



# Universidad Austral de Chile

---

Instituto de Zoología "Ernst F. Kilian"

**Proyecto FIP N° 2006-51**

Estudio de reproducción y crecimiento del recurso taquilla (*Mulinia* sp.)  
en la VIII y X Región

**Informe Final**

**Octubre 2008**

### **Autores**

Eduardo Jaramillo	Jefe de Proyecto (Universidad Austral de Chile)
Heraldo Contreras	Crecimiento y análisis morfométricos (Universidad Austral de Chile)
Orlando Garrido	Embriología (Universidad Austral de Chile)
Carlos Gallardo	Taxonomía (Universidad Austral de Chile)
José Nuñez	Análisis genéticos (Universidad Austral de Chile)
Gabriel Jerez	Análisis de mortalidad y talla crítica (Consultor Independiente)

### **Colaboradores**

Genaro Alvial	Preparación de cortes histológicos (Universidad Austral de Chile)
Marcia González	Lecturas de anillos de crecimiento (Universidad Austral de Chile)
Cristian Duarte	Coordinación de muestreos VII y X Región (Universidad Austral de Chile)

## INDICE GENERAL

---

	<b>página</b>
RESUMEN EJECUTIVO	1
1. TITULO DEL PROYECTO: Estudio de reproducción y crecimiento Del recurso taquilla ( <i>Mulinia</i> sp.) en la VIII y X Región	5
2. ANTECEDENTES ENTREGADOS POR EL FIP	5
3. OBJETIVO GENERAL	7
4. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
5. METODOLOGIAS DE ANÁLISIS	8
5.1 Para Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla ( <i>Mulinia</i> sp) en las Regiones VIII y X (objetivo específico 4.1)	8
5.2 Para ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X (específico 4.2)	17
5.3 Para conocer el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X (objetivo específico 3)	19
5.4 Para determinar edad y crecimiento, relación longitud peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X (objetivo específico 4.4)	23
6. RESULTADOS	
6.1 Resultados en relación a objetivo específico 4.1 (Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla ( <i>Mulinia</i> sp) en las Regiones VIII y X)	32

6.2 Resultados en relación al objetivo específico 4.2 (Ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X)	62
6.3 Resultados en relación al objetivo específico 4.3 (Ciclo reproductivo talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X)	83
6.4 Resultados en relación a objetivo específico 4.4 (Determinar edad y crecimiento, relación longitud peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X)	100
7. DISCUSIÓN	123
8. CONCLUSIONES	128
9. REFERENCIAS	129

---

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	página
<b>Figura 1.</b> Mediciones realizadas en las conchas de <i>Mulinia</i> . Longitud de la valva (L); Altura de la valva (A); Profundidad del seno paleal (S); Distancia entre aductores (Da); Longitud mitad anterior (La); Foseta transversal (Ft); Foseta vertical (Fv); Espesor de las valvas (E).	9
<b>Figura 2.</b> Gráfico de dispersión de los dos primeros Componentes Principales (CP 1 y CP 2) para los especímenes de las cuatro poblaciones estudiadas de <i>Mulinia</i> en la costa de la VIII y X Región.	33
<b>Figura 3.</b> Relación entre longitud y altura de las valvas de especímenes de <i>Mulinia</i> de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestran las líneas de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define y su índice de determinación ( $R^2$ ). $P < 0.01$ .	34
<b>Figura 4.</b> Relación entre longitud de las valvas y distancia entre los músculos aductores de especímenes de <i>Mulinia</i> de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestran las líneas de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define y su índice de determinación ( $R^2$ ). $P < 0.01$ .	35
<b>Figura 5.</b> Relación entre altura y espesor relativo de las valvas de <i>Mulinia edulis</i> . Se muestra la línea de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define, y el valor del índice de determinación ( $R^2$ ). $P < 0.01$ .	36
<b>Figura 6.</b> Relación entre el tamaño de la foseta transversal y la foseta vertical de especímenes de <i>Mulinia</i> de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestra la línea de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define, y el valor del índice de determinación ( $R^2$ ). $P < 0.01$ .	37
<b>Figura 7.</b> Anatomía general de <i>Mulinia edulis</i> . Se ha extraído la valva y manto izquierdos. 01, músculo aductor anterior; 02, músculo retractor pedal anterior; 03, ctenidios; 04, músculo retractor pedal posterior; 05, músculo aductor posterior; 06, sifón exhalante; 07, sifón inhalante; 08, pie; 09, palpos labiales.	41
<b>Figura 8.</b> Anatomía interna de <i>Mulinia edulis</i> . 01, músculo aductor anterior; 02, músculos retractores pedales anteriores; 03, boca; 04, esófago; 05, estómago; 06, ventrículo; 07, pericardio; 08, aurícula; 09, músculos retractores pedales posteriores; 10, músculo aductor posterior; 11, recto; 12, sifón exhalante; 13, sifón inhalante; 14, saco del estilo; 15, estilo; 16, intestino; 17, pie; 18, gónada; 19, glándula digestiva.	42
<b>Figura 9.</b> Vista posterior de los sifones. 01, sifón exhalante; 02, tabique frontal; 03, sifón inhalante.	43
<b>Figura 10.</b> Corte transversal de los sifones, mostrando la zona de corte (A) y una vista del tabique frontal interior que los separa (B). A: 01, sifón exhalante; 02, sifón inhalante; 03, corte transversal. B: 01, sifón exhalante; 02, tabique frontal; 03, sifón inhalante.	44
<b>Figura 11.</b> Inserción del tubo digestivo en el sifón exhalante. 01, corte del sifón exhalante; 02, ano; 03, recto; 04, sifón exhalante.	45
<b>Figura 12.</b> Posición de los 10 hitos morfológicos ("landmarks") sobre las valvas de taquilla.	46
<b>Figura 13.</b> Dispersión de puntos (individuos) en los "relative warp" 1 y 2.	47
<b>Figura 14.</b> Dispersión de puntos (individuos) en los "relative warp" 2 y 3.	48
<b>Figura 15.</b> Electroforesis en gel de agarosa al 0,7%, donde se muestra como ejemplo ADN genómico aislado de individuos de <i>Mulinia</i> de la población de Quetalmahue. Carril 1: Estándar de tamaños moleculares Lambda/HindIII; Carril 2, 3 y 4: ADN genómico de <i>Mulinia</i> .	49
<b>Figura 16.</b> Electroforesis en gel de agarosa al 1% que señala la amplificación del fragmento de citocromo b en cuatro individuos (1-4) de <i>Mulinia</i> de la población de Yaldad.	50
<b>Figura 17.</b> Árbol de máxima verosimilitud obtenido del análisis de secuencias del citocromo b y que muestra las relaciones entre las poblaciones de <i>Mulinia</i> . CV=Cerro Verde, TB=Tubul, QM=Quetalmahue y YA=Yaldad.	51
<b>Figuras 18 a 25.</b> Microscopía Electrónica de Barrido. Espermatozoides de taquillas recolectados desde Tubul (18 y 22), Cerro Verde (19 y 23), Quetalmahue (20 y 24) y Yaldad (21 y 25).	57

<b>Figura 26.</b> Microscopía Electrónica de Transmisión: corte sagital de cabeza y flagelo de espermatozoide de taquilla recolectada en Tubul. A= acrosoma, C1= centriolo proximal, C2 = centriolo distal, ES= espacio sub-acrosómico, F= flagelo, M= mitocondria y N= núcleo. 38.000 X	58
<b>Figura 27.</b> Microscopía Electrónica de Transmisión: cortes sagitales de cabezas de espermatozoides de taquilla, provenientes de los cuatro bancos seleccionados. A= acrosoma, C1= centriolo proximal, C2= centriolo distal, ES= espacio sub-acrosómico, F= flagelo, M= mitocondria y N= núcleo. 38.000 X. Debido a los complejo de realizar este tipo de cortes, no es posible reconocer las mismas estructuras en todas las figuras.	59
<b>Figura 28.</b> Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de pieza media de espermatozoide de taquilla recolectada en Cerro Verde. C1= centriolo proximal, F= flagelo y M= mitocondria. 38.000 X	60
<b>Figura 29.</b> Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de región basal de acrosoma de espermatozoide de taquilla recolectada en Quetalmahue. A= acrosoma y ES= espacio sub-acrosómico 38.000 X.	60
<b>Figura 30.</b> Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de flagelos 92 + 2 microtúbulos de espermatozoide de taquilla recolectada en Yaldad. F = flagelos. 38.000 X	61
<b>Figura 31.</b> Ubicación de los bancos muestreados en la costa de la VII y X Región.	68
<b>Figura 32.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Cerro Verde (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).	72
<b>Figura 33.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Maule (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).	73
<b>Figura 34.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Tubul (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).	74
<b>Figura 35.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de LLico (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).	75
<b>Figura 36.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Ahui.	76
<b>Figura 37.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Quetalmahue (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).	77
<b>Figura 38.</b> Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Yaldad (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b)	78
<b>Figura 39.</b> Estructura de clases de talla de taquilla en los bancos de Cerro Verde, Maule, Tubul y LLico.	79
<b>Figura 40.</b> Estructura de clases de talla de taquilla en los bancos de Ahui, Quetalmahue y Yaldad.	80
<b>Figura 41.</b> Madurez inicial de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Op, ovocito previtelogénico; Ov, ovocito vitelogénico. 83X.	86
<b>Figura 42.</b> Madurez máxima de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Om, ovocito maduro. 83X.	86
<b>Figura 43.</b> Desove de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; G, ovogonia; L, lumen; Op, ovocito previtelogénico. 83X.	86
<b>Figura 44.</b> Regresión de hembras. C, tejido conectivo; D, tubo digestivo; F, folículo; G, ovogonia; M, músculo. 83X.	86
<b>Figura 45.</b> Madurez inicial de machos. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Pf, pared folicular. 83X.	87
<b>Figura 46.</b> Madurez máxima de machos. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Pf, pared folicular. 83X.	87
<b>Figura 47.</b> Emisión de machos. C, tejido conectivo; Cg, conducto genital; D, tubo digestivo; F, folículo; L, lumen; Pf, pared folicular; Flecha grande, emisión. 83X.	87
<b>Figura 48.</b> Regresión de machos. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen: Pf, pared folicular. 83X.	87
<b>Figura 49.</b> Ciclo reproductivo de hembras (H) y machos (M) de <i>Mulinia edulis</i> en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad.	88
<b>Figura 50.</b> Gónadas de hembras (A) y machos (B) atacadas por parásitos. F = folículos, O = ovocitos y P = parásitos. 160X.	91

<b>Figura 51.</b> Estimaciones de la talla de madurez de <i>Mulinia edulis</i> en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad	99
<b>Figura 52.</b> Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Cerro Verde.	102
<b>Figura 53.</b> Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Tubul.	103
<b>Figura 54.</b> Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco Quetalmahue.	104
<b>Figura 55.</b> Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco Yaldad.	105
<b>Figura 56.</b> Distribución de los anillos de crecimiento y ajuste de las curvas en los cuatro bancos estudiados	107
<b>Figura 57.</b> Relaciones longitud-peso de taquilla en los bancos de Cerro Verde y Tubul para otoño, invierno y primavera. Se presentan las ecuaciones de esas relaciones, valores de $r^2$ , P y el número de analizados individuos (n). W= peso en gramos y L= talla en milímetros.	108
<b>Figura 58.</b> Relaciones longitud-peso de taquilla en los bancos de Quetalmahue y Yaldad para otoño, invierno y primavera. Se presentan las ecuaciones de esas relaciones, valores de $r^2$ , P y el número de analizados individuos (n). W= peso en gramos y L= talla en milímetros.	109
<b>Figura 59.</b> Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para el recurso Taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones	111
<b>Figura 60.</b> Curvas de la relación morfométrica (talla-peso) del recurso Taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.	113
<b>Figura 61.</b> Curvas de la relación morfométrica (talla-peso) del recurso Taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones. El eje y representa la frecuencia relativa encontrada en cada grupo de edad en las muestras de talla poblacional.	115
<b>Figura 62.</b> Estimaciones de Edad Crítica en base a 2 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor), y M2 (Alagaraja) del recurso taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.	118
<b>Figura 63.</b> Estimaciones de Talla Crítica promedio (puntos) y sus respectivos intervalos de confianza (al 95%) (barras), en base a 5 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: Lc1 (Taylor), Lc2 (Alagaraja), Lc3 (Richter & Efanov), Lc4 (Beverton & Holt) y Lc5 (Brey & Cage) del recurso Taquilla ( <i>Mulinia</i> sp) un cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.	120
<b>Figura 64.</b> Estimaciones de talla Crítica en base a 2 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor), M2 (Alagaraja) del recurso taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) un cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.	121
<b>Figura 65.</b> Estimaciones de Tasa Instantánea de Mortalidad Natural promedio (puntos) y sus respectivos intervalos de confianza (al 95%) (barras), en base a 5 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor), M2 (Alagaraja), M3 (Richter & Efanov), M4 (Beverton & Holt) y M5 (Brey & Cage) del recurso taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) un cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.	123

<b>Tabla 1.</b> Variación total explicada en el Análisis de Componentes Principales.	32
<b>Tabla 2.</b> Matriz de coeficientes de cargas o “scores” de los cuatro primeros Componentes Principales.	33
<b>Tabla 3.</b> Resultados de los análisis de covarianza realizados para evaluar las diferencias entre las pendientes de cada población en la regresión respectiva.	38
<b>Tabla 4.</b> Comparación de estructuras morfológicas de la anatomía blanda de especímenes provenientes de los cuatro bancos prospectados. Se analizaron 10 especímenes de cada banco.	40
<b>Tabla 5.</b> Índices de diversidad molecular de las poblaciones de <i>Mulinia</i> . H: índice de diversidad haplotípica; $\pi$ : índice de diversidad nucleotídica; $\pi$ : número promedio de diferencias de bases entre las secuencias.	52
<b>Tabla 6.</b> Distribución, por presencia y número de los haplotipos de <i>Mulinia</i> por población.	53
<b>Tabla 7.</b> Distribución de la variación genética entre las poblaciones de <i>Mulinia</i> estudiadas en la costa de la VIII y X Región.	54
<b>Tabla 8.</b> Distancia genética derivada de los valores de Fst para la comparación entre pares de poblaciones de <i>Mulinia</i> .	54
<b>Tabla 9.</b> Desembarque de <i>Mulinia</i> desde el año 1998 hasta el año 2006 en la VIII Región del Bío-Bío. Se entregan los valores de desembarco (ton/año) por localidad y para el total de la Región.	63
<b>Tabla 10.</b> Desembarque de <i>Mulinia</i> sp. desde el año 1998 hasta el año 2006 en la X Región de los Lagos. Se entregan los desembarcos (ton/año) por localidad y para el total de la Región.	64
<b>Tabla 11.</b> Ubicaciones geográficas en grados decimales de los bancos muestreados. Los puntos A, B, C y D corresponden a los vértices del área muestreada en cada banco (ver Figuras 32 a 38).	67
<b>Tabla 12.</b> Abundancia de taquilla (ind / 0.25 m <sup>2</sup> ), los datos corresponden al promedio de dos cuadrantes con la desviación estándar en paréntesis.	70
<b>Tabla 13.</b> Valores porcentuales de grava, arena, agregados biogénicos, fango, materia orgánica total y tamaño medio de la arena (micrones) en fondos sedimentarios de los bancos estudiados. Los valores corresponden al promedio de 10 replicas con la desviación estándar en paréntesis. Se presentan además los valores de salinidad y temperatura del agua en cada uno de los sitios de estudio. SD = sin datos debido a que no se realizaron análisis debido a la baja representatividad de esta fracción.	81
<b>Tabla 14.</b> Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Cerro Verde, entre abril del 2007 y febrero del 2008.	90
<b>Tabla 15.</b> Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Tubul, entre abril del 2007 y febrero del 2008.	93
<b>Tabla 16.</b> Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Quetalmahue, entre abril del 2007 y febrero del 2008.	95
<b>Tabla 17.</b> Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Yaldad, entre abril del 2007 y febrero del 2008.	97
<b>Tabla 18.</b> Detalle de las fechas utilizadas en los análisis de crecimiento en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad. SD = sin datos, debido a la pérdida causada por el incendio que afectó a la Universidad Austral de Chile.	100
<b>Tabla 19.</b> Rangos de variación de cada uno de los anillos encontrados en <i>Mulinia edulis</i> de los cuatro bancos estudiados	106
<b>Tabla 20.</b> Parámetros de crecimiento de la función de von Bertalanffy del recurso taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ), en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones de Chile.	110
<b>Tabla 21.</b> Parámetros de la relación morfométrica de 4 localidades del sur de Chile.	112
<b>Tabla 22.</b> Parámetros de longevidad máxima y promedio, en años, a nivel regional de la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile.	114
<b>Tabla 23.</b> Parámetros de talla (mm) y edad (años) de primera madurez poblacional de la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile.	116

<b>Tabla 24.</b> Parámetros del método M4 Beverton & Holt para estimar mortalidad total de la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile.	116
<b>Tabla 25.</b> Estimaciones de la Edad Crítica (años) a partir de la aplicación del método de Alverson & Carney (1975) sobre la base de la estimación de la mortalidad natural por medio de 5 métodos, de la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile. En <b>negrilla</b> los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final.	117
<b>Tabla 26.</b> Estimaciones de Talla Crítica (mm) a partir de la aplicación del método de Alverson & Carney (1975) sobre la base de la estimación de la mortalidad natural por medio de 5 métodos, de la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile. En <b>negrilla</b> los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final.	119
<b>Tabla 27</b> Estimaciones de tasa instantánea (M) y absoluta de mortalidad natural (%M) por medio de 5 métodos, para la almeja taquilla ( <i>Mulinia edulis</i> ) en 4 localidades del sur de Chile. En <b>negrilla</b> los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final.	122

---

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo general del Proyecto es determinar los parámetros de reproducción y crecimiento del recurso taquilla (*Mulinia* sp.) para las Regiones VIII y X, que permitan revisar la pertinencia de su talla mínima de extracción. Los objetivos específicos del Proyecto son: i) identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en las Regiones VIII y X, ii) ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X, iii) conocer el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X, iv) determinar edad y crecimiento, relación longitud-peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X, y v) estimar la mortalidad natural de la almeja taquilla.

Durante los meses de Marzo y Abril de 2007, se realizaron salidas a terreno a las costas de la VIII y X Región, visitándose alrededor de cinco localidades en cada una de esas regiones. En estos sitios se establecieron conversaciones con pescadores artesanales a fin de recabar información acerca de los bancos presentes en esas localidades, así como antecedentes generales de la amplitud y productividad de los mismos. En la costa de la VIII Región se visitaron las localidades de Lebu, Arauco, Tubul, LLico, Punta Lavapie, Coronel, Caleta Maule (cerca de Coronel) y Cerro Verde (Penco). En estas localidades se informó que los principales centros de extracción de taquilla se encontraban en el golfo de Arauco (sector costero aledaño a ciudad de Arauco y en la localidad de Tubul), y en el sector de Coronel y Penco. En la costa de la X Región se visitaron las localidades de Ancud, Quetalmahue, Ahuí, Castro, Compu, Quellón y Yaldad. Así, se logró establecer que el principal banco de extracción de este recurso está en la localidad de Quetalmahue, mientras que otros bancos de la zona no estaban siendo sometidos a extracción debido a las bajas abundancias del recurso. Se eligieron los bancos de Cerro Verde y Tubul en la VIII Región y de Quetalmahue y Yaldad en la X Región, para los estudios de morfometría, morfología geométrica, estudios filogenéticos, morfología espermática, ciclo reproductivo, crecimiento y otros. La elección de estos bancos se realizó en base a las siguientes consideraciones:

En la costa de la VIII Región, el banco de Tubul fue el que presentó las mayores abundancias y volúmenes de desembarco, además de presentar una buena distribución

de tallas. Asimismo, el fácil acceso y la presencia de un número importante de botes destinados a la extracción de taquilla hicieron altamente recomendable la elección de este sitio. Si bien el banco de Maule presentó altas densidades de taquilla y una buena representación de tallas, se descartó la elección del mismo por existir conflictos entre los pescadores de la caleta. Esto pudo observarse directamente en terreno, donde se produjo una fuerte discusión entre el presidente del sindicato de pescadores y el pescador que facilitó su bote al grupo de investigadores para la extracción prospectiva de taquillas. Debido a esto se seleccionó el banco de Cerro Verde, el cual que también presentó una amplia representación de clases de tallas.

En la costa de la X Región, la elección de Quetalmahue se justifica por sus altas densidades poblacionales y amplia representación de tallas. Para el caso de Yaldad, aún cuando se presentan abundancias relativamente bajas y una estructura de tallas inclinada a los individuos de mayor tamaño, no se encontraron bancos con mejores características. En consecuencia en los muestreos mensuales realizados hasta la fecha, se ha intensificado el esfuerzo de muestreo con lo que se ha logrado una buena representación de tallas.

Se realizaron análisis morfológicos de la concha en 30 individuos de cada uno de los bancos seleccionados para los estudios definitivos (Tubul y Cerro Verde en la VIII Región y en los de Quetalmahue y Yaldad en la X Región). El análisis morfométrico de las valvas de *Mulinia*, no permitió diferenciar las cuatro poblaciones analizadas como entidades discretas.

El resultado del análisis anatómico comparativo de las estructuras blandas no mostró grandes diferencias, tanto dentro como entre las poblaciones o bancos analizados. Las mayores diferencias se encontraron en la longitud de los sifones; sin embargo y debido a que este es un rasgo altamente variable dentro y entre poblaciones, no es posible utilizarlo como un carácter diagnóstico válido para separar especies. Dado que los caracteres utilizados para separar las especies nominales de *Mulinia* no son válidos como caracteres diagnósticos y tomando en cuenta que no hay evidencia morfométrica suficiente como para separar las distintas poblaciones analizadas, se concluye que

*Mulinia bicolor*, *M. byronensis* y *M. laevicardo* son sinónimos de *Mulinia edulis* (King, 1831), la primera especie válida descrita para este género.

Se realizaron análisis filogenético y genético poblacional para examinar a través de secuencias nucleotídicas mitocondriales (Citocromo *b*), las relaciones filogenéticas, diversidad genética y el grado de diferenciación entre poblaciones de *Mulinia* de bancos submareales de la VIII y X Regiones. Se analizaron muestras de 71 ejemplares de poblaciones de *Mulinia* provenientes de Cerro Verde (n=23) y Tubul (n=12) en la VIII Región y Quetalmahue (n=20) y Yaldad (n=16) en la X Región. Los resultados de los análisis filogenético y genético poblacional, permiten concluir que no hay diferenciación molecular significativa entre las distintas poblaciones estudiadas de la almeja *Mulinia* en la costa de la VIII y X Región. Estos análisis evidencian una baja estructura poblacional, elevado flujo génico y bajo soporte estadístico de los clados en el análisis filogenético.

Los análisis de microscopía electrónica de barrido muestran que los espermatozoides de las almejas de los cuatro bancos tienen una morfología similar, única y característica. La ultraestructura de la morfología espermática de las almejas de los cuatro bancos (sitios) estudiados, mostró rasgos similares y conservativos. – Los espermatozoides tienen una longitud total promedio de 54  $\mu\text{m}$ . Poseen una cabeza ovalada con 1,6  $\mu\text{m}$  de longitud y 1,2  $\mu\text{m}$  de diámetro. Se puede observar un núcleo esférico de 1,1  $\mu\text{m}$  con heterocromatina granular compactada de alta densidad electrónica. Bajo el acrosoma se encuentra el espacio sub acrosómico de forma cónica que contiene material electro denso. La pieza media, con un diámetro máximo de 1,1  $\mu\text{m}$  y longitud de 0,5  $\mu\text{m}$ , - está formada por un anillo mitocondrial constituido por cuatro mitocondrias esféricas que rodean a los centriolos proximal y distal. El centriolo distal origina un flagelo simple formado por  $9_2 + 2$  microtúbulos rodeados por membrana plasmática cuya longitud total es de 52  $\mu\text{m}$  (Fig. 26, 27, 28 y 29). Todas las gónadas procesadas mostraron solamente espermatozoides del tipo eupirenos. Todas las gónadas procesadas de los individuos esta es gonocórica (un solo sexo). Los espermatozoides estudiados siguen el patrón general de las especies primitivas, lo que permite concluir que la fecundación es externa.

Para el estudio del ciclo reproductivo de la almeja taquilla, se tomaron como referencia las tablas de madurez gonadal para la almeja *Venus antiqua*. Con este propósito se definieron cuatro estados de madurez para ambos sexos. Las hembras presentan los estados: madurez inicial, madurez máxima, desove y regresión. Para los machos los estados son: madurez inicial, madurez máxima, emisión y regresión. Se recolectaron muestras mensuales de almejas de los bancos seleccionados y ya mencionados más arriba. Con cortes. Los análisis realizados, muestran que tanto machos como hembras de taquilla, siguen el patrón general establecido para los estados del ciclo de madurez gonadal de *Venus antiqua*. La fecundidad potencial en las localidades de Tubul y Cerro Verde presentó valores de alrededor de 1400000, mientras que en las de Quetalmahue y Yaldad fue de alrededor de 2300000. La talla mínima de madurez estuvo en el rango de 35 y 38 mm.

Los parámetros de crecimiento no mostraron un patrón presentándose en general las tasas de crecimiento más altas en las localidades de Cerro Verde (VIII región) y Quetalmahue (X región) y las menores en las localidades de Tubul (VIII región) y Yaldad (X región). La mortalidad natural de la taquilla no mostró un patrón de tendencia latitudinal. Los valores de las tasas de mortalidad natural (estimadas con el método M1 de Taylor, seleccionado como el más adecuado), fluctuaron entre  $M=0,49$  y  $M=0,73$ . Los mayores valores de mortalidad natural se encontraron en Cerro Verde (VIII región) y Quetalmahue (X región). La Talla crítica ( $L_c$ ), estimadas a partir del método M1 de Taylor (seleccionado como el más adecuado), fluctuaron entre 58,0 mm y 69,6 mm. Los mayores valores de talla crítica se encontraron en Cerro Verde (VIII región) y Golfo de Quetalmahue (X región), En todos los lugares, la talla crítica fue mayor a la talla mínima legal (55 mm).

## **1. TITULO DEL PROYECTO: Estudio de reproducción y crecimiento del recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la VIII y X Región**

### **2. ANTECEDENTES ENTREGADOS POR EL FIP**

El nombre común “almeja” agrupa varias especies de bivalvos de fondos sedimentarios. La pesquería de este recurso es una de las más antiguas del país; la actividad económica basada en la explotación de este recurso se concentra en la X Región, sustentada principalmente por los bancos localizados en el mar interior de Chiloé, los cuales han estado sometidos a un creciente esfuerzo de pesca, lo que se refleja en la reducción de los niveles de rendimiento de pesca y talla modal en los principales bancos de la X Región (Anuarios Estadísticos de Pesca 1994-2004). Esta pesquería tiene un importante rol social, puesto que permite a un importante grupo de pescadores y plantas procesadoras mantener una actividad económica y de subsistencia continua durante el año, complementada con la extracción de otros recursos bentónicos sobre los cuales operan en función de las temporadas de pesca dadas por los ciclos biológicos de los recursos, las regulaciones pesqueras, las condiciones del mercado y ambientales. Sólo en la X Región, la actividad almejera es desarrollada por cerca de 4.000 pescadores artesanales que abastecen alrededor de 30 plantas procesadoras locales y a 39 comercializadoras a escala nacional.

Dentro del grupo de las almejas, se encuentra la almeja taquilla (*Mulinia* sp.). Este recurso se extrae comercialmente en Chile desde la década del 80; sin embargo, sólo a partir del año 1994 fue individualizado en los Anuarios Estadísticos de Servicio Nacional de Pesca, separándolo del grupo genérico de “almejas”.

*Mulinia* sp. se distribuye geográficamente desde el Callao en Perú, hasta el Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego, presentándose sus principales centros de desembarque a nivel nacional en la IV, VIII y X regiones. En la VIII Región, este recurso incluso se ha transformado desde 1998 en uno de los que presenta mayores volúmenes de extracción. De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de Pesca, en la VIII Región los desembarcos de este recurso se realizan sólo en la localidad de Coronel, en tanto que en la X Región más de un 50% de los desembarcos de *Mulinia* ocurren en Puerto Montt.

La explotación de este recurso está regulada por una talla mínima de extracción de aplicación nacional (5,5 cm. de longitud valvar, establecida por D.S. N° 683, de 1980) cuyo fundamento es discutido debido a que en el país el nombre común “Almeja” es utilizado para denominar a un conjunto de aproximadamente siete especies de bivalvos que pueden presentar diferencias en las composiciones de tamaños de los individuos a nivel poblacional, en el crecimiento y tamaños de primera reproducción.

Al existir diferencias entre las características morfométricas entre especies y poblaciones, se plantea la conveniencia de realizar un estudio que permita definir con mayor precisión los parámetros de reproducción y crecimiento de la almeja taquilla (*Mulinia* sp.) en las principales zonas de extracción de ambas regiones, con el objeto de ajustar la normativa existente.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de mantener una línea de investigación que permita la sustentabilidad de los recursos bentónicos en explotación, incluyó el presente Proyecto en el programa de investigación pesquera del año 2006, lo licitó y posteriormente lo adjudicó a la Universidad Austral de Chile. Este es el Informe de Avance del Proyecto, cuyo compromiso de entrega fue al final del séptimo mes de iniciado el estudio (Marzo 2007), como estipulado por la UACH en su propuesta técnica.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general del Proyecto es determinar los parámetros de reproducción y crecimiento del recurso taquilla (*Mulinia* sp.) para las Regiones VIII y X, que permitan revisar la pertinencia de su talla mínima de extracción.

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos específicos del Proyecto son:

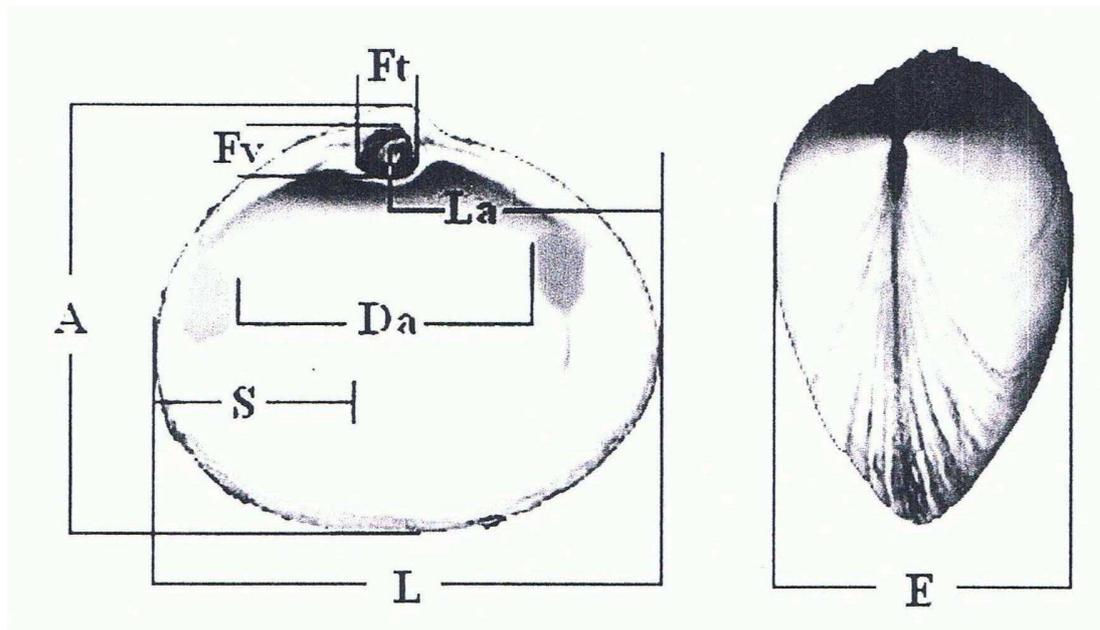
- 4.1. Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en las Regiones VIII y X.
- 4.2. Ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X.
- 4.3. Conocer el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X.
- 4.4. Determinar edad y crecimiento, relación longitud-peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X.
- 4.5. Estimar la mortalidad natural de la almeja taquilla.

## 5. METODOLOGIAS DE ANÁLISIS

### 5.1. Para Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en las Regiones VIII y X (objetivo específico 4.1)

#### **Estudio morfológico de las valvas**

Se realizó un análisis conchiliológico del material recolectado en los bancos de Tubul y Cerro Verde en la VIII Región y en los de Quetalmahue y Yaldad en la X Región. Estos análisis incluyeron mediciones de: i) longitud de la valva (L), ii) altura de la valva (A), iii) profundidad relativa del seno paleal, estimada a partir de la división de la profundidad del seno paleal (S) por la longitud de la valva (L), iv) distancia entre márgenes internos de los músculos aductores (Da), v) longitud relativa de la mitad anterior de la valva (La): medida desde el centro de la foseta hasta el borde anterior de la valva, vi) foseta transversal: largo de la foseta (Ft), vii) foseta vertical, viii) altura de la foseta (Fv), ix) espesor relativo de las valvas; estimado mediante la división del espesor de las valvas (E) por la longitud de las valvas (L) (Fig. 1). Los datos fueron sometidos a análisis de componentes principales y de regresión lineal (Hair et al., 1979). Todas las variables fueron transformadas a logaritmos naturales antes del análisis multivariado, tal como se ha realizado con otras especies de bivalvos en este tipo de estudios (Maas et al., 1999). Los análisis morfológicos de la concha se realizaron en 30 individuos de cada uno de los bancos seleccionados para los estudios definitivos.



**Figura 1.** Mediciones realizadas en las conchas de *Mulinia*. Longitud de la valva (L); Altura de la valva (A); Profundidad del seno paleal (S); Distancia entre aductores (Da); Longitud mitad anterior (La); Foseta transversal (Ft); Foseta vertical (Fv); Espesor de las valvas (E).

### **Análisis anatómico de las estructuras blandas**

Se realizó un estudio comparativo de las estructuras que se indican a continuación: características morfológicas de músculos aductores, sifones, glándula digestiva, pie, intestino y palpos labiales, tomando como referencia estudios similares en otros bivalvos (cf. Domaneschi 1995; Korniuschin & Glaubrecht 2006). Se puso especial énfasis en la longitud y aspectos de la superficie de los sifones, estructuras que han mostrado amplia variabilidad en bivalvos de fondos sedimentarios (e.g. Lardies et al. 2001, Amouroux 1980, Villaroel & Stuardo 1977).

Debido a la imposibilidad técnica de anestésiar en terreno y de una manera adecuada a los individuos recolectados, no se realizaron análisis cuantitativos para comparar las estructuras estudiadas. Los estudios anatómicos se realizaron en diez individuos de cada uno de los bancos mencionados anteriormente.

### **Morfología geométrica**

Con el objetivo de respaldar los análisis morfológicos detallados más arriba, se realizaron análisis de Morfología Geométrica (Bookstein 1991). Para esto, se utilizaron los mismos individuos recolectados para los análisis morfométricos mencionados anteriormente. Los análisis se realizaron en cara externa de la concha (i.e. forma general del cuerpo). Los pasos que se siguieron fueron: i) digitalización fotográfica de los individuos o estructuras específicas a analizar, ii) posicionamiento de hitos morfológicos o “landmarks” en cada una de esas fotografías, iii) ubicación de la posición relativa de los “landmarks” en un sistema de coordenadas cartesianas (x-y), iv) remoción de la variabilidad no asociada a la forma (i.e. tamaño, locación, posición y orientación) mediante un Análisis Procrustes Generalizado o GPA (“Generalized Procrustes Analysis”), v) análisis del nuevo set de coordenadas de “landmarks” (i.e. “landmarks” superpuestos o Procrustes), mediante Análisis Mutivariado de la Varianza (Manova) y “Relative Warp Analyses”.

### **Análisis Filogenético y Genético Poblacional**

El objetivo de estos análisis fue examinar a través de secuencias nucleotídicas mitocondriales (Citocromo b), las relaciones filogenéticas, diversidad genética y el grado de diferenciación entre poblaciones de *Mulinia* de bancos submareales de la VIII y X Regiones. Para esto, Se analizaron muestras de 71 ejemplares de poblaciones de *Mulinia* provenientes de Cerro Verde (n=23) y Tubul (n=12) en la VIII Región y Quetalmahue (n=20) y Yaldad (n=16) en la X Región. Se cortaron aproximadamente 500 mg del músculo del pie de cada individuo, tejidos que se almacenaron en tubos Ependorhf con 1 ml de etanol 95%.

### **Extracción de ADN genómico**

El ADN se obtuvo del hepatopáncreas de las almejas, bajo lupa y con pinzas y guantes estériles, con el objetivo de no contaminar este tejido con el tejido circundante. El

tejido obtenido (aproximadamente 25 mg) se preservó en etanol puro. El ADN se aisló con el sistema "Qiagen DNAeasy Tissue Kit". El ADN se diluyó en 100 µl de tampón de elución de acuerdo a los fabricantes. Se midió la concentración e integridad de los ADN aislados mediante espectrofotometría (260 y 280 nm) y geles de agarosa al 0.7 %; posteriormente las muestras se guardaron a -20° C. Para evaluar el producto de la extracción se realizó una electroforesis en un gel de agarosa al 0,7%. Para la preparación del gel, se pesaron 0,6 gr de agarosa (invitrogen), y se agregaron 80 ml de buffer SB (NaOH 10 mM ajustado a pH 8,5 con H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub>) y 4 µl de bromuro de etidio (0,5 µg/ml). El gel se cargó con 10 µl de muestra (7 µl de producto de extracción y 3 µl de buffer de carga). La electroforesis se realizó por 30 minutos a 100 V. El gel se visualizó en un transluminador UV y se fotografió con una cámara digital.

### ***Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y purificación de los productos de PCR***

Se amplificaron 307 nucleótidos de la región mitocondrial Citocromo *b*, a partir de 5,0 µl de ADN genómico con una concentración aproximada de 50 a 120 ng/ml; 5,0 µl de tampón de PCR 10 x (20 mM Tris-HCl pH 8.0, 500 mM KCl); 2µl de dNTP mix 10 mM; 1,5 µl de MgCl<sub>2</sub> 50 mM; 0,5 µl de Taq polimerasa. Los primers utilizados para la amplificación y secuenciación de un segmento del gen mitocondrial citocromo *b* fueron CBI-5 (5'-TCCAACATCTCAGCATGATGAAA-3') y CB2-3 (5'-CCCTCAAAGATATTTGTCCTCA-3') (Palumbi 1996). Las condiciones de amplificación fueron: denaturación inicial a 94° C por 5 minutos, seguido de 35 ciclos de amplificación enzimática. Cada ciclo constó de 45 segundos de denaturación a 92° C, 60 segundos de reasociación a 50 — 55° C y 45 segundos de extensión a 72° C. El producto PCR fue chequeado mediante una electroforesis en gel de agarosa al 1 %, siendo purificado con el kit QIAquick PCR Purification siguiendo el siguiente protocolo: el ADN amplificado se transfirió a una columna de purificación, donde se agregaron 500 µl de tampón QG. La mezcla se centrifugó por un minuto a 10.000 r.p.m. Se descartó el eluido del tubo colector y se centrifugó nuevamente en las mismas condiciones. Al tubo colector se le agregaron 700 µl de tampón PE y se centrifugó por un minuto a 10.000 rpm. La columna de purificación se transfirió a un tubo Eppendorf nuevo, limpio y estéril. Se eluyó con 50 µl de

agua destilada desionizada estéril calentada a 50° C, dejándose reposar por tres minutos. Transcurrido el tiempo se centrifugó por un minuto a 10.000 rpm. El eluido se guardó a - 20°C. El proceso de purificación se evaluó por medio de una electroforesis en gel de agarosa al 1%. Una vez terminada la electroforesis, el gel de agarosa al 1% se fotografió y se procedió a calcular la concentración de la muestra utilizando el programa UN SCAN IT V4.1. Una vez evaluada las muestras y calculadas sus concentraciones, se enviaron a la empresa MacroGen Korea, para su secuenciación.

