



INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2006-46

“ESTUDIO REPRODUCTIVO DEL RECURSO ALMEJA EN LA IV REGIÓN”

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE
Facultad de Ciencias del Mar
Departamento de Biología Marina
Grupo de Ecología y Manejo de Recursos

Octubre, 2008



JEFE DE PROYECTO

Dr. Wolfgang Stotz U

COORDINADOR PROYECTO

MSc. Marcelo Valdebenito O.

AUTORES

Wolfgang Stotz

Marcelo Valdebenito

María Soledad Romero

Giuliano Bernal

Luis Caillaux

Jaime Aburto

Heraldo Contreras

Domingo Lancellotti

Nicole Urriola

Paula Guajardo

Sandra Baro

Gisela Aquea

Claudio Cerda

COLABORADORES

Sr. Pedro Guzmán, Presidente, A. G. Pesc. y Buzos de Peñuelas

Asociación Gremial de Pescadores y Buzos de Peñuelas

Asociación de Buzos Macheros de Coquimbo

Octubre, 2008

Identificación de especies

Wolfgang Stotz
Marcelo Valdebenito
María Soledad Romero
Giuliano Bernal
Heraldo Contreras
Domingo Lancellotti
MSc. Nicole Urriola
Paula Guajardo
Sandra Baro
Gisela Aquea

Georreferenciación y caracterización de bancos

Wolfgang Stotz
Marcelo Valdebenito
Luis Caillaux
Jaime Aburto
Domingo Lancellotti
Claudio Cerda

Parámetros reproductivos

María Soledad Romero
Sandra Baro
Wolfgang Stotz
Marcelo Valdebenito

Parámetros de crecimiento y mortalidad

Wolfgang Stotz
Marcelo Valdebenito

Resumen ejecutivo

La IV Región, es uno de los principales puertos de desembarque de *Mulinia edulis* a nivel nacional. Su pesquería se ha desarrollado en las bahías de Coquimbo y Tongoy, generando trabajo para los pescadores de Peñuelas, Coquimbo, Tongoy y Puerto Aldea.

Hasta 1994 las estadísticas oficiales de este recurso quedaban bajo la denominación de almeja. A contar de ese año, se comenzó a registrar las capturas bajo el nombre de *Mulinia* sp.. Pero no hubo un cambio en la legislación y aun este recurso está normado bajo el régimen imperante para las almejas, exigiéndose una talla mínima de captura de 55 mm de longitud de concha. Es esta una talla que difícilmente alcanza *Mulinia edulis*.

La falta de una legislación específica, principalmente en términos de talla mínima de captura para *Mulinia edulis*, ha generado conflictos en la definición de como debieran realizarse las capturas. Principalmente porque es un recurso de bajo precio en el mercado local, lo que implica realizar grandes capturas para hacer rentable la actividad. Pero el precio podría verse incrementado, si se extrajera ejemplares de menor talla y orientar las capturas hacia el mercado europeo, en donde son apreciadas las almejas de pequeño tamaño.

La autoridad pesquera, para generar algún cambio en la normativa vigente ha considerado necesario actualizar la información sobre la composición específica de la almeja taquilla (se pensaba que podría haber más de una especie del género *Mulinia*); sobre la existencia de los bancos de taquilla en la Región de Coquimbo; y sobre el ciclo reproductivo de la especie. El proyecto del Fondo de Investigaciones Pesqueras (FIP) licitado con esos objetivos, fue adjudicado al Grupo de Ecología y Manejo de Recursos de la Universidad Católica del Norte, la cual ofreció incluir además un estudio de la dinámica poblacional, en términos de crecimiento individual y mortalidad.

Con el fin de identificar los bancos de taquilla existentes en la región, se realizaron prospecciones por buceo en las grandes bahías que existen en ella. Sólo se logró identificar uno, el banco de Bahía Coquimbo, asociado a las caletas de San Pedro de Coquimbo y Los Pescadores de Peñuelas. Este banco se extiende desde Caleta San Pedro de La Serena por el norte hasta Caleta San Pedro de Coquimbo por el sur. Se comprobó que este banco está compuesto por una sola especie de taquilla, *Mulinia edulis*. El banco presenta una densidad media de 1.148 ind/m² y en algunos sectores densidades superiores a los 3.500 ind/m². Se estima que la abundancia total del banco es de 25.606.812.026 individuos y biomasa total de 351.856 ton. El stock, en número de individuos, se estimó en 1.157.601.954, fracción que no sobrepasa el 4,5% de los ejemplares presentes en el banco, con una biomasa de 58.373 ton. El otro banco que se conocía para la región, que estaba en el sector de Puerto Aldea en Bahía Tongoy, ya no existe como tal, sólo es posible recolectar individuos aislados.

El ciclo reproductivo se estudio entre enero de 2007 y enero 2008 con muestras mensuales. En base al material obtenido se definió una nueva escala de madurez para machos y hembras. La escala considera la coocurrencia de varios estados de desarrollo gonadal en un mismo individuo. Se definieron los siguientes estados reproductivos para los machos: indiferenciado, madurante temprano, madurante avanzado, parcialmente evacuado, regresión evacuación total. Para las hembra se definieron los siguientes estados: madurante temprano, madurante avanzado, madurez máxima, evacuación regresión madurante, regresión y ocurrencia de ovocitos maduros.

M. edulis, en Bahía Coquimbo, presenta un ciclo casi continuo de reproducción con máximos reproductivos en otoño, de marzo a mayo y secundariamente, a fines de primavera e inicios del verano, noviembre-enero. Los desoves serían prolongados durante el año encontrándose ejemplares parcialmente evacuados en la mayoría de los meses.

La talla de primera madurez sexual (TPMS) poblacional de *M. edulis* se ubica entre 40 mm y 45 mm de longitud máxima de concha, a nivel individual correspondió a 29,94 mm en machos y 41,18 mm en hembras. En cuanto a la fecundidad potencial en ejemplares adultos alcanza máximos de 1.539.978 ovocitos por individuos.

La población de *M. edulis* en Bahía Coquimbo se encuentra infestada en un 100% por un tremátodo digeneo que se ubica preferentemente en branquias en estado de metacercaria. La cercaria del mismo parásito produce la castración de un 20,1% promedio de los ejemplares observados mensualmente

Aunque no es fácil de estimar los parámetros a través de la distribución de frecuencia de longitudes, por el permanente reclutamiento de nuevos ejemplares a la población durante todo el año, se logró establecer que *M. edulis* tendría un $L_{\infty} = 63$ mm de longitud máxima de concha y un $K = 1,07 \text{ año}^{-1}$. Con estos parámetros *M. edulis* estaría alcanzando la talla mínima de captura actual, de 55 mm, aproximadamente a los 13 meses de edad. La mortalidad total estimada a través de la curva de captura linearizada es de $2,89 \text{ año}^{-1}$, valor que sería equivalente a la mortalidad natural debido a que la población no está siendo sometida a la pesca.

Considerando la normativa a la cual está sujeto actualmente el recurso *Mulinia edulis*, su extracción legal es poco factible y atractiva. El hecho de que sólo un 4,5% de la población esté sobre la talla mínima de captura (55 mm de longitud de concha), a pesar de llevar ya años sin explotación, hace que un buzo, para lograr un ingreso suficiente, tendría que extraer volúmenes considerables, para luego seleccionar los pocos individuos sobre talla en el bote o en la playa. Por las características de la extracción, no es posible realizar una pesca selectiva. El destino de los ejemplares bajo TMC, después de la selección, es incierto, perdiéndose probablemente la mayoría de ellos. Esta situación hace necesario pensar en una estrategia de manejo que permita una extracción económicamente factible y atractiva del recurso, sin poner en riesgo la sustentabilidad del banco. Para el efecto se propone poner los bancos a ser explotados bajo la figura de Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), implementando una estrategia de explotación de rotación de áreas. En cada área, que se debería explotar por completo, sin distinción de talla ni volumen, dejando recuperar cada sector o parche, una vez explotado, por al menos 4 años. Asimismo se considera dejar al menos el 20% del banco como reserva, sin explotación en forma permanente. Para ir evaluando el efecto de la estrategia de explotación se requiere llevar un monitoreo anual de la abundancia y estructura de talla de cada sector o parche.

 ÍNDICE

Resumen ejecutivo	i
Listado de Tablas	viii
Listado de Figuras	ix
Listado de Figuras	ix
1 INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
1.1 Objetivos específicos	3
1.1.1 Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (<i>Mulinia</i> sp.) en la IV Región.	3
1.1.2 Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.	3
1.1.3 Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.	3
1.2 Objetivos de sobreoferta	3
1.2.1 Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.	3
2 METODOLOGÍA	4
2.1 Presentación del proyecto	4
2.2 Zona de estudio	4
2.3 Período de estudio	4
2.4 Objetivo específico 1: Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (<i>Mulinia</i> sp.) en la IV Región.	4
2.4.1 Identificación de la especie	5
2.4.2 Morfología geométrica	5
2.4.3 ADN	6
2.4.4 Morfología espermatozoides	6
2.5 Objetivo específico 2: Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.	7
2.5.1 Ubicación de los principales bancos	7
2.5.2 Georeferenciación de los bancos	8
2.5.3 Caracterización de los bancos.	8

2.6 Objetivo específico 3: Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.	15
2.6.1 Ciclo reproductivo	15
2.6.2 Talla primera madurez sexual	31
2.6.3 Fecundidad Potencial	32
2.6.4 Parasitación	33
2.7 Sobreoferta - objetivo específico: Determinar los parámetros de la función de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.	34
2.7.1 Procedimientos de terreno	34
2.7.2 Estimación de parámetros utilizando la serie de tiempo de estructuras de talla.	34
2.7.3 Determinar los parámetros de mortalidad.	35
3 RESULTADOS	37
3.1 Presentación del proyecto	37
3.2 Taller de Difusión	37
3.3 Zona de estudio	38
3.4 Objetivo específico 1: Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (Mulinia sp.) en la IV Región.	38
3.4.1 Identificación de la especie	38
3.4.2 Morfología geométrica	40
3.4.3 ADN	41
3.4.4 Morfología espermatozoides	44
3.5 Objetivo específico 2: Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.	46
3.5.1 Ubicación de los principales bancos	46
3.5.2 Georreferenciación de los bancos	50
3.5.3 Caracterización de los bancos.	50
3.6 Objetivo específico 3: Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.	58
3.6.1 Proporción Sexual	58
3.6.2 Anatomía del Sistema Reproductor	58
3.6.3 Ciclo Reproductivo:	60
3.6.4 Talla de primera madurez sexual	82
3.6.5 Fecundidad	86

3.6.6 Parasitación	87
3.7 Sobreoferta - objetivo específico: Determinar los parámetros de la función de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.	94
3.7.1 Crecimiento	94
3.7.2 Parámetros de mortalidad	94
4 DISCUSIÓN	96
4.1 Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (<i>Mulinia</i> sp.) en la IV Región.	96
4.1.1 Identificación de la especie	96
4.1.2 Morfología geométrica	96
4.1.3 ADN	96
4.1.4 Morfología espermatozoides	97
4.2 Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.	99
4.3 Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.	101
4.3.1 Ciclo reproductivo	101
4.3.2 Talla de primera madurez sexual	107
4.3.3 Fecundidad	108
4.3.4 Parasitación	110
4.4 Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.	112
5 CONCLUSIONES	114
6 PROPUESTA DE MANEJO: BANCO DE <i>Mulinia edulis</i>.	117
6.1 Antecedentes generales	117
6.2 Características de la pesca	117
6.3 Marco legal que debe tener esta pesquería	118
6.4 Criterios de explotación	118
6.5 Indicadores de estado	119
6.6 Protocolo de decisión	120
7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	121
8 ASIGNACIÓN HORARIA AL PROYECTO.	126

9 ANEXOS	127
9.1 Anexo I: Presentación del proyecto	127
9.2 Anexo II: Resúmenes de presentaciones de trabajos al Congreso de Ciencias del Mar en Iquique, mayo de 2007.	136
9.3 Anexo III: Resúmenes de presentaciones de trabajos al Congreso de Ciencias del Mar en Viña del Mar, mayo de 2008.	138

Listado de Tablas

Tabla I.- Densidad promedio, desviación estándar (D.S.) e intervalo de confianza a un nivel del 95% para la media poblacional (L.S. = límite superior; L.I. = límite inferior) para el recurso <i>Mulinia edulis</i> en el submareal de la Bahía Coquimbo, mayo-junio de 2007.	51
Tabla II.- Densidad promedio, desviación estándar (D.S.) e intervalo de confianza a un nivel del 95% para la media poblacional (L.S. = límite superior; L.I. = límite inferior) estimados por transecto para el recurso <i>Mulinia edulis</i> en el submareal de la Bahía Coquimbo, mayo-junio de 2007. En color rojo y amarillo se indican la menor y mayor densidad respectivamente.	51
Tabla III.- Proporción de sexos de <i>M. edulis</i> recolectadas en Bahía de Coquimbo, IV Región en el período 19 de enero de 2007 a 30 de enero de 2008.	58
Tabla IV.- Proporción de ejemplares con gónadas parasitadas (%) respecto al total de la muestra (N). Se indica el número de <i>M. edulis</i> con sexo reconocible y los Indeterminados por castración. (n= número de ejemplares parasitados)	61
Tabla V.- Número de ejemplares macho por estado de madurez gonadal de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.	63
Tabla VI.- Número de ejemplares hembra por estado de madurez gonadal de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.	64
Tabla VII.- Test estadístico para Comparación de pares múltiples de diámetro de acinos masculinos de <i>Mulinia edulis</i> en bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.	70
Tabla VIII.- Test estadístico para comparación de pares múltiples del Coeficiente Gamético masculino de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.	71
Tabla IX.- Test estadístico para comparación de pares múltiples de diámetro de acinos femeninos de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.	76
Tabla X.- Test estadístico para comparación de pares múltiples de diámetro de acinos femeninos de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.	78
Tabla XI.- Índice de Madurez Gonadal en machos y hembras de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo.	81
Tabla XII.- Fecundidad potencial para <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo. Prom = promedio, DE desviación estándar, Máx = máximo y Mín = mínimo.	87
Tabla XIII.- Variación mensual de temperatura en el año 1997-1998 registrada por Brown et al. (1999) y en los períodos 1997-1998 y 2007-2008 registrados por el Laboratorio de Oceanografía de la UCN.	104
Tabla XIV.- Parámetros de crecimiento para <i>Mulinia edulis</i> , edad en meses a la talla mínima de captura (TMC). La edad a la TMC fue estimada con los datos citados.	112

Listado de Figuras

- Figura 1.-** Corte histológico de gónada de *Mulinia edulis* en estado Indiferenciado (I). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; células troncales; tc: tejido conectivo). _____ 17
- Figura 2.-** Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Madurante (Mte T). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatogonias; tc: tejido conectivo; flechas indican acinos). _____ 18
- Figura 3.-** Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Madurante Avanzado (Mte Av). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatogonias; tc: tejido conectivo; flechas indican acinos). _____ 19
- Figura 4.-** Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado de Madurez Máxima (MM). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (ct: células troncales; e: espermatozoides; tc: tejido conectivo). _____ 20
- Figura 5.-** Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado de Evacuación Parcial (P Ev). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatozoides; tc: tejido conectivo). _____ 21
- Figura 6.-** Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Evacuación Parcial (Reg). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; e: espermatozoides; tc: tejido conectivo). _____ 22
- Figura 7.-** Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado Madurante –Regresión (Mte T). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (o: ovocitos; tc: tejido conectivo). _____ 23
- Figura 8.-** Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Madurante Avanzada (Mte Av). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (o: ovocitos; tc: tejido conectivo). _____ 24
- Figura 9.-** Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Madurez Máxima (MM). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (o: ovocitos; tc: tejido conectivo). _____ 25
- Figura 10.-** Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Evacuación-Regresión – Madurante (P Ev). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; o: ovocitos; tc: tejido conectivo). _____ 26
- Figura 11.-** Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Regresión (Reg). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; tc: tejido conectivo). _____ 27
- Figura 12.** Categorías de Ocurrencia de ovocitos Maduros en hembras de *Mulinia edulis*. (A) C 1= ningún ovocito (B) C 2= mediana cantidad de ovocitos (C) C 3= muchos ovocitos. _____ 28
- Figura 13.-** *Mulinia edulis*: A) imagen externa de las valvas, B) imagen interna de las valvas y C) esquema de las valvas en donde se resalta su morfología externa e interna. _____ 39
- Figura 14.-** Posición de los 10 hitos morfológicos (“landmarks”) sobre las valvas de *Mulinia edulis*. _____ 40
- Figura 15.-** Dispersión de puntos (individuos) en los “relative warp” 1 y 2. En Rojo los individuos del banco de Bahía Coquimbo – Cuarta Región, en azul individuos del banco de Quetalmahue y en verde individuos del banco de Yaldad (estos últimos de la Décima Región). _____ 41
- Figura 16.-** Gel de agarosa que muestra las amplicones de ITS-1 de 850 pb obtenidos por PCR. Los carriles 1-3 corresponden a muestras de *Mulinia edulis* de la bahía de Coquimbo, mientras que los carriles 4-6 corresponden a DNA amplificado de muestras de *Mulinia edulis* con un morfo distinto, banda de periostraco homogénea y de color amarillento intenso, provenientes también de la bahía de Coquimbo. _____ 42

Figura 17.- Secuencia ITS-1 de <i>Mulinia edulis</i> proveniente de la Bahía de Coquimbo. _____	42
Figura 18.- Secuencia ITS-1 de <i>Mulinia edulis</i> con un morfo distinto, banda de periostraco homogénea y de color amarillento intenso, proveniente de la Bahía de Coquimbo. _____	43
Figura 19.- Alineamiento de las secuencias obtenidas de ambos morfos de <i>Mulinia edulis</i> . _____	43
Figura 20.- a) Espermatozoide de <i>Mulinia edulis</i> . b) Cabeza c) Cabeza y pieza media. _____	45
Figura 21.- Sitios en donde se muestreo en busca de bancos de <i>Mulinia edulis</i> . _____	49
Figura 22.- Estructura de talla de la población de <i>Mulinia edulis</i> en el submareal de Bahía Coquimbo. La línea roja indica la talla mínima de captura para el grupo de las almejas. _____	52
Figura 23.- Relación longitud - peso total de la población de <i>Mulinia edulis</i> en el submareal de Bahía Coquimbo. _____	53
Figura 24.- Distribución espacial y densidad (ind./m ²) de <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Bahía Coquimbo, mayo de 2007. _____	54
Figura 25.- Batimetría de la Bahía de Coquimbo. _____	56
Figura 26.- Corte transversal del complejo gónada hepatopáncreas de <i>M. edulis</i> a la altura de (a) la glándula digestiva y de (b) los divertículos digestivos (br: branquias; hp: hepatopáncreas; i: intestino; i: intestino medio; pl: palpos labiales; se: saco del estilete; u: uréteres) _____	59
Figura 27.- a) Agrupación de acinos femeninos b) Detalle del interior del acino femenino en estado de madurez máxima. (Flecha indica ovocitos maduros). _____	60
Figura 28.- Ciclo de madurez gonadal de machos de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región. _____	62
Figura 29.- Ciclo de madurez gonadal de hembras de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región. _____	64
Figura 30.- Frecuencia de categorías Ocurrencia de Ovocitos Maduros en hembras de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región. C 1= ningún ovocito; C 2= pocos ovocitos y C 3= muchos ovocitos _____	65
Figura 31.- Distribución mensual de tamaño de ovocitos de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región. _____	68
Figura 32.- Variación del diámetro promedio de los acinos masculinos por estados de madurez sexual de <i>Mulinia edulis</i> (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión) _____	69
Figura 33.- Variación del Coeficiente Gamético masculino promedio por estados de madurez sexual de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima; P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión) _____	71
Figura 34.- Variación del diámetro de la masa de espermatozoides dentro de los acinos y el grosor de la columna espermatogénica por estados de madurez de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante	

<i>temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).</i>	72
Figura 35.- <i>Variación mensual del diámetro de los acinos masculinos de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	73
Figura 36.- <i>Variación mensual del Coeficiente Gamético masculino promedio de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	74
Figura 37.- <i>Variación mensual del diámetro de la masa de espermatozoides dentro de los acinos y el grosor de la columna espermatogénica de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	75
Figura 38.- <i>Variación del diámetro promedio de los acinos femeninos por estados de madurez sexual de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).</i>	76
Figura 39.- <i>Variación del Coeficiente Gamético femenino promedio por estados de madurez sexual de <i>Mulinia edulis</i> en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima; P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).</i>	77
Figura 40.- <i>Variación mensual del diámetro de los acinos femeninos de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	79
Figura 41.- <i>Variación mensual del Coeficiente Gamético femenino promedio de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	80
Figura 42.- <i>Índice de condición de <i>Mulinia edulis</i> en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.</i>	82
Figura 43.- <i>Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para machos de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas el 3 de enero de 2008.</i>	83
Figura 44.- <i>Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para hembras de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas el 3 de enero de 2008.</i>	84
Figura 45.- <i>Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para machos de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas entre el 13 y 15 de marzo de 2008.</i>	85
Figura 46.- <i>Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para hembras de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas entre el 13 y 15 de marzo de 2008.</i>	86
Figura 47.- <i>Individuos de metacercaria insertos en la pared del cuerpo de <i>Mulinia edulis</i>. (A) Corte transversal de la pared del cuerpo con quistes de tremátodo. (ep= epitelio; fm= fibras musculares; flecha indica tremátodos) (B) Individuo de tremátodo adulto. (ep= epitelio; fm= fibras musculares; flecha indica tremátodos).</i>	88
Figura 48.- <i>Quistes de tremátodos adultos insertos en la musculatura de <i>Mulinia edulis</i>. (A) Pie (B) Sifón (C) Músculo abductor.</i>	88
Figura 49.- <i>Frecuencia de quiste en un corte transversal de pie, sifones y músculo abductor de <i>Mulinia edulis</i>. (n=14).</i>	89

Figura 50.- Corte histológico de branquia de <i>Mulinia edulis</i> infestada de tremátodos. (ep= epitelio; tc= tejido conectivo; flechas indica quistes con tremátodos).	89
Figura 51.- Cercaria de tremátodo en la región gonadal de <i>Mulinia edulis</i> . (A) Sección transversal de la gónada con quistes (flechas indican algunos quistes). (B) Esporocisto. (Flecha indica poro de nacimiento).	90
Figura 52.- (A) Larva cercaria de tremátodo. (B) Detalle del tegumento (C) Detalle de la cola (c: cabeza; cl=cola; vo= ventosa oral; vv= ventosa ventral).	91
Figura 53.- Frecuencia de parasitación por cercaria y/o metacercaria en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en hembras de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo en el período 19 de enero de 2007 a 19 de enero de 2008.	92
Figura 54.- Frecuencia de parasitación por cercaria y/o metacercaria en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en machos de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo en el período 19 de enero de 2007 a 19 de enero de 2008.	92
Figura 55.- Parasitación por talla en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en machos de <i>M. edulis</i> de Bahía Coquimbo colectadas el 3 de enero de 2008.	93
Figura 56.- Curva de crecimiento para <i>Mulinia edulis</i> en el banco de Bahía Coquimbo.	94
Figura 57.- Mortalidad total (Z) para <i>Mulinia edulis</i> estimada a través de la curva de captura linearizada en le banco de Bahía Coquimbo.	95
Figura 58.- Variación mensual de temperatura en el año 1997-1998 registrada por (Brown et al., (1999) y en los períodos 1997-1998 y 2007-2008 registrados por el Laboratorio de Oceanografía de la UCN.	103

1 INTRODUCCIÓN

La Región de Coquimbo es una de los principales zonas de desembarque de *Mulinia edulis* (taca, taquilla, almeja dulce o colhue) a nivel nacional. En esta Región, los bancos que han sustentado la pesquería en los últimos 8 años son: Bahía Coquimbo, donde trabajaban los pescadores de las caletas Coquimbo (Caleta San Pedro) y Peñuelas (Caleta Los Pescadores), y el banco de Bahía Tongoy, donde trabajan los pescadores de las caletas de Tongoy y Puerto Aldea.

Hasta el año 1994, la taquilla era incluida dentro del grupo de las almejas en las estadísticas oficiales de desembarque, por lo tanto es imposible contar con una estimación de las capturas con anterioridad a ese año. Sin embargo, si bien en la estadística de pesca estas han sido separadas de los desembarques de almejas, no ha sucedido lo mismo con las regulaciones de talla mínima de captura (TMC), homologándose la talla mínima de extracción de la taca o taquilla a la de las almejas, que corresponde a 55 mm de longitud.

La falta de una regulación específica en términos de TMC para *Mulinia edulis* ha generado conflictos en relación a como se debiera realizar la pesquería del recurso. Básicamente debido a su bajo precio en el mercado local, la principal vía de comercialización de la taquilla es a través de plantas conserveras, donde se enlatan y son exportadas al mercado europeo. Mercado para el cual el tamaño ideal del recurso debe ser entre los 25 y 35 mm de longitud, el cual obviamente no se puede satisfacer por no cumplir con la normativa de TMC.

Sin embargo, la falta de una regulación específica para la taquilla no sólo puede generar problemas en el mercado, sino que también produce problema en la forma de explotación del recurso. Por ejemplo, según los cálculos de nuestro grupo de trabajo, realizado durante el año 2005 para el AMERB Peñuelas B, se observó que si bien la biomasa de taquilla en el AMERB que se encontraba sobre la TMC era bastante alta, la proporción de individuos sobre la TMC, en relación al total de la población es muy baja. Por la forma en que se extrae el

recurso, no es posible realizar una selección de tallas en el momento de la captura. La selección debe ser realizada en el bote o tierra, separando las taquillas bajo la TMC para ser devueltas al agua. Esto significa una fuerte perturbación para el banco, por cuanto las capturas tendrían que ser muy altas para poder conseguir la cantidad de recurso sobre la TMC necesarios para lograr una captura económicamente atractiva. Además, tampoco existe la certeza de lo que pasa con los individuos devueltos al banco. De acuerdo a las observaciones de los pescadores, la taquilla una vez removida del sustrato tiene muchas dificultades para volver a enterrarse. Si esta afirmación fuera cierta, es posible que gran parte de la biomasa devuelta al agua se pierda. El respetar la actual TMC, significa sacar el recurso del agua, realizar la selección de los más grandes y devolver nuevamente la mayor parte (cerca del 90%) al mar, esto podría producir una pérdida de biomasa y número de individuos mucho mayor que realizar una pesquería en la cual no se respeta la TMC.

Si se integran los antecedentes reproductivos que existen para la taquilla nos encontramos que Brown *et al.* (1999), ha señalado que *Mulinia* en el banco de Bahía Coquimbo presenta un ciclo reproductivo anual, con un periodo de reposo gonadal de enero a junio y un periodo reproductivo y evacuación de gametos de julio a enero, mes donde ocurriría la máxima evacuación de gametos. La primera madurez sexual señalada por Brown *et al.* (1999) ocurriría para *Mulinia edulis*, a los 8,9 mm para los machos y los 8,2 mm para hembras. Para la población, sin considerar el sexo, la talla mínima de primera madurez sexual fue estimada en 10,1 a 20 mm. En relación a la fecundidad relativa, en número de ovocitos vitelogénicos libres, para el rango comprendido entre 50 y 64,9 mm aumenta con el rango de talla, entre 1.238.000 y 1.608.333 (Brown *et al.*, 1999). De acuerdo a las claves talla-edad confeccionadas por Brown *et al.* (1999), la taquilla alcanzaría la talla mínima de extracción (5,5 cm) a los 6 años de edad. Datos que no concuerdan con lo encontrado en este estudio, pero con los reportados por Orellana (1980), Jaramillo *et al.* (1998) y Avellanal *et al.* (2002).

Objetivo general

Determinar los parámetros de reproducción del recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.

1.1 Objetivos específicos

1.1.1 Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.

1.1.2 Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.

1.1.3 Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.

1.2 Objetivos de sobreoferta

1.2.1 Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.

2 METODOLOGÍA

2.1 Presentación del proyecto

Se efectuó una reunión de trabajo con los miembros del equipo técnico de pesquerías bentónicas de la Subsecretaría de Pesca en Valparaíso.

2.2 Zona de estudio

El estudio contempló todas las grandes bahías de la IV Región. Recorriéndose la zona de Los Choros, Bahía Coquimbo, Bahía Guanaqueros, Bahía Tongoy, Bahía Pichidanguí y en forma adicional se realizó un muestreo en El Templador (Caleta Totoralillo Norte).

2.3 Período de estudio

El estudio comprendió 17 meses de trabajo, con 16 meses de muestreo en terreno. Se dio inicio al trabajo de campo en diciembre de 2006 y se extendió a marzo de 2008. Posteriormente se realizó el análisis de la información, periodo que se extendió hasta principio de abril de 2008.

2.4 Objetivo específico 1: Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.

Para identificar las especies que componen el recurso taquilla en la IV Región se consideraron las muestras que se obtuvieron del muestreo piloto descrito en el punto 3.4.1.- A estas muestras se les realizó un análisis de los caracteres morfométricos. Para el estudio del ADN se fue extrayendo las muestras a medida que se requerían para ajustar la metodología y realizar los análisis correspondientes. Se adoptó esta estrategia para evitar que el ADN se degradara.

2.4.1 Identificación de la especie

Para determinar las especies que componen el recurso taquilla o almeja dulce en la IV Región se realizó una revisión de la literatura existente sobre los caracteres diagnósticos y taxonómicas de las especies de bivalvos de importancia comercial en Chile (Lay-Salas, 1966; Osorio & Bahamonde, 1968; Osorio *et al.*, 1979; Bustos *et al.*, 1982, Osorio *et al.*, 1983, Brown *et al.*, 1999, Reid & Osorio, 2000 entre otros), en los que se encuentran los elementos necesarios para clasificar las taquillas objeto de este estudio, algunos de ellos conteniendo revisiones detalladas de las descripciones originales de las especies.

Estos trabajos hacen una descripción detallada y ordenada de las “almejas” del género que ha sido considerado en este estudio, por lo que constituyeron la herramienta base para la identificación taxonómica de las especies que componen la pesquería de la taquilla. Se utilizó tanto las descripciones que contienen estos trabajos, como la “clave de moluscos lamelibranquios comestibles de Chile”, contenida en Osorio & Bahamonde (*op. cit.*) y la “clave para determinar algunos moluscos marinos de importancia económica de Chile”, entregada por Osorio *et al.* (*op. cit.*).

2.4.2 Morfología geométrica

Con el objetivo de evaluar la variabilidad morfológicas de *Mulinia* sp., se realizaron análisis de Morfología Geométrica (Bookstein, 1991). Para esto, se utilizaron 40 individuos, realizándose estos análisis en la cara externa de la concha (i.e. forma general del cuerpo). Los pasos que se siguieron fueron: i) digitalización fotográfica de los individuos, 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) los datos obtenidos para este banco fueron comparados con datos obtenidos en dos

bancos de la Décima Región (proyecto FIP 2006-51), mediante Análisis Multivariado de la Varianza (Manova) y “Relative Warp Analyses”.

2.4.3 ADN

Se evaluaron 20 individuos de *Mulinia edulis* (morfo tradicional) extraídos desde la Bahía de Coquimbo y otros 20 individuos de *Mulinia edulis* que presentaban rasgos morfológicos distintos, principalmente la formación de una banda de periostraco homogénea de color amarillenta intensa, también extraídos desde la Bahía de Coquimbo. De cada uno de ellos se extrajo ADN genómico utilizando el reactivo Wizard[®] Genomic ADN Purification Kit (Promega), de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

El gen ITS-1 fue amplificado mediante PCR utilizando los partidores ITS-1 FP 5'-GGT GAA CCT GCG GAT GGA-3' e ITS-1 RP 5'-GCT GGC TGC GCT CTT CAT-3'. Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: 35 ciclos a 94° C, 1 min; 60° C, 1 min; 72° C, 1 min. Los amplicones fueron posteriormente resueltos mediante electroforesis en geles de agarosa, cortados desde el gel y purificados mediante el kit Wizard[®] SV Gel and PCR Clean-Up (Promega). Posteriormente fueron secuenciados en un secuenciador automático ABI PRISM 310 (Applied Biosystems).

2.4.4 Morfología espermatozoides

Para estudiar la estructura microscópica de los espermatozoides de *M. edulis* se seleccionaron 5 ejemplares macho maduros de 52,4 a 56,9 mm de longitud máxima ($54,1 \pm 2,1$). Se seccionó la región de la gónada y una gota de gametos fue disuelta en 5 ml de agua de mar microfiltrada a 1 μm y tratada con luz UV. Se depositó sendos cubreobjetos en los recipientes con la solución de espermatozoides durante 15 minutos para lograr la adhesión de las células al vidrio. Luego de ese tiempo, los cubreobjetos fueron traspasados a un contenedor con

Glutaraldehído al 2% en buffer Cacodilato de sodio al 0.025 M (Turner & Boyle, 1974). Las muestras de espermatozoides fueron lavadas en agua de mar, deshidratadas en una batería de etanol creciente y secadas a punto crítico en un equipo Samdri-780A. Luego, los cubreobjetos fueron montados en bronce y cubiertos con oro en una Fine Coat Ion Sputter JFC-1100. Finalmente, las muestras fueron observadas y fotografiadas en un microscopio electrónico JEOL T-300. La medición de 10 espermatozoides de cada una de las muestras se realizó utilizando la referencia de tamaño registrada en las microfotografías. Para caracterizar la morfología espermática se registró la medida de la cabeza, la cola y el número de mitocondrias de la pieza media.

2.5 Objetivo específico 2: Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.

2.5.1 Ubicación de los principales bancos

Muestreo piloto

Se realizó un muestreo piloto en las grandes bahías de la Región de Coquimbo, cubriendo las caletas de Punta Choros, San Pedro y Los Pescadores (Coquimbo - Peñuelas), Guanaqueros, Tongoy y Pichidangui. Este muestreo se realizó dentro y fuera de las AMERBs, con el objetivo de ubicar los dos mayores bancos de taquilla en la Región. Este muestreo se repitió nuevamente en el verano de 2008, excluyéndose de él la zona de Punta Choros e incorporándose El Temblador (Totalillo Norte).

Los muestreos pilotos se realizaron mediante buceo semi-autónomo. El diseño consideró la información de los buzos locales previamente entrevistados. Sobre el banco o en el sector de la bahía que presentaba fondo rico en materia orgánica se realizaron cuatro transectos perpendiculares a la línea de la costa, con tres estaciones (2, 5 y 8 m de profundidad). En cada

estación se tomaron 5 muestras con un core de 0,025 m² que se enterró 20 cm en el substrato. Cada muestra fue depositada en una bolsa debidamente etiquetada para su posterior análisis en el laboratorio del Grupo de Ecología y Manejo de Recursos (ECOLMAR), en la Universidad Católica del Norte.

Los ejemplares recolectados se identificaron, se registró la longitud total con un pie de metro de precisión de 0,1 mm. También, se calculó la densidad media para cada una de los bancos y la composición de especies de almejas presentes en el banco.

2.5.2 Georeferenciación de los bancos

El muestreo piloto permitió contar con la ubicación de los bancos de taquilla en la IV Región. Esta información fue procesada en el software ArcView 3.2.

2.5.3 Caracterización de los bancos.

Para dar cumplimiento a este punto, se realizó una caracterización detallada del banco de taquillas de Bahía de Coquimbo, único banco detectado en la IV Región. Para tener la primera aproximación del tamaño del banco, se trabajó en la confección de un mapa de distribución confeccionado con los dirigentes de las Asociaciones Gremiales de Buzos de Peñuelas y Coquimbo.

Caracterización biológica.

Evaluación directa

Submareal

Sobre el banco se repartieron equidistantemente 16 transectos perpendiculares a la costa (se tomó el banco en su conjunto, este dentro o fuera de las AMERB's). Cada transecto tuvo seis estaciones, con excepción del número 16 que sólo tuvo cinco estaciones. En cada estación se tomaron tres muestras con un core de 0,025 m², que se enterró aproximadamente 20 cm en el substrato. Las estaciones se distribuyeron a los 2; 5; 8; 11; 14 y 17 m de profundidad. El muestreo arrojó un total de 95 estaciones las que se georreferenciaron. Las muestras fueron depositadas en bolsas debidamente etiquetadas para su posterior análisis en laboratorio.

Intermareal

Siguiendo la misma línea de los transectos del submareal, se realizaron tres estaciones en el intermareal, durante el periodo de más bajamar. La primera estación se ubicó en la zona de arena húmeda, la segunda en el espejo de agua y la tercera el muestreador debía tener el agua hasta la rodilla (40 cm de profundidad aproximadamente) En cada estación se tomaron tres muestras con el mismo core del submareal.

Estimación de la abundancia y biomasa

La estimación de abundancia fue calculada para el área total del banco. En cada transecto, el número de animales, de los tres cores fueron remuestreados al azar y con reemplazo 1000 veces, extrayendo en cada ocasión tres valores (condicionado por el número total de réplicas), computando su valor promedio. Así, con estos mil promedios se obtuvo la media y varianza por transecto, computando los intervalos de confianza a un 95% para la estimación de los referidos parámetros de abundancia. De modo similar, se procedió a remuestrear aleatoriamente la totalidad de los cores (1000 datos para la abundancia y biomasa por separados), obteniendo la media, varianza e intervalos de confianza de los parámetros para el área total.

En resumen, el cálculo de los estadígrafos e intervalos de confianza para la media poblacional (en número de individuos) se realizó como sigue: para la media \bar{X} y varianza S^2

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{1000} \bar{x}_i}{1000}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{1000} \bar{x}_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{1000} \bar{x}_i\right)^2}{1000}}{1000-1}$$

donde \bar{x}_i corresponde la i -ésima media computada después de cada re-muestreo; para los intervalos de confianza a un nivel del 95%

$$LI = \bar{X} - 1,96\sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad y \quad LS = \bar{X} + 1,96\sqrt{\frac{S^2}{n}},$$

donde LI y LS son los límites de confianza inferior y superior, respectivamente, 1,96 corresponde a $t_{0,05(2)}$ con $\nu = \infty$ y n al número de valores re-muestreados.

Para obtener la abundancia y sus respectivos intervalos de confianza se multiplicó los estadígrafos por la superficie apta para el desarrollo de la especie o especies según corresponda (hábitat).

Brevemente, la estrategia del remuestreo presentada anteriormente se basa en: (1) ocurrencia de n - combinaciones posibles de individuos dentro de la distribución espacial de una población (Thompson, 1992) y (2) uso de una distribución de medias por lo que se puede aplicar sin restricción la estadística paramétrica [teorema del límite central de las medias (Thompson, 1992; Zar, 1996; Haye & Buzas, 1997)]. Debido que el remuestreo se realiza con todos los datos, independiente de su profundidad, se obtiene una varianza levemente menor a la obtenida directamente con los datos agrupados por profundidad (no así la media, la que es un

estimador insesgado de la media poblacional y sólo es de esperar diferencias mínimas), permitiendo una estimación más conservadora de los parámetros en cuestión (intervalos de confianza más estrechos).

Estructura de tallas.

Para caracterizar la estructura de tallas del banco se utilizó las muestras provenientes de la evaluación directa. A cada ejemplar capturado se le midió la longitud máxima con un pie de metro con precisión de 0,1 mm y se pesó una muestra de los ejemplares capturados con una balanza digital con una precisión de 0,01 g.

Distribución espacial.

Mediante el software Arc View 3.2 se integró la información de la evaluación directa. Posición de la toma de las muestra, profundidad y densidad.

Caracterización físico-químico

Caracterización de la playa

Determinación de la pendiente de la playa

Para medir la pendiente de la playa se utilizó 10 puntos y en cada uno de ellos se tomó tres mediciones. Las mediciones se realizaron mediante el método de Emery (Emery, 1961), el que consiste en el uso de dos estacas, una de 1 m de longitud y la segunda de 2 m y graduadas en cm. La primera medición se realizó en el límite superior del horizonte supralitoral, para lo cual el observador sostuvo en forma vertical la estaca de 1 m y mirar sobre ésta haciéndola coincidir con el horizonte y registrando la altura en la estaca graduada, ubicada a una distancia de 4 m del observador a un nivel más bajo de la playa. Este procedimiento se repitió hasta el límite inferior del mesolitoral. La determinación de las pendientes se realizó durante el período de más bajamar establecido en la tabla de marea.

Determinación del estado morfológico de la playa (Brown & McLachlan, 1990).

Para determinar el tipo de playa es necesario conocer:

- Altura de la ola al momento de la rompiente

- El período de las olas
- Velocidad de caída de la arena (Ley de Stokes), conociendo previamente el tamaño medio del grano.

Altura de la ola

Para medir la altura de la ola al momento de la rompiente se usaron dos metodologías.

- 1.- Lugares de olas de pequeña altura y próximas a la costa, se midió en forma directa usando una regla graduada en cm.
- 2.- Lugares en donde las olas son grandes y alejadas de la costa, se midieron indirectamente mediante el uso de las dos estacas utilizadas en la determinación de la pendiente de la playa, de acuerdo al método de Jaramillo (en Ortiz, 1995) fue necesario efectuar dos mediciones diferentes.

La primera medición se realizó ubicando la estaca graduada de 2 m en el límite superior del mesolitoral. Luego la estaca de 1 m, dispuesta verticalmente, se desplazó hacia niveles superiores de la playa (horizonte supralitoral), hasta el momento de hacer coincidir su altura con la ola en la rompiente y la línea del horizonte, registrando la diferencia entre ambas estacas. Para la segunda medición se ubicó la estaca de 1 m en el límite superior del mesolitoral y posteriormente se procedió a medir la pendiente de la playa hasta el nivel más bajo de la resaca.

Finalmente la altura de la ola, al momento de la rompiente, se obtuvo de la sumatoria entre la altura total registrada en la primera medición y la altura de la playa, que se obtuvo de la pendiente determinada en la segunda medición. El procedimiento se realizó en un período de más bajamar.

Período de las olas

Este se determinó tomando el tiempo en que dos olas sucesivas pasan por un mismo punto fijo, elegido arbitrariamente.

Velocidad de caída de la arena

Primero se determinó el tamaño medio del grano de arena y posteriormente la velocidad de caída, utilizando la conversión descrita por Brown y McLachlan (1990). Para tal efecto se tomaron 10 muestras de arena en la playa Bahía Coquimbo, de la parte superior, media e inferior del mesolitoral con un core de 35 cm³

Finalmente, para obtener el estado morfodinámico de la playa, se reemplazó los valores medios de altura de las olas (H), período de tiempo medio entre olas (T) y la velocidad de caída de la arena (Ws), en el índice de Dean (Brown y McLachlan, 1990).

$$\text{Índice de Dean} = \frac{H}{W_s * T}$$

Si el índice toma valores entre 0,1 y 1,0 corresponde a un estado morfodinámico de playa tipo reflectivo, entre 1,1 y 6,0 playa tipo intermedio, y superior a 6,1 corresponde a una playa tipo disipativo.

Determinación de las características granulométricas y contenido de materia orgánica.

Para determinar las características granulométricas y contenido orgánico se extrajeron muestras de substrato durante la evaluación del banco en los transectos 1, 4, 7, 11 y 15. En cada uno de estos transectos, en las estaciones de 2 y 14 m de profundidad se tomó una muestra con un core de 5 cm de diámetro, el que se enterró 10 cm. Estas muestras fueron debidamente etiquetadas y llevadas al laboratorio para su procesamiento.

