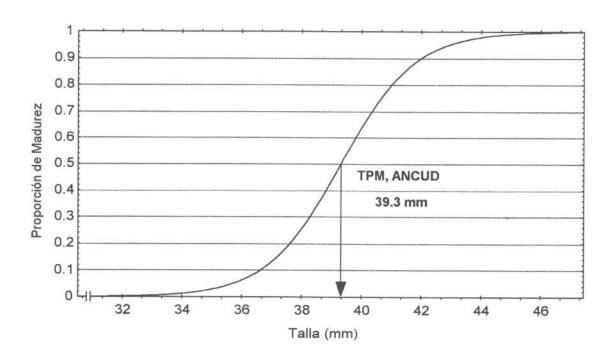
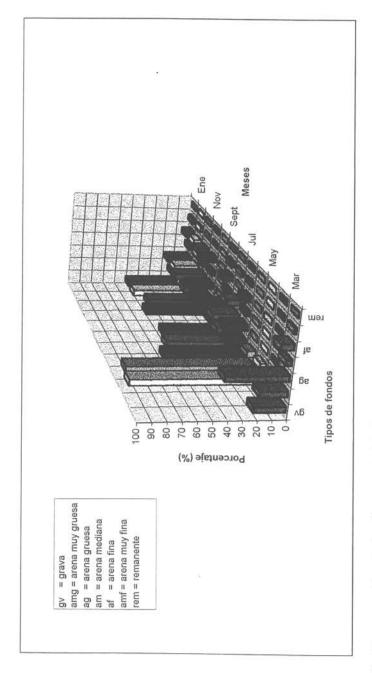
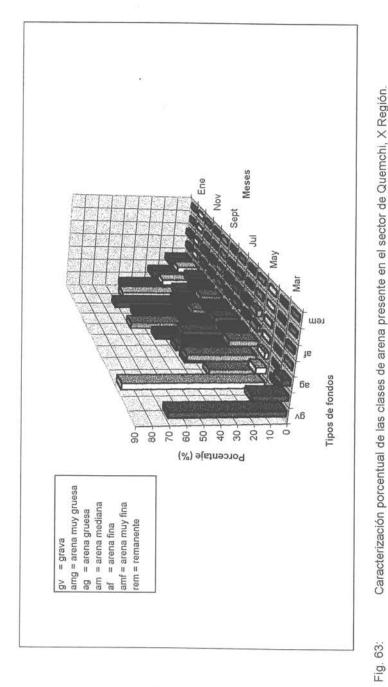


Fig. 61. Curva de madurez y talla de primera madurez (TPM). Gari solida, Ancud.



Caracterización porcentual de las clases de arena presente en el sector de Carelmapu, X Región. Marzo 1998 - Febrero 1999. Fig. 62:



Caracterización porcentual de las clases de arena presente en el sector de Quemchi, X Región. Marzo 1998 - Febrero 1999.

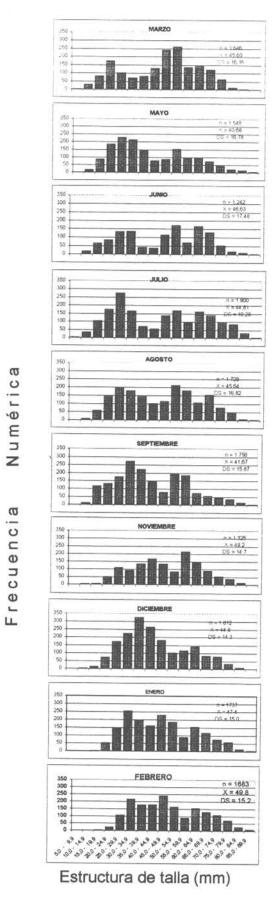


Fig. 64: Estructura de talla poblacional del recurso Culengue. Los Corrales, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.

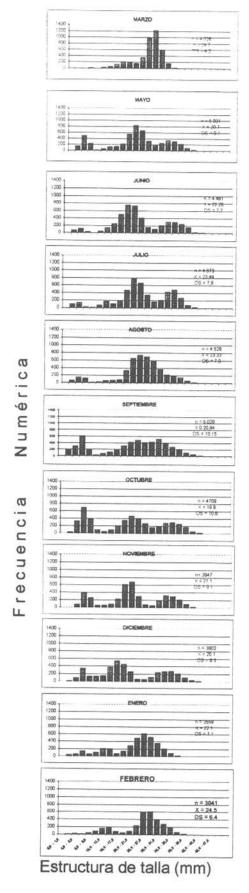


Fig. 65: Estructura de talla poblacional del recurso Tawera. Punta Queler, Quemchi, X Región. Marzo 1998 – Febrero 1999.

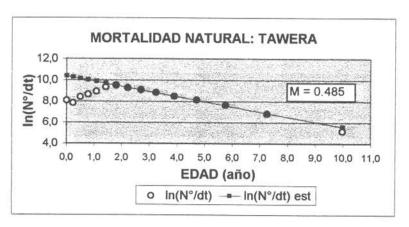
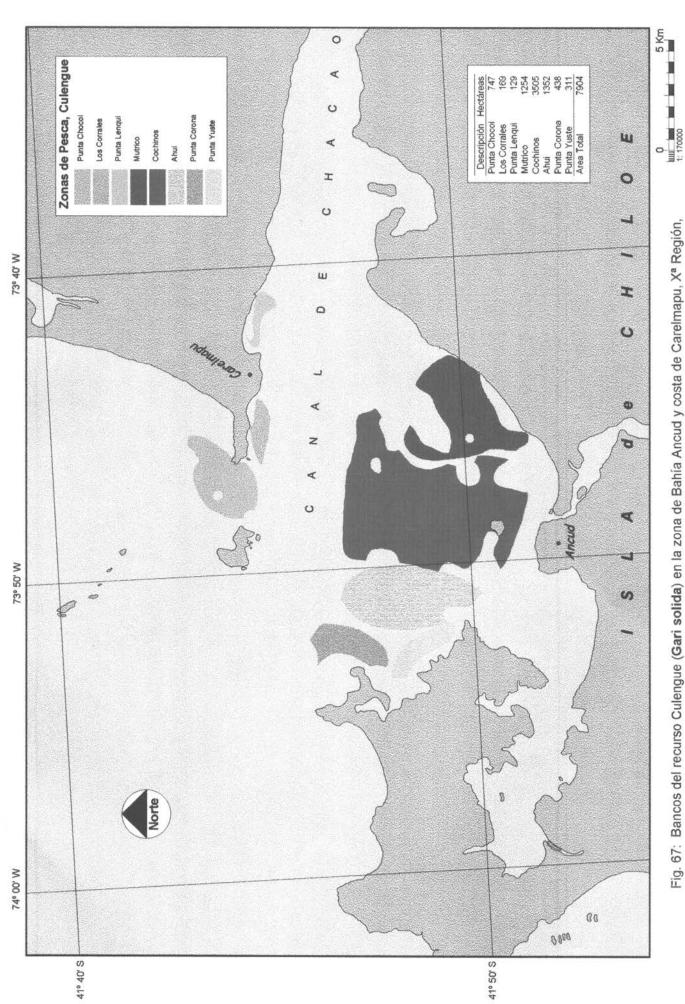


Fig.66: Estimación de la tasa de mortalidad natural para Tawera a partir de los datos de tallas poblacionales y la edad correspondiente, mediante la aplicación del met4 = Pauly (1983). Para el período marzo, 1998 - abril, 1999. X Región Datos blancos=valores observados; Datos negros = valores estimados



Bancos del recurso Culengue (Gari solida) en la zona de Bahía Ancud y costa de Carelmapu, Xª Región, susceptibles de ser sometidos a una estrategia de rotación por áreas de cosecha. Fig. 67:

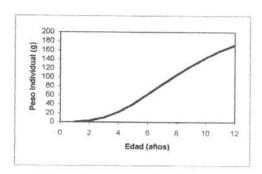


FIG.68a. Curva de crecimiento Individual en peso (g) del culengue culengue de la bahía de Ancud (X Región)

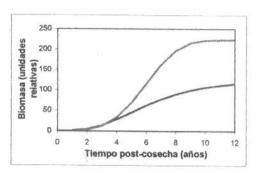
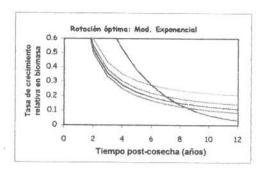


FIG.68C. Curvas de biomasa (en unidades relativas arbitrarias) acumulada tras una cosecha total (tiempo en años). Modelo exponencial (azul) y con la distribución de Weibuil (rojo)



(ver significado en el texto). Cada curva corresponde a una tasa de interés en el rango 0 (la inferior) a 20% (la superior). La función que cruza a esta familia de curvas corresponde a la tasa de crecimiento relativa de la biomasa de la población,  $\frac{\Delta W(T)}{W(T)}/W(T)$  A cada tasa de interés el tiempo de rotación óptimo corresponde al punto en que esta curva cruza a la función respectiva. En este caso, si se ignora la tasa de descuento, el tiempo de rotación óptima es aproximadamente 8 años.