### ***Análisis de las secuencias***

El alineamiento se realizó con el programa ClustalX (Thompson et al., 1997) en repetidas oportunidades para optimizar sus resultados. Se evaluaron los costos de apertura de gap desde 30 a 70, y en forma paralela se realizó un análisis visual de las matrices de alineamiento obtenidas, eliminándose nucleótidos extremos que no tenían sentido dentro de la secuencia y que solo producían segmentos no informativos para el análisis. En algunos casos se realizaron modificaciones en la posición de los gap, privilegiando la homología de posición de los nucleótidos entre secuencias. También se retiraron algunos gap según la lectura del cromatograma de la secuencia original. Para corroborar si las secuencias obtenidas producto del alineamiento tenían sentido biológico, se procedió a realizar la traducción de la secuencia con el programa BioEdit v7.0~5.3 (Hall, 1999).

### ***Análisis de los datos mediante Máxima Verosimilitud***

Previo al análisis por MV, se evaluó la probabilidad de 56 modelos de evolución para identificar y seleccionar el modelo de evolución de secuencias a utilizar en la reconstrucción filogenética y en la selección del mejor árbol (Huelsenbeck & Crandall 1997). Este análisis se realizó con el programa MODELTEST versión 3.06 (Posada & Crandall 1998). Obtenido el modelo de evolución molecular más apropiado para los sets de secuencias, se procedió a la obtención del mejor árbol (el árbol más probable) mediante búsqueda heurística, adición de taxa al azar y permutación de ramas por TBR ("Tree Bisection Reconnection"). Estos análisis se hicieron con el programa PAUP 4.ObIO.

Para constatar la robustez de cada clado se utilizó “bootstrap” no paramétrico (Felsenstein 1985) con 200 iteraciones. Un nodo se consideró con fuerte soporte si su valor de “bootstrap” fue igual o mayor a 70%.

### ***Análisis de los datos mediante estadística bayesiana***

Se incorporaron métodos Bayesianos para estimar la probabilidad a posteriori de las relaciones filogenéticas inferidas mediante Máxima Verosimilitud. Estos análisis se realizaron con el programa MRBAYES 2.0 (Huelsenbeck & Ronquist 2001). El árbol de partida se eligió al azar y se corrió por  $5.0 \times 10^6$  generaciones, muestreando las cadenas de Markov (MCMC) a intervalos de 100 generaciones, para luego eliminar los puntos generados antes de alcanzar la fase estacionaria.

### ***Determinación de los límites entre las especies putativas o supuestas***

En este estudio se usó el protocolo de Wiens & Penkrot (2002) para evaluar posibles límites entre especies analizando los diferentes haplotipos de *Mulinia*. Este método está basado en un diseño de muestreo que incluye: a) especie focal (la especie de interés en el estudio) y b) especie no focal (especie de referencia) para aplicar el test de exclusividad, es decir, que todos los miembros de un grupo compartan un ancestro común más reciente y no compartido por los miembros del grupo de referencia. Este protocolo señala además que se necesitan al menos dos individuos por localidad para hacer inferencias de flujo génico entre poblaciones. Se requiere de una filogenia de haplotipos de una localidad conocida y con designación taxonómica. Una topología que falla en recuperar los haplotipos de una localidad dada como un clado, es evidencia de potencial flujo génico entre poblaciones. El método está implementado como una clave dicotómica que conduce a varias alternativas para hacer la decisión taxonómica respectiva.

### **Análisis genético poblacional**

El análisis estadístico de la información genética dentro y entre las poblaciones de *Mulinia*, fue realizado con el programa Arlequin v3.1 (Schneider et al. 2006). Para ello se consideraron los siguientes índices:

#### **Índice de diversidad haplotípica (H)**

Este índice es el equivalente a la heterocigosidad esperada para datos diploides y estima la variabilidad genética en términos del número de haplotipos presentes en la muestra y sus respectivas frecuencias (Nei, 1987). Este índice, es definido como la probabilidad de que dos haplotipos de la muestra, elegidos al azar, sean diferentes y se expresa por la fórmula:

$$H = \frac{n}{n-1} \left(1 - \sum_{i=1}^k p_i^2\right)$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra,  $k$  es el número de haplotipos y  $p_i$ , es la frecuencia del haplotipo de la muestra (Nei, 1987).

#### **Índice de diversidad nucleotídica ( $\pi_n$ )**

Este índice determina la heterocigosidad o diversidad genética al nivel de nucleótidos, por medio de las diferencias entre secuencias de haplotipos, estimando la probabilidad de que dos nucleótidos homólogos de posición escogidos al azar sean diferentes (Nei & Li, 1979; Nei & Tajima, 1981). Se obtiene valorando el número promedio de nucleótidos diferentes por sitio entre dos secuencias con la siguiente relación:

$$\pi_n = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j<i} p_i p_j d_{ij}}{L}$$

Donde  $p$  son las frecuencias de cada uno de los nucleótidos  $i$ , y  $j$  que son comparados,  $d$  la distancia genética entre nucleótidos, y  $L$  es el número de loci. La determinación del valor promedio se derivó del promedio de los valores de  $\pi$  para cada una de las poblaciones mientras que el valor global se obtuvo agrupando solamente las secuencias.

### ***Número promedio de diferencias de bases entre las secuencias***

Es el número promedio de diferencias por sitio. Es decir, el número promedio de nucleótidos diferentes por sitio entre dos haplotipos ( $p$ ). y se determina por la fórmula:

$$\pi = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^k p_i p_j d_{ij}$$

Donde  $d$  es estimado por el número de mutaciones que ha ocurrido desde la divergencia de los haplotipos  $i$  y  $j$ ,  $k$  es el número de haplotipos y  $p$  es la frecuencia del haplotipo  $i$ . Un análisis adicional aplicado, fue la corrección a los valores de distancia genética según el modelo de Kimura 2P (Kimura, 1980). Este estadístico toma en cuenta que no todas las substituciones tienen la misma probabilidad de ocurrir y además corrige por las diferencias entre las tasas de substitución transicionales y transversionales.

### ***Estructura genética de la población inferida por el Análisis de Varianza Molecular (Analyses of Molecular Variante o AMOVA)***

Para estimar la estructura genética de las poblaciones de *Mulinia*, se realizó un análisis de varianza molecular (AMOVA) (Excoffier, 1992), empleando el algoritmo de Arlequín v3.1. Este análisis es similar a otros que emplean la varianza de las frecuencias génicas, pero considera también el número de mutaciones que ocurren entre haplotipos (Le. secuencia génica característica de una población) empleando un análisis jerárquico para evaluar las diferencias dentro y entre individuos de una población y entre

poblaciones. Se definen así los índices de fijación definidos por Wright (1978) en función de coeficientes de endogamia. Para este análisis se conformaron grupos de poblaciones.

### ***Comparaciones de los valores de $F_{st}$ entre pares de poblaciones***

Con el objetivo de medir distancias genéticas entre las poblaciones, se utilizó el valor de AMOVA, aplicando una ligera transformación al tiempo de divergencia de la población, para linealizar las distancias (Reynolds et al 1983, Slatkin, 1995). Los valores de las comparaciones por pares de poblaciones de  $F_{st}$  son expresados en una matriz. La distribución nula de estos valores (bajo la hipótesis de no diferencia) entre las poblaciones fue obtenida por permutaciones (bootstrapping) (Hillis & Bull, 1993) de los haplotipos entre todas las poblaciones.

### ***Morfología espermática***

Para detectar las características externas en los espermatozoides de almejas recolectadas en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad, se realizaron micro frotis de espermatozoides sobre cubreobjetos los que se procesaron para microscopía electrónica de barrido. Se procedió a realizar una variación al procedimiento convencional, ya que no se utilizó el secado al punto crítico del CO<sub>2</sub>, a fin de resaltar las estructuras densas internas de los espermatozoides. Además de la estructura externa es importante determinar los organelos y detalles internos de los gametos con sus correspondientes dimensiones. Para lograr lo anterior, se utilizó la técnica de microscopía electrónica de transmisión la que utiliza cortes ultra finos, los cuales al ser teñidos con metales pesados muestran la ultra estructura interna de las células.

**5.2. Para ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X (específico 4.2).**

Para dar cumplimiento a este objetivo, se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis de los datos de desembarcos de taquilla en la VII y X Región, proporcionados por los Anuarios Estadísticos de Pesca de SERNAPESCA.
- Análisis de antecedentes generados por otros Proyectos.
- Visita a las principales caletas de pescadores donde habitualmente se extrae este recurso
- Análisis de datos de muestreos realizados en cuatro bancos submareales de taquilla en la VII Región y tres en la X Región.

Para caracterizar cada uno de esos bancos se contó con la ayuda de pescadores locales (en su mayoría dedicados a la extracción de taquilla), con los que se realizó un recorrido exploratorio a fin de determinar los límites aproximados de los bancos. En cada uno de los mismos, se realizaron estimaciones acerca de sus extensiones areales y densidades poblacionales de taquilla. Se realizaron recorridos longitudinales y transversales a fin de delimitar la extensión aproximada de los bancos y sus límites los que fueron aquellas zonas donde se producía una disminución significativa en las abundancias poblacionales de taquillas, lo que fue corroborado con los pescadores quienes informaron de los lugares en los que realizan el mayor esfuerzo de extracción. Luego de definidos los límites aproximados del banco, se realizaron muestreos mediante buceo semi-autónomo y uso de cuadrantes de 50 x 50 cm. Si bien en principio estos muestreos se realizarían sobre una grilla de tres transectos y diez estaciones por transecto (cf. Propuesta Técnica del Proyecto), la topografía de los sitios no hizo recomendable este diseño de muestreo. En consecuencia, las grillas de muestreo se adaptaron a cada uno de los bancos estudiados, recolectándose los individuos en alrededor de 30 puntos de muestreo (el detalle de la distribución de los puntos de muestreo en cada uno de los bancos estudiados se presenta más adelante). Cada uno de estos puntos fue georeferenciado con un GPS marca Garmin modelo Venture. Con los

datos de abundancia de cada uno de los puntos muestreados se confeccionaron mapas de distribución de isolíneas, utilizándose el método Kriging inserto en el paquete estadístico SURFER.

Conjuntamente con la recolección de bivalvos, se recolectaron muestras de sedimentos tendientes a caracterizar textural y granulométricamente los fondos sedimentarios de dichos bancos. Para esto se utilizaron cilindros plásticos de 3 cm de diámetro, enterrados hasta 2 cm en el sustrato. Se recolectaron 10 muestras por área, intentando incluir la mayor extensión posible, reconocible como parte de la distribución de los bancos.

Los análisis texturales se realizaron siguiendo la metodología de tamizado en húmedo (Anderson et al. 1981). Se tamizó en húmedo una porción de cada muestra a través de coladores de 2000 y 63 micrones de abertura de trama, para separar las fracciones grava (partículas de diámetro mayor a 2 mm), arena + agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango (partículas inferiores a 63 micrones). La fracción arena + agregados biogénicos se trató con ultrasonido durante 30 minutos y se tamizó a través de un colador de 63 micrones, con el objetivo de separar la fracción arena de los agregados biogénicos. Estos últimos están representados primariamente por agregados fecales y restos de tubos habitacionales de gusanos anélidos. Posteriormente, estas fracciones se secaron (60°C por 24 horas) e incineraron (550°C por 6 horas). A partir de cálculos de diferencia de peso, se determinaron los porcentajes de materia orgánica (materia orgánica carbonosa o combustible) para cada una de las fracciones (Byers et al. 1978). La suspensión coloidal con el fango obtenido en el segundo tamizado se dejó decantar. El fango decantado se enrasó en probetas de un 500 ml; luego se homogenizó por agitación vertical para obtener una alícuota de 20 ml a 20 cm de la superficie de la suspensión. Esta alícuota se secó (60°C por 24 horas) e incineró (550°C por 6 horas). La fracción arena se analizó granulométricamente por medio de velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973), estimándose el tamaño medio de la arena.

Se caracterizó además la columna de agua del área de estudio, incluyendo estimaciones de salinidad y temperatura con un conductivímetro WTW 330i.

Con los antecedentes recopilados en las actividades antes mencionadas, se procedió a seleccionar dos bancos en cada Región para la realización de los muestreos definitivos. Para esta selección, se consideraron aspectos cuantitativos (e.g. abundancias poblacionales, volumen de desembarco) como cualitativos (e.g. conflictos de intereses en el área, facilidad de acceso) de los sitios.

### **5.3. Para conocer el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X (objetivo específico 4.3)**

Desde abril del 2007 a Febrero del 2008 se recolectaron mensualmente 50 especímenes desde cada uno de los bancos en estudio. Las muestras se conservaron en fresco hasta su manipulación en laboratorio dentro de las 12 horas siguientes a su recolección. Los especímenes se disecaron para extraer la gónada y fijarla en Bouin acuoso durante una semana. Posteriormente, el material fijado se sometió a deshidratación en una batería de alcoholes de graduación creciente, luego fue incluido en parafina. Cada una de las gónadas incluidas se sometió a cortes seriados de 7  $\mu$ m de espesor y a tinción con hematoxilina - eosina, de acuerdo a técnicas histológicas de rutina (Bancroft & Stevens, 1977). En estos cortes histológicos, se analizaron cinco a ocho secciones de cada gónada con microscopía óptica para determinar el estado de desarrollo gametogénico. Para el estudio del ciclo reproductivo, se tomaron como referencia las tablas de madurez gonadal de Lozada & Bustos (1984) para *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) (Veneridae). Así, se definieron cuatro estados de madurez para ambos sexos. Las hembras presentan los estados: madurez inicial, madurez máxima, desove y regresión. Para los machos los estados son: madurez inicial, madurez máxima, emisión y regresión.

Para la determinación de la función fecundidad potencial se utilizó la técnica estereométrica de Weibel (1969), que utiliza el retículo ocular Zeiss/Oberkochen de 100/25 puntos. Para esto se procedió se procedió a disecar cuidadosamente la gónada,

de tres especímenes determinándose el volumen gonadal total de cada uno mediante desplazamiento de agua en un voluminómetro con precisión de 0,025 cm<sup>3</sup>. Luego, se utilizó una técnica estereométrica (Weibel, 1969) en la cual se debe establecer la relación entre su superficie y la superficie total (Neuer, 1966).

El número de ovocitos por volumen unitario se determinó en base a la fórmula la fórmula propuesta por Weibel (Weibel, 1969):

$$N_v = \frac{K(Na)^{3/2}}{\beta(V_v)^{1/2}}$$

Donde:

$N_v$  = número de ovocitos en el volumen unitario

$K$  = coeficiente relacionado con la variación de tamaños de los ovocitos y que para estudios biológicos se considera igual a uno

$\beta$  = coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos

$Na$  = densidad de área en la superficie unitaria

$V_v$  = densidad volumétrica en el volumen unitario.

El valor de  $\beta$  se obtiene mediante el cociente  $\lambda$  de  $a$  y  $b$  que corresponden al eje mayor y menor de los ovocitos respectivamente ( $b/a = \lambda$ ) y cuyos valores se determinan en la abscisa de la gráfica de coeficientes de forma de cilindroides y elipsoides de Weibel (Weibel, 1969).

$Na$  se determinó contando las secciones de ovocitos que quedan dentro del retículo, incluyendo además, todas aquellas secciones cuyo centro caen en los márgenes superior e izquierdo del retículo. Se sumó el número de ovocitos contados aplicando varias veces el grillado, y se dividió por el total de campos leídos.

$V_v$  se determinó contando el número de puntos de la grilla que coincidan con un ovocito maduro, para posteriormente dividir este número por el total de puntos

aplicados.

En todos estos cálculos se utilizó un número de observaciones (**n**) que permitiera un nivel de confianza (**t**) de 95% y una precisión (**d**) de 5% de desviación respecto de la media, aplicando la fórmula:

$$n = t^2 \times s^2 / d^2 \quad \text{Donde } s^2 \text{ es la varianza.}$$

Para todos los recuentos se usó la grilla de una placa Integradora II Zeiss.

Una vez obtenida la densidad numérica ( $N_v$ ), se determinó el volumen unitario que corresponde al área del retículo multiplicada por el grosor del corte histológico, teniendo la cantidad de ovocitos que existen en este volumen unitario se llevó este valor al volumen total de la gónada, obteniéndose así la cantidad de ovocitos que existían en el ovario de cada ejemplar. Este valor es la Fecundidad Potencial.

Para las estimaciones de la mínima de madurez, durante el mes de Enero del 2008 se recolectaron muestras de al menos 80 individuos representativos del rango completo de tallas de cada uno de los bancos estudiados. Para la estimación de la talla mínima madurez se utilizaron dos aproximaciones metodológicas. La primera consistió en confeccionar una representación gráfica de la estructura de tamaños de la población, incluyendo aquellos organismos en estado inmaduro y a los que presentan distintos grados de madurez (Arena & Hertl, 1983). La talla mínima de madurez se definió como la longitud a partir de la cual la frecuencia de individuos maduros fue superior a la de inmaduros. La segunda aproximación metodológica consistió en analizar la relación talla-madurez en base a la información obtenida durante el muestreo. Para esto, se modeló la fracción de individuos maduros en función de la talla utilizando la siguiente función logística de madurez (Restrepo & Watson, 1991)

$$B_L = \frac{\beta}{1 + e^{(\alpha_1 + \alpha_2 L)}}$$

Donde:

$B_L$  es la fracción de individuos maduros en cada clase de talla ( $L$ ),  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\beta$  son los parámetros de la ecuación logística. El parámetro  $\beta$  representa la asíntota en el modelo logístico. Por razones detalladas en Restrepo & Watson (1991) es preferible fijar  $\beta$  en uno. Esta función fue ajustada a través del método no lineal por mínimos cuadrados, usando el algoritmo quasi-Newton para estimar el error estándar de los parámetros. Entonces la talla mínima de madurez sexual ( $L_{50\%}$ ) fue obtenida por:

$$L_{50\%} = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

donde  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  fueron definidos en la ecuación anterior.

#### **5.4. Para determinar edad y crecimiento, relación longitud peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X (objetivo específico 4.4)**

##### **Determinación de edad y crecimiento**

###### **• Recolección mensual de muestras mediante buceo autónomo:**

Mensualmente y desde Abril del 2007 a Marzo del 2008 se recolectaron especímenes de *Mulinia* los bancos Cerro Verde y Tubul (VIII Región) y Quetalmahue y Yaldad (X Región). En cada uno de estos bancos se han recolectado al menos 300 individuos intentando abarcar el mayor rango de tallas presentes. Estos individuos fueron medidos con un Vernier de 0.1 mm de precisión. La información proveniente de estas mediciones, fue agrupada en intervalos de 2 mm. Con las respectivas distribuciones de frecuencias de longitud (DFL) se determinó el crecimiento mediante métodos indirectos que hacen uso de dichas DFL.

**• Construcción de histogramas de distribución de frecuencias de clases de talla (DFL):** con los datos de longitud total de la concha de cada uno de los especímenes recolectados mensualmente en cada uno de los bancos estudiados, se elaboraron los respectivos histogramas de distribuciones de frecuencias de longitud (DFL) con intervalos de clases de talla de 2 mm. Basados en estos DFL's se estimó el crecimiento mediante métodos indirectos. Con el objetivo de estimar los parámetros de crecimientos de las especies estudiadas, se aplicó la secuencia metodológica sugerida por Gómez & Defeo (1999) para poblaciones de fondos sedimentarios. Los patrones de crecimiento individual fueron determinados por el análisis mensual de las frecuencias de tallas y seguimiento de las cohortes a lo largo del tiempo de vida. Para esto se procedió de la siguiente forma:

- (1) separación de los componentes de distribución normal para cada mes por máxima verosimilitud, a través de la aplicación de la rutina NORMSEP (Gayanilo et al., 1996).
- (2) construcción de una clave largo edad, asignando edades absolutas a las relativas (tallas). El tiempo 0 fue definido en base a la talla en el reclutamiento de las almejas.

Consecuentemente, las edades fueron asignadas desde el tiempo 0, tomando en cuenta la fecha de esa muestra como primera y las subsecuentes como una porción del año.

A la clave largo edad obtenida en (2), se procedió a ajustar la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) propuesta por Pauly & Gaschütz (1979) y modificada por Somers (1988). Esta función permitió estimar variaciones estacionales en el crecimiento y se expresa como:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0) + (KC/2\pi)\sin 2\pi(t-WP) - (KC/2\pi)\sin 2\pi(t_0-WP)}]$$

v

donde:

$L_t$  = longitud a la edad  $t$

$L_{\infty}$  = longitud asintótica

$K$  = parámetro de curvatura

$t_0$  = edad computada a la longitud cero

$C$  = amplitud de la oscilación intraanual en el crecimiento

$WP$  = punto de invierno, definido como el tiempo (expresado como la fracción del año) cuando el crecimiento es menor.

Los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) fueron estimados mediante un método de optimización no lineal usando el algoritmo de Marquardt-Levenberg incluido en el paquete Sigmaplot (Marquardt 1963, Shrager 1972).

- **Lectura de anillos de crecimiento en las valvas:** se seleccionaron 50 ejemplares por especie y banco. Los especímenes seleccionados incluyeron todo el rango de tallas recolectado. Se limpiaron las valvas con hipoclorito de sodio y se midió la longitud total y alto total desde el umbo. Para ayudar al reconocimiento de los anillos, se usó en algunos casos luz reflejada o incidente. Los anillos reconocibles se marcaron con lápiz

grafito, para finalmente medir la distancia en línea recta entre el umbo y cada uno de esos anillos. Los pares de datos (talla -edad) obtenidos mediante la lectura de anillos se utilizaron para ajustar la función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB), con las mismas metodologías descritas anteriormente. Estas estimaciones se realizaron solo con los ejemplares obtenidos en los muestreos de Enero a Marzo del 2008, esto debido a que las muestras recolectadas entre Abril de 2007 y Diciembre de 2007 se perdieron debido al incendio que afectó dependencias de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile.

A los datos talla-edad obtenida a partir de los anillos de crecimiento se procedió a ajustar la curva de von Bertalanffy según la ecuación siguiente.

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

### **Relación longitud-peso**

Mensualmente, se midió la longitud de la concha y peso fresco de al menos 300 ejemplares de taquilla de los cuatro bancos estudiados. Cada una de estas muestras ha incluido ejemplares distribuidos en el mayor rango de talla presentes en esos bancos. Cada ejemplar fue medido con un Vernier de 0.1 mm de precisión y luego pesado en balanza digital con precisión de 0.1 g.

Una vez que se cuente con los datos mensuales de longitud-peso de cada sitio, se procederá a ajustar la relación:

$$W_i = a * L_i^b$$

donde,  $L_i$  es la tafia individual  $i$  en mm,  $a$  y  $b$  son los parámetros de la función exponencial y  $W_i$  el peso individual a la talla  $i$  en g.

### **Talla crítica**

Ricker (1975) definió la Talla Crítica ( $L_c$ ) como: la talla media de un ejemplar de una clase anual cuando la tasa instantánea de mortalidad natural iguala la tasa de crecimiento en peso para el total de ejemplares de esa misma clase anual. Cuando se trata de poblaciones explotadas la  $L_c$  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 ( $t_c$ )". Así, la estimación de  $t_c$  se obtiene del siguiente razonamiento:

$$B_t = N_t * W_t \quad (1)$$

Donde:

$B_t$  = Biomasa de una clase anual

$N_t$  = Número total de individuos de diferentes tallas de la clase

$W_t$  = por el peso medio() de cada talla

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

$$Z_t = -\ln \frac{N_t}{N_o} \quad (2)$$

Donde:

$Z_t$  = Tasa instantánea de mortalidad total al tiempo t

$N_o$  = Número total de individuos en la clase de edad precedente

Para el cálculo de la talla crítica ( $L_c$ ) 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:

$$N_t = N_0 * e^{-M} \quad (3)$$

La ecuación anterior la podemos expresar en peso mediante el uso de la función de crecimiento de von Bertalanffy

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k * (t - t_0)})^b \quad (4)$$

Donde:

$W_\infty$  = peso asintótico en gramos

k = coeficiente de crecimiento de Brody

$t_0$  = edad teórica de talla 0

b = coeficiente pendiente de la relación exponencial longitud-peso

Si se reemplaza las dos ecuaciones anteriores (3 y 4) en la de la estimación de  $B_t$ , entonces se obtiene la biomasa de la clase anual en el tiempo:

$$B_t = N_0 * e^{-M} * W_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad (5)$$

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 ( $t_c$ ) es entonces:

$$t_c = \frac{1}{k} * \ln\left(\frac{bk}{M} + 1\right) \quad (5)$$

Así, el parámetro de crecimiento (k) se obtendrá con los métodos descritos en el capítulo de crecimiento, (b) corresponde a la pendiente de la relación longitud-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 ( $L_c$ ) se estimará finalmente con función de crecimiento de von Bertalanffy :

$$L_c = L_\infty (1 - e^{-k(tc-t_0)}) \quad (7)$$

Así, tc se obtendrá luego de contar con los parámetros de mortalidad natural y crecimiento.

### **Tasa instantánea de mortalidad**

La selección de un método de estimación de mortalidad depende de variados factores, entre los cuales aparecen como relevantes: el tipo de recurso, el estado de explotación en que se encuentre y el tipo de información sobre su dinámica poblacional. De allí que es necesario revisar los métodos disponibles para efectuar una correcta selección, lo cual justifica analizar los diferentes tipos de métodos.

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:

- 1) Métodos bioanalógicos
- 2) Métodos basados en la curva de captura y composición de tallas.
- 3) Métodos basados en la composición de edades de la captura
- 4) Experimentos de marcaje y recaptura
- 5) Métodos que requieren datos de captura y esfuerzo.

Los métodos 4 y 5 requieren diferente tipo de información. Aunque se reconoce la mayor robustez que presenta, la información base para el cálculo de la tasa de mortalidad natural es costosa de obtener. Los métodos del tipo 5 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). En este sentido, se aplica este tipo de método para el recurso almeja taquilla en la zona intermareal de Yaldad y para el recurso navajuela en la zona intermareal de Coihuín, X

Región.

Además, varias técnicas específicas pertenecientes a los otros métodos (del tipo 2 y 3), que estiman la mortalidad total ( $Z$ ) podrían ser aplicables para estimar mortalidad natural ( $M$ ) siempre que la estimación se hiciera sobre stock no explotados. Esta situación se evaluará a partir de la información recogida por el proyecto. 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 (1982), Jones (1984), Heincke (1913), Chapman & Robson (1960), Robson & Chapman (1961), Fournier & Breen (1983), entre otros.

Lo anterior puede reducir la estimación de  $M$  a algunos métodos del tipo bioanalógicos, empíricos, del tipo basado en la curva de captura en tallas y de tipo marcaje y recaptura. En particular, se probó el método de marcaje y recaptura para el recurso almeja, navajuela y huepo de la zona de Yaldad y Coihuín. (Jaramillo *et al*, 1998) el cual probó ser efectivo para la estimación de este parámetro.

Los métodos bioanalógicos se basan en suponer la existencia de una relación entre la mortalidad natural y procesos biológicos básicos como el crecimiento, reproducción, 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 Algaraja (1984). Métodos como el de Hoenig (1983) o el de Ebert (1981), si bien son bioanalógicos, requieren el supuesto de stock no-explotado para la estimación de  $M$ .

El método de Algaraja (op.cit.) requiere del cálculo de la longevidad poblacional o edad máxima ( $T_m$ ). Este parámetro se calculó a partir del promedio de longitudes máximas (en caso de rangos continuos de tallas máximas) o del valor máximo de talla

muestreada de la población, transformadas a edad mediante la ecuación inversa de von Bertalanffy.

También, dentro de los métodos bioanalógicos y empíricos desarrollados para estimar la tasa de mortalidad natural, podemos mencionar uno que reúne condiciones empíricas apropiadas para la estimación  $M$ . Este método es conocido como de Brey & Cage (1997). El método resulta óptimo para el manejo de recursos bentónicos, por cuanto se basa en la estimación de mortalidades naturales, obtenidas a partir de la mortalidad total en zonas de reserva, de más de 80 especies de invertebrados bentónicos considerando la relación entre la constante de crecimiento con la mortalidad natural. Los autores proponen un índice que permite determinar la posición de una población de recursos bentónicos en la curva denominada “continuo mortalidad-crecimiento”, término acuñado por los mismos autores.

En consecuencia, para las estimaciones de mortalidad se utilizaron 5 distintos modelos, dependiendo de la información disponible en cada caso (*i.e.* estructura de talla poblacional, estimaciones previas de parámetros de crecimiento individual, ciclo de madurez o datos de marcaje y recaptura). Estos son:

**método 1** (Taylor 1958) M1

$$M = \frac{2,996 * k}{2,996 + k * t_0} \quad (8)$$

donde  $K$  y  $t_0$  son parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

**método 2** (Alagaraja 1984) M2

$$M_{1\%} = \frac{-\ln(0.01)}{T_m} \quad (9)$$

donde  $T_m$  representa la longevidad en años.

**método 3** (Rikhter & Efanov 1976) M3

$$M = \frac{1.521}{Tm50\%^{0.72}} - 0.155 \quad (10)$$

donde  $Tm50\%$  corresponde a la edad mediana de madurez sexual o talla de primera madurez, en la cual el 50% de la población esta madura.

**método 4** (Beverton & Holt 1956) M4 basado en datos de longitud:

Beverton y Holt (1956), mostraron una relación funcional entre  $Z$  y  $L_p$  de la forma:

$$Z = K * \left( \frac{L_{\infty} - L_p}{L_p - L'_{-}} \right) \quad (11)$$

donde :  $L_p$  es la longitud media de los individuos de largo  $L'$  y más grandes, mientras que  $L'$  es la longitud que corresponde a la talla completamente reclutada, y  $L_{\infty}$  y  $K$  son parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy.

**método 5** (Brey & Cage (1997). M5

Su algoritmo toma la forma:

$$M = e^{(0,339 + 1,037 * \ln(k))} \quad (12)$$

Donde:

$k$  = constante de crecimiento de von Bertalanffy

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados en relación a objetivo específico 4.1 (Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp) en las Regiones VIII y X)

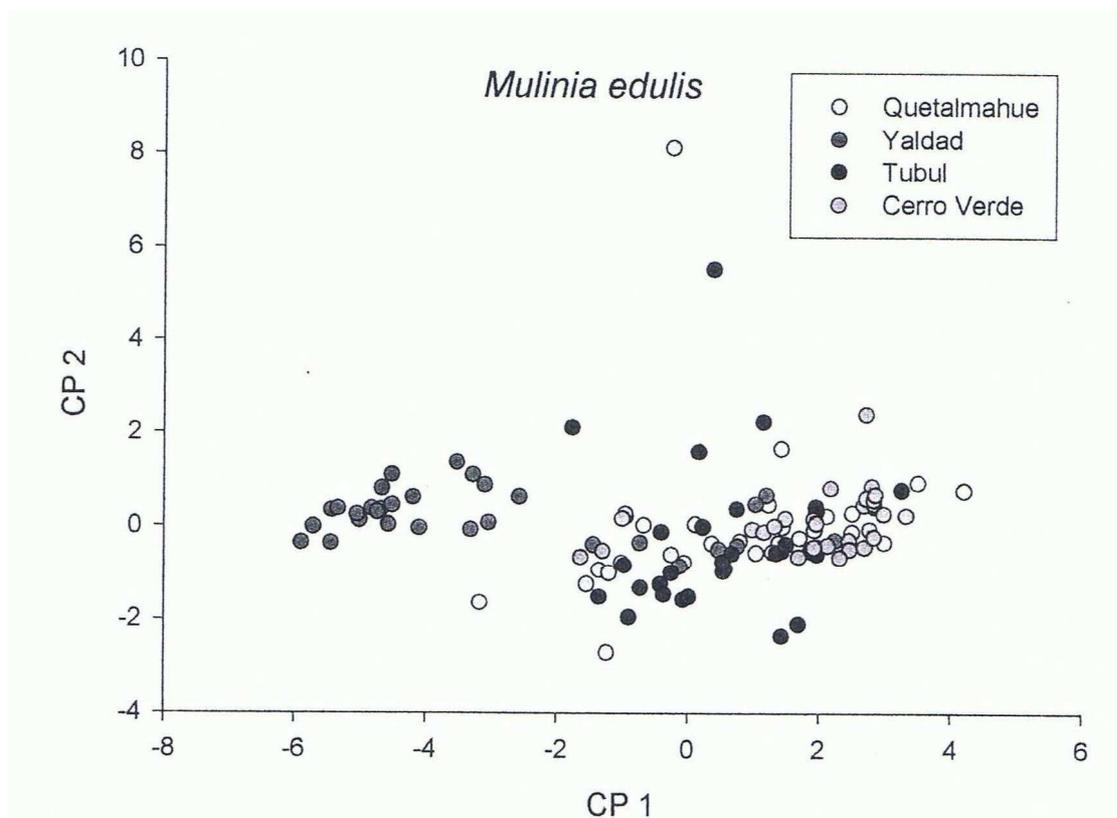
#### Estudio morfológico de las valvas

El análisis morfométrico de las valvas de *Mulinia*, no permitió diferenciar las cuatro poblaciones analizadas como entidades discretas. Los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) muestran que los dos primeros componentes explican cerca del 80% de la variación total de las variables analizadas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Variación total explicada en el Análisis de Componentes Principales

Componente	Total	% variación	% Acumulado
1	6.437439	64.37439	64.3744
2	1.546206	15.46206	79.8365
3	1.024835	10.24835	90.0848
4	0.521950	5.21950	95.3043
5	0.230229	2.30229	97.6066
6	0.113913	1.13913	98.7457
7	0.072191	0.72191	99.4676
8	0.045121	0.45121	99.9189
9	0.005799	0.05799	99.9768
10	0.002315	0.02315	100.0000

Los resultados del ACP muestran en el CP 1 (eje x), una separación parcial de los individuos de Yaldad de aquellos pertenecientes a las otras poblaciones (Fig. 2). Esta separación puede ser explicada por el tamaño absoluto mayor de aquellos individuos, más que a una diferencia sustancial en la forma. Esta explicación se apoya en los resultados que se muestran en la Tabla 2, donde se aprecia que el GP 1 tiene una mayor carga relacionada con variables de tamaño. Por el contrario, en el CP 2 (eje y) las variables originales que realizan un mayor aporte son medidas de proporciones o forma (concretamente profundidad relativa del seno paleal y espesor relativo de las valvas). De ahí que no sea posible separar grupos a lo largo de ese eje, como se evidencia en la Figura 2.



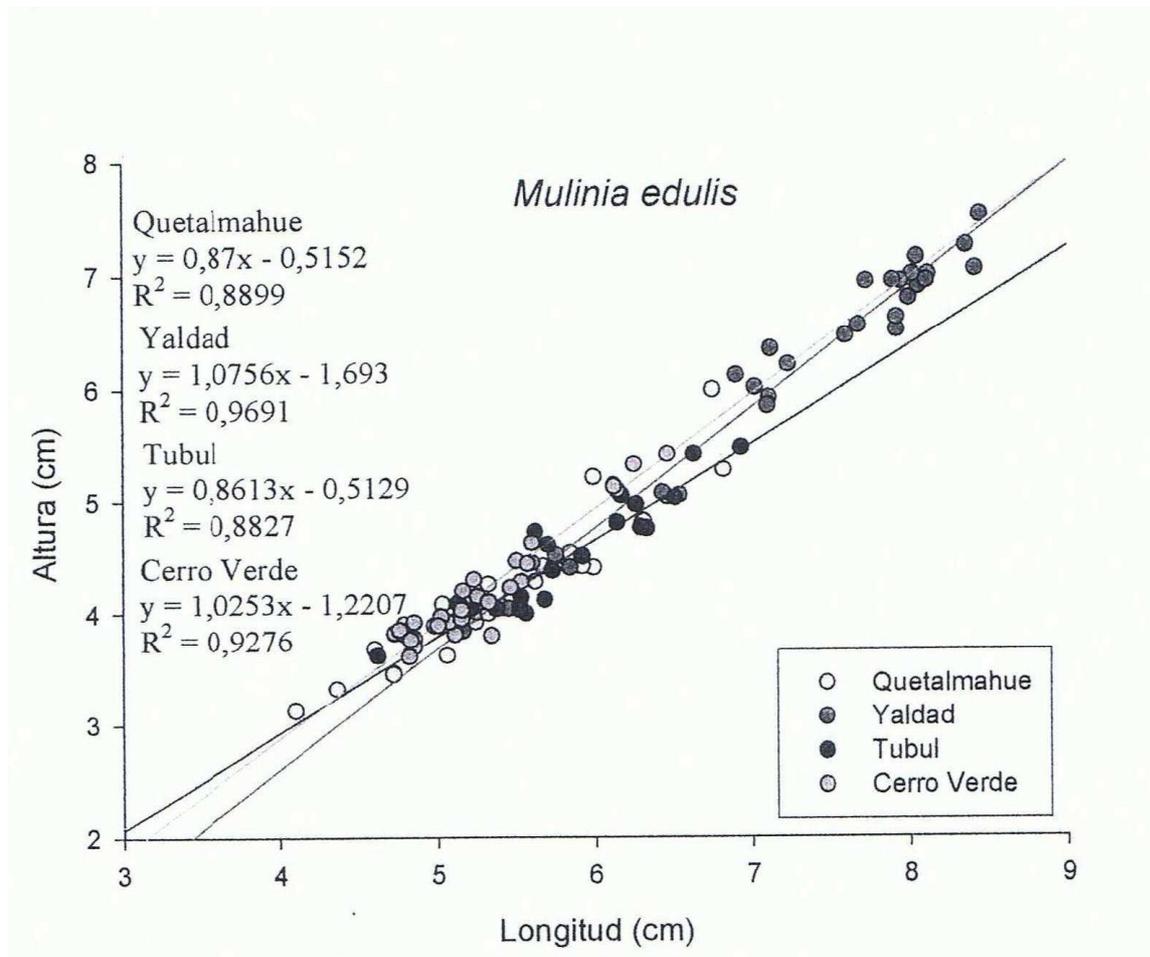
**Figura 2.** Gráfico de dispersión de los dos primeros Componentes Principales (CP 1 y CP 2) para los especímenes de las cuatro poblaciones estudiadas de *Mulinia* en la costa de la VIII y X Región.