En el laboratorio la muestra se dividió en dos submuestras. La primera se utilizó para el análisis granulométrico y fue lavada con abundante agua destilada para eliminar la sal. La segunda submuestra se utilizó para determinar el contenido de materia orgánica.

Las características granulométricas del sedimento se determinaron mediante el método del Tubo de Emery (Emery, 1938). Este método consiste en la introducción de una muestra de arena (volumen constante), por el extremo superior de un tubo de vidrio lleno de agua destilada, de dos metros de longitud y de cuatro centímetros de diámetro aproximadamente. Este tubo, en los 15 centímetros inferiores se encuentra graduado y calibrado. Una vez introducida la muestra de arena se midió la altura de la columna del material sedimentario en tiempos predeterminados. Finalmente, el tamaño medio del grano se calculó mediante el programa computacional de Seward-Thompon & Hails (1973).

El contenido de materia orgánica se determinó mediante el método de combustión total. Las muestras de sedimento fueron secadas durante 48 horas, pesadas y luego calcinadas a 500 °C en una mufla durante 24 horas. El contenido de materia orgánica se obtuvo sustrayendo al peso de la muestra, el peso de la ceniza. Finalmente, se determinó la relación porcentual entre el peso total de la muestra y el peso de la materia orgánica.

Determinación de la salinidad

Para determinar la salinidad del agua de mar, se tomó cuatro muestras de 250 ml al azar sobre el banco, a 10 cm del substrato. Estas muestras fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio para su análisis en un salinómetro ISY modelo 33 con una precisión de 0,0001%.

Morfología local de fondo

Para determinar la morfología de fondo del banco se realizó un transecto continuo en líneas oblicuas a la costa con un ecosonda, registrando en forma continua la profundidad y posición georeferenciada.

Otros antecedentes sobre la caracterización de la zona de los bancos de taquilla.

La caracterización de la zona del banco incluyendo amplitud de las mareas, un análisis anual de estas, orientación del banco en relación a los vientos y oleaje predominantes (revisión bibliográfica). Además, un registro continua de temperatura tomado con un data logres.

2.6 Objetivo específico 3: Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.**2.6.1 Ciclo reproductivo****Recolección y Procesamiento de muestras**

Para el estudio del ciclo reproductivo de *Mulinia edulis* se recolectó una muestra mensual de al menos 35 ejemplares en Bahía de Coquimbo, Caleta Los Pescadores - Peñuelas, IV Región. Se utilizó muestras de esta única localidad para estimar el ciclo reproductivo debido a que en las restantes locaciones muestreadas no se logró obtener un número suficiente de ejemplares que asegurara un muestreo continuo mensual con número mayor a 30 individuos. A partir del quinto mes se decidió aumentar a un número de 40 ejemplares debido a la castración observada en un número importante de ejemplares causada por un tremátodo digeneo. El período de muestreo abarca desde diciembre de 2006 hasta enero de 2008, aunque para los análisis se excluyó el primer mes debido a que los ejemplares recolectados fueron pequeños. La maduración gonadal de los reproductores se determinó mediante el análisis histológico de la gónada.

La muestra para histología consistió en dos secciones transversales de 0,5 cm de grosor de la región media del complejo gónada- hepatopáncreas. Los trozos disecados se fijaron en Davidson durante 24 horas. Después de ese tiempo las muestras fueron traspasadas a alcohol de 70°, deshidratadas en una batería de alcohol creciente, aclaradas en Xilol e incluidas en parafina líquida. Cada muestra incluida fue cortada en secciones de 5 μ m de grosor. De cada bloque se obtuvo dos cortes paralelos al eje de la gónada de 7 μ m de espesor cada uno. Las

preparaciones fueron teñidas con Hematoxilina-Eosina (Martoja & Martoja-Pierson, 1970) y montadas con Flo-Texx.

Método Cualitativo 1: Escala de Madurez Sexual

Escala de Estados de Madurez de *Mulinia edulis*

La escala de madurez está basada en los trabajos de Brousseau, 1987 y Brown *et al.*, 1999, sin embargo, para lograr una mejor interpretación de los resultados, se ajustó la escala de madurez acorde a las características reproductivas de las muestras observadas en el presente estudio con ejemplares de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo.

I. Estado Indiferenciado

En la zona de la gónada hay abundante tejido conectivo. Los acinos aún no se han formado o sólo se encuentran constituidos por células troncales. No se distingue sexo (Figs. 1 A y B).

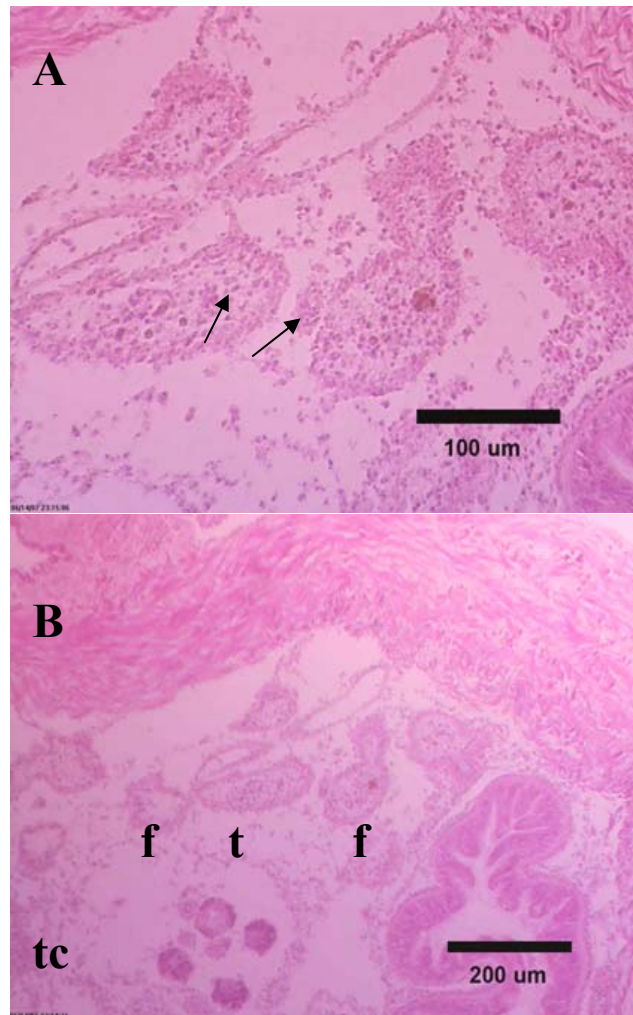


Figura 1.- Corte histológico de gónada de *Mulinia edulis* en estado Indiferenciado (I). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; t células troncales; tc: tejido conectivo; flechas indican acinos).

Machos

Mte T: Madurante Temprano

Espacio interacinar y tejido conectivo disminuido. Las espermatogonias proliferan formando una capa asociada a la pared del acino. Hay escaso desarrollo de espermátidas formando una capa más delgada e interna con las colas dirigidas hacia el lumen. El centro del acino está vacío (Figs. 2 A y B).

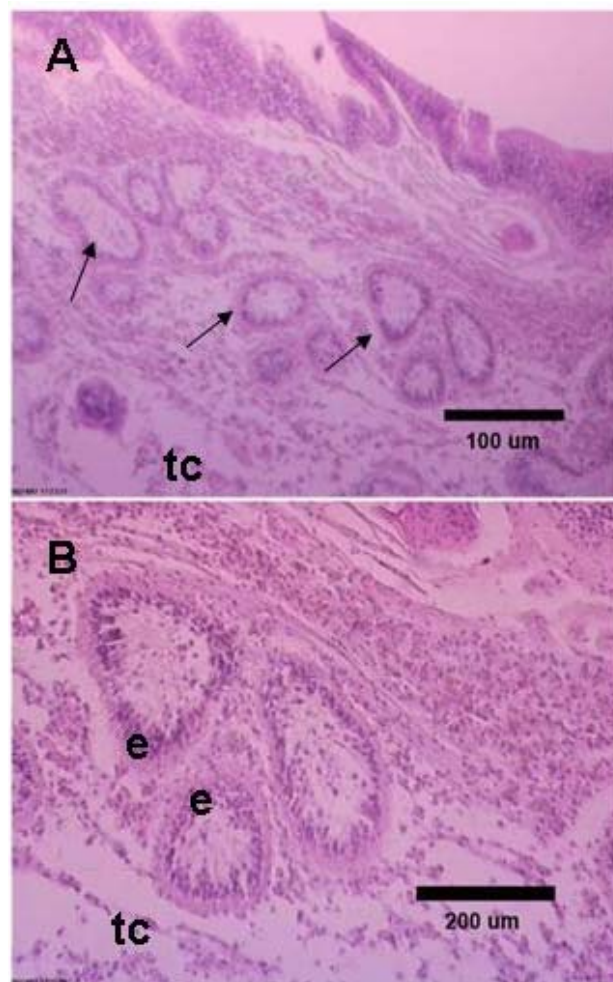


Figura 2.- Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Madurante (Mte T). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatogonias; tc: tejido conectivo; flechas indican acinos).

Mte Av: Madurante Avanzado

Los acinos han crecido adquiriendo un aspecto lobulado y disminuyendo el espacio interacinar. En las paredes de los acinos están representados todos los estados de la gametogénesis, gonias adheridas a las células troncales, espermocitos de menor tamaño, espermátidas y espermatozoides cercanos a lumen. Aún persiste una cavidad en el centro de la mayoría de los acinos (Figs. 3 A y B).

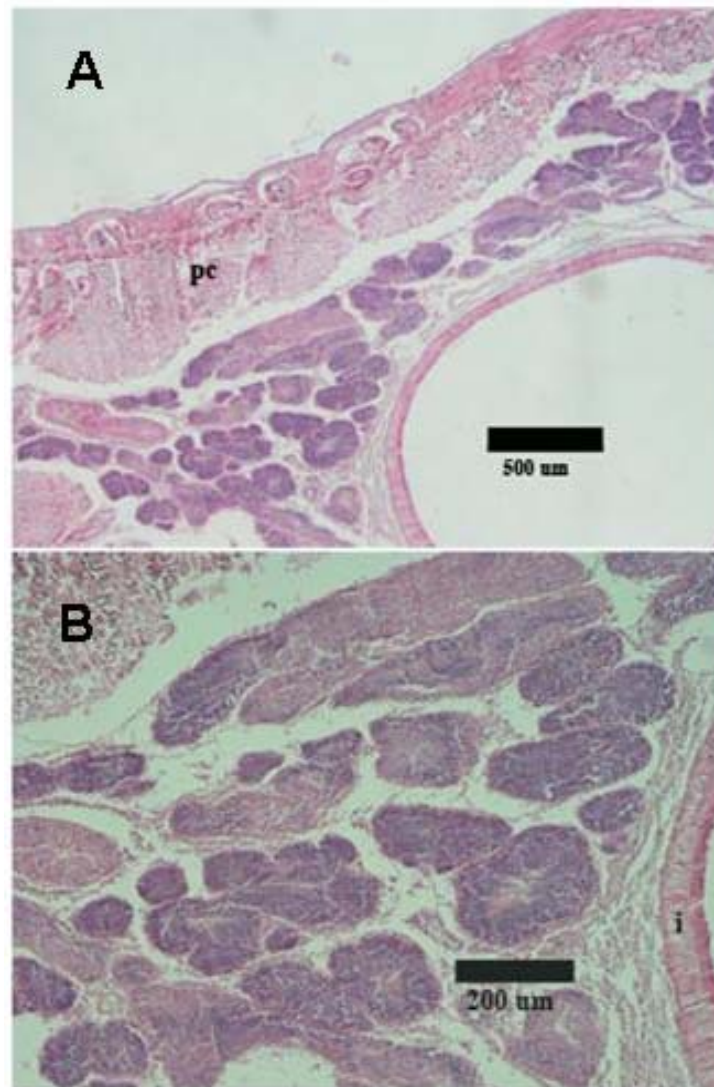


Figura 3.- Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Madurante Avanzado (Mte Av). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (pc: pared del cuerpo; i: intestino).

MM. Madurez Máxima.

No hay espacio interacinar o es muy reducido. El diámetro de los acinos es mayor que en el estado precedente. Las capas de espermatogonias y espermatocitos están reducidas a capas delgadas. El interior del acino está tapizado por espermátidas, y en mayor número, por espermatozoides que abarcan todo el lumen del acino (Figs. 4 A y B).

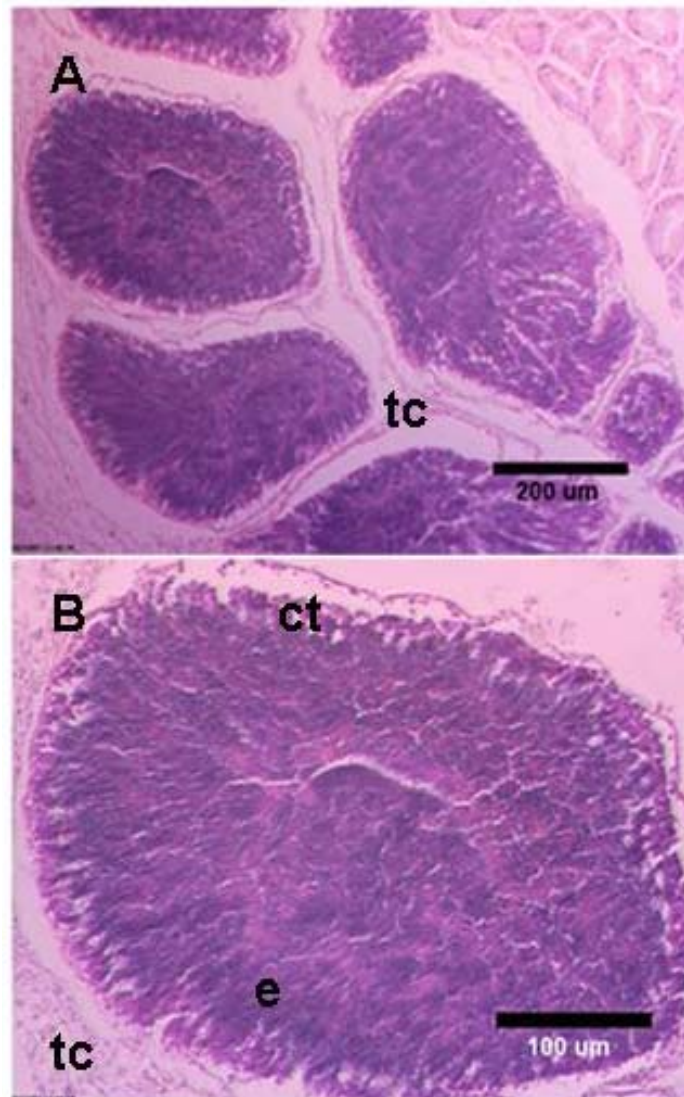


Figura 4.- Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado de Madurez Máxima (MM). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (ct: células troncales; e: espermatozoides; tc: tejido conectivo).

P Ev. Parcialmente Evacuado

Acinos desorganizados de perímetro irregular. Tejido intraacinar en cantidades variables. En una misma sección coocurren acinos repletos de gametos maduros, acinos vacíos y otros a medio vaciar en estado de regresión. (Figs. 5 A y B).

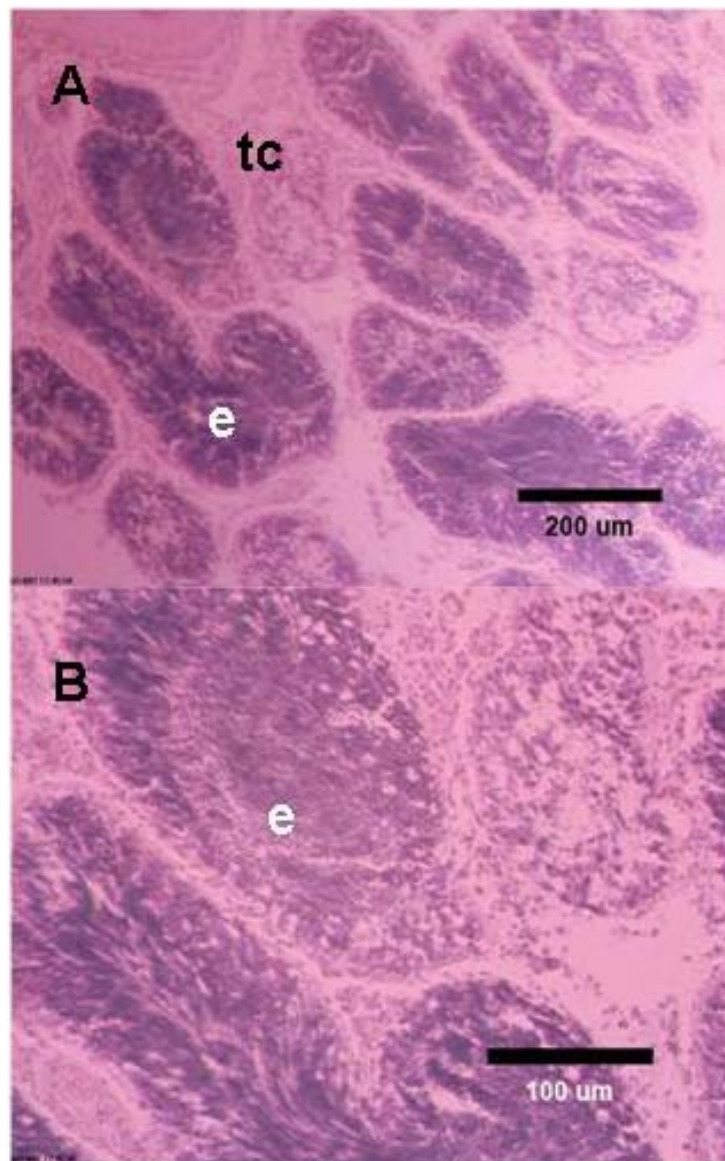


Figura 5.- Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado de Evacuación Parcial (P Ev). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatozoides; tc: tejido conectivo).

Reg. Regresión-Evacuación Total

Acinos desorganizados de perímetro irregular y de tamaño reducido. Mayoría de los acinos parcialmente vacíos. En otros, lumen mayoritariamente vacío con espermatozoides remanentes. Abundantes células somáticas ameboides en el lumen del acino en proceso de fagocitosis (Figs. 6 A y B).

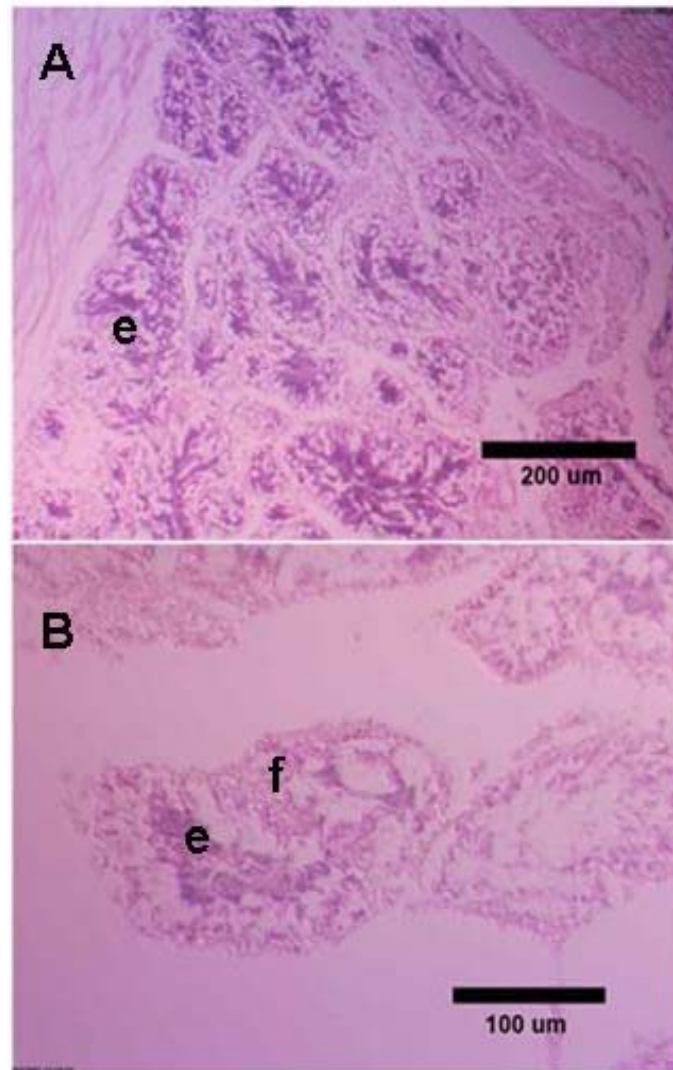


Figura 6.- Corte histológico de gónada de macho de *Mulinia edulis* en estado Regresión-Evacuación Total (Reg). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (e: espermatozoides; f: células fagocíticas).

Hembras

Mte T. Madurante Temprana

Espacio interacinar y tejido conectivo en cantidades variables. Los acinos poseen gran número de ovogonias y ovocitos previtelogénicos, en diversos grados de maduración. Las ovogonias se caracterizan por ser ovaladas o trapezoides, su citoplasma carece de gránulos de vitelo y se tiñe homogéneamente con la hematoxilina. El núcleo es central y uninucleolado. Los ovocitos previtelogénicos se mantienen unidos a la pared del folículo mediante un pedúnculo que determina su apariencia piriforme con el núcleo en la región más ensanchada. El centro del acino está vacío. Es frecuente la presencia de células ameboides (Figs. 7 A y B).

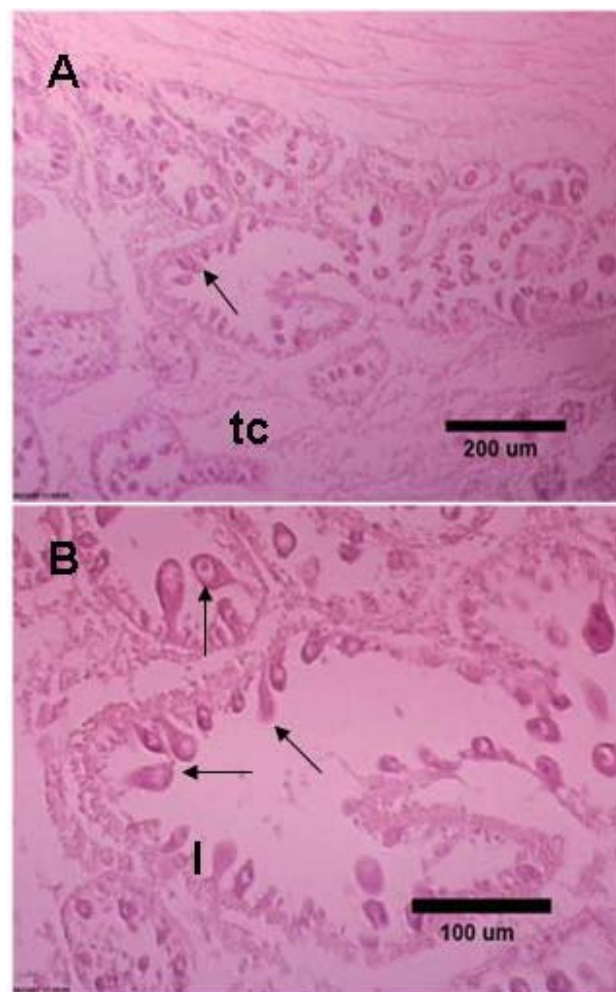


Figura 7.- Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado Madurante-Temprano (Mte T). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (flechas indican ovocitos pedunculados; tc: tejido conectivo).

Mte Av. Madurante Avanzada

Espacio interacinar reducido respecto al estado anterior. Las paredes de los acinos mantienen adheridos ovogonias y ovocitos previtelogénicos en diversos grados de maduración. La cavidad del acino se encuentra parcialmente ocupada por ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos. Fagocitos son escasos o ausentes (Figs. 8 A y B).

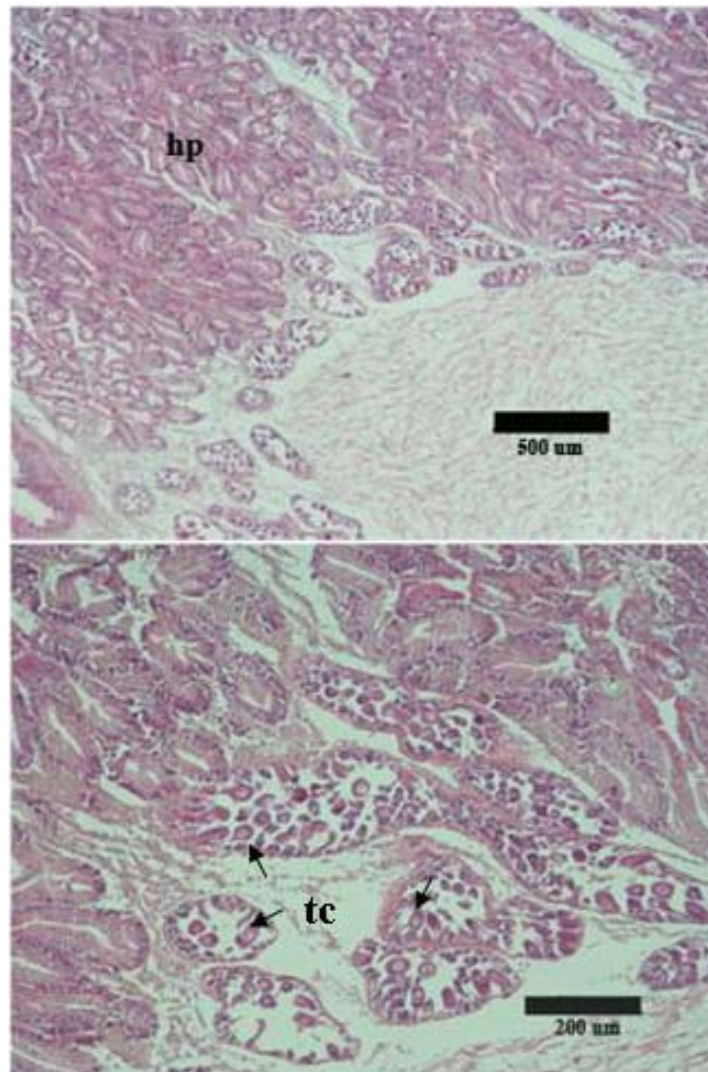


Figura 8.- Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Madurante Avanzada (Mte Av). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (flechas indican ovocitos; hp: hepatopáncreas; tc: tejido conectivo).

MM. Madurez Máxima

No hay espacio interacinar o es muy reducido. El diámetro de los acinos es mayor que en el estado precedente. El interior de ellos se encuentra repleto de ovocitos vitelogénicos, de forma poliédrica, en su mayoría, desprendidos de la pared de los folículos y que miden $40,5 \pm 3,9 \mu\text{m}$ de diámetro. El citoplasma está repleto de gránulos de vitelo, el núcleo es redondo, céntrico y uninucleado (Figs. 9 A y B).

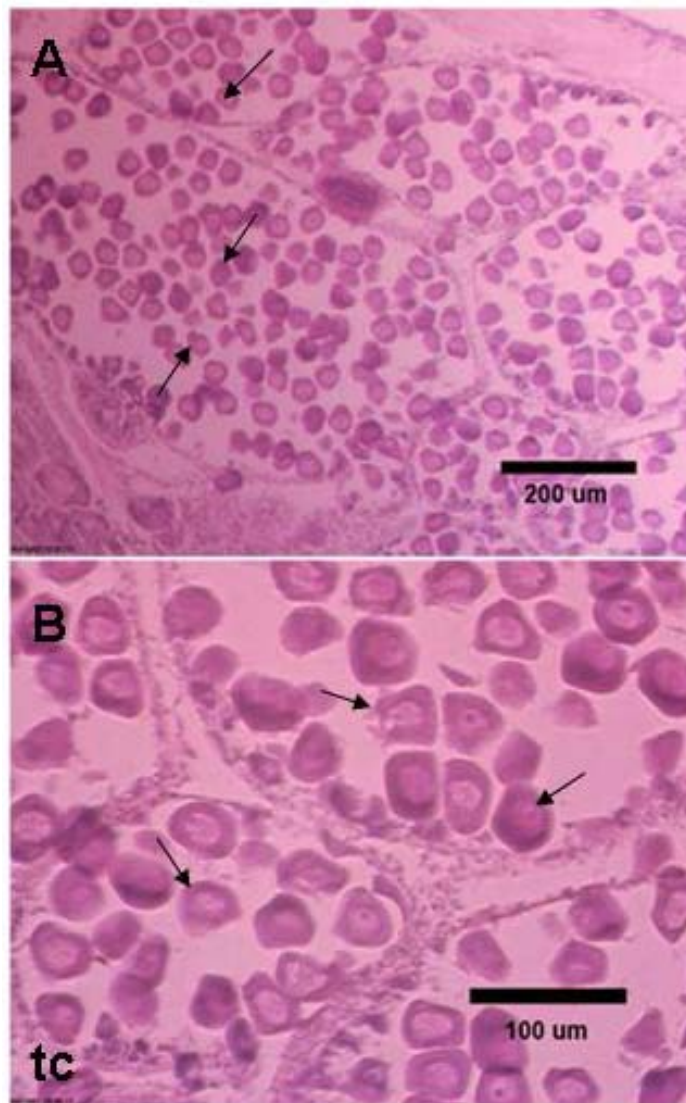


Figura 9.- Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Madurez Máxima (MM). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (flechas indican ovocitos; tc: tejido conectivo).

P Ev. Evacuación –Regresión - Madurante

Espacio y tejido interacinar variable en diferentes zonas de la misma sección. En este estado coocurren 2 tipos de acinos. Acinos de paredes delgadas, de gran tamaño con ovocitos maduros remanentes, libres en el lumen y acinos de perímetro irregular de pequeño tamaño con abundante células ameboides en proceso de fagocitar restos celulares. Adheridos a las paredes de estos mismos acinos en proceso de regresión, se encuentran ovocitos pedunculados en diferente grado de desarrollo (Fig. 10 A y B).

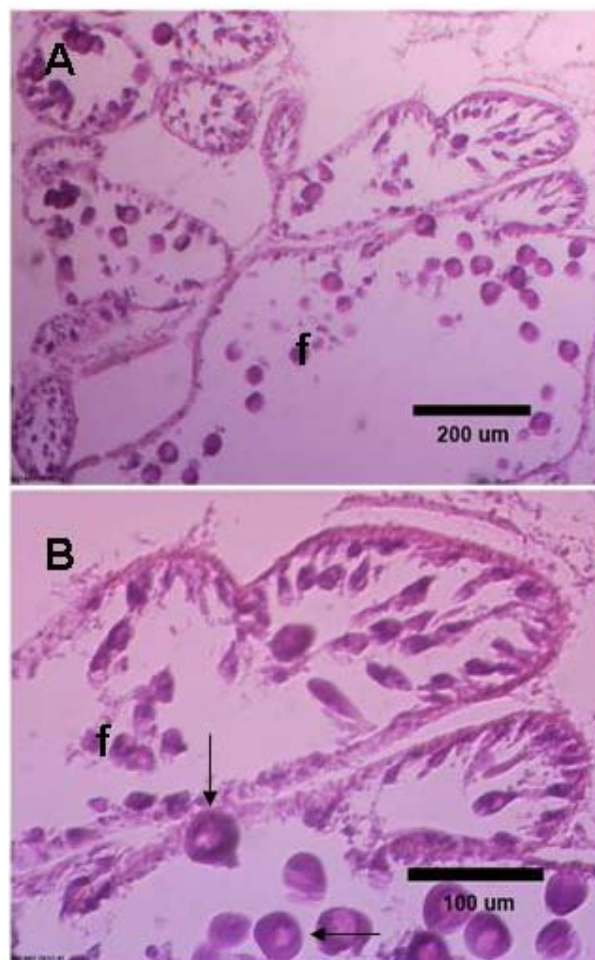


Figura 10.- Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Evacuación-Regresión – Madurante (P Ev). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; flechas indican ovocitos; tc: tejido conectivo).

Reg. Regresión

Acinos de tamaño reducido con bordes irregulares y mucho espacio intraacinar. Células gaméticas maduras ausentes o en proceso final de lisis. Abundantes células somáticas ameboides en el lumen del acino en proceso de fagocitosis (Fig. 11 A y B).

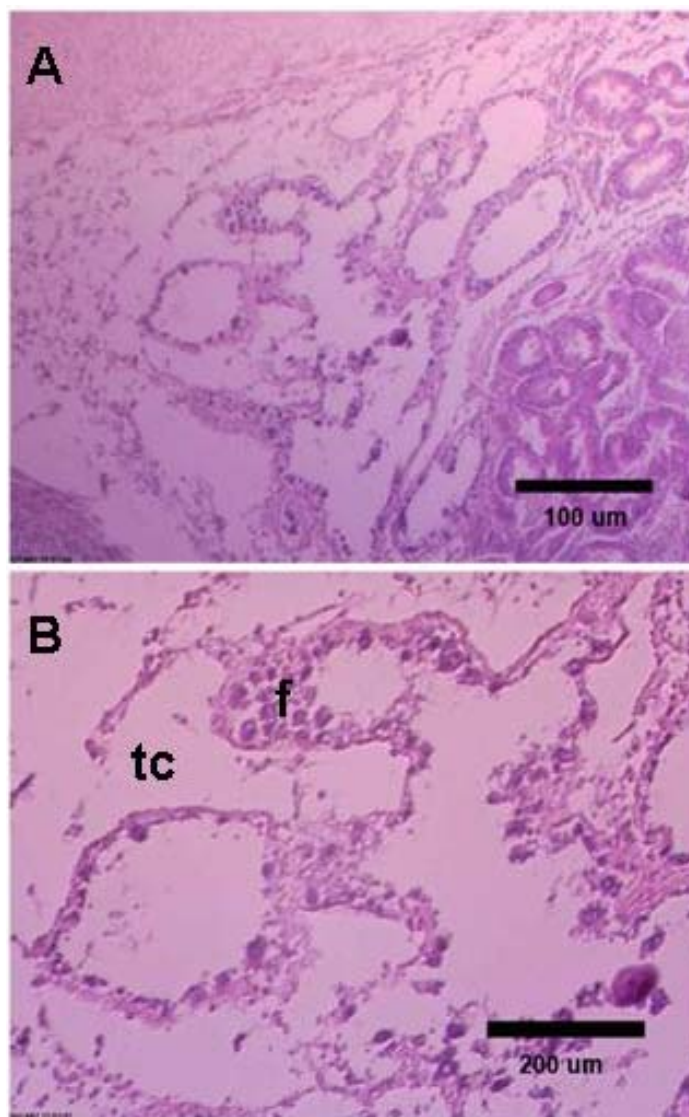


Figura 11.- Corte histológico de gónada de hembra de *Mulinia edulis* en estado de Regresión (Reg). (A) aumento 4x (B) aumento 10x. (f: células fagocíticas; tc: tejido conectivo).

Método Cualitativo 2: Ocurrencia de Ovocitos Maduros

Para determinar la potencialidad reproductiva de las hembras, basada en la presencia o ausencia de ovocitos maduros, se registró la ocurrencia de ovocitos completamente vitelogénicos en todo el tejido gonadal muestreado en cada una de las hembras. Para asignar un valor de frecuencia de ovocitos maduros dentro de cada preparación histológica, se clasificó la frecuencia de ovocitos en cuatro categorías arbitrarias: C 1= ningún ovocito (Fig. 12a); C 2= mediana cantidad de ovocitos (Fig 12b) y C 3= muchos ovocitos (Fig. 12c).

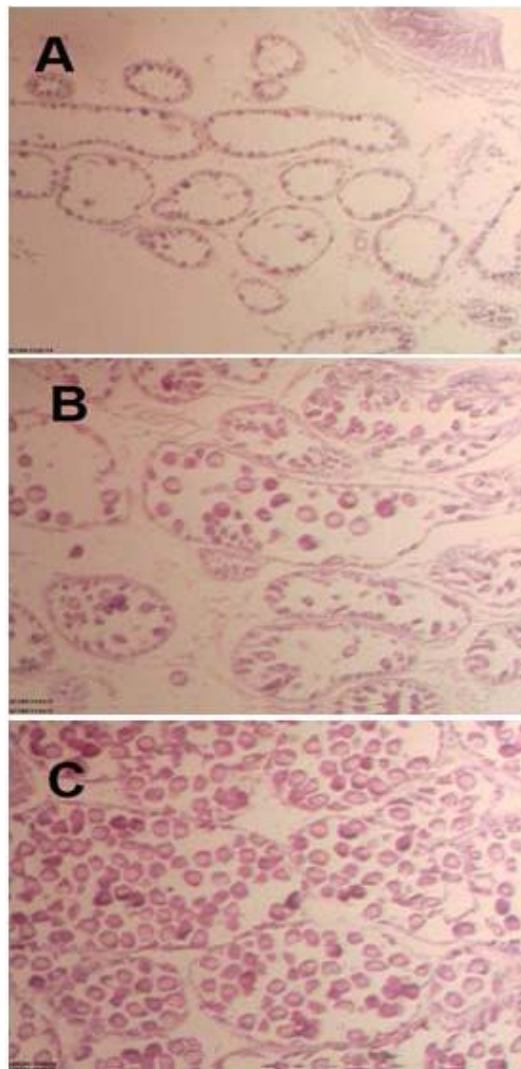


Figura 12. Categorías de Ocurrencia de Ovocitos Maduros en hembras de *Mulinia edulis*. (A) C 1= ningún ovocito (B) C 2= mediana cantidad de ovocitos (C) C 3= muchos ovocitos.

Método Cuantitativo:***Estimación de la población de ovocitos***

Se empleó la metodología descrita por Pearse (1969), para lo cual se midió el diámetro de todos los ovocitos presentes, en acinos gonadales circulares, en uno o más transectos de la preparación histológica. Se midió un número igual o aproximado a 150 ovocitos en al menos diez preparaciones histológicas por mes. Los valores obtenidos se agruparon en intervalos de clase de 5 μm y se expresaron en porcentaje.

Estimación del Coeficiente Gamético Femenino

El Coeficiente Gamético (CG) para hembras se estimó contabilizando todos los ovocitos maduros contenidos en el lumen de tres acinos escogidos al azar del tejido gonadal de al menos diez hembras:

$$\text{CG} = \frac{\text{número de ovocitos}}{\text{diámetro de la sección del acino}} \times 1000$$

Estimación de la variación del área ocupada por la columna espermatogénica y por espermatozoides.

Para determinar la variación mensual relativa de columna espermatogénica y de la masa de espermatozoides, se midió el grosor de la columna espermatogénica y el diámetro de la masa de espermatozoides en el lumen de 10 acinos de los 10 primeros machos de cada muestreo.

Estimación del Coeficiente Gamético Masculino

El Coeficiente Gamético para macho se determinó midiendo los diámetros máximos y mínimos de la sección del acino y de la masa de espermatozoides que se encuentran en el lumen de este en diez acinos en al menos diez muestras histológicas de machos.

Índice de Madurez Gonadal (IMG)

Los cinco estados definidos en la Escala de Madurez planteada en este trabajo a partir del análisis histológico de las muestras fueron empleados para el cálculo del Índice de Madurez Gonadal (IMG) Para esto se asignó un valor numérico a cada estado siendo Reg: 1, Mte T: 2, Mte Av: 3, P Ev: 4 y MM: 5. El cálculo del IMG se realizó de la siguiente manera:

$$IMG = \frac{\sum (nxF)}{N} \quad (\text{Yoshida, 1952})$$

donde :

IMG = índice de madurez gonadal

F = Estado de desarrollo gametogénico

n = Número de animales en estado F

N = Número de animales en la muestra

No se utilizó índice gonadósomático debido a que la observación de cortes histológicos transversales en la región del complejo gónada hepatopáncreas reveló que la gónada y el hepatopáncreas se encuentran mezclados en diferentes niveles. Además, el hepatopáncreas es una estructura de forma irregular en su eje mayor y su ubicación varía según el grado de contracción del animal, por lo cual no serviría como un indicador.

Índice de Condición

Se estimó un Índice de Condición (IC) mensual basado en el peso total y de las partes blandas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\text{Peso húmedo partes blandas} \times 100}{\text{Peso húmedo total del ejemplar}}$$

Análisis Estadístico

Para determinar si las diferencias en número de ovocitos, diámetro de los acinos y Coeficiente Gamético por mes y por estado eran estadísticamente significativos se realizaron test de Anova de una vía con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha=0,05$) (Zar, 1996).

2.6.2 Talla primera madurez sexual

Para estimar la talla de primera madurez sexual, se analizó la estructura gonadal de ejemplares de todos los tamaños obtenibles, muestreados en el 3 de enero de 2008 y entre el 13 y 15 de marzo de 2008, fecha según los muestreos analizados previamente, corresponderían a fechas con una alta proporción de ejemplares maduros. Debido a que en la fecha del 3 de enero, la mayoría de los ejemplares se encontraba en estado de regresión o parcialmente evacuados, el análisis definitivo se realizó con el muestreo de marzo. Los ejemplares fueron distribuidos en un rango de talla desde 2 cm hasta el mayor tamaño colectado con intervalos de clase de 1 y 0.5 cm en los muestreos de enero y marzo respectivamente. El intervalo mayor escogido en enero se debió a que en algunos rangos de 0,5 cm hubo tallas muy poco representadas. De cada intervalo se examinaron 10 preparaciones histológicas de cada sexo las que se asignaron a uno de los estados descritos en la escala de madurez sexual detallada anteriormente. En aquellos rangos de tamaños en los cuales no se pudo determinar el sexo macroscópicamente, se muestreó alrededor de 20 ejemplares por cada intervalo de clase. Para estimar la talla de primera madurez sexual poblacional se consideró aquel rango de talla en que el porcentaje de frecuencia de ejemplares Maduros, es decir, en estado de MM, P EV y Reg con gametos maduros, fuera igual o superior al 50%. Aquellos ejemplares en otros estados, sin gametos maduros o con tejido conectivo y acinos vacíos solamente, se consideraron Inmaduros. Se determinó la talla de primera madurez individual como el ejemplar macho y hembra más pequeño en longitud máxima clasificado como Maduro.

2.6.3 Fecundidad Potencial

La fecundidad potencial de *M. edulis* de ejemplares adultos se calculó utilizando la Técnica microscópica esterométrica de Weibel. Debido a que se determinó una distribución dispersa de la gónada, la estimación de su volumen se realizó de manera indirecta basándose en la metodología de Brousseau (1978) que utiliza la estimación del área a partir de la imagen proyectada de las preparaciones histológicas en un proyector de perfiles. El método se modificó como sigue. Se seleccionaron ejemplares hembras en aparente estado de madurez máxima. Se determinó volumen del mesosoma como volumen desplazado en una probeta graduada y se fijó la porción completa en Davidson's. Ya fijado, se seccionaron tres partes equidistantes entre sí y se procesaron para histología según la técnica usual. Los cortes fueron fotografiados bajo lupa con una cámara digital Leica, modelo C5050Z. Mediante el programa Image Pro-Plus de cada imagen se estimó el área total de la sección transversal del corte y el área correspondiente a tejido gonadal disperso en diferentes partes de la sección. Debido a que la relación de los volúmenes de los componentes es la misma que la relación de los volúmenes de esos componentes en la totalidad del cuerpo (Schaefer, 1970 en Christiansen *et al.*, 1973) se estimó el volumen de la gónada como su proporción en cada corte.