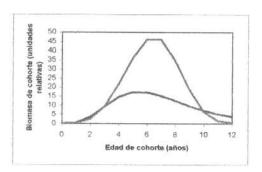


FIG.68b. Curvas de biomasa (en unidades relativas arbitrarias) correspondientes a dos modelos de supervivencia: el modelo exponencial (azul) y la distribución de Weibull (rojo)

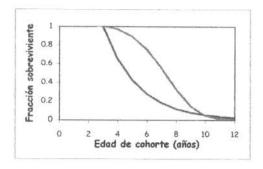


FIG.68d. Curvas de supervivencia ajustadas con el modelo exponencial (azul) y con la distribución de Weibull (rojo)

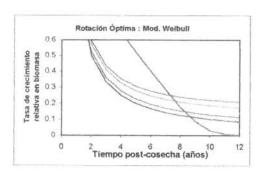


FIG.68f. Análisis gráfico del tiempo de rotación óptima utilizando la distribución de Weibull como modelo de supervivencia Las curvas paralelas representan la función

(ver significado en el texto). Cada curva corresponde a una tasa de interés en el rango 0 (la inferior) a 20% (la superior). La función que cruza a esta familia de curvas corresponde a la tasa de crecimiento relativa de la biomasa de la población,  $\Delta W(T)/(W(T))$  A cada tasa de interés el tiempo de rotación óptimo corresponde al punto en que esta curva cruza a la función respectiva. En este caso, si se ignora la tasa de descuento, el tiempo de rotación óptima es aproximadamente 8 años.

## TABLAS

Tab. 1: Calendarización de muestreos efectuados en el período Febrero 1998 - Abril 1999.

Fecha		Recurso	Tipo de muestreo
Febrero	'98	Tawera	Reproductivo
Febrero	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional
Marzo		Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento, Marcaje
Marzo	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Abril		Tawera	Reproductivo
Abril	'98	Culengue	Reproductivo, Marcaje
Mayo	'98	Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Mayo	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Junio	'98	Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Junio	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Julio	'98	Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento, Recaptura
Julio	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Agosto	'98	Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Agosto	'98	Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento, Recaptura
Septiembre		Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Septiembre		Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Octubre	'98	Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Octubre		Culengue	Reproductivo
Noviembre		Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Noviembre		Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Diciembre		Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Diciembre		Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento
Enero		Tawera	Reproductivo, Poblacional, Sedimento, Recaptura
Enero		Culengue	Reproductivo, Poblacional, Sedimento, Recaptura
Febrero	100000	Tawera	Poblacional, Sedimento, Recaptura
Febrero		Culengue	Poblacional, Sedimento, Recaptura
Abril		Tawera	Recaptura
Abril	'99	Culengue	Recaptura

Fuente: IFOP

Tab. 2: Tamaño de muestra de longitud

K	riesgo	α	= 0,05
Clase	error d		
Tallas	0,05	0,075	0,1
2	380	166	92
3	568	249	138
4	618	272	150
5	657	289	160
6	690	303	168
7	717	315	174
8	741	325	180
9	762	335	185
10	781	343	190
11	798	350	194
12	813	357	198
13	828	363	201
14	841	369	204
15	853	375	207
24	891	393	271

Tab. 3:

Número de muestras de tawera y culengue analizadas por mes para estudio de edad

Tawera	L					1	5							
	L	1		-		2	1888						19	1999
	П	L	Σ	∢	Σ	7	7	A	တ	0	0	۵	ш	ш
N° de muestras analizadas	3	or .	315	( <b>16</b> )	408	408 430	148	145	145 156	161	151	161 151 154	132	162
Culengue														
	ш	ட	Σ	⋖	Σ	٦	2	⋖	0 0	0	z	۵	ш	ш
N° de muestras analizadas	E.	277	277 348	3	378 145 152 143	145	152	143	144	i	131	131 134 134	134	

Tab. 4: Clave edad - talla (en número) para tawera, banco de la isla Caucahue, Marzo 1998 a Febrero 1999

TALLA	TALLAS (mm)	FREC.					EDAD					
			0	+	2	3	4	5	9	7	8	6
10,00	11,99	147	147									
12,00	13,99	170	169	<del>-</del>								
14,00 -	15,99	172	145	27								
16,00	17,99	170	76	73								
18,00	19,99	167	65	92	10							
20,00	21,99	168	34	106	28							
22,00 -	23,99	172	23	79	51	14	5					
24,00 -	25,99	173	9	44	90	25	7	-				
26,00	27,99	163	4	13	70	49	21	2	-			
28,00	29,99	171	٠	4	34	79	45	9	2			
30,00	31,99	173		2	13	62	68	25	e			
32,00 -	33,99	143				36	63	31	6	က	-	
34,00 -	35,99	143			-	13	47	51	26	3	2	
36,00 -	37,99	130			-	80	40	44	21	10	9	
38,00	39,99	69				-	11	17	18	1	o	2
40,00	41,99	27					er.	9	9	8	2	-
42,00	43,99	-										•
44,00	45,99	-									1	F Y
TOTAL		2360	691	441	298	287	308	186	98	35	24	4

Valores p, asociados a la clave edad talla y su distribución de longitudes

TALLAS (mm)	(mm) s					EDAD					
		0	-	2	3	4	5	9	7	8	6
10,00	11,99	0,06229									
12,00 -	13,99	0,07161	0,00042								
14,00 -	15,99	0,06144	0,01144								
16,00 -	17,99	0,04110	0,03093								
18,00 -	19,99	0,02754	0,03898	0,00424							
20,00 -	21,99	0,01441	0,04492	0,01186							
22,00 -	23,99	0,00975	0,03347	0,02161	0,00593	0,00212					
24,00 -	25,99	0,00254	0,01864	0,03814	0,01059	0,00297	0,00042				
26,00	27,99	0,00169	0,00551	0,02966	0,02076	0,00890	0,00212	0,00042			
28,00 -	29,99	0,00042	0,00169	0,01441	0,03347	0,01907	0,00254	0,00085			
30,00 -	31,99		0,00085	0,00551	0,02627	0,02881	0,01059	0,00127			
32,00 -	33,99				0,01525	0,02669	0,01314	0,00381	0,00127	0,00042	
34,00 -	35,99			0,00042	0,00551	0,01992	0,02161	0,01102	0,00127	0,00085	
36,00 -	37,99			0,00042	0,00339	0,01695	0,01864	0,00890	0,00424	0,00254	
38,00 -	39,99				0,00042	0,00466	0,00720	0,00763	0,00466	0,00381	0,0008
40,00	41,99					0,00042	0,00254	0,00254	0,00339	0,00212	0,00042
42,00 -	43,99									0,00042	
44,00 -	45,99										
TOTAL		0,29280	0,18686	0,12627	0,12161	0,13051	0,07881	0,03644	0,01483	0,01017	0,00127

Valores de varianza, V(p,).

TOTAL

Clave edad - talla (en número) para culengue, banco Los corrales, Febrero 1998 a Enero 1999 Tab. 5:

I ALLAS (mm)	FREC					1			3		ED	EDAD									ı
		0	-	2	က	4	S	9	7	œ	o	10	=	12	13	14	15	16	17	18	19
	_	42																			
	_	84	***																		
	_	105	26																		
	_	41	71	6	-																
	_	7	86	38	2																
			52	81	19																
	_		9	65	56	15	=														
	_			39	52	51	18														
	_			-	7	41	67	32	4	*											
25,00 - 60	153				-	80	38	47	32	17	6	-									
						2	80	13	37	31	31	20	7	00	0						
						-		Ŋ	19	33	24	12	17	15	15	-	0				
									n	12	28	21	20	10	22	26	ı ıc	0	٠		
75,00 - 80	128									4	8	18	20	10	1 5	11	2 00	1 4	12		
	87									3	6	10	10	4	· ·	7	5 5		1 4		ী
	17												7		4	e.	! <b>-</b> -	m	2 4	+	
TOTAL	1983	279	242	233	138	121	133	86	95	101	109	82	76	58	62	55	38	30	31	-	1

Valores p, asociados a la clave edad talla y su distribución de longitudes

10,00 - 15 0,02 15,00 - 20 0,04 20,00 - 25 0,05 25,00 - 30 0,02 30,00 - 35 0 35,00 - 40 40,00 - 45									FUAD	ב										
25 25 33 33 45 50		-	2	m	4	2	9	7	80	o	0	Ξ	12	13	14	15	16	17	18	19
20 25 30 40 50 50	0,02																		2	2
25 30 35 40 50 50		0																		
30 30 50 50 50 50 50 50 50		0,01																		
35 45 50		0,04		0																
		0,04	0.02	0																
		0,03		0.01																
		0		0.03	0.01	0														
				0.03	0.03	0.01	0													
				0	0.02	0.03	0.02	0	0											
				0	0	0.02		0.02	0.01	0	0									
					0	0		0.02	0.02	0.02	0.01	0	0	0						
					0	0		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0 0 1	001	0 01	C				
								0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0 0 1	0.01	0	0	C		
									0	0	0.01	001	000	0.01	0.0	001	001	000		
									0	0	0.01	0.01	0	. 0	20	0,0	000	0,0		5F.04
												0	0	0	1	0	0	0	5E-04	1
TOTAL 0	0,14	0,12	0,12 (	70,0	90'0	0,07	0,05	0,05	0,05 0,05 0,05		0.04	0.04	0.03		0.03	L	0.02	0 02		5F-04

Valores de varianza, V(pr).