**Tabla 2.** Matriz de coeficientes de cargas o “scores” de los cuatro primeros Componentes Principales.

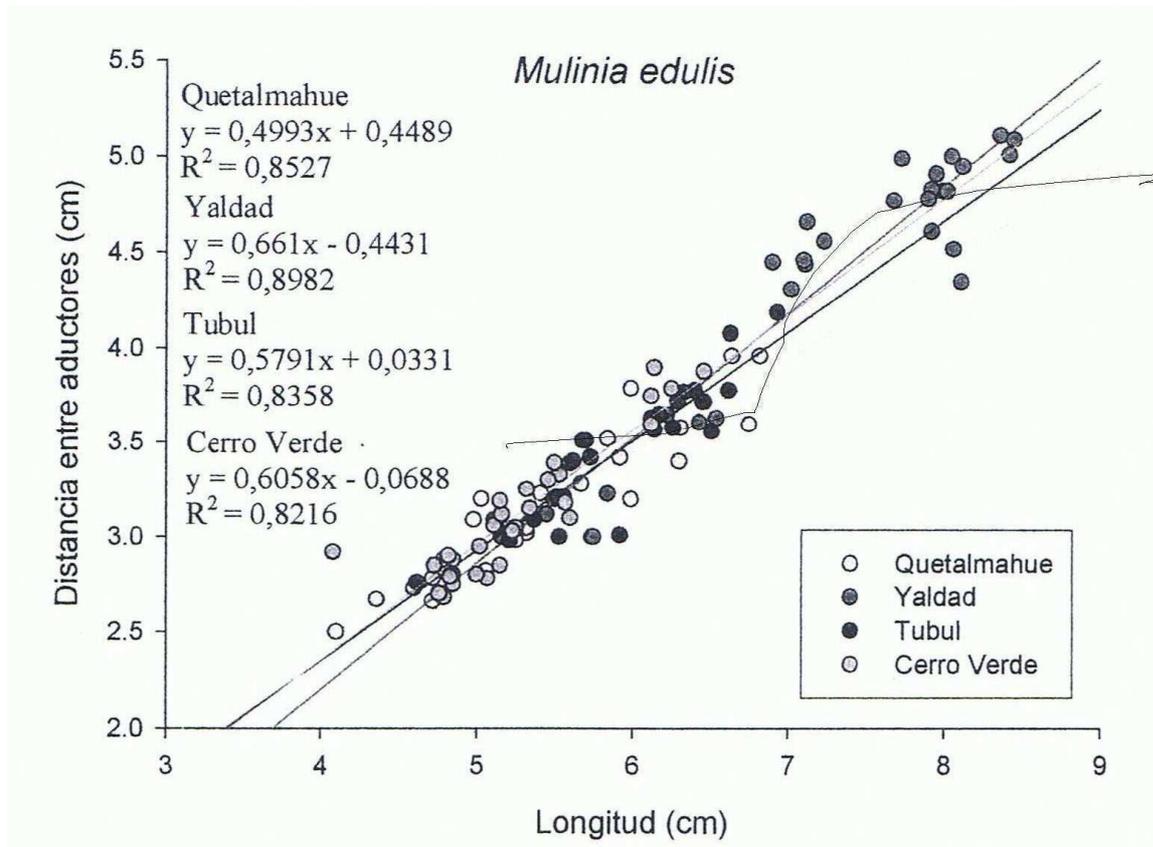
Variable	Componente			
	1	2	3	4
Longitud valva	-0.358874	-0.255339	0.214803	-0.160494
Altura valva	-0.380565	0.005489	0.158912	0.006486
Seno paleal	-0.357016	0.111064	0.084528	-0.52086
Distancia aductores	-0.376799	-0.008797	0.136085	0.107757
Longitud Anterior	-0.372734	0.017852	0.091356	0.013987
Foseta transversal	-0.28026	-0.235235	-0.516966	-0.00658
Foseta vertical	-0.222166	-0.212871	-0.710697	0.096624
Espesor valvas	-0.379861	0.029685	0.195236	0.153531
Prof. relativa seno paleal	-0.044203	0.713107	-0.284459	-0.471971
Espesor relativo valvas	-0.209426	0.558559	-0.056731	0.659841

Previo a la realización de análisis de regresión lineal, se eliminaron los valores *outliers*, con ayuda del programa Statistica 6.0. Todos los residuales quedaron dentro

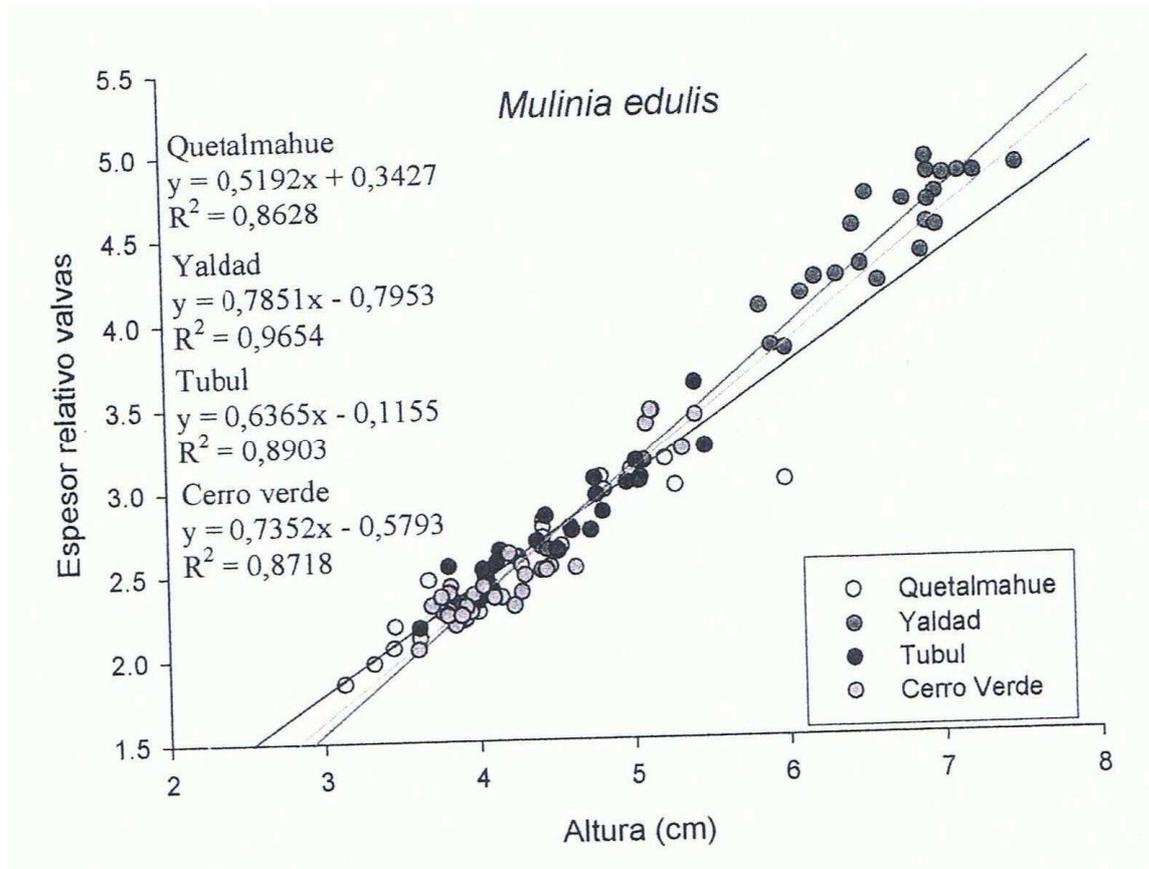
del rango de  $\pm 2$  desviaciones estándar. Se encontraron correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre las variables cuantificadas, especialmente entre longitud y altura de las valvas (Fig. 3), longitud de las valvas y distancia entre músculos aductores (Fig. 4), entre la altura y el espesor relativo de las valvas (Fig. 5), y entre el tamaño de la foseta transversal y la foseta vertical (Fig. 6).



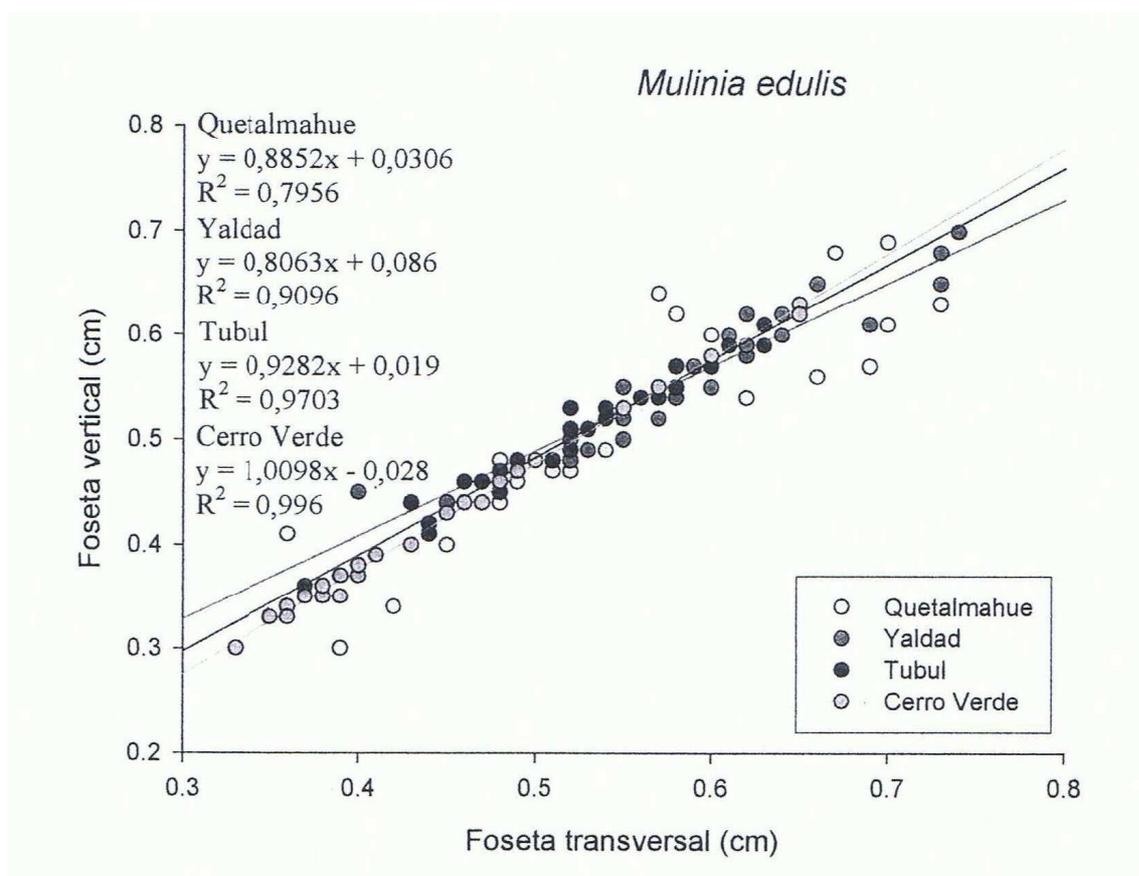
**Figura 3.** Relación entre longitud y altura de las valvas de especímenes de *Mulinia* de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestran las líneas de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define y su índice de determinación ( $R^2$ ).  $P < 0.01$ .



**Figura 4.** Relación entre longitud de las valvas y distancia entre los músculos aductores de especímenes de *Mulinia* de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestran las líneas de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define y su índice de determinación ( $R^2$ ).  $P < 0.01$ .



**Figura 5.** Relación entre altura y espesor relativo de las valvas de *Mulinia edulis*. Se muestra la línea de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define, y el valor del índice de determinación ( $R^2$ ).  $P < 0.01$ .



**Figura 6.** Relación entre el tamaño de la foseta transversal y la foseta vertical de especímenes de *Mulinia* de las cuatro poblaciones estudiadas. Se muestra la línea de tendencia para cada población, además de la ecuación de la recta que la define, y el valor del índice de determinación ( $R^2$ ).  $P < 0.01$ .

Las relaciones anteriores permiten concluir que en general y a pesar de las evidentes diferencias de tamaño entre los individuos de Yaldad y el resto de las poblaciones, la forma de sus valvas y demás estructuras conchiliares se mantienen constantes. Esto queda de manifiesto al observar las pendientes de cada población en las ecuaciones de sus respectivas regresiones (ver Tabla 3 donde se entregan los resultados de los respectivos análisis de covarianza destinados a evaluar eventuales diferencias entre pendientes). De todos los análisis de covarianza, el único que mostró diferencias significativas fue el de Altura-Espesor relativo, debido posiblemente a la fuerte influencia del tamaño en el cálculo de la variable dependiente (Espesor relativo, ver Materiales y Métodos).

**Tabla 3.** Resultados de los análisis de covarianza realizados para evaluar las diferencias entre las pendientes de cada población en la regresión respectiva.

Fuente de Variación	suma de cuadrados	G. L.	raíz cuadrada	F	P
Longitud -Altura	0.174071	3	0.0580238	1.7	0.1709
Longitud - Distancia entre aductores	0.223302	3	0.074434	2.45	0.0675
Altura - Espesor relativo valvas	0.649926	3	0.216642	10.35	0.00
Foseta transversal - Foseta vertical	0.00420135	3	0.00140045	2.12	0.1014

Si bien para el área de estudio de este Proyecto, se han descrito dos de las especies de *Mulinia* adscritas para Chile (*M. byronensis* y *M. edulis*), cuyas series tipo se encuentran depositadas en el Natural History Museum de Londres (Ramírez 1993). Ambas especies se diferencian por criterios morfológicos (caracteres) que muestran un amplio rango de variabilidad, y por lo mismo, no son suficientes para fundamentar la separación de estas dos entidades. En las descripciones de estas dos especies no hay diferencias cuantitativas, ni se advierten rasgos con variabilidad discontinua.

En base a lo anterior, se puede asegurar que los caracteres en los que se soportan estas descripciones no son los adecuados para este objetivo, ya que soslayan principios esenciales para un carácter taxonómico, como son la constancia, una curva de variación estrecha, baja sensibilidad a los cambios ambientales y, principalmente, su heredabilidad (De la Sota, 1973).

El color y textura del periostraco de bivalvos de fondos sedimentarios son tan heterogéneos como el ambiente en el que habitan; de ahí que el intentar cuantificar esta variabilidad, no aporta mayor beneficio en la determinación taxonómica de los mismos. Algo similar ocurre con la morfología de los dientes conchiliares (chamelares y laterales), los que se ven constantemente afectados por el desgaste provocado por la apertura y cierre de las valvas.

En resumen, los caracteres que muestran variabilidad asociada a condiciones

tales como heterogeneidad ambiental o que muestran gran variación, no pueden utilizarse para determinar o delimitar una especie.

Lo anterior demuestra la limitación de estudios basados en las descripciones clásicas para establecer el estatus taxonómico y nomenclatural del material en estudio, ya que dichas descripciones están basadas en representaciones subjetivas (que no cuantifican la variabilidad) de unas pocas conchas del material estudiado originalmente. Lo mismo puede decirse del material (conchas) adscrito a *M. edulis* o *M. byronensis* depositado en museos nacionales, ya que posee la misma carga de subjetividad que el tipo de descripciones mencionado anteriormente.

Los análisis cuantitativos de la morfología conchiliar no mostraron diferencias significativas entre las poblaciones analizadas. Esto, sumado a la invalidez de los caracteres utilizados para separar las potenciales especies que por su distribución geográfica, podrían ser colectadas durante el curso de este Proyecto (*M. edulis* y *M. byronensis*), lleva a concluir que se está ante la presencia de una sola unidad taxonómica. En cuanto a la nominación de la misma, el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica indica que, en estos casos "el nombre válido de un taxón es el nombre disponible más antiguo aplicado a éste" (Principio de Prioridad, Art. 23, ICZN; URL: <http://www.iczn.org> ). Por lo tanto, el material analizado durante este Proyecto corresponde a *Mulinia edulis* (King, 1831).

### Análisis anatómico de las estructuras blandas

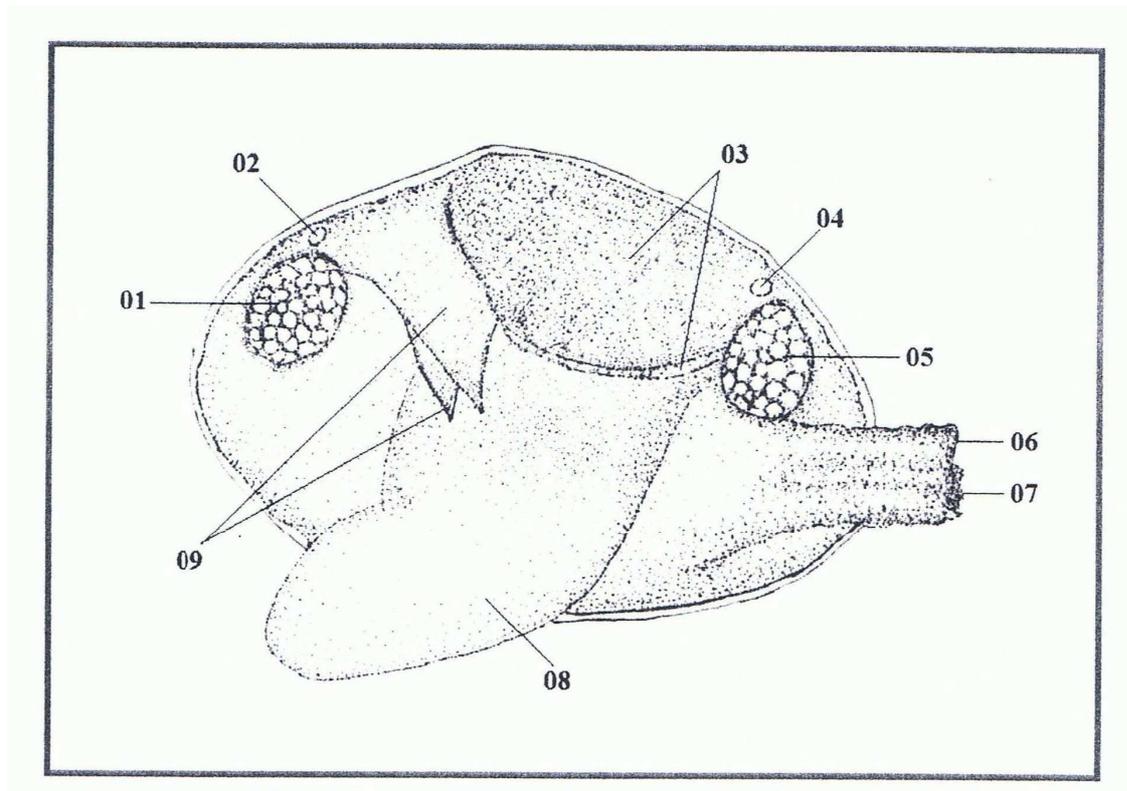
Parte de los resultados del análisis anatómico comparativo de las estructuras blandas se resume en la Tabla 4. Los individuos analizados de las cuatro poblaciones mostraron igual número y disposición de los ctenidios y palpos labiales, además de presentar sifones fusionados en una sola estructura y separados por un tabique intersifonal en posición frontal.

**Tabla 4.** Comparación de estructuras morfológicas de la anatomía blanda de especímenes provenientes de los cuatro bancos prospectados. Se analizaron 10 especímenes de cada banco.

Estructura anatómica	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Número de ctenidios	4	4	4	4
Ctenidios dispuestos simétricamente	sí	sí	sí	sí
Número de palpos labiales	4	4	4	4
Palpos dispuestos simétricamente	sí	sí	sí	sí
Sifones fusionados	sí	sí	sí	sí
Presencia de tabique intersifonal	sí	sí	sí	sí

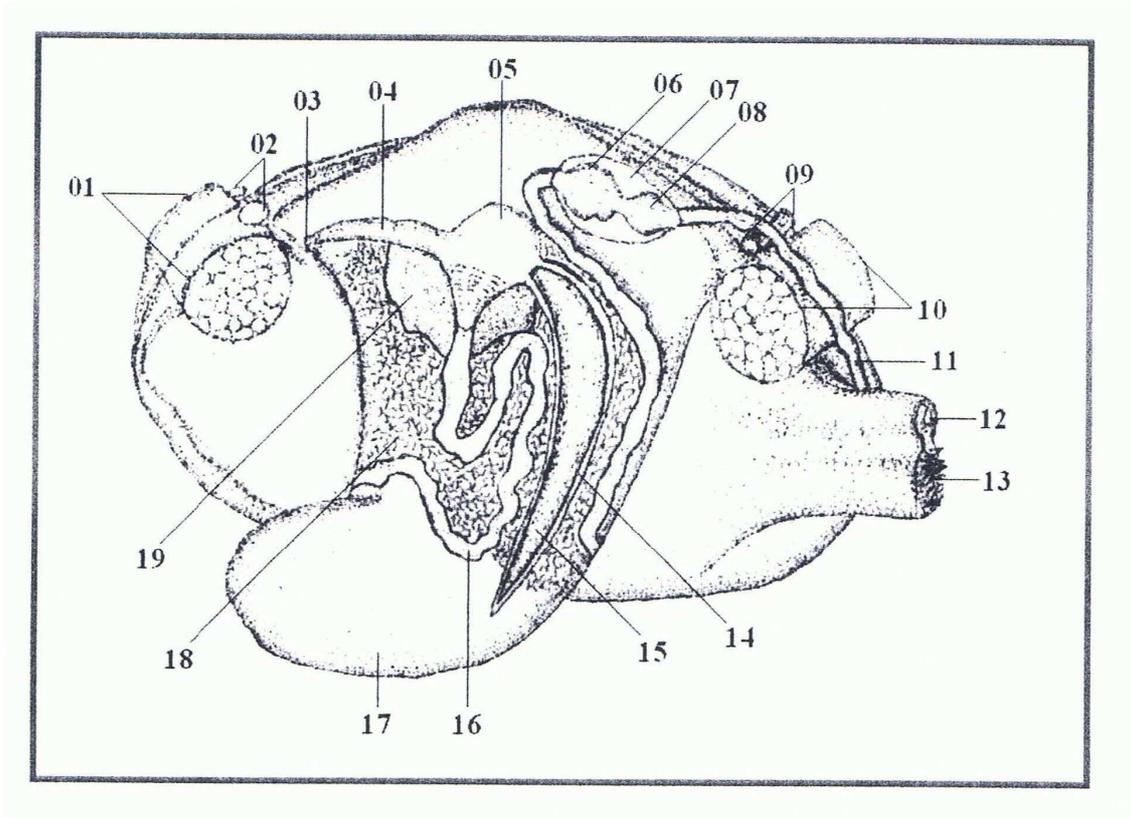
No se encontraron diferencias anatómicas evidentes entre los individuos de las cuatro poblaciones analizadas. La totalidad de las estructuras detalladas en la Tabla 4 y en las Figuras 7 - 11 mostraron igual número y disposición a lo largo de los bancos prospectados.

La morfología general e interna de las taquillas se ilustra en las Figuras 7 y 8. Los individuos poseen cuatro ctenidios o branquias y cuatro palpos labiales, distribuidos simétricamente a ambos lados de la masa visceral. Los sifones están fusionados en una única estructura (Figura 9) y separados internamente mediante un tabique en plano frontal (Figura 10). Los músculos aductores anterior y posterior están acompañados de los músculos retractores pedales en sus márgenes internos.

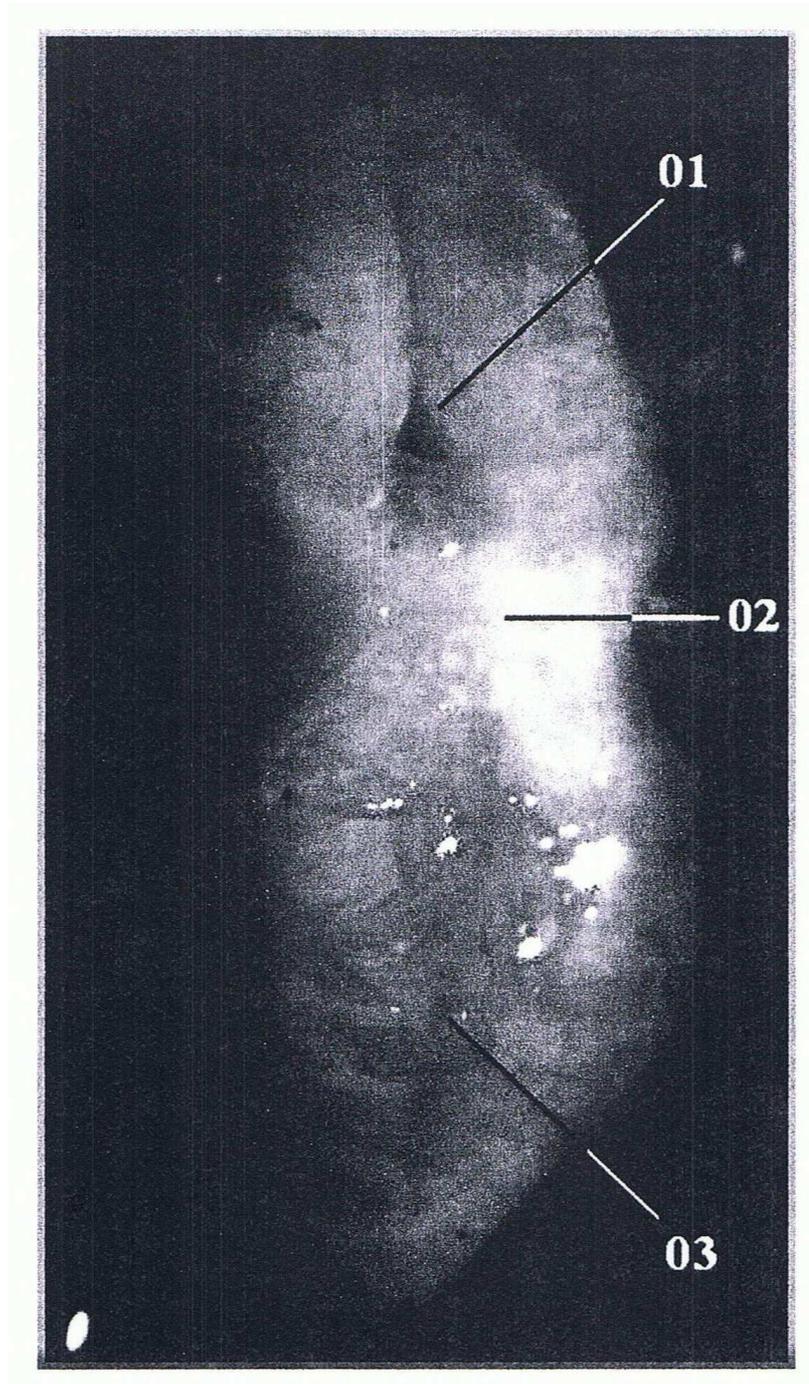


**Figura 7.** Anatomía general de *Mulinia edulis*. Se ha extraído la valva y manto izquierdos. 01, músculo aductor anterior; 02, músculo retractor pedal anterior; 03, ctenidios; 04, músculo retractor pedal posterior; 05, músculo aductor posterior; 06, sifón exhalante; 07, sifón inhalante; 08, pie; 09, palpos labiales.

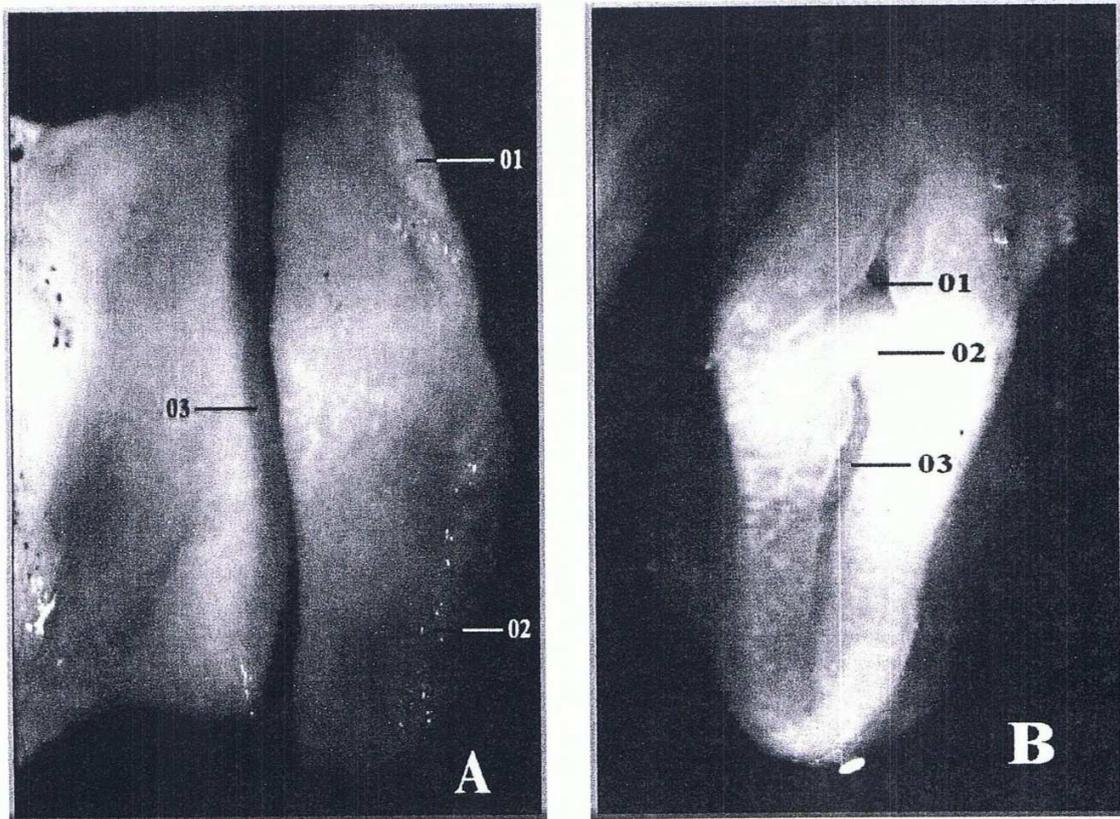
Como fue mencionado anteriormente, la morfología interna de *Mulinia edulis* se ilustra en la Figura 8. El sistema digestivo abarca los palpos labiales, la boca, un corto esófago, el estómago conectado con un estilo relativamente grande y con el intestino, una gran glándula digestiva, recto y el ano que se inserta finalmente en el sifón exhalante (Figura 11). La masa visceral está compuesta en su mayor parte por las gónadas y glándula digestiva.



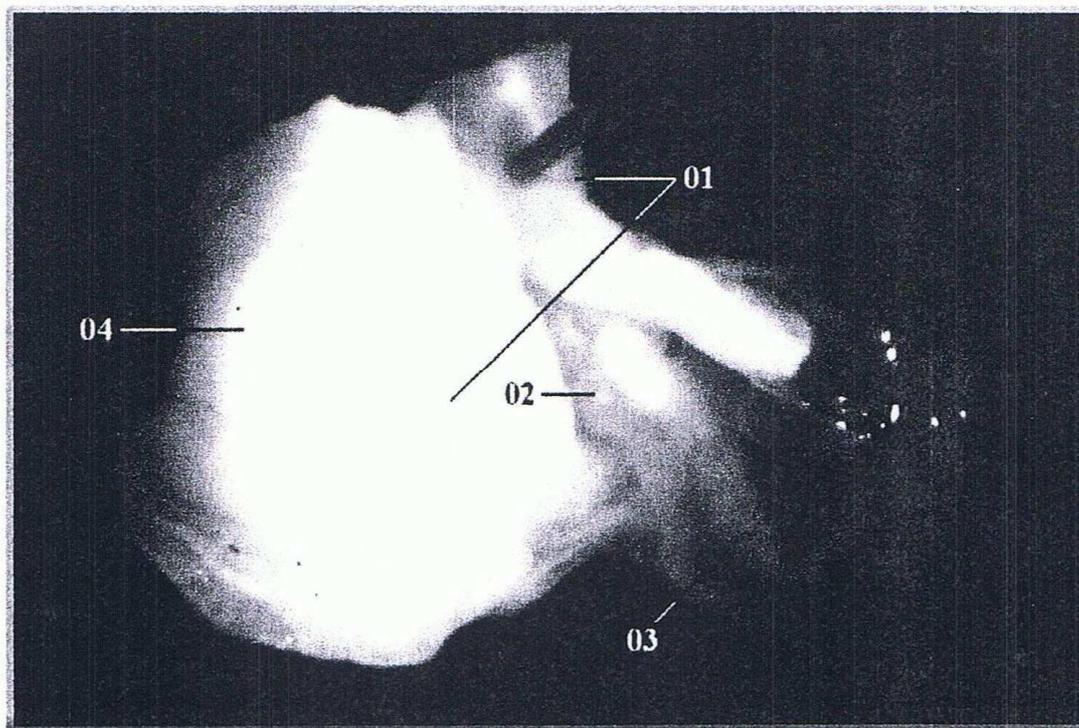
**Figura 8.** Anatomía interna de *Mulinia edulis*. 01, músculo aductor anterior; 02, músculos retractores pedales anteriores; 03, boca; 04, esófago; 05, estómago; 06, ventrículo; 07, pericardio; 08, aurícula; 09, músculos retractores pedales posteriores; 10, músculo aductor posterior; 11, recto; 12, sifón exhalante; 13, sifón inhalante; 14, saco del estilo; 15, estilo; 16, intestino; 17, pie; 18, gónada; 19, glándula digestiva.



**Figura 9.** Vista posterior de los sifones. 01, sifón exhalante; 02, tabique frontal; 03, sifón inhalante.



**Figura 10.** Corte transversal de los sifones, mostrando la zona de corte (A) y una vista del tabique frontal interior que los separa (B). A: 01, sifón exhalante; 02, sifón inhalante; 03, corte transversal. B: 01, sifón exhalante; 02, tabique frontal; 03, sifón inhalante.



**Figura 11.** Inserción del tubo digestivo en el sifón exhalante. 01, corte del sifón exhalante; 02, ano; 03, recto; 04, sifón exhalante.

No existen en la literatura especializada, antecedentes previos de análisis de la anatomía blanda de individuos del género *Mulinia*. Los resultados del estudio llevado a cabo en este Proyecto, muestran que los ejemplares de los cuatro bancos analizados no muestran diferencias en presencia, número y disposición de ctenidios, palpos labiales, sifones, músculos aductores, músculos retractores pedales, boca, esófago, estómago, saco del estilo, estilo, intestino, recto, ano, ventrículo, pericardio y aurícula.

La ausencia de diferencias morfológicas en las partes blandas y dado que no existen antecedentes previos sobre la anatomía blanda de *Mulinia* que se hayan utilizado para caracterizar o separar especies, se concluye que las cuatro poblaciones analizadas están compuestas por una misma unidad taxonómica (especie, en este caso), y que, por el Principio de Prioridad previamente citado, corresponden a *Mulinia*

*edulis* (King, 1831).

### **Morfología geométrica**

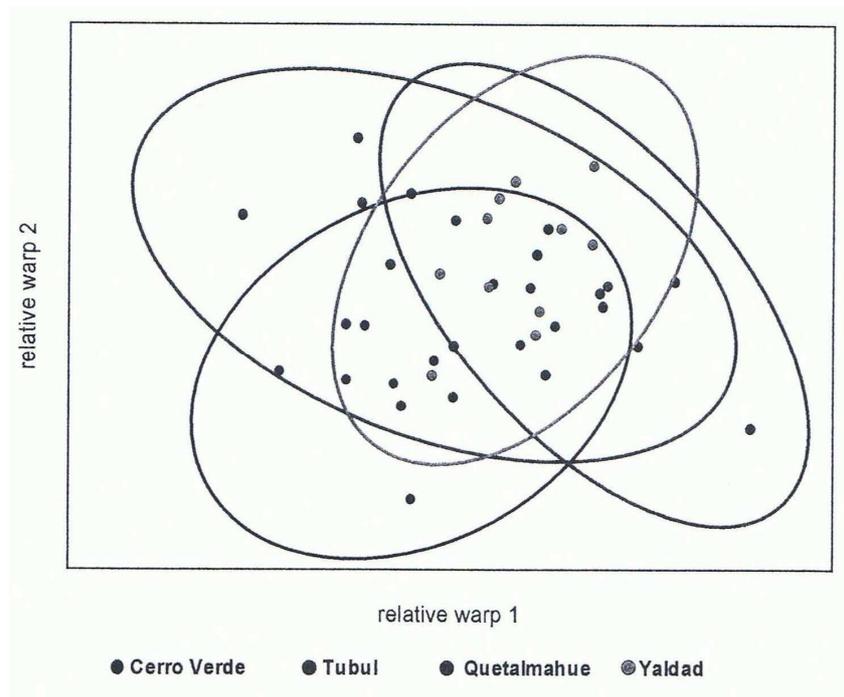
Se establecieron 10 hitos morfológicos (landmarks), reflejando la morfología general de de cada una de las valvas analizadas (Fig. 12)



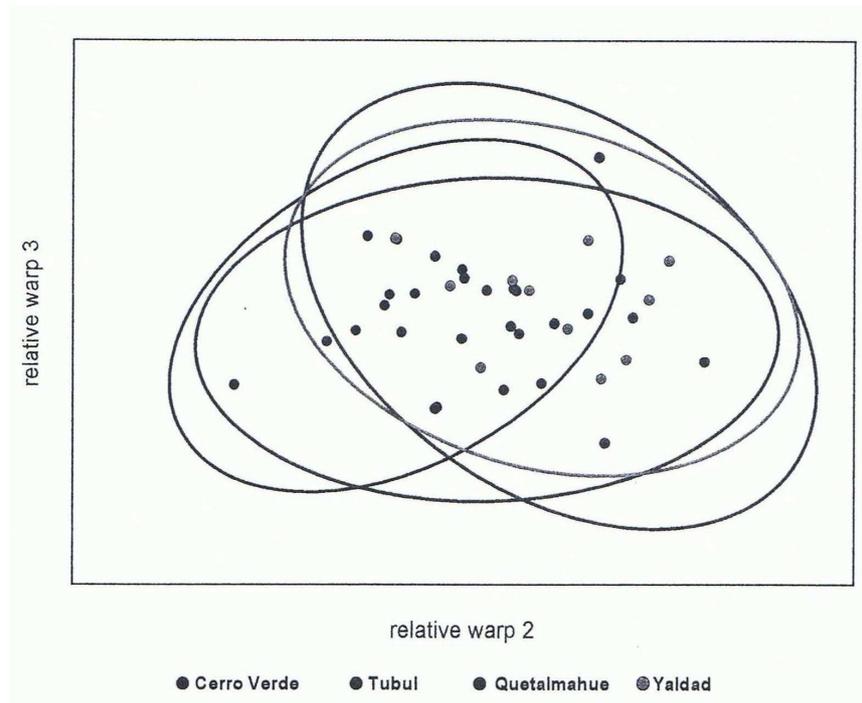
**Figura 12.** Posición de los 10 hitos morfológicos (“landmarks”) sobre las valvas de taquilla.

El análisis multivariado de varianza (MANOVA) no mostró diferencias significativas entre las cuatro poblaciones analizadas (Pillai's trace- 2.30,  $P > 0.05$ ). Esto permite concluir que no existen diferencias morfológicas entre los individuos de los cuatro bancos analizados. Debido a que este tipo de análisis morfológico (i.e morfometría geométrica) analiza la morfología general del cuerpo evitando el sesgo generado por la talla de los individuos analizados, las eventuales diferencias entre bancos reseñadas en el capítulo de morfología conchilar se deberían a diferencias de

talla entre los individuos analizados más que a diferencias morfológicas. Esto es respaldado por el “Relative Warp Análisis” (Fig.13 y 14), donde no se observó ninguna separación significativa entre los individuos de los cuatro bancos analizados, tanto al observar la dispersión de puntos en los ejes de los “relative warp” 1 y 2 (Fig 13) y “relative warp” 2 y 3 (Fig. 14).