La estimación de la fecundidad se realizó mediante la técnica cuantitativa microscópica esterométrica, utilizando la fórmula de Weibel y Gómez (1962)

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

donde:

N_v : número de ovocitos contenidos en el volumen unitario

K : coeficiente relacionado con la distribución de tamaños de los ovocitos ($K=1$)

β : coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos

N_a : densidad areal en la superficie unitaria

V_v : densidad volumétrica en el volumen unitario

Para determinar el coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos se utilizó un gráfico para formas ovocitarias elipsoides de Weibel (1969) interpolando β en la ordenada con el valor de λ obtenido a partir de la medición de 100 ovocitos maduros (20 mediciones de cinco ejemplares). El valor de λ correspondió b/a donde a y b corresponden al eje mayor y menor de los ovocitos.

Para estimar NA se contó los ovocitos dentro del área del retículo de Karl Zeiss I:25 de 0.25 mm^2 . Para el cálculo de V_v se consideraron las células coincidentes con los puntos del retículo. Se contabilizaron al azar cuatro campos de cada sección transversal.

El volumen unitario (V_u) se estimó como el área del retículo por el espesor del corte histológico. La fecundidad potencial (FP) se estimó extrapolando el N_v del V_u al volumen de la gónada como la siguiente relación.

$$FP = VG \times N_v / V_u$$

donde:

VG : volumen gónada

V_u : volumen unitario

N_v : número de ovocitos contenidos en el volumen unitario

2.6.4 Parasitación

Para evaluar infestación por tremátodos en otras partes del cuerpo de las taquillas, se registró la ocurrencia de parásitos en la pared del cuerpo en las mismas secciones analizadas para el estudio de ciclo reproductivo y en trozos de branquias en las que ocasionalmente incluían este tejido en la muestra. También se agregó una muestra extraordinaria de 14 ejemplares en el mes de marzo a las cuales se le muestreó además de gónada y pared del cuerpo, pie, músculo aductor, hepatopáncreas, branquias y sifones. Las muestras fueron procesadas con la misma técnica histológica corriente utilizada para el estudio reproductivo (Martoja & Martoja-Pierson, 1970).

Todos los cortes fueron observados en un microscopio Lieder y fotografiados con una cámara Pixera con aumento de 100x. Para caracterizar los parásitos se procesaron muestras para microscopía electrónica de barrido. Estas se fijaron con glutaraldehído al 2%, se deshidrataron en una batería de alcohol creciente y se secaron en una secadora Samdri-780A. Luego, los parásitos o trozos de tejido fueron montados en bronce y cubiertos con oro en un Fine Coat Ion Sputter JFC-1100. Finalmente, las muestras fueron observadas y fotografiadas en un microscopio electrónico JEOL T-300.

2.7 Sobreoferta - objetivo específico: Determinar los parámetros de la función de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.

2.7.1 Procedimientos de terreno

Los muestreos se realizaron en el único banco de taquillas detectado en la IV Región, entre El Faro de la Serena y Cuatro Esquinas. La muestra se tomó mediante buceo semi-autónomo, en colaboración con los pescadores artesanales de las caletas de San Pedro de Coquimbo y Los Pescadores de Peñuelas. El trabajo consistió en realizar mensualmente un muestreo poblacional, para lo cual bajó un buzo con un core de fibra de vidrio de 18 cm de diámetro que se enterraba aproximadamente 25 a 30 cm en el substrato. El substrato era depositado en una bolsa con apertura de llama de 1 mm, lo que permitía eliminar el sedimento y capturaba las taquillas. Con este método se extrajo mensualmente 10 a 12 kilos de taquillas sin hacer ningún tipo de selección de tamaño. Los ejemplares recolectados fueron medidos en su longitud máxima con un pie de metro de precisión de 0,01 mm y pesados en algunas muestreos

2.7.2 Estimación de parámetros utilizando la serie de tiempo de estructuras de talla.

ELEFAN I

ELEFAN I es una rutina que ajusta una curva de crecimiento, opcionalmente con oscilación estacional, a una serie de tiempo de estructuras de talla. El procedimiento consiste en buscar el mejor ajuste, utilizando como índice de bondad de ajuste la relación entre la suma total de picos en la muestra y la suma de picos explicados por la curva. Para ese efecto la

estructura de talla es reestructurada de tal manera que los picos (frecuencias mas altas que las frecuencias vecinas) son transformados en valores positivos, proporcionales en magnitud a su importancia y en forma análoga, los valles (frecuencias mas bajas que las frecuencias vecinas) son transformados en valores negativos, también en magnitud proporcional a su importancia. La suma total de picos resulta de la suma de todos los valores positivos en la muestra. A su vez, la suma de picos explicados por la curva resulta de la suma de todos los picos que son explicados por la curva, restando todos los valores de los eventuales valles por los que también pasa la curva. En síntesis, en lo esencial, el procedimiento consiste en seguir a través del tiempo las frecuencias máximas (que pueden o no representar cohortes) que existen en la muestra. De esta manera se acerca a lo que es un experimento de marcaje, con la diferencia de que en este caso se siguen grupos en vez de individuos, siendo la marca del grupo su mayor frecuencia dentro de la población. El procedimiento aparece explicado en detalle en Gayanilo *et al.* (1996) y Gayanilo & Pauly, (1996).

Con ELEFAN I se estimará el K y L_{α} . También el C se mantuvo en principio en $C=0$, es decir ajustando una función de crecimiento sin oscilación estacional. De esta manera el ajuste de ELEFAN I representa la extensión y corrección del K de los individuos al K promedio de la población de cada sitio de estudio.

2.7.3 Determinar los parámetros de mortalidad.

Para calcular la mortalidad natural se utilizó los datos del seguimiento de la estructura de talla de la población, estimándose la mortalidad mediante la curva de captura. Este método estima la mortalidad total o Z. Como el banco de taquilla de Bahía Coquimbo no está sometido a pesquería no habrá mortalidad por pesca (F), entonces $Z = M$. Para calcular la mortalidad total (Z) se utilizó la curva de captura linealizada convertida a longitudes de Pauly (1983, 1984a,b), inserta en las rutinas de FISAT (Gayanilo *et al.*, 1996).

$$\frac{\ln C(L_1, L_2)}{t(L_1, L_2)} = c - Z * t \frac{(L_1 + L_L)}{2}$$

donde:

$C(L_1, L_2)$ = número de individuos capturados entre la longitud 1 y la longitud 2

$t(L_1, L_2)$ = intervalo de tiempo necesario para pasar de la longitud 1 a la longitud 2

c = constante $(\ln N * (Tr) + \ln Z * Tr + (\ln Z))$

Z = la pendiente (-b)

3 RESULTADOS

3.1 Presentación del proyecto

A mediados del tercer mes de ejecución del proyecto se realizó la reunión de presentación ante la Subsecretaría de Pesca. En ella participaron, el equipo de Recursos Bentónicos de la Subsecretaría de Pesca, Sr. Gustavo San Martín, Sra. Alejandra Pinto; Srta. Lorena Burotto, Sr. Antonio González; Sr. Jorge Guerra y Sr. Javier Rivera, por parte del Grupo de Ecología y Manejo de Recursos de la Universidad Católica del Norte Dr. Wolfgang Stotz; Sr. Marcelo Valdebenito; Srta. Maria Soledad Romero; Sr. Luis Caillaux y Sr. Jaime Aburto. En la reunión de trabajo se presentó la metodología y algunos de los primeros resultados del estudio (ver presentación en el Anexo I).

3.2 Taller de Difusión

El taller de difusión se realizó en las dependencias de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo, con la asistencia de representantes de las caletas Los Pescadores de Peñuelas y San Pedro de Coquimbo. Además, estuvo presente un representante del SERNAPesca de la IV Región. Se excusaron de asistir los representantes de la Subsecretaría de Pesca, del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) y del SERNAPesca de la III Región.

Durante el taller se presentaron los resultados del proyecto, los que fueron bien acogidos por los representantes de las caletas pesqueras. También se hizo una referencia a como se podría manejar este recurso, documento que a sugerencia del correcto se incluye en el presente informe.

3.3 Zona de estudio

La zona de estudio correspondió a la Región de Coquimbo, pero por razones de distribución del recurso *Mulinia edulis*, el trabajo se debió concentrar en el único banco detectado en Bahía Coquimbo.

3.4 Objetivo específico 1: Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.

La identificación de la especie se realizó con los ejemplares que se obtuvieron del muestreo piloto descrito en el punto 3.4.1.-

3.4.1 Identificación de la especie

Después de haber revisado exhaustivamente los caracteres taxonómicos de 6.404 ejemplares de *Mulinia*, proveniente de distintos puntos del banco de Bahía Coquimbo, se llegó a la conclusión que el banco estaría compuesto por sólo una especie de *Mulinia* y esta sería *Mulinia edulis* (King & Broderip, 1832) Durante todo el proceso de identificación no se encontró ni un sólo ejemplar que presentara características que hiciera dudar de su identificación.

Los ejemplares revisados presentaron conchas sólida con valvas iguales de forma oval triangular de color blanco opaco y en ocasiones teñidas de color gris producto del substrato anóxico en donde habitan (Fig. 13). Líneas de crecimiento concéntricas. En los bordes de sus valvas, aproximadamente en un 95% de los ejemplares, presentaron periostraco erosionado de color amarillento o café. Además, la charnela posee un diente cardinal fuerte en forma de “V” invertida y dientes cardinales simples y cortos. Ligamento externo no separado de la fosa del cartílago interno y seno paleal anguloso.

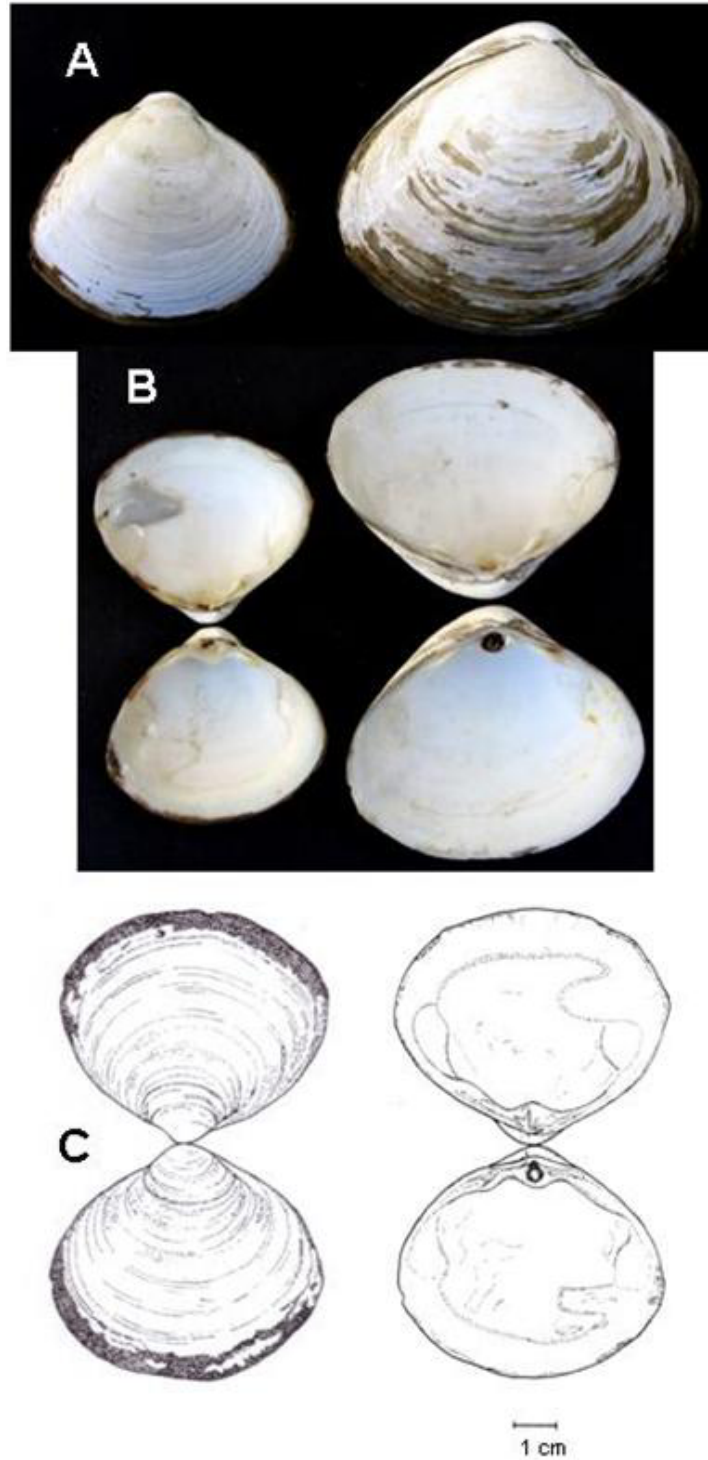


Figura 13.- *Mulinia edulis*: **A)** imagen externa de las valvas, **B)** imagen interna de las valvas y **C)** esquema de las valvas en donde se resalta su morfología externa e interna.

3.4.2 Morfología geométrica

Se establecieron 10 hitos morfológicos (landmarks), reflejando la morfología general de cada una de las valvas analizadas (Fig. 14)



Figura 14.- Posición de los 10 hitos morfológicos (“landmarks”) sobre las valvas de *Mulinia edulis*.

El análisis multivariado de varianza (MANOVA) no mostró diferencias significativas entre las tres poblaciones analizadas (Pillai’s trace- 2.50, $P > 0.05$). Esto permite concluir que no existen diferencias morfológicas entre los individuos de los bancos analizados (esto basado en los hitos morfológicos analizados). Esto es respaldado por el “Relative Warp Análisis” donde no se observó ninguna separación significativa entre los individuos de los bancos analizados, tanto al observar la dispersión de puntos en los ejes de los “relative warp” 1 y 2 (Fig. 15).

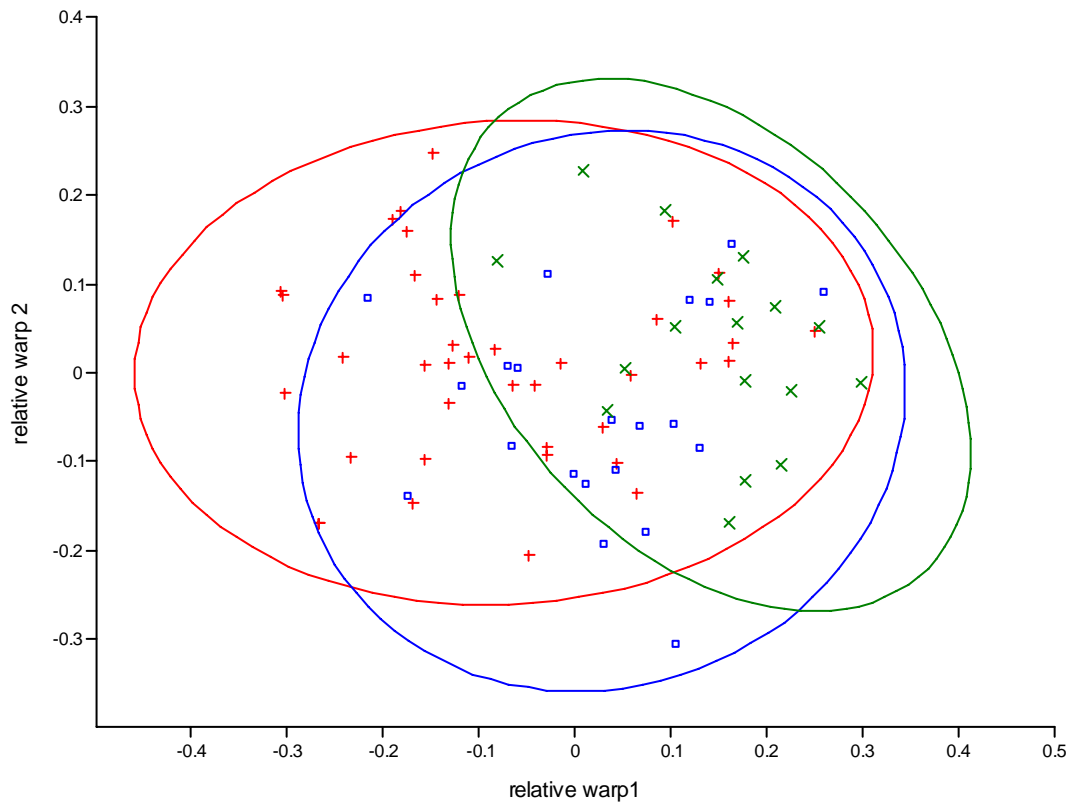


Figura 15.- Dispersión de puntos (individuos) en los “relative warp” 1 y 2. En Rojo los individuos del banco de Bahía Coquimbo – Cuarta Región, en azul individuos del banco de Quetalmahue y en verde individuos del banco de Yaldad (estos últimos de la Décima Región).

3.4.3 ADN

El producto de PCR posee un tamaño molecular de 850 pb aproximadamente, en todos los individuos evaluados, lo que hace pensar que se trata de una misma especie (Fig. 16). El PCR se repitió con todos los animales muestreados, no presentando diferencias entre los distintos análisis.

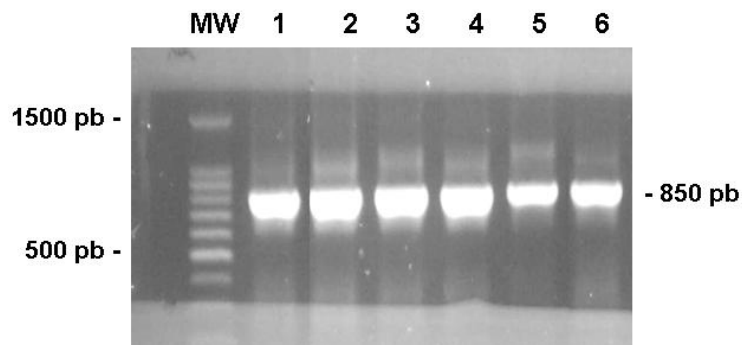


Figura 16.- Gel de agarosa que muestra las amplicones de ITS-1 de 850 pb obtenidos por PCR. Los carriles 1-3 corresponden a muestras de *Mulinia edulis* de la bahía de Coquimbo, mientras que los carriles 4-6 corresponden a DNA amplificado de muestras de *Mulinia edulis* con un morfo distinto, banda de periostraco homogénea y de color amarillento intenso, provenientes también de la bahía de Coquimbo.

Mediante las secuencias obtenidas de los individuos evaluados fue posible determinar con exactitud la lectura de DNA de al menos 700 pb (Figs. 17 y 18). Los 150 pb restantes no fueron secuenciados debido a que a esa longitud se pierde la sensibilidad de la lectura, por lo tanto no fue incluida en este reporte.

1	CTT	ACG	ACG	TCG	CCA	GTA	GCG	CCA	CGA	CTC	GCA	CTA	TCG	AGT	CGG
46	GTG	CGA	TAG	CGC	GCT	CAC	AAA	CAA	AAC	CAC	GAG	TCG	TGC	GGG	GTC
91	CTC	CAC	GCC	ACC	GTT	CCG	TCG	TCC	GTC	AAG	GAC	TGC	TGC	CGC	CAT
136	GCA	TAC	ACG	TGC	ACG	GAG	ACA	GCG	GGC	TGC	CAG	CCC	CAA	TTG	TGG
181	CAG	CCA	ACG	GAC	GGC	CGG	ACT	CCC	GGC	TCG	CCG	CCG	TCG	GAA	AGC
226	CTC	GCT	GCC	GAC	GCG	CGG	ACA	GAA	ACA	AAG	AGG	TGC	CCT	GAC	
271	CGG	GCC	AGG	CAT	CGG	CGC	ACG	CGC	GTC	GTA	GGT	CGG	TAA	ACT	CCC
316	CGC	CTG	TAG	TCC	GAA	GTG	AGG	TTC	TCG	GAA	ACC	TGC	ACG	GGA	GCG
361	TCC	CAT	TTC	GCT	GTG	GCT	GGC	TGA	CCG	TCG	ACG	GGC	GGA	CGG	CCG
406	GCC	CTG	CGA	GGG	GGC	GCG	AAA	CCG	AGA	GTA	AAT	GCG	TCG	ACT	CGG
451	TGC	GGG	AAA	TGG	CTA	CTA	GTC	TAG	GCG	GGA	TAT	TGG	CAG	GAT	CCC
496	CCT	ACG	TAC	GAA	ACA	CCA	TAT	CCC	GAG	CGT	CGC	AGC	CTC	TTC	CAA
541	AAA	CGA	CCA	CAC	ATC	GTT	TTG	GAG	CCT	TGA	ACG	CAA	GTC	TTC	CAG
586	TAC	GGA	ACG	GCG	GCG	GCG	GCA	GCA	GCG	TAA	CTA	CTG	CTG	CTG	CTG
631	CCT	GGC	TGC	TAC	TGA	CCG	ACG	AGC	AGA	GCG	GTC	GTC	AGC	GTG	CTG
676	CTG	CTG	CGT	CGA	CTG	CTC	GAC	TCA	TGA	TGC	AGC	TGC	CGT	AGC	ACG

Figura 17.- Secuencia ITS-1 de *Mulinia edulis* proveniente de la Bahía de Coquimbo.

1	CTT	CGA	CGT	CGC	CAG	TAG	CGC	CAC	GAC	TCG	CAC	TAT	CGA	GTC	GGG
46	TGC	GAT	AGC	GCG	CTC	ACA	AAC	AAA	ACC	ACG	AGT	CGT	GCG	GGG	TCC
91	TCC	ACG	CCA	CCG	TTC	CGT	CGT	CCG	TCA	AGG	ACT	GCT	GCC	GCC	ATG
136	CAT	ACA	CGT	GCA	CGG	AGA	CAG	CGG	GCT	GCC	AGC	CCC	AAT	TGT	GGC
181	AGC	CAA	CGG	ACG	GCC	GGA	CTC	CCG	GCT	CGC	CGC	CGT	CGG	AAA	GCC

226	TCG	CTG	CCG	ACG	CGC	GGA	CAG	AAA	CAA	AGA	AGA	GGT	GCC	CTG	ACC
271	GGG	CCA	GGC	ATC	GGC	GCA	CGC	GCG	TCG	TAG	GTC	GGT	AAA	CTC	CCC
316	GCC	TGT	AGT	CCG	AAG	TGA	GGT	TCT	CGG	AAA	CCT	GCA	CGG	GAG	CGT
361	CCC	ATT	TCG	CTG	TGG	CTG	GCT	GAC	CGT	CGA	CGG	GCG	GAC	GGC	CGG
406	CCC	TGC	GAG	GGG	ACG	CGA	AAC	CGA	GAG	TAA	ATG	CGT	CGA	CTC	GGT
451	GCG	GGA	AAT	GGC	TAC	TAG	TCT	AGG	CGG	GAT	ATT	GGC	AGG	ATC	CCC
496	CTA	CGT	ACG	AAA	CAC	CAT	ATC	CCG	AGC	GTC	GCA	GCC	TCT	TCC	AAA
541	AAC	GAC	CAC	ACA	TCG	TTT	TGG	AGC	CTT	GAA	CGC	AAG	TCT	TCC	AGT
586	ACG	GAA	CGG	CGG	CGG	CGG	CAG	CAG	TTT	ATC	TAC	TGC	TGC	TGC	TGC
631	TTG	CTA	CTC	CCC	ACG	AAG	AGA	GGA	GGG	CGC	GTT	GTT	GCG	CTG	CTG
676	GCC	GCG	ACT	AGT	CTA	CTA	ATG	TGC	AGT	GCG	CCA	CAC	GCG	CAG	CAC

Figura 18.- Secuencia ITS-1 de *Mulinia edulis* con un morfo distinto, banda de periostraco homogénea y de color amarillento intenso, proveniente de la Bahía de Coquimbo.

Query	5	CGACGTCGCCAGTAGCGCCACGACTCGCACTATCGAGTCGGGTGCGATAGCGCGCTCACA	64
Sbjct	4	CGACGTCGCCAGTAGCGCCACGACTCGCACTATCGAGTCGGGTGCGATAGCGCGCTCACA	63
Query	65	AACAAAACCACGAGTCGTGCGGGGTCTCCACGCCACCGTTCCGTCGTCCGTCAAGGACT	124
Sbjct	64	AACAAAACCACGAGTCGTGCGGGGTCTCCACGCCACCGTTCCGTCGTCCGTCAAGGACT	123
Query	125	GCTGCCGCATGCATACACGTGCACGGAGACAGCGGGCTGCCAGCCCCAATTGTGGCAGC	184
Sbjct	124	GCTGCCGCATGCATACACGTGCACGGAGACAGCGGGCTGCCAGCCCCAATTGTGGCAGC	183
Query	185	CAACGGACGGCCGGACTCCCGGCTCGCCGCCGTCGGAAAGCCTCGCTGCCGACGCGCGGA	244
Sbjct	184	CAACGGACGGCCGGACTCCCGGCTCGCCGCCGTCGGAAAGCCTCGCTGCCGACGCGCGGA	243
Query	245	CAGAAACAAAGAAGAGGTGCCCTGACCGGGCCAGGCATCGGCGCACGCGCGTCTAGGTC	304
Sbjct	244	CAGAAACAAAGAAGAGGTGCCCTGACCGGGCCAGGCATCGGCGCACGCGCGTCTAGGTC	303
Query	305	GGTAAACTCCCCGCTGTAGTCCGAAAGTGAAGTTCTCGGAAACCTGCACGGGAGCGTCCC	364
Sbjct	304	GGTAAACTCCCCGCTGTAGTCCGAAAGTGAAGTTCTCGGAAACCTGCACGGGAGCGTCCC	363
Query	365	ATTCGCTGTGGCTGGCTGACCGTCGACGGGCGGACGGCCGGCCCTGCGAGGGGGCGCGA	424
Sbjct	364	ATTCGCTGTGGCTGGCTGACCGTCGACGGGCGGACGGCCGGCCCTGCGAGGGGGCGCGA	423
Query	425	AACCGAGAGTAAATGCGTCGACTCGGTGCGGAAATGGCTACTAGTCTAGGCGGGATATT	484
Sbjct	424	AACCGAGAGTAAATGCGTCGACTCGGTGCGGAAATGGCTACTAGTCTAGGCGGGATATT	483
Query	485	GGCAGGATCCCCCTACGTACGAAACACCATATCCCGAGCGTCGCAGCCTCTTCCAAAAAC	544
Sbjct	484	GGCAGGATCCCCCTACGTACGAAACACCATATCCCGAGCGTCGCAGCCTCTTCCAAAAAC	543
Query	545	GACCACACATCGTTTTGGAGCCTTGAACGCAAGTCTTCCAGTACGGAACGGCGCGGGCGG	604
Sbjct	544	GACCACACATCGTTTTGGAGCCTTGAACGCAAGTCTTCCAGTACGGAACGGCGCGGGCGG	603

Figura 19.- Alineamiento de las secuencias obtenidas de ambos morfos de *Mulinia edulis*.

Los alineamientos de las secuencias obtenidas muestran entre sí elevada homología, indicándonos la existencia de dos morfos de una misma especie presentes en la población, la que se debe tratar como un stock discreto en la localidad de Coquimbo (Fig. 19). En

este alineamiento es posible observar un 100% de homología, sin embargo las regiones entre los 600-850 pb presentan un porcentaje ínfimo de divergencia (0.5%), lo que se explica debido a errores de la amplificación y de secuenciación en esa zona (Fig. 19). Es notable destacar que la longitud de ITS-1 es dependiente de la especie y que las diferencias en su longitud sugieren diferencias significativas entre las especies. El contenido GC fue del 61%, lo que es mayor que lo encontrado en otras especies de bivalvos. Por ejemplo, el contenido GC de ITS-1 en ostiones Pectinidae se encuentra entre 43-49% (Han-Liang *et al.*, 2006).

Estos resultados confirman que esta técnica es una poderosa herramienta para tipificar genéticamente especies relacionadas de forma precisa y sencilla y de este modo reevaluar especies clasificadas mediante taxonomía tradicional. En este caso ambas poblaciones evaluadas corresponden a una misma especie taxonómica que presenta diferencia morfológica.

Es conveniente sin embargo amplificar en el futuro la región ITS-2 y secuenciarla, y de esta forma establecer un patrón filogenético entre *Mulinia edulis* provenientes de otras regiones de Chile.

3.4.4 Morfología espermatozoides

Los espermatozoides de *Mulinia edulis* corresponden en morfología a los espermatozoides de tipo primitivo o tipo I característicos de especies de moluscos con fecundación externa (Franzén, 1955; Dohmen, 1983). Los espermatozoides maduros miden $31,9 \pm 6,9 \mu\text{m}$ (n=59) de longitud total (Fig. 20a). La parte anterior de espermatozoide, cabeza más pieza media, mide $1,9 \pm 0,2 \mu\text{m}$ de longitud. La porción mayor de la cabeza que contiene el núcleo es esférica y el acrosoma es cónico otorgándole a esta región del espermatozoide un aspecto piriforme. En la región apical de la cabeza se ubica el extremo del filamento acrosómico como un filamento generalmente curvado en espermatozoides no reaccionados (Fig. 20b). Se distinguen 4 mitocondrias en la región media del espermatozoide. Las mitocondrias son esféricas

y se ordenan formando un anillo (Fig. 20c). El flagelo mide $31,9 \pm 6,9 \mu\text{m}$ de longitud y no se distingue zonación en el a excepción de su punta aguzada.

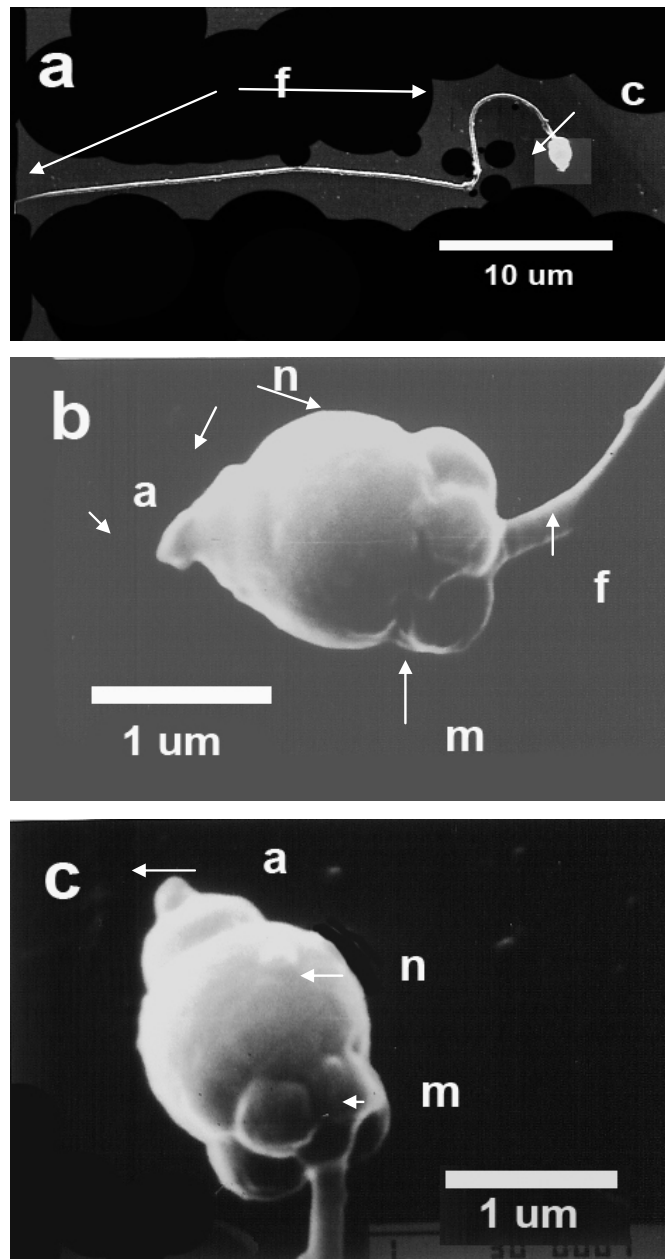


Figura 20.- a) Espermatozoide de *Mulinia edulis*. b) Cabeza c) Cabeza y pieza media.

3.5 Objetivo específico 2: Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.

3.5.1 Ubicación de los principales bancos

Muestreo piloto

Se realizó un recorrido por las principales bahías de la Región de Coquimbo, en busca de bancos de taquillas. Este recorrido se realizó en dos oportunidades: verano de 2006-2007 y 2007-2008. En el primer recorrido se busco bancos de taquilla en la zona de: Los Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía Guanaqueros, Bahía Tongoy y Bahía Pichidangui. En la segunda oportunidad se muestreo El Temblador (Totalillo Norte), Bahía Guanaqueros, Bahía Tongoy (Tongoy y Puerto Aldea) y Bahía Pichidangui (Fig. 21).

Los Choros

En el verano del 2006-2007 se entrevistó y mostró conchas de taquilla a seis buzos de Los Choro. Ninguno de ellos dijo haber vista taquillas en la Bahía. Pero de igual forma se realizó un muestreo en la zona sur y norte de la Bahía. Además, se tomaron muestras en el sector de Isla Gaviota, pero sólo se logró extraer 25 ejemplares de taca (*Protothaca thaca*).

El Temblador (Totalillo Norte)

El lunes 28 de enero de 2008 fue muestreado el sector de El Temblador. Primero se mostró las conchas de taquilla a los pescadores de la caleta Totalillo Norte, ellos dijeron que en la zona no había y que sólo era posible encontrarla en Peñuelas, Bahía de Coquimbo. Pero de igual forma se le pidió a un buzo que nos acompañara a la zona en donde él estimaba había la mayor cantidad de fango. Seleccionó el sector sur, un área con sustrato blando anóxico, pero no fue posible encontrar taquillas, en seis cores aparecieron ejemplares de navajuela (*Tagelus dombeii*) (total 7 ejemplares) y 4 ejemplares juveniles de navaja (*Ensis macha*) (25, 45, 53 y 70 mm de longitud de concha).

Bahía Coquimbo

En realidad, en esta bahía no se realizó el muestreo piloto, ya que se tenía la certeza de la existencia de un banco de gran envergadura. ECOLMAR lleva más de diez años trabajando con las organizaciones de pescadores en la Bahía de Coquimbo, por lo que conocía la existencia a priori del banco de taquillas. Inmediatamente después de la firma del contrato del proyecto se procedió a tomar la primera muestra, tanto para reproducción como para trabajar en la identificación de la especie y el muestreo poblacional para determinar los parámetros poblacionales, crecimiento y mortalidad.

Bahía Guanaqueros

Se muestreo el costado sur de la Bahía de Guanaqueros, desde la playa y hasta 700 m al oeste del muelle. Tanto en el verano de 2006-2007 y 2007-2008 sólo fue posible extraer una gran cantidad de navajuelas (*Tagelus dombeii*), entre 10 y 33 ejemplares por core. El rango de tallas fluctuó entre los 12 y 82 mm de longitud total.

Bahía Tongoy

El muestreo piloto en Bahía Tongoy, en el verano de 2006-2007, se realizó en dos fases. El primer muestreo se realizó en diciembre de 2006. Se muestreó la parte sur de la bahía, correspondiente a las AMERBs de Puerto Aldea. Se aprovechó la realización de una evaluación de las AMERBs, por lo que el esfuerzo muestreal fue mucho mayor a lo comprometido en la propuesta original. Se realizaron 14 transectos entre Puerto Aldea y el Sector denominado El Bosque. Se realizaron estaciones a los 0,5; 1; 2; 3 y 4 metros de profundidad, con el objeto de evaluar el posible banco de taquilla que existía en la zona. En ninguna estación se encontró un ejemplar de taquilla. No satisfecho con ese resultado, se realizó un recorrido, con un buzo semi-autónomo, por un tiempo de una hora, por la zona ya evaluada. En este recorrido se logró extraer dos ejemplares adultos de *Mulinia edulis* (68 y 74 mm de longitud).

La zona norte de la Bahía se muestreó el 5 de febrero. Se realizaron los transectos comprometidos en la propuesta, pero no se encontró ningún ejemplar de taquilla.

Adicionalmente, un buzo semi-autónomo realizó un recorrido de una hora de duración buscando taquillas en diferentes puntos del sector norte de la Bahía de Tongoy, intensificando el esfuerzo en el área en donde se tenía registro de la existencia de un banco en el pasado. No se logró encontrar ni un solo ejemplar.

En el verano de 2007-2008, febrero 4, se realizó una nueva búsqueda de taquillas en la zona norte de la Bahía Tongoy, aplicándose el mismo esfuerzo comprometido para el primer muestreo piloto. En esta oportunidad nuevamente no se encontró ejemplares durante el muestreo piloto, pero sí se logró recolectar tres ejemplares durante un recorrido de media hora. Los ejemplares recolectados eran adultos y midieron 43; 54 y 55 mm de longitud máxima. Estos ejemplares fueron encontrados en la zona de fondeadero de embarcaciones en la caleta de Tongoy, muy cerca del muelle. El muestreo, para la zona sur de la bahía, Puerto Aldea, se realizó el 5 de febrero. No se encontró ejemplares de taquilla.

Bahía Pichidangui

Antes de realizar el muestreo piloto, se entrevistó a cuatro buzos de la caleta, se les mostró una valva de taquilla y se les preguntó si alguna vez habían visto algún ejemplar dentro de la bahía. La respuesta fue afirmativa y de inmediato indicaron que el banco se encontraba en la zona sur de la bahía, en el canal que separa el islote del continente y en la zona de fondeo de los botes. Se procedió a realizar el muestreo sobre esa área, pero no se encontró ejemplar vivos, sólo algunas valvas. En dos muestras aparecieron ejemplares juveniles de navajuelas.

Un punto importante de destacar, es que los buzos hicieron referencia a que antes del 1997 se capturaba taquillas en la bahía durante el verano. No eran grandes volúmenes y su extracción se realizaba en forma conjunta con la navaja.

Al repetir el muestreo piloto el 29 de febrero de 2008, nuevamente no se encontró ejemplares vivos de taquilla, sólo un gran número de valvas, sobre el substrato, en la zona de la marina entre 2 y 6 m de profundidad.

En síntesis, hecha la búsqueda comprometida para el inicio del proyecto, como en forma adicional el verano 2008, sólo fue posible ubicar un banco de taquillas en la Región de Coquimbo. Este único banco se encuentra en el sector sur de la Bahía de Coquimbo (Fig. 21).

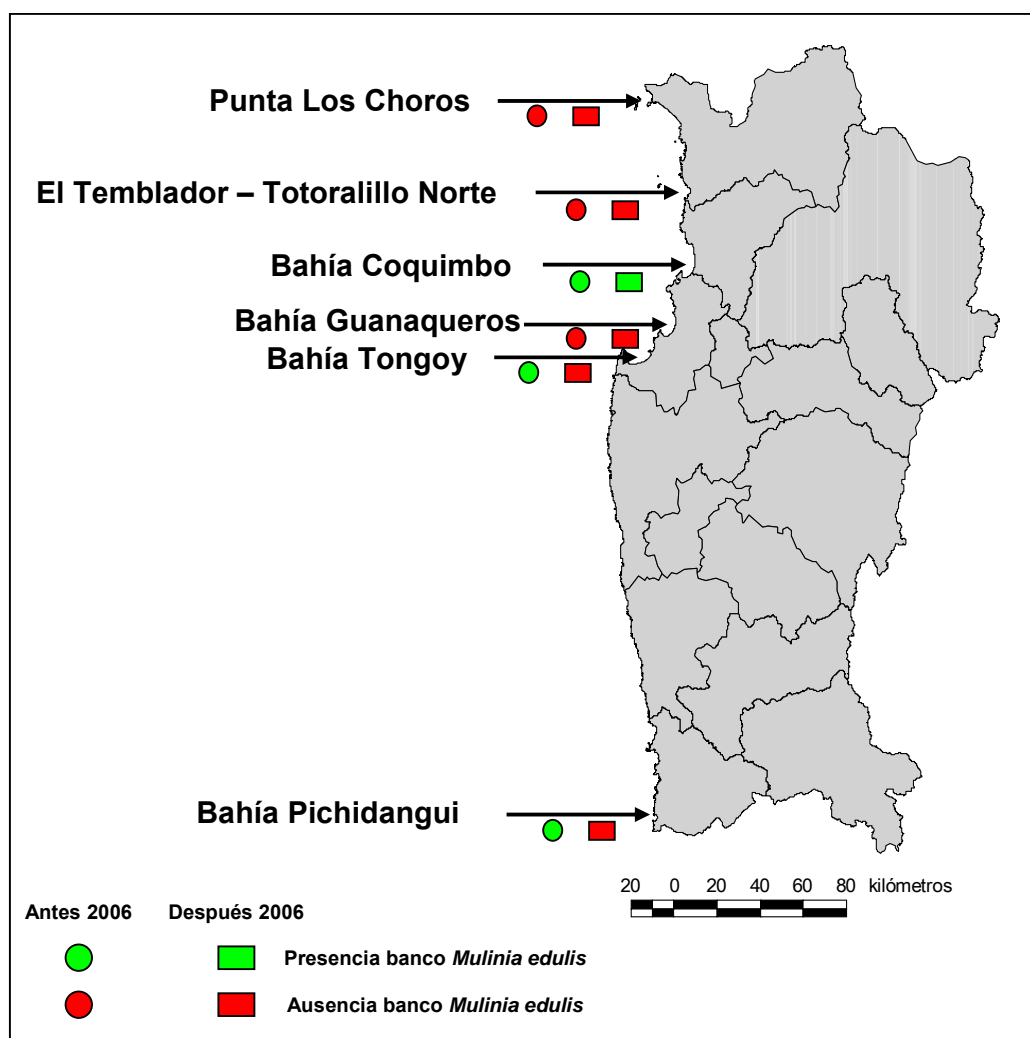


Figura 21.- Sitios en donde se muestreo en busca de bancos de *Mulinia edulis*.

3.5.2 Georreferenciación de los bancos

El banco de *Mulinia edulis* se extiende por el norte desde aproximadamente Caleta San Pedro, La Serena hasta la Caleta San Pedro de Coquimbo por el sur (Fig. 24). Pero también es posible encontrar ejemplares aislados al norte de la Caleta San Pedro de La Serena, en el sector denominado Serena Golf, que forman parte de la pesca incidental en la captura de la macha (*Mesodesma donacium*).

Como se había mencionado en el Informe de Avance, se debió solicitar autorización especial, a la Armada de Chile, para realizar la evaluación del banco en la zona de anclaje de las embarcaciones en la Caleta San Pedro de Coquimbo. Con este último transecto, se completó la evaluación de la porción submareal del banco.

La evaluación en el intermareal no arrojó resultados positivos. En ninguna muestra de los 144 cores realizados se encontró ejemplares de *Mulinia edulis*. Esto permitió concluir, que el banco de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo se distribuye estrictamente en el submareal.

La superficie del banco fue estimada en 22.312.405 m² y se extiende entre los 2 m y 17 m de profundidad en algunos sectores próximos a Cuatro Esquinas (Figs. 24 y 25).