		C	C	C	C	C	c	c	C	c	c	C	c		0	,	,	,	100
--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	-----

Tab. 6: Valores de los parámeros de crecimiento de tawera y culengue, intervalos de confianza y medida de ajuste de la relación.

Iawera						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error	z	72
F.	40,57 0,286859	39,57 0,265539	41,57	0,508352 0,010875	5054	0,77
t <sub>0</sub>	-1,082412	-1,183875	-0,980949	0,051755		
Culengue						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error		7
				Estándar		
Linf	81,70	80,96	82,44	0,377375	10829	06.0
×	0,148851	0,144957	0,152744	0,001986		
t <sub>o</sub>	-1,632756	-1,692743	-1,572768	0,030603		

Longitudes antero posterior promedio estimada por edad y valores de interés asociados de tawera, banco de la Isla Caucahue, Marzo 1998 a Febrero 1999 Tab. 7:

(mm) 1 18,22 2 23,88 3 28,00	estimada (mm)			1	Lab Coll	1	מט מטמ
3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	nm)		estimada	estimada	ec. Von Bert	Increm Ahs	Increm Rel
32 -			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
3 2	8,22	1670	13.08	29.46	18.25	()	(0/)
3 28	3,88	1228	16.47	35.19	23.81	5 57	30 51
	3,00	931	19.46	38 23	27.99	0,0	17,00
4 30	86'0	644	21 45	39.64	2, 7, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7,	2, 4	20,71
5 33	3.45	336	23.73	40,00	2	- 0	17,11
900	1	0 6	2,00	40,0	02,40	2,35	95'/
ווי	0,10	061	75,89	40,87	35,25	1,77	5,28
36	5,83	63	31,33	42,09	36.58	133	3.76
8 38	3,15	28	33,38	41.86	37,57	1 00	2,72
98 38	3,83	4	37,47	40.51	38.32	0.75	1 00

Longitudes antero posterior promedio estimada por edad y valores de interés asociados de culengue, banco Los Corrales, Febrero 1998 a Enero 1999 Tab. 8:

Tab. 9: Tamaños de muestras marcadas y recapturadas de Tawera durante el período de estudio en la X Región. En gris número de individuos marcados y repuestos

PERÍODO	MARCAJE 1	%	MARCAJE 2	%	MARCAJE 3	%
MARZO '98	2438	100,0%				
JULIO '98	1707	70,0%	1327	100,0%		
ENERO '99	1042	42,7%	968	39,7%	658	100,0%
ABRIL '99	501	20,5%	578	23,7%	190	28,9%

Tab. 10: Tamaños de muestras marcadas y recapturadas de Culengue durante el período de estudio en la X Región. En gris número de individuos marcados y repuestos

PERÍODO	MARCAJE 1	%	MARCAJE 2	%	MARCAJE 3	%
MARZO '98	2380	100,0%				
AGOSTO '98	460	19,3%	1809	100,0%		
ENERO '99	224	9,4%	653	36,1%	1505	100,0%
ABRIL '99	63	2,6%	108	6,0%	209	13,9%

Tab. 11: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Marzo - Julio 1998.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
14	4	0,97	0,3421	0,117	0,335
15	2	0,73	0,0000	0,000	0,000
16	29	1,21	0,7200	0,518	0,262
17	61	1,02	0,7087	0,502	0,178
18	50	1,05	0,5543	0,307	0,154
19	57	0,99	0,6396	0,409	0,166
20	64	1,07	0,7299	0,533	0,179
21	34	0,84	0,5531	0,306	0,186
22	19	0,57	0,3801	0,144	0,171
23	26	0,45	0,3113	0,097	0,120
24	20	0,58	0,6994	0,489	0,307
25	35	0,26	0,2146	0,046	0,071
26	61	0,23	0,5776	0,334	0,145
27	79	0,18	0,2426	0,059	0,053
28	65	0,14	0,2302	0,053	0,056
29	52	0,19	0,2899	0,084	0,079
30	80	0,22	0,2792	0,078	0,061
31	40	0,25	0,3074	0,095	0,095
32	3	0,24	0,2419	0,059	0,274
33	3	0,00	3 <del>4</del> .	120	, <del>5</del> ;
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
782	0,55	0,63	0,39	114,5%	0,044

Tab. 12: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Julio 1998 - Enero 1999.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
10	5	5,81	1,2044	1,451	1,05
11	23	6,41	1,7007	2,892	0,69
12	29	5,93	1,6404	2,691	0,59
13	59	5,05	1,8160	3,298	0,46
14	40	4,46	1,6768	2,812	0,52
15	25	3,28	1,5764	2,485	0,61
16	48	3,38	1,8167	3,301	0,51
17	89	2,44	1,5083	2,275	0,31
18	73	2,23	1,3293	1,767	0,30
19	87	1,96	1,2093	1,462	0,25
20	94	1,84	1,2615	1,591	0,25
21	61	1,37	0,9641	0,930	0,242
22	86	1,10	0,9274	0,860	0,196
23	116	0,82	0,9882	0,977	0,180
24	122	0,55	0,6520	0,425	0,116
25	129	0,62	0,7384	0,545	0,127
26	117	0,60	0,6794	0,462	0,123
27	71	0,47	0,5545	0,307	0,129
28	72	0,53	0,4770	0,228	0,110
29	44	0,63	0,6626	0,439	0,196
30	36	0,59	1,3621	1,855	0,445
31	27	0,38	0,2902	0,084	0,109
32	26	0,58	0,8408	0,707	0,323
33	15	0,36	0,2925	0,086	0,148
34	4	0,51	0,5319	0,283	0,521
35	4	0,51	0,5319	0,283	0,521
36	3	0,43	0,2829	0,080	0,320
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
1505	1,62	1,85	3,44	114,4%	0,094

Tab. 13: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Enero - Abril 1999

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
10	1	1,84	ie.	-	-
11	1	1,84	7000	-	-
12	5	3,00	1,1331	1,284	0,993
13	8	2,72	1,4857	2,207	1,030
14	10	3,49	1,5689	2,461	0,972
15	25	2,71	1,5247	2,325	0,598
16	28	2,43	1,5916	2,533	0,590
17	37	1,71	1,9634	3,855	0,633
18	30	1,86	1,9226	3,696	0,688
19	21	1,37	1,6728	2,798	0,715
20	28	0,90	0,9678	0,937	0,358
21	15	0,37	0,5904	0,349	0,299
22	15	0,37	0,4041	0,163	0,205
23	15	0,20	0,2754	0,076	0,139
24	27	0,22	0,3779	0,143	0,143
25	22	0,18	0,4968	0,247	0,208
26	12	0,05	0,1192	0,014	0,067
27	8	0,46	0,4329	0,187	0,300
28	2	0,61	0,4329	0,187	0,600
29	6	0,46	0,2561	0,066	0,205
30	1	0,61	-	8	-
31	1	0,31	<u> </u>	2	-
32	3	0,31	0,0000	0,000	0,000
33	3	0,31	0,0000	0,000	0,000
34	1	0,61	=	-	-
35	3	0,51	0,1767	0,031	0,200
36	1	0,61	=	##.CX-7+4A.	-
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
329	1,28	1,60	2,56	124,8%	0,173

Tab. 14: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en culengue. Los Corrales, X Región. Marzo - Agosto 1998.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
16	8	1,45	0,7429	0,552	0,515
20	18	1,68	0,8761	0,768	0,405
24	30	2,13	1,6803	2,823	0,60
28	32	1,31	0,6867	0,472	0,238
32	35	2,09	0,8705	0,758	0,288
36	49	2,06	0,9027	0,815	0,25
40	38	1,89	1,1594	1,344	0,369
44	30	1,52	1,0243	1,049	0,367
48	34	1,64	0,9286	0,862	0,312
52	12	2,02	1,3582	1,845	0,768
56	13	1,62	0,4877	0,238	0,26
60	28	0,83	0,6761	0,457	0,250
64	32	0,79	0,9015	0,813	0,312
68	19	0,67	0,7417	0,550	0,333
72	11	0,88	0,7280	0,530	0,430
76	3	0,73	0,4839	0,234	0,548
nº Total	Media Total	Std total (mm)	Var Total	CV %	EE95% Total
392	1,54	1,068	1,140	69,3%	0,106