**Figura 13.** Dispersión de puntos (individuos) en los “relative warp” 1 y 2.

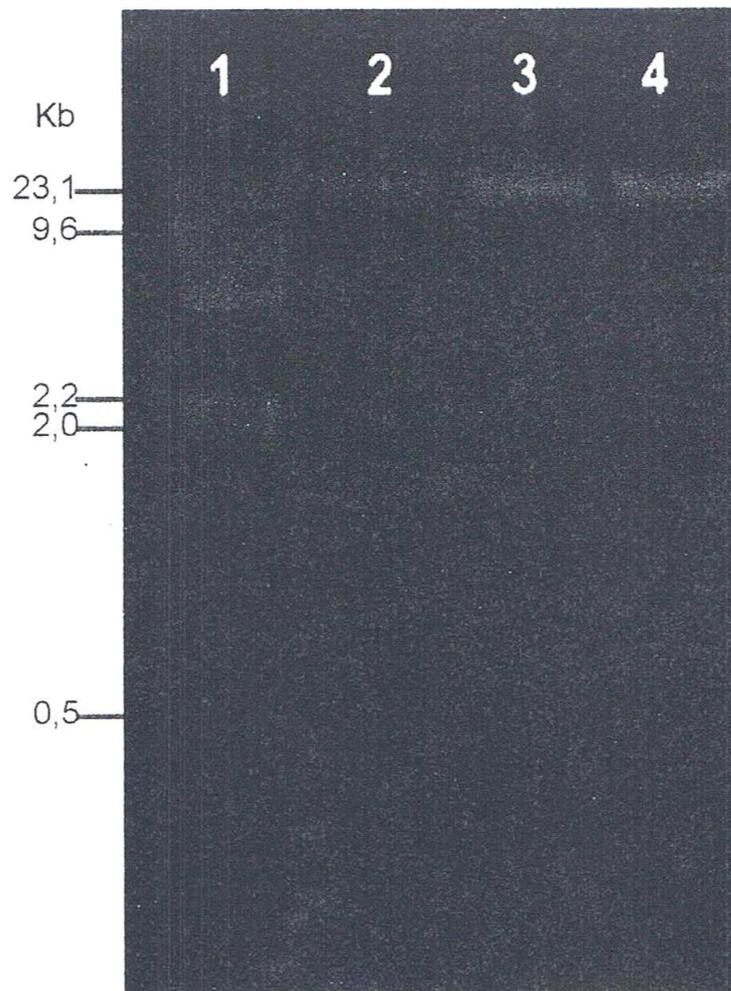


**Figura 14.** Dispersión de puntos (individuos) en los “relative warp” 2 y 3.

### **Análisis Filogenético y Genético poblacional**

#### ***Aislamiento de ADN***

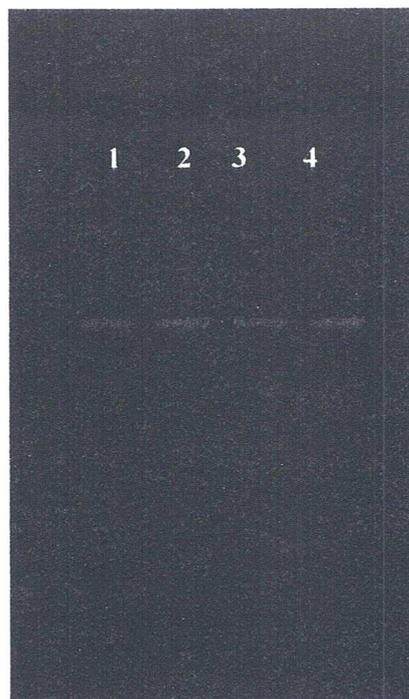
La concentración de ADN fluctuó entre 1,2 y 1,6 mg/ml. La integridad y pureza de una alícuota de ADN genómico se aprecia por el alto peso molecular sin muestras de degradación o contaminación en el gel de agarosa (Fig. 15).



**Figura 15.** Electroforesis en gel de agarosa al 0,7%, donde se muestra como ejemplo ADN genómico aislado de individuos de *Mulinia* de la población de Quetalmahue. Carril 1: Estándar de tamaños moleculares Lambda/HindIII; Carril 2, 3 y 4: ADN genómico de *Mulinia*.

### ***Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y secuenciación***

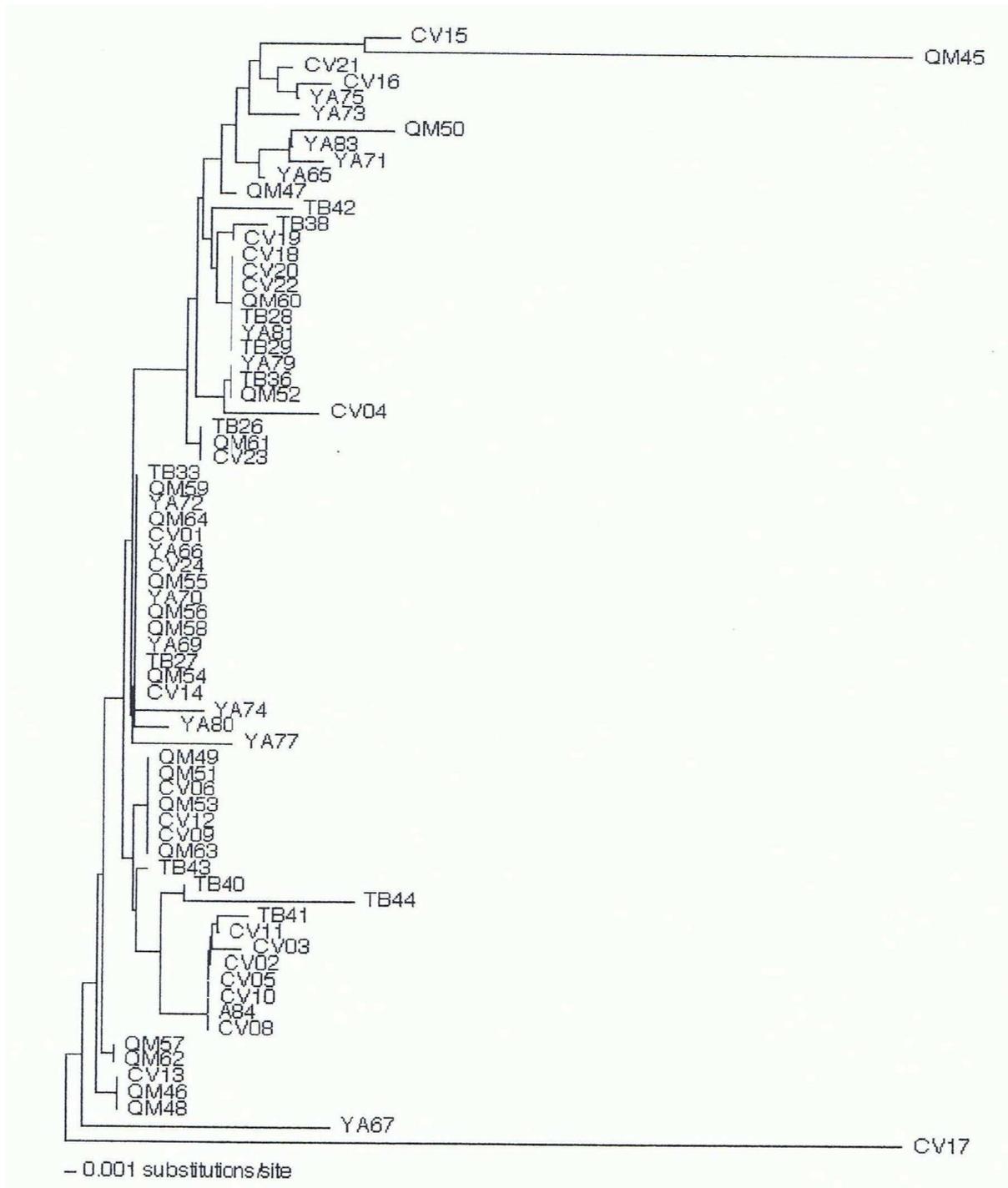
Con el resultado de aislamiento se aseguró un templado de buena calidad para la amplificación de secuencias de las distintas poblaciones. Se obtuvo un fragmento de 350 pb aproximadamente, determinado por la migración en el gel con respecto a un estándar de tamaños moleculares (Fig. 16).



**Figura 16.** Electroforesis en gel de agarosa al 1% que señala la amplificación del fragmento de citocromo b en cuatro individuos (1-4) de *Mulinia* de la población de Yaldad.

### ***Análisis Filo genéticos***

Los análisis de datos mediante Máxima verosimilitud arrojaron valores de frecuencias nucleotídicas de A: 0,30; C: 0,23; G: 0,27; T: 0,20. El modelo de evolución seleccionado por el método HLRT fue el HKY+L, el cual corresponde a una proporción de sitios invariables no significativa, una distribución gamma con un parámetro de forma (alfa): 0,1831 y número de categorías de tasa de cambio igual a 4. En relación a la topología del cladograma (Fig. 17), el árbol de máxima verosimilitud resultó similar al árbol obtenido en el análisis bayesiano. No hubo soporte estadístico significativo para ninguno de los ciados conformados a priori por las poblaciones muestreadas, es decir, de los resultados obtenidos no es posible observar un agrupamiento por procedencia de las muestras y tampoco es posible especular sobre un probable agrupamiento taxonómico.



**Figura 17.** Árbol de máxima verosimilitud obtenido del análisis de secuencias del citocromo *b* y que muestra las relaciones entre las poblaciones de *Mulinia*. CV=Cerro Verde, TB=Tubul, QM=Quetalmahue y YA=Yaldad.

### **Análisis Genético Poblacional**

Los parámetros genéticos de diversidad para las poblaciones de *Mulinia* se señalan en la Tabla 5. La población con el mayor número de sustituciones o cambios nucleotídicos fue la de Cerro Verde, significativamente superior a las otras tres poblaciones analizadas. De igual manera, el número promedio de diferencias de bases nucleotídicas, fue considerablemente más alto en la población de Cerro Verde que en las otras tres poblaciones. El mayor índice de diversidad haplotípica (H), lo presentó la población de Tubul con un valor de 0.92.

**Tabla 5.** Índices de diversidad molecular de las poblaciones de *Mulinia*. H: índice de diversidad haplotípica;  $\pi_n$ : índice de diversidad nucleotídica;  $\pi$ : número promedio de diferencias de bases entre las secuencias.

	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Tamaño de la Muestra	23	12	20	16
Nºde Haplotipos	13	10	9	12
Nºde Transiciones (Ts)	65	8	15	13
Nºde Tranversiones (Tv)	123	10	15	10
Razon TsJTv	0.52	0.8	1	1.3
Nºde sustituciones	188	18	30	23
Nºde Nucleótidos	307	307	307	307
H	0.88	0.92	0.54	0.78
$\pi_n$	0.06	0.013	0.015	0.014
$\pi$	18.49	4.13	4.58	4.31

Se encontraron 32 haplotipos diferentes en las 71 taquillas analizadas (Tabla 6). Trece haplotipos correspondieron a la población de Cerro Verde, diez en la de Tubul, diez en la de Quetalmahue y doce en la población de Yaldad. Con respecto a los haplotipos exclusivos, seis fueron propios de Cerro Verde, seis propios de Tubúl, cuatro propios de Quetalmahue y ocho propios de Yaldad.

**Tabla 6.** Distribución, por presencia y número de los haplotipos de *Mulinia* por población.

Haplotipo	Cerro Verde (23)	Tubul (12)	Quetalmahue (20)	Yaldad (16)
Haplotipo 01	1	0	0	0
Haplotipo 02	3	2	1	1
Haplotipo 03	1	0	0	0
Haplotipo 04	1	0	0	0
Haplotipo 05	1	0	0	0
Haplotipo 06	1	1	1	0
Haplotipo 07	5	0	0	1
Haplotipo 08	1	0	0	0
Haplotipo 09	1	0	2	0
Haplotipo 10	3	0	4	0
Haplotipo 11	1	0	0	0
Haplotipo 12	3	2	6	4
Haplotipo 13	1	0	0	0
Haplotipo 14	0	0	1	0
Haplotipo 15	0	0	1	0
Haplotipo 16	0	1	1	1
Haplotipo 17	0	0	2	0
Haplotipo 18	0	0	1	0
Haplotipo 19	0	0	0	1
Haplotipo 20	0	0	0	1
Haplotipo 21	0	0	0	1
Haplotipo 22	0	0	0	1
Haplotipo 23	0	0	0	1
Haplotipo 24	0	0	0	1
Haplotipo 25	0	0	0	1
Haplotipo 26	0	0	0	1
Haplotipo 27	0	1	0	0
Haplotipo 28	0	1	0	0
Haplotipo 29	0	1	0	0
Haplotipo 30	0	1	0	0
Haplotipo31	0	1	0	0
Haplotipo32	0	1	0	0

Los resultados de los análisis de AMOVA y de distancia genética se muestran en las Tablas 7 y 8. El primer grupo estuvo conformado por las poblaciones de Cerro Verde y Tubul y el segundo grupo por las de Quetalmahue y Yaldad. El porcentaje de variación entre y dentro de grupos fue 1.84 y —1.97, respectivamente. Del valor de  $F_{st}$ , se concluye que no hay diferencias significativas entre las poblaciones ni entre los grupos de poblaciones. La distancia genética observada fue mínima entre las poblaciones observadas

**Tabla 7.** Distribución de la variación genética entre las poblaciones de *Mulinia* estudiadas en la costa de la VIII y X Región.

Fuente de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Componentes de la varianza	Porcentaje de variación
Entre grupos	1	6.403	0.08148	1.84
Entre poblaciones dentro de grupos	2	7.209	-0.04748	-1.07
Dentro de poblaciones	67	294.866	4.40099	99.23
Total	70	308.479	4.43499	<b>Fst =0.0064</b>

**Tabla 8.** Distancia genética derivada de los valores de Fst para la comparación entre pares de poblaciones de *Mulinia*.

Población	1	2	3	4
Cerro Verde	0.00000			
Tubúl	-0.02096	0.00000		
Quetalmahue	0.00793	0.04423	0.00000	
Yaldad	-0.00308	0.02082	0.01385	0.00000

Los resultados de los análisis filogenético y genético poblacional, permiten concluir que no hay diferenciación molecular significativa entre las distintas poblaciones estudiadas de la almeja *Mulinia* en la costa de la VIII y X Región. Estos análisis evidencian una baja estructura poblacional, elevado flujo génico y bajo soporte estadístico de los clados en el análisis filogenético. Debido a lo mismo, se consideró injustificado aplicar el protocolo de Wiens & Penkrot (2002) para estimar límites entre especies, dado a la no obtención de un árbol filogenético con buen soporte estadístico.

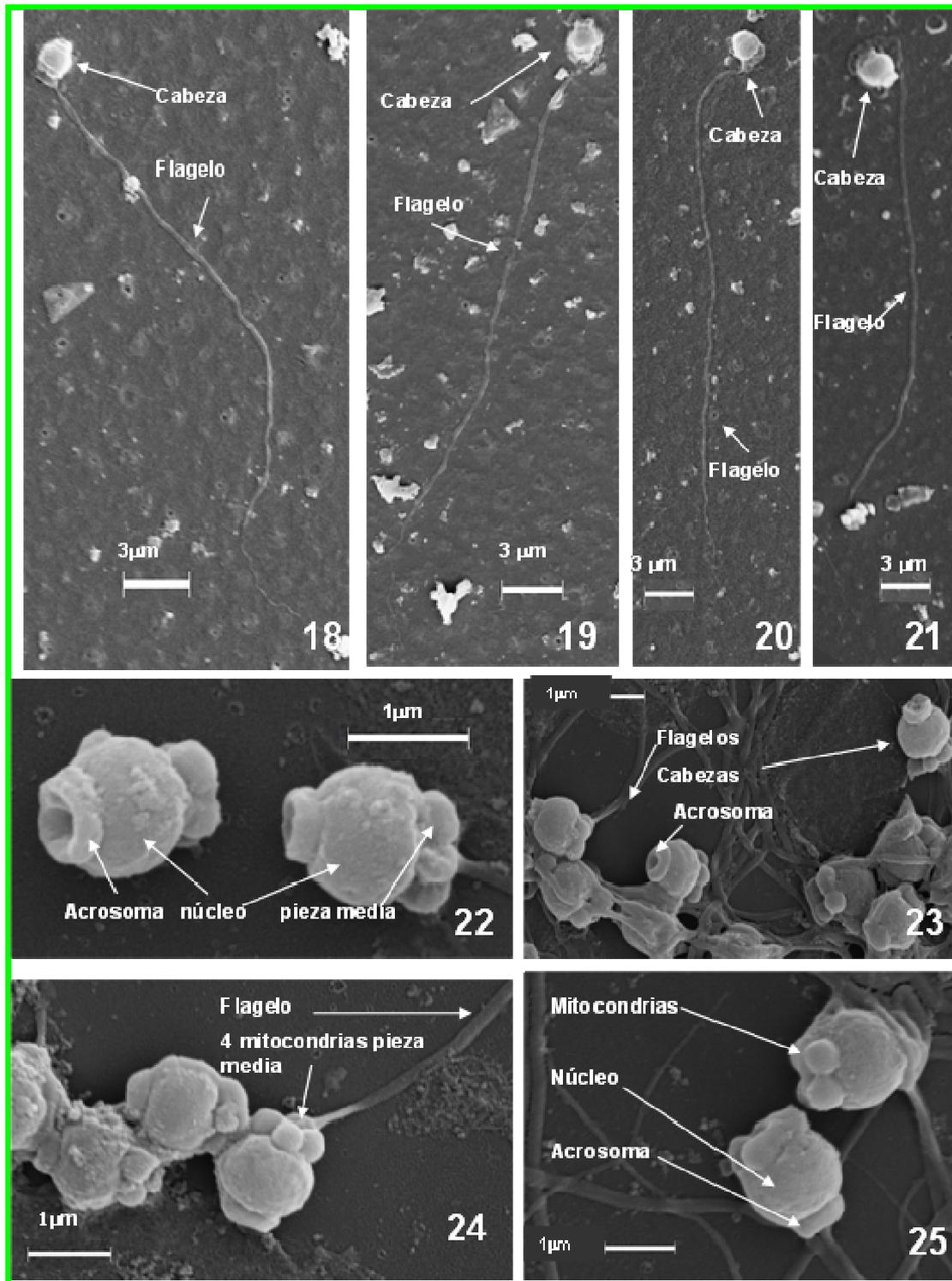
## Morfología espermática

Los análisis de microscopía electrónica de barrido muestran que los espermatozoides de las almejas de los cuatro bancos estudiados tienen una morfología similar, única y característica (Fig. 18, 19, 20 y 21). Las microfotografías muestran que en la región de la cabeza, aparece el acrosoma en forma de un anillo con una depresión central y la pieza media con presencia de un anillo de cuatro mitocondrias esféricas. Esto se debe a que al no utilizar punto crítico en el secado del frotis, la tensión superficial hace que la membrana plasmática se colapse sobre las estructuras internas (Fig. 22, 23, 24 y 25). El flagelo es simple con un filum terminal.

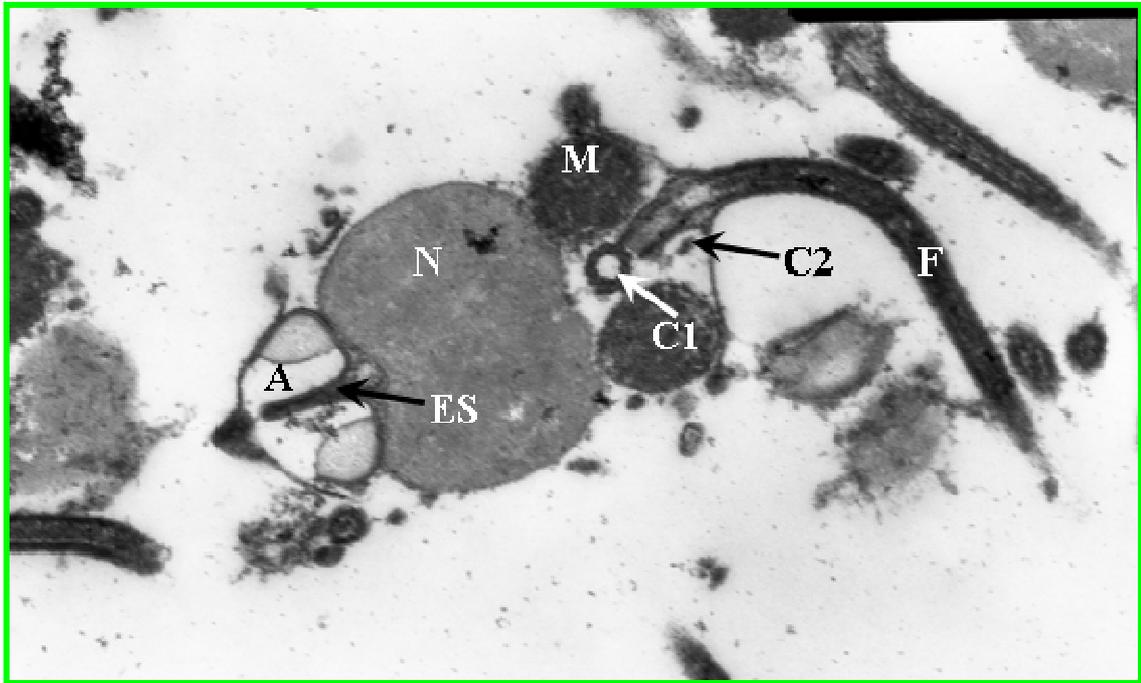
La ultraestructura de la morfología espermática de las almejas de los cuatro bancos (sitios) estudiados, mostró rasgos similares y conservativos (Fig. 26); por lo tanto se realiza a continuación solo una descripción de esa ultraestructura.

Los espermatozoides tienen una longitud total promedio de 54  $\mu\text{m}$ . Poseen una cabeza ovalada con 1,6  $\mu\text{m}$  de longitud y 1,2  $\mu\text{m}$  de diámetro. Se puede observar un núcleo esférico de 1,1  $\mu\text{m}$  con heterocromatina granular compactada de alta densidad electrónica. Apical al núcleo, se encuentra un acrosoma desarrollado con un diámetro máximo de 0,8  $\mu\text{m}$  y altura de 0,6  $\mu\text{m}$ , formado por dos compartimentos, uno basal pegado al núcleo de mediana densidad electrónica y uno apical electro lúcido. Bajo el acrosoma se encuentra el espacio sub acrosómico de forma cónica que contiene material electro denso. La pieza media, con un diámetro máximo de 1,1  $\mu\text{m}$  y longitud de 0,5  $\mu\text{m}$ , está formada por un anillo mitocondrial constituido por cuatro mitocondrias esféricas que rodean a los centriolos proximal y distal. El centriolo distal origina un flagelo simple formado por 92 + 2 microtúbulos rodeados por membrana plasmática cuya longitud total es de 5,2  $\mu\text{m}$ . (Fig. 27, 28, 29 y 30). Todas las gónadas procesadas mostraron solamente espermatozoides del tipo eupirenos. En cuanto a la sexualidad de los individuos esta es gonocórica (un solo sexo). Los espermatozoides estudiados siguen el patrón general de las especies primitivas, lo que permite concluir que la fecundación es externa.

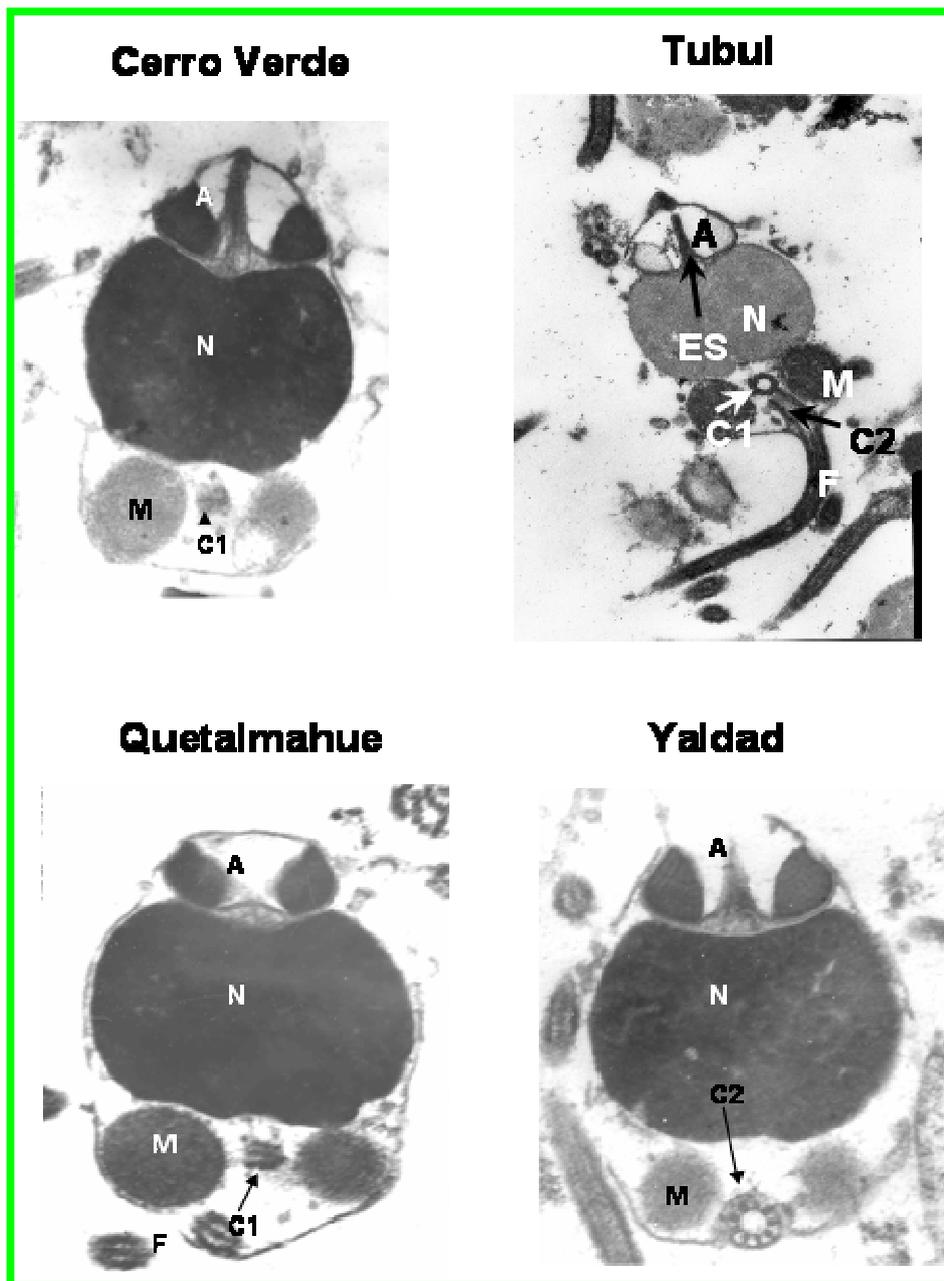
Otros integrantes del grupo “almejas” en Chile (*Protothaca thaca*, *Venus antiqua*, *Semela solida*, *Gari solida*, *Eurhomalea lenticularis*, *E. rufa* y *E. exalbida*), presentan espermatozoides de cabeza cilindro-cónico (Guerra *et al.* 1994; O. Garrido, información personal). Los espermatozoides de la especie analizada en este estudio, presentan cabeza ovalada con núcleo redondeado, rasgo característico y diferencial. Los análisis realizados con microscopía electrónica de barrido y de transmisión, muestran que los espermatozoides de las cuatro poblaciones estudiadas de almejas presentaron dimensiones, estructuras y rasgos morfológicos similares. La alta resolución de estos métodos de estudio, permite concluir que todos los individuos examinados pertenecen a la misma especie de *Mulinia*.



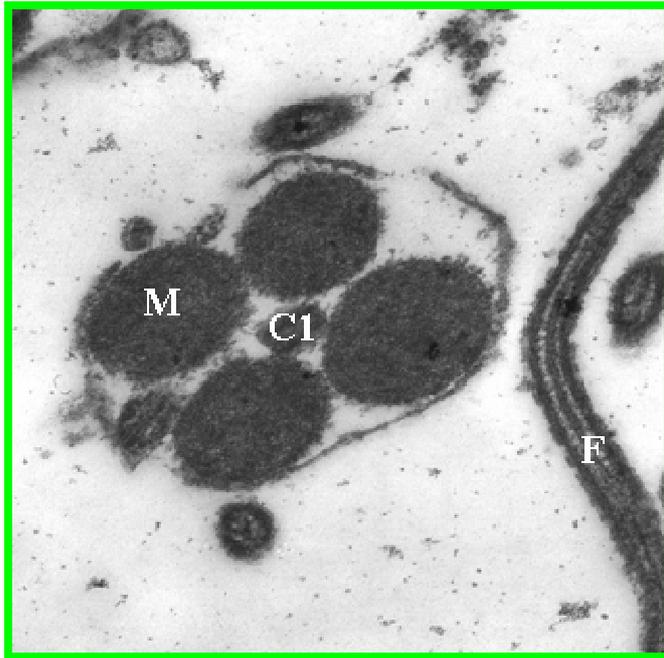
**Figuras 18 a 25.** Microscopía Electrónica de Barrido. Espermatozoides de taquillas recolectados desde Tubul (18 y 22), Cerro Verde (19 y 23), Quetalmahue (20 y 24) y Yaldad (21 y 25).



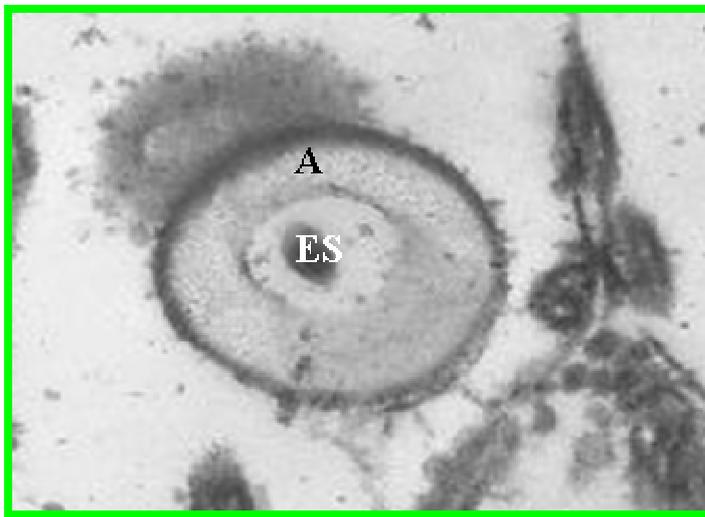
**Figura 26.** Microscopía Electrónica de Transmisión: corte sagital de cabeza y flagelo de espermatozoide de taquilla recolectada en Tubul. A= acrosoma, C1= centriolo proximal, C2 = centriolo distal, ES= espacio sub-acrosómico, F= flagelo, M= mitocondria y N= núcleo. 38.000 X



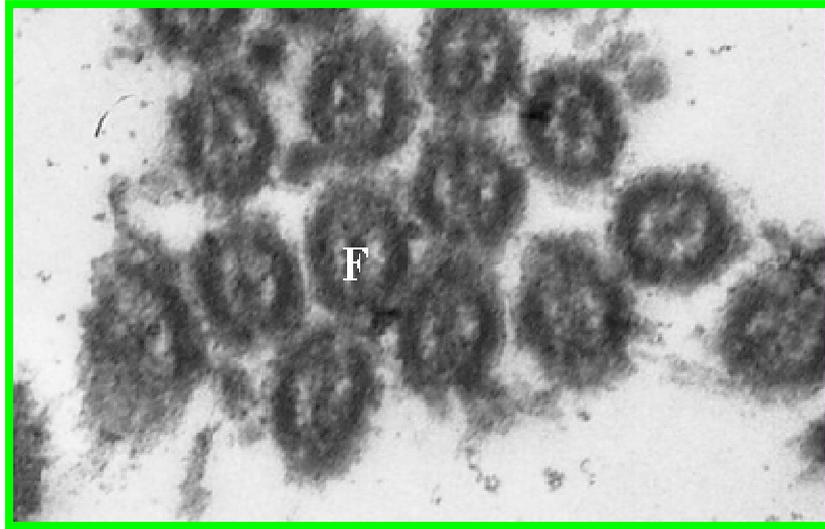
**Figura 27.** Microscopía Electrónica de Transmisión: cortes sagitales de cabezas de espermatozoides de taquilla, provenientes de los cuatro bancos seleccionados. A= acrosoma, C1= centriolo proximal, C2= centriolo distal, ES= espacio sub-acrosómico, F= flagelo, M= mitocondria y N= núcleo. 38.000 X. Debido a los complejo de realizar este tipo de cortes, no es posible reconocer las mismas estructuras en todas las figuras.



**Figura 28.** Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de pieza media de espermatozoide de taquilla recolectada en Cerro Verde. C1= centriolo proximal, F= flagelo y M= mitocondria. 38.000 X



**Figura 29.** Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de región basal de acrosoma de espermatozoide de taquilla recolectada en Quetalmahue. A= acrosoma y ES= espacio sub-acrosómico 38.000 X



**Figura 30.** Microscopía Electrónica de Transmisión: corte transversal de flagelos 92 + 2 microtúbulos de espermatozoide de taquilla recolectada en Yaldad. F = flagelos. 38.000 X

## **6.2. Resultados en relación al objetivo específico 42 (Ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X específico 4.2)**

*Mulinia edulis* se distribuye geográficamente desde el Callao en Perú, hasta el Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego, presentando sus principales centros de desembarque a nivel nacional en la IV, VIII y X Regiones. En la VIII Región, este recurso se ha transformado desde 1998 en uno de los que presenta mayores volúmenes de extracción. De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de Pesca, en la VIII Región los desembarcos de taquilla se realizan sólo en la localidad de Coronel, en tanto que en la X Región más de un 50% de los desembarcos de *Mulinia* ocurren en Puerto Montt. Sin embargo la información de estos anuarios no refleja la magnitud de la extracción por bancos y en general no representa una buena herramienta a la hora de prospectar los bancos de taquilla en terreno.

De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de Pesca, en la VIII Región los desembarcos de taquilla se realizan sólo en la localidad de Coronel, en tanto que en la X Región más de un 50% de los desembarcos de *Mulinia* ocurren en Puerto Montt. Sin embargo la información de estos anuarios no refleja la magnitud de la extracción por bancos y en general no representa una buena herramienta a la hora de prospectar los bancos de taquilla en terreno. Debido a esto la principal fuente de información a la hora de prospectar los bancos de taquilla se basó en la información aportada por los pescadores de las zonas visitadas. Asimismo, los estudios FIP 96-46 “Estudio biológico pesquero de los recursos almeja, navajuela y huepo en la VIII y X Regiones” y FONDECYT 1030335 “Nord-Patagonic tidal flat: mechanical disturbances as determinants of macroinfaunal community structure”, mostraron la presencia de estos bivalvos en las localidades de Huidad, Compu, Coihuin, Maullin y Yaldad en la X Región y de Tubul en la VIII Región.

La tabla 9 muestra los valores de desembarque (ton/año) de *Mulinia*, desde el año 1998 hasta el año 2006 en la VIII Región del Bío-Bío (Anuarios Estadísticos de

Pesca). Los desembarques se registraron en las localidades de Lebu, Tomé y Coronel. Esta última localidad presentó los mayores valores de desembarco de la Región durante todo el período analizado, concentrando el 100% del total entre los años 1998 y 2002 y durante el año 2006. La localidad de Lebu sólo registró desembarques durante los años 2004 y 2005 con 50 y 94 ton/año respectivamente, lo cual no supera el 2% del total desembarcado en la región. Por su parte, en la localidad de Tome se registraron desembarques entre los años 2003 a 2005 con 196, 324 y 8 ton/año respectivamente, los cuales representan bajos porcentajes con respecto del total desembarcado en la Región (entre un 4, 9 y 0.1%). En general, se puede observar que entre los años 1998 y 2001 los desembarques totales de *Mulinia edulis* en la VIII Región fueron similares, fluctuando entre 1185 y 1992 ton/año. Desde el año 2002 en adelante el desembarco de este recurso aumentó significativamente.

Tabla 9. Desembarque de *Mulinia* desde el año 1998 hasta el año 2006 en la VIII Región del Bío-Bío. Se entregan los valores de desembarco (ton/año) por localidad y para el total de la Región.

Año	Lebu	Tome	Coronel	Total Región
1998	-	-	1992	1992
1999	-	-	1185	1185
2000	-	-	1238	1238
2001	-	-	1392	1392
2002	-	-	6079	6079
2003	-	196	4777	4973
2004	50	324	3141	3515
2005	94	8	5807	5909
2006	-	-	2938	2938

La tabla 10 muestra los valores (ton/año) de desembarque de *Mulinia edulis* desde el año 1998 hasta el año 2006 en la X Región de los Lagos (Anuarios Estadísticos de Pesca). Las localidades donde se registraron los desembarques en esta región fueron Puerto Montt, Calbuco, Ancud, Castro y Quellón. Puerto Montt fue la localidad donde se registraron los mayores desembarques desde el año 1999 hasta el año 2004. Durante el año 1998 no se registro desembarque en esta localidad. Esta localidad presenta una tendencia de aumento desde el año 1999 hasta el año 2003, durante el 2004 y 2005 disminuye para luego recuperarse y aumentar nuevamente

durante el año 2006. En el resto de localidades, los desembarques de este recurso presentaron una alta variabilidad. Ancud registró lo máximos desembarques de la Región durante los años 1998 y 2006 (171 y 1406 ton/año, respectivamente), en tanto que Quellón lo hizo durante el año 2005 (466 ton/año). En general se observa una tendencia al aumento en las toneladas de *Mulinia edulis* desembarcadas desde el año 1998 hasta el año 2006, registrándose los desembarques más altos durante los años 2003 y 2006 con 2228 y 2369 ton/año, respectivamente. Finalmente, se puede observar que los mayores desembarques de esta almeja se registran en las localidades ubicadas más la norte de esta región (i.e. Puerto Montt, Calbuco y Ancud), disminuyendo en las de más al sur (i.e. Castro y Quellón).

Tabla 10. Desembarque de *Mulinia edulis* desde el año 1998 hasta el año 2006 en la X Región de los Lagos. Se entregan los desembarcos (ton/año) por localidad y para el total de la Región.

Año	Puerto Montt	Calbuco	Ancud	Castro	Quellón	Total Región
1998	-	4	171	-	20	195
1999	140	129	-	92	-	361
2000	154	42	22	-	-	218
2001	276	24	-	-	-	300
2002	777	-	164	-	-	941
2003	2207	-	10	11	-	2228
2004	759	1	11	5	-	776
2005	132	220	244	-	466	1062
2006	722	111	1406	130	-	2369

Una vez analizados los antecedentes de los desembarcos de *Mulinia edulis* recopilados de los Anuarios Estadísticos de Pesca, se realizaron visitas a cada Región para conocer en terreno las localidades o sectores desde donde se estaba realizando la extracción de este recurso y contrastar esta información con la entregada por los Anuarios Estadísticos de Pesca. Como se ha mencionado anteriormente, la información de estos anuarios no refleja la magnitud de la extracción por bancos y en general no representa una buena herramienta a la hora de prospectar los bancos de taquilla en terreno.

Durante los meses de Marzo y Abril de 2007, se realizaron salidas a terreno a las

costas de la VIII y X Región, visitándose alrededor de cinco localidades en cada una de esas regiones. En estos sitios se conversó con pescadores artesanales para recibir información acerca de los bancos, como su amplitud y productividad. Cabe señalar que en algunas localidades la información de los bancos estuvo supeditada a la propia extracción de los pescadores. Es decir en algunas localidades se nos informó que en años anteriores se extraía el recurso, no existiendo una pesquería actual, ya sea por falta de demanda o por falta de recurso en otros casos los bancos se encontraban demasiado alejados de los puntos de desembarco con lo que se dificultaba la prospección de esos bancos. Todos estos bancos no fueron prospectados, esto para optimizar recursos y horas hombre de trabajo.,

En la costa de la VIII Región se visitaron las localidades de Lebu, Arauco, Tubul, Llico, Punta Lavapie, Coronel, Caleta Maule (cerca de Coronel) y Cerro Verde (Penco). En estas localidades se informó que los principales centros de extracción de taquilla se encontraban en el golfo de Arauco (sector costero aledaño a ciudad de Arauco y en la localidad de Tubul), en el sector de Coronel y Penco.