3.5.3 Caracterización de los bancos.

Caracterización biológica.

Evaluación directa


La evaluación directa del banco de *M. edulis* se realizó el 15 de mayo de 2007 y el transecto de la zona de anclaje de los botes en Caleta San Pedro de Coquimbo el día 21 de junio del mismo año. La densidad media del área es de $1.147,65 \pm 1.617,12$ ind./m² (Tabla I). La densidad varía en diferentes sectores del área (ver Tabla II). La mayor densidad promedio por

transecto fue de 3.502,22 ind./m² y se obtuvo en el transecto 10. En general, los transectos que presentaron las mayores densidades se encuentran dentro del AMERB Peñuelas B.

Tabla I.- Densidad promedio, desviación estándar (D.S.) e intervalo de confianza a un nivel del 95% para la media poblacional (L.S. = límite superior; L.I. = límite inferior) para el recurso *Mulinia edulis* en el submareal de la Bahía Coquimbo, mayo-junio de 2007.

Total <i>Mulinia edulis</i>			
		Superficie banco (m ²)	Estimación individuos
Promedio	1147.65	22312405	25606812026
Desv. St.	1617.12		36081939129
L.S	1247.98		27845475805
L.I	1047.32		23368148247

Tabla II.- Densidad promedio, desviación estándar (D.S.) e intervalo de confianza a un nivel del 95% para la media poblacional (L.S. = límite superior; L.I. = límite inferior) estimados por transecto para el recurso *Mulinia edulis* en el submareal de la Bahía Coquimbo, mayo-junio de 2007. En color rojo y amarillo se indican la menor y mayor densidad respectivamente.

Transecto	NORTE 															SUR
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Promedio	8.89	44.44	182.22	677.78	1380.00	2064.44	1440.00	2035.56	1533.33	3502.22	3037.78	766.67	1042.22	160.00	282.22	16.00
Desv. St.	22.87	41.27	150.95	678.16	701.92	1190.67	1032.95	800.94	619.04	3046.59	2534.48	713.59	1024.32	207.10	328.01	33.12
L.S	10.31	47.01	191.59	719.85	1423.55	2138.32	1504.09	2085.25	1571.74	3691.24	3195.03	810.94	1105.77	172.85	302.57	302.57
L.I	7.47	41.88	172.86	635.70	1336.45	1990.57	1375.91	1985.86	1494.93	3313.20	2880.53	722.39	978.67	147.15	261.87	261.87

Estimación de la abundancia y biomasa

La abundancia *M. edulis* fue estimada en 25.606.812.026±36.081.939.129 individuos entre los 3 y 90 mm de longitud, con un intervalo de confianza entre 23.368.148.247 y 27.845.475.805 individuos a un nivel del 95% para la media poblacional. De la cantidad total estimada 1.157.601.954 de individuos, aproximadamente el 4,5% estuvieron sobre la talla mínima de captura (Fig. 22). La biomasa poblacional fue estimada en 351.856 ton. En tanto, la biomasa de individuos sobre la TMC fue de 58.373 ton que corresponde al 16,6% de la biomasa poblacional.

Estructura de tallas.

La composición de tallas de la población de *M. edulis* en Bahía Coquimbo se muestra en la Figura 23. La talla media de longitud es de 37,3 ± 9,7 mm. El análisis indicó que el

4,5% de la población está por sobre la talla mínima de captura, siendo los tamaños predominantes los de 32 y 38 mm de longitud.

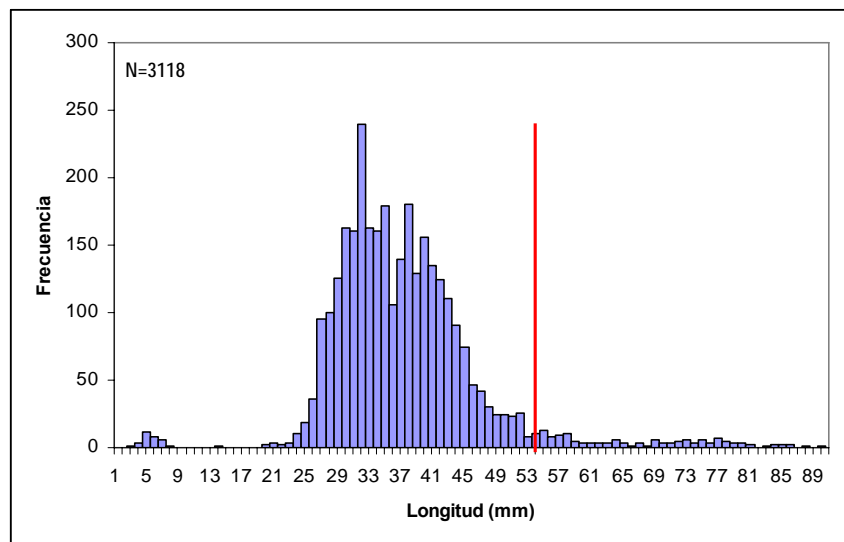


Figura 22.- Estructura de talla de la población de *Mulinia edulis* en el submareal de Bahía Coquimbo. La línea roja indica la talla mínima de captura para el grupo de las almejas.

En la Figura 23 se muestra la relación longitud-peso para *M. edulis*. La ecuación que describe la relación esta dada por

$$P(t) = 0,0027LT^{2,3282}$$

De acuerdo a la función, los ejemplares de *M. edulis* de 55 mm de longitud (talla mínima de captura) presentan un peso aproximado de 30,4 g

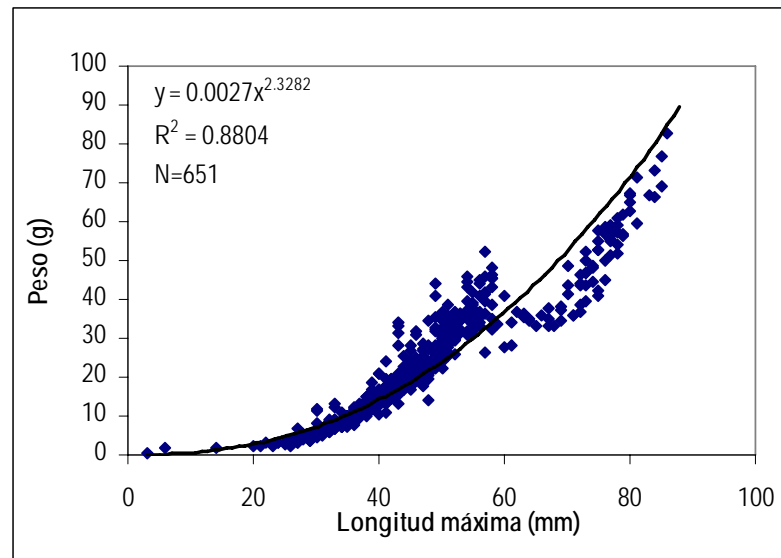


Figura 23.- Relación longitud - peso total de la población de *Mulinia edulis* en el submareal de Bahía Coquimbo.

Como se puede apreciar en la Figura 23, la curva de la relación longitud peso presenta un quiebre a la altura de los ejemplares que sobrepasan los 60 mm. Son individuos grandes, pero de poco peso. Casi la totalidad de estos individuos fueron capturados en la zona sur de la Bahía, en un sustrato con mucha materia orgánica, anóxico.

Distribución espacial.

El banco de *M. edulis* ocupa el área comprendida entre Caleta San Pedro de Coquimbo y El Tobogán, Caleta San Pedro La Serena. Se distribuyó entre los 2 y 17 m de profundidad en sustrato de arena fina y fango (Fig. 24). En la zona norte del banco, El Tobogán – El Faro de La Serena el sustrato es compartido con *Mesodesma donacium*, ubicándose *M. edulis* a partir de los 4 a 5 m de profundidad, tras la franja que ocupa la macha.

En el banco existen dos focos de abundancia y ambos se encontraron dentro del AMERB Peñuelas B y corresponden a los T8 y T10 - T11 (Fig. 24). T8 se encuentra frente al sector denominado Cuatro Esquinas y T10 – T11 corresponden al sector entre El Casino de Juegos y el Restaurante La Barra. Estos focos presentan densidades que van desde los 2000 a 3500 ind/m² presentan los ejemplares de menor talla encontrados dentro del banco (Fig. 24).

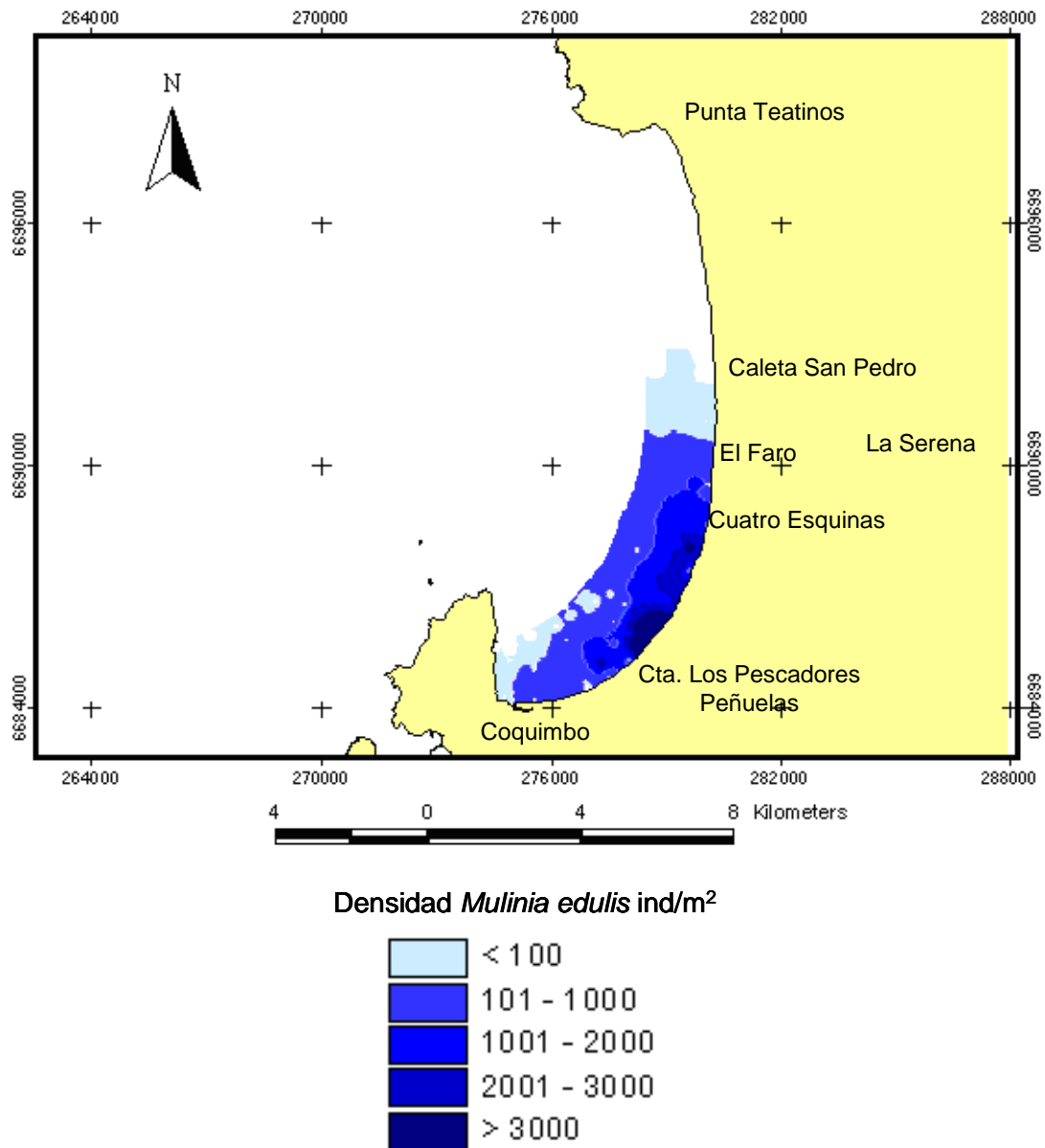


Figura 24.- Distribución espacial y densidad (ind./m²) de *Mulinia edulis* en el banco de Bahía Coquimbo, mayo de 2007.

Hacia la zona sur del banco, a partir de la Caleta Los Pescadores en Peñuelas es posible encontrar los ejemplares de mayor talla, pero también disminuye la densidad y coincide con el endurecimiento del substrato y aumento de la materia orgánica.

Caracterización físico-químico

Caracterización de la playa

La Bahía de Coquimbo, presenta en su lado norte una mayor exposición de los vientos sur y suroeste que la zona sur de la bahía.

Los mayores cursos de agua dulce se encuentran ubicados en la zona comprendida entre la Caleta San Pedro y El Faro de La Serena, donde desemboca el Río Elqui con un caudal de aproximado de $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Ortiz, 1995). El segundo mayor curso de agua dulce se encuentra en el lado sur de la Bahía, donde desemboca el estero El Culebrón con un caudal aproximada de $0,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Ortiz, 1995).

El banco de taquilla ocupa el sector de la playa que presenta la menor pendiente, zona que se extiende desde un punto al sur de Caleta San Pedro - La Serena hasta la Caleta San Pedro de Coquimbo. La playa en esa extensión presenta un estado morfodinámico correspondiente a una playa de tipo intermedia (Índice de Dean promedio 2, 21).

El tipo de arena presente en esta zona corresponde a arena fina ($2,16 \pm 0,47 \text{ } \Phi$), con un alto contenido de materia orgánica, que va en aumento hacia el sector sur de la Bahía, con valores que van entre el 0,15 y 3,1% respectivamente. La salinidad fue estimada en $34,6 \pm 0,035\%$.

Morfología local de fondo

La Bahía de Coquimbo presentó un fondo plano, con poca pendiente (Fig.25). Hacia el sector sur, Caleta San Pedro de Coquimbo, presentó una menor pendiente, lo que permite que *M. edulis* tenga una mayor área de distribución, ya que en este banco se distribuyó entre los 2 y 17 m de profundidad.

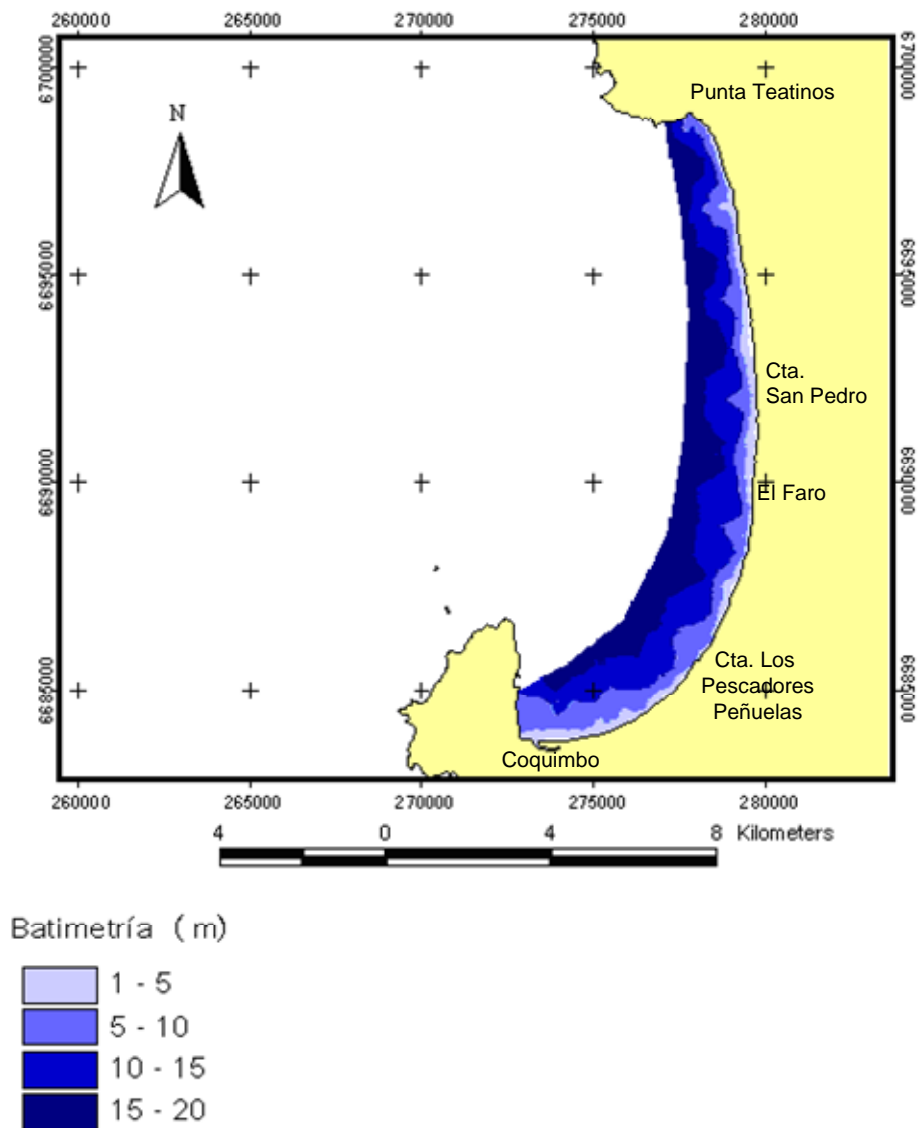


Figura 25.- Batimetría de la Bahía de Coquimbo.

Otros antecedentes sobre la caracterización de la zona de los bancos de taquilla.

El banco de taquillas se encontró ubicado hacia el lado sur de la Bahía de Coquimbo, lo que implica que este se encuentra en la zona protegida de los vientos predominantes del suroeste, lo que hace que esta zona presente oleaje suave permitiendo el acumulamiento de materia orgánica en el fondo.

El banco de *M. edulis* presenta una distribución submareal en la Bahía de Coquimbo, por lo tanto, este banco no estaría bajo los efectos de los cambios de marea. Además, en la zona de Coquimbo, las diferencias entre la altura de las mareas no es mucha, por lo tanto, al producirse la bajamar no se despejan grandes extensiones de playa.

3.6 Objetivo específico 3: Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.

3.6.1 Proporción Sexual

La proporción sexual de machos y hembras fue cercana a 1:1 en cada uno de los meses muestreados a excepción de los muestreos del 6 de octubre y 29 de noviembre de 2007 en los cuales las hembras casi duplicaron a los machos (Tabla III).

Tabla III.- Proporción de sexos de *M. edulis* recolectadas en Bahía de Coquimbo, IV Región en el período 19 de enero de 2007 a 30 de enero de 2008.

	Total	Hembras	Machos	Proporción
19 ene. 07	31	12	19	1: 1,6
21 feb. 07	31	15	16	1: 1,1
21 mar. 07	25	13	12	1: 0,9
26 abr. 07	28	12	16	1: 1,3
25 may. 07	32	15	17	1: 1,1
29 jun. 07	33	16	17	1: 1,1
28 jul. 07	39	21	18	1: 0,9
22 ago. 07	39	23	16	1: 0,7
06 oct. 07	36	22	14	1: 0,6
30 oct. 07	38	17	21	1: 1,2
29 nov. 07	40	26	14	1: 0,5
03 ene. 08	36	17	19	1: 1,1
30 ene. 08	39	17	22	1: 1,3

3.6.2 Anatomía del Sistema Reproductor

Mulinia edulis no posee una gónada localizada, sino tejido gonadal disperso situado en ciertas regiones del complejo gónada-hepatopácreas. En ambos sexos el tejido gonadal se distribuye en cinco regiones. Desde anterior a posterior se ordenan de la siguiente manera:

1. Alrededor del intestino anterior.
2. Rodeando el saco del estilete.

3. En la región media de la glándula digestiva.
4. A ambos lados de la glándula digestiva, inmediatamente debajo de la pared del cuerpo y
5. Alrededor del intestino (Fig. 26).

Los acinos masculinos y femeninos se agrupan en racimos y tienen forma redondeada u ovalada (Figs. 27a y b).



Figura 26.- Corte transversal del complejo gónada hepatopáncreas de *M. edulis* a la altura de (a) la glándula digestiva y de (b) los divertículos digestivos (br: branquias; hp: hepatopáncreas; i: intestino; i: intestino medio; pl: palpos labiales; se: saco del estilete; u: uréteres)

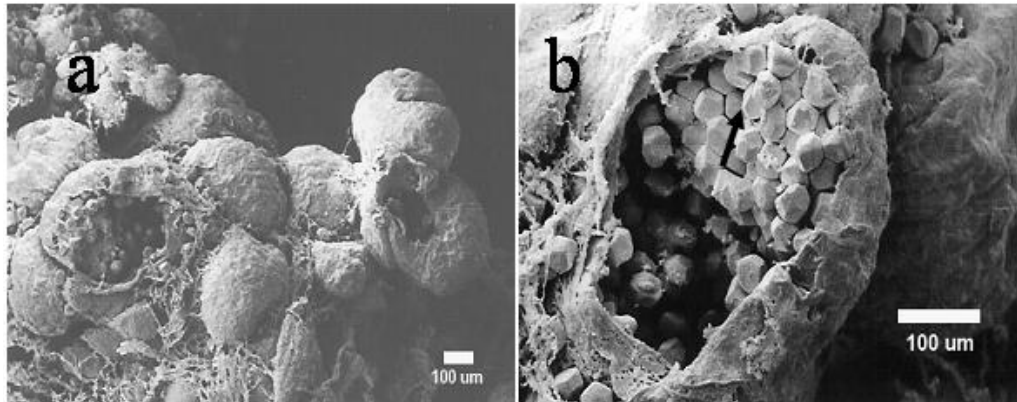


Figura 27.- a) Agrupación de acinos femeninos b) Detalle del interior del acino femenino en estado de madurez máxima en *M. edulis*. (Flecha indica ovocitos maduros).

3.6.3 Ciclo Reproductivo:

Método Cualitativo:

Los datos informados a continuación corresponden al resultado de los muestreos mensuales realizados entre el 19 de enero de 2007 y el 30 de enero de 2008. Los reproductores utilizados para determinar el ciclo reproductivo midieron 46 a 79,1 mm de longitud máxima. Para describir el ciclo reproductivo de *M. edulis* se revisaron un total de 486 preparaciones histológicas, de las cuales, 195 correspondieron a hembras, 170 a machos y el restante a Indeterminados por castración o regresión.

La determinación del ciclo reproductivo sólo incluye una parte de las muestras mensuales, debido a que tanto para machos como para hembras la proporción de ejemplares con parásitos en las gónadas fue alto a excepción de los muestreos de agosto y noviembre de 2007, en los cuales no se registró ningún individuo con las gónadas parasitadas. Cabe mencionar, sin embargo, que los mismos ejemplares sí mantenían quistes en la pared del cuerpo y las branquias (Tabla IV). Respecto a la proporción de machos y hembras semicastrados y sin considerar los meses de agosto y octubre, los resultados revelan lo siguiente. El número total de muestras histológicas revisadas mensualmente varió de 27 a 40 muestras. De esta muestra, se determinó un total de 12 a 22 machos. De estos, de un 0 a 22,5 % se encontraba con sus gónadas

significativamente parasitadas. En el caso de las hembras, su número varió de 11 a 22 por muestreo y de ellas de 0 a 18,5 % se encontraba con sus gónadas parasitadas. En ambos casos, estos ejemplares semicastrados no se consideraron dentro del análisis de ciclo reproductivo debido a que se desconoce en que medida la parasitación afecta el desarrollo de los acinos remanentes. El restante número de ejemplares que no fue asignado a sexo correspondió a ejemplares con la región gonadal completamente ocupada por esporocistos con cercarias y en los que no se observó ni un acino que permitiera reconocer el sexo. El porcentaje de estos ejemplares denominados Indeterminados por castración varió de 2,5 a 37,5 % respecto al total de ejemplares muestreados. El valor más alto correspondió al muestreo del 30 de octubre (Tabla IV).

Tabla IV.- Proporción de ejemplares con gónadas parasitadas (%) respecto al total de las muestra (N). Se indica el número de *M. edulis* con sexo reconocible y los Indeterminados por castración. (n= número de ejemplares parasitados)

Muestreo	MACHOS			HEMBRAS			INDET CAST		Σ SC + C	TOTAL
	n	%	Total	n	%	Total	n	%	%	N
19 ene. 07	2	5.7	19	1	2.9	12	3	8.6	17.1	35
21 feb. 07	3	8.6	16	3	8.6	15	4	11.4	28.6	35
21 mar. 07	2	7.4	12	6	22.2	13	2	7.4	29.6	27
26 abr. 07	2	5.7	16	2	5.7	12	7	20.0	31.4	35
25 may. 07	8	22.9	17	4	11.4	15	2	5.7	34.3	35
29 jun. 07	6	15.0	17	1	2.5	16	4	10.0	22.5	40
28 jul. 07	5	12.5	18	8	20.0	21	1	2.5	27.5	40
22 ago. 07	0	0.0	16	0	0.0	23	0	0.0	0	40
06 oct. 07	4	10.3	14	1	2.6	22	3	7.7	20.6	39
30 oct. 07	9	22.5	21	4	10.0	17	2	5.0	37.5	40
29 nov. 07	0	0.0	14	0	0.0	26	0	0.0	0	40
03 ene. 08	0	0.0	19	0	0.0	17	1	2.5	2.5	40
30 ene. 08	4	10.0	22	0	0.0	17	0	0.0	10	40
Prom		9.3			6.6			6.2	20.1	
DE		7.6			7.6			5.7	13.2	
Máx		22.9			22.2			20.0	37.5	
Mín		0.0			0.0			0.0	0.0	

INDET CAST= Indeterminados por castración

Σ SC+ C = Machos y hembras semicastrados y totalmente castrados

Durante el período muestreado se observó que los machos desarrollan un ciclo de tipo continuo (Fig. 28). En ocho de los 13 meses muestreados se colectó organismos con gónadas maduras (MM), de 6 a 82 %, correspondiendo los máximos a marzo y abril del 2007.

Así mismo, el estado de Parcialmente Evacuado (P Ev) es decir, gónadas con un remanente importante de espermatozoides maduros, se registró en todos los meses muestreados a excepción del muestreo del 30 de octubre de 2007. Los estados Madurante Temprano y Avanzado (Mte T y Mte Av) ocurrieron entre junio y finales de octubre, predominando en los meses de junio, julio y octubre. (Tabla V).

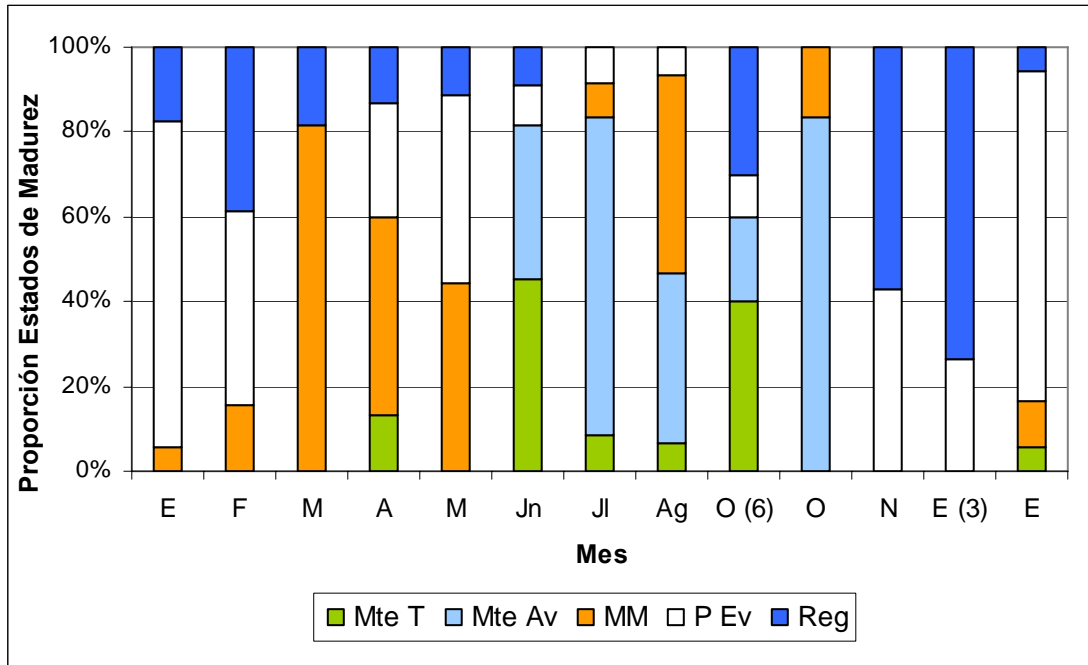


Figura 28.- Ciclo de madurez gonadal de machos de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Tabla V.- Número de ejemplares macho por estado de madurez gonadal de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

	Mte T	Mte Av	MM	P Ev	Reg	n
19 ene. 07			1	13	3	17
21 feb. 07			2	6	5	13
21 mar. 07			9		2	11
26 abr. 07	2		7	4	2	15
25 may. 07			4	4	1	9
29 jun. 07	5	4		1	1	11
28 jul. 07	1	9	1	1		12
22 ago. 07	1	6	7	1		15
06 oct. 07	4	2		1	3	10
30 oct. 07		10	2			12
29 nov. 07				6	8	14
03 ene. 08				5	14	19
30 ene. 08	1		2	14	1	18
						176

El desarrollo gonadal de las hembras de *M. edulis* no se ajustó exactamente a las escalas descritas para otros bivalvos debido a que se registró muy frecuentemente la ocurrencia de tres eventos simultáneos en un mismo individuo. Así, el estado Parcialmente Evacuado (P Ev) que frecuentemente incluye procesos de evacuación, regresión y madurante, fue uno de los más representados y se registró en todos los meses muestreados, siendo más frecuente en los meses de enero y febrero, 50 y 60 %, respectivamente. En esos mismos meses ejemplares P Ev y Reg tuvieron una frecuencia alta. Ejemplares predominantemente maduros (MM) fueron recolectados en el período marzo-mayo, 36 a 56 % y en menor medida en junio, agosto y noviembre-enero, 6,7 a 11,8 % (Fig. 29; Tabla VI).

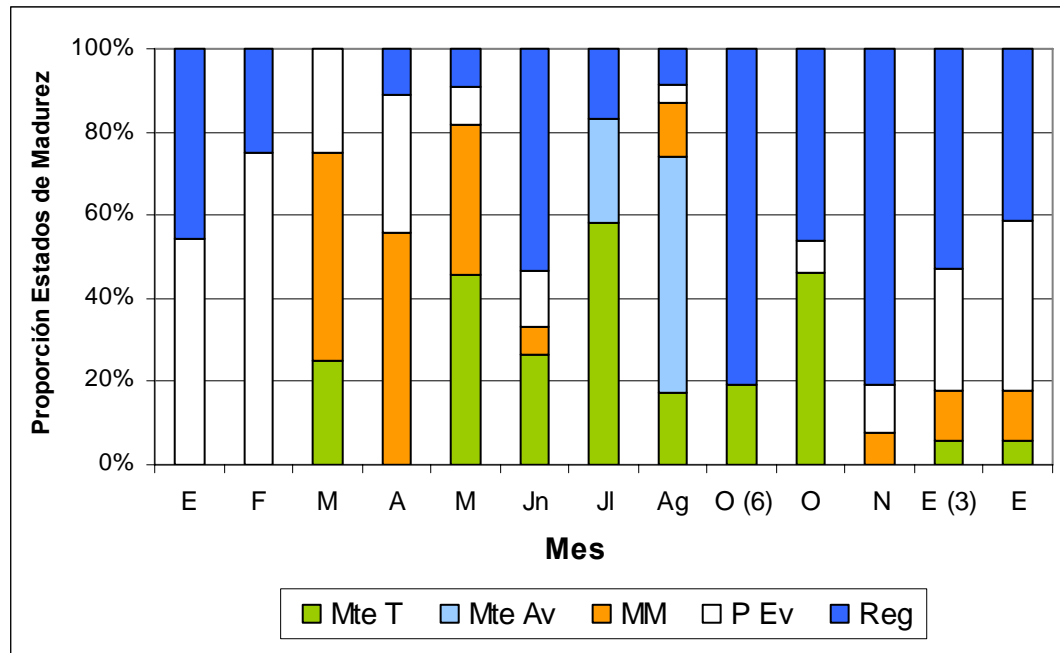


Figura 29.- Ciclo de madurez gonadal de hembras de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Tabla VI.- Número de ejemplares hembra por estado de madurez gonadal de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

	Mte T	Mte Av	MM	P Ev	Reg	n
19 ene. 07	0	0	0	6	5	11
21 feb. 07				9	3	12
21 mar. 07	2		4	2		8
26 abr. 07			5	3	1	9
25 may. 07	5		4	1	1	11
29 jun. 07	4		1	2	8	15
28 jul. 07	7	3			2	12
22 ago. 07	4	13	3	1	2	23
06 oct. 07	4				17	21
30 oct. 07	6			1	6	13
29 nov. 07			2	3	21	26
03 ene. 08	1		2	5	9	17
30 ene. 08	1		2	7	7	17
						195

Ocurrencia de Ovocitos maduros

El registro de ovocitos totalmente vitelogénicos en todo el tejido gonadal muestreado histológicamente, reveló que en todos los meses muestreados las hembras contienen cierta cantidad de gametos maduros en su tejido gonadal. Según el criterio de clasificación utilizado, estos son más frecuentes de marzo a mayo 2007, y enero de 2008 (C 3). Las categorías C1 y C2, es decir con nada o mediana cantidad de ovocitos en los acinos fueron más frecuentes en julio y octubre (Fig. 30).

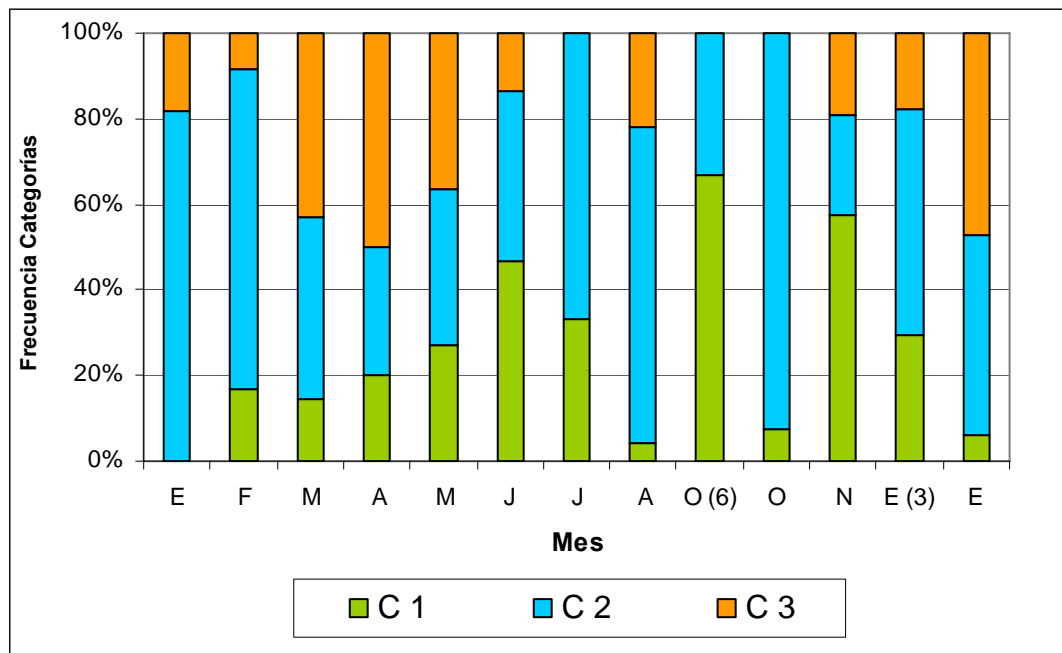


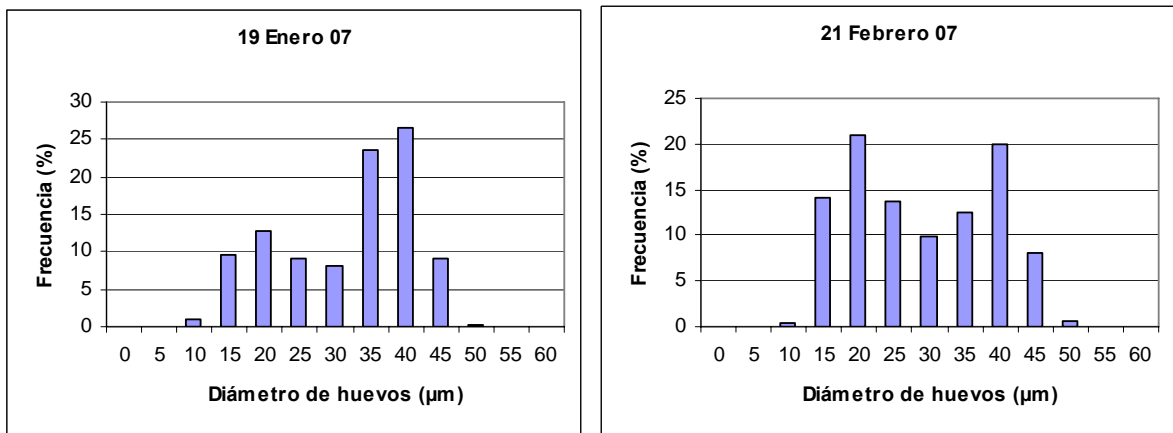
Figura 30.- Frecuencia de categorías Ocurrencia de Ovocitos Maduros en hembras de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región. C 1= ningún ovocito; C 2= pocos ovocitos y C 3= muchos ovocitos.

Método Cuantitativo:

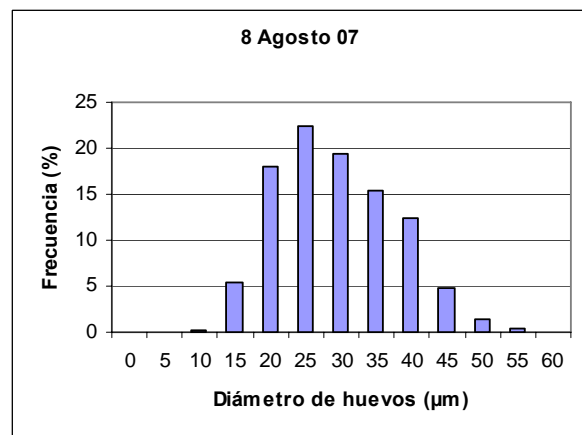
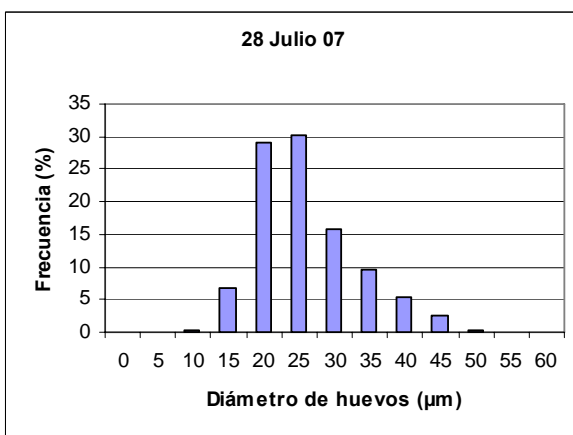
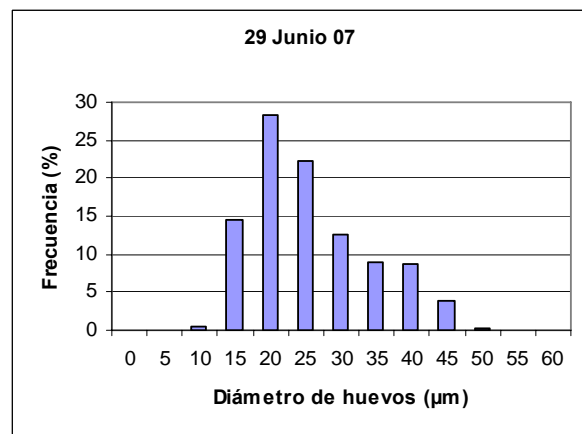
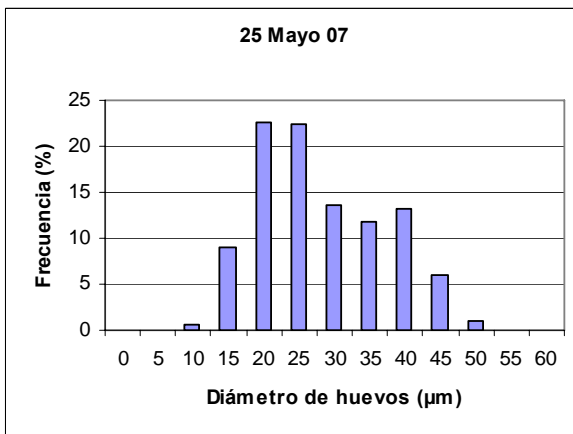
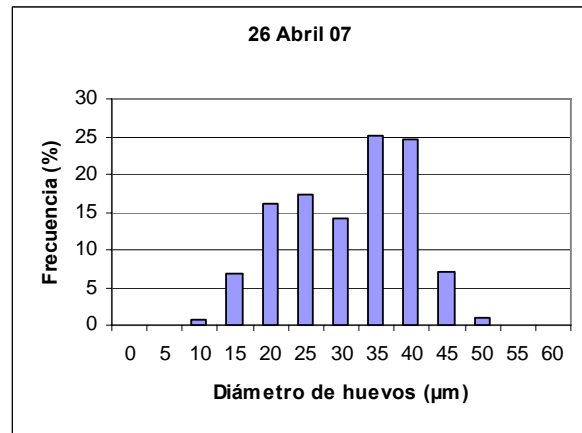
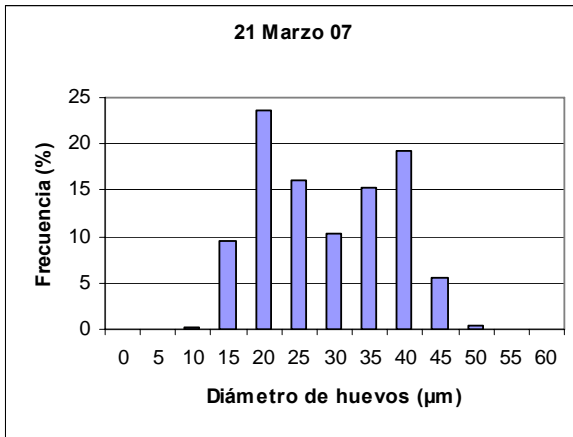
Distribución mensual de tamaño de ovocitos

Se midió un total de 1211 a 1800 ovocitos por mes. La distribución mensual abarca en todos los meses todos los rangos de talla de ovocitos. En enero, abril y diciembre de 2007, y enero de 2008, predominan los ovocitos maduros, entre 35 y 40 μm , de 42,1 a 32,8 %, coincidiendo con el número mayor de ejemplares en estado de MM y P Ev de esos meses. En mayo, a pesar de

encontrarse un número considerable de ejemplares maduros la mayor frecuencia de ovocitos, 22%, se ubica entre 20 y 25 μm correspondiendo a ovocitos previtelogénicos. Esto refleja la proporción de ejemplares en estado Mte T, 25 %, presente en dicho mes. En los meses restantes, las mayores frecuencias, de 19,7 a 30,1 % se ubican entre los 15 y 25 μm . Estos tamaños corresponden a ovocitos previtelogénicos, en su mayoría, adheridos aún a la pared del acino, frecuentemente encontrados en el estado de regresión. Este estado se registró en todos los meses muestreados a excepción de marzo de 2007. Una excepción a estas tendencias se registró en el muestreo del 3 de enero de 2008, que correspondía originalmente al muestro de diciembre. En dicho muestreo predominan los ovocitos maduros, 32,8 % por sobre todos los otros rangos. La predominancia de este valor coincidió con un gran número de ejemplares en estado de regresión total, en cuyos acinos, a diferencia de lo observado corrientemente, permanecían nada o muy pocos ovocitos para realizar las mediciones, por lo cual se contó un número menor de ovocitos en esas preparaciones histológicas (Fig. 31)



Continúa



Continúa

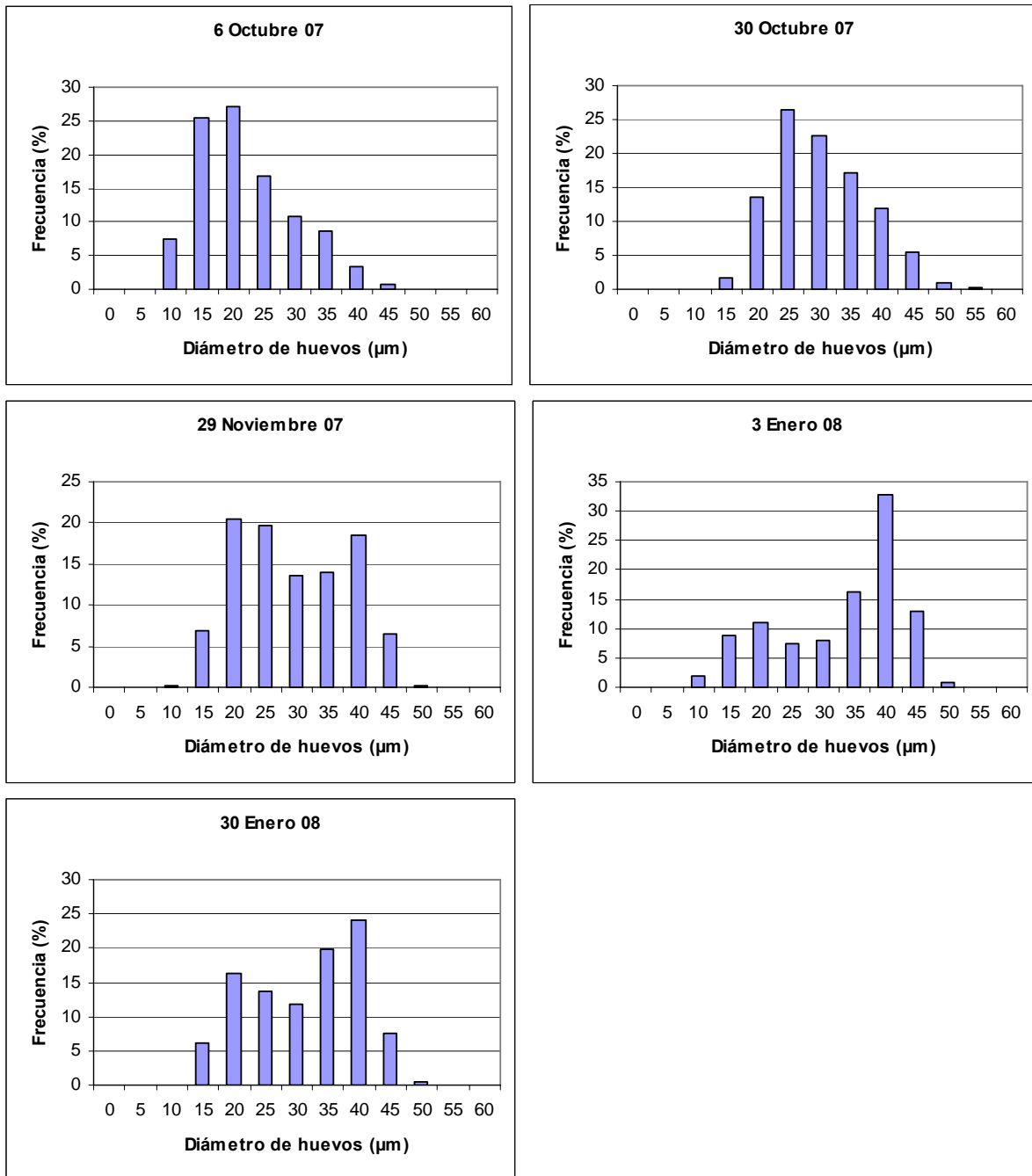


Figura 31.- Distribución mensual de tamaño de ovocitos de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Tamaño Relativo de estructuras acinares y Coeficiente Gamético

Diámetro de Acinos en machos

La variación del diámetro de los acinos masculinos se relaciona con los estados de madurez aumentando progresivamente durante los estados Mte T y Mte Av hasta su máxima expresión en el estado de Madurez Máxima (MM), $244,4 \pm 58,7 \mu\text{m}$ y disminuyendo al mínimo en estado de Regresión, $118,7 \pm 38,4$ (Fig. 32). El análisis estadístico determinó que los diámetros acinares de todos los estados difieren significativamente entre sí, a excepción de Mte T y Reg (Anova de una vía Kruskal- Wallis, $\alpha=0,05$; $P = <0,001$) (Tabla VII).

