



INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 33

**Estudio biológico pesquero
del recurso macha
en la I y III Regiones**

noviembre

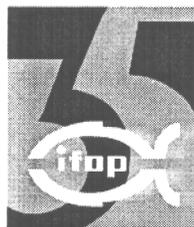
1 9 9 9

REQUIRENTE

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

EJECUTOR

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



JEFE DE PROYECTO

GABRIEL JEREZ A.

AUTORES

**GABRIEL JEREZ
LUIS ARIZ
VÍCTOR BAROS
ANDRÉS OLGUIN
JORGE GONZÁLEZ
JORGE OLIVA
VILMA OJEDA
EDUARDO DÍAZ**

COLABORADORES

**JUAN OLIVARES
NANCY NAVARRETE
CLAUDIO ROMERO
EMILIO FIGUEROA
HERMÁN LÓPEZ
ADOLFO VARGAS
CARLOS GASPAR
YASNA MUÑOZ**



RESUMEN EJECUTIVO

El Informe Final que se presenta contiene una descripción de las actividades y resultados finales del proyecto de estudio biológico pesquero del recurso macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck, 1818) para el período comprendido entre diciembre de 1997 y enero de 1999.

Originalmente, la propuesta técnica tomó como áreas de estudio a los bancos de macha de Huasco, III Región y Playa Las Machas, Arica, I Región. El primero de los sitios propuestos fue cambiado por el banco de Playa Los Choros, IV Región, debido al colapso ambiental que sufrió el banco luego de un proceso de embancamiento por aluviones por exceso de lluvias en la precordillera de la III Región, fenómeno que se asoció al evento de "EL NIÑO" de 1997. También se atribuye a este evento, la virtual desaparición del banco de Playa Las Machas en Arica, luego de cuatro meses de iniciados los muestreos (diciembre'97 a marzo'98). Si bien el período de muestreo del proyecto debería haber concluido en marzo de 1999, en la práctica se extendió por cinco meses más, luego de formular nuevos Términos Técnicos de Referencia al FIP y agregar un Tercer Informe de Avance.

El documento que se presenta contiene la totalidad de los resultados obtenidos en el período diciembre, 1997 a mayo, 1999 y contemplan los siguientes capítulos: 1) Determinación del crecimiento, 2) Validación de las determinaciones de edades, 3) Determinaciones estacionales de las relaciones longitud - peso, 4) Determinación de la clave edad – talla, 5) Estudios de crecimiento a través de marcaje y recaptura, 6) Caracterización del ciclo de madurez sexual, 6) Determinación del período de reclutamiento y reclutas, 7) Caracterización de los tipos de sustrato relacionado con el proceso de reclutamiento y, 8) Estimación de las tasas de mortalidad natural y talla crítica.



Los procesos poblacionales básicos para el recurso se resumen como sigue:

Banco Playa Las Machas, Arica, I Región	
Función de crecimiento	$L_{ap(t)} = 103,2 * (1 - e^{-0,231162*(t+0,9085)})$
Talla de primera madurez	Rango 25,0 a 30,0 mm
Epoca de reclutamiento	otoño
Tasa de mortalidad natural	M = 0,60 y M% = 45,1%.
Talla crítica	Lc = 64,6 mm
Edad Crítica	tc = 3,35 años.
Banco Playa Los Choros, IV Región	
Función de crecimiento	$L_{ap(t)} = 109,0 * (1 - e^{-0,207424*(t+0,891431)})$
Talla de primera madurez	Rango 35,0 – 40,0 mm de longitud.
Epoca de reclutamiento	otoño
Tasa de mortalidad natural	M = 0,59 y M% = 44,6%
Talla crítica	Lc = 65,9 mm
Edad Crítica	tc = 3,6 años

Cabe consignar que los resultados sobre crecimiento individual de datos de lectura de anillos y marcaje-recaptura, aspectos del reclutamiento, estimaciones de tallas mínimas de madurez, representan los primeros que se obtienen para esta especie de bivalvo, tanto en el área de estudio de la I Región como en la IV Región.

Ante la falta de antecedentes registrados en el banco de Arica, el Consejo de Investigación Pesquera consideró la necesidad de mantener un monitoreo, en dicha localidad, tanto de los ejemplares adultos como de reclutas del recurso macha, de manera de lograr maximizar la posibilidad de obtener ejemplares para las actividades comprometidas en este estudio. Por lo tanto, se extendió en 5 meses el plazo de ejecución del proyecto.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	iii
LISTA DE FIGURAS -----	vii
LISTA DE TABLAS -----	xi
1. PRESENTACIÓN -----	1
2. INTRODUCCIÓN -----	3
2.1 Antecedentes generales -----	3
2.2 Antecedentes específicos -----	3
2.1.1 Playa "Las Machas", Arica, I Región -----	3
2.1.2 Playa "Los Choros", IV Región -----	4
3. OBJETIVOS -----	7
3.1 Objetivo general -----	7
3.2 Objetivos específicos -----	7
4. INFORME DE GESTIÓN -----	9
4.1 Aspectos generales -----	9
4.2 Cobertura temporal -----	10
4.3 Análisis de datos -----	10
5. METODOLOGÍA -----	11
5.1 Selección de localidades de estudio -----	11
5.2 Cobertura temporal -----	12
5.3 Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de la macha en las regiones I y IV (objetivo 1) -----	12



5.3.1	Lectura de anillos de crecimiento -----	12
5.3.2	Validación de periodicidad de la formación de anillos de crecimiento -----	14
5.3.3	Determinación de la relación edad-talla -----	15
5.3.4	Crecimiento estacional y anual por rangos de tamaño -----	20
5.3.5	Relación talla-peso estacional y anual -----	25
5.4	Determinación y caracterización del ciclo reproductivo y ojiva de madurez de la macha en las regiones I y IV (objetivo 2) -----	29
5.4.1	Ciclo de madurez sexual de la macha -----	29
5.4.2	Períodos de evacuación gamética -----	34
5.4.3	Función de madurez y fecundidad potencial -----	35
5.4.4	Estimación de la talla mínima de madurez sexual para la macha -----	38
5.5	Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en las regiones I y IV (objetivo 3) -----	39
5.6	Estimación de la mortalidad natural de la macha en las regiones I y IV (objetivo 4) -----	40
5.7	Estimación de la talla crítica de la macha en las regiones I y IV (objetivo 5) -----	42

6. RESULTADOS

6.1	Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de la macha en las en las regiones I y IV (objetivo 1) -----	45
6.1.1	Lectura de los anillos de crecimiento -----	45
6.1.2	Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento -----	49
6.1.3	Estimador de la estructura de edades -----	50
6.1.4	Estimación de los parámetros de crecimiento -----	52
6.1.5	Determinación del crecimiento estacional y anual (Resultado del estudio de marcaje y recaptura) -----	55
6.1.6	Relaciones morfométricas -----	59
6.1.7	Relaciones gravimétricas -----	61



6.2	Determinación y caracterización del ciclo reproductivo y ojiva de madurez de la macha en las regiones I y IV (objetivo 2) -----	62
6.2.1	Aspectos generales del estudio reproductivo -----	62
6.2.2	Fecundidad potencial -----	67
6.2.3	Tamaño de primera madurez sexual -----	68
6.3	Estructura y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en las regiones I y IV (objetivo 3) -----	70
6.3.1	Aspectos del estudio gonadosomático -----	70
6.3.2	Aspectos del proceso de reclutamiento -----	73
6.4	Mortalidad natural (M) -----	75
6.5	Talla crítica (Lc) -----	76
7.	DISCUSIÓN -----	79
7.1	Determinación del proceso de crecimiento -----	79
7.2	Caracterización preliminar del ciclo de madurez sexual -----	89
7.3	Determinación y caracterización del reclutamiento -----	91
7.4	Mortalidad natural -----	91
7.5	Talla crítica -----	93
8.	CONCLUSIONES -----	95
8.1	Aspectos del proceso crecimiento -----	95
8.2	Aspectos del ciclo reproductivo -----	95
8.3	Aspectos del proceso de reclutamiento -----	96
8.4	Estimaciones de la mortalidad natural -----	96
8.5	Estimaciones de la talla y edad crítica -----	97
9.	BIBLIOGRAFÍA -----	99

FIGURAS
TABLAS



INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO



LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Desembarque Nacional de Machas por regiones. Período:1980–1998.
- Figura 2. Zona de estudio, Playa “Las Machas”. Arica, I Región con estaciones de muestreo para machas (*Mesodesma donacium*).
- Figura 3. Zona de estudio, Playa “Los Choros”. IV Región con estaciones de muestreo para machas (*Mesodesma donacium*).
- Figura 4. Distribución del incremento marginal promedio durante el período de estudio. (A) = I y IV Regiones, (B) = IV Región y edad 3.
- Figura 5. Estructura de tallas (a) y edades (b y c) de las muestras en que se estudió la edad de los bancos de machas de las playas “Las Machas”, Región I, y “Los Choros”, IV Región.
- Figura 6. Dispersión y curva de crecimiento de los bancos (a) Playa “Las Machas”, Región I y (b) Playa “Los Choros”, IV Región.
- Figura 7. Crecimiento de ejemplares recapturados. Octubre de 1998 y febrero de 1999. Playa “Los Choros”, IV Región.
- Figura 8. Crecimiento promedio de ejemplares de machas recapturadas. Octubre de 1998 y febrero de 1999. Playa “Los Choros”, IV Región.
- Figura 9. Dispersión de datos y línea de ajuste entre las variables Longitud Total, (a) Longitud desde Umbo y (b) Ancho Máximo de las valvas. I Región.
- Figura 10. Dispersión de datos y línea de ajuste entre las variables Longitud Total, (a) Longitud desde Umbo y (b) Ancho máximo de las valvas de macha. IV Región.



- Figura 11. Líneas de regresión entre las variables Longitud Total, (a) Longitud desde el Umbo y (b) Ancho máximo de las valvas de macha para los bancos “Las Machas”, Región I, y “Los Choros”, III - IV Región.
- Figura 12. Distribución mensual de estadios gonadales en hembras de *M. donacium* . Playa “Las Machas” (I Región). Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Figura 13. Distribución mensual de estadios gonadales en machos de *M. donacium* . Playa “Las Machas” (I Región). Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Figura 14. Distribución mensual de estadios gonadales de *M. donacium* . Playa “Las Machas” (I Región). Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Figura 15. Distribución mensual de estadios gonadales en hembras de *M. donacium* . Playa “Los Choros” (IV Región). Enero – agosto 1998.
- Figura 16. Distribución mensual de estadios gonadales en machos de *M. donacium* . Playa “Los Choros” (IV Región). Enero– agosto 1998.
- Figura 17. Distribución mensual de estadios gonadales de *M. donacium* . Playa “Los Choros” (IV Región). Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Figura 18. Evolución del índice gonadosomático en machos y hembras de *M. donacium*. Playa “Las Machas” (I Región). Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Figura 19. Evolución del índice gonadosomático en machos y hembras de *M. donacium*. Playa “Los Choros” (IV Región). Enero 1998 - Enero 1999.
- Figura 20. Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) Longitud total; b) Peso Total, de machas de la playa “Las Machas”, I Región.
- Figura 21. Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) Peso de Partes Blandas; b) Peso Corporal, de machas de la playa “Las Machas”, I Región.



- Figura 22. Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) Longitud total; b) Peso Total, de machas de la playa “Los Choros”, IV Región.
- Figura 23. Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) Peso de Partes Blandas; b) Peso Corporal, de machas de la playa “Los Choros”, IV Región.
- Figura 24. Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa “Las Machas”. Arica, I Región, Diciembre de 1997 a Marzo de 1998.
- Figura 25a. Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa “Los Choros”, IV Región. Enero a Mayo de 1998.
- Figura 25b. Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa “Los Choros”, IV Región. Agosto de 1998 a Enero de 1999.
- Figura 26. Curva de crecimiento estacional para macha, IV Región.



INVESTIGACION Y FOMENTO PESQUERO



LISTADO DE TABLAS

- Tabla 1. Número de muestras de macha analizadas por mes para estudio de edad.
- Tabla 2. Clave edad – talla (en número) para macha, banco de Playa “Los Choros”. Diciembre 1997 – Abril 1998.
- Tabla 3. Clave edad – talla para machas de “Los Choros”, III – IV Región, Enero 1998 – Enero 1999.
- Tabla 4. Valores de los parámetros de crecimiento de macha intervalos de confianza y medida de ajuste de la relación.
- Tabla 5. Longitud Total promedio por edad y valores de interés asociados de macha, 1998. Banco Playa “Las Machas”, I Región.
- Tabla 6. Longitud Total promedio por edad y valores de interés asociados de macha, 1998. Banco Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 7. Resumen de los estadísticos de regresión lineal entre la longitud total v/s longitud desde el umbo y longitud total v/s ancho y límites de confianza para el Banco de Playa “Las Machas”, I Región.
- Tabla 8. Resumen de los estadísticos de regresión lineal entre la longitud total v/s longitud desde el umbo y longitud total v/s ancho y límites de confianza para el Banco de Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 9. Estimaciones de los parámetros gravimétricos (a,b) de la relación longitud – peso mensual de muestras de machas (*Mesodesma donacium*) de Playa “Las Machas”. Arica, I Región.
- Tabla 10. Valores del peso promedio y su varianza por rango de talla para machas (*Mesodesma donacium*) del banco de Playa “Las Machas”. Arica, I Región, en el período de muestreo.



- Tabla 11. Estimaciones de los parámetros gravimétricos (a, b) de la relación longitud – peso mensual de muestras de machas (*Mesodesma donacium*) de Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 12. Valores del peso promedio y su varianza por rango de talla para machas (*Mesodesma donacium*) del banco de Playa “Los Choros”. Coquimbo, IV Región, en el período de muestreo.
- Tabla 13. Número y rango de tamaño de *Mesodesma donacium* extraídos por mes en la I y IV Región.
- Tabla 14. Variaciones de las frecuencias porcentuales de los diferentes estadios histológicos de la gónada de *Mesodesma donacium*. Playa “Las Machas” (I Región). (N: Número de individuos; Ob: Premadurez virginal; MD1: Madurez inicial macho; MD2: Madurez avanzada macho; MD3: Maduro macho; MR1: Regresión inicial macho; MR2: Regresión final macho; FD1: Madurez inicial hembra; FD2 Madurez avanzada hembra; FD3: Maduro hembra; FR1: Regresión inicial hembra; FR2: Regresión final hembra).
- Tabla 15. Variaciones de las frecuencias porcentuales de los diferentes estadios histológicos de la gónada de *Mesodesma donacium*. Playa “Los Choros” (IV Región). (N: Número de individuos; Ob: Premadurez virginal; MD1: Madurez inicial macho; MD2: Madurez avanzada macho; MD3: Maduro macho; MR1: Regresión inicial macho; MR2: Regresión final macho; FD1: Madurez inicial hembra; FD2 Madurez avanzada hembra; FD3: Maduro hembra; FR1: Regresión inicial hembra; FR2: Regresión final hembra).
- Tabla 16. Valores promedios mensuales del índice gonadosomático de *Mesodesma donacium*. Playa “Las Machas” (Arica, I Región).
- Tabla 17. Valores promedios mensuales del índice gonadosomático de *Mesodesma donacium*. Playa “Los Choros” (Coquimbo, IV Región).
- Tabla 18. Cuadro resumen de los resultados de fecundidad potencial y fecundidad relativa de *Mesodesma donacium* en la playa "Las Machas", Arica (I Región) y playa "Los Choros", Coquimbo (IV Región).



- Tabla 19. Parámetros del modelo ajustado entre la fecundidad potencial y las variables de Longitud Total; Peso Total; Peso Partes Blandas y Peso Corporal de ejemplares muestreados en la playa "Las Machas", Arica I Región.
- Tabla 20. Parámetros del modelo ajustado entre la fecundidad potencial y las variables de Longitud Total; Peso Total; Peso Partes Blandas y Peso Corporal de ejemplares muestreados en la playa "Los Choros", Coquimbo, IV Región.
- Tabla 21. Cuadro resumen de organización gonadal y madurez sexual en ejemplares de *Mesodesma donacium* colectados en la playa "Las Machas", Arica, I Región y "Los Choros" Coquimbo, IV Región.
- Tabla 22. Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector infralitoral, según categorías de Wentworth (1992). Playa "Las Machas", I Región. Agosto – Septiembre de 1998.
- Tabla 23. Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector mesolitoral, según categorías de Wentworth (1992). Playa "Las Machas", I Región. Agosto – Septiembre de 1998.
- Tabla 24. Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector mesolitoral, según categorías de Wentworth (1992). Playa "Las Machas", I Región. Enero – Marzo de 1999.
- Tabla 25. Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector infralitoral, según categorías de Wentworth (1992). Playa "Los Choros", IV Región.
- Tabla 26. Análisis porcentual del sedimento para el sector mesolitoral, según categorías de Wentworth (1992). Playa "Los Choros", IV Región.
- Tabla 27. Densidades promedios para zona infralitoral (machas/0,25m²). Playa "Las Machas", I Región.
- Tabla 28. Densidades promedios para zona mesolitoral (machas/0,25m²). Playa "Las Machas", I Región.



- Tabla 29. Densidades promedios (machas/0,25m²) para el total de la Playa “Las Machas”, I Región (sectores meso e infralitoral).
- Tabla 30. Densidades promedios para zona infralitoral (machas/0,25m²). Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 31. Densidades promedios para zona mesolitoral (machas/0,25m²). Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 32. Densidades promedios (machas/0,25m²) para el total de la Playa “Los Choros”, IV Región (sectores meso e infralitoral).
- Tabla 33a. Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, Playa “Las Machas”, I Región.
- Tabla 33b. Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) para la macha. Playa “Las Machas”, I Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).
- Tabla 34a. Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, Playa “Los Choros”, IV Región.
- Tabla 34b. Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) para la macha. Playa “Los Choros”, IV Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).
- Tabla 35a. Parámetros de entrada al cálculo de la Talla Crítica del recurso macha, Playa “Las Machas”, I Región.
- Tabla 35b. Valores de los parámetros de edad (tc, años) y talla crítica (Lc, mm) para la macha. Playa “Las Machas”, I Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).
- Tabla 36a. Parámetros de entrada al cálculo de la Talla Crítica del recurso macha, Playa “Los Choros”, IV Región.



- Tabla 36b. Valores de los parámetros de edad (t_c , años) y talla crítica (L_c , mm) para la macha. Playa "Los Choros", IV Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).
- Tabla 36b. Valores de los parámetros de edad (t_c , años) y talla crítica (L_c , mm) para la macha. Playa "Los Choros", IV Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).
- Tabla 37. Valores estimados de los parámetros de crecimiento para macha, **M. donacium**, en diferentes estudios.
- Tabla 38. Cálculo de longitud estimada a la edad en diferentes estudios de edad de macha, **M. donacium**.





1. PRESENTACIÓN

El presente informe corresponde al Informe Final del proyecto desarrollado en el período octubre, 1997 a mayo de 1999. Dicha ejecución se llevó a cabo en las regiones I y IV. Sin embargo, y tal como se informó oportunamente al FIP, el lugar de estudio original en la III Región que correspondía al de Playa "Las Machas" en Huasco, tuvo que ser reemplazado por el banco más próximo de similar importancia, debido a que se vio afectado por fuertes embancamientos de arena y sedimento, producto de las excepcionales crecidas del Río Huasco en la primavera de 1997. El sitio alternativo seleccionado a este lugar fue el banco de machas de Playa "Los Choros", ubicado en el límite de la IV y III Región. En consecuencia, se reemplazó el sitio de estudio de la III Región por el banco de mayor importancia más próximo, el cual correspondió al de playa "Los Choros" en la IV Región. Esto llevó a modificar los objetivos específicos indicados más adelante.

De acuerdo a lo estipulado en la Propuesta Técnica, corresponde entregar en este informe la totalidad de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto. Los cuales pueden resumirse en:

- a) Estimación del crecimiento estacional para los bancos en estudio;
- b) Validación de las estimaciones de edades;
- c) Determinaciones estacionales de las relaciones longitud-peso;
- d) Determinación de la clave talla - edad;
- e) Caracterización del ciclo reproductivo;
- f) Determinación del período de reclutamiento;
- g) Caracterización de áreas de reclutamiento en base al tipo de sustrato, y,
- h) Estimaciones de la tasa de mortalidad natural y talla crítica.





2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes generales

La pesquería de la macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck, 1818), históricamente ha sido importante para el subsector pesquero artesanal. Según las estadísticas oficiales¹, en los años 80 el desembarque nacional anual aumentó de 2.843 t en 1982 a 18.392 t en 1984 (**Fig. 1**), representando esta última cifra el 21,3 % del desembarque artesanal nacional de moluscos. Sin embargo, el desembarque descendió de 9.397 t en 1990 a 6.444 t en 1998 (8,5 % del desembarque nacional de moluscos generado por la pesca artesanal). Cabe señalar, que en 1998 el desembarque total de machas se sustentó en un 27,1 % con la actividad extractiva realizada en la I y IV Regiones. (SERNAPESCA, 1999).

De acuerdo a lo explicado en la presentación, se optó por estudiar las pesquerías de los bancos de Playa “Las Machas”, Arica (I Región) y Playa “Los Choros” (IV Región), de los cuales se entregan a continuación antecedentes específicos.

2.2 Antecedentes específicos

2.2.1 Playa “Las Machas”, Arica, I Región

Ubicación: (**Fig. 2**) Playa “Las Machas” de Arica, se ubica al noroeste de la ciudad de Arica (18°26'37" L.S.; 70°21'51" L.W.), con una extensión de 11,2 Km. El banco presenta un ancho de aproximadamente 200 m, con una superficie aproximada de 2.240.000 m². La playa se caracteriza por presentar una alta exposición al oleaje,

¹ Anuarios Estadísticos de SERNAPESCA



condición que la hace vulnerable a marejadas y fuertes vientos, intensificándose en invierno. Sobre la playa desemboca el Río Lluta con un caudal bajo, pero permanente a través de todo el año, aumentando en los meses de invierno.

Situación actual: En la actualidad, este banco ha colapsado desde el punto de vista biológico y pesquero, debido a los efectos del fenómeno de El Niño. Este evento constituye un fenómeno catastrófico natural, cuyas causas y efectos son complejos de evaluar. Cabe señalar que los pescadores artesanales que trabajaban en este banco, a partir de abril de 1998 comenzaron a emigrar a otras actividades pesqueras extractivas en la región (pesquería de pulpos) o se trasladaron a otras regiones para trabajar en los bancos de machas existentes en ellas. Desde abril de 1998 no se registra actividad extractiva de este recurso.

2.2.2 Playa “Los Choros”, IV Región

Ubicación: (Fig. 3) El banco se ubica en el extremo norte de la IV Región (29°16' L.S.; 71°20' L.W.), distante a 124 km. de la ciudad de La Serena. Posee una extensión aproximada de 14,9 km. de largo por 1,2 km. de ancho y un rango batimétrico que fluctúa entre 0 y 17,6 m (Olguín *et al.*, 1997).

Situación actual: Agentes extractivos: En este banco trabajan cuatro organizaciones de pescadores artesanales: las organizaciones gremiales de Caleta Chungungo, “Los Choros”, Caleta Punta Choros y el Sindicato de Totoralillo Norte, las que agrupan a un total de 395 personas afiliadas. En la actualidad el banco de machas sigue siendo explotado de manera intensa por una flota superior a 140 embarcaciones, cifra que significa un aumento en flota del 300% desde 1996. En la actualidad, los pescadores se han dado una cuota correspondiente a 120 kg por embarcación, la cual ha venido decreciendo desde los 500 kg en 1996 a la fecha. A favor del stock de machas y en desmedro de la pesquería puede considerarse la



existencia de malas condiciones climáticas y estado del mar durante el año 1998, situación que impidió el normal desarrollo de las actividades de muestreo en terreno, principalmente las referidas al marcaje y recaptura, estimaciones del reclutamiento y análisis sedimentológico.





3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Recopilar información básica de crecimiento y edad, reproducción, reclutamiento y mortalidad natural de la macha en la I y IV Región.

3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1** Determinar y caracterizar el crecimiento y estimar los parámetros somatométricos de la macha en las Regiones I y IV.
- 3.2.2** Determinar y caracterizar el ciclo reproductivo y ojiva de madurez de la macha en las Regiones I y IV.
- 3.2.3** Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en las Regiones I y IV.
- 3.2.4** Estimar la mortalidad natural de la macha en las Regiones I y IV.
- 3.2.5** Estimar la talla crítica de la macha en las Regiones I y IV.





4. INFORME DE GESTIÓN

4.1 Aspectos generales

De acuerdo a lo mencionado en el punto 2, el desarrollo del proyecto presentó dificultades operativas, debido a los efectos del fenómeno de “El Niño” en 1997 y 1998. En 1997, las abundantes lluvias en la cordillera de la III Región provocaron el aumento del caudal del Río Huasco, lo que generó un embancamiento de la playa “Las Machas” de Huasco. Ello obligó a reformular, de manera práctica, el proyecto en dicha zona y derivar los esfuerzos técnicos al monitoreo del actual banco de machas estudiado, en el límite de la III y IV Región, denominado Playa “Los Choros”. En la actualidad, el proyecto se desarrolla normalmente en esta zona.