Tab.15: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en culengue: Los Corrales, X Región. Agosto 1998 - Enero 1999.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
12	7	23,37	3,9655	15,725	2,938
16	22	21,36	4,1590	17,297	1,738
20	18	21,57	5,1753	26,784	2,391
24	50	20,00	6,8191	46,500	1,890
28	117	19,89	5,3066	28,160	0,962
32	137	19,23	5,3507	28,630	0,896
36	119	16,70	5,9946	35,936	1,077
40	42	15,26	4,5973	21,135	1,390
44	47	12,78	4,9976	24,976	1,429
48	60	12,89	3,5414	12,541	0,896
52	55	12,39	4,6318	21,454	1,224
56	34	11,40	5,1183	26,197	1,720
60	43	7,97	3,8607	14,905	1,154
64	47	5,00	3,3835	11,448	0,967
68	25	4,41	4,1174	16,953	1,614
72	15	2,50	1,3035	1,699	0,660
76	11	2,44	1,6680	2,782	0,986
80	2	1,96	0,7576	0,574	1,050
84	1	2,68	*	•	-
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
852	15,04	7,312	53,460	48,6%	1,010

Tab. 16: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en culengue. Los Corrales, X Región. Enero - Abril 1999.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
30	16	3,00	2,281	5,201	1,117
34	20	6,27	5,331	28,417	2,336
38	23	5,71	4,662	21,730	1,90
42	25	2,55	1,537	2,364	0,603
46	34	2,27	1,355	1,835	0,455
50	25	2,14	1,195	1,427	0,468
54	26	1,39	1,577	2,488	0,606
58	10	0,64	0,527	0,278	0,327
62	19	0,71	0,848	0,719	0,381
66	12	0,28	0,246	0,061	0,139
70	3	0,30	0,273	0,074	0,309
74	1	0,00	<u>=</u>	-	-
78	3	0,06	0,103	0,011	0,117
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
217	2,58	3,103	9,631	120,3%	0,413

Tab. 17: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los totales de incremento (mm) en Tawera. Quemchi, Chiloé, X Región. Marzo 1998 - Abril 1999.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
14	3	7,76	2,9095	8,465	3,292
15	3	5,41	2,3778	5,654	2,691
16	15	5,27	2,3605	5,572	1,195
17	45	5,02	3,1628	10,003	0.924
18	28	3,42	2,0392	4,158	0,755
19	36	3,45	2,3955	5,738	0,783
20	46	3,31	2,1037	4,426	0,608
21	27	2,32	1,4239	2,027	0,537
22	9	1,87	1,8960	3,595	1,239
23	6	3,16	3,0346	9,209	2,428
24	6	0,66	0,4904	0,241	0,392
25	8	0,99	0,8620	0,743	0,597
26	4	2,07	2,2128	4,896	2,169
27	6	0,15	0,2561	0,066	0,205
28	8	0,08	0,1417	0,020	0,098
29	5	0,73	0,7684	0,590	0,673
30	3	0,00	0,0000	0,000	0,000
31	2	0,15	0,2165	0,047	0,300
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
260	3,23	2,66	7,09	82,3%	0,324

Tab. 18: Valores de incremento (mm) por clase de talla y resumen de los valores totales de incremento (mm) en culengue. Los Corrales, X Región. Marzo 1998 - Enero 1999.

Clase (mm)	n	Media	STD	var	EE 95%
12	1	16,328	-	-	-
26	1	9,922	-	-	<del>-</del>
30	5	10,750	2,013	4,052	1,764
34	8	9,492	2,312	5,343	1,602
38	7	8,248	3,242	10,508	2,401
42	10	7,297	2,064	4,262	1,280
46	4	6,270	1,990	3,961	1,950
50	5	6,453	3,645	13,286	3,195
54	1	3,047	=	¥	-
58	4	4,707	0,639	0,408	0,626
62	6	2,760	0,651	0,424	0,521
66	3	1,719	1,333	1,776	1,508
70	5	0,656	0,408	0,167	0,358
nº Total	Media Total	Std total	Var Total	CV	EE95% Total
	(mm)	(mm)		%	
60	6,51	3,85	14,810	59,1%	0,974

Resumen de los estadísticos de la regresión lineal entre la longitud antero posterior y la longitud desde el umbo, coeficientes y límites de confianza para tawera y culengue. Tab. 19:

		Inferior 95% Superior 95%	1,486438202	Tolow action	Valor Critico de F	2,99	
WFRA		Inferior 95%	1,28127736			215966,269	
UMBO DE TA		Probab.	2,891E-135	Promedio de los cuadrados E	יסס הממוממס		
JD DESDE EL		Estadístico Probab. t	26,4544089 464,721712	Promedio de	2000000	159688,981 0,73941631	
RELACIÓN LONGITUD ANTERO POSTERIOR - LONGITUD DESDE EL UMBO DE TAWERA	Coeficientes y límites de confianza	Coeficientes Error Típico	1,38385778 0,05231105 26,4544089 2,891E-135 1,28127736 1,16983918 0,00251729 464,721712 0 1,16490285	Suma de cuadrados	150600 004	1743,54365 161432,525	0101
ONGITUD ANTER	Coeficientes y	512 955	,8598932 Intercepto 2360 Pendiente		_	2358 2359	
RELACIÓN L	ón	0,99458512 0,98919955	0,8598(	Grados de Libertad		88	
	e	Coef de corr. Múltiple Coef de det. R^2	Error tipico Observaciones	Análisis de Varianza	Regresión	Residuos TOTAL	

		Inferior 95% Superior 95%	3,491051601		Valor crítico de F	
ENIONE	ENGOE	Inferior 95%	0 3,15011434 0 1,27403739		LL.	340972,32
RELACIÓN LONGITUD ANTERO POSTERIOR - LONGITUD DESDE EL LIMBO DE CLIL ENGILE	SWEO DE COL		0,08692228 38,2017486 9,899E-240 3,15011434 0,00218919 583,928352 0 1,27403739		Promedio de los cuadrados F	
DESDE EL I		Estadístico Probab.	0,08692228 38,2017486 0,00218919 583,928352		Promedio de	738147,241 2,16483039
R - LONGITUE	nfianza	Error Típico	0,08692228			
O POSTERIOF	Coeficientes y límites de confianza	Coeficientes Error Típico	3,32058297 1,27833075		suma de cuadrados	738147,241 4288,529 742435,77
SITUD ANTER	Coeficientes		33626 Intercepto 1983 Pendiente	poton	מבוומה	
ACIÓN LONG		0,99710767 0,9942237	1,47133626 Intercepto 1983 Pendiente	Gradoe do Libertod	חמתהם תם דוו	1 1981 1982
REL	-	Coef de corr. Múltiple Coef de det. R^2	Error típico Observaciones	Análisis de Varianza		Residuos TOTAL

Datos estadísticos de interés para las relaciones peso - longitud por métodos no lineales para tawera y culengue 1998 Tab. 20.

Tawera		Int de confianza	nfianza		Int de confianza	onfianza			Meses con
	Ø	L inf.	Lsup.	Q	L inf.	Lsup.	$\mathbb{R}^2$	z	Muestreos
Trimestre									
<b>-</b>	0,0001780	0,0001451	0,0002108	3,1212234	3,0652040	3,1772427	0,9585	266	က
2	0,0000763	0,0000674	0,0000852	3,3874945	3,3541041	3,4208849	0,9731	1995	5 y 6
က	0,0000953	0,0000878	0,0001027	3,3158231	3,2933024	3,3383438	0,9755	3213	7,8 y 9
4	0,0001388	0,0001227	0,0001549	3,2165806	3,1837250	3,2494362	0,9650	3280	10, 11 y 12
Anual	0,0000963	0,000091	0,0001016	3,3176965	3,3020333	3,3333598	9026'0	9485	
Culengue		Int de confianza	nfianza		Int de confianza	onfianza			Meses con
	В	L inf.	Lsup.	p	L inf.	Lsup.	œ	z	Muestreos
Trimestre									
-	0,0000548	0,0000473	0,0000622	3,2754583	3,2429310	3,3080397	0,9890	986	m
2	0,0000327	0,0000295	0,0000359	3,4053998	3,3820509	3,4287486	0,9863	2192	5 y 6
က	0,0000325	0,0000296	0,0000355	3,4072934	3,3860913	3,4284955	0,9876	3084	7,8 y 9
4	0,0000031	0,0000839	0,0001022	3,1772172	3,1537862	3,2006483	9626'0	2405	11 y 12
Anual	0,0000494	0,0000466	0,0000522	3,312336	3,2990163	3,3256558	0,9824	8667	

Tab. 21: Pesos teóricos alcanzados a una talla definida según trimestre para tawera y culengue, 1998.