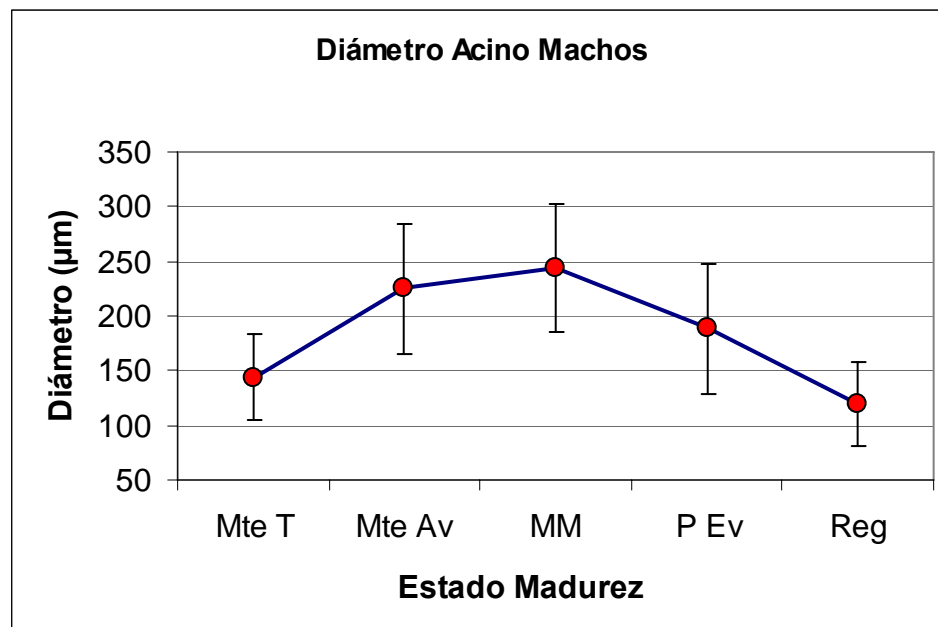


Figura 32.- Variación del diámetro promedio de los acinos masculinos por estados de madurez sexual de *Mulinia edulis* (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión)

Tabla VII.- Test estadístico para Comparación de pares múltiples de diámetro de acinos masculinos de *Mulinia edulis* en bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.

Comparación	Diferentes filas	Q	P<0,05
MM vs Reg	599,995	17,979	Si
MM vs Mte T	483,008	11,365	Si
MM vs P Ev	260,659	9,415	Si
MM vs Mte Av	89,014	2,991	Si
Mte Av vs Reg	510,981	16,135	Si
Mte Av vs Mte T	393,994	9,569	Si
Mte Av vs P Ev	171,646	6,703	Si
P Ev vs Reg	339,336	11,415	Si
P Ev vs Mte T	222,348	5,601	Si
Mte T vs Reg	116,988	2,668	No

Coefficiente Gamético en machos

Al igual que el diámetro de los acinos masculinos y en relación con los mismos, el Coeficiente Gamético (CG) varía en concordancia a los estados de madurez aumentando a $73,2 \pm 14,7$ en el estado de Madurez Máxima (MM) y disminuyendo al mínimo en el estado de Regresión, $18,6 \pm 22,8$ (Fig. 33). El análisis estadístico determinó que los CG de todos los estados difieren significativamente entre sí, a excepción de P Ev y Mte Av y entre Mte T y Reg (Anova de una vía Kruskal- Wallis, $\alpha=0,05$; $P = <0,001$) (Tabla VIII).

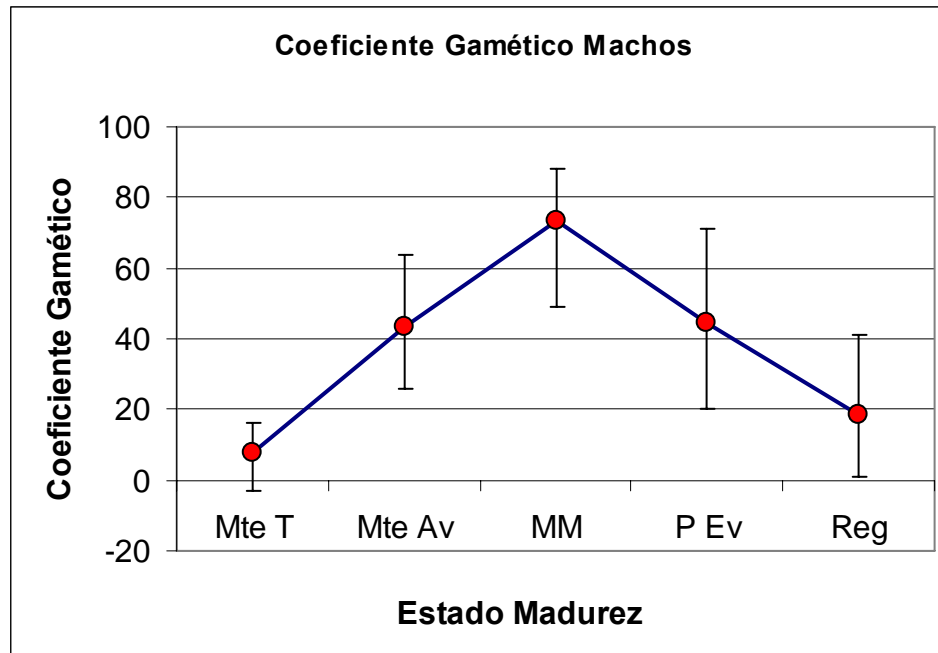


Figura 33.- Variación del Coeficiente Gamético masculino promedio por estados de madurez sexual de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima; P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión)

Tabla VIII.- Test estadístico para comparación de pares múltiples del Coeficiente Gamético masculino de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.

Comparición	Fiderentes filas	Q	P<0,05
MM vs Mte T	736,413	17,328	Si
MM vs Reg	618,332	18,529	Si
MM vs Mte Av	346,533	11,644	Si
MM vs P Ev	329,665	11,907	Si
P Ev vs Mte T	406,748	10,245	Si
P Ev vs Reg	288,667	9,710	Si
P Ev vs Mte Av	16,868	0,659	No
Mte Av vs Mte T	389,881	9,469	Si
Mte Av vs Reg	271,800	8,582	Si
Reg vs Mte T	118,081	2,693	No

Masa de espermatozoides y columna espermatogénica

El diámetro de la masa de espermatozoides contenida en el centro de los acinos aumenta progresivamente a medida que se desarrollan los gametos alcanzando, en corte transversal, un diámetro promedio máximo de $180,7 \pm 59,0 \mu\text{m}$ en el estado de MM. Este valor disminuye durante la evacuación de gametos alcanzando $25,8 \pm 37,6 \mu\text{m}$ en el estado de Reg. Este tamaño es superior al estado Mte T, $11,7 \pm 14,5 \mu\text{m}$, debido a que las medidas consideran algunos pocos acinos que aún mantienen espermatozoides en su lumen. Por otro lado, la columna espermatogénica, es decir aquella banda de células en estados temprano de la espermatogénesis, se engrosa a medida que proliferan mitóticamente las espermatogonias y en estado de Mte Av alcanza $60,1 \pm 35,6 \mu\text{m}$. Una vez que se completa la espermatohistogénesis, disminuye la cantidad de células en estados tempranos y el grosor de la banda disminuye, $25,8 \pm 14,7 \mu\text{m}$ en MM. En estado de Reg la banda de células es mínima y llega a medir $9,2 \pm 15,1 \mu\text{m}$ antes de comenzar nuevamente el ciclo de proliferación y desarrollo germinal (Fig. 34).

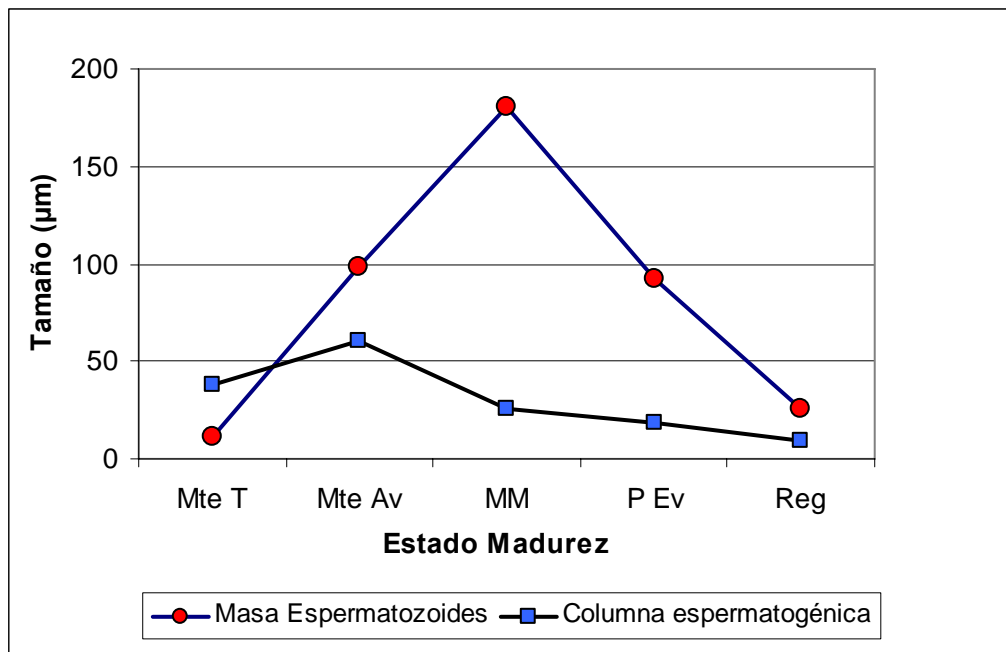


Figura 34.- Variación del diámetro de la masa de espermatozoides dentro de los acinos y el grosor de la columna espermatogénica por estados de madurez de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).

Variación mensual del diámetro de acinos en machos

El diámetro de los acinos varió entre $125,0 \pm 39,8 \mu\text{m}$ en el mes de noviembre y $259,7 \pm 43,4 \mu\text{m}$, en el mes de agosto de 2007. Además de agosto, los meses con mayor diámetro acinar corresponden a julio y al muestreo del 30 de octubre, $238,4$ y $222,6 \mu\text{m}$ los que coinciden con alta proporción de ejemplares en estado Mte Av además de algunos en MM. El período marzo-mayo, en que se registraron la mayor cantidad de ejemplares en MM, varió de $188,8$ a $217,9 \mu\text{m}$ promedio, alto, pero inferior a los valores antes citados. En el muestreo del 6 de octubre, el de noviembre de 2007 y el 3 de enero de 2008, los diámetros acinares alcanzaron los valores más bajos, $132,8$, $125,0$, $143,7 \mu\text{m}$ respectivamente, y coincidieron con una alta proporción de ejemplares en estado Mte T y Reg (Fig. 35)

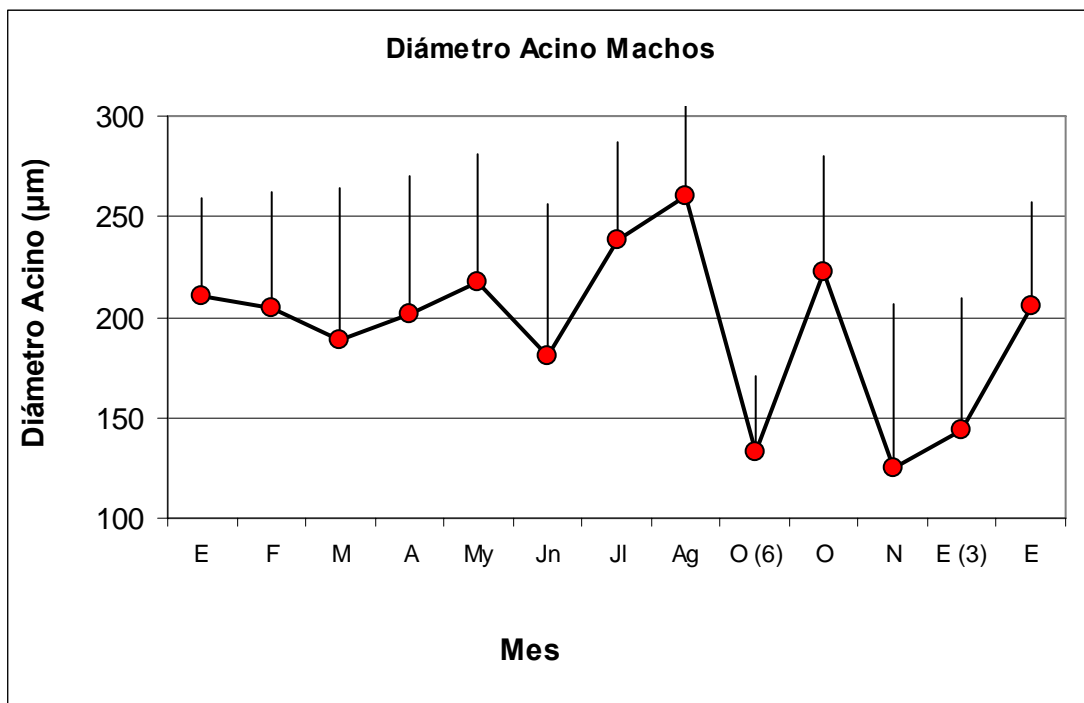


Figura 35.- Variación mensual del diámetro de los acinos masculinos de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Variación mensual de CG en machos

Los valores más altos de CG se alcanzaron en el período marzo-mayo, entre 61,4 y 64,5, caracterizado por el mayor número de ejemplares maduros. Secundariamente, otros valores altos se registraron en agosto, 56,0, fecha que también coincidió con un alto porcentaje de individuos maduros; y en enero de 2008, 56,6, muestreo en el que se registró evacuación parcial reciente. Los valores más bajos se registraron en junio, 15,4 y secundariamente en noviembre de 2007, 24,8 (Fig. 36).

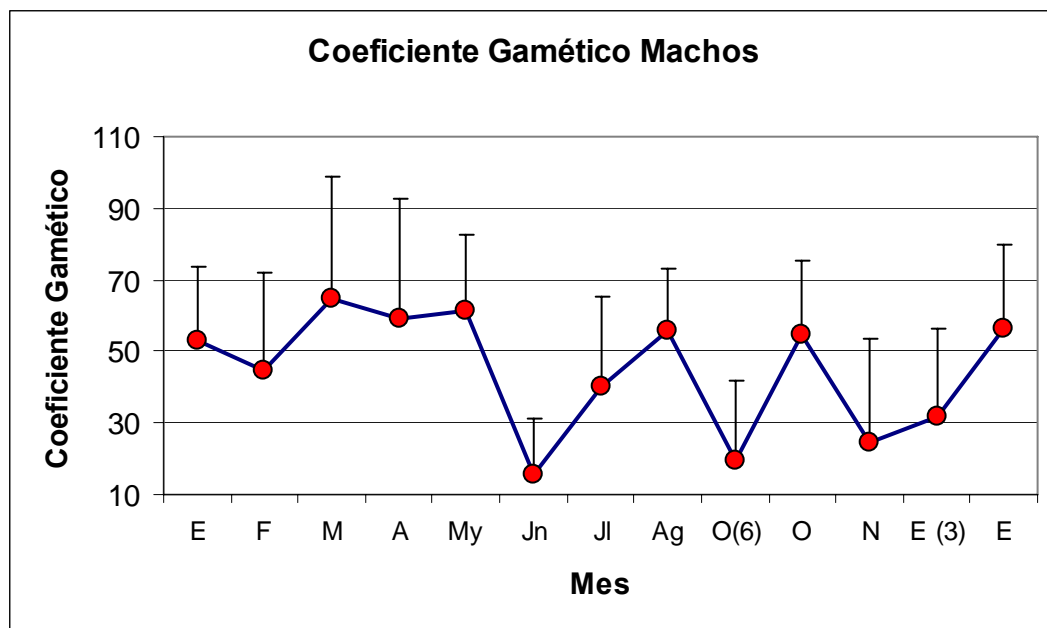


Figura 36.- Variación mensual del Coeficiente Gamético masculino promedio de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Variación mensual de la masa de espermatozoides y columna espermatozoica

La variación mensual de la masa de espermatozoides coincidió cercanamente con la proporción de ejemplares maduros. En el período marzo- mayo, agosto, 30 de octubre de 2007 y 30 de enero de 2008, la masa de espermatozoides en el lumen de los acinos varió entre 124,8 y 146,8 μm de diámetro. Por otro lado, los valores más bajos correspondieron a junio, 6 de octubre y noviembre de 2007, meses en que predominaron los estados Mte T, Mte Av y Reg respectivamente. Respecto a la columna espermatozoica, esta sufrió una variación poco marcada. Como cabía

esperar, los valores más altos de grosor de células germinales tempranas, se registraron en el período junio- 6 de octubre, 23, 5 a 49,7 μm , meses en los cuales los estados Mte t y Mte Av alcanzaron la mayor proporción (Fig. 37).

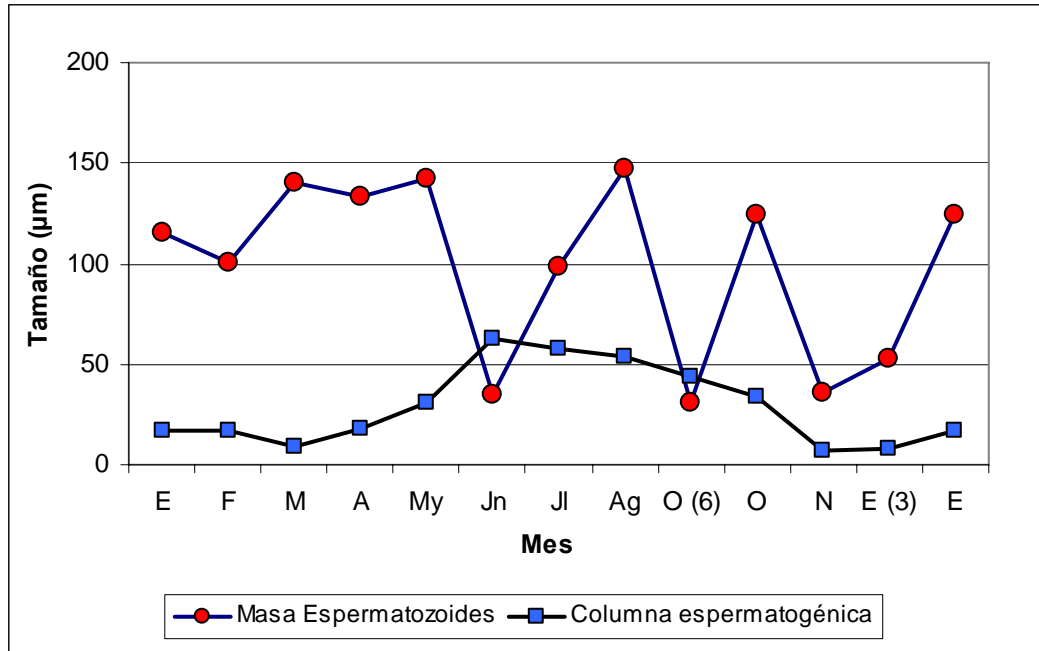


Figura 37.- Variación mensual del diámetro de la masa de espermatozoides dentro de los acinos y el grosor de la columna espermatogénica de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Diámetro de Acinos en hembras

Al igual que en los machos, el diámetro de los acinos femeninos se relaciona con los estados de madurez. En el estado de Madurez Máxima (MM) los acinos miden $252,8 \pm 59,6 \mu\text{m}$ y disminuyen a medida que se vacían de gametos alcanzando $166,7 \pm 54,7 \mu\text{m}$ en estado de Regresión. En estados madurante temprano y avanzado alcanzan tamaños intermedios, 166,3 a $203,4 \mu\text{m}$ (Fig. 38). Estadísticamente, los diámetros de los estados MM y P Ev no se diferencian entre sí, pero si se diferencian significativamente de los restantes estados, Mte T, Mte Av y Reg (Anova de una vía Kruskal- Wallis, $\alpha=0,05$; $P = <0,001$) (Tabla IX).

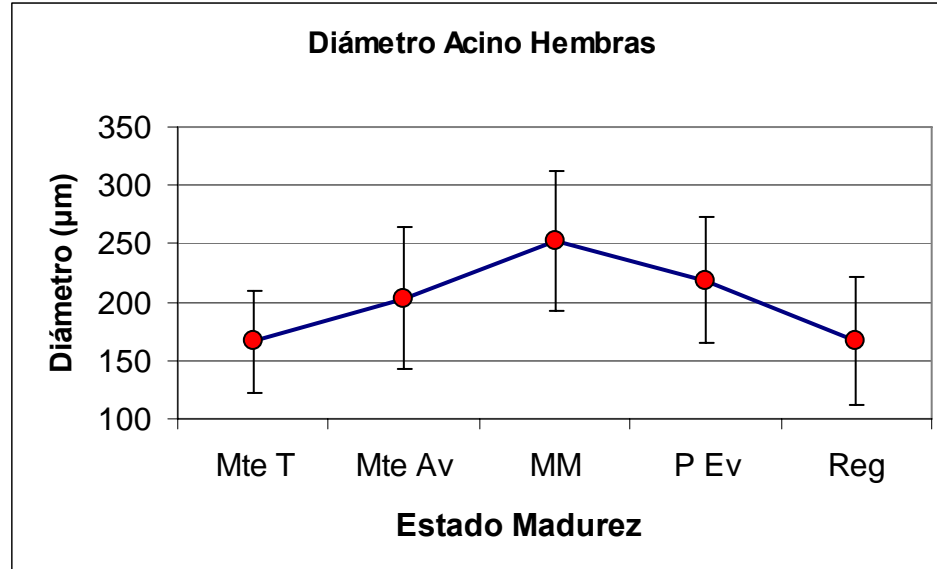


Figura 38.- Variación del diámetro promedio de los acinos femeninos por estados de madurez sexual de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima, P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).

Tabla IX.- Test estadístico para comparación de pares múltiples de diámetro de acinos femeninos de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.

Comparación	Diferentes filas	Q	P<0,05
MM vs Reg	143,501	8,669	Si
MM vs Mte T	142,120	7,290	Si
MM vs Mte av	76,863	3,259	Si
MM vs P Ev	43,595	2,098	No
P Ev vs Reg	99,905	5,788	Si
P Ev vs Mte T	98,525	4,901	Si
P Ev vs Mte av	33,267	1,381	No
Mte av vs Reg	66,638	3,243	Si
Mte av vs Mte T	65,258	2,839	Si
Mte T vs Reg	1,380	0,0880	No

Coefficiente Gamético en hembras

Coefficiente Gamético en hembras varía en concordancia con los estados de madurez. En estado de MM aumenta a $52,3 \pm 24,2 \mu\text{m}$ y disminuye a $9,2 \pm 17,4 \mu\text{m}$ en el estado de Regresión, (Fig. 39). Estadísticamente, los CG difieren todos entre sí, a excepción de los estados Mte T y Mte Av y Reg entre P Ev y Mte Av (Anova de una vía Kruskal- Wallis, $\alpha=0,05$; $P = <0,001$) (Tabla X).

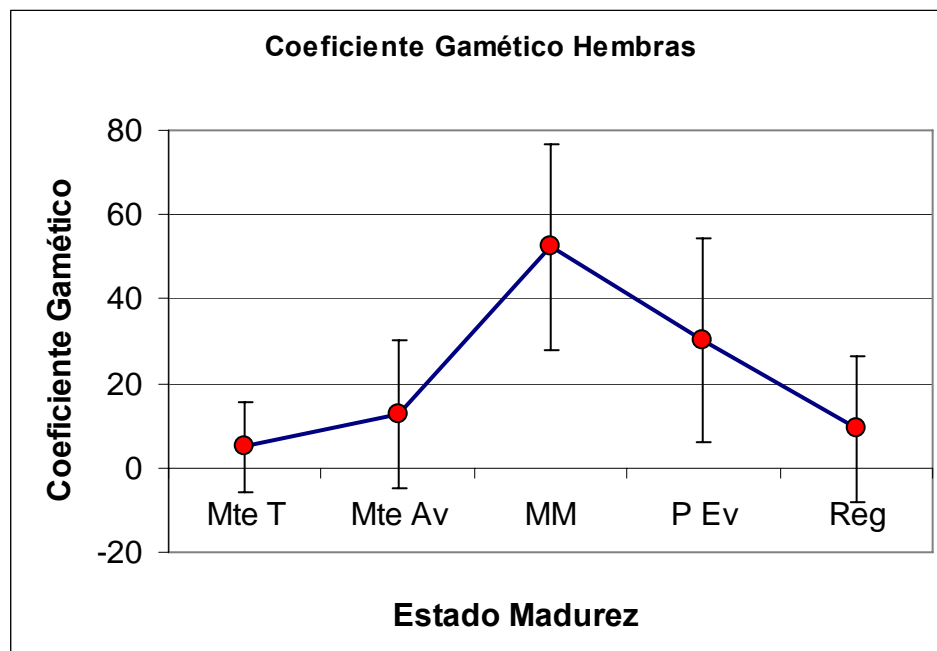


Figura 39.- Variación del Coeficiente Gamético femenino promedio por estados de madurez sexual de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo (Mte T: Madurante temprano; Mte Av: Madurante avanzado; MM: Madurez máxima; P Ev: Parcialmente evacuado; Reg: Regresión).

Tabla X.- Test estadístico para comparación de pares múltiples de diámetro de acinos femeninos de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo, Método de Dunn, $\alpha=0,05$.

Comparación	Diferentes filas	Q	P<0,05
MM vs MteT	195,060	10,005	Si
MM vs Reg	171,946	10,388	Si
MM vs Mte Av	128,590	5,452	Si
MM vs P Ev	63,566	3,059	Si
P Ev vs MteT	131,494	6,541	Si
P Ev vs Reg	108,380	6,279	Si
P Ev vs Mte Av	65,024	2,699	No
Mte Av vs MteT	66,470	2,892	Si
Mte Av vs Reg	43,356	2,110	No
Reg vs MteT	23,114	1,473	No

Variación mensual del diámetro de acinos en hembras

El diámetro de los acinos en hembras sufrió poca variación. Esta fluctuó entre $170,9 \pm 58,2 \mu\text{m}$ en el mes de febrero y $221,7 \pm 52,3 \mu\text{m}$, en el muestreo del 30 de enero de 2008. El alto valor registrado en esta última fecha coincidió con un alto número de ejemplares clasificados como P Ev, cuyo número de acinos con gametos remanentes indicaba una evacuación muy reciente. El valor más bajo registrado en el muestreo del 6 de octubre, coincidió con una alta proporción de ejemplares en Reg y Mte T (Fig. 40).

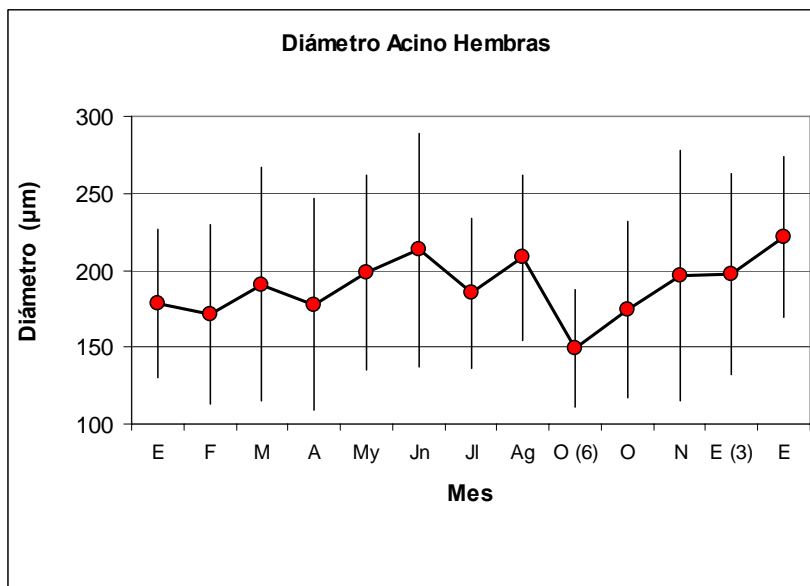


Figura 40.- Variación mensual del diámetro de los acinos femeninos de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Variación mensual de CG en hembras

Los valores más altos de CG se alcanzaron en el período marzo-mayo, entre 24 a 31, caracterizado por el mayor número de ejemplares maduros. Valores también altos dentro del rango descrito, se registraron en los muestreos de enero de 2008, 22,6 y 34,6. Este último valor coincidió con una alta proporción de ejemplares clasificados como P. Ev de evacuación muy reciente como se pudo deducir de alto número de ovocitos que aún permanecían en sus acinos. Los valores más bajos se registraron en el período junio a 30 de octubre, 9 a 12,2 y en febrero, 10,1, meses en que predominaron los estados Mte t y Mte Av y Reg (Fig. 41).

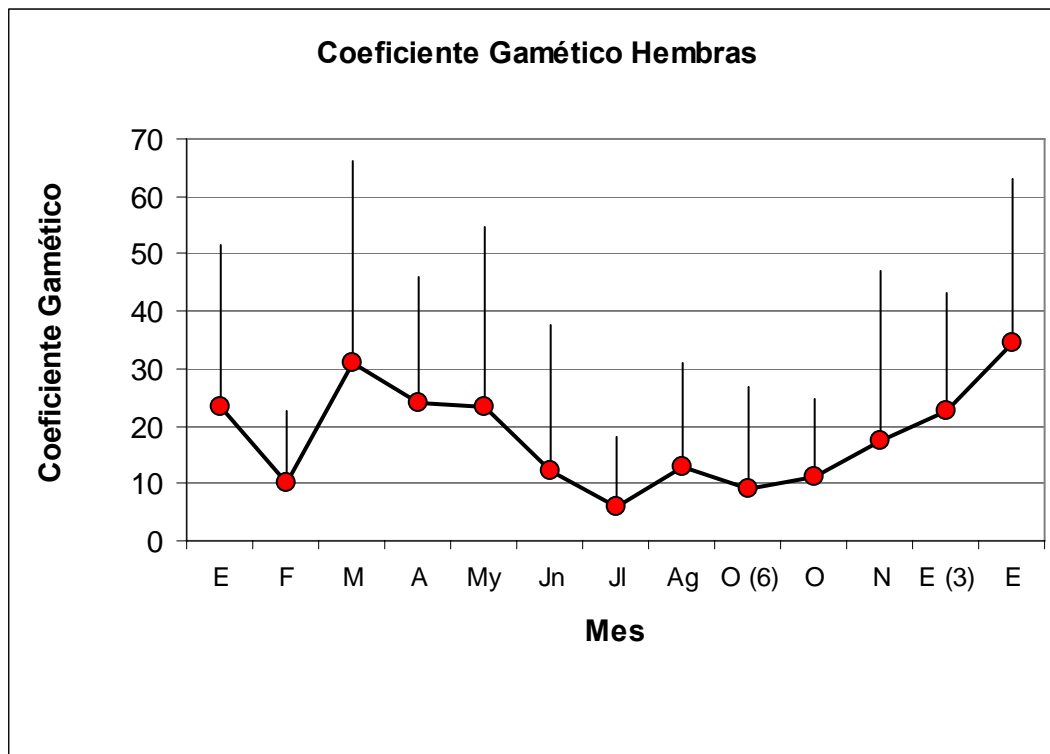


Figura 41.- Variación mensual del Coeficiente Gamético femenino promedio de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

Indice Maduréz Gonadal (IMG)

El IMG varió de 1,8 a 4,3 en machos. Los valores más altos en enero, marzo y abril, meses en que el número de ejemplares en MM y P Ev fueron más abundantes. El muestreo del 6 de enero de 2008 registró el valor, más bajo y correspondió a un muestreo con el mayor número de ejemplares en regresión. En hembras el IGM y varió de 1,2 a 4,2. Los valores reflejan más apropiadamente la frecuencia de ejemplares maduros. Los valores más altos se registraron en marzo y abril que correspondieron al período de mayor madurez en la población (Tabla XI)

Tabla XI.- Índice de Madurez Gonadal en machos y hembras de *Mulinia edulis* en el período enero 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo.

	Machos		Hembras	
	IMG	n	IMG	n
19 ene. 07	4.1	14	2.6	11
21 feb. 07	3.0	13	3.3	12
21 mar. 07	4.3	11	4.0	8
26 abr. 07	3.8	15	4.2	9
25 may. 07	4.1	9	3.2	11
29 jun. 07	2.5	11	1.9	15
28 jul. 07	3.2	12	2.1	12
22 ago. 07	3.9	15	3.0	23
06 oct. 07	2.1	10	1.2	21
30 oct. 07	3.3	12	1.7	13
29 nov. 07	2.3	14	1.7	26
03 ene. 08	1.8	19	2.4	17
30 ene. 08	3.8	18	2.8	17
		173		195

Variación mensual del Índice de Condición

El Índice de Condición varió entre $19,1 \pm 2,6$ en el muestreo del 30 de enero de 2008 y $26,1 \pm 2,7$ en el muestreo del 30 de octubre de 2007. Además de octubre los valores más altos se registraron en marzo y julio, 24,0 y 22,6. Sólo marzo correspondió a una fecha con un número importante de ejemplares maduros. Por el contrario, en el muestreo de octubre, predominaron los ejemplares madurantes y en regresión (Fig. 42).

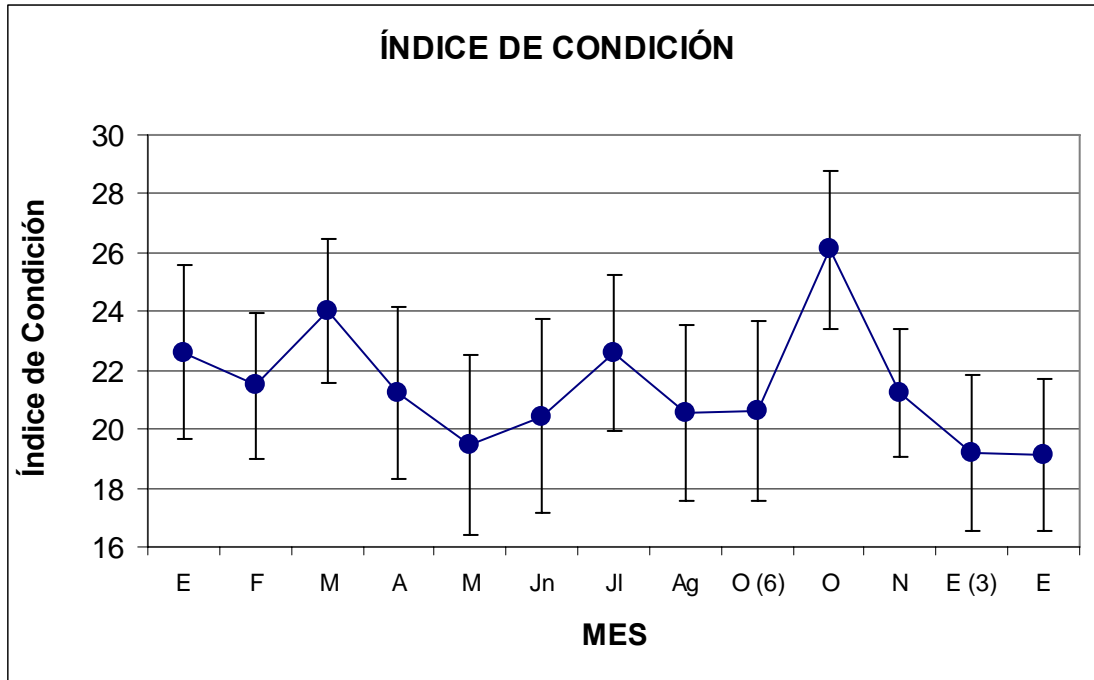


Figura 42.- Índice de condición de *Mulinia edulis* en el período enero de 2007 a enero 2008 en Bahía Coquimbo, IV Región.

3.6.4 Talla de primera madurez sexual

Muestreo del 3 de enero de 2008

El muestreo del 3 de enero se realizó con un total de 140 ejemplares que fluctuaron entre 24,80 mm, clasificado como Inmaduro o Indeterminado, y 79,10 mm (clasificado como macho parcialmente evacuado (P Ev). La hembra de mayor tamaño utilizado midió 63,12 mm y se encontraba en estado de regresión (Reg). Estos resultados no consideraron 9 ejemplares muestreados que se encontraban total o parcialmente castrados, incluyendo el ejemplar más pequeño muestreado de 24,44 mm, que estaba castrado.

Talla de primera madurez individual

Los ejemplares más pequeños identificados como macho midieron 27,15 y 28,87 mm, pero sólo presentaban gonias en unos pocos acinos y se asignaron al estado madurante temprano (Mte T) y para efectos de determinación de TPMS, se clasificaron como Inmaduros. El

ejemplar macho más pequeño con gametos maduros midió 37,1 mm La hembra más pequeña con gametos maduros midió 29,63 mm.