Por su parte, en 1998, el mismo fenómeno, afectó al banco de machas de Arica, generando una mortalidad masiva a lo largo de toda la playa, impidiendo conseguir un número suficiente de ejemplares para mantener los estudios reproductivos y el resto de los muestreos comprometidos en la propuesta técnica. Esta situación ha sido re-evaluada y con acuerdo del FIP, se programó mantener los muestreos en dicha localidad, tanto de los ejemplares adultos como de reclutas, de manera de lograr maximizar la posibilidad de obtener ejemplares para las actividades comprometidas. Por lo tanto, se extendió el proyecto en 5 meses, según lo establecido en el documento: “Propuesta Técnica Complementaria FIP N° 97-33 Estudio Biológico Pesquero del Recurso macha en la I y III Regiones”, que fue aprobado por el Consejo de Investigación Pesquera.



4.2. Cobertura temporal

De acuerdo, a las bases, propuesta técnica original y complementaria, el proyecto tiene una duración de 18 meses, de los cuales en 12, en forma consecutiva, se han realizado muestreos en la localidad de “Los Choros”, y en 15 meses se realizaron similares muestreos en la localidad de Arica. Hasta la fecha se han completado los 12 meses de muestreos en “Los Choros” (enero a diciembre de 1998), mientras que en Arica se continuó con los muestreos hasta el mes de mayo de 1999.

4.3 Análisis de datos

Se analiza, interpreta y compara la información de acuerdo al siguiente esquema:

- Determinación del crecimiento estacional.
- Validación de las determinaciones de edades.
- Determinaciones estacionales de las relaciones longitud - peso.
- Determinación de la clave edad – talla.
- Caracterización preliminar del ciclo de madurez sexual.
- Determinación preliminar del período de reclutamiento y reclutas.
- Caracterización de las zonas de reclutamiento: tipo de sustrato y presencia de machas adultas.
- Estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural y de la talla crítica.



5. METODOLOGÍA

5.1 Selección de localidades de estudio

De acuerdo a los Términos de la Propuesta Técnica, los criterios para la selección de los puntos de muestreos, conciliaron aspectos de desembarques históricos, experiencia de IFOP en estudios de pesquerías afines y nivel organizacional de los pescadores locales. Respecto a estos criterios podemos señalar:

- Así, en los años 90, el desembarque de macha de la I y III Regiones estuvo sustentado por la actividad extractiva de las playas “Las Machas” y Huasco. En este período, el aporte al desembarque nacional, de estas dos playas fue de 24,6%. Este criterio se utilizó, también, para seleccionar el banco de playa “Los Choros”, IV Región que reemplazó en el estudio al de la III Región.
- Respecto a los aspectos organizacionales de los pescadores locales, se considera que reviste importancia el grado de percepción que los pescadores tengan del investigador pesquero. La aplicación de cualquier medida que se derive de algún estudio específico, tiene más probabilidades de éxito cuando los usuarios comprenden desde el comienzo el sentido de una investigación, y más aún si existen nexos de confianza entre el investigador y pescador. En este caso, el aporte de los pescadores pertenecientes a las organizaciones con las cuales se trabaja, se traduce en conocimiento empírico, embarcaciones, y otros, lo cual ha sido importante para optimizar recursos y para entender mejor la dinámica de las pesquerías locales y del recurso.
- También, en ambos lugares se han realizado estudios, en virtud de acuerdos institucionales. Actualmente, existe un convenio de cooperación con los pescadores



”macheros” de Arica, en el campo de las “Áreas de Manejo”: Con los pescadores de Huasco, existe convenio en el marco del “Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Proyecto Investigación Situación Pesquerías Bentónicas, 1998 y 1999”. Este criterio permaneció para efectos de seleccionar el banco de playa “Los Choros”, IV Región.

5.2 Cobertura temporal

De acuerdo, a lo comprometido en las bases y propuestas técnicas original y complementaria, el proyecto tuvo una duración total de 18 meses, de los cuales en 12, en forma consecutiva, se monitoreó la localidad de “Los Choros” .En Arica, la actividad de monitoreo se extendió durante 15 meses.

Se realizaron muestreos en las localidades seleccionadas para la determinación de edad, crecimiento, reclutamiento y ciclo reproductivo.

5.3 Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de la macha en las regiones I y IV (objetivo 1)

5.3.1 Lectura de anillos de crecimiento

En su medio natural la macha acumula en sus valvas una gran cantidad de material orgánico, que bajo ciertos procedimientos, puede ser liberado dejando expuesto un patrón de anillos de crecimiento susceptibles de ser analizados. Esta metodología ha sido utilizada con éxito en especies de almejas (Bustos *et al.*, 1981; Zegers y Peña, 1983; Reyes *et al.*, 1994) y otros moluscos (Bustos *et al.*, 1986; Reyes *et al.*, 1995), por lo que su utilización es completamente válida.



Para la obtención de las muestras, en cada una de las playas seleccionadas para el estudio se realizó, un muestreo piloto a fin de conocer la estructura de tallas poblacional, que permitió seleccionar el tamaño mínimo de muestra. Posteriormente, se realizó un submuestreo para edad, que consistió en seleccionar una muestra representativa de ejemplares, a lo largo de todo el rango de tallas y en un número suficiente para permitir conocer todas las edades que componen cada intervalo de clase. Esta submuestra se extrajo, en forma periódica, en base mensual a través del año. A cada ejemplar se le registró:

- Lt = Medida desde el umbo al borde de la concha.
- Al = Altura que equivale a la distancia máxima del borde dorsal al ventral.
- An = Ancho máximo.

Para el análisis en laboratorio de la lectura de anillos, se eligió solamente las valvas izquierdas para evitar repetir el análisis de un mismo ejemplar. La lectura de anillos de organismos pequeños se efectuó mediante la observación a simple vista por transparencia, colocando una luz potente detrás de la valva. En el caso de individuos grandes, que poseen valvas más gruesas, se recurrió a la descalcificación con HCl al 10%, durante 5 a 30 minutos, tiempo que dependió del tamaño, cualidades de la concha por especie y número de muestras que se traten por solución.

Los anillos de crecimiento, considerados como verdaderos, fueron aquellos que era posible seguir a lo largo de todo el recorrido, de extremo a extremo en la valva. Una vez identificado un anillo con estas características, fue marcado en un extremo con un lápiz, para seguir discriminando los próximos. Los ejemplares se agruparon de acuerdo al número de anillos, obteniéndose la longitud promedio de cada anillo para cada grupo de edad.



5.3.2 Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento

La cara interna de las valvas permite observar la existencia de marcas de crecimiento, mientras que los anillos, propiamente tal, se observan por la cara externa de la concha. El anillo de crecimiento, es una marca producida por cambios en la tasa de crecimiento. En este estudio, cada anillo se consideró, *a priori*, equivalente a un año de vida y para confirmar o validar el supuesto de que éstos son anuales se realizaron los siguientes análisis:

a) Análisis del tipo de borde

Este método se basa en la distinción de zonas de crecimiento rápido y lento, presentes en la periferia de la valva. El análisis se realizó mes a mes, lo que permitió, al cabo de un año, tener la posibilidad de conocer la periodicidad en que se forman los anillos en un ciclo anual (estacionalidad). Esta metodología ha sido utilizada con éxito en especies de almejas por Reyes *et al.* (1994).

b) Análisis de incremento marginal

Este método es una medida relativa del incremento marginal del anillo con respecto a la zona de crecimiento anterior del mismo. Se calculó en base a medidas referidas al largo umbo-borde menos la longitud del último anillo en razón a la diferencia entre la longitud del último anillo menos la longitud del penúltimo anillo, lo que queda expresado como:

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



donde:

R	=	Longitud total
R _n	=	Longitud del último anillo
R _{n-1}	=	Longitud del penúltimo anillo

5.3.3 Determinación de la relación edad-talla

Con el objeto de determinar la relación edad - talla de la macha, se procedió a construir una clave talla edad de acuerdo al procedimiento definido por Southward (1976).

a) Estimador de la estructura de edad P_r^*

Para la construcción de la estructura de edad, se procedió a la realización de un diseño de muestreo bi-etápico. El primer muestreo corresponde a un muestreo aleatorio simple de ejemplares para la obtención de la distribución de longitud, posteriormente, se realizó un muestreo estratificado que permitió la obtención de la clave talla - edad y la estructura de edad de la población.

La estructura de edad se estimó mediante el siguiente estimador:

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



donde:

- r : edad
- k : clase de talla
- p_r^* : proporción de ejemplares de edad 'r'
- p_k : proporción de ejemplares de longitud 'k'
- q_{kr} : proporción de ejemplares de longitud 'k' y edad 'r'

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

- n_k : ejemplares de longitud 'k' en la muestra de tamaño 'n'
- n : muestra de longitud

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

- m_{kr} : ejemplares de talla 'k' y edad 'r' en la muestra de edad m_k
- m_k : muestra de ejemplares de talla o longitud 'k' para la estimación de la edad.

b) Estimación de la varianza de p_r^* ; p_k y q_{kr}

La estimación de las respectivas varianzas se hizo mediante los estimadores

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



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

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

c) Determinación de tamaño de muestra

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

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

$$n \in \mathbb{R}^+$$

donde p_k^- y p_k^+ son los límites superior e inferior del k -ésimo parámetro P_k y \mathbb{R}^+ es el conjunto de números reales positivos (Bromaghin, 1993).

La solución dada por Tortora (1978), para tamaños de muestra ante diferentes combinaciones de riesgo " α ", error ' d ' y número de clases de talla ' k ' se presenta en el cuadro 1, para algunos casos particulares.

$$\alpha = 0,05; \quad d = 0,05, 0,075 \text{ y } 0,10; \quad k = 2,3...24$$



Cuadro 1. Tamaño de muestra de longitud

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

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



d) Estimación de los parámetros de crecimiento

El crecimiento de esta especie se expresado mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Beverton y Holt, 1957), cuya expresión es:

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

- L_{∞} = longitud asintótica (cm), que corresponde a la longitud promedio que alcanzarían los ejemplares si crecieran indefinidamente.
- k = coeficiente de crecimiento
- t_0 = edad hipotética del ejemplar (años) cuando su longitud es cero

La información básica es la totalidad de las observaciones de talla-edad actual que se genera al contar los anillos, obteniendo la edad al momento de la captura del individuo. El modelo de crecimiento es ajustado a los datos de edad y longitud empleando modelos de ajuste no lineal de software estadísticos apropiados para el ajuste.

El procedimiento de minimización de cuadrados, tiene la expresión:

$$SSD = \sum_{i=1}^n [L_i - L_{\infty} * (1 - e^{-k \cdot (t - t_0)})]^2$$

El proceso de ajuste es iterativo, pudiendo tomar como punto de partida los parámetros de crecimiento estimados por metodologías como la de Ford-Walford (1976, *fide* Ricker, 1975), Allen (1966) u otros métodos que trabajan basados en las longitudes promedios a la edad.



5.3.4 Crecimiento estacional y anual por rangos de tamaño

El proceso de crecimiento constituye un aspecto central en el estudio de la dinámica de poblaciones naturales y parte relevante en la evaluación de stock de recursos pesqueros y su administración. Este proceso puede ser visto desde la perspectiva del conjunto de individuos de la población (crecimiento poblacional) o de un individuo en particular (crecimiento individual). Este último tipo ha sido ampliamente estudiado en moluscos bivalvos, mediante algunos métodos. Defeo *et al.*, 1988 resume, exhaustivamente, diferentes tipos de métodos para estimar el crecimiento individual y proporciona un conjunto de consideraciones metodológicas que, en definitiva, señalan la necesidad de aplicar más de un método, simultáneamente, para obtener parámetros verosímiles de este proceso. IFOP, por su parte, ha realizado investigaciones en crecimiento de almejas (*Venus antiqua* y *Gari solida*) en la X Región durante los años 1980, 1992 a 1994, utilizando método de lectura de anillos, marcaje en terreno (Bustos *et al.*, 1981; Reyes *et al.*, 1993; 1994 y 1995) y ajuste de curvas polimodales (Jerez, 1991).

La determinación del proceso de crecimiento estacional y anual de la macha en las localidades seleccionadas en el proyecto, se efectuó mediante un programa de marcaje con reposición en terreno y a través de la lectura de anillos de crecimiento. El propósito de este programa consistió en someter a los ejemplares seleccionados a condiciones naturales de crecimiento, tanto de sustrato como de densidad y alimentación, aprovechando las facilidades que otorgaron las respectivas organizaciones de pescadores en cada una de las regiones donde se desarrolló el proyecto y que se enmarcó en el ámbito de cooperación que existe entre IFOP y estas organizaciones.



a) Marcaje y recaptura

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

El proceso de crecimiento se verificó mediante el registro de dos medidas de longitud, el eje mayor dorso-ventral (umbo al borde valvar) y el eje mayor antero-posterior, para cada ejemplar de un grupo de talla modal definido. Cada ejemplar se midió con un pie de metro de precisión 0,1 mm, y luego fue marcado mediante una clave de letras y números (la marca se efectuó con lápices marcadores indelebles, resistentes al agua y se recubrió con esmalte transparente).

Una vez marcados los diferentes grupos de talla, se procedió a instalarlos dentro de una zona delimitada de aproximadamente, 25-35 m², en sectores de sustratos submareales arenosos.

Banco de playa "Las Machas" de Arica, (I Región)

Durante el año 1998 se marcaron ejemplares de machas en dos oportunidades: enero (2.290 ejemplares) y marzo (1.500 ejemplares). En ambos casos las muestras colectadas abarcaron el total de tallas presentes en el área en ese momento, sin embargo, en los muestreos posteriores a los meses señalados no se recuperó ningún ejemplar marcado.



Banco de playa "Los Choros" (III – IV Región)

Se marcó un total de 617 ejemplares en marzo y 860 en abril. Durante mayo, pescadores artesanales recuperaron 3 ejemplares. En los meses siguientes, no se recuperó ningún ejemplar.

Considerando los resultados de las recapturas, en agosto se procedió a realizar un nuevo marcaje (1.200 ejemplares), logrando recapturas de ejemplares en octubre de 1998 y febrero de 1999.

b) Crecimiento estacional por rango de talla

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

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

donde:

- i = ejemplar medido, $i=1,2,\dots,n$, con $n= 150$
- j = talla final L_j , $j = 1,2,\dots,8$
- j-1 = talla referencial inicial
- L_{ij} = talla final del ejemplar "i" en el instante t_j
- t_{j-1} = fecha correspondiente al primer registro de longitud del grupo de talla j-1
- t_j = fecha correspondiente al segundo registro de longitud del grupo de talla j



- Estimador del crecimiento medio

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

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

donde :

$$\Delta t = t_j - t_{j-1}$$

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

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

- Estimador de la varianza de la tasa absoluta de crecimiento medio estacional (r_{ej})

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

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

donde:

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

$$\text{con } j = 1, 2, \dots, 8$$



- Estimación de la precisión del estimador del incremento medio estacional

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

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

c) Crecimiento anual por rango de talla

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

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

donde:

- L_{ij} = talla media en mm del grupo de talla "i" en tiempo final
- L_{j-1} = talla media en mm del grupo de talla "j-1" en tiempo inicial
- t_j = fecha correspondiente al último registro de longitud del grupo de talla "i"
- t_{j-1} = fecha correspondiente al primer registro de longitud del grupo de talla "i"

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



d) Supuestos del programa de marcaje y recaptura

El programa de marcaje y recaptura se basa en los supuestos de que:

- La unidad experimental de marcaje representa un hábitat natural para los ejemplares en estudio.
- Durante el período de estudio, las pérdidas por causas de la pesca son irrelevantes, dado la protección y apoyo de las organizaciones de pescadores de las zonas de experimentación.
- La marca aplicada a cada ejemplar no aumenta la mortalidad natural de las almejas.
- La manipulación de los ejemplares, al momento de medirlos, no influye en el proceso de crecimiento de los mismos.

5.3.5 Relación talla-peso estacional y anual

a) Diseño de muestreo

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

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

$$w = al^b$$



b) Estimación de los parámetros “a” y “b” de la relación talla - peso

Los parámetros “a” y “b” son estimados a través del método de mínimos cuadrados previa linealización de la relación talla - peso.

La estructura de estos estimadores es respectivamente

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

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

donde,

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

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

i : Identifica al ejemplar examinado

i = 1,2,...,m

m: Tamaño de muestra

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

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

w_i = peso del ejemplar ‘i’ de la muestra

l_i = longitud del ejemplar ‘i’ de la muestra



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

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

c) Estimación de la relación talla - peso

La relación talla - peso fue calculada por medio del estimador dado por:

$$\bar{w}_k = \hat{a} l_k$$

donde,

k : indica la clase de talla

\bar{w}_k : peso medio estimado de los ejemplares que pertenecen a la clase de talla k

d) Estimación de la varianza de \bar{w}_k

La varianza del estimador \bar{w}_k fue estimada mediante la relación:

$$\hat{V}[\bar{w}_k] = \frac{1}{m_k - 2} \sum_{j=1}^{m_k} [w_{jk} - \bar{w}_k]^2$$

donde:

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

k : indica la clase de talla

m_k : muestra de ejemplares de la clase de talla 'k'



e) Determinación del tamaño de muestra por clase de talla y total

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

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

donde

W_k : peso de la clase de talla k

dado por la relación:

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

n_0 : muestra piloto (o histórica)

n_{k0} : ejemplares de talla k en la muestra piloto

S_k^2 : varianza de los pesos de la talla k

$$S_k^2 = \hat{V}(\bar{w}_k)$$

V : varianza total

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



5.4 Determinación y caracterización del ciclo reproductivo y ojiva de madurez de la macha en las regiones I y IV (objetivo 2).

5.4.1 Ciclo de madurez sexual de la macha

Se consideró un período de 12 meses de muestreo. Se colectaron 30 ejemplares por mes, sexo y región (I y IV). El número de ejemplares se aumentó durante el período de máxima actividad reproductiva, con el objeto de lograr una estimación adecuada de los parámetros reproductivos.

Se registró la longitud máxima (medida desde el borde anterior al posterior de las valvas), el peso total y el peso de las partes blandas. Estas últimas se fijaron en solución de Bouin. Una vez fijadas las muestras, se lavaron y se deshidrataron mediante una serie de baños en alcohol de graduación creciente hasta alcanzar los 100°. Posteriormente, se incluyeron en histosec, utilizando previamente baños de xilol o toluol, y enseguida se sumergieron en histosec de 56-58°C de punto de fusión. Una vez impregnados en ella, se procedió a construir los bloques donde quedó inmersa la muestra para cortarla más tarde. Los cortes de 5 micrones de espesor se efectuaron en un micrótopo rotatorio, éstos fueron recogidos, sumergidos en agua y montados en un porta objeto, dejándose en una estufa de secado, para luego continuar con su tratamiento de tinción, iniciándose con la extracción del histosec mediante xilol o toluol, continuando con una batería de alcoholes decrecientes hasta llegar a la deshidratación total. La tinción se efectuó con hematoxilina-eosina, colocándose después del proceso un cubre-objeto impregnado con entellan o permount para luego estudiarla al microscopio de luz.

Cuando existen evidencias de cierta falta de consistencia en una escala macroscópica de madurez, es necesario recurrir a los estudios histológicos con la finalidad de precisar los estados de madurez sexual y conocer en detalle el ciclo



reproductivo del organismo. Para la caracterización de los estados de maduración sexual de la macha en las zonas de estudio se definió:

a) Análisis cualitativo de la morfología gonadal a nivel de microscopía óptica

Cada animal de la muestra mensual se clasificó en estadios histológicos del tejido gonadal de acuerdo a la escala desarrollada por Jerez y Ariz (1995) para la macha complementada con la escala descrita para el culengue (*Gari solida*) por Asencio *et al.* (1996).

a.1) Estadios histológicos de la gónada en inmaduros

O : Inmadurez virginal : Estado que se caracteriza por la ausencia de tejido gonadal, folículos y célula germinativa. Sólo presenta tejido conectivo. Corresponden a individuos indiferenciados sexualmente.

Ob : Premadurez virginal : Activa formación y proliferación de folículos en el tejido gonadal, el cual ha crecido desplazando al conectivo. En el interior de los folículos de ambos sexos se diferencian las primeras ovogonias y espermatogonias en la pared folicular. En hembras se aprecian los primeros ovocitos previtelogénicos y en machos los primeros espermatoцитos adheridos a la pared folicular. Abundante tejido conectivo entre los folículos.

a.2) Estadios histológicos de la gónada en los machos.

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

Folículos gonadales pequeños, con tejido de células somáticas vesiculares intrafoliculares. La línea germinal puede estar representada por grupos de



espermatogonias en proliferación próximas a las paredes de los folículos (o basales), espermatocitos en diferentes fases de la meiosis, y hasta las primeras espermátidas en escasa cantidad. Estas generaciones de células están comúnmente organizadas en grupos cuneiformes hacia el centro del acino, rodeados de tejido somático intrafolicular. Este estado incluye desde línea germinal incompleta hasta completa con escasas espermátidas de núcleo compacto.

MD2: (Masculino, desarrollado estado 2): Madurez Avanzada

Folículos gonadales de mayor tamaño. Las células somáticas intrafoliculares han disminuido, permaneciendo como islotes basales en el folículo. Es característica la línea germinal completa con un notable incremento de espermátidas, especialmente aquellas diferenciadas de núcleo compacto basófilo. Los cúmulos de células germinales han repoblado los folículos casi totalmente, organizándose una banda ancha de espermatogonias y espermatocitos, mientras las espermátidas forman columnas triangulares alargadas con sus colas hacia el centro del folículo.

MD3: (Masculino, Desarrollado estado 3): Maduro

Folículos de gran tamaño, de aspecto lobulado. La repoblación de los folículos por las células germinales es completa. No hay tejido intrafolicular de células somáticas. Las espermatogonias y espermatocitos están limitados a una estrecha banda basal en los folículos. Estos están repletos de espermátidas organizadas en bandas radiales hacia el centro de cada folículo o de espermatozoides desorganizados colmando el lumen del folículo.



MR1: (Masculino, Regresión estado 1): Regresión Inicial

Signos de evacuación de gametos. Folículos de aspecto estrellado por los límites ligeramente colapsados con espermatozoides en menor cantidad que el estado anterior, desorganizados de las bandas radiales y semejando corrientes de evacuación. En algunos casos hay evidencia de reorganización basal incipiente del tejido somático intrafolicular.

MR2: (Masculino, Regresión estado 2): Regresión Final o Evacuación Total

Folículos de pequeño tamaño. El tejido somático intrafolicular reorganizado totalmente llena los folículos. La línea germinal está representada por espermatogonias troncales basales y sólo escasos espermatozoides residuales, que permiten diferenciar el sexo en este estado.

a.3) Estadios histológicos de las gónadas en las hembras

FD1: (Femenino, Desarrollado estado 1). Madurez Inicial

Folículos gonadales pequeños, con tejido de células somáticas vesiculosas intravesiculares. La línea germinal característica está representada por ovogonias en proliferación, ovocitos previtelogénicos en profase meiótica, ovocitos previtelogénicos que han detenido su evolución meiótica con vesícula germinativa circular pequeña, nucléolo evidente y escaso citoplasma. La presencia de algunos ovocitos de mayor tamaño por crecimiento de la vesícula germinativa y aumento del citoplasma son evidencia del comienzo de la vitelogénesis.

Estas células germinales están ampliamente adheridas a las paredes de los folículos gonadales, y a veces ligeramente pedunculadas.



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

Folículos gonadales de mayor tamaño. Disminución del tejido somático intrafolicular. Aumento evidente de la cantidad de ovocitos vitelogénicos adheridos y pedunculados asociados a las paredes foliculares. En el lumen de los folículos ya se observan ovocitos vitelogénicos libres.

FD3: (Femenino, Regresión estado 3). Maduro

Folículos gonadales de gran tamaño y lobulados, con células germinales que los han repoblado completamente. No hay tejidos somáticos intrafoliculares. La generación de células germinales predominantes corresponde a los ovocitos vitelogénicos libres totalmente desarrollados que, al llenar los folículos, en algunos casos adoptan formas poliédricas.

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

Evidencia de inicio de la evacuación de gametos. Folículos gonadales de menor tamaño que eventualmente presentan reorganizaciones del tejido somático intrafolicular en islotes basales. Disminución de la cantidad de ovocitos vitelogénicos libres, algunos de ellos con signo de degeneración.

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

Folículos de pequeño tamaño, con tejido somático intrafolicular reorganizado totalmente. Asociadas a las paredes foliculares solo permanecen las ovogonias troncales y algunos ovocitos previtelogénicos residuales. En algunos casos es posible observar ovocitos vitelogénicos libres, que no fueron evacuados, rodeados



por el tejido intrafolicular. Eventualmente pueden existir amebocitos en grupos dentro de algunos folículos.

b) Análisis de las variaciones del índice gonadosomático

Este índice relaciona el peso de la gónada y el peso de las partes blandas, permitiendo obtener una estimación aproximada y general de los sucesos fisiológicos que ocurren en la gónada. Además, de ser útil como una medida del grado de madurez del ovario, también sirve como indicador del período de desove, con sus respectivas fluctuaciones estacionales. Se expresa por :

$$IGS = (PG \div PPB) \times 100$$

donde:

PG = Peso de la gónada
PPB = Peso partes blandas

5.4.2 Períodos de evacuación gamética

La época de evacuación gamética se determinó por métodos directos e indirectos. El método directo para estimarla es por estudios histológicos de los estados de madurez sexual y el indirecto a través del análisis del IGS en el tiempo.