Tawera		Pe	esos Teóricos		
Longitud	1er Tri.	2do Tri.	3er Tri.	4to Tri.	Anual
5	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
10	0,24	0,19	0,20	0,23	0,20
15	0,83	0,74	0,76	0,84	0,77
20	2,05	1,95	1,96	2,12	2,00
25	4,11	4,15	4,11	4,35	4,18
30	7,26	7,70	7,53	7,83	7,66
35	11,74	12,97	12,55	12,85	12,77
40	17,81	20,39	19,55	19,75	19,90

Culengue		Pe	esos Teóricos		
Longitud	1er Tri.	2do Tri.	3er Tri.	4to Tri.	Anual
10	0,10	0,08	0,08	0,14	0,10
20	1,00	0,88	0,88	1,27	1,01
30	3,78	3,51	3,51	4,59	3,86
40	9,69	9,34	9,35	11,45	10,01
50	20,12	19,96	20,00	23,27	20,96
60	36,56	37,14	37,23	41,53	38,35
70	60,58	62,78	62,95	67,77	63,90
80	93,81	98,92	99,22	103,59	99,44
90	137,98	147,74	148,21	150,61	146,89

Tab. 22 : Indice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar por fecha de muestreo. **Tawera gayi**, Quemchi.

FECHA DE MUESTREO	NUMERO DE EJEMPLARES	IGS	
YAMBOTO U SHANKIYA WA WA TO HAMAN		PROMEDIO	D.E.
03/02/98	30	19,7	3,2
02/03/98	30	14,2	2,0
07/04/98	30	13,2	2,1
05/05/98	30	12,1	2,0
02/06/98	30	12,3	2,5
08/07/98	30	10,3	1,9
03/08/98	30	13,5	2,0
03/09/98	30	13,5	2,4
06/10/98	30	13,1	2,7
20/11/98	30	10,6	1,2
17/12/98	30	12,2	2,0
11/01/99	30	12,0	1,4

Medida del complejo gónada - glándula digestiva (masa visceral) y sus respectivos indices gonadosomáticos (promedio y desviación estándar). Tawera gayi, Quemchi. Tab. 23:

FECHA DE	100						Masa	Masa Visceral					
MUESTREO	z	Longitud	itud	Ancho	;ho	Alto	0	IGSL	31	HSSI	I	IGSA	A
		Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	DE	Promedio	DE
03/02/98	30	15,6	2,2	6,3	1,0	7,9	1,1	51,1	6,8	39,2	5,4	31.3	4.2
02/03/98	30	11,3	1,2	7,5	2'0	8,5	0,8	39,4	4.1	55,3	4.5	36.4	3.4
07/04/98													
05/05/98													
02/06/98	30	14,0	1,9	0'6	2'0	10,3	6'0	40.0	4.7	52,3	5.1	35.4	2.8
08/07/98													
03/08/98	30	15,5	1,8	10,0	6'0	11,0	1,1	44,1	4,2	58,4	4.2	37.5	2.9
03/09/98	30	16,3	2,1	6'6	1,5	11,4	1,9	45,0	6,2	54,3	7.4	37.6	6.1
06/10/98	30	15,7	1,9	9,5	1,3	10,7	1,5	44,9	5,2	54.7	6,6	36.9	4.2
20/11/98	30	19,3	1,3	9,4	1,2	10,2	1,4	6'09	2.0	50.2	6.2	32.1	
17/12/98													
11/01/99	30	14,3	2,2	9,2	1,8	7'6	1,5	41.6	9,9	56.1	11.3	35.4	9.6

Tab. 24: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Machos. Tawera gayi, Quemchi

MES		)1	D	2	D	3	R	1	R	2 T	
IVILO	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	TOTAL
F	1	10,0	2	20,0	3	30,0	4	40,0	- "	~	10
M			1	8,3	8	66,7	2	16,7	1	8,3	12
Α					3	37,5	5	62,5		0,0	8
M	2	13,4	8	53,3	5	33,3					15
J			8	53,3	4	56,7	3	20,0			15
J			1	8,3	10	83,4	1	8,3			12
Α			5	33,3	9	60,0	1	6,7			15
S	1	9,1	5	45,5	4	36,3	1	9,1			11
0			4	30,8	8	61,5	1	7,7			13
N	2	14,3	12	85,7				/,,,			14
D			2	20,0			7	70,0	1	10,0	10
E	5	33,3	10	66,7				. 0,0	-	10,0	15

Tab. 25: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Hembras. Tawera gayi, Quemchi.

MES		)1	D	2	0	3	F	21	R	2	400000000000000000000000000000000000000
IVILO	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	TOTAL
F	1	5,0	8	40,0	7	35,0	3	15,0	1	5,0	20
M			4	22,2	11	61,1	3	16,7		0,0	14
Α	2	9,5	5	23,8	8	38,1	6	28,6			21
M	1	6,7	10	66,7	2	13,3	2	13,3			15
J			4	26,7	9	60,0	2	13,3			15
J			7	41,2	4	23,6	3	17,6	3	17,6	17
A			9	60,0	4	26,7	2	13,3		11.10	15
S			18	94,7	1	5,3					19
0			16	94,1			1	5,9			17
N	1	6,7	13	86,7			1	6,6			15
D					7	36,8	7	36,8	5	26,4	19
E	3	20,0	12	80,0		30,0		50,00		20,4	15

Tab. 26: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales totales. Tawera gayi, Quemchi.

MES		)1	D	2	D	3	R	1	R	2	0.22-27-27-07
IAICO	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	TOTAL
F	2	6,7	10	33,3	10	33,3	7	23.4	1	3,3	30
M			5	16,7	19	63,3	5	16,7	1	3,3	30
Α	3	10,0	5	16,6	11	36,7	11	36,7			30
M	3	10,0	18	60,0	7	23,3	2	6,7			30
J			12	40,0	13	43,3	5	16,7			30
J			8	27,6	14	48,3	4	13,8	3	10,3	29
Α			14	46,7	13	43,3	3	10,0			30
S	1	3,3	23	76,7	5	16,7	1	3,3			30
0			20	66,7	8	26,7	2	6,6			30
N	3	10,3	25	86,3			1	3,4			29
D			2	6,9	7	24.1	14	48,3	6	20,7	29
E	8	26,7	22	73,3				10,0		20,7	30

Tab. 27: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedios por tipo celular. Machos. Tawera gayi, Quemchi.

MES		TIPO CELULAR		TOTAL
IVIES	LGT	LGA	OTROS	TOTAL '
F	24,3	38,3	46,3	10
M	8,5	56,6	30,9	12
A	6,8	45,1	48,6	8
M	32,7	39,9	26,5	15
J	15,5	48,2	36,8	15
J	3,1	77,0	19,1	12
A	12,6	59,1	31,2	15
S	28,8	43,5	25,6	11
0	32,0	55,5	19,0	13
N	62,8	8,5	23,8	14
D	18,8	16,7	64,1	10
E	60,2	15,7	22,5	15

<sup>\* :</sup> Corresponde al número de animales cuantificados.

Tab. 28: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. Tawera gayi, Quemchi.

MES		TIPO CEL	ULAR		TOTAL
MEG	GONIAS	OPV	OVA	OVL	TOTAL
E	21,2	14,4	6,4	7,0	20
M	9,7	9,6	5,1	10,0	18
Α	22,9	21,7	4,6	8,0	21
M	23,1	16,4	6,9	6,7	15
J	23,3	16,3	6,4	8,1	15
J	24,2	16,4	6,3	5,1	17
Α	25,0	11,6	9,3	5,0	15
S	25,7	15,8	10,8	3,8	19
0	23,1	14,1	9,7	5,4	17
N	22,9	24,7	10,1	5,1	15
D	16,7	7,6	4.1	7,2	19
E	21,2	11,0	11,5	4,9	17

<sup>\* :</sup> Corresponde al número de animales cuantificados.