Talla de primera madurez sexual poblacional

Debido a que algunos rangos de talla estuvieron muy poco representados en este muestreo, se agrupó los datos en intervalos de 1 cm. La talla de primera madurez sexual poblacional para machos, es decir aquel rango de talla en el cual el 50% de los ejemplares o más se clasificó como Maduro correspondió al rango de talla de 40 a 50 mm, específicamente correspondió a 88,2%. En el rango precedente, 30 a 40 mm, el 8,7% correspondió a organismos clasificados como Maduro (Fig. 43). En hembras, al igual que en los machos, en el rango de 40 a 50 m, el 85,7% se consideró Maduro. El rango precedente, de 30 a 40 mm, alcanzó un 8,3% en la clasificación de Maduro (Fig.44)

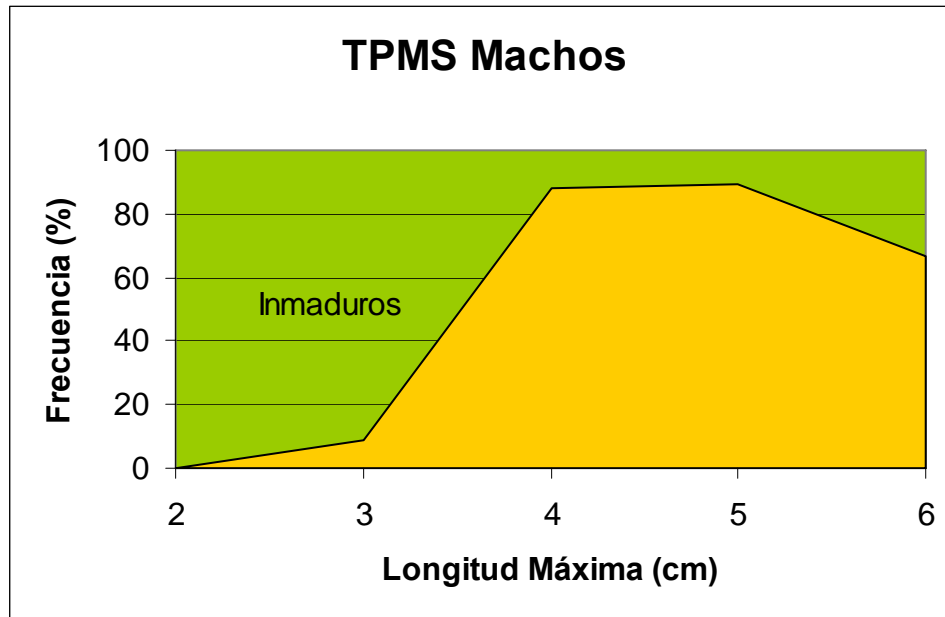


Figura 43.- Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para machos de *M. edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas el 3 de enero de 2008.

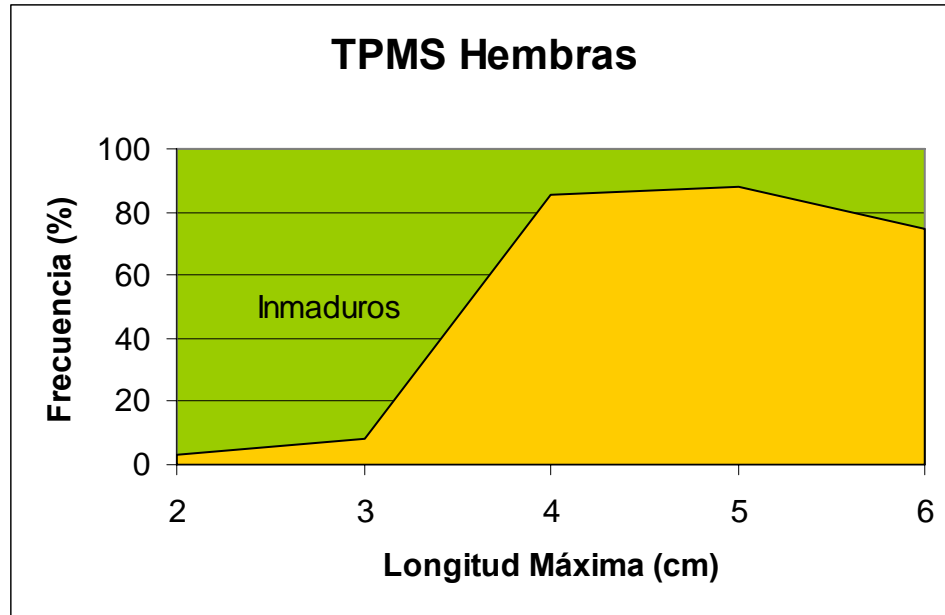


Figura 44.- Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para hembras de *M. edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas el 3 de enero de 2008.

Muestreo del 13 - 15 de marzo de 2008

El muestreo de marzo se realizó con un total de 154 ejemplares que fluctuaron entre 24,24 mm (clasificado como Inmaduro) y 66,75 mm (clasificado como hembra Madura). El macho de mayor tamaño utilizado midió 61,39 mm y se encontraba en estado de madurez máxima. Estos resultados no consideraron 5 ejemplares muestreados que se encontraban total o parcialmente castrados.

Talla de primera madurez individual

El individuo macho más pequeño obtenido con gametos maduros en sus gónadas correspondió a la talla 29,94 mm de longitud máxima. El individuo hembra más pequeño obtenido con gametos maduros en sus gónadas correspondió a la talla de 41,18 mm de longitud máxima y el ejemplar femenino con ovocitos en desarrollo más pequeño correspondió a 31,6 mm.

Talla de primera madurez sexual poblacional

La talla de primera madurez sexual poblacional para machos, es decir aquel rango de talla en el cual el 50% de los ejemplares o más se clasificó como Maduro correspondió al rango de 45 a 50 mm. En el rango precedente, 40 a 45 mm, el 41,7% correspondió a organismos clasificados como Maduro (Fig. 45). En hembras el rango de talla con un 50% o más de ejemplares maduros correspondió a 40 - 45 mm. El rango precedente no incluyó ningún ejemplar en la clasificación de Maduro (Fig. 46).

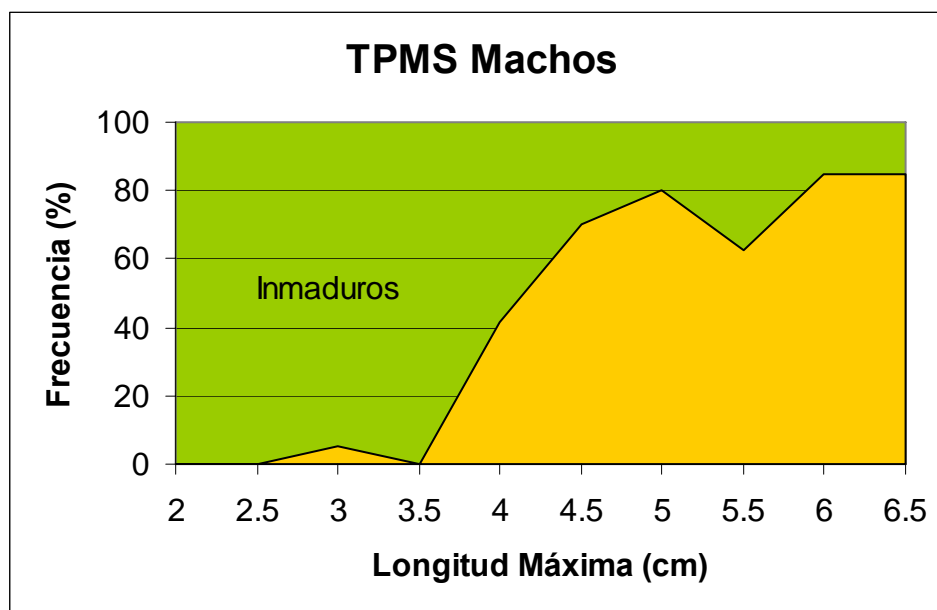


Figura 45.- Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para machos de *M. edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas entre el 13 y 15 de marzo de 2008.

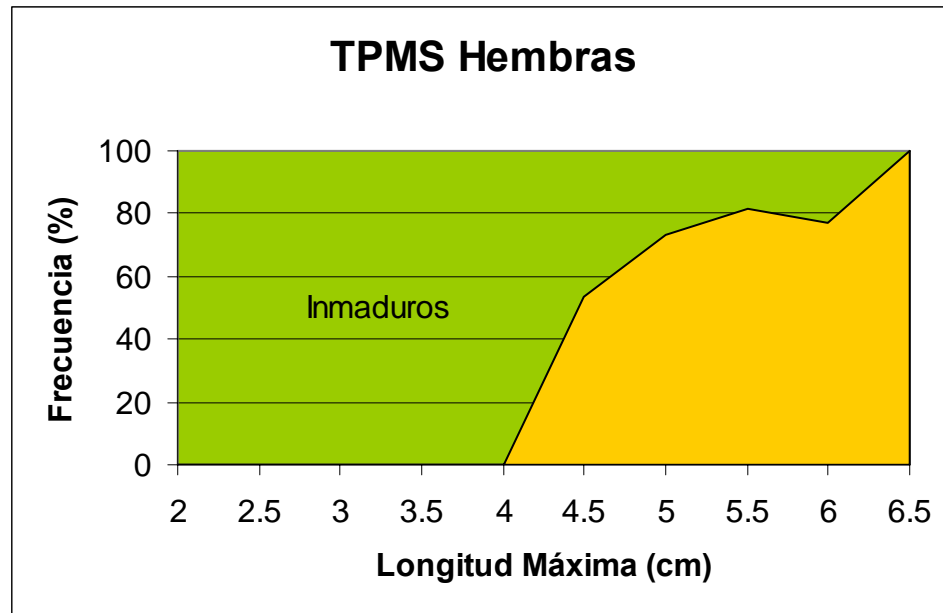


Figura 46.- Talla de Primera Madurez Sexual poblacional para hembras de *M. edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región colectadas entre el 13 y 15 de marzo de 2008.

3.6.5 Fecundidad

Aunque inicialmente se consideraron más ejemplares para estimar la fecundidad potencial, luego de descartar castrados y secciones incompletas se estimó la FP con los ejemplares adultos más representativos. Los ovocitos medidos para estimar el coeficiente de forma midieron $39,2 \pm 3,0 \mu\text{m}$ de diámetro. Los ejemplares utilizados correspondieron a individuos de 56,48 a 66,75 mm de longitud máxima y con pesos que fluctuaron entre 11,9 a 18,9 g de peso de partes blandas. La FP varió de 378.879 a 1.539.978 ovocitos por individuos (Tabla XII). El valor no se relacionó con la longitud máxima de los ejemplares utilizados y tampoco con el peso como se desprende de la observación de los datos.

Tabla XII.- Fecundidad potencial para *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo. Prom = promedio, DE desviación estándar, Máx = máximo y Mín = mínimo.

	LM (mm)	PPB (g)	Tejido Gonadal (%)	FP
	56,48	11,941	25,95	934856.9
	59,09	16,02	12,97	812968.3
	64,3	17,558	6,77	378879.5
	65,83	18,907	26,74	1539978.8
	66,75	14,654	7,64	379602.6
Prom	62,5	15,8	16,0	809257.2
DE	4,5	2,7	9,7	479471.4
Máx	66,75	18,907	26,74	1539978.8
Mín	56,48	11,941	6,77	378879.5

3.6.6 Parasitación

Los ejemplares de almeja muestreados variaron entre 43,27 y 64,79 mm de longitud máxima y 60,36 a 24,52 g de peso total.

La mayoría de las almejas contiene parásitos enquistados en la pared del cuerpo a la altura del complejo gónada-hepatopáncreas. Los ejemplares parasitados en esa región corporal correspondieron al 95,7% de los ejemplares revisados (n=94). En esta región, insertos en la musculatura circular y longitudinal, se encuentran quistes que encierran metacercarias de tremátodos. Las metacercarias encontradas se caracterizan por poseer una ventosa oral y una ventosa ventral sin accesorios. La pared del cuerpo presenta espinas ordenadas en líneas circulares (Fig. 47 A y B).

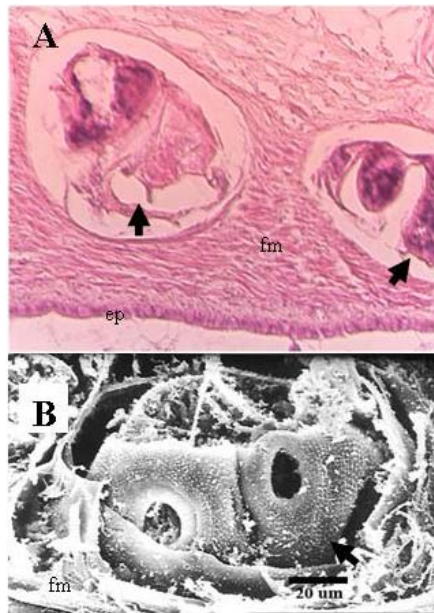


Figura 47.- Individuos de metacercaria insertos en la pared del cuerpo de *Mulinia edulis*. (A) Corte transversal de la pared del cuerpo con quistes de tremátodo. (ep= epitelio; fm= fibras musculares; flecha indica tremátodos) (B) Individuo de tremátodo adulto. (ep= epitelio; fm= fibras musculares; flecha indica tremátodos).

También se registró este tipo de quistes en los sifones, pie y músculo abductor, rodeados de musculatura compacta (Fig 48 A a C). En estas estructuras la frecuencia es baja. El número de quiste varía de 0 a 8 en los cortes revisados (Fig. 49).

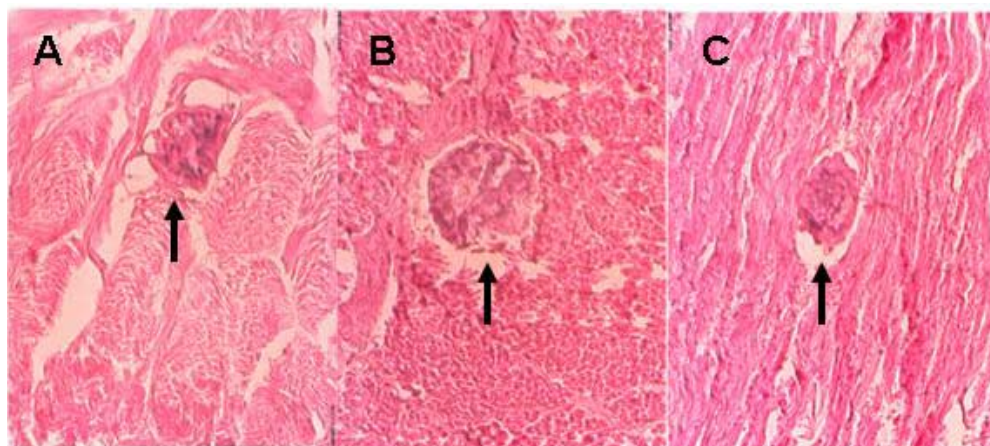


Figura 48.- Quistes de tremátodos adultos insertos en la musculatura de *Mulinia edulis*. (A) Pie (B) Sifón (C) Músculo abductor.

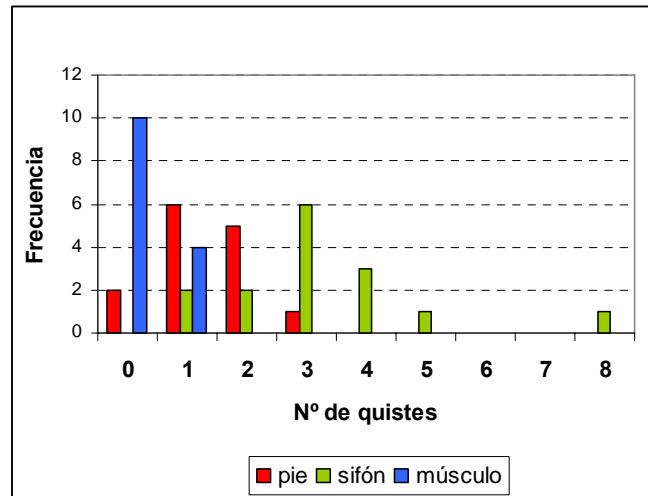


Figura 49.- Frecuencia de quiste en un corte transversal de pie, sifones y músculo abductor de *Mulinia edulis*. (n=14).

También se encontró quistes en las branquias en el 100% de los ejemplares muestreados (n=495). Estos órganos son los más invadidos de todos los muestreados, encontrándose en la región correspondiente a tejido conectivo, quistes adyacentes unos a otros. Generalmente la densidad de quistes con parásitos es tan alta en las branquias que llegan a conformar la mayor parte de la estructura y el órgano sólo es reconocible por el epitelio característico que lo delimita (Fig. 50).



Figura 50.- Corte histológico de branquia de *Mulinia edulis* infestada de tremátodos. (ep= epitelio; tc= tejido conectivo; flechas indica quistes con tremátodos).

Respecto a la gónada, y también el hepatopáncreas, la parasitación es realizada preferentemente por estados tempranos de desarrollo de un tremátodo digeneo. En la región de la gónada es fácil recolectar gran número de esporocistos que miden $71,6 \mu\text{m}$ de longitud promedio (DE: 18,6; $n=10$) y que cuentan con un poro de nacimiento en un extremo (Fig. 51). Cada esporocisto, generalmente contiene a 4 a 7 cercarias completamente desarrolladas. La ocurrencia de quistes con cercaria y/o metacercaria en la glándula digestiva varía entre 51,9 y 94,3%.

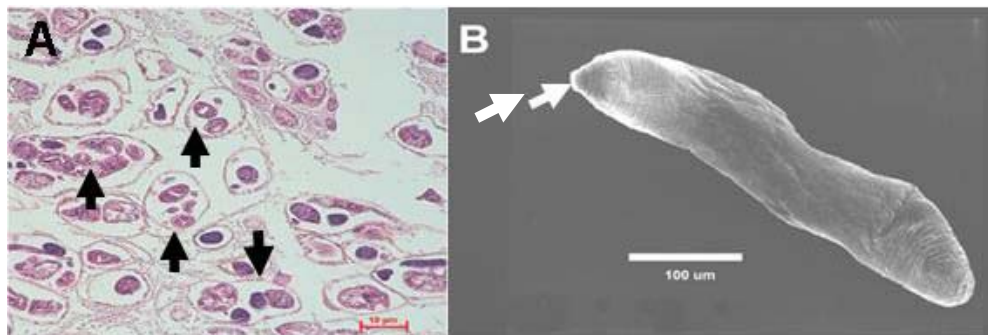


Figura 51.- Cercaria de tremátodo en la región gonadal de *Mulinia edulis*. (A) Sección transversal de la gónada con quistes (flechas indican algunos quistes). (B) Esporocisto. (Flecha indica poro de nacimiento).

Las larvas cercarias poseen una cabeza ovalada de longitud similar a la cola. La cabeza mide en promedio $10,6 \mu\text{m}$ (DE: 2,2; $n=30$) y se distinguen en ella una ventosa oral y una ventral sin accesorios (Fig. 52A). En la región posterior se observan dos manchas correspondientes poros del sistema excretor. No se observó otra estructura externa. La cabeza posee bandas circulares de espinas de $2 \mu\text{m}$ aproximadamente (Fig. 52B). La cola mide $11,5 \mu\text{m}$ (DE: 3,8; $n=30$), no es bifurcada ni posee estructuras laterales para natación (Fig. 52C).

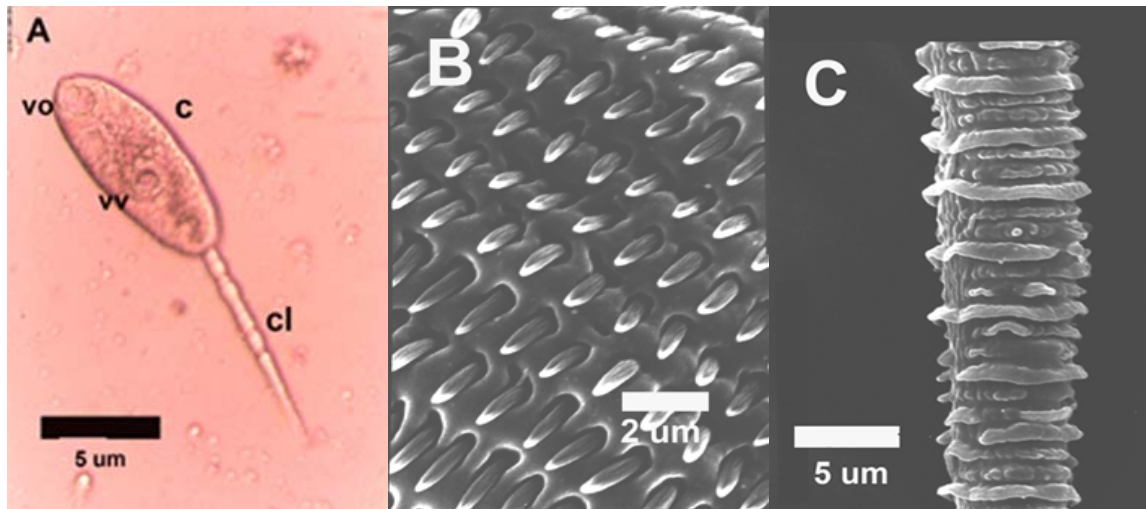


Figura 52.- (A) Larva cercaria de tremátodo. (B) Detalle del tegumento (C) Detalle de la cola (c: cabeza; cl=cola; vo= ventosa oral; vv= ventosa ventral).

Se registró una leve diferencia en el grado de infestación entre machos y hembras. La ocurrencia de esporocitos con cercaria y/o quistes con metacercaria asociados al tejido goanadal de hembras varió de 0 % en agosto y noviembre a 54.5 % en abril. En el hepatopáncreas, ambos estados del parásito, variaron entre 0 en agosto y 94.5 % en el muestreo del 30 de octubre de 2007 (Fig. 53). En machos, asociado a gónada, la parasitación varió entre a 0% en agosto y 88,2 % en abril. En el hepatopáncreas varió de 0 % en agosto y 94.4 % en enero y agosto de 2007 (Fig. 54). Estos valores no consideran los indeterminados por regresión o castración.

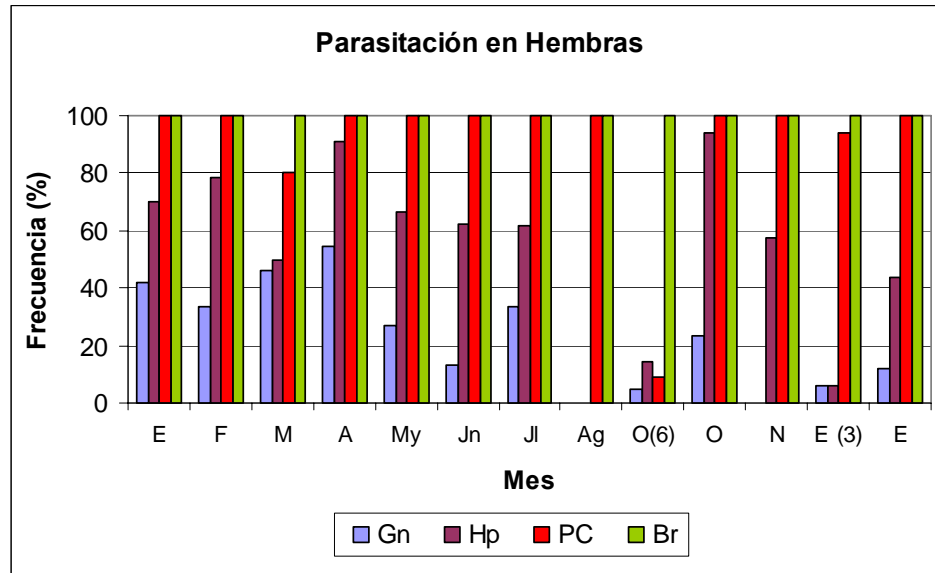


Figura 53.- Frecuencia de parasitación por cercaria y/o metacercaria en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en hembras de *M. edulis* de Bahía Coquimbo en el período 19 de enero de 2007 a 19 de enero de 2008.

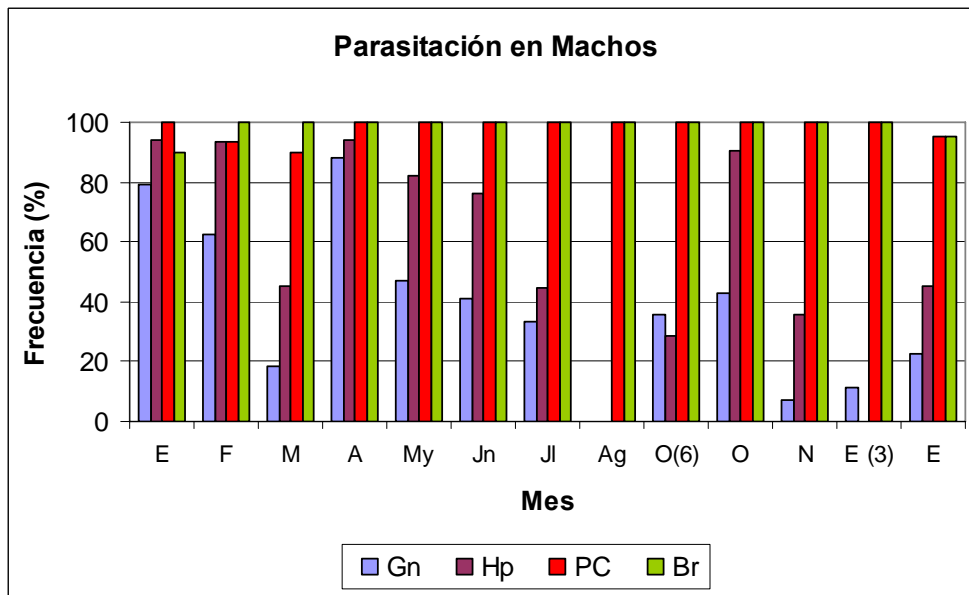


Figura 54.- Frecuencia de parasitación por cercaria y/o metacercaria en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en machos de *M. edulis* de Bahía Coquimbo en el período 19 de enero de 2007 a 19 de enero de 2008.

Parasitación por tallas

La parasitación en *M. edulis* ocurre desde temprana edad como se desprende del registro realizado en el muestreo de talla de primera madurez sexual. Cada rango de talla incluye de 29 a 40 ejemplares. En las gónadas los estados de cercaria o metacercaria se encontraron en una frecuencia de 3,5% en el rango de talla de 4 a 5 cm y de 42% en el rango 2 a 3 cm (Fig. 55). En el hepatopáncreas la ocurrencia de parásitos varió de 6,7% en el rango de talla de 5 a 6 cm y de 42% en el rango más pequeño. La infestación en las branquias se registró desde la talla más pequeña, 24,8 mm de longitud, y alcanzó el 100% en todas las tallas. Igualmente en la pared del cuerpo, la frecuencia es alta en todas las tallas de 97,5% en la talla de 2 a 3 cm a 100% en tallas superiores a 4 cm (Fig. 55).

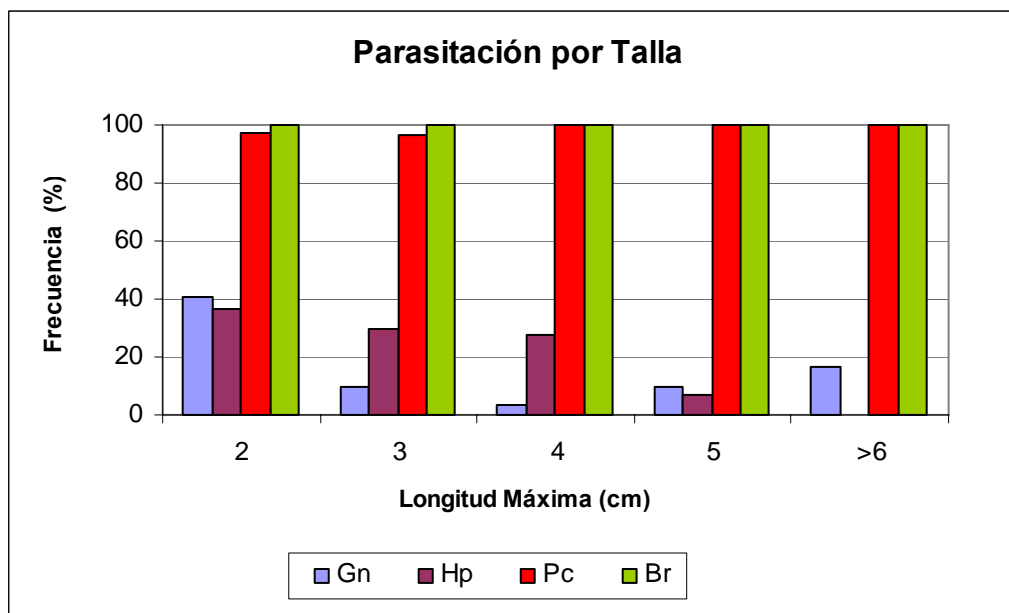


Figura 55.- Parasitación por talla en gónada (Gn), hepatopáncreas Hp), pared del cuerpo (PC) y branquias (Br) en machos de *M. edulis* de Bahía Coquimbo colectadas el 3 de enero de 2008.

3.7 Sobreoferta - objetivo específico: Determinar los parámetros de la función de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.

3.7.1 Crecimiento

Para *Mulinia edulis*, en Bahía Coquimbo, el mejor ajuste encontrado para los parámetros de la curva de crecimiento, usando las distribuciones de frecuencias de longitudes, con la rutina ELEFAN I del software FISAT son: $L_{\infty} = 63$ mm de longitud máxima de concha y $K = 1,07$ año⁻¹ (Fig. 56).

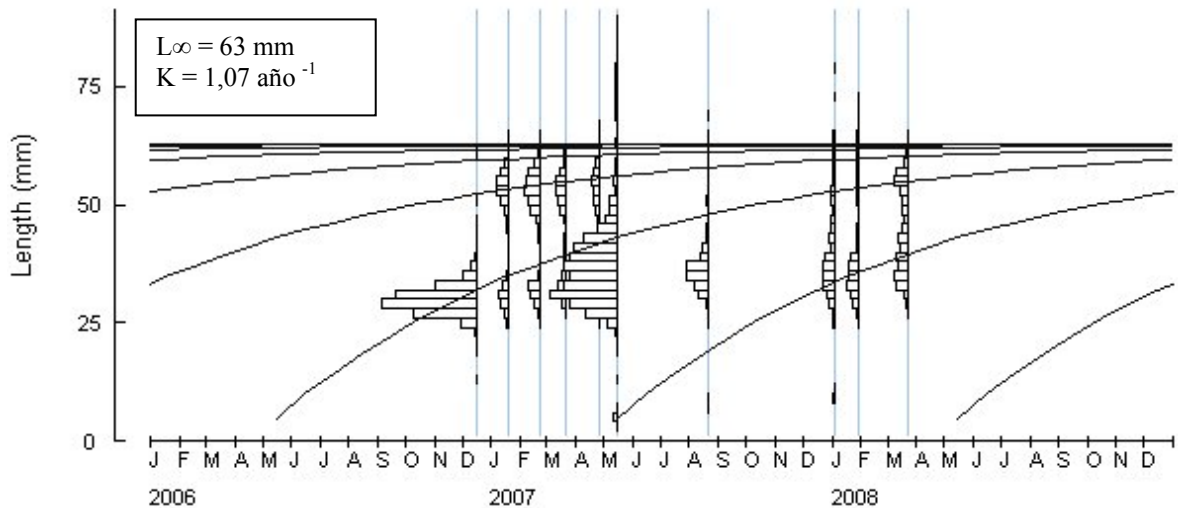


Figura 56.- Curva de crecimiento para *Mulinia edulis* en el banco de Bahía Coquimbo.

3.7.2 Parámetros de mortalidad

Con los parámetros de crecimiento se estimó la mortalidad total (Z) de *Mulinia edulis* a través de la curva de captura linealizada, esta mortalidad correspondió a $2,89$ año⁻¹ con un intervalo de confianza entre $2,49$ y $3,49$ año⁻¹, para la población de la Bahía de Coquimbo (Fig. 57). En este caso, como el banco de taquillas no está siendo explotado, Z es igual M (mortalidad natural).

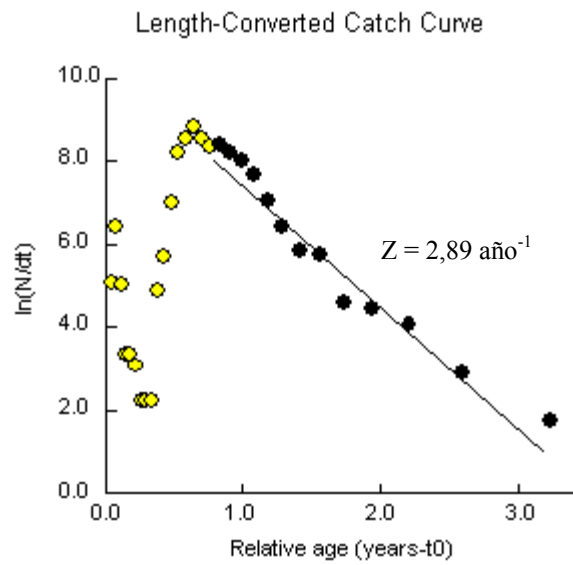


Figura 57.- Mortalidad total (Z) para *Mulinia edulis* estimada a través de la curva de captura linealizada en le banco de Bahía Coquimbo.

4 DISCUSIÓN

4.1 Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (Mulinia sp.) en la IV Región.

4.1.1 Identificación de la especie

La identificación de la especie no fue difícil, debido a que los ejemplares recolectados del banco de la Bahía de Coquimbo coincidía plenamente con los caracteres diagnósticos para *Mulinia edulis* señalados por los autores Orellana (1980), Bustos *et al.* (1982), Osorio *et al.* (1983), Brown *et al.* (1999), Reid y Osorio, (2000). No se encontró ejemplares que presentarán alguna característica que hiciera pensar que se tratase de otra especie del género *Mulinia*, sólo una diferenciación en la continuidad en la franja de periostraco y la coloración. Además, el trabajo de Orellana (1980), hace una muy buena recolección de los antecedentes de la especie *Mulinia edulis* y compara los ejemplares recolectados en Islas Los Reyes, Concepción con tres sintipos depositados en el Museo Británico de Historia Natural provenientes de Puerto del Hambre (53°38'15''S; 70°54'40''W).

4.1.2 Morfología geométrica

Al comparar la morfología de la población de *Mulinia edulis* presente en la Bahía de Coquimbo con dos poblaciones de la Décima Región, estas no presentaron diferencias significativas entre ellas, lo que estaría indicando que se trataría de la misma especie. Hipótesis que podría ser probada con el análisis de ADN.

4.1.3 ADN

Este trabajo nos muestra la secuencia nucleotídica de la región ITS-1 de dos grupos de un mismo banco de la especie *Mulinia edulis*, las cuales presentan diferente morfología (morfo tipo *Mulinia edulis* v/s morfo franja periostraco continuo ancho de color amarillento). Esta secuencia fue identificada por primera vez en esta especie en Chile, y hasta el término de este reporte, no se conocen secuencias ITSs en otras variedades de *Mulinia* en el mundo. Los

partidores utilizados en este trabajo amplifican en ambos casos, una región de 850 pb (determinado en un gel de agarosa), que comprenden la región 3'-terminal del gen ribosomal 18S, la región espaciadora ITS-1 y la región 5' del gen ribosomal 5.8S. La región amplificada es considerablemente mayor a la encontrada en *Cyclina. sinensis* (585 pb) y en *Mercenaria. mercenaria* (679 pb), pero muy similar a la encontrada *Protothaca. jedoensis* (864 pb).

Los alineamientos de las secuencias obtenidas muestran entre sí elevada homología, indicándonos la existencia de dos morfos de una misma especie presentes en la población, la que se debe tratar como un stock discreto en la localidad de Bahía de Coquimbo. Sin embargo al hacer los alineamientos contra las regiones ITS-1 de *C. sinensis*, *M. mercenaria* y *P. jedoensis* no mostraron ninguna homología entre ellas, lo cual está de acuerdo con la variabilidad que presenta esta región entre especies diferentes, lo que no ocurre entre especies genéticamente similares. El contenido GC fue del 61%, lo que es similar a lo encontrado en otras especies de bivalvos, los cuales poseen valores entre 61,03% a 65,62% en las especies *C. sinensis*, *M. mercenaria* y *P. jedoensis* (Han-Liang *et al.*, 2006). Por otro lado el contenido GC de ITS-1 en ostión Pectinidae se encuentra entre 43-49% (Han-Liang *et al.*, 2006).

Estos resultados confirman que esta técnica es una poderosa herramienta para tipificar especies relacionadas de forma precisa y sencilla, utilizando herramientas genéticas, y de este modo reevaluar especies clasificadas mediante taxonomía tradicional. En este caso ambas poblaciones evaluadas correspondieron a una misma especie taxonómica que presenta diferencia morfológica. Es conveniente sin embargo amplificar en el futuro la región ITS-2 y secuenciarla, y de esta forma establecer un patrón filogenético entre *Mulinia edulis* provenientes de otras regiones de Chile.

4.1.4 Morfología espermatozoides

Los espermatozoides de *Mulinia edulis* de la población proveniente de Peñuelas, IV Región, concuerdan con el patrón descrito para los espermatozoides de tipo primitivo o tipo I, característicos de especies de moluscos con fecundación externa (Franzén,

1955; Dohmen, 1983). Se distinguen una cabeza más o menos cónica, pieza media con mitocondrias y una cola varias veces más larga que la cabeza. Para *M. edulis* se había realizado una descripción de la morfología espermática mediante microscopía fotónica. Orellana (1980) estudió una población proveniente de Bahía de Concepción, VIII Región y determinó una longitud de 32 μm . La autora estimó que la cola correspondía a cuatro y media veces la longitud de la cabeza. Esta longitud total concuerda con los 31,9 μm determinados en este trabajo, sin embargo, las proporciones difieren marcadamente. Como lo revelan las imágenes obtenidas con MEB, la cabeza, incluida la pieza media es extremadamente pequeña en comparación a la cola correspondiendo a 15 veces la longitud de ésta. Esta diferencia podría ser atribuida a la menor resolución de la microscopía fotónica lo cual impide definir límites microscópicos con claridad o que al estado de la espermatohistogénesis fuera diferente en ambos trabajos. Respecto a esto último, sin embargo, se debe tener en cuenta que usualmente se seleccionan espermatozoides considerados totalmente maduros para realizar una descripción de ellos. Por último, cabe también la posibilidad que la morfología de los espermatozoides descritos en ambos trabajos, difieran significativamente y que de esa manera, reflejen diferencias taxonómicas entre las dos poblaciones estudiadas.

Otra descripción de los espermatozoides de *M. edulis* se ha realizado para ejemplares provenientes de cuatro localidades entre la VIII y X Región, Tubul, Cerro Verde, Quetalmahue y Yaldad (O. Garrido. com. pers.¹). Dicho estudio de ultraestructura espermática reveló que los espermatozoides de las cuatro poblaciones eran idénticos. Se determinó una longitud espermática total de 54 μm . Este valor difiere notoriamente de lo observado en este trabajo, sin embargo, las características restantes que se pueden comparar, son extremadamente coincidentes. Garrido describe una cabeza ovalada de 1,6 μm de longitud y 4 mitocondrias esféricas en la pieza media. Aunque varias especies pueden tener el mismo número de mitocondrias, se considera un carácter taxonómico, debido a que en una misma especie todos los ejemplares producen el mismo número de mitocondrias en sus espermatozoides maduros. Las características analizadas permiten suponer una diferencia taxonómica entre las poblaciones de *M. edulis* de Bahía Coquimbo y las estudiadas por Garrido en las citadas regiones.

¹ Profesor Orlando Garrido, Universidad Austral de Chile.

Estudio de la ultraestructura de los espermatozoides de *M. edulis* colectadas en Bahía Coquimbo o fecundación cruzada entre las localidades mencionadas podría definir si estas diferencias se relacionan con la ocurrencia de especies diferentes.

4.2 Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.

Como se mencionó en la propuesta técnica, se esperaba encontrar más de un banco de taquillas en la IV Región y se proponía trabajar en los dos más importantes, o que por lo menos tuviesen suficientes animales para la toma de muestras. Después de haber realizado el muestreo piloto en dos oportunidades, verano de 2006-2007 y verano 2007-2008, se encontró que sólo existía un gran banco, ubicado en la Bahía de Coquimbo.

Los bancos que habían sustentado la pesquería en Tongoy, sector norte y sur de la bahía ya no existían. En ambas lugares sólo se encontró un escaso número de ejemplares, que hacían imposible sustentar los requerimientos de muestreo del proyecto.

En Pichidangui ocurrió lo mismo, por cuanto ya no existe el banco de taquillas que fue explotado a micro escala hace 6 ó 7 años atrás. Hoy, sólo es posible recolectar conchas de la especie en dicho lugar y algunos ejemplares de *Tagelus dombeii*. No existe una explicación clara de su desaparición, pero en primera instancia pareciera no ser efecto de una sobreexplotación del banco. Los buzos de la zona indicaron que las capturas fueron bajas, porque la demanda del recurso sólo se producía en la temporada estival y que en ningún caso pasaba de los 100 kg diarios en esa época.

Con respecto a las demás localidades en donde se realizaron muestreos pilotos, no se tenían antecedentes de la existencia de un banco de taquillas, pero se decidió prospectarlos con el objetivo de revisar todas las zonas costeras en la Región de Coquimbo que por su topografía y características del fondo podrían potencialmente albergar un banco de taquillas. Pero no se logró encontrar ninguno, lo cual permite ahora afirmar con seguridad que hoy en día sólo

existe un banco de taquillas en la región, que es el ubicado en la Bahía de Coquimbo. Además, es posible afirmar que este banco de taquillas está compuesto por una sola especie *Mulinia edulis*, tal como fue señalado por Brown *et al.* (1999) en su oportunidad. El banco se encuentra ubicado principalmente dentro de las AMERBs de Peñuelas B y Coquimbo. Además, en el costado sur de la bahía, existen decretadas algunas concesiones para el cultivo de alga y ostión, las cuales se encuentran sobre el banco de *Mulinia edulis*. También, otra porción del banco, de menor tamaño, está en un trecho de costa de libre acceso a la pesca artesanal, y finalmente también hay recurso en la zona de fondeo de embarcaciones en la caleta de San Pedro de Coquimbo. Con esta distribución, se puede decir que este banco estaría sujeto a varios regímenes de pesca. Algunos sectores totalmente abiertos a la pesca artesanal, otros que debieran funcionar bajo un plan de manejo y explotación de recursos bentónicos y por último sectores que se encuentran dentro de concesiones acuícolas y fondeaderos que podrían funcionar como reservorio, ya que en ellos no se puede realizar actividades extractivas .

El banco de *Mulinia edulis* cubre más de 2.000 ha del substrato blando de la Bahía de Coquimbo. Tiene una distribución estrictamente submareal y los ejemplares de menor talla fueron encontrados a mayor profundidad que los grandes, características que no concuerda con lo reportado para esta especie en otras regiones de Chile. Por ejemplo, en bahía Concepción Orellana (1980) describe que el banco de *Mulinia edulis* se distribuía tanto en el inter como submareal y los ejemplares de menor talla fueron encontrados en el intermareal. Avellanal *et al.* (2002), también menciona que el banco de *Mulinia edulis* en Yaldad se encuentra en el submareal.

Cómo se esperaba encontrar también parte del banco en la zona intermareal se planteó caracterizar el estado morfodinámico de la playa. De acuerdo a ello, la playa aledaña al banco sería una playa de tipo intermedia, rica en materia orgánica, en gran medida protegida a los vientos predominantes del sur y suroeste. Estas características coinciden con lo reportado por Ortiz (1995), que también clasificó a esta playa como de tipo intermedia.

4.3 Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.

4.3.1 Ciclo reproductivo

En relación al ciclo reproductivo, se determinó que *M. edulis* se mantiene activamente reproductiva durante la mayor parte del año, aún cuando la frecuencia de ejemplares maduros aumenta hacia el otoño. La mayor frecuencia de ejemplares machos y hembras maduros se encontró en marzo-mayo. Los meses de junio y julio corresponden a principalmente a meses de recuperación y en agosto nuevamente se encuentra una cantidad importante de hembras maduras. Posteriormente, en octubre, predominan los ejemplares en estado madurante para alcanzar otro máximo de madurez hacia el mes de enero. Esta tendencia se repitió en el segundo año de estudio.