• Método directo

Estudio histológico: Se basa en las observaciones histológicas de las fases de madurez sexual durante un año, las técnicas histológicas contribuyen eficazmente al



conocimiento preciso de la biología reproductiva de los organismos, ya que por intermedio de ellas se puede conocer las variaciones del ciclo ovárico y testicular, señalando los cambios estructurales de dichos órganos, así como los estados sexuales, teniendo como base los diferentes tipos de ovocitos y espermatoцитos y la proporción en que ellos se presentan.

Mediante muestreos mensuales durante un año y a través del análisis histológico, se determinará la época y el ciclo estacional de evacuación de la macha.

• Método indirecto

Análisis del IGS. El método se basa en determinar los valores promedios mensuales del IGS a través del tiempo (12 meses) y observar la tendencia. El método del análisis del IGS es rápido, sencillo y práctico en la determinación de la época de evacuación.

Sobre la base de la coincidencia de estos métodos se estableció los períodos de evacuación gamética.

5.4.3 Función de madurez y fecundidad potencial

Para estimar la proporción de ejemplares maduros por rango de tallas se determinó la frecuencia de ejemplares con desarrollo gonadal.

Para la estimación de la fecundidad potencial, o el número total de ovocitos susceptibles de ser evacuados por un individuo durante un evento de desove, se trabajó con 25 hembras colectadas en diciembre de 1997 en la playa "Las Machas" (I Región) y con 38 ejemplares extraídos en octubre de 1998 en la playa "Los Choros" (IV Región). En ambos bancos, se emplearon ovarios en estadio de



madurez máxima (FD3), caracterizados por presentar ovocitos maduros libres en sus folículos y sin evidencia previa de desove, tal como se muestra a continuación:

Cuadro 2: Número y procedencia de ejemplares utilizados en el cálculo de fecundidad potencial en *Mesodesma donacium*.

PLAYA	REGION	n	MES	AÑO
"Las Machas"	I	25	diciembre	1997
"Los Choros"	IV	38	octubre	1998

La macha presenta una gónada interna, englobada por la masa visceral, entre el hepatopáncreas y el pie. Haces conectivos–musculares y vasos sanguíneos entrecruzan sus folículos, a la vez se ve también atravesada por el digestivo. Debido a esta complicada conformación de la gónada, es difícil separarla sin que exista una alteración estructural, lo cual incide en la determinación de su peso. Esta especie no presenta características externas que permitan diferenciar macroscópicamente el sexo.

Para el cálculo de la fecundidad, a través del método gravimétrico, es necesario obtener el peso de la gónada lo más aproximado posible, para lo cual, se separó el ovario, en plena actividad gonadal, en 40 ejemplares provenientes de la playa "Las Machas". Posteriormente, fueron descartados, mediante examen histológico, los machos y aquellas hembras que no presentaron el estadio de madurez máxima (FD3), óptimo para la estimación de fecundidad.

Los registros de peso gónada obtenidos se caracterizaron por presentar en promedio una razón de 1:6, respecto al peso de las partes blandas de la macha, descartando incluso el peso del pie y branquias.



Para el cálculo de fecundidad, se utilizaron submuestras de tejido ovárico de ejemplares en madurez máxima, por presentar los ovocitos en desarrollo total y libres en el folículo. Estas se pesaron en una balanza analítica con una precisión de 0,0001 g. Los ovocitos, disgregados del estroma, fueron pasados a través de una batería de tamices, con un rango de 35 a 62 micras a intervalos de malla de 9 micras. El sistema de tamices se dispuso sobre un agitador con velocidad variable y en su base una pequeña bomba de succión que elimina el agua, con la que se va lavando para facilitar el paso de los ovocitos. Posteriormente, se contó bajo lupa el número retenido en cada malla.

La fecundidad potencial se determinó por el recuento del número total de ovocitos retenidos desde el tamiz de 53 micras, debido a que se estableció, mediante mediciones con microscopio y ocular micrométrico, que los ovocitos maduros contenidos en los folículos gonadales en hembras en madurez máxima (FD3), presentan un diámetro que sobrepasa las 54 micras.

El número total de ovocitos se calculó según:

Donde:

$$N = \left(\frac{Pt * n}{Ps} \right)$$

- n = número total de ovocitos de la submuestra
- Pt = peso total de la gónada
- Ps = peso de la submuestra de la gónada

Una vez determinada la fecundidad potencial se realizó un análisis de regresión para estimar los parámetros de su función con la longitud total (LT), peso total (PT), peso partes blandas (PPB) y el peso corporal (PC).



5.4.4 Estimación de la talla mínima de madurez sexual para la macha

En función de los resultados obtenidos a través del análisis histológico, las hembras y machos de la macha se analizaron en forma separada. Se aplicó el criterio del 50% definido por Hernández y Cordo (1986), para determinar la clase de talla a la cual el 50 % de las hembras están maduras.

Se consideró como *inmaduros* a las hembras y machos cuyas gónadas se encuentren en los estados juveniles y como *maduros* a todos aquellos ejemplares cuyas gónadas hayan alcanzado el desarrollo gonadal. Se registró las longitudes mínimas de machos y hembras en los que se observó maduración de células germinales y liberación de gametos, como también la longitud máxima de ejemplares premaduros.

Los datos de madurez son de naturaleza dicotómica (maduro o inmaduro), y en la función de madurez se espera que esta variable dicotómica dependa de una variable continua: la talla.

Una vez obtenida la frecuencia de madurez por clase de talla se aplicaron los modelos de análisis para obtener la talla de primera madurez sexual, los cuales se detallan a continuación:

Originalmente, se planteó en la metodología estimar la talla de primera madurez mediante la aplicación de dos modelos: 1) logístico y 2) lineal predictivo inverso. Sin embargo, la cantidad de la muestra de ejemplares en los rangos de talla pequeños fue insuficiente para obtener un ajuste apropiado de estos modelos. Aún, bajo esta restricción se estableció un criterio para definir un valor de talla de primera madurez, basado en el promedio de la talla de los ejemplares maduros 100% más pequeños.



5.5 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en las regiones I y IV (objetivo 3).

Para caracterizar los períodos del reclutamiento de la macha en los bancos seleccionados, se realizaron muestreos poblacionales mensuales, y se recopiló información de los propios pescadores sobre zonas y épocas en que comience a desarrollarse la incorporación de individuos juveniles, intensificándose los muestreos en las zonas y periodos de mayor reclutamiento.

Los muestreos poblacionales, consistieron en la recolección de un número representativo de muestras sedimento superficial (0 - 10 cm de profundidad), utilizando como área muestral cajas metálicas de 25 * 25 cm (625 cm²). El tamaño mínimo muestral se definió de acuerdo a las condiciones de particulares de cada banco, a partir de experiencias pilotos.

Los sedimentos se tamizaron a través de mallas de 0,25 mm de abertura, lo que permitió retener a los ejemplares presentes en el sustrato. El residuo fue preservado en formalina 10% y alcohol-glicerofosfato, para posterior análisis de las muestras. El criterio para definir la porción recluta, estuvo sujeto a la detección de los ejemplares de menor tamaño presentes en la población, y que de acuerdo a estudios previos, éstos presentarán una talla entre el rango 5 a 20 mm.

Adicionalmente, en el período que se observó presencia masiva de reclutas, se realizó un muestreo de sedimento tendiente a caracterizar los tipos de sustrato a los cuales se asocia esta fracción de la población (Gunther, 1991). Simultáneamente se tomó información en relación a la presencia, distribución y abundancia de adultos, con el fin de detectar interacciones entre juveniles y adultos de la población.



5.6 Estimación de la mortalidad natural de la macha en las regiones I y IV (objetivo 4).

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

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

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

Además, varias técnicas específicas pertenecientes a los otros métodos (del tipo "b" y "c"), que estiman la mortalidad total (Z) podrían ser aplicables para estimar mortalidad natural (M) siempre que la estimación se hiciera sobre stock no explotados, situación que no se presenta en los bancos de machas de la I y IV, los cuales son sometidos a explotación. En este grupo de métodos encontramos los modelos de Beverton & Holt (1956), Ssentongo & Larkin (1973), Van Sickle (1977), Powell (1979), Pauly (1983),



Jones & Van Zalinge (1982), Jones (1984), Heincke (1913), Chapman & Robson (1960), Robson & Chapman (1961), Fournier & Breen (1983), entre otros.

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

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

METODO 1: Taylor (1958)

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

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



METODO 2: Alagaraja (1984)

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

donde T_m representa la longevidad en años.

METODO 3: Rikhter y Efanov (1976)

$$M = \frac{1.521}{T_{m50\%}^{0.72}} - 0.155$$

donde $T_{m50\%}$ corresponde a la edad mediana de madurez sexual o talla de primera madurez, en la cual el 50% de la población esta madura.

5.7 Estimación de la talla crítica de la macha en las regiones I y IV (objetivo 5).

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

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



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

$$B_t = N_t * \hat{w}_t$$

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

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

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

$$N_t = N_0 * e^{-M}$$

El crecimiento de la fórmula de von Bertalanffy lo expresamos en términos del peso asintótico (W_{∞}), del coeficiente de crecimiento de Brody (k), el parámetro de ajuste a la escala de tiempo (t_0) y (b) la pendiente de la relación longitud-peso,

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

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

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



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

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

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

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



6. RESULTADOS

6.1 Determinación y caracterización del crecimiento y estimación de los parámetros somatométricos de la macha en las regiones I y IV. (objetivo 1)

6.1.1 Lectura de los anillos de crecimiento

La técnica de inmersión en cloro de las valvas de macha, permitió observar adecuadamente los anillos de crecimiento. Con esta técnica, se obtuvieron valvas sumamente blancas en las que se destacan anillos de crecimiento de diferente intensidad.

La lectura de edad se realiza por la cara externa de la valva en donde presentan anillos concéntricos muy marcados, con algunos que se hundan más notoriamente en la valva. En ella se aprecian alternancias de zonas, de diferente amplitud, siendo de tono blanco las más anchas, de tono gris las más angostas, y son estas últimas a las que se les registra la longitud. Se emplea diferente iluminación para favorecer la lectura, el espesor de estas valvas hace adecuado el uso de luz transmitida, favoreciendo la apreciación de los anillos de crecimiento, no obstante es la observación con luz incidente la que ayuda en la observación final para determinar la edad.

Son pocos los anillos de crecimiento que logran visualizarse por la cara interna de la valva, aún cuando se emplea luz transmitida, ya que esta opción es empleada de preferencia para reforzar las apreciaciones que se tienen por la cara externa de la valva. En las valvas, desde el inicio del crecimiento, hasta llegar a formar el primer anillo, se aprecian líneas de crecimiento finísimas caracterizadas por un hundimiento



muy leve. Dentro del primer período de crecimiento de destaca dentro de los anillos finos, la presencia de unos anillos de tono gris o beige que sin hundirse en la valva, por su tonalidad indican la presencia de una etapa de crecimiento diferente y corresponden a lo considerado en este estudio como pre-anillos. Su largo característico es entre 20 a 25 mm y podría corresponder a cambios de hábitos que experimentan los individuos.

a) Primer anillo

Anillo muy marcado (forma un surco notorio), cuya característica principal es su hundimiento en la valva, lo que se aprecia en forma marcada, tanto en el sector dorsal como en el sector posterior marcadamente. En forma previa a éste suelen presentarse los anillos de leve hundimiento, descritos precedentemente, y que se diferencian de este primer anillo a considerar por el notorio hundimiento que registra éste.

b) Segundo anillo

Anillo muy marcado, con un surco hundido en la valva. En la zona de crecimiento previo al segundo anillo se aprecian líneas de crecimiento muy someras y finas. Es posible que además de presentarse con hundimiento, lleve un tono gris, en ocasiones no se revela como una banda compacta, sino que se observa como una aglutinación de anillos más finos que se concentran en el sector.

c) Tercer anillo

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



d) Anillos de edades mayores:

Presentan un notorio hundimiento en la valva, en tonalidad gris, siendo la profundidad del quiebre a veces es menos intensa.

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

Al observar las valvas con luz natural o reflejada se aprecian zonas blancas (opacas) y zonas algo más oscuras (con tono entre beige y gris), más estrechas, las cuales se caracterizan por su hundimiento en la valva. Las zonas blancas (opacas) son más anchas y corresponden a los períodos de crecimiento rápido, las zonas algo más oscuras son angostas y corresponden a períodos de crecimiento lento.

La tonalidad, intensidad, hundimiento en la valva y su continuidad hasta marcarse en la zona posterior de la valva, son algunos de los factores claves en la discriminación del tipo de anillos que se consideran para asignar la edad del individuo.

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

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



asignar. En machas de mayor longitud (y edad) se observan bordes engrosados con escasa separación de los anillos, reflejándose además en su zona posterior crecimiento en espesor más que en el eje longitudinal.

e) Muestras analizadas

Para el banco de playa "Las Machas", I Región, la serie de muestreos mensuales para el estudio, se inició en diciembre de 1997 y continuó hasta abril de 1998, en cambio para el banco de playa "Los Choros", se contó con muestreos durante la mayor parte del año 1998 hasta enero de 1999.

Las muestras para el estudio de edad se obtienen en un muestreo dirigido a cubrir el rango más amplio de tallas que se observen en el área muestreada.

Muestras del Banco de playa "Las Machas" de Arica, I Región

Los muestreos en Arica se caracterizaron por ser inicialmente abundantes, mermando notablemente hacia el segundo trimestre debido a factores medioambientales que impactaron directamente a este importante banco de la región. Con posterioridad al mes de abril no se logró obtener muestreos, permaneciendo esta situación hasta el final del proyecto.

Se contó con muestras desde los 10 mm hasta los 89 mm de longitud total, presentando una mayor concentración de individuos en el rango de 40 a 70 mm con moda de 40 % concentrada entre las 45 y 55 mm.



Muestra del Banco de playa "Los Choros", IV Región

El banco analizado en esta área permitió muestreos secuenciales en el tiempo, presentando en general distribuciones de talla bastante concentradas entre los 50 y 70 mm, dentro de un rango total de muestras que osciló entre 8 y 91 mm. Esta situación significó contar con pocos individuos de tallas menores que 50 mm.

6.1.2 Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento

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

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

La formación de anillos en pleno borde fue una situación observada, pero difícil de apreciar ya que más bien el anillo que se forma en la periferia se revela una vez que el individuo ha continuado su crecimiento y deja ver la diferencia de los materiales cercanos al borde. Quién mejor reflejó la variabilidad del crecimiento mensual fue el índice de incremento marginal.

En la gráfica de los incrementos marginales no se consideró la información proveniente de fuentes que contasen con menos de 30 observaciones (**Fig.4**).

En la I Región se contó sólo con información parcial del incremento marginal (diciembre'97 – abril'98), siendo bastante similar a lo que se observa en el banco de la IV Región (Fig.4a).



En las muestras de la IV Región, el incremento marginal promedio, ya sea considerando todas las edades o bien, la edad tres que es una de las que presenta un mayor número de observaciones, se puede apreciar que estos incrementos promedios presentan valores que presentan su primer mínimo en el mes de marzo (Fig.4b), lo que indicaría la formación de un primer anillo de crecimiento lento. Un segundo mínimo se observa en el mes de junio, lo que estaría sugiriendo un segundo período de formación de anillo de crecimiento lento. No se tiene muestras del mes de julio como para saber si este período de formación de anillo de crecimiento lento es más amplio, pero pasado este mes, desde agosto en adelante se aprecia un aumento sostenido en el crecimiento.

6.1.3 Estimador de la estructura de edades

La clave edad – talla de todo el período que abarca el estudio, está conformada por 1.174 y 2.310 individuos para los bancos estudiados de la I Región y IV Región, respectivamente.

En el transcurso del año se realizaron ejercicios que permitieron determinar un tamaño de muestra mínimo a leer por mes. En los primeros meses se comenzó analizando todas las muestras recibidas (**Tabla 1**).

Un procedimiento de selección de tamaño de muestra mínimo a emplear, se realizó sobre la base de procesos reiterativos de submuestreos al azar, construcción de matrices y revisión de la estructura de edades entregada. De este modo se realizó el ejercicio con los primeros meses acumulados de lecturas observándose que en muestras al azar de un número de 180 individuos extraídos reiteradamente sobre la muestra total, se sostenía de forma adecuada la estructura que se observaba inicialmente con la muestra total.



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

Este tamaño de muestras a leer por mes puede distribuirse en el rango de tallas, ya sea en forma proporcional a la distribución de frecuencia – longitud de la población o sobre la base de un tamaño de muestra fija por intervalo de clase. Se eligió la primera forma mencionada, debido a que el submuestreo en forma proporcional a la distribución era factible de realizar y a la vez proporciona mayor precisión a un mismo tamaño de muestra total analizado (Kimura, 1977; Lai, 1987; Ojeda *et al.*, 1987; Ojeda y Céspedes, 1988; Lai, 1993; Robotham, 1994). No obstante, en las clases extremas del rango de talla se analizan todas las muestras colectadas, a objeto que estén representadas de la mejor forma posible.

No obstante que mensualmente se logra un tamaño adecuado de lecturas, en definitiva la clave edad – talla se construye con las lecturas de edad-talla de un período mayor, lo que permite una mejor presentación de la estructura de edad y de su variabilidad dentro del año.

Las claves edad – talla (CET) para esta especie se elaboraron considerando intervalos de clase de 5 mm, lo que implica contar con una CET de 16 a 18 clases de longitud.

Los ejemplares de la I Región presentaron un rango de 10 a 89 mm, observándose hasta 9 años. Del total de los individuos analizados, sobre el 95 % de ellos corresponden a las 4 primeras edades (**Tabla 2**), con una gran representación de las



edades pequeñas por tratarse de un muestreo poblacional. En la tabla citada precedentemente, se incluyen además los valores de la proporción de ejemplares a la edad asociados a la distribución de frecuencias y la varianza de esta probabilidad.

Para la IV Región se contó con un rango más amplio de tallas, desde 8 mm hasta 91 mm, (**Tabla 3**). La máxima edad observada correspondió a 7 años. Al igual que para la I Región, junto a la clave edad - talla se entregan los valores p_r y $V(p_r)$.

En general, el muestreo abarcó diferentes puntos dentro del área de los bancos en estudio, para así tener acceso a mayor rango de tallas. Sin embargo, clases de tallas correspondientes al grupo 30-40 mm en el banco de la I Región y grupo 35-50 mm en la IV Región, estuvieron escasamente representados.

Así como la estructura de tallas de la muestra colectada para edad es diferente en ambos bancos (**Fig.5**), la estructura de edad también lo es estando el banco de la I Región sustentado en un 50% por la edad 2, en cambio el banco de la IV Región lo sustenta por sobre un 60% el grupo conformado por la edad 3.

6.1.4 Estimación de los parámetros de crecimiento

La determinación de la edad en cada individuo proporciona, tanto la edad actual asociada a la longitud al momento de la captura, como las longitudes pretéritas referidas a los anillos de crecimiento que se observan en las valvas y de los cuales se han registrado sus medidas.

Los valores de longitudes promedios por edad se emplean en la estimación de parámetros de entrada al proceso de ajuste de la curva de crecimiento.



Cada anillo de crecimiento medido, cuenta con características físicas definidas que hacen que el observador lo registre como un anillo más en la base de datos. Debido a que el estudio de Incremento Marginal da indicios de estar en presencia de la formación de 2 anillos por año de vida, se debe asociar cada uno de estos anillos a aproximadamente medio año de vida, y es por ello que en el ajuste de crecimiento se verán representados las edades completas y también en su valor intermedio.

En el estudio de crecimiento, se pueden emplear, como opción, tanto las edades actuales de los individuos como las pretéritas, vale decir, considerar lo que medía cada anillo de crecimiento al momento del término de su formación.

Se empleó la información de edades pretéritas, ya que enriquece el ajuste de la curva de crecimiento debido a que incorpora el aporte de la talla precisa a cada edad, es decir, sin incrementos posteriores a la formación del anillo de crecimiento.

I Región

Se procesó 3.874 pares de datos cuya dispersión se presenta en la **Fig.6a**, se aprecia que la información es abundante hasta la edad 5. Las muestras con edad 6 o más se tornan escasas, habiendo llegado a observar sólo un ejemplares de edad 8,5 años.

La curva ajustada (Fig.6a) para el crecimiento de macha, banco de playa "Las Machas" es:

$$L_{ap}(t) = 103,2 (1 - e^{-0,231162 (t+0,908500)})$$

Los valores de los parámetros y estadísticas asociadas al ajuste no lineal se entregan en la **Tabla 4**.



Los valores de las longitudes estimadas y las tasas de incremento se presentan en la **Tabla 5**.

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

Las mayores tasas de incremento se logran en los primeros años de vida y esto lo refleja la tasa de incremento relativa que alcanza un valor mayor a 70 % considerando los dos primeros años de vida.

IV Región

Previo a la estimación de los parámetros de crecimiento es importante examinar como se dispersan los datos en forma natural. La **Fig.6b** muestra la nube de puntos, 10.604 pares de datos, en donde se aprecia como describen la curva propia de su crecimiento, observándose información más escasa de la edad 5 en adelante.

El proceso de ajuste no lineal se realizó sobre la base de los datos de los individuos desde edad 1 a 6,5 años, proporcionando la siguiente expresión de crecimiento:

$$L_{ap(t)} = 109,0 (1 - e^{-0,207424(t+0,891431)})$$

Los valores de los parámetros y estadísticas asociadas al ajuste no lineal se entregan en la **Tabla 4**.

A partir de esta función en la **Tabla 6** se presentan las longitudes estimadas a cada edad y sus tasas de incremento.



Si bien la curva estimada está basada en el ajuste de los datos individuales, en la Tabla 6 se incluye los valores de longitud promedio observada por anillo a fin de tener un punto de comparación junto a los mínimos y máximos observados, los cuales son de gran utilidad en la continuación de estos estudios.

6.1.5 Determinación del crecimiento estacional y anual (Resultado del Estudio de marcaje y recaptura).

La información requerida para determinar el crecimiento estacional proviene de la experiencia de marcaje y recaptura de ejemplares en cada banco estudiado.

a) Banco de playa “Las Machas” de Arica, (I Región)

En Arica, Playa “Las Machas”, durante el año 1998 se marcaron machas en dos oportunidades: enero (2.290 ejemplares) y marzo (1.500 ejemplares). En ambos casos la muestra colectada abarcó el total de tallas presente en el área en ese momento. Sin embargo, en los muestreos posteriores a los meses señalados no se recuperó ningún ejemplar.

b) Banco de playa “Los Choros” (III – IV Región)

En este banco, los ejemplares para marcaje fueron seleccionados de los muestreos de estructura de talla obtenidos del sector infralitoral de la playa. Se obtuvieron ejemplares entre las tallas 45 a 85 mm de longitud total, por lo que el esfuerzo de marcaje estratificado se orientó a los grupos de talla 5 a 8 cm. Los ejemplares del grupo de talla 8 cm sólo fueron marcados en febrero, ya que en el mes anterior no fue posible obtenerlos. Durante el mes de marzo y abril la actividad de marcaje se orientó a incrementar el número de individuos marcados de los grupos 5 a 8 cm. El



número de ejemplares marcados para los meses de marzo y abril correspondió a 617 y 860, respectivamente.

Durante los meses de marzo y abril no se recuperaron individuos marcados, a pesar de poseer una clara identificación del lugar en que fueron depositados. Esta situación es explicada por una alta dinámica del sustrato arenoso que estaría posibilitando el desplazamiento de las machas. Con el fin de aminorar este efecto, los ejemplares marcados en febrero y marzo fueron depositados en un lugar, que a juicio de los pescadores, presentó una menor dinámica de oleaje. Además, en este lugar no hubo presencia de machas al momento de incluir las marcadas, situación que facilitaría la posterior identificación y recuperación de los individuos marcados. Sin embargo, durante la actividad de búsqueda de marzo y abril no se recobraron ejemplares en este lugar, ni tampoco en el anterior.

Por otra parte, durante el mes de mayo, los pescadores recuperaron 3 ejemplares vivos que mantenían su marca. Se debe señalar que estas machas fueron extraídas de áreas distantes (2 a 3 km.), de los sectores donde fueron depositadas, lo que puede estar indicando un efecto de fuertes corrientes en el área o el transporte por algún otro factor desconocido.