Tab. 29 : Indice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar, por fecha de muestreo. **Gari solida**. Ancud

FECHA DE MUESTREO	NUMERO DE EJEMPLARES	IGS		
		PROMEDIO	D.E.	
02/02/98	30	28,3	3,0	
05/03/98	30	28,7	2,9	
06/04/98	30	28,4	2,9	
05/05/98	30	25,4	4,9	
02/06/98	30	22,5	3,4	
08/07/98	30	24,6	2,7	
04/08/98	30	23,6	4,0	
03/09/98	30	23,1	4,5	
06/10/98	30	25,8	2,5	
20/11/98	30	31,3	6,8	
16/12/98	30	26,1	3,9	
11/01/99	30	30,4	4,0	

Medida del complejo gónada - glándula digestiva (masa visceral) y sus respectivos índices gonadosomáticos. (promedio y desviación estándar). **Gari solida**. Ancud Tab. 30:

FECHA DE							Masa	Masa Visceral					
MUESTREO	z	Longitud	itud	And	Ancho	Alto	0,	ISSI	3.	IGSH	T.	IGSA	A
		Promedio	D.E.	Promedio	DE	Promedio	H C	Promodio	n C	Dromodio	טנ	Dromodio	L
80/00/00	30	25.2	23	410	0		i	200	ij	Olhaliloi		Lioinedio	D.E.
02/02/30	200	2,00	0,0	7,1	2,0	76,4	2,0	49,0	4,4	50,5	3,9	54.8	99
05/03/98	30	43,3	3,0	19,4	1,7	29.1	2.9	58.0	33	59.6	r.	52.1	200
06/04/98									25	2,5	2,0	75,1	0,0
05/05/98													
02/06/98	30	34,3	3,1	16.3	1.8	19.3	25	50.0	7	543	50	27.0	* *
08/07/98										2,1	0,0	2, 5	t. t.
04/08/98	30	33,9	3,5	16.5	1.6	18.6	2.3	502	4.6	57.1	7.0	8 98	4.4
03/09/98	30	36,6	3,7	16,8	2.1	19.8	22	50.4	5.7	513	2 4	30,00	-, -
06/10/98	30	37,0	3,3	17,5	1.3	25.2	27.2	55.0	23	2000	0,0	30,0	0, 0
20/11/98								2,5	0,0	2,50	0,	4,60	0,0
16/12/98													
11/01/99	30	41,5	3,3	20,1	2.2	23.5	3.3	54.6	3.4	603	8	42.0	5.0
								11.		2.00	0	12.0	7.0

Tab. 31: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Machos. **Gari solida**, Ancud.

Mes		01	I	02		03	F	21	F	2	Total
IVICS	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total
F			19	100,0							19
M			3	25,0			9	75,0			12
Α					1	7,1	12	85,8	1	7,1	14
M			3	21,4	5	35,7	6	42,9			14
J	3	17,6	6	35,3	6	35,3	2	11,8			17
J	2	13,3	7	46,7	2	13,3	4	26,7			15
Α	1	9,1	8	72,7			1	9,1	1	9,1	11
S			15	100,0							15
0			16	100,0							16
N			16	100,0							16
D			9	81,8	1	9,1	1	9,1			11
E	2	15,4	7	53,8			4	30,8			13

Tab. 32: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales. Hembras. **Gari solida**, Ancud.

Mes	[	01	- 1	02		03	F	21	F	2	Total
IVICS	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total
F			3	27,3	2	18,2	6	54,5			11
M					3	17,6	10	58,8	4	23,6	17
Α					2	12,5	10	62,5	4	25,0	16
M					3	18,8	8	50,0	5	31,2	16
J	13	100,0									13
J	8	53,3					1	6,7	6	40,0	15
Α	13	68,4	2	10,5			1	5,3	3	15,8	19
S	2	13,3	12	80,0					1	6,7	15
0			14	100,0							14
N			13	92,9	1	7,1					14
D					1	5,3	4	21	14	73,7	19
E					2	11,8	10	58,8	5	29,4	17

Tab. 33: Ciclo reproductivo en adultos. Frecuencia (%) de estados gonadales totales. Gari solida. Ancud

Mes		)1	[	02		)3	-	₹1	F	22	
5000500	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total
F			22	73,3	2	6.7	6	20.0		70	30
M			3	10,3	3	10.3	19	65,6	4	13.8	29
A					3	10.0	22	73,3	5	16.7	30
M			3	10,0	8	26.7	14	46,7	5	16,6	30
J	16	53,3	6	20,0	6	20.0	2	6,7		10,0	30
J	10	33,3	7	23,3	2	6,7	5	16,7	6	20.0	30
A	14	46,6	10	33,3			2	6,7	4	13.3	30
S	2	6,7	27	90,0				0,7	1	3.3	30
0			30	100,0						3,3	30
N			29	96,7	1	3,3					
D			10	33.3	5	16.7	15	50.0			30
E	2	6,7	7	23,3	2	6.7	14	50,0 46,7	5	16.6	30

Tab. 34: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Machos. Gari solida, Ancud.

MES		TIPO CELULA	R	TOTAL
IVICO	LGT	LGA	OTROS	TOTAL *
F	29,5	33,9	34,0	19
M	21,5	22,2	55,6	12
А	1,5	29,3	69,0	14
M	2,8	42,1	54,6	14
J	14,4	31,1	55,0	17
J	20,3	26,3	54,0	15
Α	29,2	18,7	52,4	11
S	51,1	29,6	20,8	15
0	47,9	24,6	27,5	16
N	42,4	38,7	18,1	16
D	31,2	36,1	32,8	11
E	43,0	20,0	36.8	12

<sup>\*.</sup> Corresponde al número de animales cuantificados.

Tab. 35: Ciclo reproductivo. Recuentos mensuales promedio por tipo celular. Hembras. Gari solida, Ancud.

MES		TIPO C	ELULAR		
IIICO	GONIAS	OPV	OVA	OVL	TOTAL .
F	16,7	9,6	3,2	5,1	11
M	30,1	24,5	2,6	3,0	17
Α	17,6	9,0	1,4	4,5	16
M	14,7	8,3	1,3	3,9	16
J	37,8	50,2	0,6	0,3	13
J	32,5	53,3	0,0	0,2	15
Α	30,9	51,4	0,8	0,8	19
S	14,7	20,9	7,1	4,0	15
0	10,5	14,9	8,4	4,1	14
N	6,3	10,6	7,4	4,0	14
D	9,1	8,9	3,8	6,1	19
E	16,3	6,8	3,4	3,7	17

<sup>\*:</sup> Corresponde al número de animales cuantificados.

Indice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar por rangos de talla. Tawera gayi. Quemchi.

SANGOS DE	NUMERO DE	165	10
TALLA (mm)	EJEMPLARES	PROMEDIO	D.E.
12,5 - 17,4	30	18,5	4,75
17,5 - 19,9	30	20,99	3,3
20,0 - 22,4	39	21,48	4,27
22,5-24,9	30	21,33	3,85
25,0-27,4	29	18,37	3,93
27,5-29,9	27	17,53	4,36
30.0 - 34.9	15	20.03	2.99

Madurez sexual. Variaciones de las frecuencias porcentuales de los ejemplares en los diferentes estados histológicos de la gónada, por rango de tala. Tawera gayi. Quemchi Tab. 37

RANGOS														EST	ESTADOS GONADALES	VADALES									
		NUME	NUMERO DE EJEMPLARES	IRES			Linea get	Linea germinal incompleta	publeta									Lines gen	Linea germinal completa	leta					
DE TALLA					il. G.1. 1		L.G.1. 2		1	L.G.I. 3		1	L.G.C. D1		1.5	L G.C. D2		1.0	L.G.C. D3		1.6	L.G.C.R1		L.G.	L.G.C. R2
		TOTAL	machos	hembras	TOTAL	machos	hembras	TOTAL	machos	hembras	TOTAL	machos h	hembres	TOTAL	machos he	hembras To	TOTAL m	machos he	hembres TC	TOTAL M	machos her	hembras TC	TOTAL mak	machos hembras	bras TOTAL
7 5 194	-	19,0	11.0	7,0	1,0	TO THE PERSON NAMED IN	3.0	3,0	0.8	4,0	10,0							1,0		1.0	4.0		4,0	-	-
	%	100,0	67.9	36,8	5,3		42,8	15,8	54.5	1,73	52,6			0'0			0.0	8,1		5,3	36,4	-	21,1	-	00
126.174	c	31,0	14.0	16.0	1,0				1,0	2,0	3,0	4.0	4.0	8,0	1,0	0.8	10,0				7,0	1.0	8,0	1,0	
	%	100.0	45,2	51,6	3,2			0,0	7.1	12,5	2'6	28.6	25.0	25,8	7.1	56,3	32.3			0.0	20'0	6.3	25,8 7	7.1	3.2
176.199		30,0	19.0	11.0	0'0							2.0	3,0	5,0	1,0	8,0	7.0	6,0	1.0	7.0	9.0	1.0	10,01	1.0	
	%	100,0	63,3	36,7	0'0			0,0			0,0	10,6	27,3	16,7	6,3	54,5	23,3	31,6	9,1	23,3	47.4	8,1 3	33,3 6	6.3	3,3
000.014		37,0	20.0	17,0	0,0		- 10					8,0	4,0	10,0		6,0	6.0	6,0	1,0	6,0	9,0	7,0 1	18.0		
6	%	1000	54.1	45.9	0.0			0.0			00	30.0	28.5	27.0		F 00	19.6	25.0	8.0	631	46.0		40.0	-	00

Indice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar por rangos de talia. Gari solida. Ancud

SANGOS DE	NUMERO DE	IGS	70
TALLA (mm)	EJEMPLARES	PROMEDIO	D.E.
20 - 24,9	11	43,68	9,26
25 - 29,9	22	34,57	9,97
30 - 34,9	23	41,42	9,88
35 - 39,9	27	39,92	9,71
40 - 44,9	26	38,78	2,5
	29	39,5	3,38
50 - 54,9	29	37.85	3.29

Madurez sexual. Variaciones de las frecuencias porcembales de los ejemplares en los diferentes estados histológicos de la gónada, por rango de talla. Gari solida. Ancud Tab. 39.