En los machos, en los cuales el estado de maduración es más homogéneo en el tejido gonadal, fue frecuente el estado de evacuación parcial con acinos evidentemente evacuados, pero que aún mantenían una cantidad importante de espermatozoides maduros. En cuanto a las hembras, el estado (P Ev) o evacuación parcial incluyó tres etapas de la evolución gonadal de hembras reproductivas, evacuación de gametos maduros, maduración temprana, evacuación y reabsorción de gametos residuales o regresión. Como se puede observar en las imágenes presentadas en este informe (Fig. 32), en una misma sección de gónada femenina se pueden encontrar acinos con gametos maduros parcialmente vacíos reflejando una reciente evacuación; acinos más pequeños con gametos maduros en proceso de reabsorción mediado por fagocitos y ovocitos en estados tempranos de la vitelogénesis adheridos a las paredes acinares. Esto sugiere que las hembras evacuan acinos con gametos maduros mientras otros previamente evacuados, se recuperan. Más aún, asumiendo que los ovocitos residuales de un evento de desove son reabsorbidos en un período menor a un mes, el registro de ocurrencia de ovocitos maduros apoya este planteamiento (Fig. 30).

La variedad de estados por mes y dentro de la gónada, dificulta la aplicación de otros estimadores de madurez sexual en esta especie. Los indicadores como CG, Diámetro Acinar, tamaño de la masa de espermatozoide y columna espermatogénica reflejan claramente el estado de madurez sexual (Mte T, Mte Av, MM, P Ev y Reg) (Figs. 32, 33, 34, 38 y 39). Sin

embargo, si el mismo conjunto de datos se agrupa por mes, la relación es menos clara y presenta una amplia desviación del promedio (Figs. 35, 36, 37, 40 y 41), lo que disminuye la utilidad del indicador. Los índices de condición, son aún menos útiles en una especie con estas características. El IC usado en este trabajo, utilizó el peso húmedo de los ejemplares desarenados por 24 horas. A pesar de ello, no se observó relación entre los valores del IC y la proporción de estados. Aún más, en algunas fechas resultó opuesto a lo esperado, p. ej muestreo del 30 de octubre. Un IC que considere el peso seco, sería menos aplicable debido a que las muestras usadas para el peso no pueden ser simultáneamente muestreadas para histología y por lo tanto, la simple observación macroscópica de los ejemplares y su evidente variedad de estados, sugiere no aplicarlo. Por último, los índices gonadosomáticos que utilizan medidas relativas de gónada y complejo gónada-hepatopáncreas quedan descartados en *M. edulis*. Como es posible observar en la figura 26, el tejido gonadal en esta especie no se encuentra localizado sólo alrededor del hepatopáncreas, si no que está distribuido en asociación a otras estructuras del sistema digestivo en al menos 5 lugares diferentes y variables según el nivel del mesosoma cortado. Además, la musculatura radial y longitudinal de la pared del cuerpo que se contrae durante la manipulación de los individuos, impide fijar un nivel estándar para realizar el corte en todos los ejemplares. De aquí que la medición de estructuras anatómicas en relación a la gónada, no tiene ninguna utilidad en esta especie.

Las observaciones de este estudio no concuerdan con la caracterización del tipo de ciclo que se ha descrito previamente por Brown *et al.* (1999) para la misma localidad. Brown *et al.* (1999) informan que la población de Bahía Coquimbo muestreada durante diciembre 1997 a noviembre 1998 tiene un ciclo anual con reposo gonadal de enero a junio y un período reproductivo de actividad gametogénica y de evacuación de julio a enero. Los máximos de madurez de marzo a mayo registrados en este trabajo, en hembras y machos, en el trabajo de Brown *et al.* (op. cit) no se observaron. En hembras, sólo en el mes de abril, Brown *et al.* (op. cit) informa un 6,6% de hembras maduras y en macho no se registra ningún ejemplar en ese estado hasta el mes de octubre. En el mismo estudio, con muestras de Puerto Aldea (Bahía de Tongoy), IV Región, Brown *et al.* (op. cit) determinaron un ciclo continuo donde la gametogénesis se superpone con la evacuación, con una época de máxima madurez en junio. La discordancia entre dicho estudio y el presente, podría adjudicarse a la condición anómala de las muestras colectadas

por Brown *et al.* (1999) que los autores refieren como “estado fisiológico deteriorado”. Esta condición particular puede haber influido en el desarrollo gonadal, de tal modo que no representaran el ciclo reproductivo en esas fechas. Cabe destacar que el período en que se realizó el estudio de Brown *et al.* (1999) coincidió con la ocurrencia del fenómeno del NIÑO 1998. Las temperaturas informadas en dicho trabajo y las registradas mensualmente por la Unidad de Oceanografía de la UCN, permiten visualizar una marcada diferencia de temperaturas entre ambos períodos de muestreos, la que alcanzó hasta 2 °C en los meses de junio (Fig. 58, Tabla XIII).

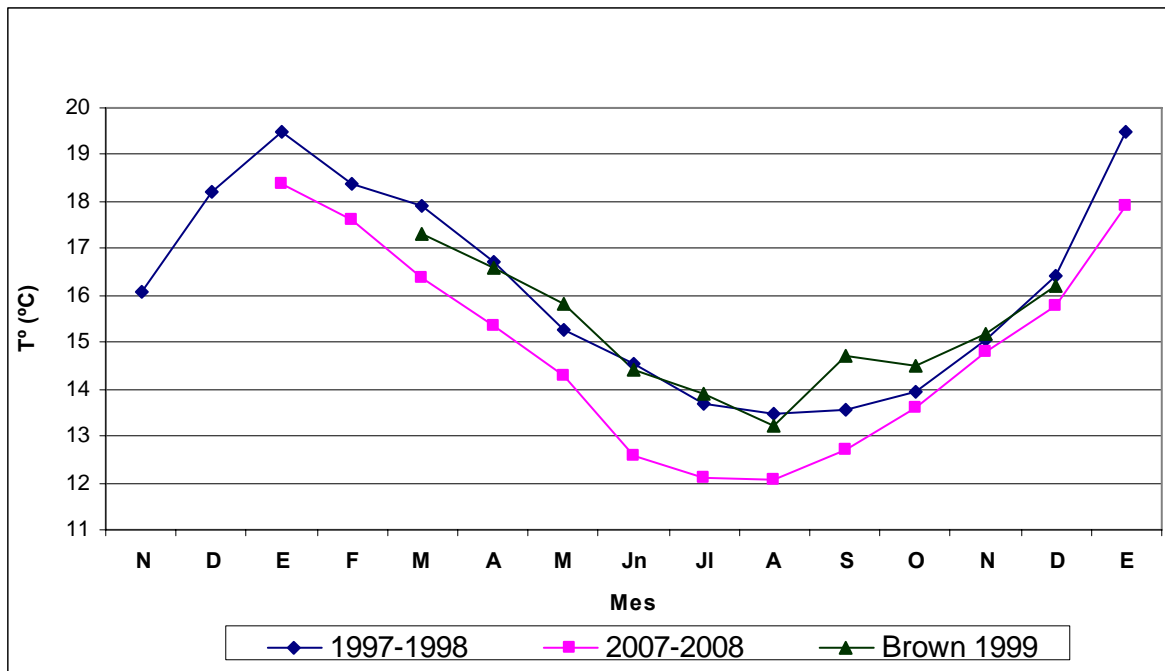


Figura 58.- Variación mensual de temperatura en el año 1997-1998 registrada por Brown *et al.* (1999) y en los períodos 1997-1998 y 2007-2008 registrados por el Laboratorio de Oceanografía de la UCN.

Tabla XIII.- Variación mensual de temperatura en el año 1997-1998 registrada por Brown *et al.* (1999) y en los períodos 1997-1998 y 2007-2008 registrados por el Laboratorio de Oceanografía de la UCN.

Años	1997-98	UCN	1997-98 (Brown'99)	2007-08	UCN	Diferencia
Mes	Prom	DE	T °C	Prom	DE	98-07 UCN
N	16.07	0.79				
D	18.2	0.86				
E	19.48	1.22	20.1	18.38	0.63	1.1
F	18.38	0.29		17.63	0.32	0.8
M	17.93	0.66	17.3	16.38	0.54	1.5
A	16.70	0.56	16.6	15.35	0.65	1.3
M	15.28	0.22	15.8	14.29	1.02	1.0
Jn	14.52	0.28	14.4	12.56	0.24	2.0
Jl	13.69	0.16	13.9	12.11	0.32	1.6
A	13.49	0.23	13.2	12.06	0.37	1.4
S	13.58	0.59	14.7	12.72	0.23	0.9
O	13.96	0.63	14.5	13.62	0.46	0.3
N	15.06	0.42	15.2	14.80	0.54	0.3
D	16.41	0.65	16.2	15.76	0.49	0.7
E	19.48	1.22		17.89	0.82	1.6
Prom	16.0		15.6	14.9		1.1
DE	2.1		1.9	2.2		0.5
Máx	19.5		20.1	18.4		2.0
Mín	13.5		13.2	12.1		0.3

Esta condición “deteriorada” también se podría relacionar con la ocurrencia de los parásitos que Brown *et al.*, (1999) detectaron en la gónada y la pared del cuerpo de algunos ejemplares. Sin embargo, habiendo corroborado en el presente estudio, un 100% de prevalencia y la extensión de la parasitación a otras estructuras del cuerpo, cabría esperar que las almejas recolectadas en la actualidad presentaran una apariencia similar, hecho que no ocurrió. Las almejas recolectadas para los muestreos mensuales poseían una apariencia normal y su movilidad y retracción ante la manipulación era comparable a otras almejas sin tremátodos.

En el sur de Chile también existen antecedentes sobre el ciclo reproductivo de *M. edulis*. Jaramillo *et al.* (1998) y Avellanal *et al.* (2002), informan el ciclo reproductivo de *M. edulis* para muestras colectadas desde el submareal de Maullín y desde el intermareal de Yaldad, X Región en los años 1996-1997. En dicho estudio se encontraron en Yaldad, ejemplares

maduros todos los meses a excepción de octubre. En Maullín, se registraron ejemplares maduros en el período noviembre 1996 a marzo 1997 y de junio a agosto de 1997. Los porcentajes más altos de ejemplares maduros se registraron en noviembre en Yaldad y en diciembre-febrero y junio en Maullín. Los autores destacan la variabilidad del ciclo gametogénico en ambos tipos de ambientes. Aunque ambas desovan prácticamente todo el año, las provenientes del intermareal desarrollan un nuevo ciclo durante inicio de la primavera, fenómeno que no se observó en las almejas colectadas desde el submareal de Maullín. En dicho estudio se concluyó que el ciclo de *M. edulis* tiene una periodicidad anual con un período de desove relativamente largo.

Otro estudio realizado en la zona, corresponde al de Dorner (2005) en el cual se analizó los estados de madurez de ejemplares provenientes de Yaldad Chiloé, utilizando muestras obtenidas entre el año 2000 y 2002. La autora determinó para machos períodos de máxima madurez entre marzo y mayo, secundariamente otros máximos reproductivos se ubicaron en los meses de febrero, mayo y noviembre. De manera similar, para hembras, los máximos se registraron en febrero, mayo, agosto y noviembre. Este patrón reproductivo es extremadamente similar a lo registrado en el presente estudio, particularmente en la tendencia que desarrollan los machos de Yaldad.

Un tercer estudio realizado por Reimers (2003) en la misma zona entre los años 2001-2002 utilizando el método de “stripping” para estimar la época de madurez determinó, que la población se encontraba madura desde noviembre de 2001 a febrero de 2002, sin embargo, durante todos los meses se encontraban ejemplares maduros. Este método, si bien es menos contrastable con otros estudios que aplican el análisis histológico en la determinación de cuatro o cinco estados de madurez, si da buena cuenta de la capacidad potencial de las hembras para reproducirse por cuanto determina la ocurrencia o no de ovocitos maduros.

Información parcial sobre el estado reproductivo de *M. edulis* fue informado por Clasing *et al.* (1999) con muestras colectadas desde los fiordos patagónicos en octubre y noviembre de 1996. Con un total de 21 ejemplares, 7 hembras y 14 machos, los autores determinaron que alrededor de 28,6 % de hembras y machos se encontraban maduros. También

se registraron estados de evacuación, 67% en machos y 14,3 en hembras y estado madurante, 21,4 en macho y 57,1 en hembras.

Existen también otros estudios de ciclo de reproducción en especies de Mactridae que coinciden con nuestros resultados. La continuidad del ciclo reproductivo se ha probado para *Mulinia lateralis* Calabrese (1969) determinó mediante estudios histológico y ocurrencia de larvas en el plancton que *M. lateralis* presenta actividad gametogénica durante todo el año con un máximo de madurez durante la primavera. El autor estima que más de una generación es producida por año.

Por otro lado, Ropes (1968) describe para *Spisula solidissima* un ciclo bianual con desoves asociados a las disminuciones y aumentos de temperatura en invierno y primavera, situación similar a la observada en *M. edulis* en este trabajo.

Los antecedentes obtenidos en este trabajo permiten concluir que *M. edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región, desarrolla un ciclo casi continuo de reproducción con máximos reproductivos en otoño, de marzo a mayo y secundariamente, a fines de primavera e inicios del verano, noviembre-enero. Los desoves serían prolongados durante el año encontrándose ejemplares parcialmente evacuados en la mayoría de los meses. Si bien la tendencia en el ciclo es coincidente en machos y hembras, fue más frecuente encontrar machos con gametos maduros en sus acinos que hembras. Por otro lado, cabe también destacar la simultaneidad de estados en las hembras (P Ev, Mte y Reg), indicando que estas tiene la capacidad de evacuar, mientras se desarrolla un nuevo ciclo gametogénico en forma simultánea. Estas conclusiones coinciden en general con el ciclo determinado para *M. edulis* en otras localidades de Chile en cuanto a que:

- a) Se registran varios estados de maduración por mes
- b) Los máximos reproductivos, es decir el mayor número de ejemplares en madurez máxima, se encuentran en los meses de otoño y verano
- c) El período de desove es prolongado

- d) El período de recuperación gonadal es breve y probablemente, paralelo a la evacuación.

4.3.2 Talla de primera madurez sexual

Hubo cierta dificultad en predecir la fecha adecuada para realizar la determinación de talla de primera madurez sexual debido a que los antecedentes sobre ciclo reproductivo de esta especie (Brown *et al.*, 1999) no coincidieron con los resultados obtenidos en este estudio. Brown *et al.* (op. cit.) indican un período de actividad gametogénica y evacuación de gametos de julio a enero, siendo este último el mes de mayor evacuación. En nuestro muestreo de enero de 2007 en hembras y machos predominaron los estados P Ev y Reg. Debido a esto, los ejemplares colectados en esa fecha no resultaron muy adecuados para realizar una determinación de talla mínima de madurez sexual (ver Fig. 28). Por otro lado, el aspecto macroscópico de la gónada refleja mucha variabilidad entre los ejemplares, debido a lo cual es difícil definir si se está ante una fecha adecuada para este tipo de muestreo. El estudio histológico realizado con los muestreos del año 2007, indicaba que el período marzo- mayo correspondería a los meses más adecuado para el muestreo de TPMS y efectivamente, el muestreo de marzo de 2008 corroboró esta predicción. Por estas razones el análisis siguiente considera la información del segundo muestreo.

Otra dificultad que enfrentó este trabajo, tuvo relación con la obtención de tallas pequeñas. Se intentó recolectar tallas menores en los meses de agosto, octubre, noviembre, diciembre y enero, sin embargo, las tallas más pequeñas que se logró obtener no fueron inferiores a 2 cm. La dificultad para recolectar ejemplares juveniles de *Mulinia edulis* ya ha sido experimentada en otros trabajos de investigación. Jaramillo *et al.* (1998) informan la imposibilidad de obtener ejemplares pequeños de *M. edulis* en la localidad de Tubul, X Región y la obtención de un número insuficiente de ejemplares para realizar la estimación de TPMS en Maullín. Sin embargo, los autores infieren, a través de histogramas de tamaño, que la talla mínima de madurez sería cercana a los 40 mm. Una estimación más directa fue realizada por Orellana (1980) quien realizó un estudio de estructura poblacional de *M. edulis* en Bahía de Concepción. La autora determinó mediante estudio histológico que hasta los 33 mm la población está constituida por individuos juveniles de sexo indeterminado. Los antecedentes mencionados

coinciden con los resultados de este trabajo, sin embargo, todos difieren de los resultados obtenidos por Brown *et al.* (1999). Brown *et al.* (op. cit.), en la misma localidad de Peñuelas – Bahía Coquimbo muestreada en el presente trabajo, determinaron que la talla de primera madurez sexual se ubicaba entre 10,1 a 20 mm e individualmente, en 8,9 mm para los machos y de 8,2 para hembras. Este tamaño parece extremadamente pequeño si se consideran las conclusiones de los otros trabajos citados. Por otro lado, en otras almejas, como venéridos chilenos, se ha estimado que la TPMS se alcanzaría entre el 33 y el 38% de la talla máxima registrada (Brown *et al.*, 1999). En *M. edulis* una talla menor a 10 mm correspondería aproximadamente al 16 % de su L_{∞} . Sin embargo, otro trabajo realizado en la costa central del Perú, estimó que la menor talla de ejemplares en las que se observó gametos fue 12 mm (Cornejo *et al.*, 2006). Aunque los autores no aclaran que esa observación corresponda al estado de madurez máxima, se debe asumir que refleja la TPMS. En dicho caso, la talla estimada por Brown *et al.* (op. cit) aunque sigue pareciendo pequeña, se hace probable como una excepción. Se debe considerar que el año 1998, fecha en la cual los autores realizaron el estudio, ocurrió un evento de Niño y las temperaturas alcanzaron un promedio de 1,1°C sobre años normales y hasta 2 °C más en el mes de junio (Fig. 58). Cornejo *et al.* (op. cit) informan que la temperatura de la zona muestreada en el Perú fluctúa de 15 °C a 17 °C. En el año 1998 la temperatura alcanzó un promedio de 16 °C en un rango de 13,5 °C a 19,5 °C. Mientras que en el período de estudio del presente trabajo, la temperatura promedió 14,9 °C en un rango de 12,1 °C a 18,4 °C (Unidad de Oceanografía, Universidad Católica del Norte). La inusual temperatura cálida del ambiente en el año 1998 podría explicar una aceleración en el desarrollo gonadal de *M. edulis* en Bahía Coquimbo o un retraso en el crecimiento somático no gonadal. De este análisis se concluye que la TPMS en *M. edulis* se alcanzaría entre los 40 y 50 mm de longitud máxima en la localidad de Bahía Coquimbo, IV Región.

4.3.3 Fecundidad

Actualmente se cuenta con información sobre la fecundidad de varios bivalvos chilenos (Lozada & Bustos, 1984; Lozada, 1989; Jaramillo *et al.*, 1998). Se ha determinado la FP de algunos mitílidos como *Aulacomya ater*, *Choromytilus chorus* y *Mytilus chilensis* en valores que fluctúan de 10 a 14 millones de ovocitos por individuo (Lozada, 1989, Rojas, 2003). En pectínidos y ostreidos se han estimado valores extremos, desde 22 a 70 mil embriones en *Tiostrea*

chilensis a 49 millones en *Argopecten purpuratus* (Lozada, 1989). En bivalvos enterradores se cuenta con información para *Ensis macha* y *Tagelus dombeii* provenientes de Maullín y Yaldad y los valores fluctúan entre 5 a 19 millones de ovocitos por individuos (Jaramillo *et al.*, 1998). Específicamente en almejas, sólo se ha estimado FP para *Venus antiqua*, *Semele solida* y *Gari solida* y los valores varían entre 3.000.000 y 14.000.000 para *V. antiqua* y 11.000.000 para *G. solida* (Lozada & Bustos, 1984; Jaramillo *et al.*, 2003).

Para *M. edulis* también existen algunos datos y los valores de fecundidad potencial de los ejemplares utilizados en este trabajo son bajos comparados con los antecedentes de la literatura. Jaramillo *et al.* (1998), Avellanal *et al.* (2002) determinaron una FP de taquillas extraídas de Maullín de 14.155.714 ovocitos con ejemplares que promediaban 58 mm y de 10.259.714, extraídas de Yaldad, con ejemplares que midieron 56 mm de longitud máxima. Los ejemplares utilizados en este trabajo, poseen un tamaño mayor, de 62,5 mm promedio. Estos valores resultan contrarios a pronosticados ya que cabría esperar que ejemplares más grandes poseyeran gónadas más grandes y que, por lo tanto, contuvieran más ovocitos por individuo (Lozada & Bustos, 1989). La razón de la diferencia radicaría en la forma en que se estimó el tejido gonadal. En los trabajos mencionados, la gónada fue disecada manualmente bajo lupa y el volumen del tejido extraído se estimó por desplazamiento en una probeta. Los volúmenes promedio informados fueron 1,5 y 1,8 ml, respectivamente (Jaramillo *et al.*, 1998). Sin embargo, como queda demostrado en la figura 24, en esta especie, no hay una “gónada” localizada, si no que el tejido gonadal se encuentra ubicado entre el resto de las estructuras del mesosoma y particularmente asociado al sistema digestivo, debido a lo cual es impracticable disecar sólo tejido gonadal mediante un método manual. De esta manera, cabría esperar que el volumen gonadal estimado mediante este método sea sobreestimado. La metodología utilizada en el presente trabajo para estimar el volumen gonadal se fundamenta en el principio “la relación de los volúmenes de los componentes es la misma que la relación de los volúmenes de esos componentes en la totalidad del cuerpo” (Schaefer, 1970 *fide* Christiansen *et al.*, 1973). Y la estimación del área de los componentes, en este caso tejido gonadal, se realizó en una observación microscópica de los tejidos y utilizando el programa Image Pro-Plus, el cual cuenta con los algoritmos para estimar un área demarcada sobre una imagen digital.

Se concluye que ejemplares de *M. edulis* en Bahía Coquimbo con talla promedio de 62.5 mm de longitud máxima desarrollan una fecundidad potencial que varía de 378.809 a 1.539.978.8 ovocitos por individuo y que estos valores son en general inferiores a los estimados para otros bivalvos.

4.3.4 Parasitación

Los resultados obtenidos indican que la parasitación de tremátodos sobre *M. edulis* es más extensiva de lo que se podría estimar en base a los registros anteriores sobre ésta y otras especies de almejas. La infestación de los tremátodos no se restringe al aparato reproductor, sino que se extiende a prácticamente todas las estructuras del cuerpo. Otros órganos como pie, sifones y músculo abductor también alojan quistes de tremátodos, sin embargo, lo hacen en menor número. Igualmente, además del alto porcentaje de organismos castrados y semicastrados por esporocistos de cercaria, también asociado al tejido gonadal y del hepatopáncreas, se puede encontrar frecuentemente quistes con metacercaria. Las observaciones realizadas permiten afirmar que algunos órganos son más vulnerables a la colonización de tremátodos adultos. Así es como las branquias constituyen un órgano que en el 100 % de los casos resulta invadido por un gran número de metacercarias, incluso en tallas juveniles cercanas a los 2 cm. Esta diferencia se podría adjudicar a la constitución de las estructuras. Mientras pie, sifones y músculo abductor están formados mayoritariamente por fibras musculares, las branquias corresponden a estructuras menos sólidas cuya laxitud esta determinada por la abundancia de tejido conectivo, vasos sanguíneos y escasez de fibras musculares. Esta constitución histológica ofrecería poca resistencia a avance de los parásitos para alojarse definitivamente en ellas.

Se han realizado numerosos estudios dirigidos a estimar el impacto del parasitismo de tremátodos sobre los hospedadores. Se ha determinado que la infestación puede modificar parámetros a) morfológicos, se altera la forma de la concha y estructuras de defensa (Ituarte et al., 2005; Levri et al., 2005), b) fisiológicos, altera la tasa de crecimiento (Probst & Kube, 1999; Thieltges, 2006), c) reproductivos, la castración parcial o total disminuye la descendencia (Ramon et al., 1999; Lafferty, 1993, Valderrama et al., 2004) d) conductual, organismos parasitados se desplazan más lento, se ubican en lugares expuestos al segundo

hospedador; se “suicidan” para disminuir la transmisión a congéneres, etc. (Smith, 1980; Levri et al., 2007; Levri & Fisher, 2000). Cabe esperar entonces, que por estas múltiples vías, la infestación por tremátodos modifique la estructura poblacional, e incluso comunitaria de *M. edulis* respecto a una población no infestada. Más aún, Jonnson & André (1992) determinaron que la infestación por tremátodos, puede provocar la mortalidad masiva de almejas en forma natural e inducida por infestación en laboratorio. En relación a esto, cabe hacer notar que, aunque de manera informal, visitantes recurrentes de las playas Peñuelas, han informado sobre eventos de varazón de grandes número de ejemplares de *M. edulis*. Este fenómeno podría ser explicado por la parasitación intensiva de las branquias y la intensidad de las marejadas. Si bien, muchos organismos acuáticos pueden potencialmente realizar el intercambio de gases a través de los diferentes tejidos del cuerpo, en organismos que viven permanentemente enterrados este proceso sería dificultoso de realizar a no ser por las estructuras que están diseñadas para ello. De esta manera, organismos enterradores que vean afectados el funcionamiento de las branquias reaccionarán desenterrándose de su substrato para movilizarse en busca de un ambiente más favorable como lo haría cualquier otro organismo que sufra insuficiencia de oxígeno. Se propone este comportamiento de las almejas como parte de un mecanismo utilizado por el parásito para promover la infestación del segundo hospedador que podría corresponder a peces o aves de la región.

Respecto a la identidad de los parásitos que infestan a *M. edulis*, se desconoce si los adultos y las metacercarias observadas en los diferentes tejidos corresponden a la misma especie aunque cabría esperar que así fuera, considerando que pertenece al mismo grupo de parásitos tremátodos digeneos. Las características indicadas en este trabajo no permiten aún realizar una identificación específica, sin embargo, según las características generales observadas aquí correspondería a un tremátodo Plagiorchiidae. Sin embargo, con los antecedentes disponibles, se descarta que la cercaria de la gónada de *M. edulis* corresponda a la misma especie registrada para la almeja *Venus antiqua* por Osorio & Castillo (1984). El parásito descrito por las autoras se distingue por una conspicua espícula en la ventosa oral que no poseen las cercarias observadas en este trabajo. Más información sobre las estructuras internas de los parásitos de *M. edulis* es requerida para concluir su identificación.

4.4 Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.

El rápido crecimiento y los valores de L_{∞} y K para *Mulinia edulis* en el banco de Bahía de Coquimbo contrastan con los valores reportados por otros autores, los cuales generalmente describen crecimientos lentos (Tabla XIV). Urban & Tesch (1996) estiman que esta especie estaría llegando a la TMC en 142 meses en el Estrecho Magallanes, un crecimiento lento que podría ser explicado por las bajas temperaturas de la zona. En cambio, estimaciones hechas para la zona sur de Chile (Tubul y Yaldad) reportan que *M. edulis* estaría alcanzando la TMC entre los 27 y 36 meses, valores que se aproximan al calculado por este estudio. Pero las estimaciones hechas por Brown *et al.* (1999) para el mismo banco difieren enormemente con las de este estudio (122 meses v/s 13 meses respectivamente), probablemente esta diferencia podría estar explicada por los efectos que tuvo el fenómeno del Niño sobre la población de *M. edulis* en Bahía Coquimbo durante el estudio realizado por Brown y colaboradores o por un error en la interpretación de los resultados debido a que esta especie tendría reclutamiento durante todo el año.

Tabla XIV.- Parámetros de crecimiento para *Mulinia edulis*, edad en meses a la talla mínima de captura (TMC). La edad a la TMC fue estimada con los datos citados.

L_{∞} (mm)	K (Año ⁻¹)	Estimación TMC (meses)	Autores	Sitio de estudio
68,8	0,136	142	Urban & Tesch 1996	Estrecho Magallanes
63,4	0,691	36	FIP 96-46 1998	Yaldad
72,5	0,644	27	FIP 96-46 1998	Yaldad
93,00	0,4	27	FIP 96-46 1998	Tubul
63,6	0,198	122	Brown <i>et al.</i> , 1999	Bahía Coquimbo
63,6	0,21	115	Brown <i>et al.</i> , 1999	Bahía Tongoy -Pto Aldea
63,0	1,07	13	Este estudio	Bahía Coquimbo

En cuanto a la mortalidad total (Z) de 2,89 año⁻¹, este valor es más alta que el encontrado por Brown *et al.* (1999), tanto para Puerto Aldea como para Bahía Coquimbo (Peñuelas). Los valores reportados por estos autores se encontraron entre 0,99 y 1,5 año⁻¹, esta diferencia está explicada básicamente por los parámetros de crecimiento utilizados para hacer los cálculos de Z a través de la curva de captura linearizada y como se mencionó anteriormente, esa

diferencia se podría deber a los efectos que tuvo el Fenómeno del Niño sobre la población de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo entre 1997 y 1998.

5 CONCLUSIONES

- Se identificó un solo banco de taquilla en la Región de Coquimbo, habiendo desaparecido dos bancos de los que se tenía información de su existencia en el pasado.
- El único banco que existe en la región está localizado en la mitad sur de Bahía de Coquimbo, entre Caleta San Pedro de La Serena y Caleta San Pedro de Coquimbo y tiene una superficie superior a las 2 mil hectáreas.
- La taquilla presente en el banco de Bahía Coquimbo corresponde a la especie *Mulinia edulis*.
- No existe diferencia significativa en la morfología geométrica entre las poblaciones de *Mulinia edulis* de Bahía Coquimbo y las presentes en Quetalmuahue y Yaldad en la Región de Los Lagos.
- La amplificación de la región ITS-1, de dos morfos de *Mulinia edulis*, provenientes de la Bahía de Coquimbo poseen un tamaño molecular de 850 pb aproximadamente, en todos los individuos evaluados. Las secuencias ITS-1 de ambos grupos fueron alineadas observándose un 100% de homología, indicándonos la existencia de dos morfos de una misma especie.
- El banco de taquillas presente en Bahía de Coquimbo está compuesto por una sola especie, *Mulinia edulis*.

- El espermatozoide de *Mulinia edulis* corresponde en morfología al grupo de los espermatozoides tipo primitivo o Tipo I.
- La distribución del banco se asocia a sectores de la bahía de aguas tranquilas, lo que se manifiesta en una playa de arenas finas con niveles altos de materia orgánica.
- El banco de Bahía Coquimbo presenta una densidad media de 1.148 ind/m² y en algunos sectores densidades superiores a los 3.500 ind/m².
- La abundancia *Mulinia edulis* fue estimada en 25.606.812.026±36.081.939.129 individuos entre los 3 y 90 mm de longitud, con un intervalo de confianza entre 23.368.148.247 y 27.845.475.805 individuos a un nivel del 95% para la media poblacional. El stock fue estimado en 1.157.601.954 de individuos, aproximadamente el 4,5% de la población. La biomasa poblacional fue estimada en 351.856 ton y el stock en 58.373 ton que corresponde a un 16,6% de la biomasa total.
- *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo, IV Región, desarrolla un ciclo casi continuo de reproducción con máximos reproductivos en otoño, de marzo a mayo y secundariamente, a fines de primavera e inicios del verano, noviembre-enero. Los desoves serían prolongados durante el año encontrándose ejemplares parcialmente evacuados en la mayoría de los meses.
- La Talla de primera madurez sexual de *Mulinia edulis* en Bahía Coquimbo se ubica entre 40 a 45 mm de longitud máxima para hembras. En el rango precedente no se encontró hembras maduras. La TPMS para machos se ubica entre 45 a 50 mm de longitud máxima. En el rango precedente el 41,7% correspondió a organismos clasificados como Maduro. La TPMS individual correspondió a 41,18 mm en hembras y 29,94 mm en machos.

- La fecundidad potencial de *Mulinia edulis* en ejemplares adultos alcanza máximos de 1.539.978 ovocitos por individuos en Bahía Coquimbo.
- El 100 % de la población de *Mulinia edulis* de Bahía Coquimbo, IV Región se encuentra infestada por un tremátodo digeneo que se ubica preferentemente en branquias en estado de metacercaria. La cercaria del mismo parásito produce la castración de un 20,1% promedio de los ejemplares muestreos por mes.

6 PROPUESTA DE MANEJO: BANCO DE *Mulinia edulis*.

6.1 Antecedentes generales

Considerando la normativa a la cual está sujeto actualmente este recurso, es difícil pensar en su extracción legal. El hecho de que sólo un 4,5% de la población esté sobre la talla mínima de captura (55 mm de longitud de concha), hace poco factible o atractivo el trabajar este recurso. Y esta proporción no es producto de capturas, pues el banco lleva mucho tiempo sin ser explotado masivamente. Para hacer una pesquería rentable, un buzo tendría que extraer volúmenes considerables. La taquilla tiene un precio de venta de \$90 el kilo puesta en playa. Considerando un ingreso mínimo de \$30.000 por salida en una embarcación con tres hombres, el buzo tendría que extraer sobre las 7,5 ton/día para lograr 300 kilos de individuos sobre la TMC. Eso es imposible de lograr. Esta situación es producto de que no es posible realizar una pesca selectiva, sino que el buzo tiene que extraer todo, y luego se debe seleccionar los ejemplares sobre la TMC en el bote o en la playa. El destino de los ejemplares bajo TMC es incierto, perdiéndose probablemente la mayoría de ellos. Esta situación hace necesario pensar en una estrategia de manejo que permita una extracción económicamente factible y atractiva del recurso, sin poner en riesgo la sustentabilidad del banco. A continuación se hace una propuesta al respecto.

6.2 Características de la pesca

Para extraer a *M. edulis* y a todas las almejas en general, los buzos deben desenterrarlas del substrato. Esta acción genera una importante perturbación en el ambiente, afectando a toda la población sometida a explotación y acentuándose su efecto en los juveniles, los que debieran presentar mayores dificultades para volver a enterrarse. Además, la recolección de los ejemplares bajo esta modalidad no permite una selección de las tallas por la baja o nula visibilidad en el ambiente, producto de la nube de polvo que genera el tañado de los buzos. De este modo, el criterio de una talla mínima no parece adecuado debido a que, en la práctica, no se

respetar o se generan efectos adversos en los individuos de menor tamaño originados por la forma de trabajo.

6.3 Marco legal que debe tener esta pesquería

Para hacer factible la propuesta de manejo que sigue es necesario que el banco para el cual se establezca esté sometido a la figura de Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), con el fin de que tenga usuarios definidos que puedan fiscalizar y hacer cumplir el plan de manejo.

6.4 Criterios de explotación

La explotación de *M. edulis* debería realizarse mediante la rotación de parches al interior del banco. Cada parche debería explotarse de manera intensiva sin importar talla ni época de extracción. Para establecer esta pesquería, el banco debe ser dividido arbitrariamente o de acuerdo a criterios basados en su distribución espacial, en sectores o parches. El banco debería contener al menos 5 parches, de modo que la rotación, si se hace anualmente, permita 4 años sin pesca a cada parche, dejando al menos un parche permanentemente como reserva sin explotar. Así al menos el 20% del banco estaría completamente protegido. En el caso de poder definir más parches (múltiplos de 4) considerando el tamaño general del banco, se podría pensar en explotar durante el año, en forma secuencial varios parches. Para la elección del parche a explotar, se debería escoger el parche que tuviera la mayor proporción de individuos sobre talla mínima de captura (TMC). Para esto se deberán realizar monitoreos periódicos del banco, obteniendo un indicador de densidad y estructura de talla de cada sector o parche. La extracción del parche debería ser completo y/o hasta que la captura por unidad de esfuerzo haga poco rentable el trabajo. Para volver a explotar el mismo denuevo deberá esperarse su recuperación al mismo estado en que estaba al inicio de su explotación. Y así se deberá operar en forma secuencial con los diversos sectores o parches en que se dividió el banco.

6.5 Indicadores de estado

Con el fin de ir monitoreando el estado del banco, e ir evaluando el efecto que va teniendo la estrategia de explotación propuesta, se proponen dos indicadores básicos: la abundancia y la estructura de talla.

1. Abundancia relativa

Para determinar la abundancia relativa de *M. edulis* se deberán establecer estaciones fijas de muestreo dispuestas al azar al interior de: a) cada uno de los parches a ser explotados, b) los parches que se conservarán como reserva y c) sectores aledaños donde no hay banco. En cada una de estas estaciones se registrará la abundancia de *M. edulis* en términos relativos mediante la extracción de los individuos presentes en 4 cuadratas de 0,25 m² lanzadas al azar. La abundancia relativa así como la presencia de las almejas en cada estación será comparada año a año.

2. Indicador de la estructura de tallas

Considerando la dificultad de poder separar modas o cohortes en esta especie, pues no tiene un período de reclutamiento discreto y único por año, se propone evaluar las proporciones de clases de talla arbitrarias. En una población en equilibrio, en que la mortalidad es compensada por reclutamientos, esas proporciones debieran ser las mismas todos los años. La mortalidad generada por pesca tendría como efecto un cambio en las proporciones, las cuales luego deben tender a restablecerse paulatinamente a su condición previa a la pesca. A su vez, las proporciones que se observen en los sectores designados como reserva, servirán de control.

Para generar este indicador, se deberá medir todos los individuos producto de los muestreos de abundancia descritos arriba. Los datos se deben agrupar en clases de 5 mm, estimando luego la proporción de cada una de esas clases (dividiendo su frecuencia por el total de las almejas medidas). Estas proporciones se deben graficar anualmente (proporción en el eje y, año en el eje x), uniendo los puntos pertenecientes a cada clase de talla entre los años. Las curvas de las diferentes clases de talla debieran mantenerse

paralelas entre si, sin cruzarse. En el caso que se observen cruces, es señal de cambios en las proporciones. En ese caso hay que revisar cual es la clase que está disminuyendo o aumentando. Cuando aumentan las clases mas pequeñas puede ser por un buen reclutamiento, pero también por una remoción de las clases mas grandes. Igualmente, el aumento de las clases grandes puede deberse a una falta de reclutamiento.

6.6 Protocolo de decisión

Los indicadores de abundancia y estructura de tallas deben ser comparados con aquellos de el o los sectores de reserva y/o con su situación inicial (línea base, antes de iniciar la pesquería del banco). En caso que un sector de pesca logra indicadores similares al sector de reserva, ese sector puede ser considerado apto para la realización de pesca para el siguiente período. Se deberá elegir para la pesca aquel sector que tenga la mayor abundancia y la mayor talla promedio, suponiendo que esa talla promedio proviene de una distribución unimodal.

A través del seguimiento de los indicadores se podrá ir estableciendo la velocidad con la que se recupera cada sector o parche, lo cual debe ser utilizado para revisar los tamaños de los parches y los criterios para decidir comenzar la explotación de un parche. En el caso que la recuperación de un parche demora mas de 4 años, deberá disminuirse el tamaño de cada parche con el fin de tener un mayor número de ellos, y así dar mas tiempo de recuperación en el marco de la rotación.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avellanal, M., H. E. Jaramillo, E. Clasing, P. Quijón & H. Contreras. 2002. Reproductive cycle of bivalves *Ensis macha* (Molina, 1782) (Solenidae), *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) (Solecurtidae), and *Mulinia edulis* (King, 1831) (Mactridae) in southern Chile. *Veliger* 45: 33-44.
- Bookstein, F. L. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brousseau, D. J. 1978. Spawning cycle, fecundity, and recruitment in a population of soft-shell clam, *Mya arenaria*, from Cape Ann, Massachusetts. *Fishery Bulletin* 76(1): 155-166.
- Brown, A. & A. McLachlan. 1990. Ecology of Sandy Shores. Elsevier. Amsterdam. 433 pp.
- Brown, D., B. Campos, L. Durán, C. Melo & J. Urban 1999 Estudio de edad y reproducción del recurso almeja en la IV y V Regiones. Informe Técnico Fondo Investigación Pesquera 115 pp.
- Bustos, E., S. Guarda, C. Osorio, E. Lozada, I. Solis, M. Díaz & E. Valenzuela. 1982. Estudio Biológico-pesquero del recurso almeja en la Bahía de Ancud. II. Investigaciones específicas. Informe a SERPLAC X Región. Santiago, Chile, IFOP. 191 pp.
- Calabrese, A. 1969. Reproductive cycle of the Coot Clam, *Mulinia lateralis* (Say), in Long Island Sound. *Veliger* 12: 265-269.
- Clasing, E., H. Carrillo & L. Arratia. 1999. Estado de desarrollo gonadal de cuatro especies de bivalvos de la infauna, recolectadas en canales adyacentes a Campos de Hielo Sur durante una primavera austral. *Cienc. Tecnol. Mar*, 22: 155-164.
- Dohmen, M.R. 1983. Gametogenesis. In: N.H. van den Biggelaar, J. A. M. Verdonk, & A. S. Tompa, editors. *The mollusca development*, vol. 3. New York: Academic Press. pp. 1-48.
- Cornejo, O., González A., Gamarra., Canahuire., Zavala J. & S. Quinteros 2006 Estudio de una población de *Mulinia edulis* (King y Broderip, 1835) en la costa central del Perú. XVI Reunión Científica ICBAR, Perú, 7-9 Agosto de 2006.

- Emery, K O. 1938. Rapid method of mechanical analysis of sands. J. Sedim. Petrol. 8:105-111.
- Emery, K. O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. Limnol. Oceanogr. 6:90-93.
- Garrido, O., P. Doner, E. Clasing, R. Jaramillo, E. Molinari & O. Goicoechea. 2005. Ciclo gonadal de *Mulinia edulis* (King & Broderip, 1832) de la Bahía de Yaldad, Quellón, Chiloé. XXV Congreso de Ciencias del Mar, Viña del Mar, 2005.
- Gayanilo, F. C., P. Sparre & D. Pauly. 1996. The FAO- ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 8 Rome, FAO. 126 pp.
- Gayanilo, F. C. & Buzas. 1997. Surveying natural populations. Columbia University Press. New York. 563 pp.
- Ituarte, C. F., F. Cremonete & G. Deferrari. 2001. Mantle-shell complex reactions elicited by digenean metacercariae in *Gaimardia trapesina* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Gaimardiidae) from the Magellan Strait. Dis. Aquat. Organ. 124. 48:47-56.
- Jaramillo, E., E. Clasing, M. Avellanal., P. Quijón, H. Contreras, P. Rubilar & G. Jeréz 1998 Estudio biológico-pesquero de los recursos almeja, navajuela y huego en la VIII y X Regiones. PROYECTO FIP 96-46. Informe Final. 106 pp
- Jaramillo, E., O. Garrido, C. Gallardo & H. Contreras. 2003. Bases biológica para el ordenamiento de las pesquerías de almeja en la X y XI Regiones. PROYECTO FIP 2001-27. Informe Final 180 pp.
- Jonsson, R. & C. Andre. 1992. Mass mortality of the bivalve *Cerastoderma edule* on the Swedish west coast caused by infestation with the digenean trematode *Cercaria cerastodermae* I. Ophelia 36(2):151-157.
- Lay-Salas, J. 1966. Observaciones biológicas en *Eurhomalea rufa* Lam. 1818. Est. Oceanol. Chile 2: 25-39..
- Lafferty, K.D. 1993. Effects of parasitic castration on growth, reproduction and population dynamics of the marine snail *Cerithidea californica*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 96: 229–237
- Levri, E. P. and Fisher, L. 2000. The effect of a trematode (*Microphallus* sp.) on the response of the freshwater snail, *Potamopyrgus antipodarum*. to light and gravity. Behaviour 137: 1141-1151.