Durante los tres primeros meses, los individuos marcados se depositaron en el mismo ambiente del cual fueron extraídos, limitándose la elección del lugar sólo a aspectos relacionados con la seguridad de navegación. Sin embargo, considerando la ausencia de recapturas, la actividad de marcaje del mes de abril, se orientó a aumentar la probabilidad de captura, utilizando para el depósito de las machas marcadas, una playa pequeña situada en Isla Gaviota, a la cuadra de Pta. Choros. Si bien, este cambio de lugar pudiera afectar las tasas de crecimiento por las diferentes condiciones ambientales entre el lugar de extracción y el lugar de depósito de las marcadas, se consideró que esta elección tiene un menor impacto en el



crecimiento que la alternativa de utilizar jaulas o corrales que limitaren el desplazamiento de los individuos marcados. A fines del mes de mayo, se realizó la búsqueda de las machas depositadas en el sector Isla Gaviota, no encontrándose ejemplares.

El efecto producido por la dinámica del fondo de arena en la playa “Los Choros”, fue evidenciado en el área elegida para depositar las machas marcadas en marzo. Durante ese mes, se constató la ausencia de individuos en el sector; mientras que en abril, al efectuar el buceo de recaptura, se detectó la presencia en esta zona de una densidad por sobre los 4 indiv./m², aproximadamente. Estos movimientos de sedimento y de los bancos de la especie han sido, también, comentados por los pescadores del lugar. Adicionalmente, también se observó una fuerte dinámica del sedimento de la zona intermareal, evidenciado por fluctuaciones de la pendiente de la playa durante los diferentes meses muestreados.

En consecuencia, a los numerosos intentos fallidos por recapturar ejemplares marcados de macha, se decidió realizar una última experiencia de marcaje, la cual se llevó a cabo a fines del mes de agosto (24/08/98). En esta oportunidad se marcaron un total de 1.200 ejemplares, cubriendo el rango de tallas de 40 a 80 mm. Como sector depositario se seleccionó el extremo norte del banco, cercano a la caleta Punta de Choros, distante a unos 600 m de la costa y con una profundidad aproximada de 8 metros. Este sector presentaría, de acuerdo a los pescadores, una menor dinámica por estar menos expuesto al oleaje.

El posicionamiento del sector se realizó a través de boyas flotantes con banderines, ancladas al sustrato por medio de muertos tipo japonés (malla con bolones). En la medida que las condiciones del mar lo permitieran, semanalmente un buzo de la caleta, se encargó de observar la presencia de los ejemplares marcados.



Durante el mes de octubre de 1998, se recobró un total de 18 ejemplares, lo que representó el 1,5% del total de individuos marcados (1200). En diciembre se procedió según el plan de actividades (cada 2 meses), a la recaptura de machas, logrando recuperar 2 ejemplares, que correspondían al grupo de machas marcadas en enero de 1998 (400 ejemplares) (**Fig.7**).

No obstante, que inicialmente no se tenía comprometido efectuar acciones de muestreos en el la Playa de “Los Choros” para el año 1999; en febrero se recuperan un total de 32 ejemplares marcados vivos, además de recoger valvas deterioradas con marcas que correspondían a 7 ejemplares. Al igual que los meses anteriores, entre diciembre de 1998 y febrero de 1999 también se observó una fuerte dinámica del sedimento de la zona intermareal, a pesar de que el sector elegido presentaba un menor efecto del tren de olas de la playa.

En la **Fig.8a y 8b**, se observan los incrementos promedios en crecimiento para los dos períodos de recapturas. Se pudo determinar que la tasa de crecimiento promedio estacional para el período: agosto – octubre. 1998 fue de 3,2 mm/mes, mientras que para la estación de verano (octubre’98 – febrero’99), aunque sólo se contó con cuatro ejemplares recapturados, disminuyó a 1,2 mm/mes.

Por su parte, la estimación de la tasa de crecimiento de todo el período de estudio de marcaje y recaptura (agosto’98 – febrero’99), fue de 1,23 mm/mes. Si bien, en el capítulo de discusión se realiza un análisis mas detallado y comparativo del estudio de crecimiento, basado en la lectura de anillos de las machas usadas en el estudio de marcaje y recaptura, mostró un valor de 1,22 mm/mes, similar al de la tasa de crecimiento.



6.1.6 Relaciones morfométricas

La dispersión de las variables longitud total, longitud desde el umbo y ancho máximo para ambas zonas de estudio se presenta en las **Fig.9a, b** y **Fig.10a,b**.

Tanto las muestras de la I Región como las de la IV Región tienen una similitud en la función que relaciona la longitud total de la valva con la longitud medida desde el umbo.

Si se observa la **Fig.11a** se ve como ambas líneas de regresión son casi superpuestas, en cambio en el ancho máximo las machas de ambos bancos son diferentes. Se tenía la apreciación práctica al trabajar con las valvas, que las con procedencia del Banco "Los Choros" (IV) eran más anchas que las que se obtenían del Banco de playa "Las Machas" (I Región).

Al relacionar las variables longitud total y ancho máximo se aprecian líneas de regresión divergentes, que son cercanas solamente en el segmento de 20 a 30 mm y posteriormente el banco "Los Choros" entrega machas algo más anchas a una misma longitud total. (**Fig. 11b**).

Relación Longitud antero posterior - Longitud desde el umbo

Banco playa "Las Machas", I Región

En longitud el proceso de 1169 observaciones indica que la función lineal ajusta bien ambas variables, $r^2=0,987$ Fig. 9a, y la curva descrita es:

$$L_u = 0,974715 + 0,840944 * L_{tot}$$



La expresión que relaciona la longitud total al ancho de los individuos es:

$$A = 0,117749 + 0,499595 * L_{tot}$$

En general, se ha observado que la longitud del umbo equivale, en forma aproximada, a un 84% de la longitud total y el ancho corresponde a 50% de la longitud total.

Banco playa “Los Choros”, IV Región

La correlación de 2.303 registros, correspondientes a pares ordenados de las variables: 1) longitud antero-posterior y 2) longitud desde el umbo, permitió obtener la siguiente regresión lineal:

$$L_u = -0,344335 + 0,87003 * L_{tot}$$

La variable “ancho” representa una fracción de L_{ap} del orden del 56% y la función está descrita por:

$$A = -0,319699 + 0,56251 * L_{tot}$$

Cabe señalar que, al emplear mínimos cuadrados, cuanto más pequeña es la suma residual de cuadrados en comparación con la suma total de cuadrados, mayor es el valor del coeficiente r^2 , tal como se aprecia en las **Tabla 7** y **Tabla 8** para ambos ajustes.

El estadístico F permite determinar si estos resultados, con un valor r^2 tan alto, se relacionan aleatoriamente. Como el valor de F observado es mayor que el valor crítico de F, se está en presencia de una relación fuerte entre las variables ya que los valores de F observado, en el caso de la función L_{tot} / L_u corresponde a un valor de 86.974 y 73.377 y en la regresión de L_{tot} / A toma el valor 39.232 y 39.445 los cuales son substancialmente mayores que el F crítico que en los casos



mencionados toma un valor de 2,99 ($F_{0,05; (2, n=\infty)}$), con lo que se tiene una prueba de que la variable independiente es robusta en la estimación de L_U o A.

6.1.7 Relaciones Gravimétricas

Relaciones Longitud – Peso, Playa “Las Machas”, Arica, I Región

En la **Tabla 9** se presentan los valores de los parámetros gravimétricos estimados para cada mes en Playa “Las Machas” de Arica. Los valores de la pendiente(b) fluctuaron entre 2,4 y 3,0, indicando una leve tendencia a una alometría, producto posiblemente de los efectos ambientales de “El Niño” 1997, tal como se indicó en el Primer Informe de Avance.

En la **Tabla 10** se proporciona los valores correspondientes a los pesos promedio y su respectiva varianza por rango de talla. Para la talla comercial (60 mm), se aprecia que el peso medio fluctuó entre 32,4 g (diciembre) y 21,3 g (marzo) en una tendencia decreciente.

Relaciones Longitud – Peso, Playa “Los Choros”, III – IV Región.

Por su parte, en la **Tabla 11** se presentan los valores de los parámetros gravimétricos estimados para cada mes en Playa “Los Choros”. Debe recordarse que no se obtuvo muestra en el mes de diciembre, a diferencia de Arica, debido al cambio de sitio de muestreo. Los valores de la pendiente (b) fluctuaron entre 1,9 y 3,3 indicando un promedio para el período de un crecimiento isométrico (cercano a $b=3$).

En la **Tabla 12** se presentan los valores correspondientes a los pesos promedio y su respectiva varianza por rango de talla. Para la talla comercial (60 mm), se aprecia que el peso medio fluctuó aproximadamente entre los 29 g (enero de 1998 y enero de 1999) y 24,1 g (agosto de 1998) sin mostrar una tendencia creciente o decreciente.



6.2. Determinación y caracterización del ciclo reproductivo y ojiva de madurez de la macha en las regiones I y IV (objetivo 2).

6.2.1 Aspectos generales del estudio reproductivo

Para el estudio reproductivo de la macha, en el período diciembre de 1997 a enero de 1999, se colectaron 1978 ejemplares, provenientes de la I y IV Región. Cabe señalar, que el último muestreo efectivo realizado en la I Región fue en abril, dado que en los meses posteriores no se encontraron machas vivas, a pesar que se monitoreó toda la playa. Tal como se indicó anteriormente, la virtual desaparición de la población local en la playa “Las Machas” de Arica, se presume fue generada por el evento “El Niño” 1997-98.

La estructura de tamaño observada en la I Región presentó una mayor amplitud (18 a 76 mm), respecto a la registrada en la IV Región (45 a 87 mm).

a) Análisis microscópico

Las variaciones mensuales de las frecuencias de machas en cada estadio gonadal histológico, se establecieron de acuerdo a los cambios que experimentaron los folículos gonadales y al grado de evolución morfológica de la línea germinal, consecuente con la clasificación de estadios gonadales en la escala desarrollada por Jerez *et al.*, (1995) para la macha, considerando que la gónada de la macha reveló una organización morfofuncional básica de tipo folicular.

Los resultados que se presentan corresponden al período de muestreo comprendido entre diciembre de 1997 y abril de 1998 para la I Región y entre enero de 1998 y enero de 1999 para la IV Región (**Tabla 13**).



Banco de Playa “Las Machas” de Arica, (I Región)

Los resultados generales se entregan en la **Tabla 14**. La evolución mensual de las frecuencias porcentuales de los diferentes estadios histológicos de la gónada para hembras se visualizan en la **Fig.12** y para los machos en la **Fig.13**. Los porcentajes para los distintos estadios gonadales en las muestras poblacionales sin considerar el sexo se presentan en la **Fig.14**.

La tendencia observada en diciembre en machos y hembras indicó un patrón reproductivo similar, caracterizado por una alta incidencia de especímenes en madurez total (FD3: 58% y MD3: 46%, respectivamente), predominando sobre la condición de madurez inicial (D1) y avanzada (D2), característica que acompañada con la baja frecuencia de los estadios de regresión (FR1-FR2 , MR1-MR2), indicaría el inicio del evento de emisión de gametos (Tabla 14).

Los estadios de regresión fueron frecuentes a partir de enero de 1998, presentando una mayor contribución en las hembras (76%), con relación a los machos (45%), disminuyendo notablemente los estadios maduros.

En febrero y marzo, prácticamente el 100% de las machas, en ambos sexos, se encontraron en regresión final (FR2-MR2) o evacuación total de gametos, comportamiento que reflejaría el período de reposo reproductivo.

En abril, si bien el predominio del estadio de regresión total se mantiene, éste va acompañado por la manifestación, en ambos sexos, de estadios en inicio de madurez (FD1-FD2, MD1-MD2), con ausencia del estadio de madurez total (D3), destacándose la contribución de la condición FD1 y MD1 con un 41% y 34%, respectivamente. Este comportamiento evidencia el comienzo de un nuevo proceso de maduración gonadal.



En resumen, la caracterización de los estadios gonadales para las muestras poblacionales (Fig.14), siguió un patrón similar en hembras y machos, apreciándose la disminución de la condición de madurez de la gónada en enero y un aumento creciente de los estadios en regresión a partir de diciembre, con una posterior evacuación durante febrero y marzo, dando paso, en abril, a la incidencia de un nuevo proceso de maduración gonadal, evidenciado por la presencia de ejemplares con gónadas en desarrollo inicial.

Banco de Playa “Los Choros”, (IV Región)

Para la macha de la playa “Los Choros”, la **Tabla 15** resume los resultados generales. En la **Fig.15** y **Fig.16** se muestra la distribución de las frecuencias porcentuales de los distintos estadios histológicos de la gónada para las hembras y machos, respectivamente. En la **Fig.17** se aprecian los porcentajes totales para los diferentes estadios gonadales en las muestras totales sin considerar el sexo.

El patrón reproductivo fue similar para machos y hembras, observándose en enero el 100% de las machas en regresión gonadal, con porcentajes equivalentes de los estadios de evacuación inicial (FR1: 45% - MR1: 53%) y total de gametos (FR2: 55% - MR2: 47%).

En febrero y marzo continuó el descenso de la actividad reproductiva, período que se caracterizó por una notable representatividad de evacuación total (FR2-MR2).

Si bien, el estadio de regresión final se evidenció hasta julio, se destacó a partir de abril, la manifestación creciente de la condición de madurez inicial (FD1-MD1), generándose un nuevo ciclo de maduración gonadal, visualizándose en junio la madurez inicial en un 80% de hembras y un 63% en machos. Sin embargo, a pesar de la sincronía de esta condición en ambos sexos, el proceso fue más evidente en



las hembras, con una contribución de un 24%, en cambio los machos sólo registraron un 5%.

En julio y agosto, se mantuvo la tendencia hacia un incremento de la actividad gonadal, período donde están representados principalmente, en ambos sexos, los estadios de desarrollo inicial (FD1-MD1) y avanzado de la gónada (FD2-MD2), predominando el estadio de mayor desarrollo (FD2-MD2), en agosto, con una mayor contribución en las hembras (73%), con respecto a los machos (48%). Cabe destacar, la baja representatividad de ejemplares en madurez total (FD3-MD3), durante el período analizado (enero-agosto).

En septiembre y noviembre no se obtuvieron muestras, debido a la presencia de constantes marejadas en esos meses en la zona norte, lo que imposibilitó efectuar los muestreos. En octubre, se observó un predominio de la condición de madurez máxima sobre los estadios de madurez avanzada (FD2-MD2) y regresión inicial (FR1-MR1), con una incidencia de un 64% en hembras y un 58% en machos. Agosto y octubre correspondieron a los meses con una mayor maduración de las gónadas.

En diciembre de 1998 y enero de 1999, se observó que gran parte de las machas se encontraban en regresión gonadal, es decir, habían liberado prácticamente la totalidad de sus productos sexuales, registrándose una contribución ascendente de ejemplares en esa condición gonadal (FR2 y MR2), en la medida que se avanzaba en el tiempo, con registros de 46 a 71% y de 23 a 52%, respectivamente. La regresión gonadal, ya se había visualizado tenuemente en octubre, con el inicio de la evacuación de gametos (FR1-MR1).

Al comparar enero de 1999, con igual mes de 1998, se observó que ambos presentaron un 100% de ejemplares en proceso de regresión. En el caso de las



hembras, se presentó una evacuación final en un 71% de los ejemplares, mientras que en enero de 1998, llegó sólo a un 55%.

En resumen, la caracterización de los estadios gonadales para las muestras poblacionales analizadas en la III y IV Región (Fig. 17), indicaron un patrón similar en hembras y machos, apreciándose un período de regresión e inactividad gonadal, principalmente, entre enero y marzo. En abril comenzó un nuevo ciclo, con la maduración inicial o actividad gonadal, con una intensificación de los estadios en desarrollo en octubre. De abril a julio las machas presentaron estadios al comienzo de su madurez (FD1-MD1). En agosto, se apreció una evolución del estadio gonadal, con una mayor contribución de la condición de madurez avanzada (FD2-MD2). Finalmente, hembras y machos, alcanzaron la madurez máxima o el desarrollo total de sus gónadas de septiembre a noviembre, dando inicio al proceso de regresión gonadal en diciembre.

b) Análisis macroscópico

Para los ejemplares de la playa "Las Machas", la **Tabla 16** y **Fig.18** entrega los estimados del índice gonadosomático (utilizando para su cálculo un peso aproximado de la gónada, consistente en el peso de las partes blandas menos el peso de las branquias y el pie, el cual fue retirado a la altura del fino surco que se evidencia macroscópicamente como la separación de la gónada con la masa muscular del pie). La evolución mensual, para machos y hembras, se observa en la **figura 15**. El comportamiento mensual del índice gonadosomático presentó una tendencia similar para hembras y machos. Una caída de los valores hacia fines de verano, alcanzando el punto más bajo a comienzos de otoño (marzo). En abril se observó un leve repunte en las hembras. Secuencia que es concordante con el análisis microscópico de la gónada.



Para las machas de la playa “Los Choros”, la **Tabla 17** resume los estimados preliminares del índice gonadosomático. Su evolución mensual, para machos y hembras, se entregan en la **Fig.19**.

La tendencia observada es similar para hembras y machos. Los valores indican una caída en verano, manteniéndose constantes de marzo a julio. De agosto a diciembre, se visualizó un repunte, en ambos sexos, sin observarse claramente que alguno de estos meses representara un máximo, lo que concuerda con el predominio de la condición de desarrollo gonadal (FD1-FD2-FD3, MD1-MD2-MD3), observada en el análisis histológico de la gónada. Posteriormente, en enero el índice gonadosomático comenzó a disminuir. Este comportamiento, en términos generales, concuerda con lo observado microscópicamente.

6.2.2 Fecundidad potencial

Banco de playa “Las Machas” de Arica, (I Región)

La estimación del parámetro de fecundidad potencial para los ejemplares muestreados en la playa “Las Machas”, en diciembre de 1997, fluctuó entre los 27.287 ovocitos en una hembra de 57,5 mm de longitud total (LT) y 448.207 en otra de 71,2 mm de longitud total, con una fecundidad promedio de 146.179 y una desviación estándar de ± 91.949 ovocitos (**Tabla 18**).

El modelo de tipo lineal fue el que entregó el mejor ajuste entre la fecundidad potencial y las variables: longitud total (LT); peso total (PT); peso de partes blandas (PPB) y el peso corporal (PC), con una significancia al 99% (**Fig. 20a, 20b, Fig.21a y 21b**, respectivamente). Los parámetros de cada regresión se observan en la **Tabla 19**.



La fecundidad relativa promedio fue de 20.723 ovocitos, con una desviación estándar de ± 9.669 , variando de 5.940 a 42.873 ovocitos (**Tabla 18**).

Banco de playa “Los Choros”, Coquimbo, (IV Región)

Los estimados de fecundidad potencial para el banco de playa “Los Choros”, en octubre de 1998, indicaron 398.716 ovocitos por hembra de macha, con una desviación estándar de ± 156.830 ovocitos, oscilando entre 188.080 ovocitos en un ejemplar de 54,6 mm de longitud total (LT) y 769.790 en otro de 65,3 mm de longitud total (**Tabla 18**).

El modelo que mejor expresó la relación entre el número de ovocitos a ser desovados por una hembra con: la longitud total (LT); peso total (PT); peso de partes blandas (PPB) y el peso corporal (PC) fue el de tipo lineal, a un nivel de significancia del 99% (**Tabla 20**) (**Fig. 22a, 22b, Fig.23a y 23b**, respectivamente).

La fecundidad relativa fluctuó entre 32.224 y 103.629 ovocitos, con un promedio de 56.767 ovocitos por gramo de peso corporal (PC) y una desviación estándar de ± 17.487 ovocitos (**Tabla 18**).

6.2.3 Tamaño de primera madurez sexual

La determinación del tamaño de primera madurez sexual no se logró estimar, tanto para el banco de la playa “Las Machas” (I Región) como para los ejemplares provenientes de la playa “Los Choros” (IV Región), debido a que la estructura de tamaños, durante el período de mayor actividad reproductiva, no presentó un número significativo de individuos de pequeño y mediano tamaño, necesarios para la aplicación del modelo propuesto en la metodología.



Banco de playa “Las Machas” de Arica, (I Región)

Los ejemplares recolectados en el período correspondiente al pleno proceso reproductivo (diciembre de 1997), permitió caracterizar la actividad gonadal (**Tabla 21**).

La diferenciación gonadal, en relación, con la organización de la unidad morfofuncional básica productora de gametos (folículo gonadal), pudo ser identificada a partir de una hembra de 18,5 mm de longitud total y de un macho de 19,6 mm de longitud total.

El ejemplar de mayor tamaño sin tejido gonadal o unidad morfofuncional definida midió 19 mm de longitud total.

Desde el rango de los 20-25 mm de longitud total, la gónada (en ambos sexos) ya estaba organizada como en los adultos, con folículos gonadales constituidos por el tejido intrafolicular de células somáticas de reserva y células germinales troncales (gonias).

El ejemplar macho de menor tamaño con línea germinal completa (MD2-MD3-MR), considerado maduro, midió 19,6 mm de longitud total. A su vez, la hembra de menor tamaño que presentó una línea germinal completa (FD2-FD3-FR) correspondió a los 26 mm de longitud total.

Todos los ejemplares, de ambos sexos, se encontraron en un 100% maduros a partir del rango de tamaño de los 25-30 mm de longitud total.



Banco de playa “Los Choros”, Coquimbo, (IV Región)

Las machas colectadas en la playa “Los Choros” durante el período de máxima actividad reproductiva (octubre de 1998) presentaron diferentes características (**Tabla 21**):

Como resultado preliminar (dada la baja representatividad), a los 20,4 mm de longitud total, la gónada ya se presenta organizada, con la unidad morfofuncional básica productora de gametos, constituidas por células vesiculosas intrafoliculares de reserva y células germinales troncales (gonias).

El ejemplar macho de menor tamaño con línea germinal completa (MD2-MD3-MR) midió 36,7 mm de longitud total. Por su parte, la hembra que presentó su línea germinal completa (FD2-FD3-FR) correspondió a los 35,0 mm de longitud total.

Los ejemplares, de ambos sexos, se encontraron en un 100% maduros a partir del rango de los 35-40 mm de longitud total.

6.3 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en las regiones I y IV (Objetivo 3).

6.3.1 Aspectos del Estudio Granulométrico

a) Granulometría en sector Playa “Las Machas” Arica, I Región

El análisis de la información contenida en las **Tabla 22**, **Tabla 23** y **Tabla 24**, permite observar, en la estación de verano (diciembre'97 a marzo'98), la existencia de una tendencia a la declinación del tamaño de grano de arena en sentido sur a norte de la



playa. La arena más fina se encontró en el sector más protegido de la playa, al sur de la desembocadura del río Lluta (sectores 1 y 2).

Por su parte, el análisis granulométrico efectuado sobre la base de 25 muestras tomadas en la zona intermareal cada 500 metros, donde la N°1 corresponde al sector cercano al faro limítrofe (sector 4) y la N° 25 al sector cercano al emisario de Arica (sector 1) permite observar que el tamaño de grano predominante en el sector sur de la playa sobrepasa los 150 u (arena fina), alcanzando su máxima expresión a los 420 u (arena mediana) en los alrededores de la desembocadura del río Lluta. Cabe señalar que en algunos sectores analizados en el sector sur (sectores 1 y 2), donde se muestreó pozos, por lo general presentaron una arena de composición fina.

Por otra parte, en el sector norte de la playa (sectores 3 y 4), específicamente al norte de la desembocadura del río Lluta, se observó que el tamaño de grano predominante fue de 74 u (arena muy fina).

La composición granulométrica con relación a la batimetría, no presentó variaciones significativas, con excepción del sector sur, donde a pesar de mantenerse la tendencia de grano fino en la orilla, se observó variación en las muestras obtenidas a mayor profundidad. Esto puede ser explicado por la presencia de un sector con fondo de conchuela cercano al emisario.

Durante los meses de invierno, después de la desaparición del recurso en la playa, producto del evento "El Niño 97-98", una serie de marejadas alteraron la dinámica de fondo de la playa, lo que llevó a pensar que la composición granulométrica experimentaría variaciones. Sin embargo, efectuados los muestreos entre julio y septiembre de 1998, se constató que la tendencia permanecía, vale decir arena muy fina en el sector sur de la playa, arena mediana al norte de la desembocadura del río Lluta (Sector N° 3), mezclada con arena fina desde el sector N° 2 al 4. Toda esta



información proveniente principalmente de la zona intermareal, donde tienen su área de acción histórica los pescadores “macheros orilleros”.

Por otra parte, los muestreos efectuados en el infralitoral, donde operan las embarcaciones, se observó una fuerte tendencia a la predominancia de arena muy fina.

En los períodos de primavera y verano, hasta diciembre de 1998, el tipo de fondo mantuvo la tendencia ya descrita para los meses previos. Sin embargo, en febrero, y debido al aporte fluvial de los ríos San José y Lluta (“invierno altiplánico”), aparentemente, se habría modificado el patrón, generándose una mayor variabilidad en los tipos de sedimentos analizados, aportando estos afluentes sedimentos muy finos, principalmente en las zonas aledañas a las desembocaduras. Esta situación se observó más significativamente en el río Lluta (sector 2).

b) Granulometría en sector Playa “Los Choros”, III - IV Región

Las muestras de sedimento obtenidas fueron analizadas por sectores agrupando, las muestras por temporada del año durante la cual fueron obtenidas.