RANGOS		100	COLUMN TO THE COLUMN TO COLUMN THE COLUMN TH											EST	ESTADOS GONADALES	ADALES									
		NOW	NO DE EJEMPLAN	de s			Lines ge	Lines germinal incomplets	mplets								Line	Lines germinal complets	completa						
DE IALLA					1LG1.1		LG1. 2		1	LG1.3		T	GC.01		LG	GC D2		LGC D3	33		100.8			0000	
		TOTAL	machos	hembras	TOTAL	machos	hembras	TOTAL	machos	hambras	TOTAL	machos ha	hambras TO	TOTAL	machoe had	hambras TOTAL	Al		TOTAL	+		*****		200	
100-149	п	9,0	0'0	0'0	0'6			-			+		-	+	-		1	+		macnos	nemoras	2018	machos	nembras	
	%	100,0	0'0	0'0	100,0			0.0			0.0		-	00		00			0			00		Ī	
150-199	c	21,0	0'0	2,0	19,0		2,0	2,0							-			-	2			2		T	
	%	100,0	0'0	9,5	90.5		100,0	9,5			0.0			0.0		0.0		-	00			00	Ī	T	
20.0.24.9	c	11,0	0'0	0'0	11,0							-		-	-	-	-	-	2			2		Ì	- 1
2,1	%	100,0	0'0	0'0	100,0			0.0			00	-	-	00	+	00		-	0			00	T		11
25.0-29.9	u	22,0	0'0	0'0	22,0						-	-			-		-	-	2			2		1	3
0'04-0'04	%	100,0	0'0	0'0	100,0			0'0		T	0.0	H	1	0.0	+	00	1	-	C			0	T	Ì	
300-349	Е	20,0	6,0	4,0	10,0	1,0	4,0	5,0	5,0		5.0				H		-	1	2			200		T	2,
	%	100,0	30,0	20'02	90'09	16,7	100,0	25,0	83,3		25,0	-	1	0.0	0.0	0.0	-	-	00			00			C
350-399	c	27,0	10,0	13,0	4,0		10,01	10,01	5,0	3,0	H	3.0	(.)	-	2.0	20		-	2			2		t	-
	%	100,0	37,0	48,1	14,8		6'92	37,0	50,0	23.1	29.6	30.0	*	+	20.0	7.4			00			00			C
40.0 - 44.9	c	27,0	19,0	8,0	0'0					2,0	2,0	2,0		2,0	4.0	4.0	4.0	4.0	+	9.0	10	10.0	T	10	0 0
	%	100,0	70,4	29,6	0'0			0'0	1	25.0	7.4	10.5	-	7.4 2	21.1	148	21.1	50.0	1	47.4	12.5	37.0		12.5	27

Grava Arena muy gruesa		Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Arena mily grillesa	gv	21,94	s/m	94,84	92,52	29,60	52,45	49.47	s/m	52.01	45.64	52 52	51 92
5005 6 5000	amg	19,35	s/m	4,25	6,67	14,03	15,38	15,11	s/m	14 09	16 72	17.06	16 17
Arena gruesa	ag	43,81	s/m	0,12	0,25	17.10	19,79	22.50	s/m	19.49	25 15	20 30	
Arena mediana	am	4,16	m/s	0,04	0,25	2.78	10.45	3.24	s/m	2 80		2 10	
Arena fina	af	9,25	m/s	0,37	90.0	5.33	0.06	7 14	s/m	11 24	8 76	8,17	1 (0
Arena muy fina	amf	1,33		0.17	0.02	0.85	1.56	1.96	w/s	0.00	000	187	200
remanente	rem	0,16		0,21	0,23	0,32	0.31	0.57	s/m	0.36	0.35	0,01	0 12
												1210	5
Total		100%	s/m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

100% 100%

100%

100%

Caracterización porcentual de las clases de arenas presentes en el sector de Quemchi. Marzo 1998 - Febrero 1999. Tab. 41:

Abr         May         Jun         Jul         Ago         Sept         Oct         Nov         D           s/m         89,31         29,67         39,64         40,29         48,92         61,80         54,60         6           s/m         6,94         44,83         39,25         36,91         30,82         19,58         26,57         2           s/m         2,46         19,01         15,75         16,69         16,25         15,02         14,93         1           s/m         0,48         2,04         1,42         1,88         1,46         1,10         1,32           s/m         0,06         0,55         0,65         1,31         0,35         0,13         0,00           s/m         0,21         0,44         0,28         0,32         0,17         0,55         0,05									The second secon					
(gv)         gv         70,45         s/m         89,31         29,67         39,64         40,29         48,92         61,80         54,60         6           muy gruesa (arg)         ag         22,19         s/m         6,94         44,83         39,25         36,91         30,82         19,58         26,57         2           gruesa (ag)         ag         5,54         s/m         2,46         19,01         15,75         16,69         16,25         15,02         14,93         1           mediana (am)         am         0,44         s/m         0,48         2,04         1,42         1,88         1,46         1,10         1,32           fina (af)         af         0,9         s/m         0,54         3,45         3,01         2,58         2,02         2,12         2,37           muy fina (amf)         amf         0,2         s/m         0,06         0,55         0,65         1,31         0,35         0,13         0,00           ente (rem)         rem         0,21         0,44         0,28         0,73         0,77         0,75         0,73			Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Fne	Feb
muy gruesa (amg) amg         22,19         s/m         6,94         44,83         39,25         36,91         30,82         19,58         26,57         2           gruesa (ag)         ag         5,54         s/m         2,46         19,01         15,75         16,69         16,25         15,02         14,93         1           mediana (am)         am         0,44         s/m         0,48         2,04         1,42         1,88         1,46         1,10         1,32           fina (af)         af         0,9         s/m         0,54         3,45         3,01         2,58         2,02         2,12         2,37           muy fina (amf)         amf         0,2         s/m         0,06         0,55         0,65         1,31         0,00           ente (rem)         rem         0,21         0,21         0,44         0,28         0,32         0,17         0,25         0,22	Grava (gv)	λB	70,45	m/s		29,67	39,64	40.29	48.92	61.80	54.60	63.97	54 97	50 74
gruesa (ag)         ag         5,54         s/m         2,46         19,01         15,75         16,69         16,25         15,02         14,93         1           mediana (am)         am         0,44         s/m         0,48         2,04         1,42         1,88         1,46         1,10         1,32           fina (af)         af         0,9         s/m         0,54         3,45         3,01         2,58         2,02         2,12         2,37           muy fina (amf)         amf         0,2         s/m         0,06         0,55         0,65         1,31         0,35         0,13         0,00           ente (rem)         rem         0,28         s/m         0,21         0,44         0,28         0,32         0,17         0,25         0,22	nuy gruesa (a		22,19	s/m				36,91	30,82		26.57			29 13
mediana (am)         am         0,44         s/m         0,48         2,04         1,42         1,88         1,46         1,10         1,32           fina (af)         af         0,9         s/m         0,54         3,45         3,01         2,58         2,02         2,12         2,37           muy fina (amf)         amf         0,2         s/m         0,06         0,55         0,65         1,31         0,35         0,13         0,00           ente (rem)         rem         0,28         s/m         0,21         0,44         0,28         0,32         0,17         0,25         0,22	gruesa (a	ag		s/m	2,46		15,75			15,02	14.93			
fina (af) af 0,9 s/m 0,54 3,45 3,01 2,58 2,02 2,12 2,37 muy fina (amf) amf 0,2 s/m 0,06 0,55 0,65 1,31 0,35 0,13 0,00 ente (rem) rem 0,28 s/m 0,21 0,44 0,28 0,32 0,17 0,55 0,22		am	0,44	7.7	0,48		1,42	1.88	1.46	1.10	1.32	1.19	163	137
muy fina (amf) amf 0,2 s/m 0,06 0,55 0,65 1,31 0,35 0,13 0,00 ente (rem) rem 0.28 s/m 0.21 0.44 0.28 0.32 0.17 0.25 0.22	-	af	6'0	m/s	0,54	3,45	3,01		2.02	2.12	2.37	1.87	17	207
(rem) rem 0.28 s/m 0.21 0.44 0.28 0.32 0.17 0.25 0.22	muy fina (	amf	0,2	m/s	90'0	0,55	0,65	1,31	0,35	0.13	00.0	00.0	0 17	0.16
27.0	-	rem	0,28	m/s	0,21	0,44	0,28	0,32	0.17	0.25	0.22	0.32	0 22	0.07

100% 100% 100% 100%	100	100%	100%	100%	100%	s/m	100%		ia.
---------------------	-----	------	------	------	------	-----	------	--	-----

Tab. 42a : Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural y talla crítica del recurso Tawera (**Tawera gayi**), X Región.