En la X Región la primera localidad en ser visitada fue Puerto Montt, lugar donde se registran en general los mayores desembarques de este recurso. Pescadores y mariscadores de la zona (por ejemplo de Pelluco, Quillaipe y Piedra Azul entre otras) nos informaron que este recurso no era explotado de manera importante en la zona y que el mismo venía principalmente de bancos alejados de la ciudad de Puerto Montt, lo mismo paso en la ciudad de Calbuco. Por otra parte, pudimos constatar en terreno, que una de las principales actividades de los mariscadores de la zona es la extracción en la zona intermareal de recursos como navajuelas (*Tagelus dombeii*) y almejas (*Venus antiqua*, *Gari solida* y *Semele solida*), por lo que no contaban con implementos como botes y equipos de buceo, tanto autónomos como semi-autónomos, que permitieran el desarrollo de una pesquería de mayor escala. Con esta información, realizamos vistas a las localidades de Ancud, Castro y Quellón, para conocer los sectores y el nivel de extracción de *Mulinia edulis* en la Isla de Chiloé. En Ancud nos encontramos con una importante pesquería asociada a la extracción de *Mulinia edulis* los pescadores de la zona nos informaron que se dedicaban diariamente a la extracción de este recurso, el

cual era enviado principalmente a Puerto Montt. Estos pescadores contaban con toda la implementación para desarrollar esta actividad, es decir, botes y equipos de buceo semi-autónomo. Los pescadores nos informaron de los sectores específicos dentro de la localidad de Ancud donde se estaban realizando las extracciones de este recurso, era la localidad de Quetalmahue. En Castro no encontramos pescadores que se dedicaran significativamente a la extracción de *Mulinia edulis*, además no encontramos una buena recepción para realizar estos estudios. En esta localidad, las principales actividades que observamos fue el marisqueo intermareal, la recolección de algas y extracción submareal de almejas de la especie *Venus antiqua* principalmente. Es importante destacar que muchos pescadores de esta localidad, nos señalaron que esta almeja no es muy explotada debido a que la demanda no es sostenida, este es un aspecto que coincide con las especies que se observan generalmente en los mercados, donde *Mulinia edulis* es escasamente encontrada. En la localidad de Quellón, nos informaron que no se estaban realizando extracción importante de Taquilla, sin embargo los se habían registrado extracción en años anteriores en las localidades de Yaldad y Compu. En Compu no se tuvo acceso a botes, ya que no se encontró buena recepción para estos estudios.

En base a los antecedentes e información recopilada se realizaron muestreos en las localidades de Cerro Verde, Maule, Tubul y Llico, en la costa de la VIII Región y en las localidades de Ahui, Quetalmahue y Yaldad en la costa de la X Región. Las ubicaciones geográficas de esos sitios se presentan en la Tabla 11 y Figura 31.

**Tabla 11.** Ubicaciones geográficas en grados decimales de los bancos muestreados. Los puntos A, B, C y D corresponden a los vértices del área muestreada en cada banco (ver Figuras 32 a 38).

	VIII Región			X Región	
	Latitud	Longitud		Latitud	Longitud
Cerro Verde			Ahui		
A	-36.72289	-73.04794	A	-41.808933	-73.891057
B	-36.72527	-73.03164	B	-41.810298	-73.88697
C	-36.73255	-73.06274	C	-41.814232	-73.889808
D	-36.73733	-73.03356	D	-41.812592	-73.894358
Maule			Quetalmahue		
A	-37.011087	-73.188102	A	-41.856169	-73.972221
B	-37.010964	-73.183294	B	-41.85179	-73.976635
C	-37.016323	-73.186469	C	-41.855582	-73.985109
D	-37.015292	-73.181698	D	-41.859988	-73.981419
Tubul			Yaldad		
A	-37.236712	-73.42063	A	-43.117683	-73.739543
B	-37.238882	-73.409111	B	-43.121652	-73.738143
C	-37.241869	-73.410407	C	-43.112925	-73.710698
D	-37.239722	-73.422347	D	-43.10999	-73.712335
Llico					
A	-37.186944	-73.56529			
B	-37.188584	-73.55905			
C	-37.193959	-73.560909			
D	-37.190993	-73.566778			

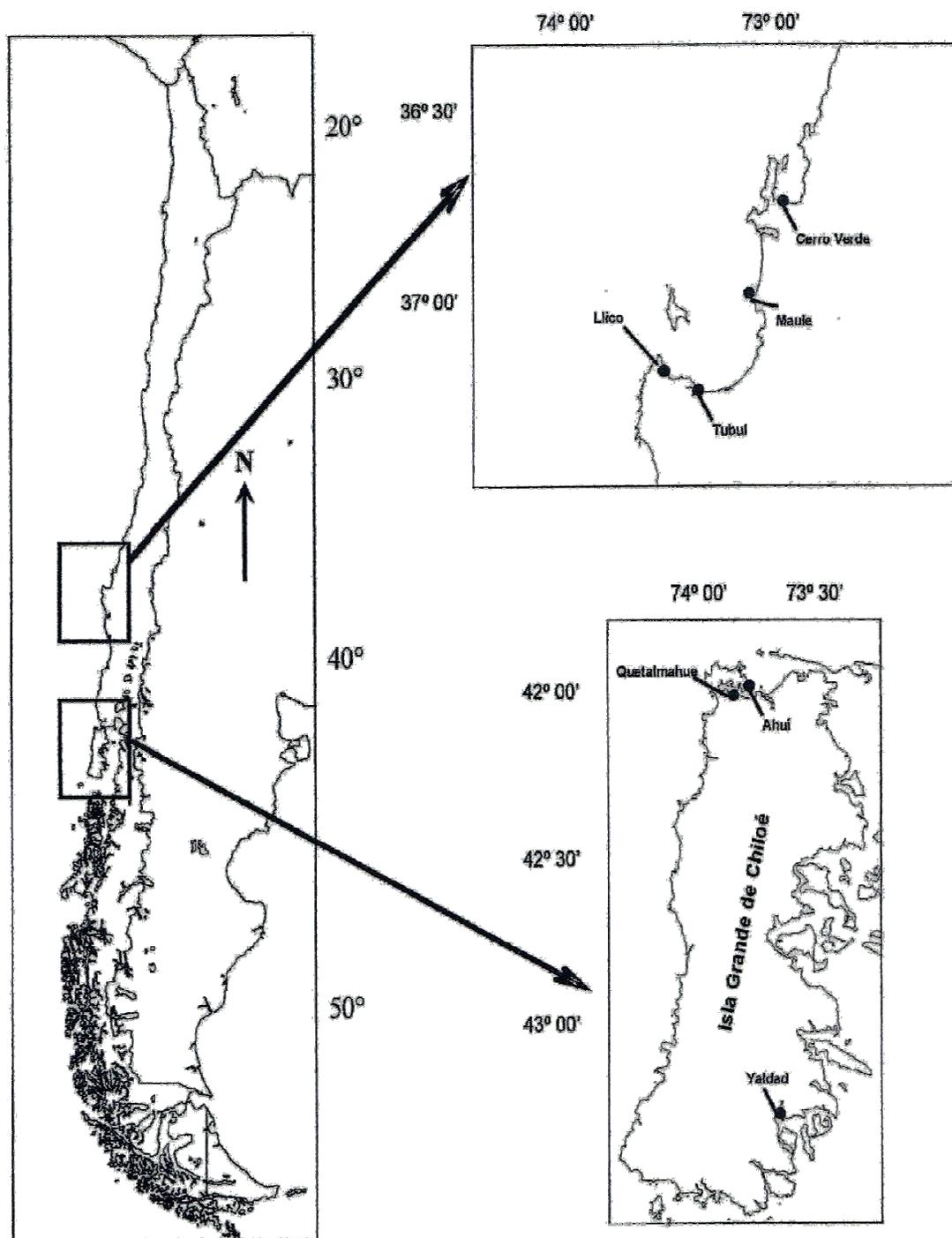


Figura 31. Ubicación de los bancos muestreados en la costa de la VII y X Región.

De los bancos visitados en la VIII Región, Tubul fue el que mostró los mayores volúmenes de desembarco. En los días en que miembros del equipo de trabajo permanecieron en la zona, se contabilizaron alrededor de 25 botes dedicados a la extracción de taquilla. En general, cada uno de esos botes contaba con 2 buzos mariscadores los cuales recolectaban entre 10 y 12 mallas de alrededor de 80 kilos, en una jornada de buceo. En la costa cercana a la ciudad de Arauco también se observó la extracción y desembarco de taquilla, sin embargo esta extracción se realizaba mayormente en el banco explotado por los pescadores de Tubul (esta información fue aportada por los mismos pescadores de Tubul). En LLico no se observó la presencia de pescadores realizando extracción de taquillas. En las caletas de Maule y Cerro Verde, tampoco se observó la presencia de botes dedicados a la extracción de taquillas, sin embargo pescadores de aquellas caletas informaron que cuando el recurso generado por la caleta de Tubul no satisface la demanda, algunos pescadores se dedican a la extracción en esas caletas.

De los bancos visitados en la X Región, solo el banco de Quetalmahue mostró una flota almejera importante. Se contabilizaron alrededor de 15 botes dedicados a la extracción de taquilla logrando una captura de hasta 600 kilos por bote. Además en este banco se observó la extracción por parte de mariscadores de orilla en periodos de bajamar. En la localidad de Ahui y Yaldad, se informó que el recurso era escaso y que no estaba sometido a extracción.

Los valores de abundancia de taquillas y su distribución dentro de cada uno de los bancos estudiados se presentan en la Tabla 12 y Figuras 32 a 38, mientras que las distribuciones de clases de talla se presentan en las Figuras 39 a 40.

**Tabla 12.** Abundancia de taquilla (ind / 0.25 m<sup>2</sup>), los datos corresponden al promedio de dos cuadrantes con la desviación estándar en paréntesis.

	VIII Región				X Región		
	Cerro Verde	Maule	Tubul	Llico	Ahui	Quetalmahue	Yaldad
Estación 1	5.0 (0.0)	0.0 (0.0)	51.0 (18.0)	17.0 (1.4)	0.5 (0.7)	28.0 (10.3)	2.5 (0.7)
Estación 2	11.5(9.2)	0.0(0.0)	65.5(7.8)	6.5(3.5)	1.5 (0.7)	9.3 (5.9)	4.5 (0.7)
Estación 3	24.5 (2.1)	0.0 (0.0)	69.0 (4.2)	5.5 (0.7)	1.0 (1.4)	54.8 (1.7)	0.5 (0.7)
Estación 4	6.0(1.4)	0.0(0.0)	1.5(2.1)	5.5(2.1)	0.5 (0.7)	5.0 (3.2)	0.0 (0.0)
Estación 5	7.0 (0.0)	0.0 (0.0)	6.5 (3.5)	4.0 (1.4)	0.0 (0.0)	18.3 (10.6)	6.0 (1.4)
Estación 6	0.0(0.0)	0.0(0.0)	19.0(4.2)	6.0(1.4)	0.0 (0.0)	50.0 (9.3)	8.5 (0.7)
Estación 7	4.0(4.2)	52.0(7.1)	24.5(2.1)	6.5(2.1)	1.5 (2.1)	87.8 (1.7)	9.5 (0.7)
Estación 8	8.5 (0.7)	45.5 (7.8)	38.5 (14.8)	3.5 (2.1)	0.5 (0.7)	22.0 (23.3)	8.5 (2.1)
Estación 9	9.5(0.7)	46.5(9.2)	41.5(16.3)	3.0(1.4)	0.0 (0.0)	70.5 (6.4)	8.5 (2.1)
Estación 10	20.0 (7.1)	45.0 (15.6)	36.0 (15.6)	4.0 (0.0)	0.0 (0.0)	44.5 (21.9)	8.0 (1.4)
Estación 11	38.5 (2.1)	72.0 (35.4)	50.5 (10.6)	5.0 (1.4)	1.0 (1.4)	41.0 (9.9)	10.5 (4.9)
Estación 12	27.5(4.9)	25.0(2.8)	40.0(8.5)	2.0(1.4)	0.0 (0.0)	35.5 (0.7)	7.0 (0.0)
Estación 13	10.5 (4.9)	53.0 (5.7)	50.0 (9.9)	0.5 (0.7)	0.0 (0.0)	25.0 (8.5)	0.0 (0.0)
Estación 14	17.5 (3.5)	35.5 (7.8)	66.0 (25.5)	3.5 (0.7)	0.0 (0.0)	28.5 (4.9)	6.5 (3.5)
Estación 15	20.5 (13.4)	30.0 (9.9)	78.5 (4.9)	0.5 (0.7)	0.0 (0.0)	56.5 (2.1)	10.5 (3.5)
Estación 16	3.5 (0.7)	22.0 (5.7)	9.0 (1.4)	2.5 (0.7)	0.0 (0.0)	39.5 (0.7)	3.0 (0.0)
Estación 17	6.5 (0.7)	20.0 (1.4)	17.0 (2.8)	0.5 (0.7)	0.0 (0.0)	23.5 (0.7)	4.5 (2.1)
Estación 18	6.5 (4.9)	47.5 (6.4)	23.5 (2.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	29.5 (6.4)	7.5 (2.1)
Estación 19	10.5(2.1)	25.5(4.9)	15.5(6.4)	0.0(0.0)	0.0 (0.0)	45.5 (0.7)	8.0 (1.4)
Estación 20	6.0(4.2)	27.0(2.8)	31.0(8.0)	1.0(1.4)	0.0 (0.0)	31.0 (15.6)	4.5 (0.7)
Estación 21	4.0(2.8)	14.0(1.4)	76.0(14.1)	0.0(0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 22	0.0(0.0)	22.5(3.5)	71.5(36.1)	1.0(1.4)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	7.5 (2.1)
Estación 23	0.0 (0.0)	19.5 (9.2)	83.0 (11.3)	2.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 24	0.0 (0.0)	27.0 (7.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 25	0.0 (0.0)	44.5 (4.9)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 26	0.0 (0.0)	59.0 (26.9)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 27	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 28	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 29	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
Estación 30	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)

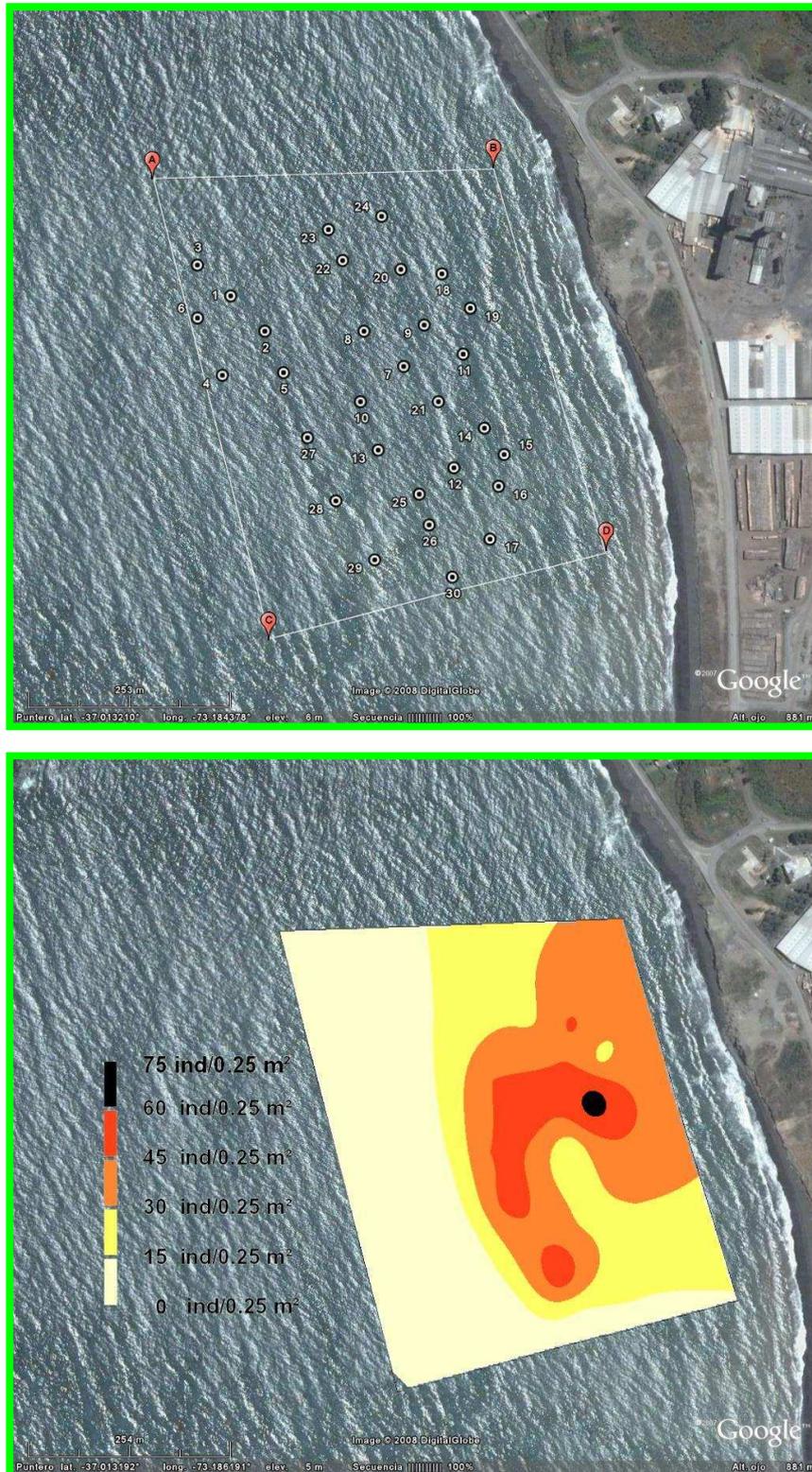
El banco de Cerro Verde presentó abundancias que variaron entre 5.0 y 38.5 ind./0.25 m<sup>2</sup> (esto sin considerar aquellos cuadrantes en los que no se recolectaron taquillas) (Tabla 12). En este banco, la distribución de taquillas no fue homogénea registrándose las mayores abundancias en uno de sus extremos (estaciones 10 a 15) (Tabla 12, Fig. 32), estando casi ausente de la zona media del banco (Fig. 32). La distribución de clases de talla, mostró dos modas claramente diferenciadas, una de individuos de entre 24 y 38 mm y otra de entre 40 y 68 mm (Fig. 39). En el banco de la caleta Maule la abundancia de taquilla, presentó valores de abundancias que fluctuaron entre 14.0 y 72.0 ind. / 0.25 m<sup>2</sup>

(Tabla 12). En este banco, la distribución fue relativamente más homogénea, con las mayores abundancias en la parte media del mismo (Fig. 33). La estructura de clases de talla, presentó claramente una moda, con la mayoría de las tallas distribuidas entre los 40 y 70 mm (Fig. 39). En Tubul, se registraron las mayores abundancias de taquillas en los bancos estudiados en la VIII Región, con valores que variaron entre 1.5 y 83.0 ind. / 0.25 m<sup>2</sup> (Tabla 12). La distribución dentro del banco no fue homogénea, presentándose en general las mayores abundancias en el sector más cercano a la orilla y menores en el área más alejada de la misma (Fig. 34). La estructura de clases de talla, presentó un rango que varió entre los 28 y 72 mm, presentándose al menos 2 modas importantes (Fig 39). El banco de Llico fue el que presentó las menores abundancias de taquilla, con valores que variaron entre 1.0 y 17.0 ind. / 0.25 m<sup>2</sup> (Tabla 12). En este banco, la distribución de taquillas estuvo restringida a uno de los extremos del banco estando casi ausente en el resto de él (Fig. 35). La estructura de clases de talla mostró un rango entre 44 y 70 mm, no presentándose individuos de tallas menores a los 40 mm (Fig. 39).

En la X Región, el banco de Ahui fue el que mostró los menores valores de abundancia, con valores menores a los 2 ind / m<sup>2</sup> (Tabla 12). Debido a esto y a que en general la mayoría de los puntos muestreados no presentó individuos de taquilla, no se realizó el análisis de la distribución de taquilla en el banco (Fig. 365.). El banco de Quetalmahue fue el que mostró los mayores valores de abundancia de los bancos muestreados en la X Región, con valores que variaron entre 5.0 y 70.5 ind. / 0.25 m<sup>2</sup> (Tabla 10). En general la distribución de taquillas fue homogénea dentro del banco, presentándose las mayores abundancias en uno de los extremos del mismo (Fig. 37). La estructura de clases de talla de este banco presento un amplio rango de tallas, las cuales variaron entre los 20 y 76 mm (Fig. 40). El banco de Yaldad, presentó valores de abundancia que variaron entre los 2.5 y 10.5 ind /0.25 m<sup>2</sup> (Tabla 12). La distribución de estos organismos se restringió a los dos extremos del banco (Fig.38); las prospecciones realizadas en la parte media del banco no registraron presencia de taquillas. En general, la mayoría de los individuos recolectados presentaron tallas superiores a los 60 mm; sin embargo, también se recolectaron individuos bajo esa talla y en el rango entre los 30 y 50 mm (Fig. 40).



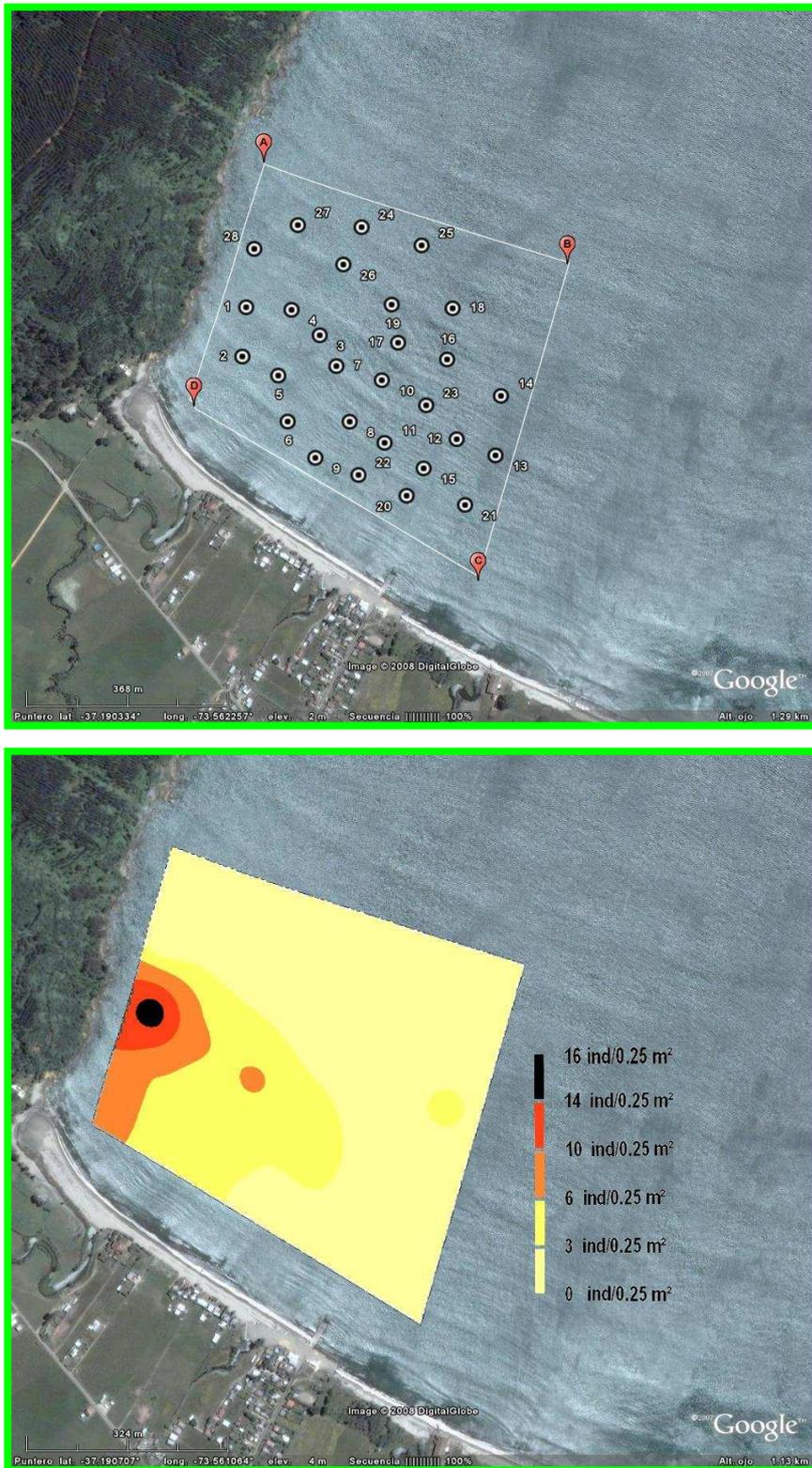
**Figura 32.** Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Cerro Verde (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).



**Figura 33.** Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Maule (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).



**Figura 34.** Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Tubul (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).



**Figura 35.** Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de LLico (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).



**Figura 36.** Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Ahui.

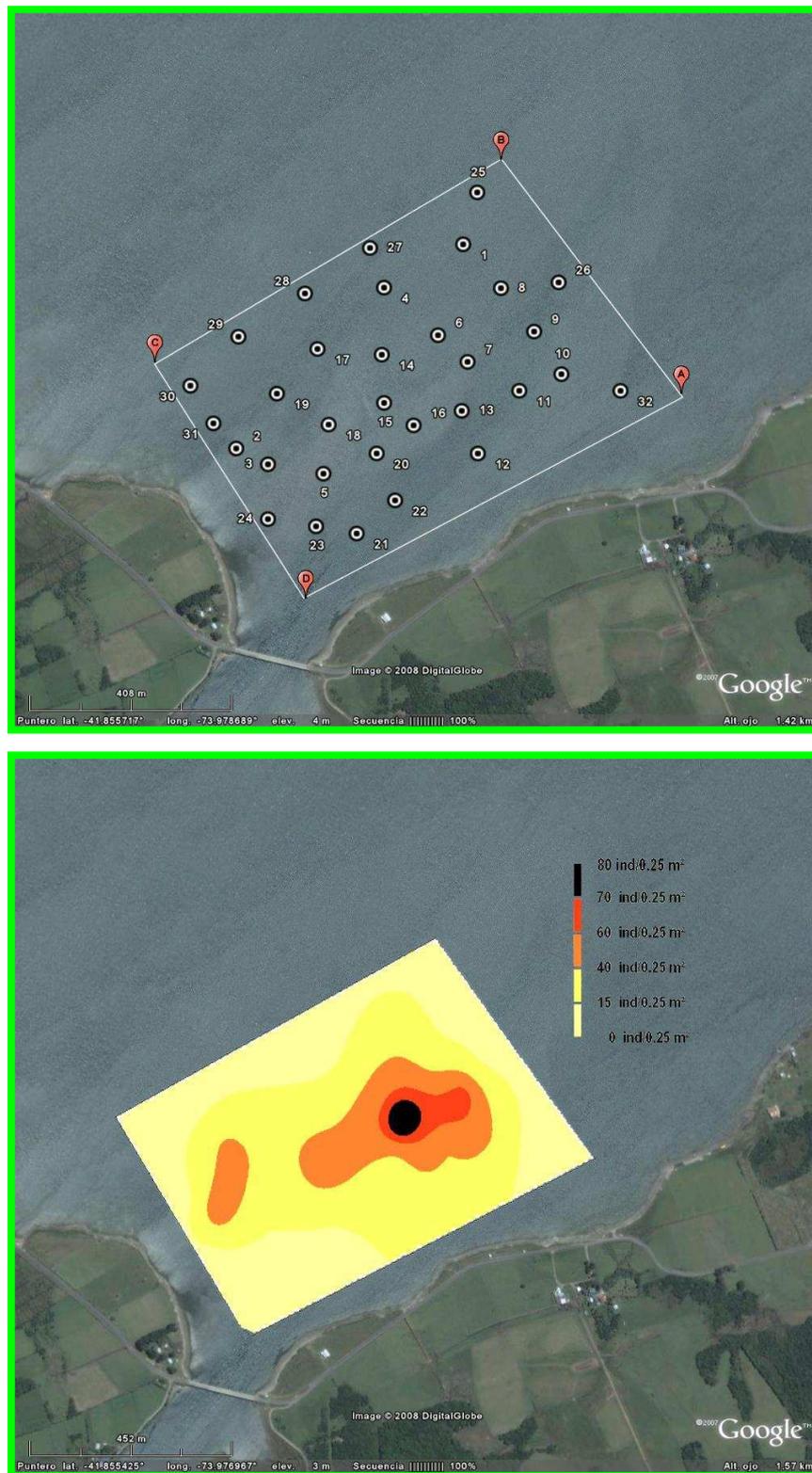


Figura 37. Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Quetalmahue (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b).

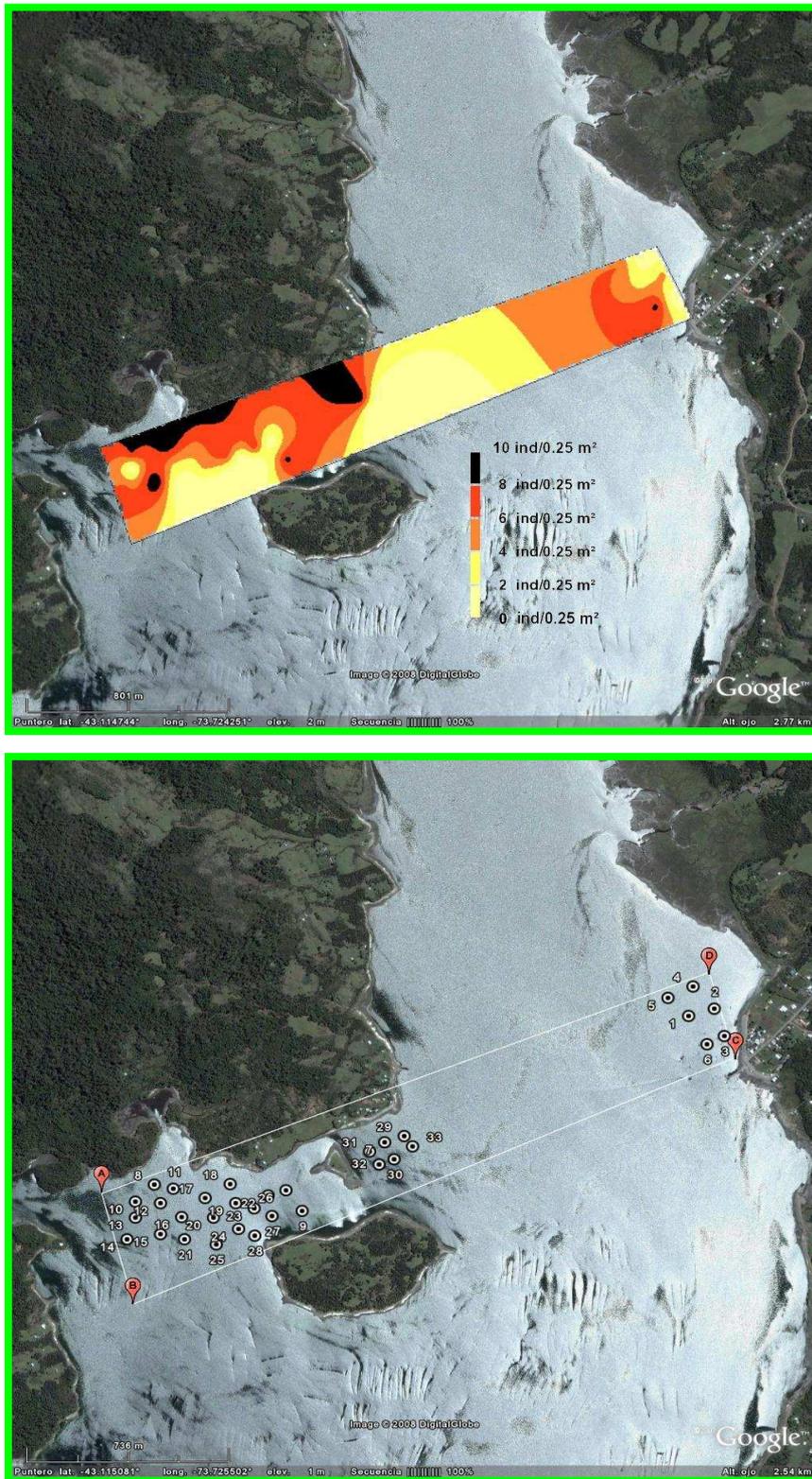


Figura 38. Ubicación y dispersión de los puntos de muestreo en el banco de Yaldad (a) y valores de distribución y abundancia de taquilla en dicho banco (b)

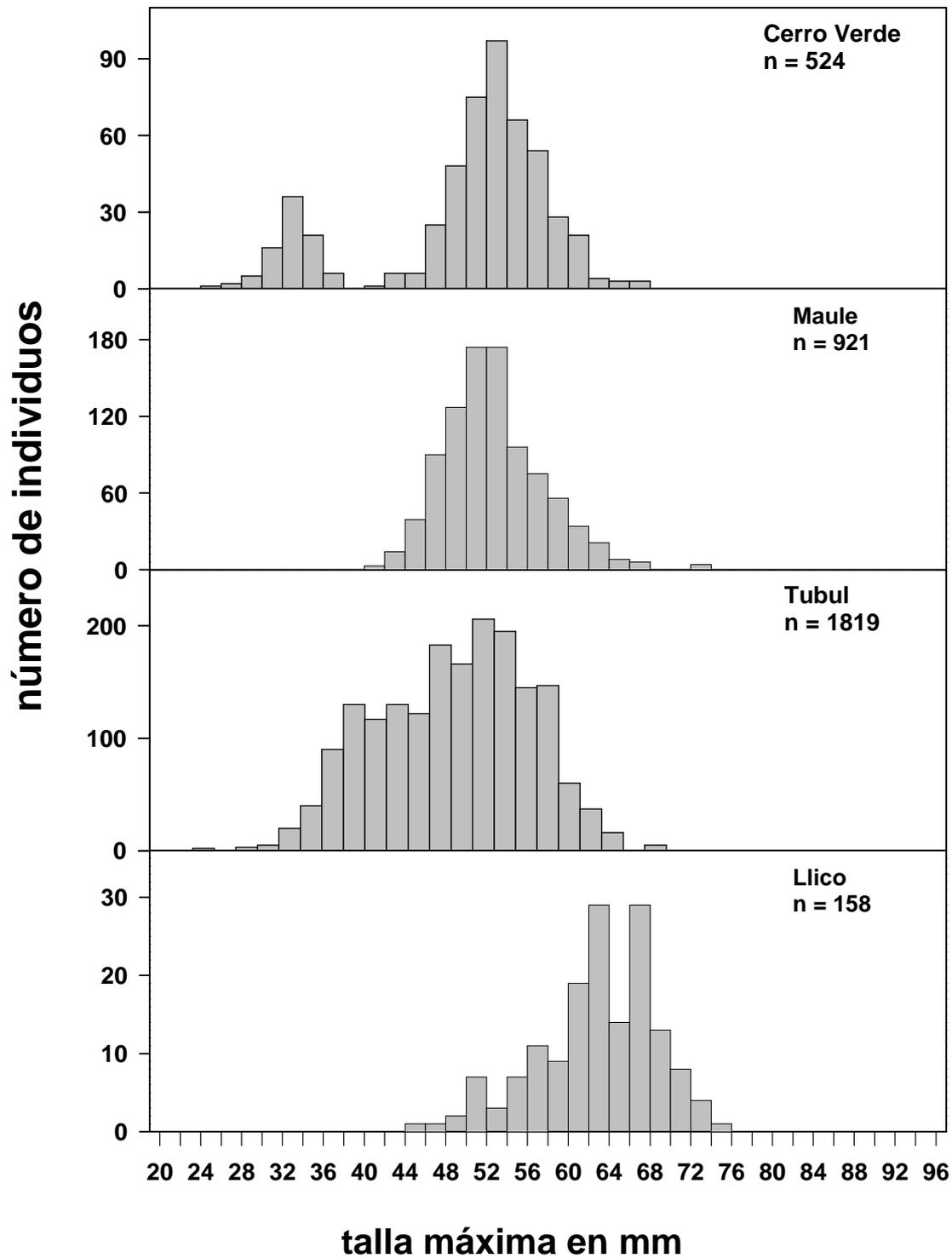
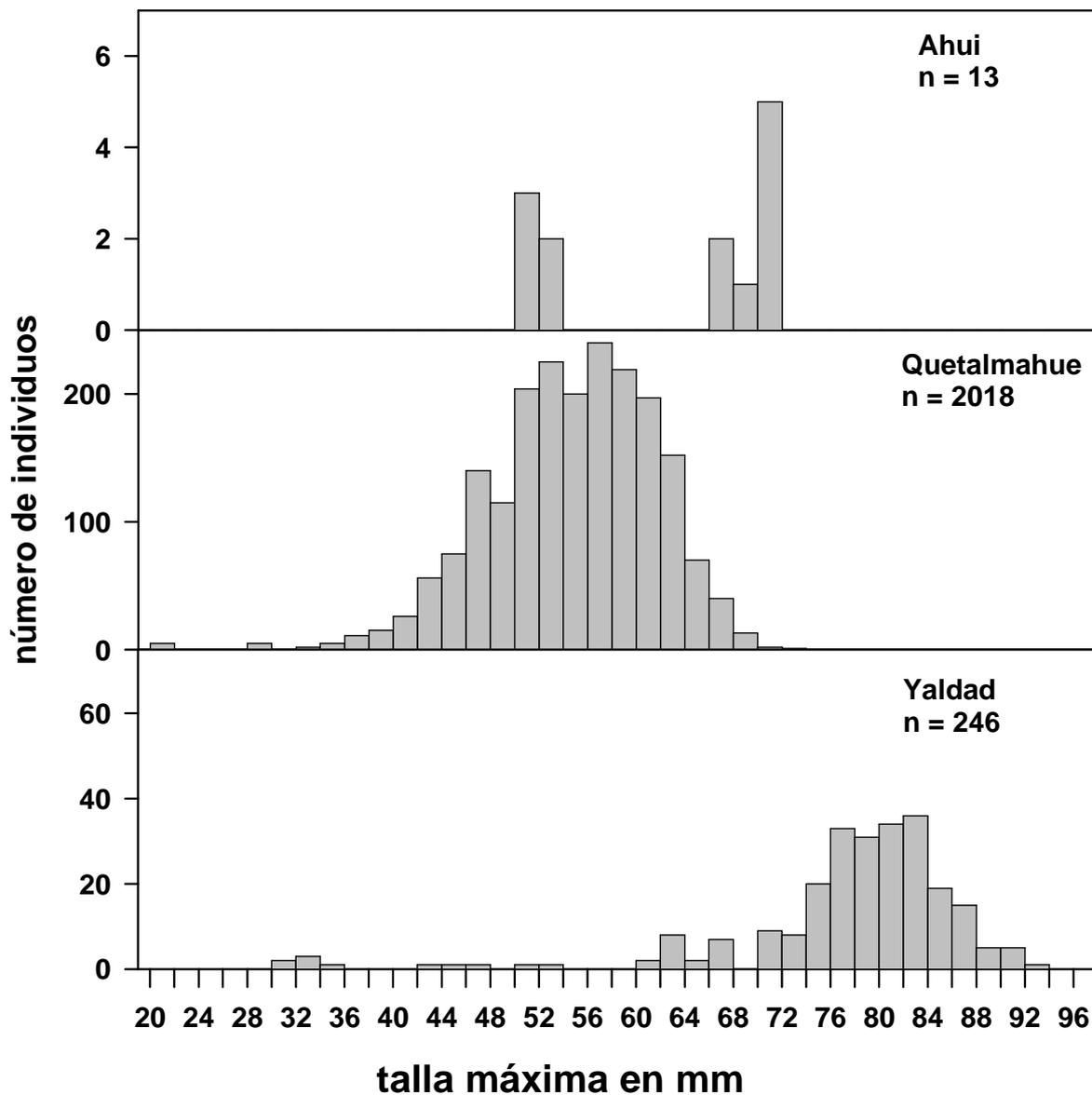


Figura 39. Estructura de clases de talla de taquilla en los bancos de Cerro Verde, Maule, Tubul y Llico.