En el infralitoral (**Tabla 25**) el tamaño del sedimento está constituido principalmente por arena fina y arena muy fina. El muestreo realizado en verano de 1999, mostró un mayor tamaño de grano (arena mediana), indicando una mayor dinámica durante este periodo respecto de los muestreos del año 1998. En algunos casos la clasificación de remanente, la cual reúne granos menores que arena muy fina, alcanzó altos valores porcentuales, esta clase de grano alcanzó su mayor concentración en las estaciones 3 a 5 durante otoño (60 a 70%). Durante el año 1998, los granos de arena gruesa y arena mediana presentaron el menor nivel de participación en verano y otoño del año 1998.



La mayor parte de las estaciones de infralitoral presentan un tamaño medio de grano correspondiente a la clasificación de arena fina con poca dispersión (Wentworth, 1922), categoría similar a la descrita para el ambiente de este recurso por otros autores (Tarifeño, 1975, Campusano y Cepeda, 1979).

El mesolitoral (**Tabla 26**) mostró una mayor variedad de tamaños de sedimento. Todos los sectores muestreados, presentaron sedimentos que van desde grava hasta arena muy fina. Durante el verano de 1998, la mayor parte de las estaciones estuvieron constituidas principalmente por arena fina a muy fina (50% o más), excepto la estación de boca del río (2). Durante el transcurso del año, destaca la disminución porcentual que presenta la arena fina a muy fina desde el verano (>50%) hacia primavera (<50%), incrementándose estos porcentajes nuevamente durante el verano de 1999. El cambio porcentual de esta clase de grano se produce principalmente entre las temporadas de verano a otoño, aunque esta disminución se acentúa en primavera, llegando en esta temporada a desaparecer la clase de grano de arena fina.

6.3.2 Aspectos del proceso de Reclutamiento

a) Proceso de reclutamiento en Playa “Las Machas”, Arica, I Región

Tal como se mencionó en el Primer Informe de Avance, es difícil precisar la magnitud y período de ocurrencia del proceso de reclutamiento. Debido, indudablemente, a los efectos del Evento “El Niño” 97 – 98 (desaparición del recurso en toda la playa). Sin embargo, durante el muestreo realizado en diciembre de 1997 se pudo observar una tendencia de los ejemplares de pequeño tamaño (10 a 20 mm) a ubicarse en el sector sur, posiblemente por las características de protección que éste presenta. Cabe señalar que este patrón ha sido observado en dos estudios anteriores (Baros y Pacheco, 1994) (Baros *et al.*, 1995), lo que podría ser asociado también al tipo de sustrato del medio, vale decir arena fina.



Por otro lado se observó también algunas semillas (“macha arroz”) en las muestras de arena obtenidas detrás de la rompiente (en diciembre del 97). Después del mes de abril de 1998 a enero de 1999, no se ha extraído ninguna muestra biológica y tampoco se han observado ejemplares de machas, tanto el infralitoral como en el mesolitoral de la Playa “Las Machas”.

En las **Tabla 27**, **Tabla 28** y **Tabla 29** se presentan los valores de densidad por sector para Playa “Las Machas” de Arica obtenidos para el período diciembre de 1997 a marzo de 1998. Se aprecia que existe una mayor concentración de ejemplares en el sector norte del banco. Sin embargo, estas mayores concentraciones sólo aparecieron durante diciembre y enero, en marzo no se registró presencia de machas juveniles vivas (se observó gran abundancia de machas muertas de todas las tallas).

Por su parte, la estructura de talla poblacional que se presenta en la **Fig.24** indica la existencia de una mayor proporción de ejemplares juveniles (< 20 mm) en el sector mesolitoral (sector explotado por los pescadores orilleros) durante el mes de diciembre, con una notable tendencia decreciente hacia el mes de marzo, en el cual no se encontraron ejemplares vivos juveniles. En los meses muestreados aparece una moda de ejemplares adultos centrado en los 45 mm, tanto en el infralitoral como en el sector mesolitoral. No se han registrado presencia de machas con posterioridad al mes de abril de 1998.

b) Proceso de reclutamiento en Playa “Los Choros”, III - IV Región

Para este objetivo se ha realizado un muestreo sistemático mensual por sectores del banco, a fin de registrar los ejemplares menores a 20 mm y compararlos en términos relativos en función de la estructura general del banco. Los resultados se presentan en la **Tabla 30** para la fracción infralitoral, en la **Tabla 31** para la fracción mesolitoral



y en la **Tabla 32** para el total acumulado para ambos sectores en general, indican una baja presencia de ejemplares reclutas en el banco, con fracciones que no superan en general el 1,7 % mensual. En las **Fig.25a y Fig.25b** se observan las estructuras de tallas para el sector infralitoral, mesolitoral y para ambos ambientes combinados. Los reclutas se han registrado principalmente en el sector intermareal de la playa, asociado a substratos de arena fina. Se presenta un cambio entre los sectores muestreados, en relación de la presencia de reclutas entre meses, en especial entre los meses de febrero y abril.

6.4 Mortalidad Natural (M)

a) Mortalidad Natural (M) para Macha en Playa “Las Machas”, Arica, I Región.

Los parámetros de entrada y el cálculo de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) se presentan en la **Tabla 33a y 33b**. Tal como se indicó en la metodología, se aplicaron, en definitiva, tres métodos de cálculo de M (método 1= Taylor (1958); método 2 = Alagaraja, (1984) y método 3 = Rikhter & Efanov, (1976)). En general, se observa un amplio rango de valores en las magnitudes de los M estimados con los tres métodos.

Los valores extremos de M obtenidos con los tres métodos fluctuaron entre $M = 0,25$ y $M = 2,01$. Equivalentes a tasas absolutas de mortalidad natural de entre 22% y 88%. La tendencia observada en los valores indica que el método 1 proporcionó la menor magnitud de M, mientras que el método 3 resultó en el mayor valor de M. El valor final de estimación se establecerá de acuerdo a criterios comparativos con magnitudes de M de otros estudios.



b) Mortalidad Natural (M) para Macha en Playa “Los Choros”, III - IV Región

Por su parte, los parámetros de entrada al cálculo de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) para la Playa “Los Choros”, en la IV Región se presentan en la **Tabla 34a y 34b**. Los métodos de cálculo de M, al igual que el caso anterior, fueron tres: método 1= Taylor (1958); método 2 = Alagaraja, (1984) y método 3 = Rikhter & Efanov, (1976). Se observó, asimismo, un amplio rango de valores en las magnitudes de los M estimados, manteniéndose igual tendencia que en el caso anterior.

Los valores extremos de M obtenidos con los tres métodos fluctuaron entre $M = 0,22$ y $M = 1,10$. Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 19% y 66%. El valor final de estimación se establecerá de acuerdo a criterios comparativos con magnitudes de M de otros estudios.

6.5 Talla Crítica (Lc)

a) Talla Crítica para Macha en Playa “Las Machas”, Arica, I Región

Los parámetros de entrada al cálculo de parámetro poblacional de la talla crítica (Lc) se presentan en la **Tabla 35a y 35b**. Las estimaciones de edad crítica (tc) y talla crítica (Lc) también mostraron un amplio rango de valores, dado que su cálculo usa las estimaciones de M presentadas anteriormente.

Los valores de la edad crítica (tc) fluctuaron entre 1,2 y 5,8 años, correspondiendo a tallas críticas de entre los 40,5 mm y los 81,3 mm.



b) Talla Crítica para Macha en Playa “Los Choros”, III - IV Región

Los parámetros de entrada al cálculo de parámetro poblacional de la talla crítica (L_c) se presentan en la **Tabla 36a** y **36b**. Las estimaciones de edad crítica (t_c) y talla crítica (L_c) también mostraron un amplio rango de valores, dado que su cálculo usa las estimaciones de M presentadas anteriormente.

Los valores de la edad crítica (t_c) fluctuaron entre 2,3 y 6,6 años, correspondiendo a tallas críticas de entre 52,3 mm y los 86,1 mm. El valor final se establece en comparación a los valores obtenidos en otros trabajos.





7. DISCUSIÓN

A continuación se comenta y discuten los resultados obtenidos para cada tema comprometido en la presentación de este Informe Final.

7.1 Determinación del proceso de crecimiento

El estudio de la edad en este bivalvo presenta un nivel de dificultad que es superado tras el análisis reiterativo de las muestras. Al abarcar todo su espectro de tallas se logra descubrir patrones regulares de anillos de crecimiento y es así como el estudio involucró análisis y reanálisis de la misma muestra, una vez que el criterio de observación se encontraba estable.

Sin duda, el reanalizar muestras ya estudiadas en un tiempo dado del proyecto involucró un gran esfuerzo que entregó como fruto una aplicación de criterio asentado en bases de discriminación similares para los diferentes muestras obtenidas en el año.

Si bien existen anillos de crecimiento que son evidentemente fáciles de apreciar por hundimiento en la valva y por la separación que llevan de otros, se da el caso en tallas pequeñas y en las más adultas que los anillos no son fáciles de discernir y requieren de una acuciosa revisión.

Al igual que el estudio de la edad de otros moluscos (Jerez *et al.*, 1999), el empleo de la inmersión en hipoclorito de sodio previo a su lectura dio buenos resultados en cuanto a destacar los anillos de crecimiento y facilitar el seguimiento de ellos en la valva.



Otros estudios no han empleado el sistema de retirar el periostraco en forma previa a la lectura de valvas como se cita en Defeo, 1988 y Defeo *et al.* 1992 quienes trabajaron con almeja amarilla *Mesodesma mactroides*, presente en las costas de Uruguay. Mencionan no haber tenido grandes dificultades en aquellos individuos menores de 55 mm y sí encontraron dificultad para leer los individuos mayores en que era frecuente observar un oscurecimiento marcado del periostraco.

Hutcheson y Stewart (1994), quienes estudiaron *Mesodesma deauratum* (Turton) basándose en las marcas de crecimiento externas, no mencionan haber realizado tratamientos previos de las conchas antes de la determinación de la edad.

Del mismo modo, estudios realizados en diferentes zonas Chile (Cepeda, 1979; Tarifeño, 1980; Tarifeño, 1984); en que se ha estudiado la edad en la cara externa de las valvas de las machas, no mencionan ningún tipo de preparación previa de la valva antes de la identificación de los anillos de crecimiento.

La periodicidad de la formación de estos anillos de crecimiento es un factor relevante al momento de determinar la edad en años de los individuos. Si bien hay estudios que suponen una periodicidad anual en su formación (Cépeda, *op cit.*; Tarifeño, *op.cit.*; Hutcheson y Stewart, *op cit.*) es indispensable la validación para la asignación correcta de la edad y posterior cálculo de parámetros de crecimiento.

Se da el caso que investigadores al momento de analizar las valvas han observados dos tipos de anillos diferentes de crecimientos lento, uno más fuerte y otro algo menos marcado (Defeo, *op cit.*).

En el presente estudio los anillos de crecimiento lento se observaron con características comunes. Condiciones del hundimiento en la valva, tonalidad, su



seguimiento por la cara externa y su término en el lado posterior de ésta eran los elementos que hacían considerarlos como un anillo de crecimiento lento a registrar.

Posteriormente, el análisis del incremento marginal dio indicios de formación de dos anillos por año, por lo que la edad asignada a cada muestra se hizo corresponder a años enteros y a medios años como una forma de expresar esta bianualidad.

En el ajuste de las curvas de crecimiento la representación de las tallas mayores es un factor importante en la determinación de la L_{∞} . Al emplear en el ajuste las tallas promedio a la edad, el ajuste se torna sumamente sensible a la inclusión o exclusión de las longitudes promedio de las edades mayores quienes se encuentran escasamente representadas.

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

Para tener un proceso sobre la base de tallas promedios para comparar con otros estudios se incluyen los parámetros obtenidos con esta opción en la **Tabla 37**; allí también se incluyen los parámetros obtenidos por otros investigadores que trabajaron en diferentes épocas con muestras de machas de diferentes zonas del país.

Se destaca sí, que el presente estudio es el primero en que se ha medido los anillos de crecimiento lento, sin discriminación previa dado un patrón de características físicas que los indican como tales y sólo se consideró la periodicidad anual de éstos después de la validación.



En la **Tabla 37** recientemente mencionada, se puede apreciar que un mismo conjunto de datos (presente estudio) procesado sobre la base de promedios *versus* el proceso sobre la base de pares de datos individuales no da lo mismo.

Con el proceso en base a la tallas promedios (presente estudio), tanto para la I Región como para la IV Región, se obtienen los L_{∞} menores y mayores tasas de crecimiento y dadas las capacidades computacionales y software actuales se ve como recomendable el proceso del dato individual que aporta toda la variación natural de los datos.

Si bien el fin de obtener un primer proceso con datos promedios a la edad es útil al emplearlo con INPUT en los procesos posteriores, tiene también en el presente la utilidad de permitir la comparación con estudios anteriores en que se ajustó las curvas de crecimiento sobre la base de longitud promedio a la edad.

Debe tenerse en cuenta que influye en la comparación la localidad del banco, ya sea de la zona norte o zona sur, como así mismo es sumamente relevante el rango de tallas que se dispuso para el estudio, detalle que no en todos los estudios se indica.

No obstante que uno puede comparar el valor de los parámetros de la curva de crecimiento en forma individual, en esta oportunidad se presenta un resumen de la estimación de longitud a la edad (**Tabla 38**) que proporcionan los diferentes conjuntos de parámetros citados en la **Tabla 37**.

Al comparar la L_{tot} estimadas a partir de las curvas de crecimiento presentadas por diferentes autores no se consideró los valores que se obtienen con los parámetros de crecimiento de Tarifeño, 1980, y se suplió esta situación con los valores L_{tot} promedios observados que tal autor reporta (**Tabla 38**).



Allí se puede apreciar que la función de crecimiento de Cepeda (1979), es la que entrega la menor L_{tot} estimada para la edad 1, (15,40 mm), e involucra crecer menos en el primer año, que el crecimiento que se registraría entre el segundo y tercer año de vida. Según esta función, a partir del segundo año en adelante, comenzarían a experimentar incrementos absolutos decrecientes.

Las otras funciones de crecimiento en las diferentes localidades, tienen en común, que la talla promedio alcanzada en el primer año, indica a éste, como el año de mayor crecimiento.

En general, las tallas promedio que presenta Tarifeño (1984), en su estudio con muestras de la VIII Región, son mayores que las L_{tot} observadas en su estudio precedente (Tarifeño, *op cit.*), si bien proceden de bancos diferentes y de áreas bastante diferentes, existe cierta similaridad en las L_{tot} promedios de las edades 1 y 2, de la información que procede de la VIII Región con la que corresponde a la I Región.

Es razonable que en aguas de menor temperatura, se observase menor crecimiento que en muestras provenientes de zonas de aguas de mayor temperatura, como lo es la I Región (Tarifeño, *op cit.*) comparado con la VIII Región (Tarifeño, *op cit.*), pero los datos de estos autores revelan en general lo contrario (**Tabla 38**).

Para facilitar la comparación de las L_{tot} promedio estimadas que entregan los diferentes estudios, se le puso recuadro a las tallas medias con mayor similaridad, **Tabla 38**, Se puede apreciar que lo que los otros autores consideran como primer anillo, corresponde a lo que en el presente estudio se definió como pre-anillo, debido que a pesar de estar señalado en tonalidad, no cumplía con las características de hundimiento en las valvas que los restantes anillos sí la tienen.



Teniendo esta diferencia en cuenta, los dos anillos siguientes, edades 3 y 4, coinciden bastante en las columnas del presente trabajo con los datos vertidos en la columna de Tarifeño, (*op cit.*). Se presenta achurado en verde, **Tabla 38**.

De allí en adelante la coincidencia no es anual, sino que las L_{tot} estimadas para las edades 3,5; 4,0; 4,5 y 5,0 del presente estudio, se muestran con bastante semejanza con las edades 5;6;7 y 8 de Tarifeño, (*op cit.*) (se señala en tono naranja).

La **Tabla 38**, muestra en forma evidente el corrimiento señalado y sobre la base de bianualidad de los anillos la edad mayor que se observó en el presente estudio para machas fue de 8,5 años.

Como una forma adicional de estudiar el comportamiento de los datos se emplearon las modificaciones propuestas al modelo de Von Bertalanffy, por autores tales como Pauly y Gaschütz, 1979, quienes introducen un componente estacional directamente en la ecuación diferencial.

Se empleó la información de la IV Región ya que es la más completa, producto de un muestreo sostenido en el año.

Se ajustó empleando las tallas promedios a la edad (ponderadas por la desviación estándar) y del proceso se percibe la estacionalidad tal como se muestra en la **Fig. 26**. Este ejemplo de ajuste, con tallas promedio ponderadas visualmente es bastante ilustrativo y permite apreciar como recorre la onda los datos.

De los cinco parámetros que se obtienen del ajuste en base a crecimiento estacional, los de interés para esta oportunidad son L_{∞} , K y t_0 para comparar al ajuste de Von Bertalanffy de forma simple, siendo:



Parámetro	Función Simple	Función con Estacionalidad
L_{∞}	109,0	102,3
K	0,21	0,24
t_0	-0,89	-0,64

Ambas curvas presentan un buen grado de ajuste y las longitudes estimadas que predicen son bastante similares como se aprecia a continuación:

Edad	1	2	3	4	5	6
Función Simple	36,8	50,1	61,4	70,2	76,9	82,3
Función con estacionalidad	35,0	49,4	60,8	69,7	76,7	82,2

El que se mencione en esta discusión el ajuste de crecimiento estacional tiene como objetivo poner de manifiesto que para macha (IV Región) resultó ser adecuada las dos expresiones de crecimiento y se elige considerar los parámetros estimados con la función simple ajustada en base a datos individuales porque es deseable contar con curvas que expresen el crecimiento con la menor cantidad de parámetros posibles.

Como antecedente se mencionan otros estudios de la edad en macha, desarrollados en Perú (Lima), donde se ha empleado el ajuste de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy con oscilación estacional a los datos de frecuencia - longitud (Arntz *et al.*, 1987). Estos investigadores colectaron la distribución de talla por 2,5 años con muestras mensuales. Para cada cohorte obtuvieron los parámetros de donde en los años más completos de su estudio, se observó:



Cohorte	Período	K	L_{∞}
1	Abr 80 - Feb 81	1,13	124
2	Mar 81 - Abr 82	0.38	110

Si bien las funciones estacionales se componen de 5 parámetros se menciona K y L_{∞} por ser de interés general.

La metodología de análisis basada en la distribución de tallas es variable de acuerdo a los datos de entrada y ya se aprecia en este ejemplo, cómo los datos provenientes de la cohorte 1 y 2 arrojan parámetros bastante diferentes.

Con el objeto de completar una adecuada comparación de los datos de crecimiento obtenidos en este estudio, se presenta, a continuación, un resumen de parámetros de crecimiento estimados en investigaciones realizadas en localidades del centro de Chile (IV a VII regiones):

ESTUDIO	REGIÓN	Talla asintótica L_{∞} (mm)	Coef.de crecimiento k año^{-1}	Edad de talla cero to año
Ariz <i>et al.</i> (1994)	IV REGION	127,9 a 129,0	0,234 a 0,240	-0,026 a -0,053
	V REGION	98,0	0,21	-1,24
Taboada (1995)	V REGIÓN	96,75 – 106,6	0,143 – 0,257	-
Ariz <i>et al.</i> (1996)	VII REGIÓN	124,4	0,237	0,039
Jerez <i>et al.</i> (1999)	IV REGIÓN	102,0	0,252	0,100
Este Estudio	I REGIÓN	103,2	0,231	- 0,908
	IV REGIÓN	109,0	0,207	- 0,891



Es posible apreciar que las estimaciones de los parámetros de crecimiento obtenidas en este estudio, están dentro de los valores del crecimiento calculados para poblaciones de macha de regiones aledañas a la zona de estudio. Esto indica que los parámetros de crecimiento son relativamente similares en todos los bancos estudiados.

Otro aspecto interesante en este proyecto fue el evaluar el crecimiento de los individuos con el tratamiento sobre la base de marcaje y recaptura.

Este procedimiento, es totalmente independiente al estudio de crecimiento que se realiza revisando las líneas de crecimiento presentes en la valvas de los individuos. Es un tratamiento complejo, especialmente en este tipo de bivalvos reconocido por pertenecer a playas de arena de alta dinámica de sedimento (Vásquez, *et al.*, 1996) y más aún siendo parte de sus hábitos el enterrarse, habiendo sido observada hasta 10 cm de profundidad (Arntz *et al.*, 1987), lo cual es una diferencia con respecto a otras especies tal como *M. mactroides* quien vive enterrada hasta 40 cm en sedimento (Defeo *et al.* 1985 *fide* Arntz *et al.*, *op. cit.*).

El marcaje de los individuos se realizó en los dos bancos objetivo del presente estudio y ya ha quedado de manifiesto que el banco de playa "Las Machas" fue afectado notablemente por el fenómeno "El Niño".

Si bien en este banco las machas desaparecieron, se ha observado en estudios de años anteriores, en que ha estado presente este fenómeno, que la especie presenta cambios meses antes que la onda de aguas cálidas esté presente. Aparentemente, esta especie es sensible a cambios de temperatura, ya sea en dirección positiva o negativa reaccionando a temperaturas más baja de lo normal con una disminución en el crecimiento y a temperaturas más altas que lo normal primero con una baja en el crecimiento y finalmente con la mortalidad total de la población (Arntz, *et al.*, 1987).



De la experiencia de marcaje en el banco de playa "Los Choros", si bien se obtuvo recuperación de marcados en dos oportunidades, en la comparación que aquí se efectúa se consideró las recapturas en el lapso de seis meses.

Para la comparación de lo obtenido en marcaje recaptura con lo que indica la curva de crecimiento estimada con la observación de las líneas de crecimiento, se consideró la longitud promedio de los individuos marcados en el tramo a (tallas 50-54,95 mm); b (55,0-59,95 mm) y c (60,0-64,95 mm), su incremento en la talla en seis meses y se comparó con la longitud teórica que entrega la ecuación de crecimiento.

Tanto a la longitud de marcaje promedio como a la longitud de recaptura promedio, por estratos de tallas, se le calculó la edad teórica correspondiente, las que junto a otros datos de interés se presentan en el siguiente cuadro:

MARCAJE - RECAPTURA: PERÍODO 6 MESES

Longitud						
Estrato	Nº ejemplares recapturados	Long. Recap. Prom (mm)	Incr. Prom en 6 meses	A Long. Recap. real	B Long. Recap. teórica	C (B-C)
a	9	53,1	10,5	63,6	58,3	-5,3
b	17	57,3	7,8	65,1	62,4	-2,7
c	6	62,1	3,6	65,7	67,0	4,3
Edad						
Estrato	Edad(Long.Marc Prom)		Delta (Δ)	Edad(Long.Marc.Prom)+ Δ		
a	2,3		0,5	2,8		
b	2,7		0,5	3,2		
c	3,2		0,5	3,7		



Se aprecia en la columna C, que la diferencia negativa indica que los valores que la curva teórica entrega para la longitud promedio a la recaptura (columna B), para los estrato de talla a y b, son un poco menores que las longitudes promedio a la recaptura reales (columna A), pero se trata de diferencias de baja magnitud que en valor absoluto van de 3 a 5 mm. Esto es otro inicio relevante de estar frente a una adecuada asignación de edad y periodicidad de los anillos anuales en que se basó la curva de crecimiento que se ajustó para esta especie.

Es importante tener en cuenta que el período considerado en esta experiencia de marcaje - recaptura incluye desde el mes de agosto hasta febrero, época en que se registra la mayor tasa de crecimiento de estos moluscos.

El experimento de marcaje recaptura ha de considerarse con todo lo que subyace en cuanto al número de individuos que logra recuperarse, periodo del año en que se efectúa y posible estrés que provoque el tomar el individuo de su medio natural y marcarlo.

7.2 Caracterización preliminar del ciclo de madurez sexual

En términos generales, se aprecia un patrón de comportamiento similar para hembras y machos en ambos bancos estudiados. Los períodos de mayor madurez reproductiva tienden a visualizarse hacia los meses de primavera-verano, dejando los meses del otoño como período de reposo. En invierno se inicia el comienzo del ciclo reproductivo, caracterizado por gametos en desarrollo inicial.

El proceso reproductivo de la macha, en un ciclo anual se presentaría, en resumen, con la siguiente secuencia: noviembre-febrero, correspondería al período, caracterizado por un activo proceso de evacuación de gametos. Posteriormente, el período de marzo a mayo, reflejaría el de reposo sexual o actividad reprimida y



finalmente, entre junio y octubre, se evidenciaría la maduración y desarrollo total de sus productos sexuales, lo que daría inicio al próximo ciclo de desove.