- Levri, E. P., Lunnen, S., Itle, C., Martin, T., Kincade, B., DeLisser, M., and Mosquea, L. 2007. Parasite-induced alteration of diurnal rhythms in a freshwater snail. *Journal of Parasitology* 93(2): 231-237
- Levri, E. P., Dillard, J. and Martin, T. 2005. Trematode infection correlates with shell shape and defense morphology in a freshwater snail. *Parasitology*. 130: 699-708.
- Lozada, E. 1989. Situación actual de los estudios sobre reproducción en moluscos bivalvos de importancia comercial en Chile. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. *Rev. Pac. Sur* pp: 355-363.
- Lozada, E. & Bustos, H. 1984. Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua* (King and Broderip, 1835) en la Bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia: Veneridae). *Rev. Biol. Mar., Valparaíso* 20: 91–112.
- Martoja, R. & Martoja Pierson, M. 1970 *Técnicas de histología animal*. Barcelona, Toray-Masson, 350 pp.
- Orellana, M. 1980. Estudios morfológicos y poblacionales de *Mulinia edulis* (King & Broderip, 1835) Gray, 1837 de Isla de los Reyes, Bahía de Concepción (36°40'S 73°02'W), Chile. (Mollusca, Bivalvia, Mactridae). Tesis para optar al Título de Licenciado en Biología. 157 pp.
- Ortiz, M. 1995. Determinación y caracterización del lugar de asentamiento de juveniles de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmestidae) en tres bahías de la IV Región. Tesis Biólogo Marino. Universidad Católica del Norte. 64 pp.
- Osorio, C. & M. Castillo. 1984. Almejas comestibles (*Venus antiqua*) infectadas por tremátodos. *Parasitología al Día* 8 :117-118.
- Osorio, C. & N. Bahamonde 1968. Moluscos Bivalvos en pesquerías chilenas. *Biol. Pesq. Chile* 3: 69-128.
- Osorio, C., D. Frassinetti & E. Bustos 1983. Taxonomía y morfometría de *Venus antiqua* (King y Broderip, 1935) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae). *Tethys*. 11 (1): 49-56.
- Osorio, C.; J. Atria & S. Mann 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biol. Pesq. Chile* 11: 3-47.

- Pauly, D. 1983. Length- converted catch curves. A powerful tool for fisheries researchs in the tropics (Part I). ICLARM Fishbyte 1(2):9-13.
- Pauly, D. 1984a. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries researchs in the tropics (Part II). ICLARM Fishbyte 2(1):17-19.
- Pauly, D. 1984b. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries researchs in the tropics (Part III Conclusion). ICLARM Fishbyte 2(3):9-10.
- Pearse, J. S. 1969. Reproductive periodicities of the Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of the Suez. 2. The Echinoid *Echinometra mathaei* (the Blainville). Bulletin of Marine Science. 19:580-6139.
- Probst, S. & Kube, J. 1999. Histopathological effects of larval trematode infections in mudsnails and their impact on host growth: What causes gigantism in *Hydrobia ventrosa* (Gastropoda: Prosobranchia)? J Exp Mar Biol Ecol 238:49-68
- Ramón, M., M. Gracenea & O. González-Moreno. 1999. *Bacciger bacciger* (Trematoda, Fellodistomidae) infection in commercial clams *Donax trunculus* (Bivalvia, Donacidae) from the sandy beaches of the Western Mediterranean. Diseases of Aquatic Organisms. 35 (1): 37-46
- Reid, D. & C. Osorio. 2000. The shallow-water marine Mollusca of the Estero Elefantes and Laguna San Rafael, southern Chile. Bull.Nat. Hist. Mus. Lond. (Zool.)66(2):109-146.
- Reimers, C. 2003. Reclutamiento de *Mulinia edulis* (King & Broderip 1832) (Bivalvia: Mactridae) en el intermareal de Bahía Yaldad, Quellón, Chiloé. Tesis presentada para optar al Grado de Licenciado en Biología Marina, Universidad Austral de Chile. 42 pp.
- Rojas, V. A. 2003. Estudio histológico del ciclo gametogénico y estimación de fecundidad potencial de *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854), en un banco natural del estuario del río Tornagaleones (Isla del Rey, Valdivia). Tesis para optar al Grado de Licenciado en Biología Marina. 39 pp.
- Ropes, J. W. 1968. Reproductive cycle of the surf clam, *Spisula solidissima*, in offshore. New Jersey. Biological Bulletin (Woods Hole) 135: 349 – 365.
- Seward-Thompson B. & J Hails 1973. An appraisal on the computation of statistical parameters in grain size analysis. Sedimentology. 11:83-98.
- Smith Trail, D. R. 1980. Behavioral interactions between parasites and hosts: host suicide and the evolution of complex life cycles. Am. Nat. 116:77-91

-
- Thieltges, D.W. 2006. Effect of infection by the metacercarial trematode *Renicola roscovita* on growth in intertidal blue mussel *Mytilus edulis*, Marine ecology-progress series, 319, 129-134.
- Thompson, S. 1992. Sampling. Jhon Wiley & Sons Inc. 1^{er} ED. USA. 347 pp.
- Turner, R. D. & P. J. Boyle. 1974 Studies of bivalve larvae using the scanning electron microscope and critical point drying. Bull. Am. Malac. Union. pp: 59-65.
- Valderrama, K., M. Oliva, B. D. Campos & D. Brown 2004. Parasitic castration of *Eurhomalea lenticularis* (Bivalvia: Veneridae) by a digenetic trematode: quantitative histological analysis. Diseases of Aquatic Organism. 59: 151-158.
- Weibel, E. R. & D. M. Gómez. 1962. Architecture of the human lung. Science 137: 577-585.
- Yoshida, M. 1952. Some observations on the maturation of the sea urchins, *Diadema setosum*. Annotationes Zoologicae Japonenses 25: 265-271.
- Zar, J. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall Inc., New Jersey. USA. 662 pp.

8 ASIGNACIÓN HORARIA AL PROYECTO.

Profesionales	Total horas	Actividad
Wolfgang Stotz	167	Coordinación y control de información; Identificación de especies, caracterización bancos, reproducción, estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad, Jefe de Proyecto
M^a Soledad Romero	746	Encargada estudio reproductivo, identificación de especies, parásitos.
Marcelo Valdebenito	448	Identificación de especies, georreferenciación bancos, estimación de parámetros de crecimiento, mortalidad, coordinar proyecto
Heraldo Contreras	25	Morfometría
Luis Caillaux	86	Muestreos poblacionales, caracterización bancos
Jaime Aburto	86	Muestreos poblacionales, caracterización bancos
Domingo Lancellotti	61	Identificación de especies, caracterización bancos.
Claudio Cerda	95	Muestreos
Sandra Baro	481	Colaboración en morfometría, muestreos reproducción
Paula Guajardo	521	Colaboración en morfometría, identificación especie
Nicol Uriola	115	Estudio ADN
Giuliano Bernal	180	Estudio ADN
Gisela Aquea	180	Estudio ADN
Total	3011	

9 ANEXOS

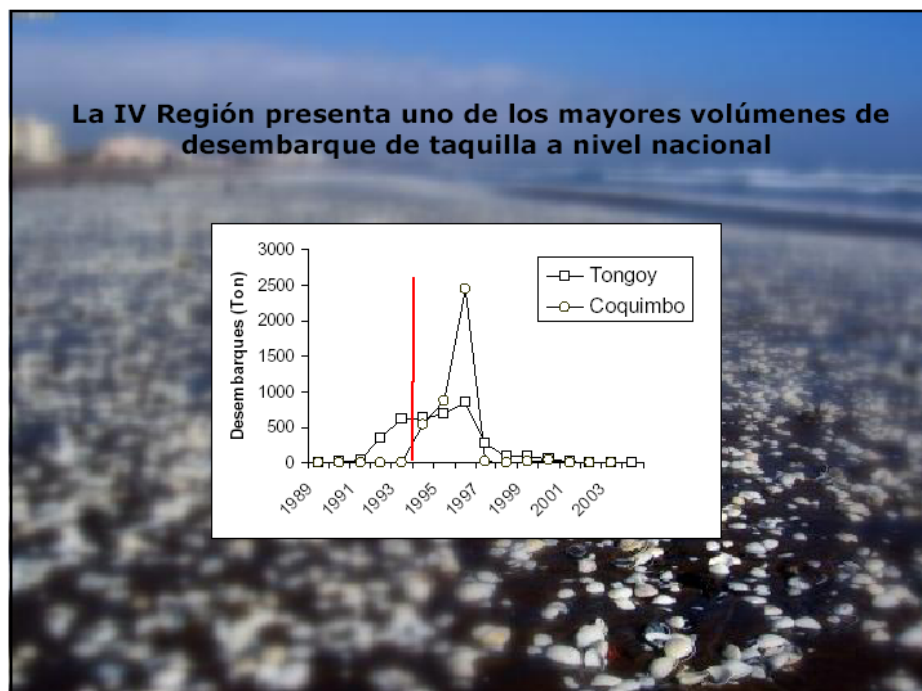
9.1 Anexo I: *Presentación del proyecto*

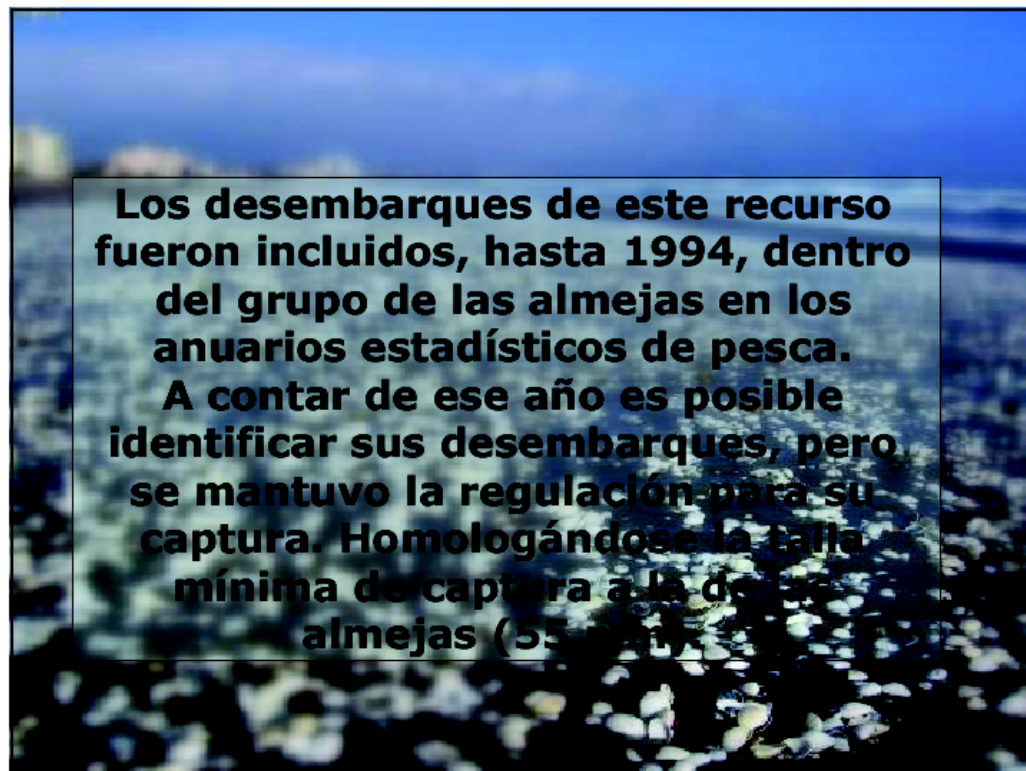
The slide features a vertical strip of images on the left showing various scenes related to the project, including people working in the field, a boat, and a person in a boat. The main text is centered and includes the project title, university affiliation, and location. Logos for the University of Chile and the Ecology and Resource Management group are also present.

PROYECTO FIP 2006-46
“ESTUDIO REPRODUCTIVO DEL RECURSO ALMEJA EN LA IV REGIÓN”

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE
 Facultad de Ciencias del Mar
 Departamento de Biología Marina
 Grupo de Ecología y Manejo de Recursos

Coquimbo, marzo de 2007







FIP – Estudió las almejas en la IV y V Regiones (Brown et al., 1999)

Mulinia edulis

**Machos maduros a los 8,9 mm
Hembras maduras a los 8,2 mm**

**Primera madurez sexual 35 mm machos
Primera madurez sexual 30 mm hembras**

**Talla Mínima de Captura
6 años**

PROYECTO FIP 2006-46

“ESTUDIO REPRODUCTIVO DEL RECURSO ALMEJA EN LA IV REGIÓN”

```

    graph TD
      A[OBJETIVO GENERAL. Determinar los parámetros de reproducción del recurso taquilla (Mulinia sp.) en la IV Región.] --> B[Objetivos específicos]
      A --> C[Objetivos de sobreoferta]
      B --> D[Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (Mulinia sp.) en la IV Región.]
      B --> E[Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.]
      B --> F[Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.]
      C --> G[Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.]
    
```

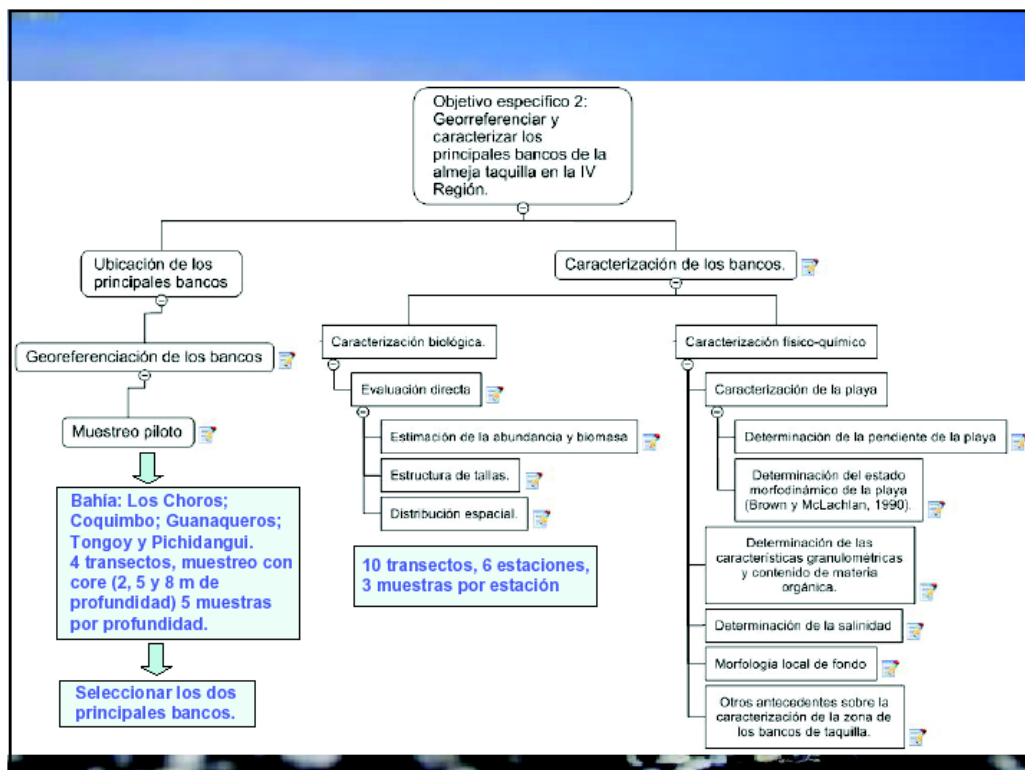
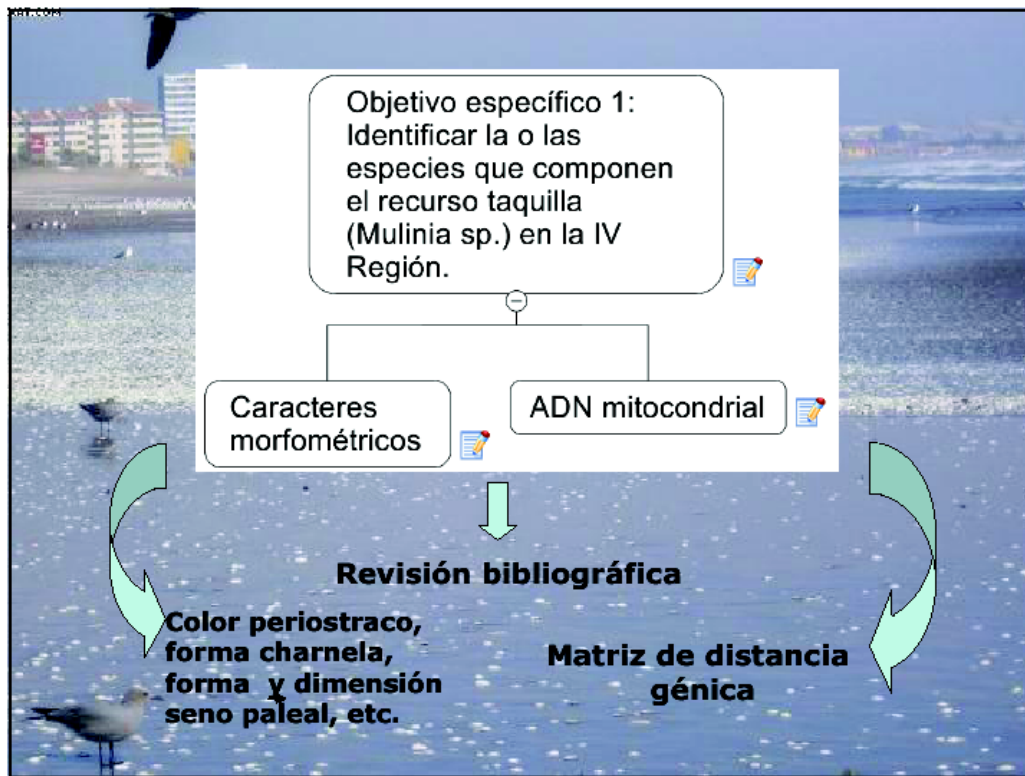
OBJETIVO GENERAL. Determinar los parámetros de reproducción del recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.

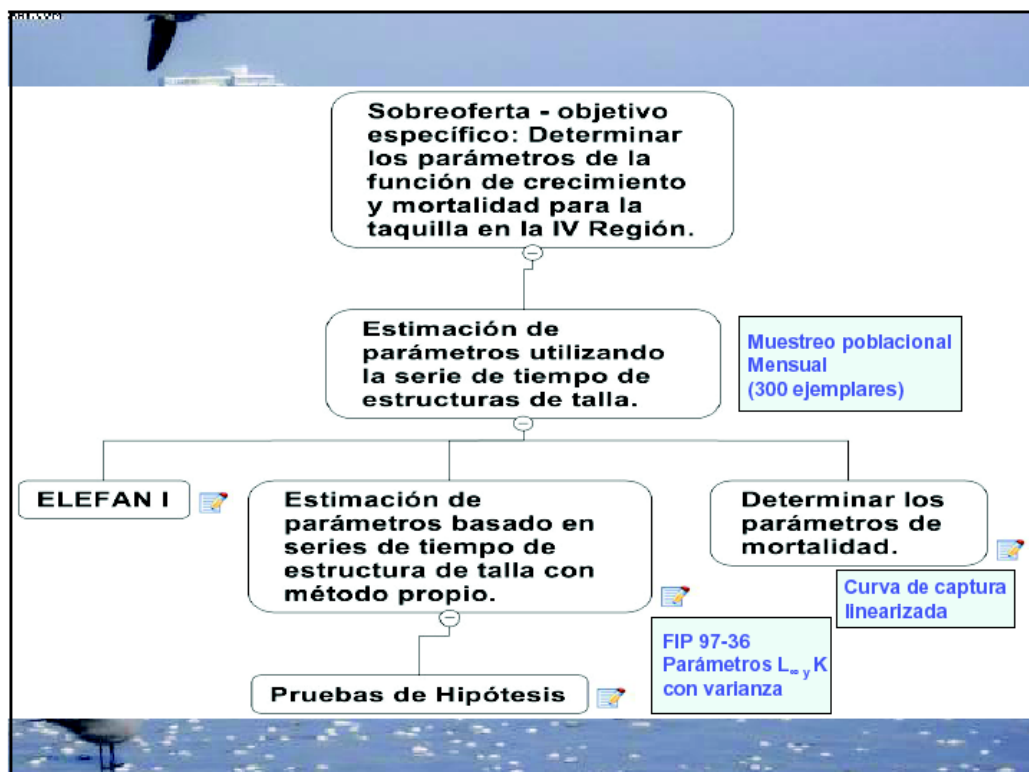
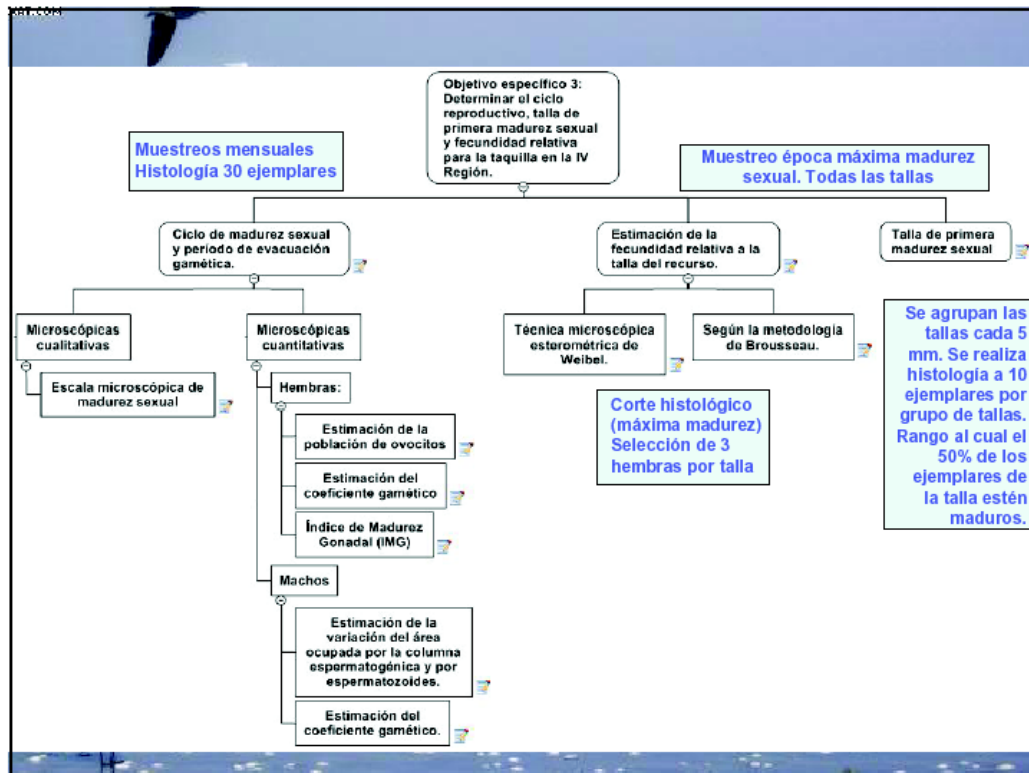
Objetivos específicos

- Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (*Mulinia* sp.) en la IV Región.
- Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.
- Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región.

Objetivos de sobreoferta

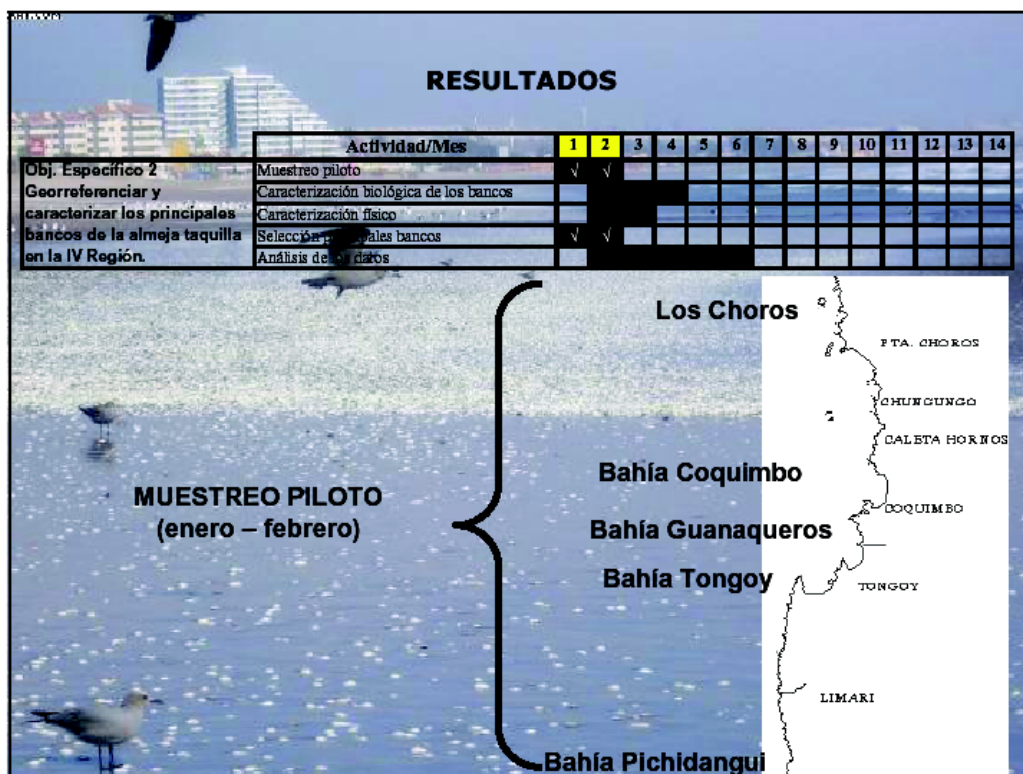
- Determinar los parámetros de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.

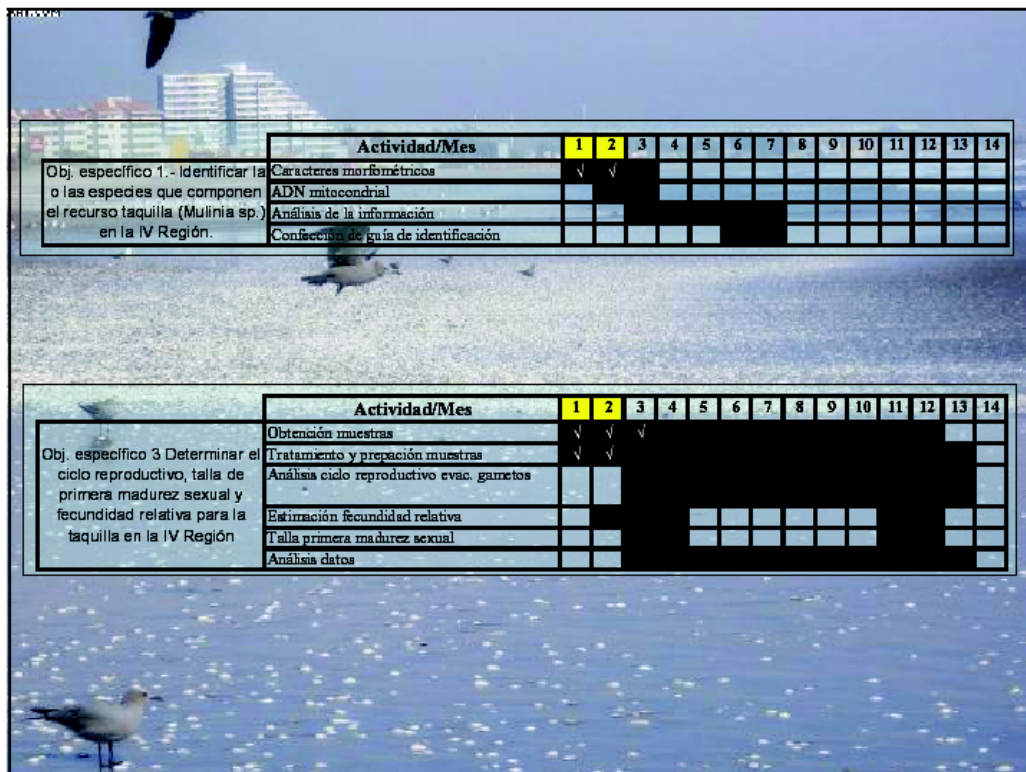
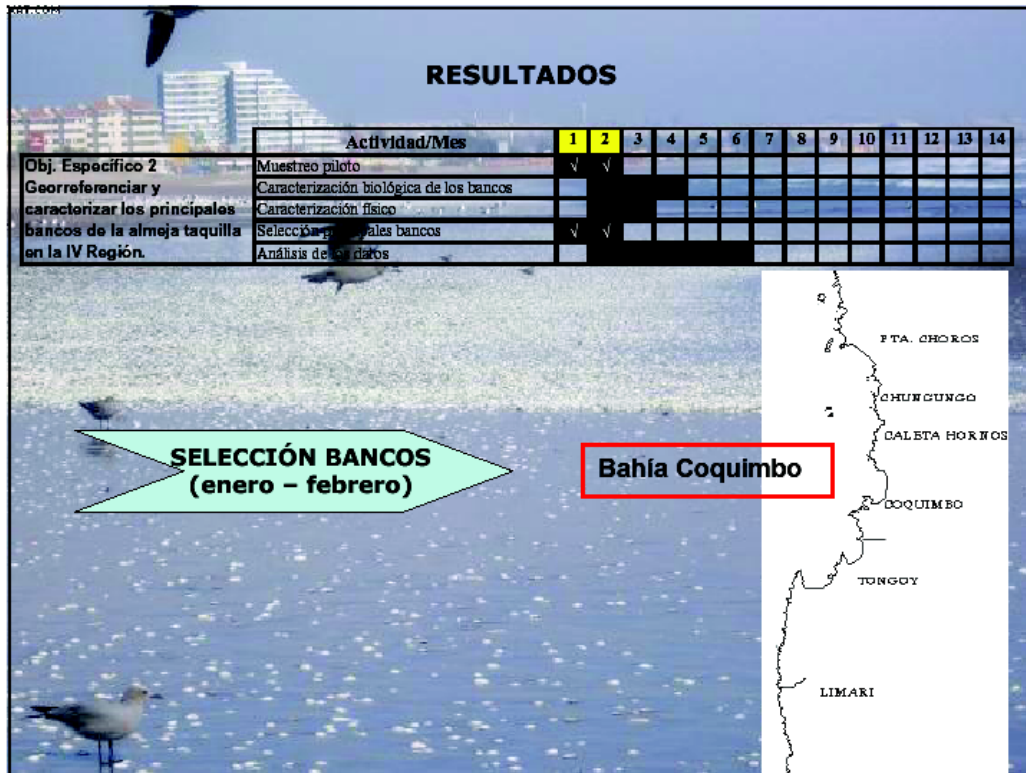


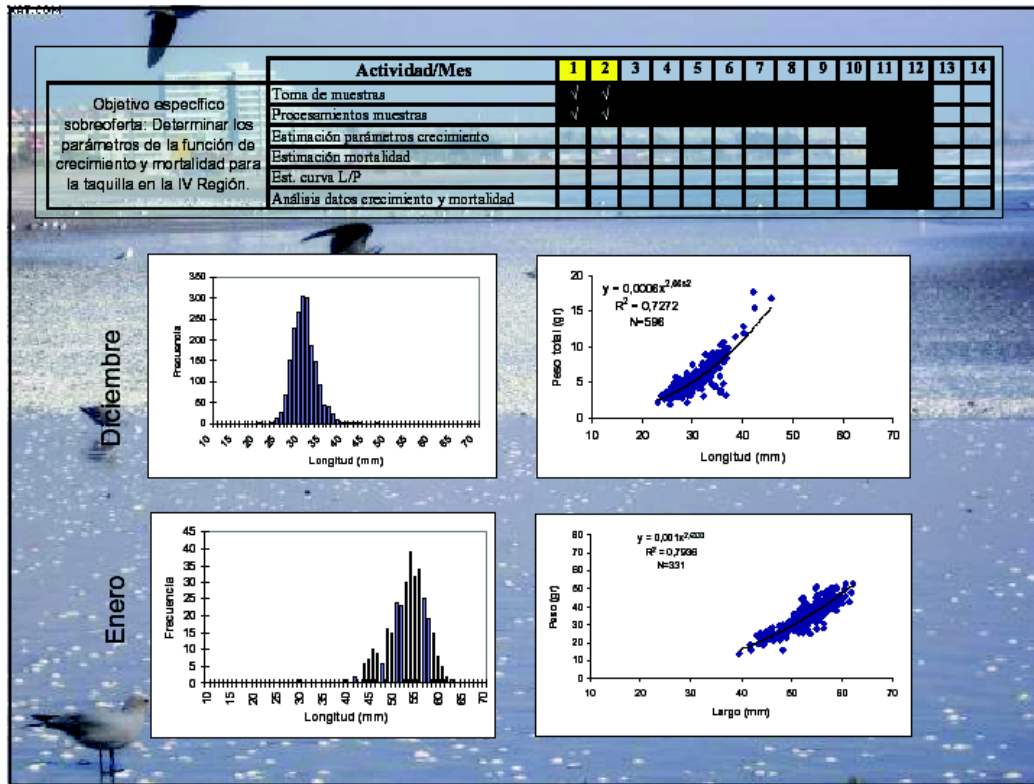


CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad/Mes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Coordinación	Coordinación equipo de trabajo														
	Taller de presentación														
	Organización muestreos														
Obj. específico 1.- Identificar la o las especies que componen el recurso taquilla (Mulinia sp.) en la IV Región.	Caracteres morfométricos														
	ADN mitocondrial														
	Análisis de la información														
	Confeción de guía de identificación														
	Muestreo piloto														
Obj. Especifico 2 Georreferenciar y caracterizar los principales bancos de la almeja taquilla en la IV Región.	Caracterización biológica de los bancos														
	Caracterización físico														
	Selección principales bancos														
	Análisis de los datos														
Obj. específico 3 Determinar el ciclo reproductivo, talla de primera madurez sexual y fecundidad relativa para la taquilla en la IV Región	Obtención muestras														
	Tratamiento y preparación muestras														
	Análisis ciclo reproductivo evac. gametos														
	Estimación fecundidad relativa														
	Talla primera madurez sexual														
	Análisis datos														
Objetivo específico sobreoferta: Determinar los parámetros de la función de crecimiento y mortalidad para la taquilla en la IV Región.	Toma de muestras														
	Procesamientos muestras														
	Estimación parámetros crecimiento														
	Estimación mortalidad														
	Est. curva L/P														
	Análisis datos crecimiento y mortalidad														
Confeción de informes	Taller de difusión														
	Informes														







9.2 Anexo II: Resúmenes de presentaciones de trabajos al Congreso de Ciencias del Mar en Iquique, mayo de 2007.

PARASITISMO DE TREMATODO DIGENEO SOBRE *Mulinia edulis* (KING & BRODERIP, 1832) EN PEÑUELAS, IV REGIÓN, CHILE

Ma. Soledad Romero, M. Valdebenito, S. Baro & W. Stotz
Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Católica del Norte
Email: msromero@ucn.cl

Los registros en Chile sobre infestación por tremátodos están referidas a la ocurrencia de estados larvales o adultos en la gónada de especies de bivalvos comerciales. Para *Mulinia edulis* existen dos informes sobre la ocurrencia de castración por tremátodos en las gónadas en Peñuelas y Yaldad. El presente trabajo evalúa la extensión de la parasitación de tremátodos en otras estructuras del cuerpo de *M. edulis* recolectadas Peñuelas durante enero-marzo de 2007. También se informa sobre la proporción de individuos castrados y características generales de los parásitos encontrados. Con dicho propósito se tomó muestras mensuales de un total 50 ejemplares las que fueron preparadas para microscopía fotónica y electrónica de barrido según protocolos de rutina. Los ejemplares de almeja midieron entre 43,27 y 64,79 mm de longitud. El 95,7% presentó parásitos enquistados en la pared del cuerpo a la altura del complejo gónada-hepatopáncreas. También se registró quistes en los sifones, pie y músculo abductor con frecuencias más bajas. El órgano que presentó el mayor grado de infestación fueron las branquias con un 100%. Las metacercarias se caracterizan por poseer una ventosa oral y una ventosa ventral sin accesorios y la pared del cuerpo con espinas ordenadas en líneas circulares. Las cercarias poseen una cabeza ovalada de 10,6 μm y una cola 11,5 μm en promedio, no bifurcada. En la cabeza se distinguen una ventosa oral y una ventral sin accesorios, espinas distribuidas en anillos y dos manchas dorsales. Se concluye que la parasitación por tremátodos abarca casi todos los tejidos *M. edulis* y que la especie no corresponde a la descrita para otros bivalvos chilenos.

Financiamiento: FIP N° 2006-46

Registro de simbioses asociados a *Mulinia edulis* (KING & BRODERIP, 1832) (Mollusca: Bivalvia: Mactridae) en ejemplares muestreados en Bahía Coquimbo
S. Baro, P. Guajardo, M. Valdebenito & W. Stotz.

Grupo de Ecología y Manejo de Recursos, Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte. Casilla 117. Coquimbo. narbona@ucn.cl, pguajardo@ucn.cl, mvalde@ucn.cl clwstotz@ucn.cl

Los registros de simbioses asociados a *M. edulis* son escasos, registrándose solo la presencia de *Polydora biocipitalis* (Blake & Woodwick, 1972), sin embargo se ha detectado la presencia la actinia *Paranthus niveus* (Lesson, 1832) y un céstodo que parasita el pie *M. edulis*. Los ejemplares fueron extraídos mensualmente (diciembre-febrero) desde Peñuelas (29°88'42.9"S–71°27'18.2"W) Bahía Coquimbo. Una vez en el laboratorio fue medida la longitud antero-posterior de cada una revisando las valvas en busca de ampollas de *P. biocipitalis* (N=2706) e incidentalmente de *Paranthus niveus* (N=330) y céstodos (N=2706). La prevalencia de *P. biocipitalis* es 19,81%, siendo predominante en tacas >45 mm, con tendencia a disminuir. En tacas <40 mm la prevalencia es baja, pero tiende a aumentar, mostrando claramente distintos grados de infestación. Para *Paranthus niveus* la prevalencia alcanza un 17,27% siendo proporcional a la talla. Con respecto a la presencia del céstodo solo se encontraron 2 individuos. El aumento de la prevalencia de *P. niveus* en tacas de mayor tamaño sugiere que no tendría un efecto negativo. Probablemente el céstodo sea *R. mesodesmatum* infiriendo entonces que *M. edulis* esté actuando como hábitat de reemplazo esto debido a que la taca es un recurso altamente fluctuante, al igual que la macha, y a que la desaparición del banco de una de estos bivalvos coincide con la reaparición de la otra.

Financiamiento: FIP N° 2006-46

9.3 Anexo III: Resúmenes de presentaciones de trabajos al Congreso de Ciencias del Mar en Viña del Mar, mayo de 2008.

Secuencia de los espaciadores internos transcritos de DNA ribosomal de *Mulinia sp.*, como herramienta de tipificación genética

Giuliano Bernal¹, Gisela Aquea², Nicol Urriola¹, Marcelo Valdebenito² & Wolfgang Stotz²

¹Facultad de Medicina, Universidad Católica del Norte

²Grupo de Ecología y Manejo de Recursos, Departamento de Biología Marina, Universidad Católica del Norte

Para el bivalvo *Mulinia sp.*, perteneciente a la familia Mactridae, no existe hasta el momento consenso al respecto de cuántas son las posibles especies presentes en la costa chilena. Con el fin de aportar a esa problemática se desarrolló un estudio genético en la especie. En este trabajo amplificamos la región ITS-1, que se ha comprobado que son genes conservados en la evolución, de dos morfos de *Mulinia*, provenientes de la bahía de Coquimbo. El segmento génico amplificado posee un tamaño molecular de 850 pb aproximadamente, en todos los individuos evaluados. Las secuencias ITS-1 de ambos grupos fueron alineadas utilizando el programa BLAST, observándose un 100% de homología, indicándonos la existencia de dos morfos de una misma especie presentes en la población, la que se debe tratar como un stock discreto en Bahía Coquimbo. El contenido GC fue del 61%, lo que es similar a lo encontrado en otras especies de bivalvos. El análisis de BLAST mostró además, que no existe homología en la secuencia de ITS-1 con especies de bivalvos pertenecientes a la familia *Veneridae*. Estos resultados confirman que esta técnica es una poderosa herramienta para tipificar especies relacionadas de forma precisa y sencilla, utilizando herramientas genéticas, y de este modo reevaluar especies clasificadas mediante taxonomía tradicional. En este caso ambas grupos evaluadas correspondieron a una misma especie taxonómica que presenta diferencia morfológica.

Financiamiento: FIP N° 2006-46

Ciclo Reproductivo y talla de primera madurez sexual de *Mulinia edulis* (King & Broderip, 1832) en Peñuelas, Coquimbo, IV Región, Chile

Ma. Soledad Romero, M. Valdebenito, S. Baro & W. Stotz
Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Católica del Norte
Email: msromero@ucn.cl

Se estudió el ciclo reproductivo de ejemplares de *Mulinia edulis* provenientes de Peñuelas, Coquimbo en el período 19 de enero de 2007 - 30 de enero de 2008. Se recolectaron 40 ejemplares mediante buceo hooka y en laboratorio se midieron, pesaron y mostraron extrayendo un trozo de mesosoma. La muestra somática fue procesada para histología según técnica corriente. Para determinar TPMS, se extrajo 154 ejemplares en marzo de 2008, período de máxima madurez. Las muestras se clasificaron en cinco estados de maduración. Se determinó que *M. edulis* posee tejido gonadal en cinco regiones asociadas al sistema digestivo, lo que imposibilita estimar índices gonadosomáticos. El ciclo gonadal de machos y hembras es coincidente, pero la frecuencia de ejemplares machos en MM y Ev Par es mayor. *M. edulis* desarrolla un ciclo casi continuo de reproducción con máximos de madurez en marzo-mayo y secundariamente noviembre a enero. El período de desove es prolongado y la evacuación parcial es frecuente. La coocurrencia de estados en un mismo individuo sugiere una recuperación paralela a la evacuación. La TPMS poblacional se estimó entre 4 a 4.5 cm. La TPMS individual correspondió a 29,94 mm en machos y 41,18 mm en hembras. El ciclo de reproducción y TPMS en Peñuelas es similar al determinado en otras regiones de Chile, pero difiere del estudio realizado en la misma localidad en 1997-98 por Brown y col (1999). La diferencia en la ocurrencia de estados y la TPMS, cercana a la informada por Cornejo y col (2006) para el Perú, podría ser explicada por la ocurrente en el Perú y en Chile en el año 1998, año de NIÑO

Financiamiento: FIP N° 2006-46