**Figura 40.** Estructura de clases de talla de taquilla en los bancos de Ahui, Quetalmahue y Yaldad.

### **Características de los fondos sedimentarios y columna de agua**

La Tabla 13 muestra las características texturales y sedimentológicas de los fondos en cada sitio de estudio. Prácticamente no se detectaron partículas de grava (>2000 micrones) en los sedimentos de los bancos estudiados. La fracción arena (partículas entre

63 y 2000 micrones) fue la fracción textural dominante en todos los bancos, con excepción de Yaldad donde la fracción fango fue la dominante. Los granos de arena fueron más gruesos en los sedimentos de Cerró Verde y Ahui y más finos en los de Tubul y Llico. Como esperado debido al alto contenido de material fino (i.e. fango) en Yaldad, los sedimentos de este sitio de muestreo fueron los que tuvieron los contenidos más altos de materia orgánica total. Estos datos muestran que la taquilla ocurre en un amplio rango de condiciones sedimentológicas.

**Tabla 13.** Valores porcentuales de grava, arena, agregados biogénicos, fango, materia orgánica total y tamaño medio de la arena (micrones) en fondos sedimentarios de los bancos estudiados. Los valores corresponden al promedio de 10 replicas con la desviación estándar en paréntesis. Se presentan además los valores de salinidad y temperatura del agua en cada uno de los sitios de estudio. SD = sin datos debido a que no se realizaron análisis debido a la baja representatividad de esta fracción.

	Cerro Verde	Tubul	Llico	Maule
Grava	0.05 (0.10)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00.)	0.00 (0.00)
Arena	86.53 (10.60)	94.08 (2.19)	57.81 (7.35)	83.72 (3.29)
Agregados biogénicos	1.50 (0.56)	1.33 (0.60)	2.79 (1.74)	1.98 (0.66)
Fango	11.91 (10.33)	4.58(1.94)	39.39 (7.69)	14.29 (3.10)
Materia orgánica total	1.75 (1.50)	2.45 (2.88)	2.31 (0.42)	2.93 (1.96)
Tamaño medio de a arena	320.53 (145.71)	140.00(13.28)	134.40(9.12)	221.57 (18.25)
Salinidad	33.5	32.4	33.2	33
Temperatura (°C)	17.5	17.4	17.8	17

	Ahui	Quetalmahue	Yaldad
Grava	0.00 (0.00)	1.15(2.82)	0.00 (0.00)
Arena	89.01 (2.50)	91.77 (4.78)	6.90 (3.24)
Agregados biogénicos	1.25 (0.88)	0.70 (0.24)	7.99 (2.28)
Fango	9.74 (4.50)	6.39 (3.38)	85.11 (2.68)
Materia orgánica total	2.76 (1.25)	2.03(0.86)	13.93 (1.37)
Tamaño medio de la arena	255.44 (16.55)	213.07 (46.46)	SD
Salinidad	30.4	32.5	30.4
Temperatura (°C)	15.4	14.8	14.4

La salinidad del agua fue similar en todos los sitios estudiados (30.4- 33.5 ppm), a la vez que los valores de temperatura del agua fueron más altos en los sitios de la VIII Región (17-17.5 °C vs. 14.4-14.8 °C en los de la X Región), lo que da cuenta de un gradiente latitudinal de esta variable (Tabla 13).

### **Criterios para seleccionar bancos de taquillas para estudios periódicos**

Con los antecedentes de los desembarcos de *Mulinia* entregados por la Subsecretaría de Pesca más las visitas y muestreos de terreno, se seleccionaron aquellos bancos donde se cumplieran los siguientes requisitos: i) representativos de la localidad, ii) de fácil acceso y iii) disposición de los pescadores a realizar el estudio (cf problemas registrados en la VIII Región). En consecuencia, se eligieron los bancos de Cerro Verde y Tubul en la VIII Región y de Quetalmahue y Yaldad en la X Región, para los estudios de ciclo reproductivo, crecimiento y otros. La elección de estos bancos se realizó en base a las siguientes consideraciones:

En la costa de la VIII Región, el banco de Tubul fue el que presentó las mayores abundancias y volúmenes de desembarco, además de presentar una buena distribución de tallas. Asimismo, el fácil acceso y la presencia de un número importante de botes destinados a la extracción de taquilla hizo altamente recomendable la elección de este sitio. Si bien el banco de Maule presentó altas densidades de taquilla y una buena representación de tallas, se descartó la elección del mismo por existir conflictos entre los pescadores de la caleta. Esto pudo observarse directamente en terreno, donde se produjo una fuerte discusión entre el presidente del sindicato de pescadores y el pescador que facilitó su bote al grupo de investigadores para la extracción prospectiva de taquillas. Debido a esto se seleccionó el banco de Cerro Verde, el cual que también presentó una amplia representación de clases de tallas.

En la costa de la X Región, la elección de Quetalmahue se justifica por sus altas densidades poblacionales y amplia representación de tallas. Para el caso de Yaldad, aún cuando se presentan abundancias relativamente bajas y una estructura de tallas inclinada a los individuos de mayor tamaño, no se encontraron bancos con mejores características. En consecuencia de los nuestros mensuales realizados hasta la fecha, se ha intensificado el esfuerzo de muestreos mensuales realizados hasta la fecha, se ha intensificado el esfuerzo de muestreo con lo que se ha logrado una buena representación de tallas.

### **6.3. Resultados en relación al objetivo específico 4.3 (Ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X)**

#### **Ciclo Reproductivo**

##### **Hembras**

**Madurez inicial:** la gónada se observa formada por escasos folículos de pequeño diámetro, entre los cuales se encuentra abundante tejido interfolicular que corresponde a tejido conectivo. La gónada representa 15- 20 % de la superficie del corte transversal del pie. Los folículos muestran grandes lúmenes vacíos. Las paredes foliculares están formadas por una población heterogénea de células con distintos diámetros, lo que representa diferentes estados de maduración. Entre éstos estados de maduración celular, destacan los ovocitos previtelogénicos que aparecen como pequeñas células esféricas pegadas a la pared del folículo, los ovocitos en vitelogénesis que tienen un aspecto piriforme ya que presentan prolongaciones citoplasmáticas o pedúnculo que los mantienen unidos a las paredes foliculares y algunos escasos ovocitos maduros libres en el lumen (Fig. 41).

**Madurez máxima:** la gónada ocupa cerca del 50% de la superficie del corte transversal del complejo gónada-músculo y glándula digestiva. Los folículos son de gran tamaño y se encuentran llenos de una población celular uniforme, compuesta por abundantes ovocitos maduros con un diámetro aproximado de 30  $\mu\text{m}$ . El tejido conectivo disminuye quedando representado por delgadas bandas interfoliculares (Fig. 42).

**Desove:** la gónada ocupa alrededor de un 30% de la superficie de la sección transversal del pie. Los lúmenes foliculares están semivacíos pues se produce su vaciamiento parcial o total, las paredes tienen aspecto rugoso ya que presentan ovogonias y algunos escasos ovocitos previtelogénicos. El diámetro del folículo disminuye y el tejido conectivo se encuentra engrosado (Fig. 43).

**Regresión:** la gónada ocupa entre un 5 a 10 % de la superficie del corte transversal del pie y está representada por algunos folículos pequeños de pared gruesa donde existen solo ovogonias. En esta región también se observa el tubo digestivo, músculo y tejido conectivo (Fig. 44).

### ***Machos***

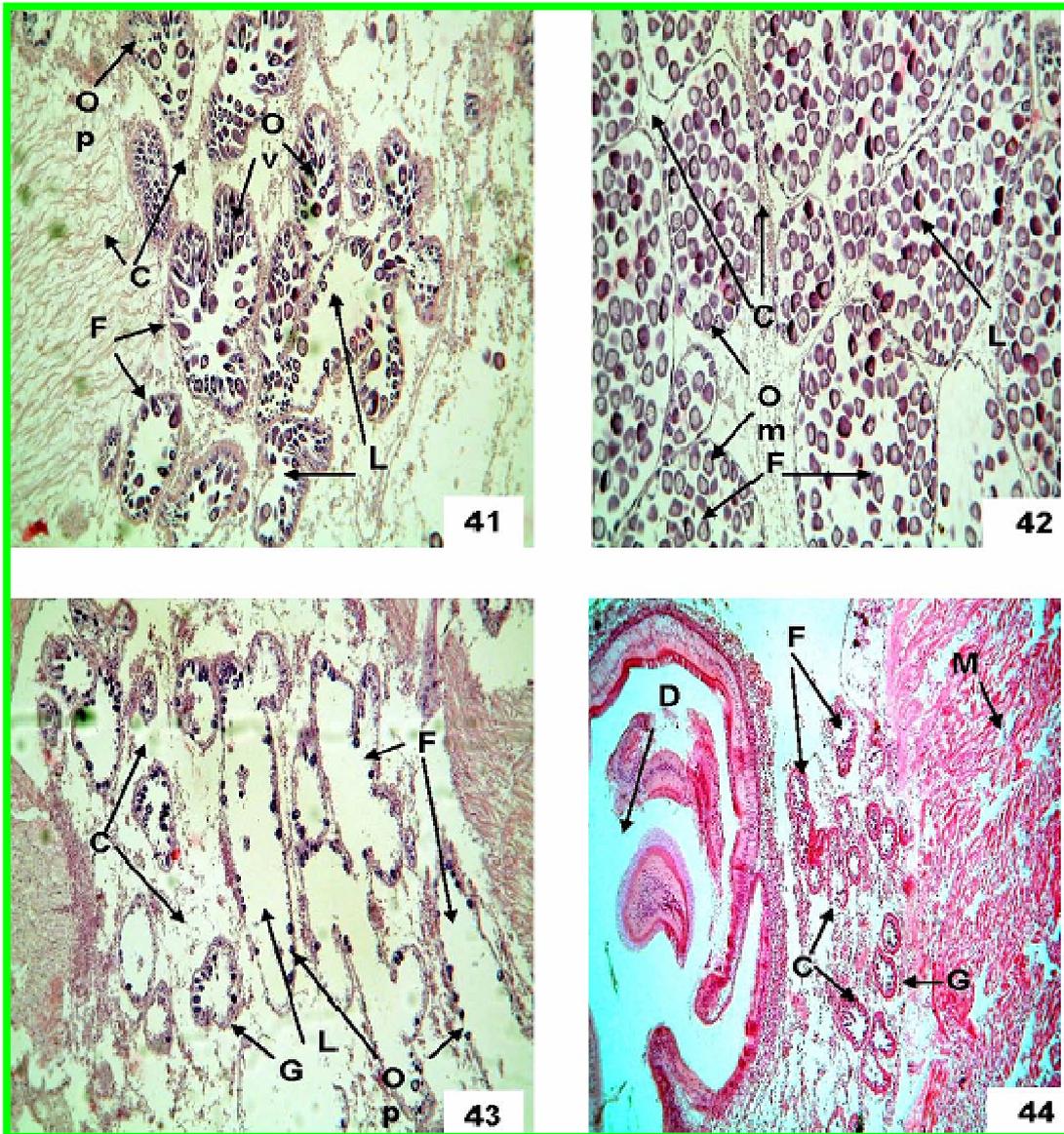
**Madurez inicial:** la gónada representa casi un 30% de la superficie del corte transversal del pie. Los folículos espermáticos presentan una gruesa pared compuesta por células germinales entre las que se reconocen espermatogonias, espermaticitos primarios, espermaticitos secundarios y espermátidas. En este estado los lúmenes foliculares son estrechos donde se encuentran algunos espermatozoides. El tejido conectivo interfolicular es escaso (Fig. 45)

**Madurez máxima:** la gónada ocupa casi el 50% del corte transversal del pie. Los folículos se encuentran aumentados de tamaño; sus paredes son delgadas ya que la mayoría de las células germinales ha madurado llegando al estado de espermatozoide, quedando solo las espermatogonias de reserva para el siguiente ciclo. Los lúmenes están repletos de espermatozoides que forman apretados paquetes listos para ser evacuados (Fig. 46).

**Emisión:** la gónada ocupa cerca del 40% de la superficie del corte transversal del pie. La pared de los folículos sigue siendo muy delgada pero bien delimitada. En los lúmenes los espermatozoides se liberan dirigiéndose hacia los conductos genitales de vaciamiento (Fig.47).

**Regresión:** la gónada ocupa entre un 5 a 10% de la superficie del corte transversal del pie. Los folículos disminuyen de tamaño y tienen lúmenes estrechos y paredes compuestas solo por espermatogonias remanentes para el siguiente ciclo. Se ha producido el vaciamiento total de los folículos espermáticos. El tejido conectivo interfolicular es abundante (Fig. 48).

Los análisis realizados durante la ejecución del Proyecto mostraron que tanto machos como hembras de taquilla, siguen el patrón general establecido para los estados del ciclo de madurez gonadal de *Venus antiqua* (cf. Lozada & Bustos 1984).

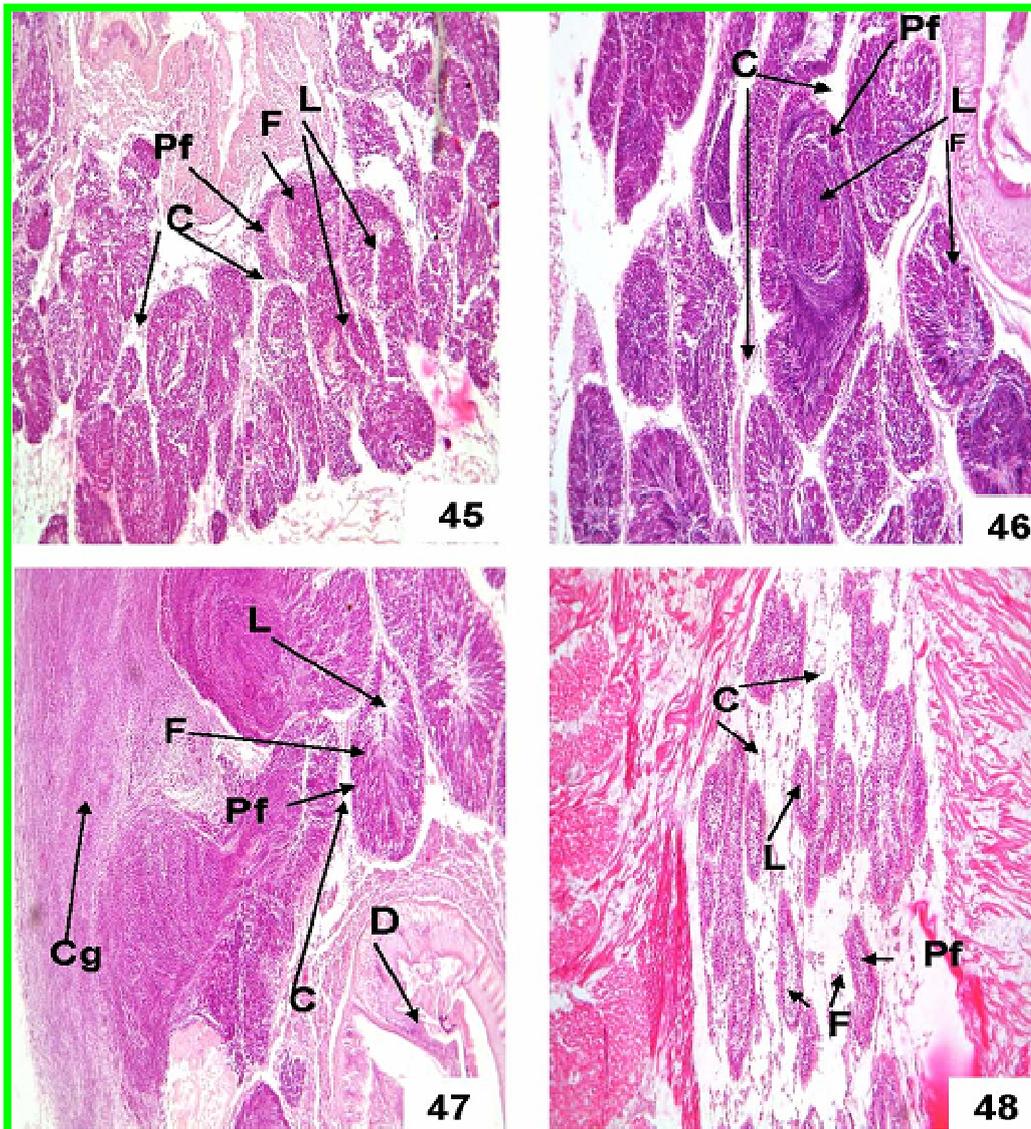


**Figura 41.** Madurez inicial de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Op, ovocito previtelogénico; Ov, ovocito vitelogénico. 83X.

**Figura 42.** Madurez máxima de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; L, lumen; Om, ovocito maduro. 83X.

**Figura 43.** Desove de hembras. C, tejido conectivo; F, folículo; G, ovogonia; L, lumen; Op, ovocito previtelogénico. 83X.

**Figura 44.** Regresión de hembras. C, tejido conectivo; D, tubo digestivo; F, folículo; G, ovogonia; M, músculo. 83X.



**Figura 45.** Madurez inicial de machos. **C**, tejido conectivo; **F**, folículo; **L**, lumen; **Pf**, pared folicular. 83X.

**Figura 46.** Madurez máxima de machos. **C**, tejido conectivo; **F**, folículo; **L**, lumen; **Pf**, pared folicular. 83X.

**Figura 47.** Emisión de machos. **C**, tejido conectivo; **Cg**, conducto genital; **D**, tubo digestivo; **F**, folículo; **L**, lumen; **Pf**, pared folicular; 83X.

**Figura 48.** Regresión de machos. **C**, tejido conectivo; **F**, folículo; **L**, lumen; **Pf**, pared folicular. 83X.



A continuación se detallan los resultados de la biología reproductiva de hembras y machos de *Mulinia edulis* en los cuatro bancos estudiados

#### Cerro Verde.

El estudio de los individuos hembras provenientes de la localidad de Cerro Verde (VIII Región), durante Abril de 2007, mostraron que el 34.8% de los organismos se encontraban en proceso de maduración, un 56.6% estaban maduros, un 4.3% en emisión y un 4.3% se encontraban en estado de regresión. Por otro lado, durante ese mismo mes, un 14.8% de los machos se encontraban maduros, un 63% en estado de emisión, un 18.5% se encontraban en estado de regresión y un 3.7% se encontraban parasitados (Tabla 14, Fig. 49). Lo anterior resulta relevante en el estudio de la biología reproductiva de este organismo, debido a que en los individuos parasitados, se produjo una castración de las gónadas (Fig. 50).

Durante Junio de 2007, el 80.9% de las hembras se encontraban en estado de maduración y un 4.8% en estado de emisión. Un similar porcentaje se encontraban en estado de regresión y un 9.5% se encontraban parasitadas. En el caso de los machos, el 70.4% se encontraban en estado de maduración durante Mayo de 2007, un 11.1 % se encontraban maduros, un 3.7% estaban en estado de emisión y similar porcentaje en estado de regresión. Finalmente, un 11.1% estuvieron parasitados (Tabla 14, Fig. 49).

Estos resultados muestran que durante Abril de 2007, los individuos de *Mulinia edulis* estaban llevando a cabo un evento reproductivo, en tanto que durante Junio de 2007 estaban terminando un evento reproductivo (Tabla 14, Fig. 49).

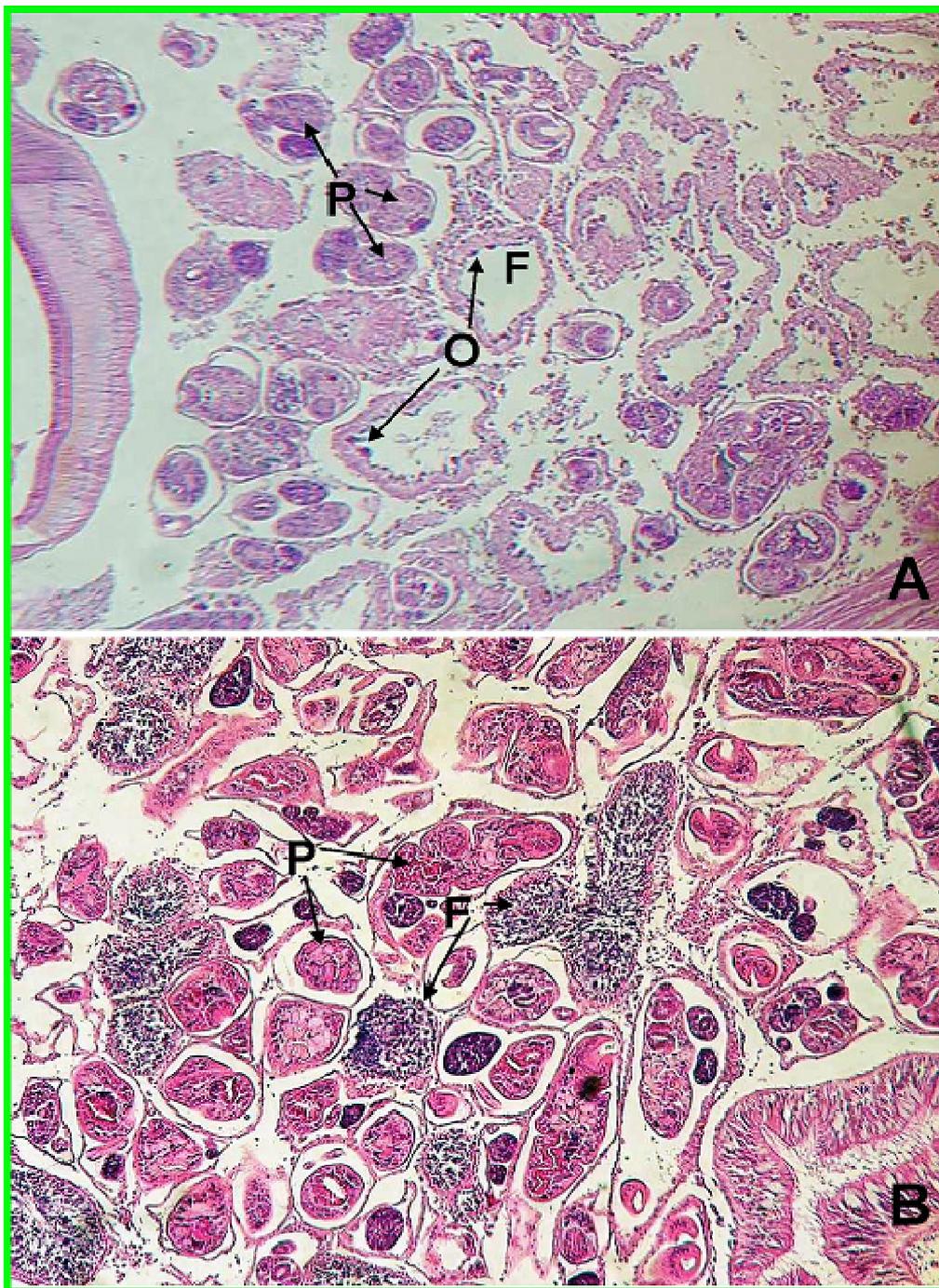
Durante Julio el 72.7% de las hembras está en maduración, el 18.3% maduras, el 4.5% en regresión y un 4.5% parasitadas. el 33.3% de los machos está maduro, el 8.3% en maduración, el 12.5% en emisión, el 41.7% en regresión y el 4.2% parasitados. Está por iniciarse un evento reproductivo (Tabla 14, Fig. 49).

Durante Octubre alrededor del 77% de las hembras está en Regresión, el 7.7% en Maduración (7,7% están Parasitadas). El 70.6% de los machos está en Regresión, el 17.6% Maduros, el 5.9% en Emisión y el 5.9% parasitados. Está terminando un evento reproductivo y la especie entra en reposo gonadal. Durante Enero el 47.6% de las hembras está en Maduración, el 42.9% Maduras y el 9.5% en Emisión. En los machos el 10.3% está en Maduración, el 13.8% Maduros, el 58.7% en Emisión y el 17.2% en Regresión. Está terminando un evento reproductivo y se inicia otro. En Febrero el 3.3% de las hembras está en Maduración, el 23.3% Maduras, el 66.7% en Emisión y el 6.7% en Regresión. En los machos el 4.8% está Maduro, el 85.6% en Emisión, el 4.8% en Regresión y el 4.8% parasitados (Tabla 14, Fig. 49).

En esta localidad observamos tasas moderadas reproductivas desde abril a julio y el mes de octubre del 2007 con altas tasas en enero y febrero del 2008, mostrando ciclos cortos intercalados con períodos de reposo (Tabla 14, Fig. 49).

**Tabla 14.** Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de *Mulinia edulis* en el banco de Cerro Verde, entre abril del 2007 y febrero del 2008.

	madurez inicial	madurez máxima	desove	regresión	parasitada
hembras					
abril	34.8	56.6	4.3	4.3	0.0
mayo	80.9	0.0	4.8	4.8	9.5
junio	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0
julio	8.3	33.3	12.5	41.7	4.2
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	0.0	7.7	7.7	76.9	7.7
noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
enero	47.6	42.9	9.5	0.0	0.0
febrero	3.3	23.3	66.7	6.7	0.0
machos					
abril	0.0	14.8	63.0	18.5	3.7
mayo	70.4	11.1	3.7	3.7	11.1
junio	0.0	68.0	0.0	28.0	4.0
julio	95.5	0.0	0.0	0.0	4.5
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	0.0	17.6	5.9	70.6	5.9
noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
enero	10.3	13.8	58.7	17.2	0.0
febrero	0.0	4.8	85.6	4.8	4.8



**Figura 50.** Gónadas de hembras (A) y machos (B) atacadas por parásitos. F = folículos, O = ovocitos y P = parásitos. 160X.

## Tubul

El estudio de los individuos hembras de provenientes de la localidad de Tubul (VIII Región), durante Abril de 2007, mostraron que un 42.1% de los organismos se encontraban en estado de maduración, un 26.2% estaban maduros, un 26.2% se encontraban en estado de emisión y un 55% se encontraban parasitadas. Por otro lado, durante ese mismo mes, un 4% de los machos se encontraban en estado de maduración, un 16% se encontraban maduros, un 20% se encontraban en estado de emisión y un 60% se encontraban en estado de regresión (Tabla 15, Fig. 49).

Durante Junio de 2007, el 87.5% de las hembras se encontraban en estado de maduración, un 4,1% estaban en estado de emisión y un 8.4% se encontraban parasitadas. Por otra parte, el 39.2% de los machos se encontraban en estado de maduración durante Mayo de 2007, un 32.1% se encontraban maduros y un 28.7% estaban en estado de regresión (Tabla 15, Fig. 49).

Estos resultados muestran que durante Abril de 2007 los individuos estaban terminando un evento reproductivo y preparando el siguiente. Por otro lado, durante Junio de 2007 los resultados muestran que los individuos habían terminando un evento reproductivo y estaban muy cercanos a uno nuevo (Tabla 15, Fig. 49).

En Julio el 75% de las hembras está en Maduración, el 4.2% Maduras, el 8,3% en Emisión, un 4.2% en Regresión y un 8.3% Parasitadas. El 85.7% de los machos está en Regresión, el 9.5% Maduros y un 4.8% en Emisión. Se termina un evento reproductivo y se prepara otro. En Agosto el 63% de las hembras está en Maduración, el 11.1% Maduras, el 14.8% en Regresión y un 11.1% Parasitadas. El 28.5% de los machos está Maduro, el 66.7% en Emisión y un 4.8% Parasitado. Se terminó un evento reproductivo y se prepara otro (Tabla 15, Fig. 49).

Durante Octubre el 100% de hembras y machos está en Regresión gonadal indicando que la especie tiene un período de reposo reproductivo..

Entre Enero y Febrero la mayoría de las hembras (más de 75%) está madura y menos del 10% en Regresión. En los machos más del 80% está en Emisión (Tabla 15, Fig. 49). Se termina un evento reproductivo y se inicia otro. Se inicia un evento reproductivo.

En esta localidad observamos tasas moderadas reproductivas desde abril a julio y el mes de O del 2007 con altas tasas en enero y febrero del 2008, mostrando ciclos cortos intercalados con períodos de reposo. Podemos concluir que tiene reproducción continua en todos los meses estudiados

**Tabla 15.** Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de *Mulinia edulis* en el banco de Tubul, entre abril del 2007 y febrero del 2008.

	madurez inicial	madurez máxima	desove	regresión	parasitada
hembras					
abril	42.1	26.2	0.0	26.2	5.5
mayo	87.5	0.0	4.1	0.0	8.4
junio	92.0	0.0	0.0	8.0	0.0
julio	75.0	4.2	8.3	4.2	8.3
agosto	63.0	11.1	0.0	14.8	11.1
octubre	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
enero	0.0	95.7	0.0	4.3	0.0
febrero	10.0	75.0	10.0	5.0	0.0
machos					
abril	4.0	16.0	20.0	60.0	0.0
mayo	39.2	32.1	0.0	28.7	0.0
junio	9.6	38.0	0.0	47.6	4.8
julio	0.0	9.5	4.8	85.7	0.0
agosto	0.0	28.5	66.7	0.0	4.8
octubre	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
enero	0.0	7.1	92.9	0.0	0.0
febrero	0.0	0.0	82.6	17.4	0.0

### Quetalmahue.

El estudio de los individuos hembras provenientes de la localidad de Quetalmahue

(X Región), durante Abril de 2007, mostraron que un 10% de los organismos se encontraban en estado de maduración, un 65% estaban maduros, un 10% en estado de emisión y un 15% se encontraban en estado de regresión. Por otra parte, el 3.6% de los machos se encontraban maduros durante Mayo de 2007, un 98.8% se encontraban en estado de emisión y un 3.6% se encontraban en estado de regresión (Tabla 16, Fig. 49).

Durante Mayo de 2007, el 71.4% de las hembras se encontraban en estado de maduración, un 23.8% estaban maduras y un 4.8% estaban en estado de regresión. Por otra parte, el 25% de los machos se encontraban en estado de maduración durante Mayo de 2007, un 15% se encontraban maduros, un 30% estaban en estado de emisión y un 30% en estado de regresión (Tabla 16, Fig. 49).

Estos resultados, muestran que durante Abril de 2007 los individuos estaban produciendo un evento reproductivo, en tanto que durante Mayo de 2007, estos individuos estaban finalizando un evento reproductivo y preparando otro.

Durante Julio un 95.5% de las hembras está en Maduración y un 4.5% Parasitadas. En los machos un 46.1% está en Maduración, un 15.4% Maduros, un 15.4% en Emisión y un 23.1% en Regresión. En este mes, se está preparando un evento reproductivo. En Octubre el 95.4% de las hembras está en Regresión y un 4.6% en Maduración. En los machos el 100% está en Regresión. Se está produciendo un período de reposo gonadal (Tabla 16, Fig. 49).

En Noviembre el 95,4% de las hembras está en Regresión y un 4,6% en Maduración. En los machos un 86,2% está en Regresión y un 13,8% en Emisión. Sigue el período de reposo gonadal. En Enero un 16,7% de las hembras está en Maduración, un 55,5% están Maduras, un 11,1% en Emisión y un 16,7% en Regresión. En los machos el 14,3% está maduro, el 78,6% en Emisión y un 7,1% en Regresión (Tabla 16, Fig. 49). Está terminado un evento reproductivo y se produce uno nuevo.

En Febrero y Marzo, la mayoría de las hembras (más del 79%) está en Emisión

mientras que en los machos más del 85% está en. Está terminado un evento reproductivo y se produce uno nuevo.

En esta localidad observamos tasas moderadas reproductivas desde abril a julio del 2007 y altas tasas en enero y febrero del 2008, mostrando ciclos cortos intercalados con períodos de reposo. Podemos concluir que tiene reproducción continua casi todos los meses estudiados, excepto en octubre y noviembre donde se observa un franco período de reposo gonadal en ambos sexos

**Tabla 16.** Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de *Mulinia edulis* en el banco de Quetalmahue, entre abril del 2007 y febrero del 2008.

	madurez inicial	madurez máxima	desove	regresión	parasitada
hembras					
abril	10.0	65.0	10.0	15.0	0.0
mayo	71.4	23.8	0.0	4.8	0.0
junio	75.0	10.0	5.0	5.0	5.0
julio	95.5	0.0	0.0	0.0	4.5
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	4.6	0.0	0.0	95.4	0.0
noviembre	4.6	0.0	0.0	95.4	0.0
enero	16.7	55.5	11.1	16.7	0.0
febrero	4.2	12.5	79.1	4.2	0.0
machos					
abril	0.0	3.6	92.8	3.6	0.0
mayo	25.0	15.0	30.0	30.0	0.0
junio	7.7	26.9	0.0	65.4	0.0
julio	46.1	15.4	15.4	23.1	0.0
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
noviembre	0.0	0.0	13.8	86.2	0.0
enero	0.0	14.3	78.6	7.1	0.0
febrero	0.0	0.0	93.1	6.9	0.0

### Yaldad.

El estudio de los individuos hembras de provenientes de la localidad de Yaldad (X Región), durante Abril de 2007, mostraron que el 60.1 % de los organismos se encontraban en proceso de maduración, un 17.4% estaban maduros, un 13% estaban en

estado de emisión, un 4.3% se encontraban en estado de regresión y un porcentaje similar se encontraban parasitados. Por otro lado, durante ese mismo mes, un 25% de los machos se encontraban maduros, un 60% se encontraban en estado de emisión y un 15% se encontraban en estado de regresión (Tabla 17, Fig. 49).

Durante Mayo de 2007, el 90% de las hembras se encontraban en estado de maduración, un 5% estaban maduras y 5% se encontraban en estado de regresión. En el caso de los machos, el 9.4% se encontraban maduros durante Mayo de 2007, un porcentaje similar se encontraban en estado de emisión y un 8 1.2% estaban en estado de regresión (Tabla 17, Fig. 49).

Estos resultados muestran que durante Abril de 2007 los individuos estaban terminando un evento reproductivo y preparando un evento nuevo. Por otro lado, durante Mayo de 2007 los individuos de *Mulinia edulis* habían terminado un evento reproductivo y estaban preparando uno nuevo (Tabla 17, Fig. 49).

En Julio el 95.5% de las hembras está en Maduración y un 4.5% Parasitadas. En los machos un 43.2% está Maduro, un 43.2% en Regresión, un 8.1% en Emisión y un 5.5% en Maduración (Tabla 17, Fig. 49). En este mes, se está preparando un evento reproductivo (nota, no se recuperaron los antecedentes correspondientes a los meses entre agosto y octubre)

En Noviembre el 34.8% de las hembras están Maduras, un 30.5% en Regresión, un 13% en Emisión, un 8.7% en Maduración y un 13% Parasitadas. En los machos un 52% está en Emisión, un 24% en Regresión, un 20% Maduros y 4% Parasitados (Tabla 17, Fig. 49). Se está terminando un evento reproductivo y se prepara otro con un corto período de reposo.

Durante Enero el 95% de las hembras está en Maduración o Maduras, el 10% en Emisión y el 5% Parasitadas. En los machos el 53.3% está Maduro, el 36,7% en Emisión. En Febrero y Marzo más del 80% de las hembras está en Emisión, mientras que en los

machos más del 90% está en Emisión. Durante este período la mayor parte de la población está en reproducción y un pequeño porcentaje inicia un período de reposo gonadal.

En esta localidad observamos tasas moderadas reproductivas desde abril a julio y el mes de noviembre del 2007 con altas tasas en enero y febrero del 2008, mostrando ciclos cortos intercalados con períodos de reposo. Podemos concluir que tiene reproducción continua en todos los meses estudiados.

**Tabla 17.** Detalle del ciclo reproductivo de hembras y machos de *Mulinia edulis* en el banco de Yaldad, entre abril del 2007 y febrero del 2008.

	madurez inicial	madurez máxima	desove	regresión	parasitada
hembras					
abril	61.0	17.4	13.0	4.3	4.3
mayo	90.0	5.0	0.0	5.0	0.0
junio	70.0	6.7	10.0	3.3	10.0
julio	95.5	0.0	0.0	0.0	4.5
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
noviembre	8.7	34.8	13.0	30.5	13.0
enero	45.0	40.0	10.0	0.0	5.0
febrero	0.0	0.0	83.3	12.5	4.2
machos					
abril	0.0	25.0	60.0	15.0	0.0
mayo	0.0	9.4	9.4	81.2	0.0
junio	0.0	30.0	20.0	50.0	0.0
julio	5.5	43.2	8.1	43.2	0.0
agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
octubre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
noviembre	0.0	20.0	52.0	24.0	4.0
enero	0.0	53.3	36.7	3.3	6.7
febrero	0.0	0.0	92.3	7.7	0.0

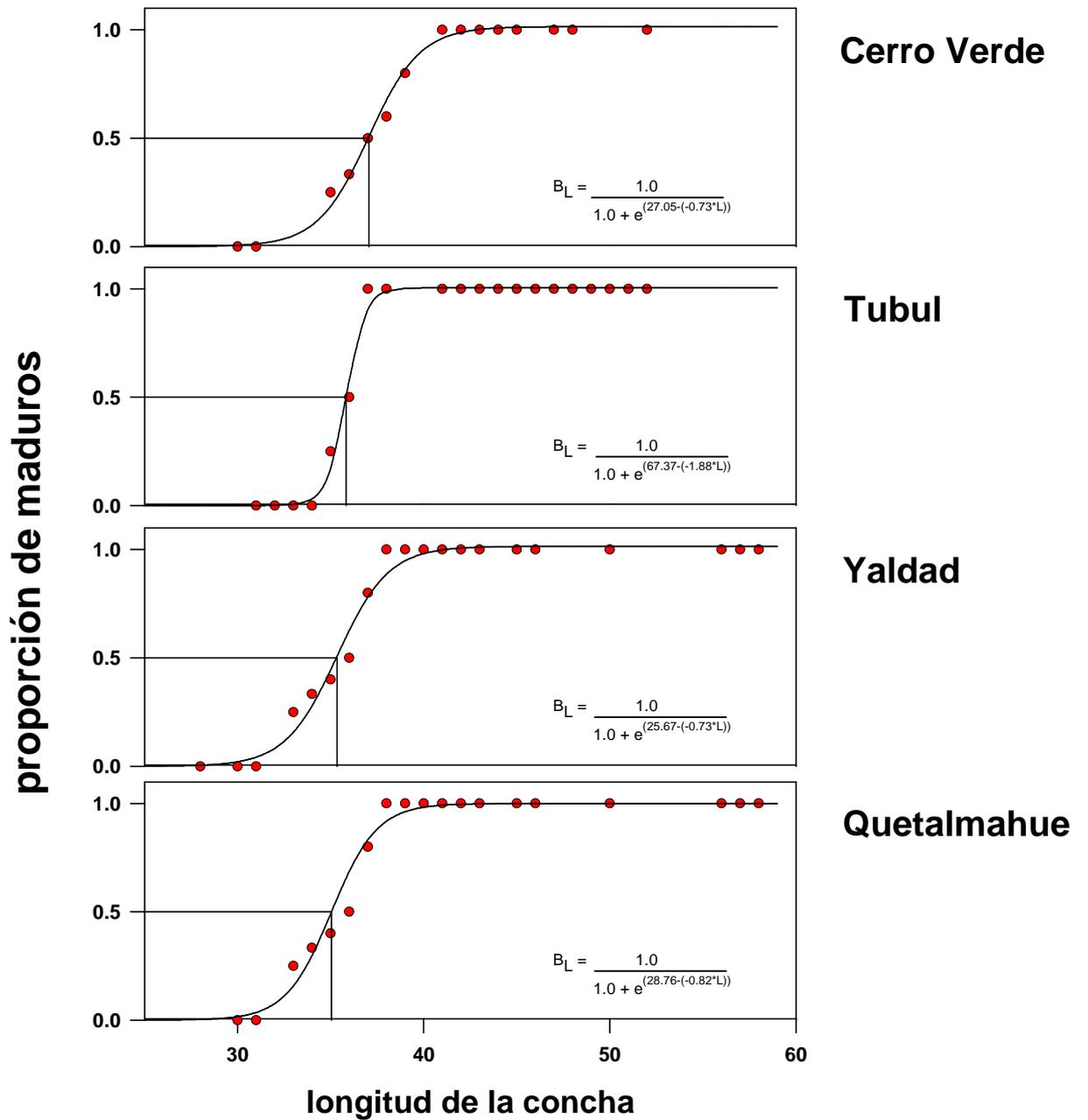
### **Fecundidad Potencial**

Para la medición de este parámetro se tomó 3 hembras maduras con tallas cercanas al promedio de la población del lugar de muestreo. La talla se expresó en centímetros y el volumen gonadal en centímetros cúbicos (Long.(cm)/vol.(cc).