Antecedentes obtenidos de otros trabajos de ciclo reproductivo de la macha permiten comparar los resultados obtenidos en este estudio, a través del siguiente cuadro:

ESTUDIO	LOCALIDAD	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Carmona (1979)	IV REGIÓN												
Jerez <i>et al.</i> (1995)	IV REGIÓN												
	V REGIÓN												
ESTE ESTUDIO	I-IV REGIÓN												

Clave de colores para identificar los estadios reproductivos

-  = reposo reproductivo
-  = Desove y espermeaciónuctivo
-  = Maduración masiva

En general, se aprecia que los estudios establecen períodos del ciclo reproductivo, relativamente coincidentes. El período de máxima maduración ocurriría en la estación de primavera y principios del verano. Durante el verano tardío y el otoño se produciría el proceso de desove masivo, para entrar el ciclo en un período de reposo y regresión gonadal durante el invierno.



7.3 Determinación y caracterización del reclutamiento

Los resultados sobre el proceso de reclutamiento, indican que existe una diferencia en el patrón de este proceso entre Arica y el banco de "Los Choros". Mientras en Arica, la fracción recluta muestra una tendencia decreciente, desde un 11% en diciembre a un 0% en marzo, en "Los Choros" la tendencia fue creciente, aunque a un nivel muy bajo, desde 0,2% en diciembre a un 1,7% en abril y a 0,0 % en mayo. Lo anterior, está señalando que el proceso de reclutamiento es variable y no es posible definir aún su época de aparición relevante. Sin embargo, de acuerdo a los resultados del estudio del ciclo reproductivo, se debería producir la aparición de reclutas ("machas arroz") en la temporada de otoño, dado que los desoves masivos ocurrirían, fundamentalmente, en el período de verano e inicios del otoño.

Respecto a los sedimentos, en Playa "Las Machas" de Arica se observó una concentración del sustrato en la fracción de arena muy fina (amf) y arena fina (af). Por el contrario, en Playa "Los Choros", IV Región, el sustrato presentó una mayor heterogeneidad, aunque también se concentró en el tipo de arena fina (af) como sedimento predominante.

7.4 Mortalidad natural

Las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural, en ambos bancos de machas estudiados, fluctuaron entre bancos y entre métodos de cálculo. En el banco de Arica se presentaron valores mayores de mortalidad que en el de Bahía Choros, lo cual es un indicador del posible mayor impacto del fenómeno de "El Niño" en la zona norte de Chile que en la zona de la III y IV Región. Esto es consistente con el hecho que en Arica, el banco de machas prácticamente desapareció a partir de marzo de 1998.



Se aprecia también, una notable diferencia en los valores de la mortalidad natural obtenidos con los tres métodos de cálculo. Sistemáticamente, la mortalidad natural fue mayor con el método 3 (Rikhter & Efanov) y menor con el método 2 de Taylor. Parece razonable suponer que las estimaciones proporcionadas por los métodos 1 y 2 son más consistentes con la biología de la macha, por cuanto el método 3 de Rikhter & Efanov utiliza constantes derivadas de procesos reproductivos de peces. Sin embargo, los métodos 1 y 2 (Taylor y Alagaraja), por ser bioanalógicos son dependientes sensiblemente de la estructura de tallas máximas encontradas en el stock, y en menor grado de los parámetros de crecimiento. Otro criterio, que puede contribuir a determinar los niveles de mortalidad natural de la macha, dice relación con la observación generalizada que a valores altos de coeficiente de crecimiento (k) se esperan valores altos de mortalidad natural y viceversa (Sparre & Venema, 1995). Así, los valores de k en la macha son considerados relativamente altos, apoyado por el hecho que la longevidad no parece superar la década, según lo indican los resultados de las claves talla-edad.

En consecuencia, los valores de M deberían estar próximos a los estimados por el método 2 (Alagaraja), lo cual proporciona tasas absolutas de mortalidad natural de alrededor del 44% al 45% de la población disponible en un año.

Lo anterior, determina la necesidad de ser precavido al momento de establecer tasas de explotación, las cuales no se recomendarían a niveles superiores al 30% del stock explotable.

El valor de las tasas de mortalidad natural obtenidas en este estudio, representan magnitudes similares a las obtenidas por otros autores. Así, se resumen a continuación, los valores de M expresada en tasa instantánea y tasa absoluta porcentual:



ESTUDIO	REGIÓN	Tasa instantánea de Mortalidad Natural (M) año ⁻¹	Tasa Absoluta de Mortalidad Natural %
Ariz <i>et al.</i> (1994)	IV REGION	0,385	32,0%
	V REGION	0,515	40,2%
Jerez <i>et al.</i> (1995)	IV REGIÓN	0,719	51,3%
	V REGIÓN	0,472	37,6%
Taboada (1995)	V REGIÓN	0,360	30,2%
Ariz <i>et al.</i> (1996)	VII REGIÓN	0,290	25,2%
Jerez <i>et al.</i> (1999)	IV REGIÓN	0,483	38,3%
Este Estudio	I REGIÓN	0,600	45,1%
	IV REGIÓN	0,590	44,6%

Se puede apreciar que las magnitudes de M obtenidas en este estudio (en negrilla), si bien son altas, no se diferencian significativamente del resto. Sin embargo, altos valores de M obtenidos en este estudio se podría interpretar como una consecuencia del evento “El Niño” 1997, el cual, como se sabe, habría sido el fenómeno responsable de la desaparición del banco de machas de Arica.

7.5 Talla crítica

Por su parte, los valores de la talla crítica (Lc), mostraron un patrón similar (pero inverso) al de la mortalidad natural. Valores altos de mortalidad natural, implican estimaciones bajas de talla crítica, lo cual es coherente con la teoría, dado que si las tasas de mortalidad natural son altas, la cohorte debe alcanzar su peso medio máximo a talla o edades menores, lo cual va relacionado con las tallas o edades de primera y máxima madurez. Si una población va a morir masivamente, en proporción



alta respecto a su stock, entonces el stock debe tener la posibilidad de madurar y reproducirse a tiempo.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de valores de edad y talla crítica (tc y Lc), obtenidos a partir de estudios de diferentes autores en localidades de Chile central y norte:

ESTUDIO	REGIÓN	Talla Crítica (Lc) (mm)	Edad Crítica (tc) (años)
Ariz <i>et al.</i> (1994)	IV REGION	70,1	4,74
	V REGION	75,1	3.67
Jerez <i>et al.</i> (1995)	IV REGIÓN	59,8	3,02
	V REGIÓN	70,0	4.04
Taboada (1995)	V REGIÓN	67,9	5,02
Ariz <i>et al.</i> (1996)	VII REGIÓN	88,0	5,22
Jerez <i>et al.</i> (1999)	IV REGIÓN	62,0	3,82
Este Estudio	I REGIÓN	64,6	3,35
	IV REGIÓN	65,9	3,60

Los valores de Lc y tc obtenidos en este estudio están dentro de los ordenes de magnitud de similares parámetros obtenidos con otros autores. Las magnitudes de la talla crítica comparadas con las de la talla mínima legal tienden a ser semejantes, lo cual podría ser un indicador que la pesquería está en el límite, entre un estado de plena explotación y de sobre-explotación por crecimiento. Esto implica, que se deberá aumentar la precaución de extraer ejemplares bajo la talla mínima legal en el futuro.



8. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del trabajo se detallan a continuación, de acuerdo a los objetivos específicos del proyecto.

8.1 Aspectos del proceso crecimiento

- La curva ajustada para el crecimiento de macha, banco de playa "Las Machas", Arica, I Región es:

$$L_{ap}(t) = 103,2 (1 - e^{-0,231162 (t+0,908500)})$$

- Por su parte, para el banco de Bahía Choros, IV Región, el ajuste no lineal para los datos de lectura de anillos, proporciona la siguiente expresión de crecimiento:

$$L_{ap}(t) = 109,0 (1 - e^{-0,207424(t+0,891431)})$$

- El estudio de validación de anillos de crecimiento determinó la formación de dos anillos en el año.

8.2 Aspectos del ciclo reproductivo

- Para el banco de Bahía Choros, el proceso reproductivo seguiría la siguiente secuencia anual: noviembre - febrero, correspondería al período, caracterizado por un activo proceso de evacuación de gametos. En el período de marzo a mayo ocurriría el de reposo sexual y finalmente, entre junio y octubre, se evidenciaría la maduración y desarrollo total de sus productos sexuales, lo que daría inicio al próximo ciclo de desove.



- La talla de primera madurez para el Banco de “Playa Las Machas”, Arica, se determinó en el rango de 25 a 30 mm. Por su parte, en el Banco de Bahía Choros se estimó una talla de primera madurez en el rango de 35 a 40 mm.
- Para el Banco de “Playa Las Machas”, Arica, la fecundidad potencial relativa promedio fue de 20.723 ovocitos por macha, con una desviación estándar de ± 9.669 , variando de 5.940 a 42.873 ovocitos. Mientras que para el Banco de “Bahía Choros”, IV Región, la fecundidad relativa fluctuó entre 32.224 y 103.629 ovocitos, con un promedio de 56.767 ovocitos por gramo de peso corporal (PC) y una desviación estándar de ± 17.487 ovocitos.

8.3 Aspectos del proceso de reclutamiento

- En general, en ambos bancos del recurso las machas reclutas (menores a 20 mm) se reclutan en la franja intermareal y aguas someras.
- El sustrato asociado a la presencia de machas juveniles correspondió a arena fina y muy fina
- La aparición de reclutas de machas se verifica hacia el verano tardío y otoño, lo cual es compatible con las épocas de desove.

8.4 Estimaciones de la mortalidad natural

- El método sugerido como el más adecuado para estimar la tasa de mortalidad natural correspondió al de Alagaraja (1984) *fide* Spare & Venema (1995).



- Las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural para las poblaciones de macha del banco de Arica, I Región y de Bahía Choros, IV Región fueron: $M=0,60$ y $M=0,59$, respectivamente.

8.5 Estimaciones de la talla y edad crítica

- De acuerdo a los valores de mortalidad natural obtenidos, se cálculo como valores más representativos de la talla y edad crítica del banco de machas de la I Región a: $L_c = 64,5$ mm, $t_c = 3,35$ años, respectivamente.
- Por su parte, para el banco de machas de Bahía Choros, IV Región se estimó una talla y edad crítica de: $L_c = 65,9$ mm y $t_c = 3,6$ años, respectivamente.





9. BIBLIOGRAFIA

- ALAGARAJA, K.** 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian. J. Fish.* 31: 177-208.
- ALLEN, K.** 1966. Some methods for the estimation of exploited populations. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 23: 1553-1574.
- ALVERSON, D. & M. CARNEY.** 1975. A graphic review of growths and decay of populations cohorts. *J. cons. Int. Explor. Mer.* 36 : 133 -143.
- ARIZ, L.; CESPEDES, I.; JEREZ, G. & H. MIRANDA.** 1996. Análisis de la Investigación del stock del recurso Macha (*Mesodesma donacium*), en Putú y La Trinchera, VII Región. Informe Final. IFOP-Gob. Regional del Maule, VII Región. 83 p.
- ARIZ, L.; JEREZ, G.; PEREZ, E. & C. POTOENJAK.** 1994. Bases para Ord. y Des. de las Pesq. Art. del Recurso Macha (*Mesodesma donacium*) en Chile Central. Informe Final. IFOP-NORAD. AGCII. 61 pp.
- ARNTZ, W.; T. BREY; J. TARAZONA & A. ROBLES** 1987. Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. *The Benguela and Comparable Ecosystems.* Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). *S. Afr. J. mar. Sci.* 5:645-658.
- ASENCIO V. E. LOZADA & A. REYES,** 1996. Investigación de aspectos reproductivos del Culengue, X Región. Informe Final SERPLAC-IFOP. 40 pp.



- BAROS, V. & J. PACHECO.** 1994. Evaluación Cualitativa y Cuantitativa del Banco de Machas (*Mesodesma donacium*), Ubicado en Playa Las Machas, Arica. IFOP. Informe Final SERPLAC I Región. Inf. no publicado. 50 pp.
- BAROS, V.; D. CASTELLI & C. PACHECO.** 1995. Evaluación del Banco de Machas (*Mesodesma donacium*), Ubicado en Playa Las Machas, Arica. IFOP. Informe Final FPPA. Inf. no publicado. 33 pp.
- BEINSSSEN, K, & D. POWELL.** 1979. Measurement of Natural Mortality in a Population of Blacklip Abalone, *Notohaliotis ruber*. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 175: 23-26
- BEVERTON, R. & S. HOLT.** 1956. A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Fish Populations, with Special Reference to Source of Bias in Catch Sampling. Rapp. P-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 140: 67-83.
- BEVERTON, R. & S. HOLT.** 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. (Ser. 2) 19 : 533 p.
- BERTALANFFY, L. VON,** 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10:181 -213.
- BROMAGHIN, J.** 1993. Samples size determination for interval estimation of multinomial probabilities. The American Statistician, august, 47 (3).
- BUSTOS, E., M. GUARDA, C. OSORIO, E. LOZADA Y M. DIAZ,** 1981. Estudio biológico pesquero del recurso almeja en la Bahía de Ancud. II. Investigaciones específicas. Informe SERPLAC, X Región. CORFO-IFOP. 26 pp.



- BUSTOS, E., H. ROBOTHAM, E. LARA Y E. PACHECO**, 1986. Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de von Bertalanffy. *Investigación Pesquera* 33: 33-45.
- CAMPUSANO, C. & J. CEPEDA**. 1979. Estructura de la comunidad y ecología poblacional de la macha (*Mesodesma donacium*) Lamarck 1818) en la Bahía de Coquimbo. Informe Final. U. de Chile - SERPLAC IV Región. 35 pp.+14 anexos.
- CARMONA, M.** 1979. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Mesodesma donacium*, Lamarck, 1818. en CAMPUSANO, C. & J. CEPEDA. (Editores).1979. Estructura de la comunidad y ecología poblacional de la macha (*Mesodesma donacium*) Lamarck 1818) en la Bahía de Coquimbo. Informe Final. U. de Chile - SERPLAC IV Región. 23 pp.
- CÉPEDA, J.** 1979. Análisis del crecimiento de *Mesodesma donacium* (macha) en la bahía de Coquimbo (IV Región). En Estructura de la comunidad y Ecología Poblacional de la Macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818), en la Bahía de Coquimbo. Universidad de Chile - SERPLAC IV Región.
- CHAPMAN D.G. & D.S. ROBSON**. 1960. The Analysis of a Catch Curve. *Biometrics*, 16: 354-368.
- DEFEO, O.; E. ORTIZ & J. CASTILLA**. 1992. Growth, Mortality and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* on Uruguayan beaches. *Marine Biology*. Vol. 114 N° 3 pp. 429-437.



- DEFEO, O. A. MASELLO & C. LAYERLE.** 1988. Consideraciones metodológicas para el estudio del crecimiento en moluscos bivalvos. Inf. Unesco Cienc. Mar., 47:135 - 148.
- EBERT, T.** 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. Limnol. Oceanogr. 25 (4) : 764 -769.
- FOURNIER, D. & P. BREEN.** 1983. Estimation of Abalone Mortality rates with growth analysis. Trans.Amer.Fish.Soc. 112: 403 - 411.
- GÜNTHER, C.** 1991. Settlement of *Macoma balthica* on an intertidal sandflat in the Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 76 : 73 -79.
- HEINCKE, F.** 1913. Investigations on the Plaice. General Report. 1. The Plaice Fishery and Protective Measures. Preliminary Brief Summary of the most Important Points of the Report. Rapp. P-V. Reun.Cons. Int. Explor. Mer. 16: 67 pp.
- HERNANDEZ, D. & H. CORDO.** 1986. Metodología aplicada en la estimación del largo de primera madurez sexual de la pescadilla de red y la pescadilla real. Publ. com. Tec. Mix. Fr. Mar. vol.1 (1) : 230 - 232.
- HOENIG, J.** 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. Fish. Bull. U.S. 82: 898-903.
- HUTCHESON, M. & P. STEWART.** 1994. A possible relict population of *Mesodesma deauratum* (Turton): Bivalvia (Mesodesmatidae) from the Southeast Shoal, Grand Banks of Newfoundland. Can. J Fish. Aquat. Sci., Vol. 51, pp 1162-1168.



- JEREZ, G.** 1991. INVES. Evaluación de stock recurso almeja, Bahía Ancud, 1990. Informe Técnico IFOP-Subsecretaría de Pesca.
- JEREZ, G., L. ARIZ., D. BROWN, R. ROA & H. MIRANDA.** 1995 "Monitoreo de la Pesquería del Recurso Macha en IV y V Regiones, 1994". Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final FIP. Inf. no publicado. 101 pp.
- JEREZ, G., A. GONZALEZ, L. ARIZ.** 1997 "Evaluación Indirecta del Stock de Macha en la Regiones IV y V. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final FIP 94-31. Inf. no publicado. 44 pp.
- JEREZ, G.; MIRANDA, H.; ROMERO, C.; OLGUIN, A.; GONZALEZ, J.; GARRIDO, J.; TOLEDO, C. & M. NILO.** 1999. Estudio de Situación Base (ESBA) y Proposición del Plan de Manejo de Bahía Choros. Informe Final. IFOP-FONDEF-SERCOTEC. 30p.
- JONES, R.** 1984. Assessing the Effects of in Exploitation Pattern Using Length Composition Data (with notes on VPA and Cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., (256): 118 pp.
- JONES, R. & N. VAN ZALINGE.** 1981. Estimates of Mortality Rate and Population Size for Shrimp in Kuwait Waters. Kuwait Bull. of Mar. Sci., (2): 273-288.
- KIMURA, D.** 1977. Statistical assessment of the age - length key. J. Fish. Res. Board of Can. 34 : 317 - 324.
- LAI, H-L,** 1987. Optimum allocation for estimating age composition using age-length key. Fish. Bull. Vol 85, N 2.



- LAI, H-L**, 1993. Optimal sampling design for using the age - length key to estimate age composition of a fish population. *Fish. Bull.* 9 (2).
- LARKIN, P.**, 1988. Pacific Salmon. In: *Fish population dynamics: the implications for management*, edit. J.A. Gulland. Chichester. J. Wiley & Sons Ltd. 153-183.
- OJEDA, V.; T. PEÑAILILLO, M. AGUAYO & J. CHONG**. 1987. Elaboración de claves edad-talla y composición de la captura en número por grupos de edad para la merluza del sur y congrio dorado. Estudio de edad y crecimiento para congrio dorado. Informe interno IFOP.
- OJEDA, V. & I. CÉSPEDES**, 1988. Elaboración de claves edad - talla y composición en número de individuos por grupos de edad para merluza del sur, *Merluccius australis*, (Hutton 1872), en la zona sur - austral, año 1987. Informe Interno, IFOP.
- OLGUÍN, A.; GONZÁLEZ, J.; LEÓN, C. & C. CORTÉS**. 1997 "Evaluación Banco de Machas Playa Los Choros". Informe Final. IFOP.. Inf.no publicado. 24 pp.
- PAULY, D.** 1980. On the Interrelationships between Natural Mortality, Growth parameters, and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks. *J. CIEM*, 39(2): 175-192.
- PAULY, D.** 1983. Length Converted Catch Curves: A Powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. *Fishbyte* 1(2): 9-13.
- PAULY, D. & G. GASCHÜTZ**. 1979. A Simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. *Int. Counc. Explor. Sea*, ICES CM 24, 26pp.



- REYES, A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS, & E. LOZADA.** 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas, 1992. Informe Técnico CORFO-IFOP. SGI/IFOP 93/7.
- REYES, A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS, J. ARIAS & V. PEZO.** 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas, 1993. Informe Técnico CORFO-IFOP. SGI/IFOP 94/7.
- REYES, A., N. BARAHONA, A. CARMONA, C. ROJAS, E. ARIAS, V. PEZO, V. ASENCIO & E. LOZADA.** 1995. "Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas, III, IV y X Región". Estado de situación y perspectivas del recurso. 1994.
- PHILLIPS, B.F. & A. CAMPBELL.** 1974. Mortality and longevity in the Whelk *Dicathais orbita* (Gmelin). *J. Mar. Freshwat. Res.*, 25:25-33.
- POWELL, D.G.** 1979. Estimation of Growth and Mortality Parameters from the Length Frequency of a Catch. *Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Perm. Explor. Mer.* 175: 167-169.
- RICKER, W.E.** 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin N° 191, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 382 pp.
- RICKHTER, V.A. & V.N. EFANOV.** 1976. On the Approaches to Estimation of Natural Mortality of Fish Population. *ICNAF Res. Doc.* 76/VI/8: 12 pp.



ROBOTHAM, H., 1994. Revisión de los procedimientos estadísticos de muestreo para otolitos conducente a la elaboración de claves talla edad y matrices de captura. En: Informe Técnico: Estandarización de métodos para la determinación de la edad y crecimiento de anchoveta, sardina, jurel y merluza. Segundo Taller IFOP-IMARPE, junio, Iquique.

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

SERNAPESCA, 1998. Anuario estadístico de Pesca.

SPARRE, P. & S. VENEMA. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual FAO. Documento Técnico de Pesca. N° 306.1 Rev. 1., 440 p.

SSENTONGO, G.W. & P.A. LARKIN. 1973. Some Simple Methods of Estimating Mortality Rates of Exploited Fish Populations. J. Fish. Res. Board Can., 30: 695-698.

TABOADA, G. 1995. Estimación de las mortalidades del recurso Macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818) en la zona de Playa Ritoque, V Región. Tesis para optar al título profesional de Ingeniería Pesquera. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Recursos Naturales. 69 p.

TARIFEÑO, E. 1975. La macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818) y sus posibilidades de cultivo. inf. mimeografiado 33 p.



- TARIFEÑO, E.**, 1980. Studies on the biology of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia, Mesodesmatidae) from Chilean sandy beaches. Ph.D. dissertation, University of California, Los Angeles, USA. 229 pp.
- TARIFEÑO, E.**, 1984. Manejo y Evaluación de la Macha (*Mesodesma donacium*) en la Provincia de Arauco, VIII-Región. SERPLAC VIII-Región, Pontificia Universidad Católica de Chile Sede Regional Talcahuano. 218 pp.
- TAYLOR, C.** 1958. Cod Growth and Temperature. J. CIEM 23(3): 366-370.
- TORTORA, R.**, 1978. A note on sample size estimation of Multinomial Populations. The American Statistician. Vol. 32 (3).
- TRAUTMANN, S.**, 1979. Estudio preliminar de edad y crecimiento en ostión (*Chlamys patagonica*, King, 1831) en base a lectura de anillos. Informe Práctica Profesional. Univ. de Chile. 23 pp.
- VAN SICKLE, J.** 1977. Mortality Rates from Size Distributions. Oecologia (Berl.) 27: 311-318.
- VÁSQUEZ J., D VÉLIZ & R. WEISNER.** 1996. Análisis malacológico de un yacimiento de la cultura Huentelauquén IV Región, Chile. 1996. Gayana Oceanol. 4(2): 109-116.
- VETTER, E.F.** 1988. Estimation of Natural Mortality in Fish Stocks: A Review. Fish. Bull. U.S. 86 (1): 25-43.



WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediment.
jour. Geol., 30:377-392.

ZEGERS, J. & R. PEÑA,1983. Estructura y crecimiento de una población de
Protothaca thaca (Molina, 1782). Estudios Oceanol. 3(1): 75-82.



FIGURAS

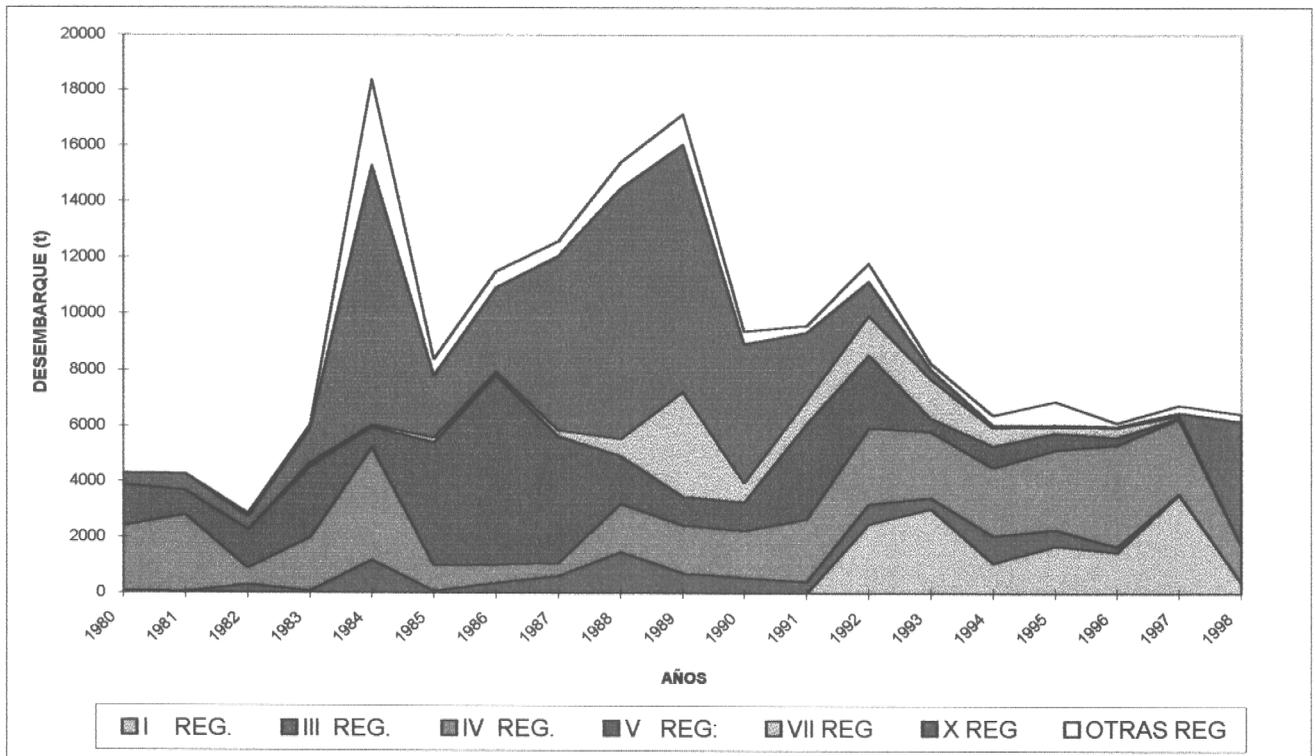


Fig. 1 : Desembarque Nacional de Machas por Regiones. Período: 1980 - 1998.