Parámetro	Valor	Unidad	Concepto
Loo	40,6	mm	longitud asintótica
k	0,287	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-1,082	año	edad de talla cero
Lmax	36,9	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	7,3	año	longevidad
Lm50%	11,7	mm	talla primera madurez
tm50%	0,1	año	edad de primera madurez
b	3,318		pendiente promedio anual relación talla-peso

Tab. 42b: Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) y talla cítica (tc) para Tawera (Tawera gayi), X Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984), met3=Rikhter & Efanov (1976), met4=Pauly (1984).

Parámetro	met1	met2	met3	met4	Unidad
M	0,32	0,63	7,68	0,49	1/año
%M	27,4%	46,9%	100,0%	38,4%	%
tc	4,8	3,2	0,4	3,8	año
Lc	33,1	28,7	14,1	30,6	mm

Tab. 43: Valores usados para la estimación de la tasa de mortalidad natural para Tawera mediante el método de Pauly (1984) a partir de la estructura de talla poblacional anual del recurso en la X Región. En gris, valores usados especificamente en la aplicación de la regresión entre la fecuencia en número (lnN°/dt) y la edad (t).

Talla (mm)	Nt98-99	t(L1)	dt	t*(L1+L2)/2	In(N°/dt)	In(N°/dt) est
1,9	4	-0,92	0,18	-0,824069	3,073809	10,808066
3,9	618	-0,73	0,20	-0,634048	8,059467	10,715891
5,9	1546	-0,54	0,21	-0,433068	8,918720	10,618400
7,9	1840	-0,33	0,22	-0,219789	9,031595	10,514943
9,9	762	-0,11	0,23	0,007394	8,084805	10,404741
11,9	650	0,13	0,25	0,250422	7,856059	10,286854
13,9	1219	0,38	0,27	0,511670	8,409862	10,160128
15,9	1694	0,65	0,29	0,794094	8,657818	10,023130
17,9	2481	0,94	0,32	1,101432	8,951110	9,874047
19,9	4161	1,27	0,35	1,438509	9,371359	9,710538
21,9	5334	1,62	0,39	1,811702	9,512445	9,529510
23,9	4750	2,01	0,44	2,229691	9,276295	9,326753
25,9	4458	2,46	0,51	2,704714	9,076161	9,096330
27,9	4108	2,97	0,60	3,254834	8,835927	8,829478
29,9	3460	3,57	0,72	3,908335	8,475680	8,512479
31,9	3182	4,29	0,91	4,713279	8,158911	8,122018
33,9	2667	5,20	1,24	5,761717	7,676866	7,613444
35,9	1793	6,43	1,93	7,268146	6,832912	6,882708
37,9	838	8,37	4,71	9,979248	5,182204	5,567611
39,9	221	13,07	15	2	-	-1111

Tab. 44a : Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural y talla crítica del recurso Culengue (Gari solida), X Región

Parámetro	Valor	Unidad	Concepto
Loo	81,7	mm	longitud asintótica
k	0,149	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-1,633	año	edad de talla cero
Lmax	77,9	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	19,0	año	longevidad
Lm50%	39,3	mm	talla primera madurez
tm50%	2,8	año	edad de primera madurez
b	3,312		pendiente promedio anual relación talla-peso

Tab. 44b Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) y talla cítica (tc) para el Culengue (**Gari solida**), X Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984), met3=Rikhter & Efanov (1976).

Parámetro	met1	met2	mat3	Unidad
M	0,162	0,243	0,575	1/año
%M	15,0%	21,5%	43.7%	%
tc	9,4	7,5	4.2	año
Lc	65,9	60,6	47.2	mm

# ANEXO

SOLICITUD PESCA DE INVESTIGACION

**ANEXO SOLICITUD PESCA DE INVESTIGACION** 

### DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CHILE Sábado 23 de Mayo de 1998

Por resolución Nº 655, de 7 de mayo de 1998, de esta Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, autorízase al INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP), para efectuar una pesca de investigación de contormidad con los Términos Técnicos de Referencia del Proyecto denominado "Estudio Biológico Pesquero de los recursos Tawera (Tawera gayi) y Culengue (Gari solida) en la X Región", elaborado por el citado Instituto y aprobado por esta Subsecretaría, el cual se considera como parte integrante de la presente rosolución.

El objetivo principal de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza, consiste en recopilar información básica de crecimiento y edad, reproducción, reclutamiento y mortalidad natural de los recursos Tawera y Culengue y formular una metodología para un plan de rotación

de áreas de extracción de los mismos.

La pesca de investigación que se autoriza comprenderá un período de 13 meses contados desde la fecha de la presente resolución. Y estará dirigida a los recursos, Tawera gayi (Juliana) y Gari solida (Culengue). El tamaño de los ejemplares de Tawera gayi que se autoriza a extraer estará constituido por tallas entre 5 mm y 50 mm de altura valvar y de 10 mm a 110 mm de altura valvar en el caso del Gari solida.

Las operaciones de pesca respecto del recurso Tawera gayi se realizará en el banco localizado en Isla Cochinos, Bahía de Ancud, en la comuna del mismo nombre, X Región y respecto de la especie Gari solida en el banco localizado en Punta Chocoi, Bahía de Ancud, comuna de Maullín, X Región. En cada banco se autoriza la extracción de 2.000 ejemplares mensuales.

El Instituto designa como persona responsable do esta pesca de investigación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 102, del D.S. Nº 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, al Director Ejecutivo del Instituto de Fomento Posquero don Pablo Andrés Alvarez Tuza, R.U.T. Nº 6.419.642-1, domiciliado en calle Huito 374, Valparaíso.

Valparaíso, 7 de mayo de 1998.- Juan Manuel Cruz Sánchez, Subsecretario de Pesca. MINISTERIO DE ECONOMIA
FOMENTO Y RECONSTRUCCION
SUBSECRETARIA DE PESCA
3066A-98 (JMJ) pob-MOD JNV

MODIFICA RESOLUCION QUE INDICA

VALPARAISO, 09 JUL 1998

Nº 966

VISTO: Lo solicitado por el Instituto de Fomento Pesquero, en Oficio IFOP/DIR/98/231-SUBPESCA, de 8 de junio de 1998, y lo informado por el Departamento de Pesquerías de esta Subsecretaría en Memorándum Técnico (P.INV.) Nº 21, de fecha 19 de junio de 1998; la Resolución Nº 655, de 7 de mayo de 1988; lo dispuesto en el D.F.L. Nº 5, de 1983 y la Ley Nº 18.892 y sus modificaciones.

## CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Nº 655, de 1998, de esta Subsecretaria se autorizó al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) para realizar Pesca de Investigación, denominada "Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera (Tawera gayi) y Culengue (Gari solida) en la X Región".

#### RESUELVO:

1.-Modificase la Resolución Nº 655, de 7 de mayo de 1998, de esta Subsecretaria, que autorizó al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), R.U.T. Nº 61.310.000-8, domiciliado en calle Huito 374, Valparaíso, para efectuar una pesca de investigación de conformidad con los términos técnicos de referencia del proyecto denominado "Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera (Tawera gayí) y Culengue (Gari solida) en la X Región", en el sentido que se indica:

2 - El numeral 3° de la Resolución citada en Visto, se modifica en el sentido que la fecha de entrada en vigencia será la de la presente Resolución; asimismo se modifica el numeral 4° en la parte que se refiere al área de operaciones de pesca respecto del recurso Tawera gayi (Juliana), el que se reemplaza por el de Canal Caucahue, Estero Tubildad (42° 10' S; 73° 30' W).

3,- Transcribase copia de la presente Resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante Nacional.

# ANOTESE NOTIFIQUESE Y PUBLIQUESE EN EXTRACTO POR CUENTA DEL INTERESADO

(Firmado) JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ, SUBSECRETA RIO DE PESCA Lo que transcribo a Ud., para su conocidiento

onom Saluda atentamente a Ud.,

BERNABE VILAXA SULETA
Jefe Administrativo

 $S(I)^{-1} \cap M_{I}^{-1} \cap M_{I}^{-1}$