Los individuos muestreados en la localidad de Tubul tenían una talla promedio de 58,8 cm., su fecundidad potencial promedio fue de 1.463.090 +- 63.786. En la localidad de Cerro Verde, presentaron una talla promedio de 54 cm., su fecundidad potencial promedio fue de 1.440.179 +- 164.974. En la localidad de Quetalmahue la talla promedio fue de 72,5 cm., su fecundidad potencial promedio fue de 2.251.293 +- 156.706. En la localidad de Yaldad la talla promedio fue de 77,6 cm., su fecundidad potencial promedio fue de 2.565.357 +- 113.035.

### **Talla de madurez sexual**

La Figura 51 muestra los valores de la talla mínima de madurez de *Mulinia edulis* estimadas para los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad. En general no se observaron mayores diferencias en este parámetro entre los bancos de la VII y X Regiones. Los valores es estimados para la talla de primera madurez fueron 37.05, 35.84 mm, en Cerro Verde y Tubul y de 35.07 y 35.21 mm, en Quetalmahue y Yaldad respectivamente (Fig. 51).



**Figura 51.** Estimaciones de la talla de madurez de *Mulinia edulis* en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad

#### 6.4 Resultados en relación a objetivo específico 4.4 (Determinar edad y crecimiento, relación longitud peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X)

A continuación se detallan los resultados de las estimaciones del crecimiento de taquilla en los cuatro bancos estudiados.

En la Tabla 18 se detallan los muestreos realizados hasta la fecha, en cada uno de los cuatro bancos estudiados.

**Tabla 18.** Detalle de las fechas utilizadas en los análisis de crecimiento en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad. SD = sin datos, debido a la pérdida causada por el incendio que afectó a la Universidad Austral de Chile.

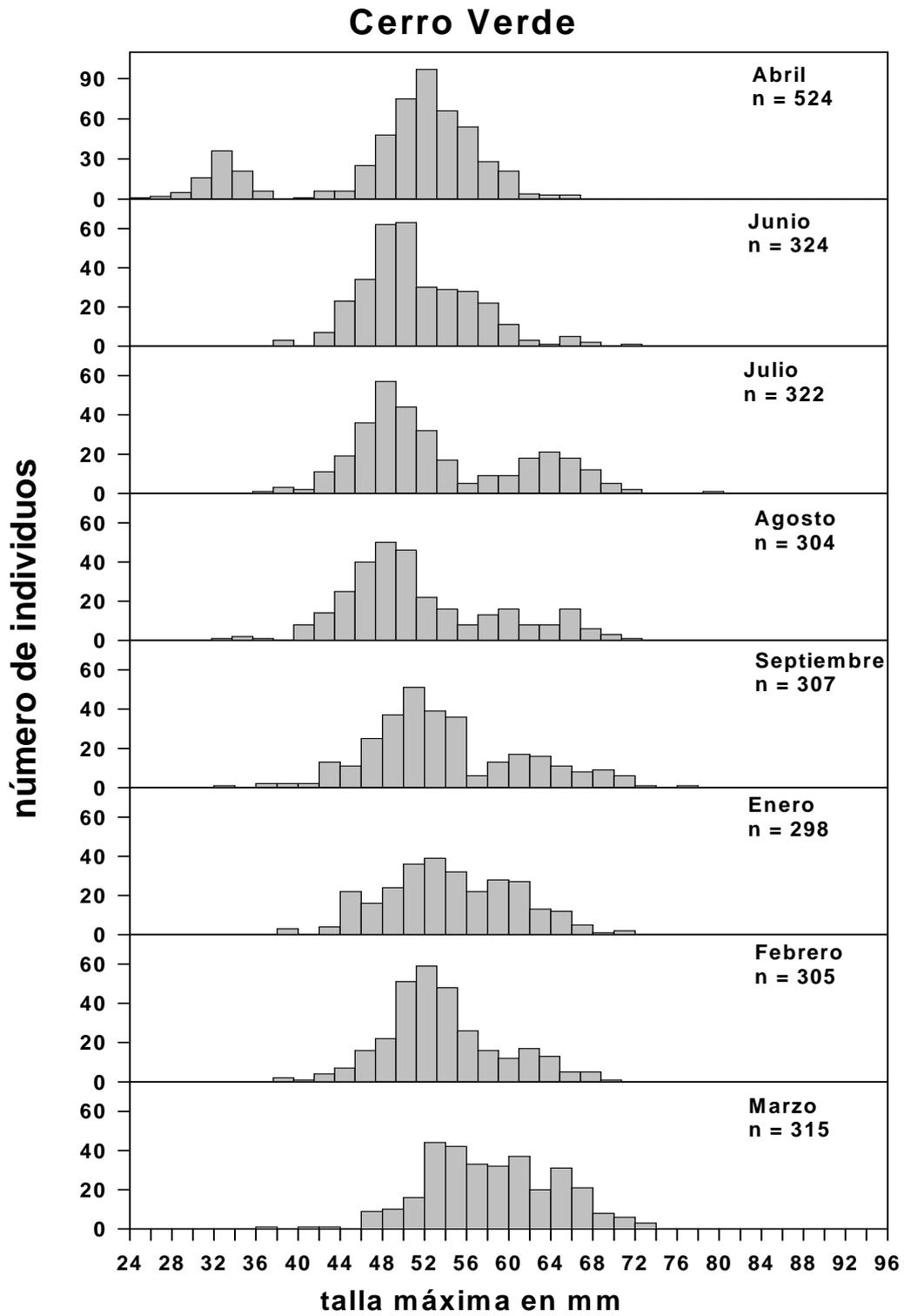
	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
abril	26-abr-07	25-abr-07	13-abr-07	14-abr-07
mayo	-----	-----	27-may-07	28-may-07
junio	25-jun-07	26-jun-07	29-jun-07	29-jun-07
julio	23-jul-07	23-jul-07	-----	-----
agosto	18-ago-07	18-ago-07	06-ago-07	06-ago-07
septiembre	22-sep-07	22-sep-07	SD	SD
octubre	SD	SD	14-oct-07	14-oct-07
noviembre	SD	SD	SD	SD
diciembre	SD	SD	SD	SD
enero	06-ene-07	06-ene-08	05-ene-08	03-ene-08
febrero	02-feb-08	03-feb-08	01-feb-08	01-feb-08
marzo	13-mar-08	13-mar-08	08-mar-08	08-mar-08

Cabe señalar que en las localidades de Cerro Verde y Tubul, no se recolectaron muestras durante el mes de Mayo, mientras que en las localidades de Quetalmahue y Yaldad no se recolectaron durante el mes de Julio. Esto se debió a que durante la permanencia en terreno (alrededor de 5 días), el mal tiempo y las pésimas condiciones del mar impidieron la realización de los muestreos correspondientes. Las distribuciones de frecuencias de tallas (DFL), se presentan en las Figuras 50 a 53. Cabe señalar que los datos de varios de los muestreos realizados se perdieron durante el incendio que afectó a la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile.

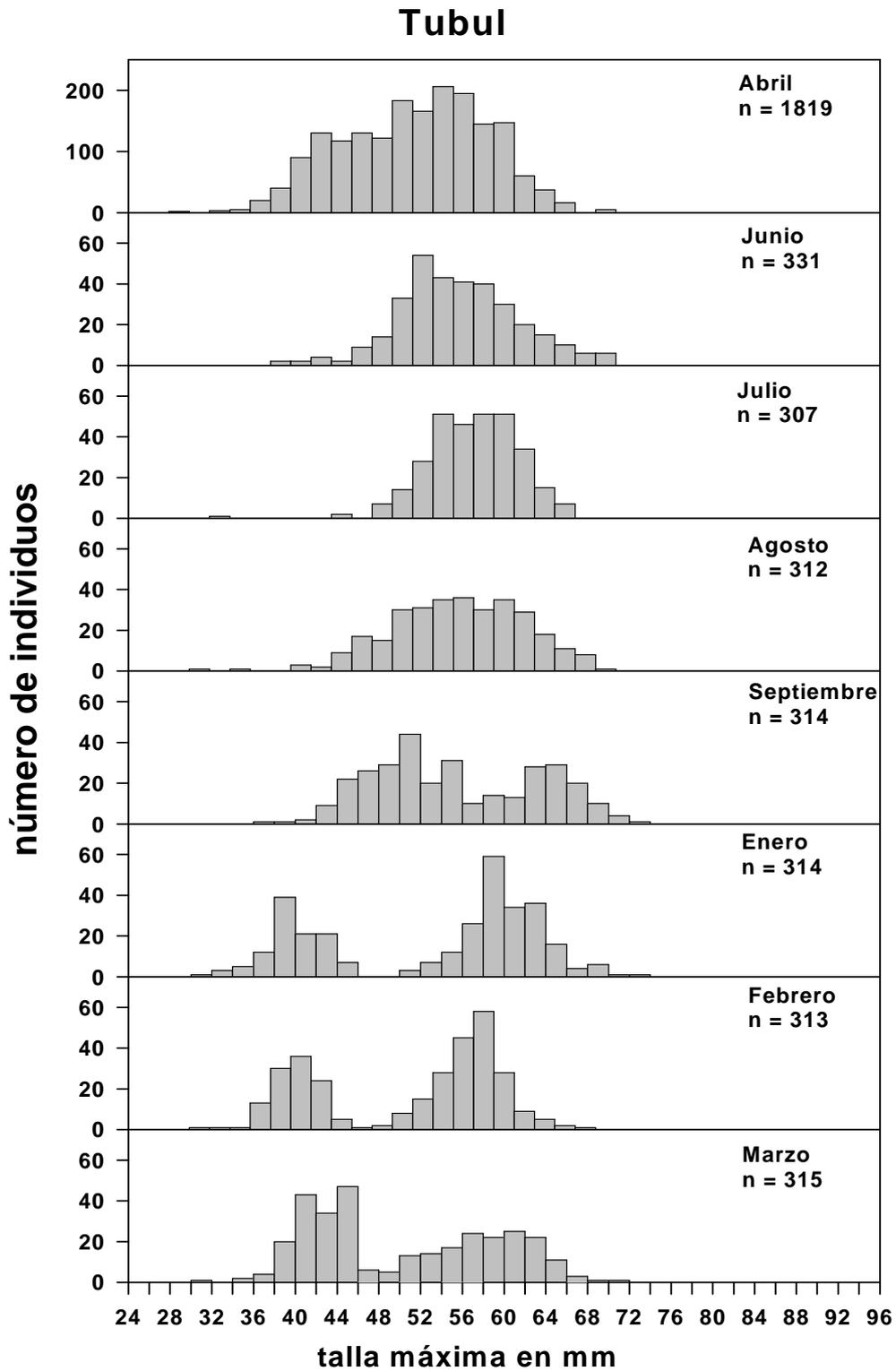
El banco de Cerro Verde, presentó individuos pequeños (i.e. entre 20 y 30 mm)

solo en el muestreo de Abril. En los muestreos siguientes la representación de esos individuos ha sido relativamente escasa, si bien se intensificó la labor en terreno para tratar de recolectar dichas clases de talla, estas no fueron recolectadas en los muestreos siguientes. El rango de tallas mayor a 30 mm en general ha presentado una buena distribución y abundancia en casi todos los muestreos realizados (Fig. 52). Situación similar a la descrita sucedió en los muestreos del banco de Tubul (Fig. 53).

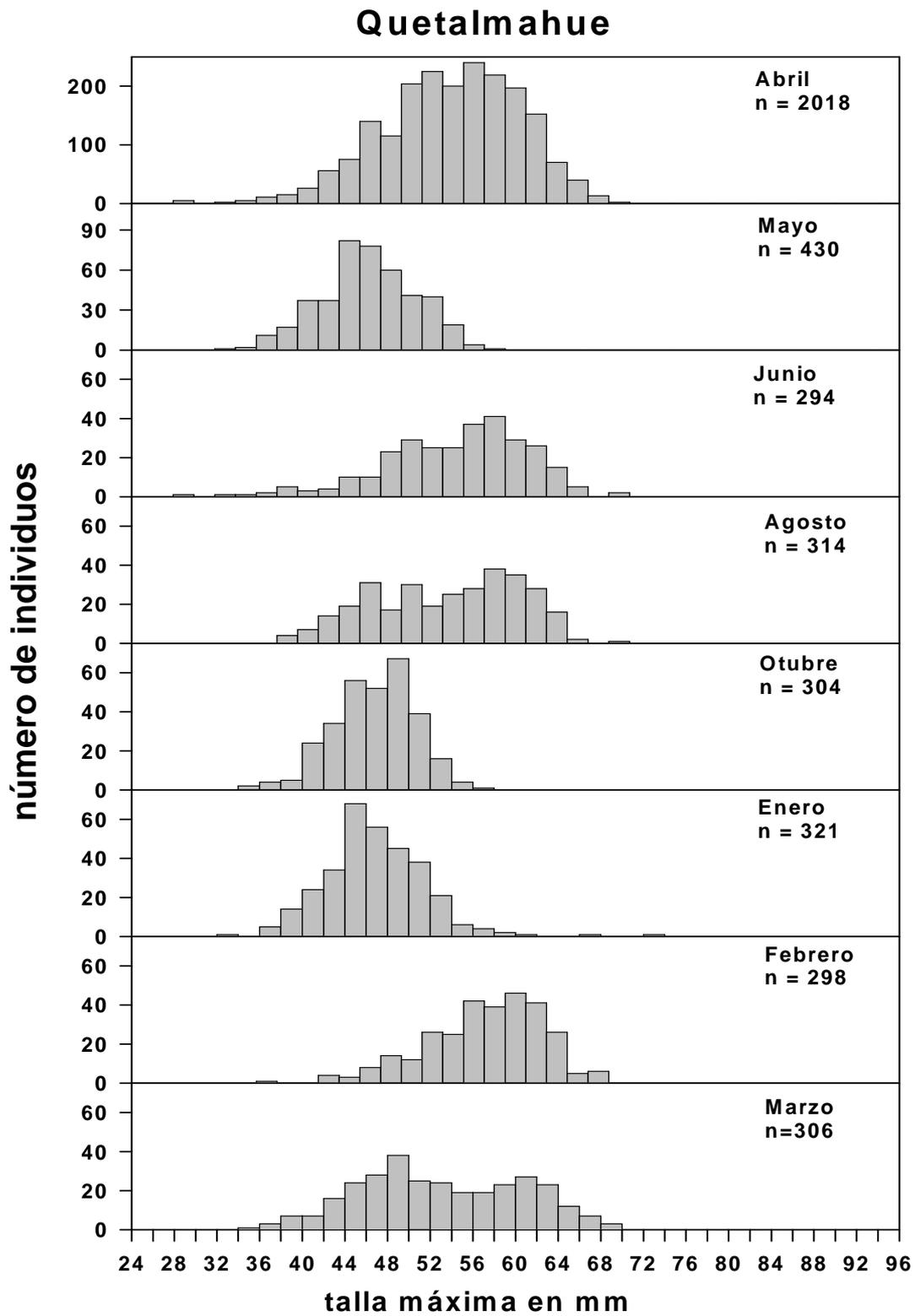
En el banco de Quetalmahue, en general los individuos han presentado tallas medias, individuos pequeños solo han aparecido en el muestreo de Junio (Fig. 54). Si bien el banco de Yaldad presentó una baja representación de individuos medianos y pequeños durante el muestreo de prospección (i.e. Abril de 2007), el aumento en el esfuerzo e intensidad de los muestreos ha producido una buena representación de tallas en todos los muestreos posteriores. Con esto, este banco es el que presenta la mejor distribución de tallas de los cuatro bancos estudiados (Fig. 55).



**Figura 52.** Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Cerro Verde.

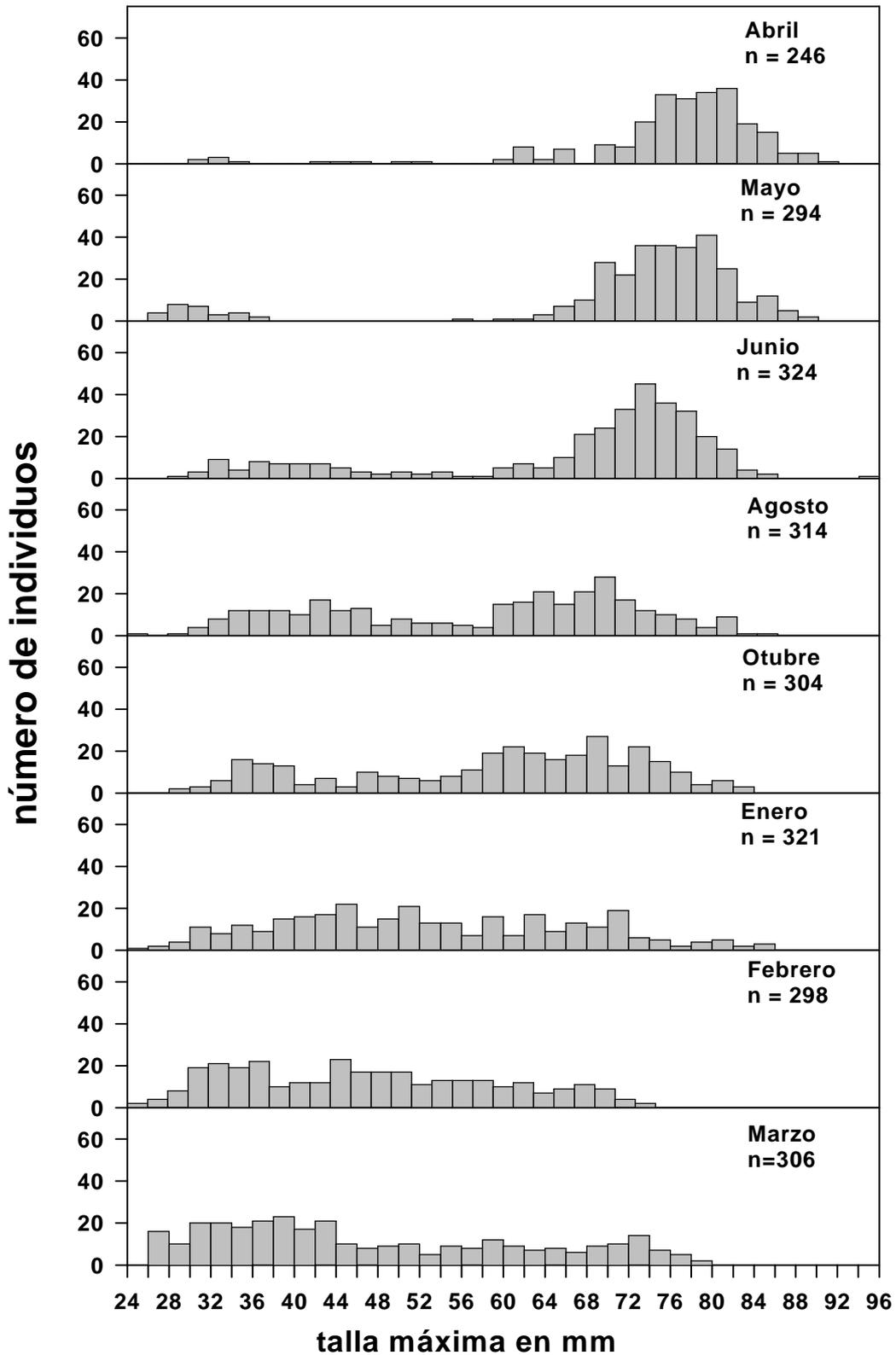


**Figura 53.** Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Tubul.



**Figura 54.** Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Quetalmahue.

# Yaldad



**Figura 55.** Distribución de frecuencias de tallas de taquilla para los muestreos realizados en el banco de Yaldad.

La posibilidad de estimar los parámetros de crecimiento en base a las frecuencias de clases de tallas se basa no solo en una buena representación de la estructura poblacional, sino que también en una buena representación a lo largo del período de estudio. Debido a la pérdida de muchos datos destinados a evaluar el crecimiento en base a la estructura de tallas (pérdida debido al incendio que afectó a la Facultad de ciencias de la Universidad Austral de Chile) no fue posible realizar estimaciones correctas según esta metodología. Debido a esto las estimaciones del crecimiento se basaron en la lectura de anillos de crecimiento. El rango de variación de los anillos medidos se presenta en la Tabla 19 y Figura 56.

**Tabla 19.** Rangos de variación de cada uno de los anillos encontrados en *Mulinia edulis*. Los valores corresponden a la distancia en milímetros desde el umbo al anillo correspondiente

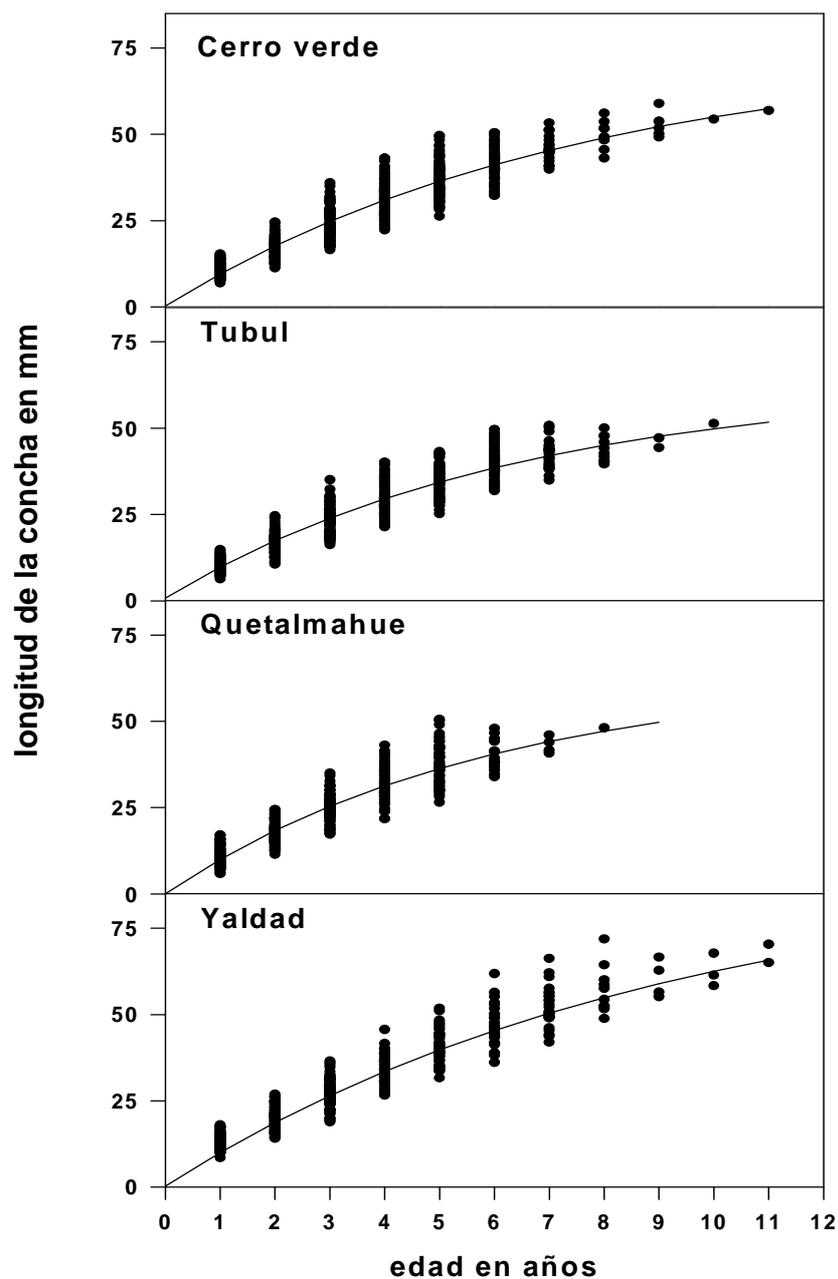
	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
1er anillo	7.0 - 13.3	6.3 - 14.8	5.8 - 17.0	8.5 - 18.0
2º anillo	11.3 - 24.5	10.6 - 24.5	11.4 - 24.4	14.2 - 26.9
3º anillo	16.6 - 35.9	16.9 - 35.0	17.3 - 34.9	18.9 - 36.5
4º anillo	22.3 - 43.0	21.4 - 40.1	21.7 - 43.1	26.6 - 45.6
5º anillo	26.2 - 48.4	25.2 - 43.2	26.6 - 50.5	31.6 - 51.8
6º anillo	32.2 - 50.4	31.8 - 49.6	33.9 - 47.9	36.1 - 61.8
7º anillo	39.9 - 53.3	35.0 - 50.8	40.7 - 46.0	42.0 - 66.2
8º anillo	43.1 - 56.1	39.6 - 50.0	48.1 - 48.1	48.8 - 71.9
9º anillo	49.2 - 58.9	44.3 - 47.2		55.1 - 66.6
10º anillo		51.3 - 51.3		58.3 - 67.7
11º anillo				65.0 - 70.3

Los valores de los parámetros de crecimiento estimados en base a los anillos de crecimiento se presentan en la Tabla 20 y el ajuste de las curvas de crecimiento en la Figura 56. En general los parámetros de crecimiento no mostraron patrones latitudinales en los para los cuatro bancos estudiados. Las tallas máximas estimadas (i.e.  $L_{\infty}$ ), presentaron valores más altos en los bancos de Cerro Verde y Yaldad 74.736 y 93.540, respectivamente (Tabla 20). Mientras que en los bancos de Tubul y Quetalmahue fue de alrededor de 63 mm.

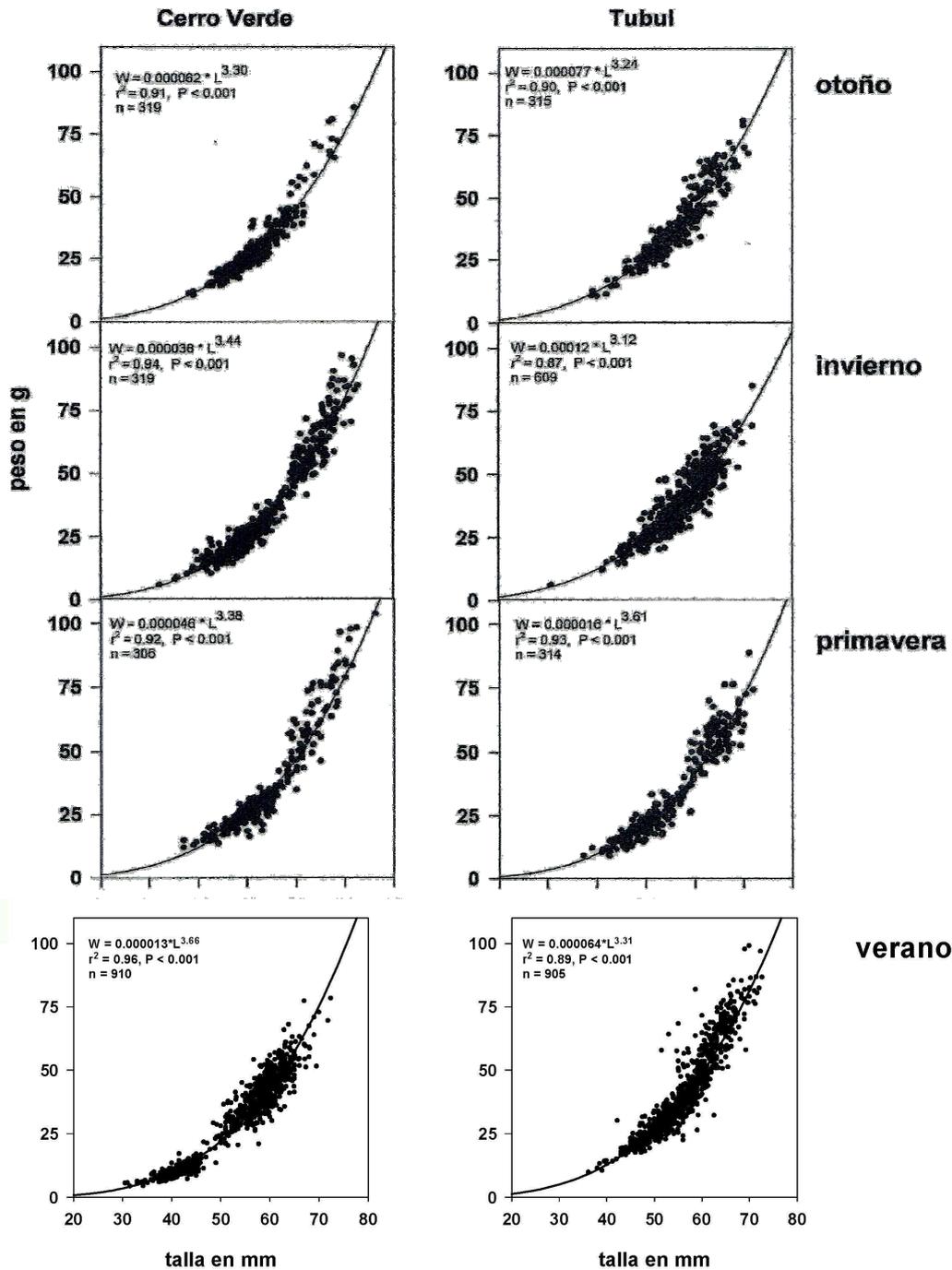
### Relaciones longitud peso

Las relaciones longitud-peso de las taquillas de los bancos de Cerro Verde, Tubul y Quetalmahue y Yaldad, se presentan en las Figuras 55 y 56. En general se presentó una buena correlación entre las variables ( $P > 0.001$ ). Debido a la pérdida de datos

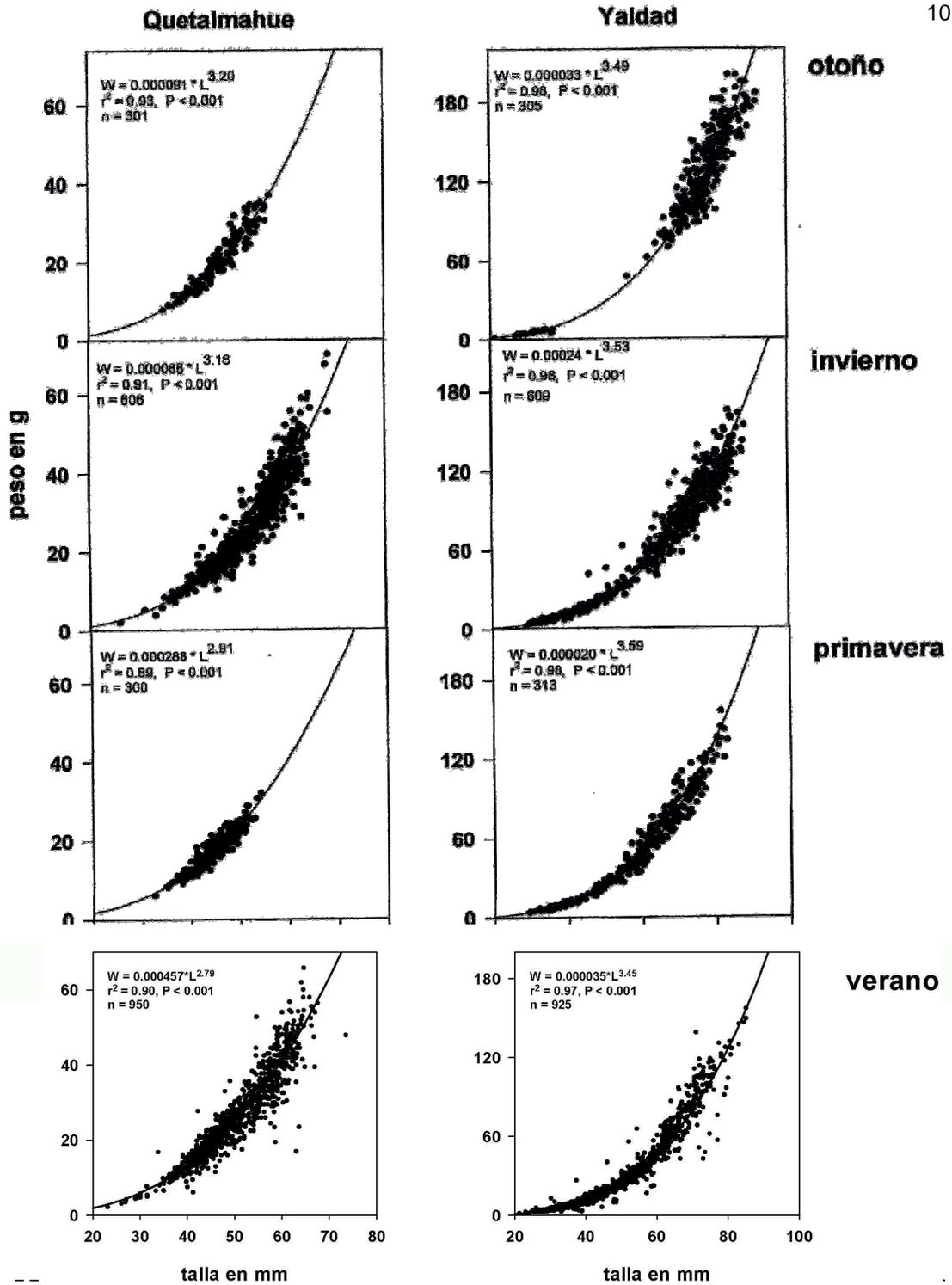
relacionados al peso de los organismos incluidos en el Primer Informe de Avance, no fue posible realizar los análisis tendientes a evaluar las eventuales diferencias estacionales en las relaciones longitud-peso.



**Figura 56.** Distribución de los anillos de crecimiento y ajuste de las curvas en los cuatro bancos estudiados



**Figura 57.** Relaciones longitud-peso de taquilla en los bancos de Cerro Verde y Tubul para otoño, invierno y primavera. Se presentan las ecuaciones de esas relaciones, valores de  $r^2$ , P y el número de analizados individuos (n). W= peso en gramos y L= talla en milímetros.



**Figura 58.** Relaciones longitud-peso de taquilla en los bancos de Quetalmahue y Yaldad para otoño, invierno y primavera. Se presentan las ecuaciones de esas relaciones, valores de  $r^2$ , P y el número de analizados individuos (n). W= peso en gramos y L= talla en milímetros.

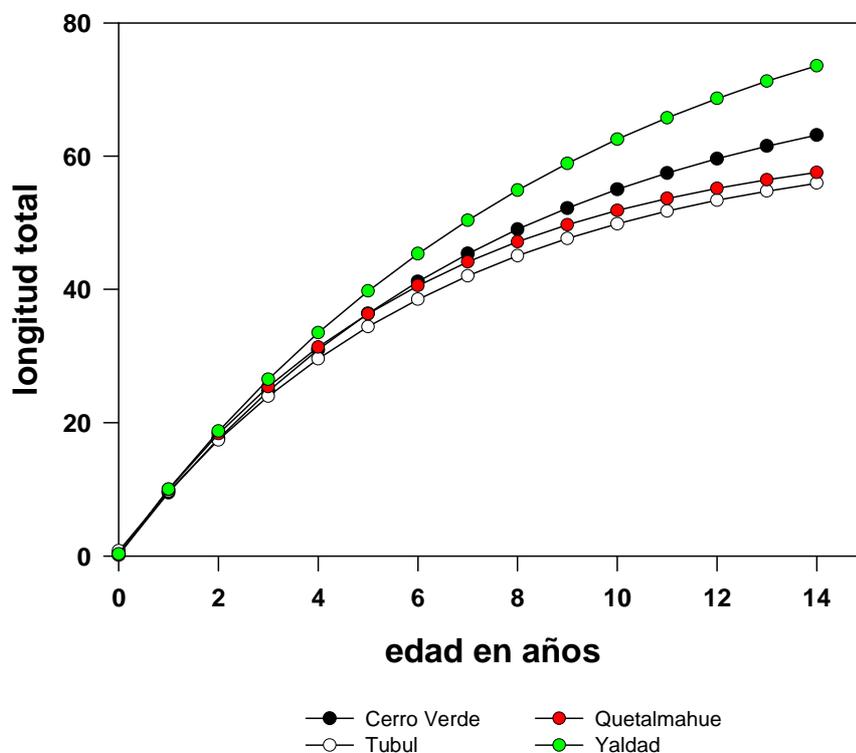
### Parámetros de entrada a la estimación de la talla crítica y mortalidad natural

Los parámetros de entrada a los métodos de estimación de la mortalidad natural y talla crítica corresponden en primer término a los parámetros de crecimiento (Tabla 20). Como fue mencionado anteriormente, estos parámetros fueron obtenidos de acuerdo a la metodología basada en la lectura de anillos en la concha y utilizados como input en los métodos de estimación de la mortalidad natural: M1 (Taylor), M4 (Beverton & Holt) y M5 (Brey & Cage) e indirectamente en los métodos M2 (Alagaraja) y M3 (Richter & Efanov).

**Tabla 20.** Parámetros de crecimiento de la función de von Bertalanffy de *Mulinia edulis*, en los cuatro bancos estudiados.

Parámetro	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
$L_{\infty}$ (mm)	74.736	63.001	63.390	93.540
K	0.133	0.155	0.170	0.110
To (años)	-0.025	-0.078	-0.010	-0.030

Las curvas de crecimiento originadas a partir de los parámetros estimados (Tabla 20), se presentan en la Figura 59. En general, la tasa de crecimiento más alta se encontró en la localidad de Quetalmahue (X región) y las más baja en Yaldad (X región). Cabe señalar que se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento, tal como se presenta en la Tabla 20.



**Figura 59.** Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para el recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones,

La talla mínima legal (55 mm) se alcanza entre los 8 años de edad (Yaldad) y 12 años de edad (Tubul).