Fuente: SERNAPESCA

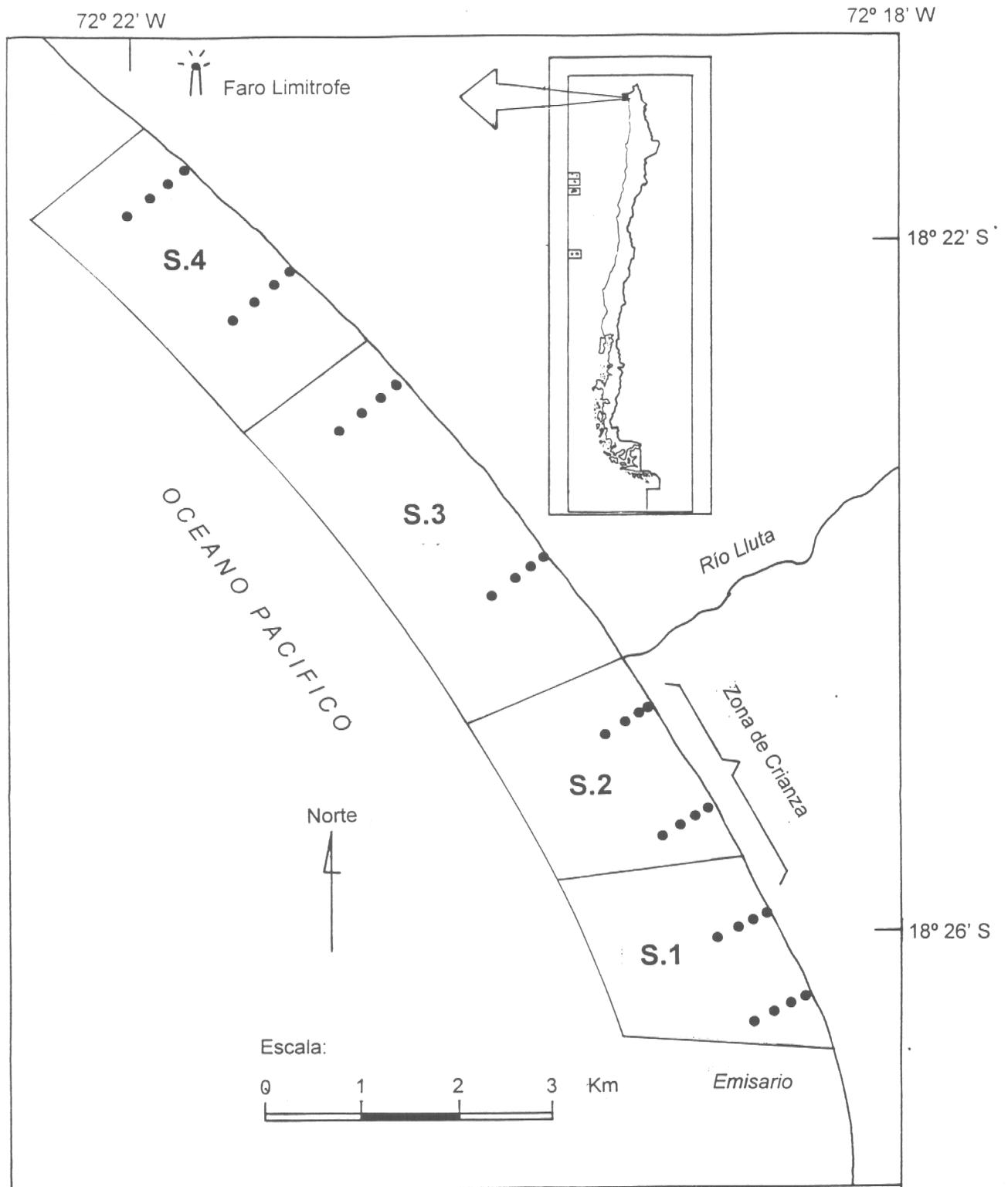


Fig. 2 Zona de estudio, Playa " Las Machas ". Arica, I Región con estaciones de muestreo para machas (*Mesodesma donacium*).

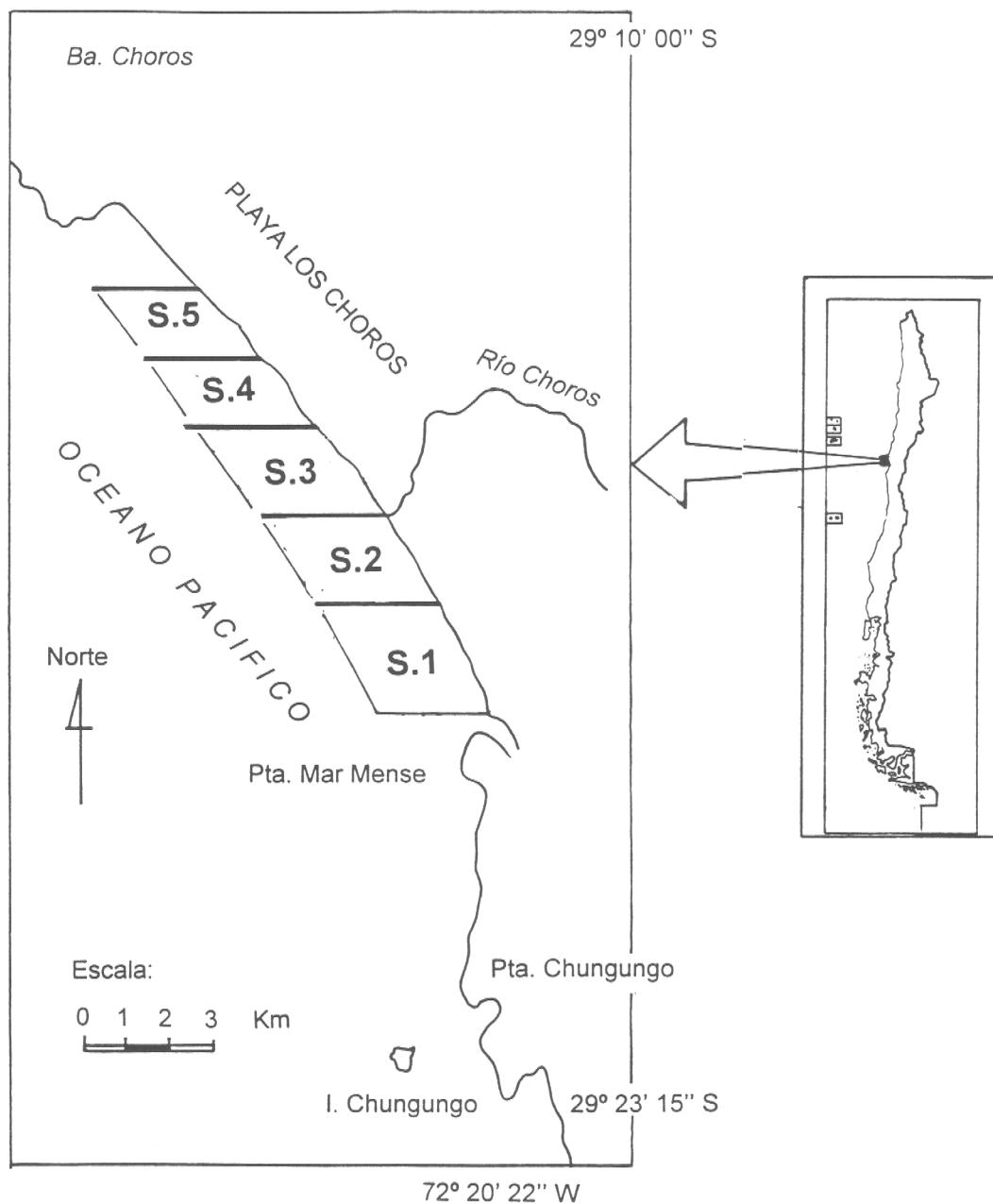
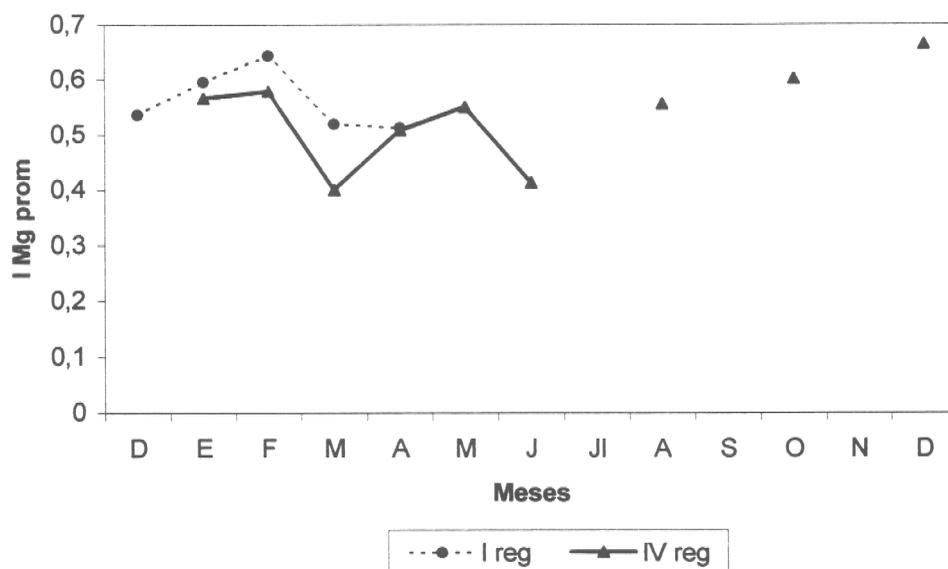


Fig. 3 Zona de estudio, Playa " Los Choros ". IV Región con estaciones de muestreo para machas (*Mesodesma donacium*).

a)



b)

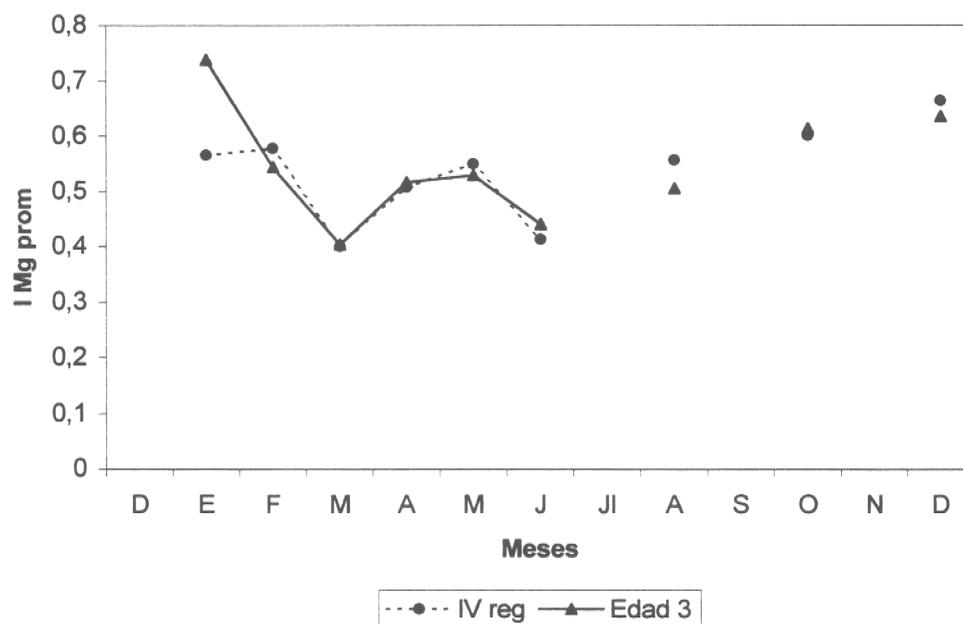


Fig. 4 : Distribución del Incremento Marginal Promedio durante el período de estudio. (a) = I y IV Regiones, (b)= IV Región y edad 3.

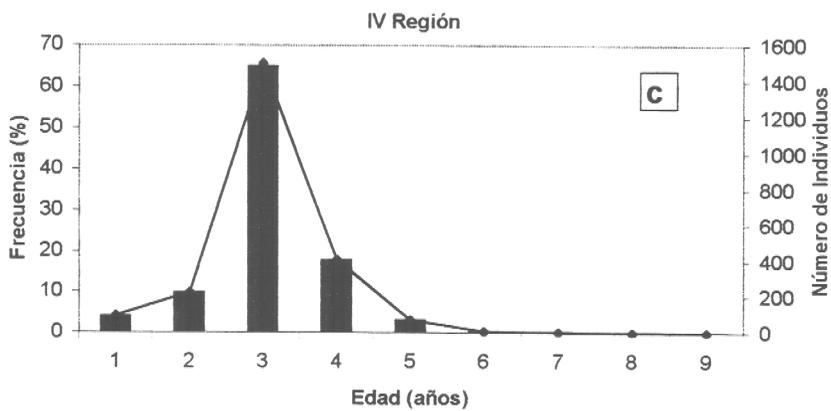
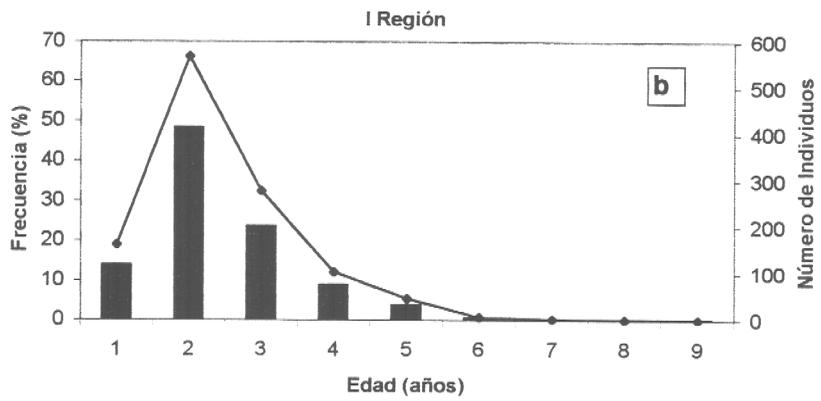
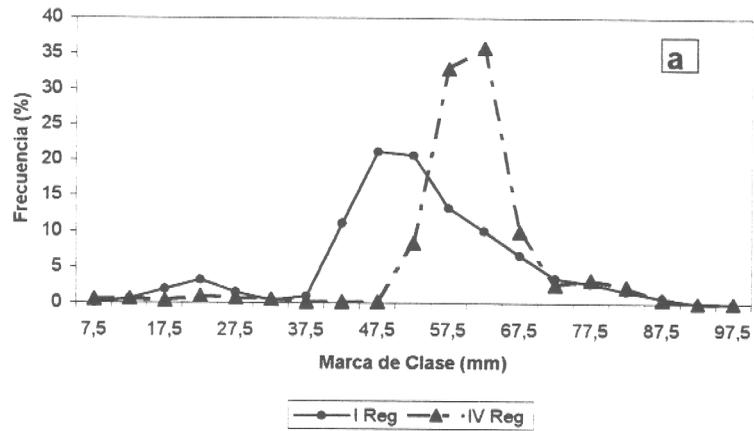
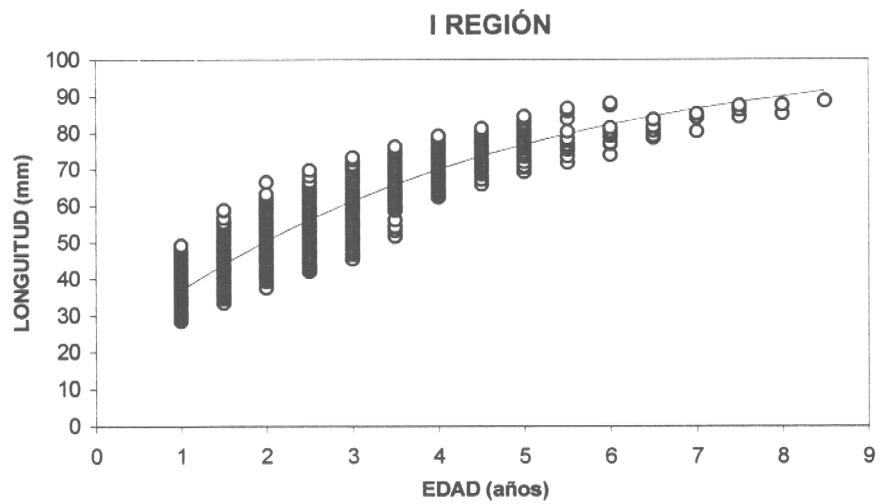


Fig. 5: Estructura de Tallas (a) y Edades (b y c) de las muestras en que se estudió la edad de los bancos de machas de las playas "Las Machas" (I Región) y "Los Choros" (IV Reg).

Obs: Frecuencia en % en barras y número de ejemplares en línea.

a)



b)

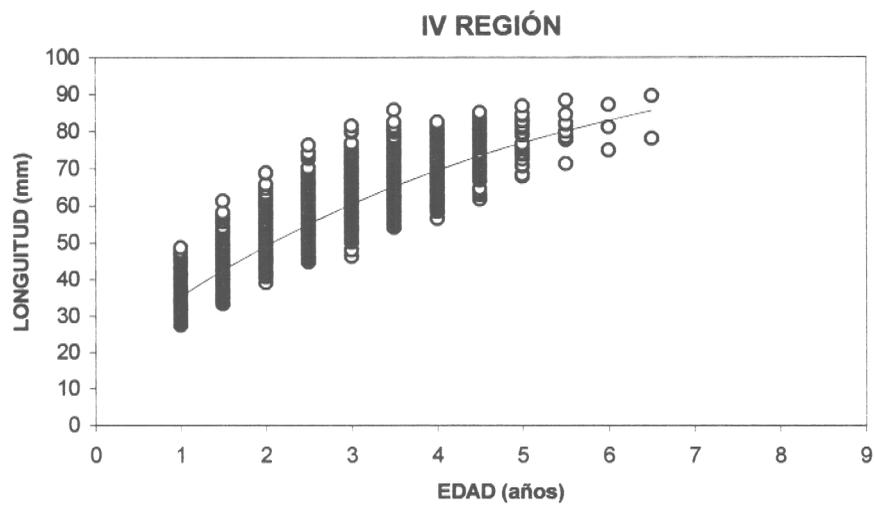
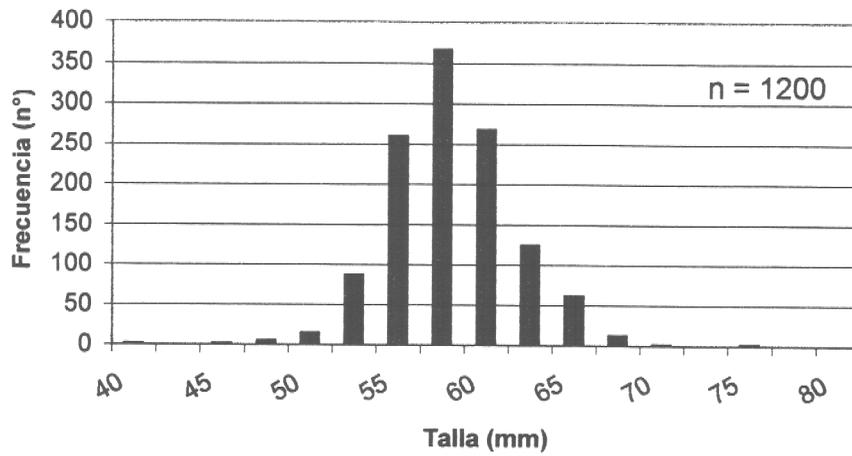
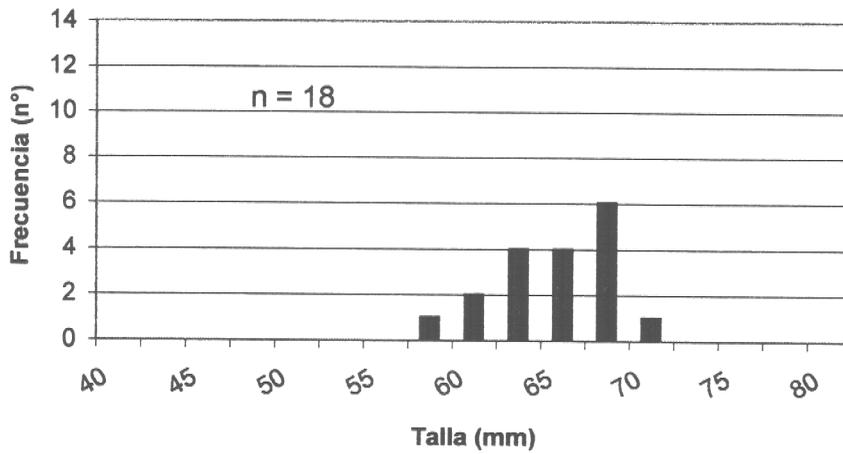


Fig. 6 : Dispersión y curva de crecimiento de machas de los bancos (a) Playa "Las Machas", I Región, y (b) Playa "Los Choros", IV Región .

Marcaje : 24/08/98



Primera Recaptura : 24/10/98



Segunda Recaptura : 13/02/99

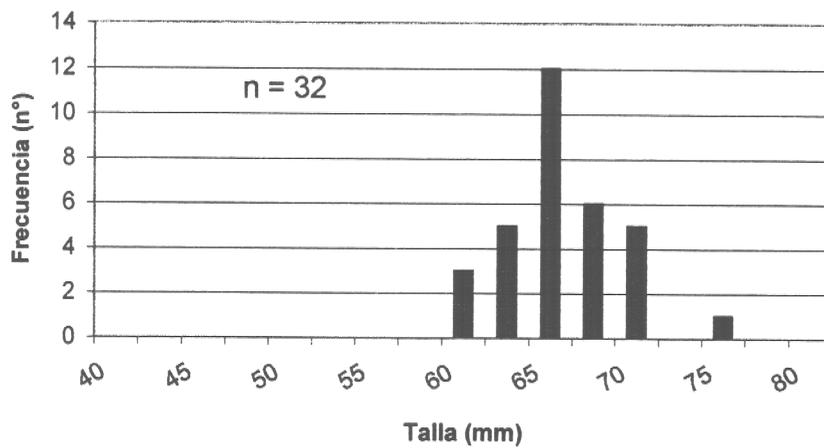


Fig 7 : Crecimiento de Ejemplares Recapturados. Octubre de 1998 y Febrero de 1999. Playa Los Choros, IV Región.