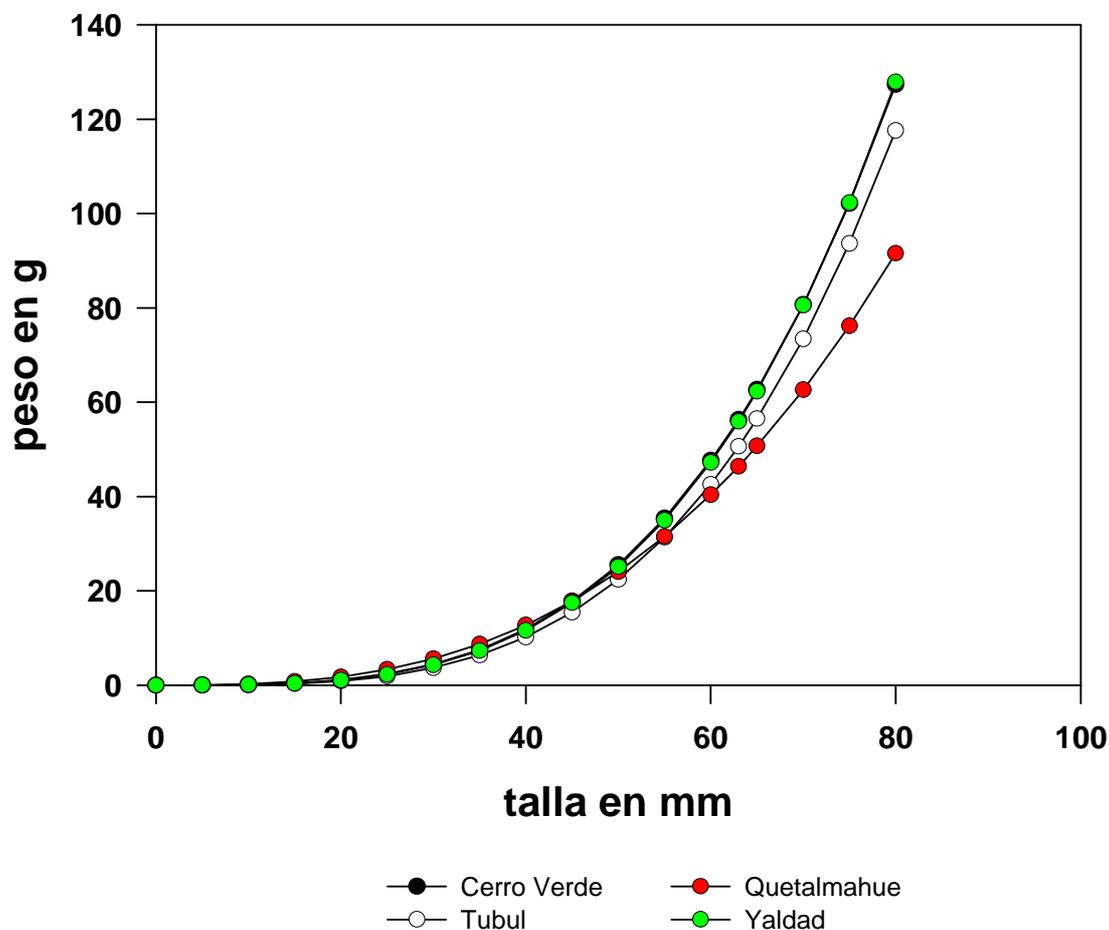
### Parámetros morfométricos

Los parámetros morfométricos, obtenidos de la relación longitud-peso (“a” y “b”) se presentan en la Tabla 21 y fueron utilizados directamente en la estimación de la talla crítica.

**Tabla 21.** Parámetros de la relación morfométrica de 4 localidades del sur de Chile.

Parámetro	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
A	0.000039	0.000022	0.000353	0.000033
B	3.42	3.53	2.84	3.46
R <sup>2</sup>	0.922	0.900	0.892	0.977
N	2.141	1.867	1.835	1.901

La representación gráfica de los parámetros morfométricos se muestra en la Figura 60. Las localidades de Cerro Verde, Tubul y Yaldad presentaron curvas similares, con ejemplares adultos de mayor peso individual a la misma talla que individuos de la localidad de Quetalmahue en la X región. Los factores que pueden estar influyendo en estas diferencias no son conocidos y podrían estar relacionados con la alimentación y variables abióticas particulares de cada localidad (temperatura, salinidad, dinámica los sedimentos, entre otros aspectos que no fueron explorados en este estudio.



**Figura 60.** Curvas de la relación morfométrica (talla –peso) del recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.

### Parámetros de longevidad

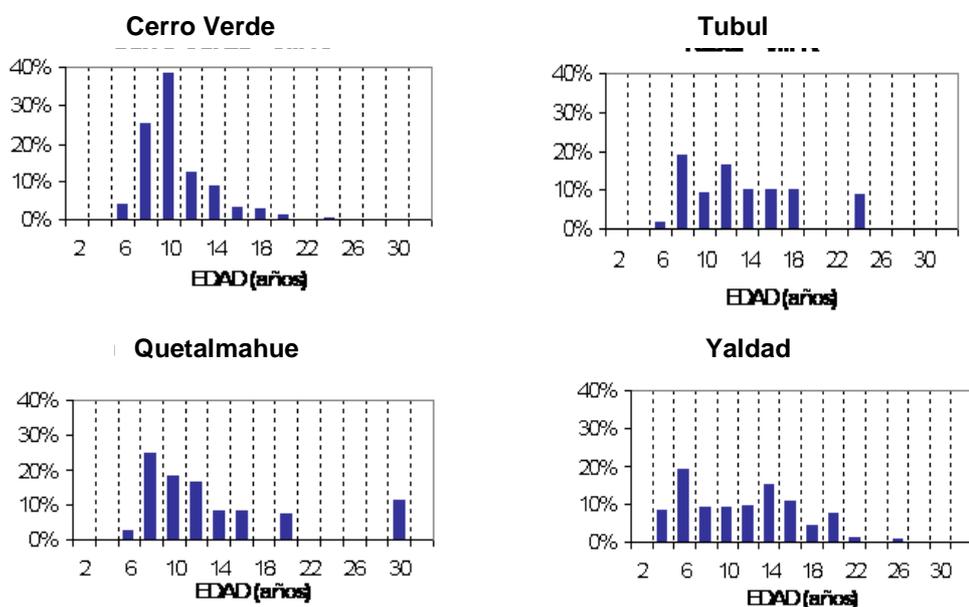
El método M2 de Alagaraja requiere estimar la longevidad (tm) de los ejemplares del lugar de estudio, las cuales se estimaron a partir de las edades máximas alcanzadas en las muestras poblacionales de almeja de Cerro verde y Tubul en la VIII región y de Quetalmahue y Yaldad en la X región. La Tabla 22 resume los valores estimados en cada caso.

**Tabla 22.** Parámetros de longevidad máxima y promedio, en años, a nivel regional de la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en los bancos de Cerro Verde, Tubul, Quetalmahue y Yaldad.

LUGAR	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Edad Máxima (año) tm	22.5	22.1	29.9	27.5

En las estimaciones de mortalidad se utilizó el valor de la longevidad máxima promedio, para minimizar la subestimación por problemas de muestreo de ejemplares de tamaño mayores a la talla mínima legal. Los valores de longevidad, obtenidos con los parámetros de crecimiento estimados por el método de lectura de anillos, corresponden a las estimaciones teóricas de edad en la cual sobrevive el 1% de la cohorte.

Los histogramas de grupos de edad de la almeja Taquilla se presentan en la Tabla 61. Se puede apreciar que las almejas más longevas fueron encontradas en la zona de Quetalmahue y Yaldad (X región). Esto puede deberse, entre otros factores a una menor explotación en comparación a los bancos de Cerro Verde y Tubul o bien a la ausencia de causas naturales negativas (embancamientos, erosión, marejadas) o fenómenos de contaminación por acción del hombre.



**Figura 61.** Curvas de la relación morfométrica (talla –peso) del recurso taquilla (*Mulinia* sp) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones. El eje “y” representa la frecuencia relativa encontrada en cada grupo de edad en las muestras de talla poblacional.

### Parámetros de edad de primera madurez poblacional

Los parámetros de edad de primera madurez poblacional ( $tm_{50\%}$ ) se utilizaron en la estimación de la mortalidad natural con el método M3 (Richter & Efanov) y se obtuvieron de este estudio y sus valores específicos se resumen en la Tabla 23. Se aprecia que los valores de talla de primera madurez, si bien se alcanzan en todos los lugares estudiados prácticamente al mismo tamaño (entre 35 mm y 38 mm), las edades de primera madurez, en cambio difieren notoriamente, debido a las diferencias en las tasas de crecimiento individual.

**Tabla 23.** Parámetros de talla (mm) y edad (años) de primera madurez poblacional de la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en 4 localidades del sur de Chile.

LUGAR	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Lm50% (mm)	37.05	35.84	35.07	35.21
tm50% (años)	5.13	5.33	5.39	4.26

### Parámetros de Beverton & Holt para estimar mortalidad total

Los parámetros para aplicar el método M4 (Beverton & Holt) requieren de la estimación de la talla promedio de los ejemplares completamente reclutados a la pesquería ( $L_p$ ) y la longitud que corresponde a la talla completamente reclutada  $L'$ , junto con los son parámetros de crecimiento ( $L_\infty$  y  $k$ ) de la ecuación de von Bertalanffy. La Tabla 24 resume los valores de dichos parámetros. El parámetro  $L'$  se estableció en 55 mm, que corresponde a la Talla Mínima Legal para las almejas en Chile, las cuales son extraídas a mano por los buzos, lo cual supone un reclutamiento en “filo de cuchillo” al dejar escapar por la abertura de malla de los chinguillos los ejemplares más pequeños.

**Tabla 24.** Parámetros del método M4 de Beverton & Holt para estimar mortalidad total de la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en 4 localidades del sur de Chile.

LUGAR	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Lp (mm)	60,1	59,5	59,7	71,9
L' (mm)	55	55	55	55

### EDAD Y TALLA CRITICA

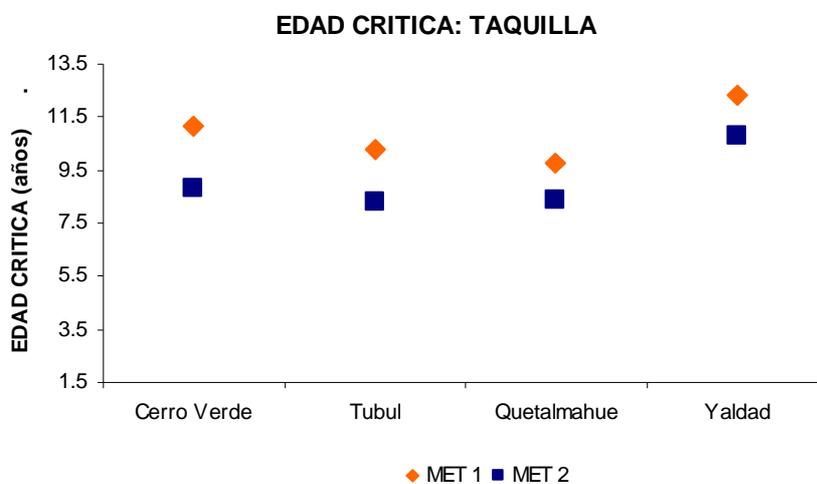
La talla edad ( $t_c$ ), estimada a partir del modelo de Alverson & Carney, 1975, se estima con los parámetros de crecimiento, la pendiente de la relación longitud- peso y la tasa instantánea de mortalidad natural. En la Tabla 25 se presentan los valores estimados para la Edad crítica ( $t_c$ ), en años, para las cuatro localidades del estudio, de

acuerdo a la aplicación de los cinco métodos de estimación del parámetro de mortalidad natural. Tal como se indicó anteriormente en el capítulo de metodología, las estimaciones obtenidas con los métodos M2, M3, M4 y M5 se desestimaron, por lo que el análisis efectuado en la discusión se hizo a partir de las estimaciones calculadas con el método M1 (Taylor). Las edades críticas estimadas en base a este método, variaron entre los 9,8 años (Quetalmahue) y los 12,3 años (Yaldad).

**Tabla 25.** Estimaciones de la Edad Crítica (años) a partir de la aplicación del método de Alverson & Carney (1975) sobre la base de la estimación de la mortalidad natural por medio de 5 métodos, de la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en 4 localidades del sur de Chile. En **negrilla** los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final

Método	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Tc1	<b>11.2</b>	<b>10.3</b>	<b>9.8</b>	<b>12.3</b>
Tc2	8.8	8.3	8.4	10.8
Tc3	6.7	6.7	5.7	6.3
Tc4	6.0	11.1	9.0	11.9
Tc5	4.4	4.1	3.3	5.0

En términos gráficos (Fig. 26), se representan para efectos comparativos, los valores de la edad crítica estimados con las estimaciones de mortalidad natural proporcionadas por los dos métodos seleccionados como más robustos (M1, M2). Las estimaciones de la edad crítica proporcionadas por los métodos M1 (Taylor) y M2 (Alagaraja) fueron más semejantes entre ellos que los valores de tc calculados en base a los otros tres métodos (M3, M4 y M5).



**Figura 62.** Estimaciones de Edad Crítica en base a 2 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor) y M2 (Alagaraja) del recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.

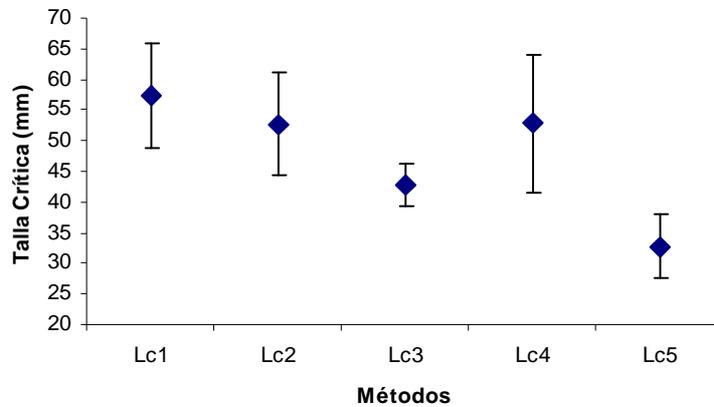
### Talla crítica

Por su parte, la talla crítica ( $L_c$ ) sigue el mismo comportamiento espacial de la Edad crítica y los valores correspondientes se presentan en la Tabla 26. Se aprecia, en general, que las estimaciones de Talla crítica alcanzan valores mayores a la Talla Mínima Legal (TML), lo cual está indicando probablemente que los stocks de estas almejas están siendo sometidas a una leve sobreexplotación por crecimiento, dado que hay una fracción de los ejemplares que no logra proporcionar el máximo peso a la cohorte por efecto de la extracción.

**Tabla 26.** Estimaciones de Talla Crítica (mm) a partir de la aplicación del método de Alverson & Carney (1975) sobre la base de la estimación de la mortalidad natural por medio de 5 métodos, de la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en 4 localidades del sur de Chile. En **negrilla** los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final

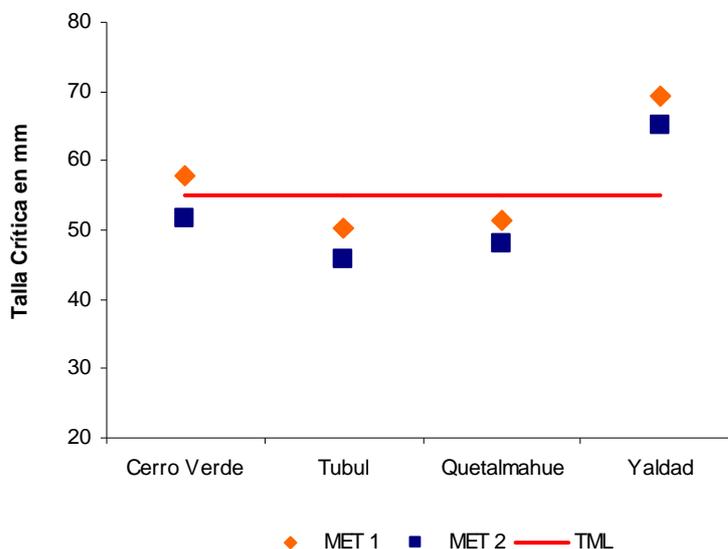
Método	Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
Lc1	<b>57.9</b>	<b>50.4</b>	<b>51.4</b>	<b>69.5</b>
Lc2	51.6	45.9	48.1	65.1
Lc3	44.2	40.9	39.2	46.8
Lc4	40.9	52.0	49.7	68.4
Lc5	33.4	30.3	27.5	39.8

La estimación de un intervalo de confianza (al 95%) para la Talla crítica (Lc), asociado a cada método de cálculo de M se presenta en la Figura 63. Se aprecia que las estimaciones de Lc en base al método M4 (Beverton & Holt) mostró la mayor variabilidad. La estimación de Lc con el método M3 (Richter & Efanov) presentó la menor variabilidad, dado que las tallas de primera madurez fueron muy similares entre lugares. Las estimaciones de LC entre los métodos M1 (Taylor) y M2 (Alagaraja) no mostraron diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 63.** Estimaciones de Talla Crítica promedio (puntos) y sus respectivos intervalos de confianza (al 95%)(barras), en base a 5 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: Lc1 (Taylor), Lc2 (Alagaraja), Lc3 (Richter & Efanov), Lc4 (Beverton & Holt) y Lc5 (Brey & Cage) del recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en los cuatro bancos estudiados

De manera similar al comportamiento de las estimaciones de edad crítica, la representación gráfica de la Talla Crítica (Fig. 64) muestra que sus valores variaron de manera más estrecha, aun entre los dos métodos usados para el cálculo base de la mortalidad natural (M1 y M2). Los valores más altos de talla crítica se obtuvieron para las poblaciones de Taquilla de Yaldad en la X región. El resto de los lugares estudiados presentó tallas críticas relativamente semejantes.



**Figura 64.** Estimaciones de Talla Crítica en base a 2 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor) y M2 (Alagaraja) del recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones. La línea TML corresponde al valor de la talla mínima legal (55 mm).

## Mortalidad natural

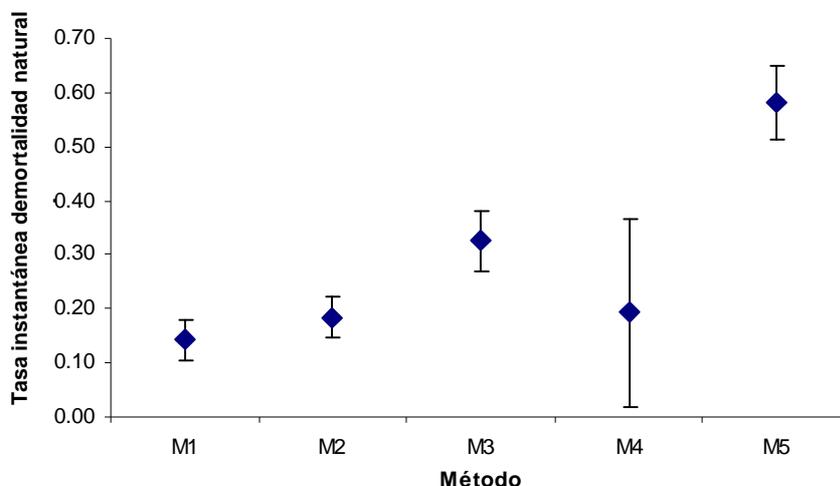
Las estimaciones de la tasa instantánea y absoluta de mortalidad natural se resumen en la Tabla. 27. Los valores de la tasa instantánea de mortalidad no son interpretables fácilmente, por eso se proporcionan las estimaciones de la tasa absoluta de mortalidad natural, la cual se entiende como la fracción de individuos de una población que muere por causas naturales al final del año respecto a los que estaban vivos al comienzo de ese mismo año, expresada en porcentaje. El método M1 (Taylor) considerado el más robusto en la estimación de M, indicó que la fracción poblacional que presenta más mortalidad natural se registró en Quetalmahue (X región) con un 16%, mientras que las tasas de mortalidad natural absoluta menores ocurrieron en la localidad de Yaldad (X región) con un 10%. Estos valores son coherentes con las bajas tasas de crecimiento estimadas para del recurso en dicha localidad.

Las estimaciones de M proporcionadas por el método M5 fueron particularmente altas, lo cual no hace realistas los valores que toma el parámetro M en las 4 localidades estudiadas.

**Tabla 27** Estimaciones de tasa instantánea (M) y absoluta de mortalidad natural (%M) por medio de 5 métodos, para la almeja taquilla (*Mulinia edulis*) en 4 localidades del sur de Chile. En **negrilla** los valores de Edad crítica seleccionados para el análisis final.

Método		Cerro Verde	Tubul	Quetalmahue	Yaldad
<b>Método 1 (Taylor 1958)</b>	<b>M1</b>	<b>0.13</b>	<b>0.16</b>	<b>0.17</b>	<b>0.11</b>
	<b>%M</b>	<b>12%</b>	<b>14%</b>	<b>16%</b>	<b>10%</b>
Método 2 (Alagaraja 1984)	M2	0.20	0.21	0.15	0.17
	%M	18%	19%	14%	15%
Método 3 (Rikhter & Efanov 1976)	M3	0.32	0.30	0.30	0.38
	%M	27%	26%	26%	32%
Método 4 (Beverton & Holt (1956))	M4	0.38	0.12	0.13	0.14
	%M	31%	11%	12%	13%
Método 5 (Brey & Cage (1997)).	M5	0.57	0.61	0.63	0.52
	%M	43%	45%	47%	41%

El análisis de un intervalo de confianza (al 95%) para la Tasa de mortalidad natural (M) asociado a cada método de cálculo (M1 a M5) se presenta en la Figura 65. Se puede observar que la estimación de M en base al método M4 (Beverton & Holt) mostró, al igual que el comportamiento de la talla crítica, la mayor variabilidad. La estimación de M obtenida con el método M1 (Taylor) presentó tanto el menor valor promedio del parámetro y la menor variabilidad.



**Figura 65.** Estimaciones de Tasa Instantánea de Mortalidad Natural promedio (puntos) y sus respectivos intervalos de confianza (al 95%) (barras), en base a 5 métodos de cálculo de la tasa de mortalidad natural: M1 (Taylor), M2 (Alagaraja), M3 (Richter & Efanov), M4 (Beverton & Holt) y M5 (Brey & Cage) del recurso taquilla (*Mulinia edulis*) en cuatro localidades costeras de la VIII y X regiones.

## 7. DISCUSIÓN

Si bien para el área de estudio de este Proyecto, se han descrito dos de las especies de *Mulinia* adscritas para Chile (*M. byronensis* y *M. edulis*), cuyas series tipo se encuentran depositadas en el Natural History Museum de Londres (Ramírez 1993), la descripción de las mismas se ha realizado en base a caracteres morfológicos. Sin embargo, los criterios morfológicos utilizados en las descripciones muestran un amplio rango de variabilidad, y por lo mismo, no son suficientes para fundamentar la separación de estas dos entidades. Así, en las descripciones de estas dos especies no hay diferencias cuantitativas, ni se advierten rasgos con variabilidad discontinua. Algunos autores consideran a la especie *Mulinia edulis* sinónima de *Mulinia bicolor*, *Mulinia byronensis* y *Mulinia laevicardo*, (i.e. se trataría de la misma especie) mientras que otros las consideran especies distintas (Aldea & Valdovinos 2005, Ramírez 1993, Valdovinos 1999, Forcelli 2000).

Las variaciones que se mencionan en la diferenciación de esas especies se

refieren a pequeñas diferencias en la concha, tales como algún declive, umbos ligeramente más salientes y seno paleal distinto, entre otras. Sin embargo, los caracteres en los que se soportan estas descripciones no son los adecuados para este objetivo, ya que soslayan principios esenciales para un carácter taxonómico, como son la constancia, una curva de variación estrecha, baja sensibilidad a los cambios ambientales y, principalmente, su heredabilidad (De la Sota, 1973). En resumen, los caracteres que muestran variabilidad asociada a condiciones tales como heterogeneidad ambiental o que muestran gran variación, no pueden utilizarse para determinar o delimitar una especie. Ante esto el estatus taxonómico de estas entidades debe tomarse con cautela y se necesitarían estudios más amplios que permitan dilucidar si estas dos entidades son la misma especie o no, aspectos que se escapan al ámbito de este Proyecto. Lo anterior es relevante, ya que ninguno de los análisis realizados encontró diferencias significativas entre los individuos y poblaciones analizadas.

La variabilidad morfométrica y morfológica fue analizada mediante dos aproximaciones complementarias (*i.e.* morfometría tradicional y morfometría geométrica). En ambos casos, los resultados llevan a concluir que se está ante la presencia de una sola unidad taxonómica. En cuanto a la nominación de la misma, el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica indica que, en estos casos "el nombre válido de un taxón es el nombre disponible más antiguo aplicado a éste" (Principio de Prioridad, Art. 23, ICZN; URL: <http://www.iczn.org> ). Por lo tanto, el material analizado durante este Proyecto corresponde a *Mulinia edulis* (King, 1831). En este sentido, cabe señalar que ninguno de los individuos analizados (independiente del banco de origen) mostró dificultades en su reconocimiento, esto es relevante ya que si existiese la presencia de una población importante y diferenciada morfológicamente de *Mulinia byronensis* la probabilidad de capturar individuos de esta población habría sido alta.

Los análisis moleculares de los individuos de los cuatro bancos analizados, tampoco mostraron diferencias significativas entre sí. Los resultados de los análisis filogenético y genético poblacional, permiten concluir que no hay diferenciación

molecular significativa entre las distintas poblaciones estudiadas. Estos análisis evidencian una baja estructura poblacional, elevado flujo génico y bajo soporte estadístico de los clados en el análisis filogenético. Lo anterior refuerza la idea de que estamos en presencia de una sola entidad taxonómica.

Los análisis de la morfología espermática, tampoco mostraron diferencias entre las poblaciones analizadas. Los espermatozoides estudiados siguen el patrón general de las especies primitivas, lo que permite concluir que la fecundación es externa. Los espermatozoides de esta especie, presentan cabeza ovalada con núcleo redondeado, rasgo característico y diferencial. Los análisis realizados con microscopía electrónica de barrido y de transmisión, mostraron que los espermatozoides de las cuatro poblaciones estudiadas presentaron dimensiones, estructuras y rasgos morfológicos similares. La alta resolución de estos métodos de estudio, permite concluir que todos los individuos examinados pertenecen a la misma especie.

No existen antecedentes sobre la presencia y amplitud de las poblaciones de *Mulinia byronensis* en el área de estudio. Esto en el contexto que se tratase de una especie diferente a *Mulinia edulis*, lo que no está del todo clarificado como ya ha sido mencionado. Debido a esto no es posible estimar la posibilidad de que se encuentren poblaciones de esta especie en el área de estudio. Sin embargo en los muestreos realizados (los que incluyeron un amplio rango geográfico) no se registró la presencia de esta especie, asimismo ninguno de los individuos analizados alrededor de 200. Ante esto podemos concluir que los resultados obtenidos en este estudio son representativos de la pesquería de *Mulinia* en el área de estudio y que se trata de la especie *Mulinia edulis*.

La elección de los sitios de muestreo se basó en los siguientes criterios i) análisis de los datos de desembarcos de taquilla en la VII y X Región, proporcionados por los Anuarios Estadísticos de Pesca de SERNAPESCA, ii) análisis de antecedentes generados por otros Proyectos, iii) visita a las principales caletas de pescadores donde habitualmente se extrae este recurso y iv) Análisis de datos de muestreos realizados en

cuatro bancos submareales de taquilla en la VII Región y tres en la X Región.

En selección final de los bancos a estudiar se conciliaron los siguientes requisitos: i) representativos de la localidad, ii) de fácil acceso y iii) disposición de los pescadores a realizar el estudio iv) y estructura poblacional que permitiera los estudios de crecimiento y ciclo reproductivo. En consecuencia, se eligieron los bancos de Cerro Verde y Tubul en la VIII Región y de Quetalmahue y Yaldad en la X Región. La selección de estos bancos, permitió un amplio rango latitudinal, con lo que las eventuales diferencias asociadas a variabilidad latitudinal podrían ser analizadas. Por otro lado, estos bancos presentaban diferencias en la pesquería asociada. Así, Tubul y Quetalmahue representaban bancos en plena explotación del recurso, en tanto que en los bancos de Cerro Verde y Yaldad no se observó una pesquería importante en todo el curso del Proyecto. Lo anteriormente expuesto nos permite concluir que los cuatro bancos analizados eran buenos representantes de la variabilidad biológica y pesquera de esta especie en área estudiada.

Los estudios destinados a evaluar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa de esta especie en general no mostraron grandes diferencias entre los cuatro bancos analizados. Así, los análisis realizados durante la ejecución del Proyecto mostraron que tanto machos como hembras, siguen el patrón general establecido para los estados del ciclo de madurez gonadal de *Venus antiqua* (cf. Lozada & Bustos 1984). En general, en todos los bancos se observaron tasas moderadas reproductivas entre abril a julio y altas tasas en enero y febrero y que en general tiene reproducción continua en casi todos los meses estudiados. La fecundidad potencial de esta especie tampoco mostró mayores diferencias entre los bancos estudiados. En tanto que la talla de primera madurez sexual presentó valores entre 35 y 37 mm, no registrándose mayores diferencias entre los bancos analizados.

Debido a la pérdida de algunos de los muestreos destinados a la determinación del crecimiento en base a la estructura de tallas (perdida producto del incendio que afectó a la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile), no fue posible

realizar estas estimaciones de forma óptima con lo que los parámetros de crecimiento de esta especie se basaron en el recuento de anillos de crecimiento. En general, estos análisis mostraron diferencias notorias entre los cuatro bancos analizados, con las mayores tasas de crecimiento en el banco de Yaldad.

Las estimaciones de mortalidad natural se efectuaron siguiendo cinco métodos de tipo bioanalógicos, denominados M1: de Taylor, M2: de Alagaraja, M3: Richter & Efanov, M4: de Beverton & Holt y M5: de Brey & Cage.

Las estimaciones de M obtenidas con el método M5 fueron anormalmente altas en comparación a las proporcionadas por los otros cuatro métodos y sus valores no fueron coherentes con la dinámica de un crecimiento lento como el que fue estimado en el estudio. Cabe señalar que estas estimaciones más altas de mortalidad natural se deban, probablemente, a que la relación empírica de Brey & Cage utilizó como base de datos, estimaciones de crecimiento y mortalidad natural de muchas especies tropicales de moluscos, que se sabe tiene crecimientos rápidos por su correlación con la mayor temperatura del agua en sus hábitat. En consecuencia, las estimaciones de M con este método no se reconocen como valores adecuados de mortalidad para la especie estudiada.

Es importante señalar que las estimaciones de crecimiento, de mortalidad y talla crítica deben ser tomadas con suma cautela. La pérdida de muestras destinadas a las estimaciones de crecimiento redundo en que no fue posible realizar estimaciones robustas de estos parámetros, lo que influencia las estimaciones de mortalidad y talla crítica. Debido a lo anteriormente expuesto, estas estimaciones deben ser tomadas con sumo cuidado no recomendándose su utilización en la toma de decisiones con respecto al manejo de los bancos de *Mulinia*.

## 8. CONCLUSIONES

Sobre las bases de los antecedentes obtenidos en este estudio, es posible concluir que:

- i) En relación al objetivo específico 4.1 (Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en las Regiones VIII y X); los análisis basados tanto en la variabilidad morfométrica (i.e. morfometría tradicional y morfometría geométrica), molecular (i.e. análisis filogenético y genético poblacional) y de la morfología espermática no mostraron diferencias significativas entre los individuos de los cuatro bancos estudiados. Estos resultados nos llevan a concluir que se está ante la presencia de una sola unidad taxonómica es decir todos los individuos analizados corresponden a *Mulinia edulis*.
- ii) En relación al objetivo específico 4.2 (Ubicar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en las Regiones VIII y X). Los análisis realizados y las visitas a terreno mostraron que los principales bancos fueron Tubul, Cerro Verde y Caleta Maule en la VIII Región y Quetalmahue y Yaldad en la X Región.
- iii) En relación al objetivo específico 4.3.(Conocer el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla de las Regiones VIII y X.), los análisis realizados permiten concluir que; esta especie presenta una reproducción continua con tasas moderadas entre abril a julio y altas en enero y febrero, la fecundidad potencia fue de alrededor de 1400000 y de alrededor de 2300000 (en la VIII y X Región, respectivamente) y la talla de primera madurez sexual presentó valores entre 35 y 37 mm.
- iv) En relación al objetivo específico 4.4 (Determinar edad y crecimiento, relación longitud-peso y talla crítica de la taquilla de las Regiones VIII y X). LA determinación de los parámetros de crecimiento mostraron diferencias notorias entre los cuatro bancos analizados, con las mayores tasas de crecimiento en el banco de Yaldad. Sin embargo, estos resultados deben considerados con mucha cautela ya que debido a la pérdida de muestras no fue posible realizar estimaciones robustas de esos parámetros.

v) En relación al objetivo específico 4.5 (Estimar la mortalidad natural de la almeja taquilla), los resultados permiten concluir que: las tasas de mortalidad natural y talla crítica (Lc) no mostraron un patrón de tendencia latitudinal. Los valores de las tasas de mortalidad natural estimadas con el método de Taylor, seleccionado como el más adecuado, fluctuaron entre 0.11 y 0.17. Los mayores valores de mortalidad natural se encontraron en el Golfo de Quetalmahue (X región). Los valores de la Lc, estimadas a partir del método M1 de Taylor, seleccionado como el más adecuado, fluctuaron entre 50,4 mm y 69,5 mm. Los mayores valores de talla crítica se encontraron en Yaldad (X región) y Cerro Verde (VIII región). Sin embargo, estos resultados deben considerados con mucha cautela debido a que estas estimaciones se basan en los parámetros de crecimiento mencionados anteriormente.

## 9. REFERENCIAS

ALAGARAJA, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian. J. Fish.* 31: 177-208.

ALDEA, C & VALDOVINOS C. 2005. Moluscos del intermareal rocoso del centro-sur de Chile (36°-38° S): Taxonomía y clave de identificación. *Gayana* 69:364-396.

ALVERSON, D. & M. Carney. 1975. A graphic review of growths and decay of populations cohorts. *J. cons. Int. Explor. Mer.* 36 : 133 -143.

AMOUREUX, JM. 1980. Etude monographique des siphons de quelques mollusques bivalves: adaptation et morphologie. *Oceanis*, 33-89.

ANDERSON, F., BLACK L, MAYER L. & WATLING L. 1981. A temporal and spatial study of mudflat texture. *North Eastern Geology* 3: 184-196.

BANCROFT, J. D. & STEVENS A. 1977. A. Theory and practices of histochemical techniques. Churchill Livingstone Eds, 436 pp.

BEINSEN, K, & D. POWELL. 1979. Measurement of Natural Mortality in a Population of Blacklip Abalone, *Notohalotis ruber*. *Rapp. P.-v. Réunion. Cons. Int. Explor. Mer.*, 175: 23-26

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.

BOOKSTEIN FL (1991) Morphometric tools for landmark data: geometry and biology.

Cambridge University Press, Cambridge.

CAMPOS, B.; BROWN, D.; DURAN, L.; MELO, C. & J. URBAN. 1999. Estudio de edad y reproducción del recurso almeja en la IV y V región. Proyecto FIP -IT 97-32. UV. 146 p.

CHAPMAN D.G. & D.S. ROBSON. 1960. The Analysis of a Catch Curve. *Biometrics*, 16: 354-368.

DE LA SOTA, E. 1973. La Taxonomía y la revolución en las Ciencias Biológicas. Serie de Biología, Monografía N°3. Departamento de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA, Washington, D.C.

DOMANESCHJ, O (1995) A comparative study of the functional morphology of *Semele purpurascens* (Gmelin, 1791) and *Semele proficua* (Pulteney, 1799) (Bivalvia: Semelidae). *The Veliger* 38(4): 323-342.

EBERT, T. 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. *Limnol. Oceanogr.* 25 (4) : 764 -769.

EMERY, K.O. Rapid method of mechanical analysis of sand. *Journal of Sedimentary Petrology* 8:105-111.

EXCOFFIER, L., SMOUSE, P.E. & QUATTRO, J.M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, 131(2): 479 - 491.

FELSENSTEIN, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39:783-791.

FOURNIER, D. & P. BREEN. 1983. Estimation of Abalone Mortality rates with growth analysis. *Trans.Amer.Fish.Soc.* 112: 403 - 411.

FORCELLI, D. O. 2000. Moluscos magallánicos. Guía de moluscos de la Patagonia y sur de Chile. VázquezMazzini Eds., Buenos Aires, Argentina. 200 pp.

GUERRA R., CAMPOS, B. Y ESPONDA P (1994). Analysis of the spermatozoon of four bivalves with particular reference to the acrosome and plasma membrane glycoproteins. *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.*, 26 (4), 489-495, 1994.

HAIR, J.F., R.E. ANDERSON, R.L. TATHAM & B.J. GRABLOWSKY. 1979. Multivariate data analysis. The Petroleum Publishing Company. 360 pp.

HANCOCK, D. 1979. Populations dynamics and management of shellfish stocks in: Thomas, H. Populations assessments of shellfish stocks. ICES. Reports et process-verbaux des reunions. 175: 8 -19.

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.

HILLIS, D. & BULL, J. J. 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. *Syst. Biol.* 42: 182 -192.

- HOENIG, J. 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish. Bull. U.S.* 82:898-903.
- HUELSENBECK, J. P. & RONQUIST E. 2001. MrBAYES: Bayesian inference of phylogeny. *Bioinformatics* 17, 754-755.
- JARAMILLO, E.; CONTRERAS, H.; CLEASING, E. & G. JEREZ. 1998. Estudio biológico pesquero de Iso recursos almeja, navajuela y huepo en la VIII y X regiones. Proyecto FIP-IT / 96-46. Informe Final. UACH. 182 p.
- 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 Length Composition Data (with notes on VPA and Cohort analysis). *FAO Fish. Tech. Pap.*, (256): 118 pp.
- KIMURA, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitution through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal Molecular of Evolution.* 16: 111- 120.
- KORNIUSHIN & GLAUBRECHT (2006) Anatomy and reproduction of viviparous *Pisidium* (*Parapisidium*) *reficulatum* Kuiper, 1966: Implications for the phylogeny of *Sphaeriidae* (Mollusca: Bivalvia: Heterodonta). *Organisms, Diversity & Evolution* 6: 185—195
- LARDIES, MA, E. CLASING, J. NAVARRO & R. STEAD (2001). Effects of environmental variables on burial depth of two infaunal bivalves inhabiting a tidal flat in southern Chile. *J. Mar. Biol. U.K.* 81: 809-816.
- LOZADA, E. & H. BUSTOS. 1984. Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* King & Broderip 1835 en la Bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia: Veneridae). *Rev. Biol. Mar. Valparaíso* 20:91-112.
- MAAS, P., G. O'MULLAN, R. LUTZ & R. VRIJENHOEK (1999) Genetic and morphometric characterization of mussels (*Bivalvia: Mytilidae*) from Mid-Atlantic hydrothermal vents. *The Biological Bulletin* 196: 265 — 272.
- NEI, M. & TAJIMA, E. 1981. DNA polymorphism detectable by restriction endonucleases. *Genetics* 97:145-163
- NEI, M. (1987) *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York. USA.
- NEI, M., & LI, H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76: 5269 - 5273.
- 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. *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.
- 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. Length Converted Catch Curves: A Powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. Fishbyte 1(2): 9-13.

PHILLIPS, B.F. & A. CAMPBELL. 1974. Mortality and longevity in the Whelk *Dicathais orbita* (Gmelin). J. Mar. Freshwat. Res.,25:25-33.

POWELL, D.G. 1979. Estimation of Growth and Mortality Parameters from the Length Frequency of a Catch. Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Perm. Explor. Mer. 175: 167-169.

RAMIREZ, J. 1993. Moluscos de Chile. Vol. 4. Museo Nacional de Historia Natural, Chile.

REYNOLDS, J., WEIR, B.S., & COCKERHAM, C.C. 1983. Estimation for the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance. Genetics 105: 767 - 779.

RICKER, W.E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin N° 191, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 382pp.

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.

ROBSON, D.S. & D.G. CHAPMAN. 1961. Catch Curves and Mortality Rates. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 181-189.

SCHNEIDER, S., KUEFFER, J-M., ROESSLI, D. AND EXCOFFIER, L. 2000. ARLEQUIN: A software for population genetic data analysis. Genetics and Biometry Laboratory, University of Geneva, Suiza. <http://anthropologie.unige.ch/arlequin>

VALDOVINOS, C. 1999. Biodiversidad de moluscos chile-nos: Base de datos taxonómica y distribucional. Gayana Zoología 63(2): 111-164.