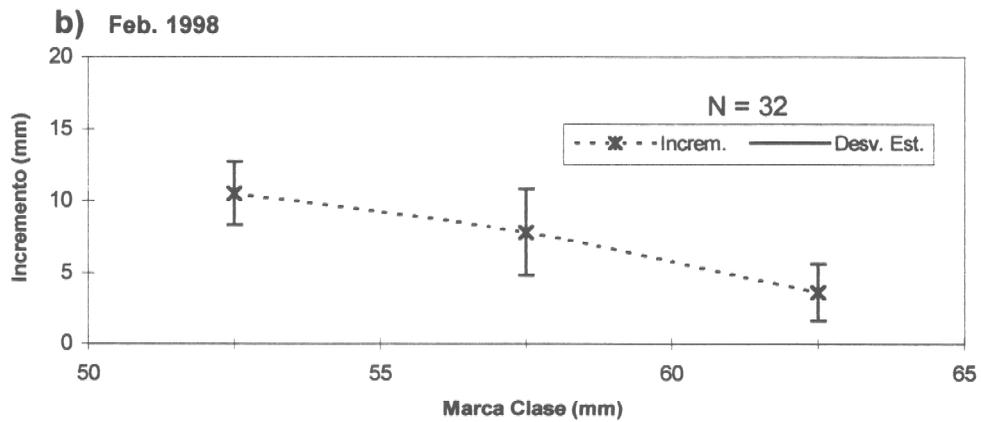
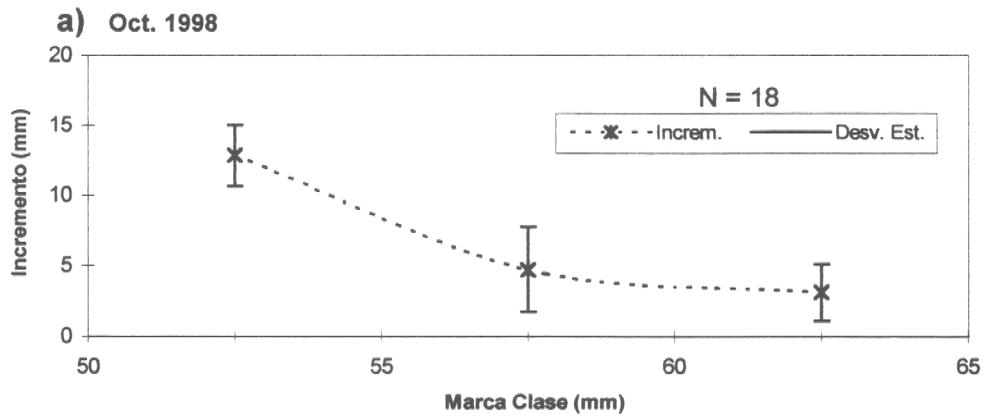
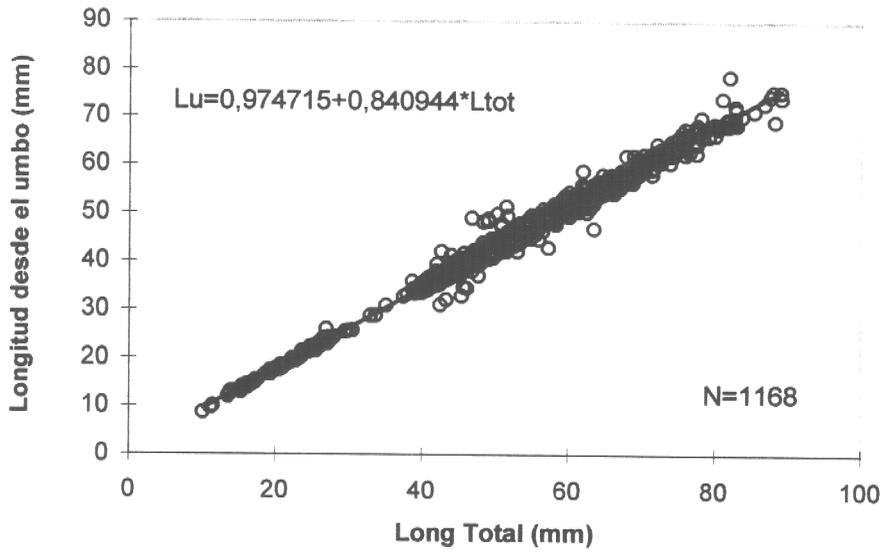


Fig.8 : Crecimiento Promedio de Ejemplares de Machas Recapturadas. Octubre de 1998 y Febrero de 1999. Playa Los Choros, IV Región

a)



b)

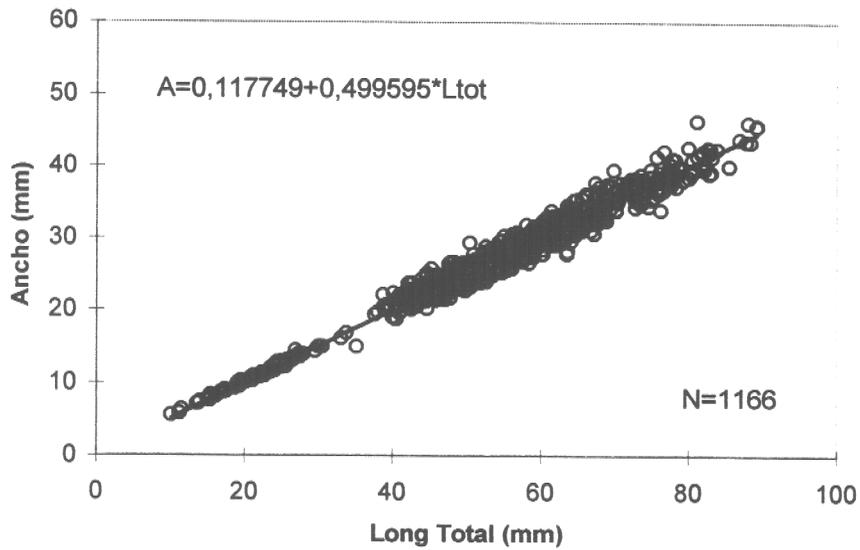
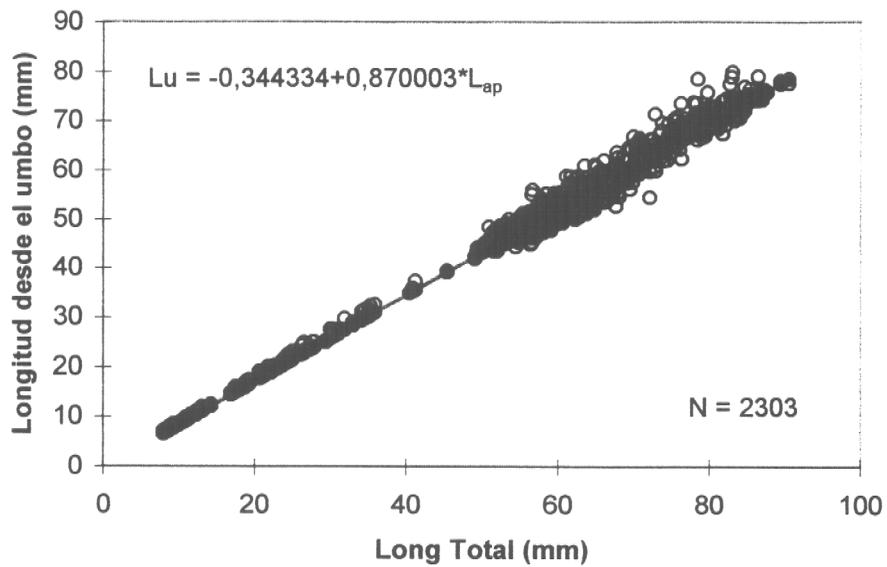


Fig. 9 : Dispersión de datos y línea de ajuste entre las variables Longitud total, Longitud desde el umbo y ancho máximo de las valvas de macha. I Región.

a)



b)

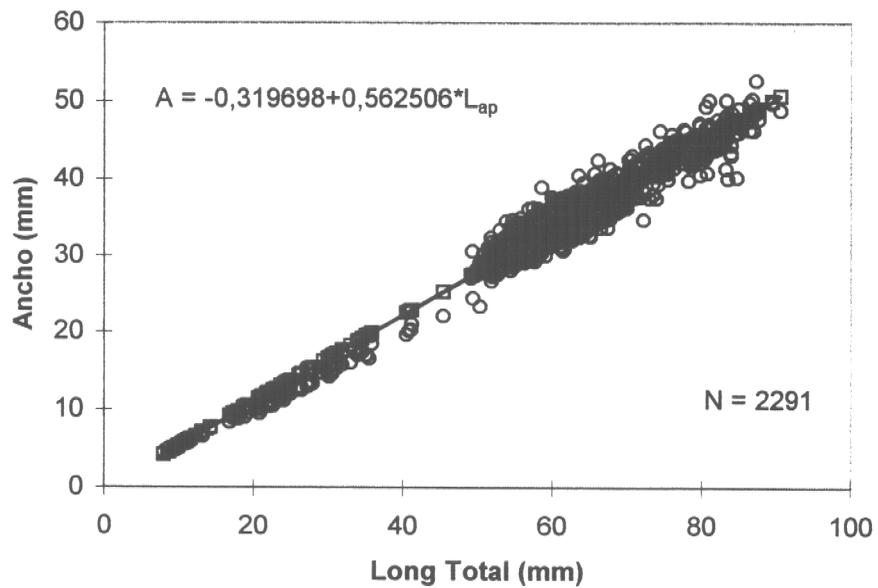
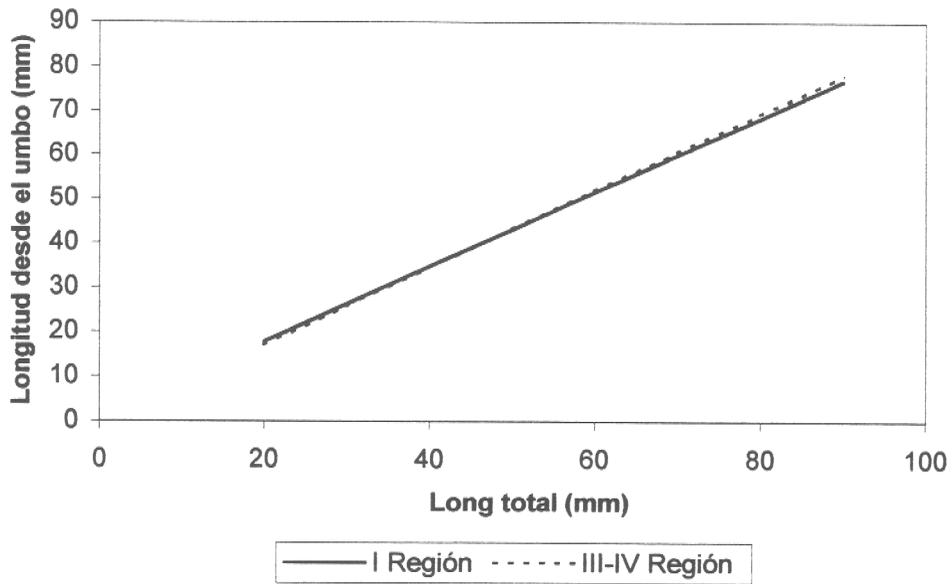


Fig. 10: Dispersión de datos y línea de ajuste entre las variables Longitud total, Longitud desde el umbo y ancho máximo de las valvas de macha. IV Región.

a)



b)

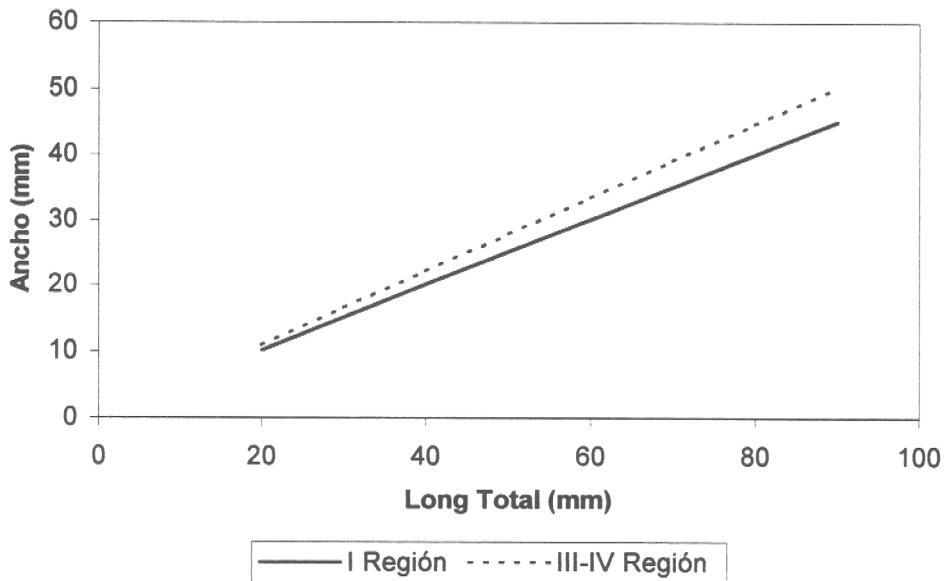


Fig .11: Líneas de regresión entre las variables Longitud total, longitud desde el Umbo y Ancho de las valvas para los bancos "Las Machas" y "Los Choros".

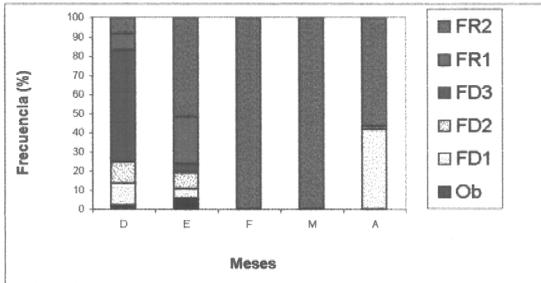


Fig. 12 : Distribución mensual de estadios gonadales en hembras de *M. donacium*. Playa "Las Machas" (I Región). Diciembre 1997 - Abril, 1998.

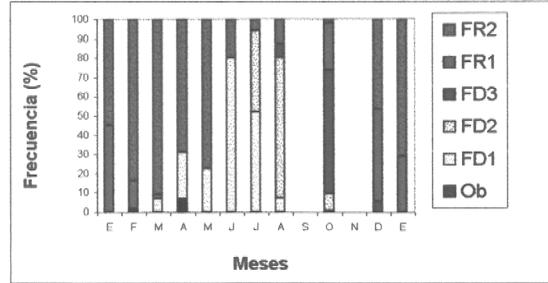


Fig. 15 : Distribución mensual de estadios gonadales en hembras de *M. donacium*. Playa "Los Choros" (IV Región). Enero 1998 a Enero de 1999.

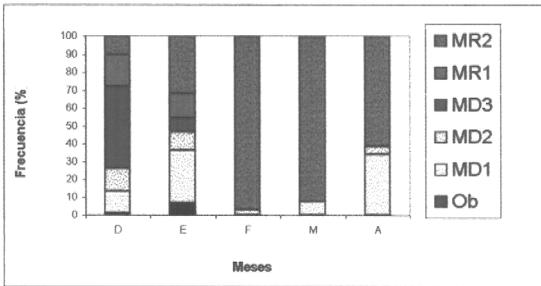


Fig. 13 : Distribución mensual de estadios gonadales en machos de *M. donacium*. Playa "Las Machas" (I Región). Diciembre 1997 - Abril, 1998.



Fig. 16 : Distribución mensual de estadios gonadales en machos de *M. donacium*. Playa "Los Choros" (IV Región). Enero 1998 a Enero de 1999.

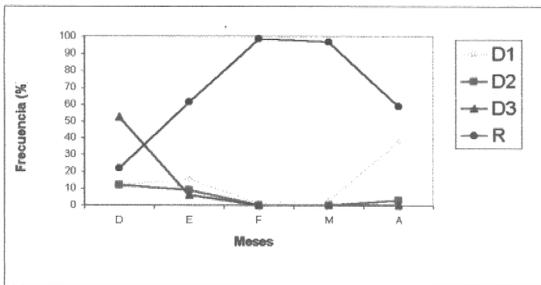


Fig. 14 : Distribución mensual de estadios gonadales de *M. donacium*. Playa "Las Machas" (I Región). Diciembre 1997 - Abril, 1998.

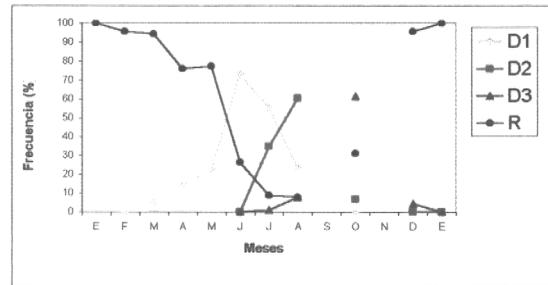


Fig. 17 : Distribución mensual de estadios gonadales de *M. donacium*. Playa "Los Choros" (IV Región). Enero 1998 a Enero de 1999.

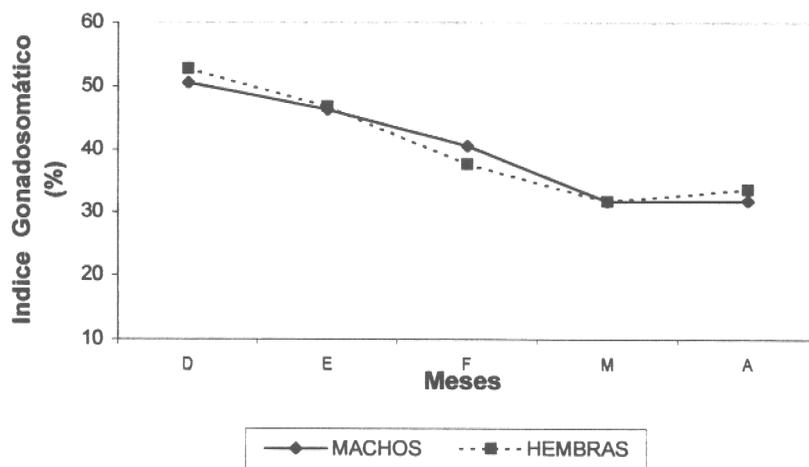


Fig. 18 : Evolución del índice gonadosomático en machos y hembras de *M. donacium*. Playa "Las Machas" (I Región). Diciembre 1997 - Abril, 1998.

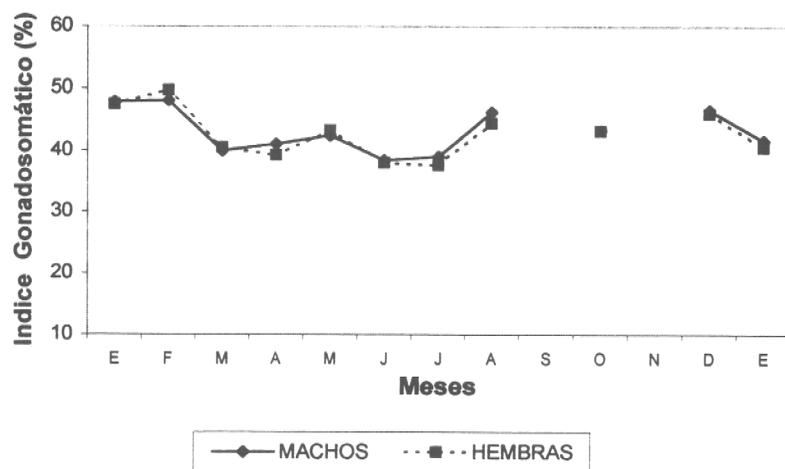
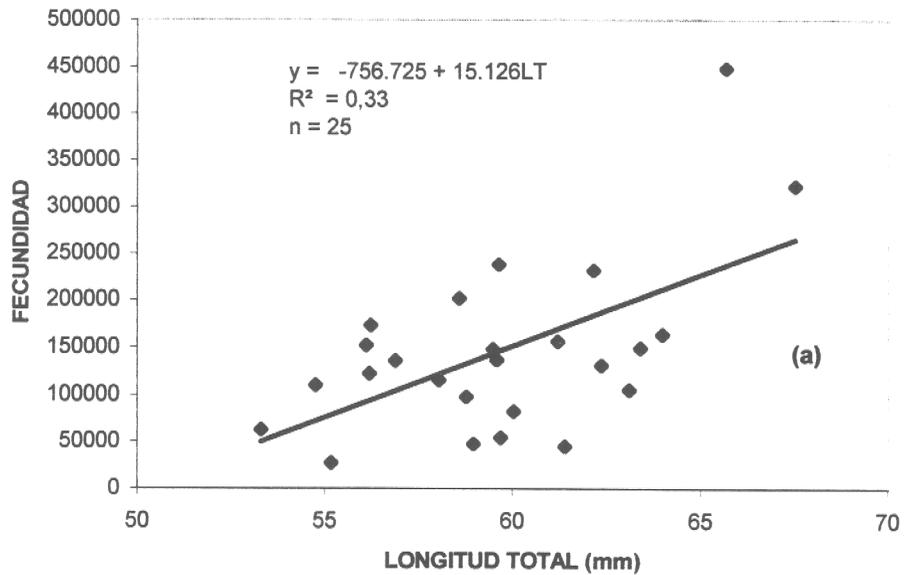


Fig. 19 : Evolución del índice gonadosomático en machos y hembras de *M. donacium*. Playa "Los Choros" (IV Región). Enero 1998 a Enero de 1999.

a)



b)

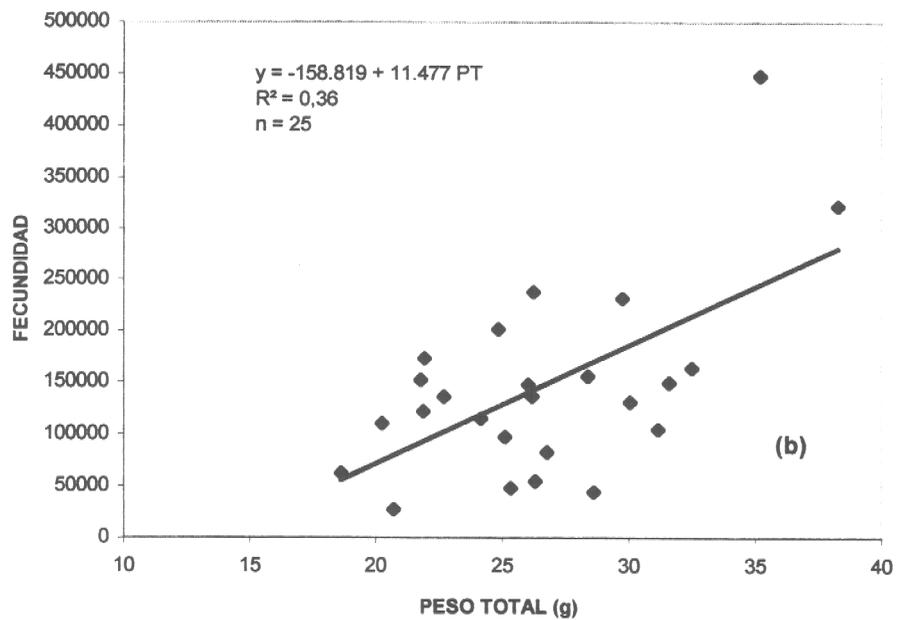
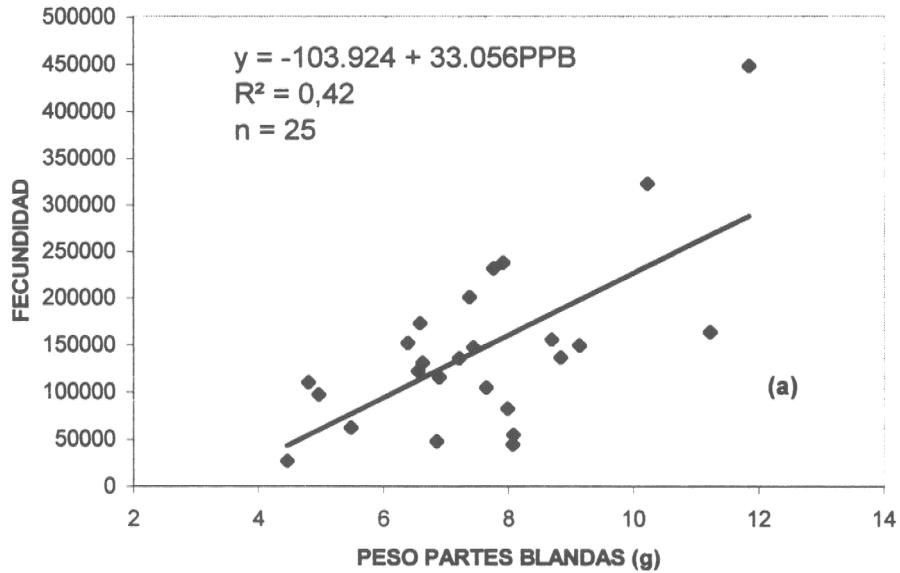


Fig. 20: Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) longitud total; b) peso total, de machas en la playa "Las Machas", I Región.

a)



b)

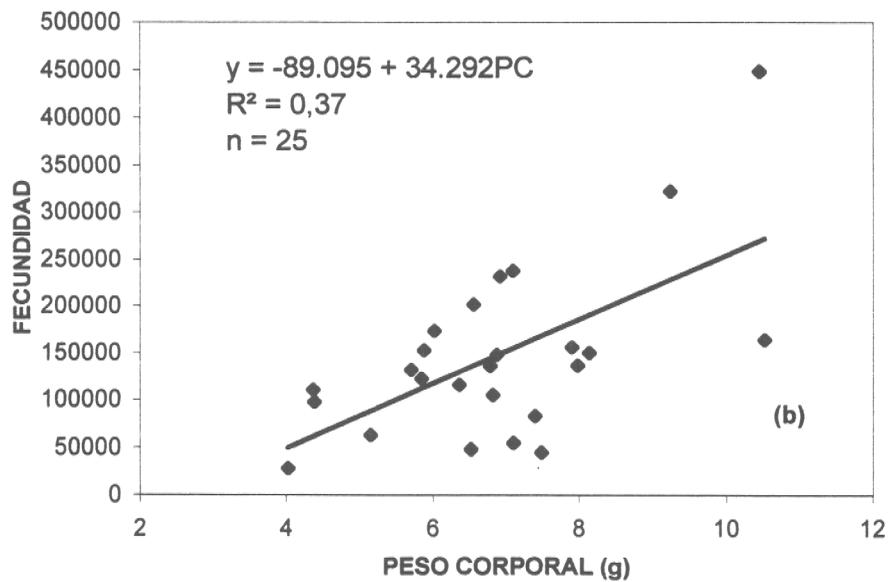
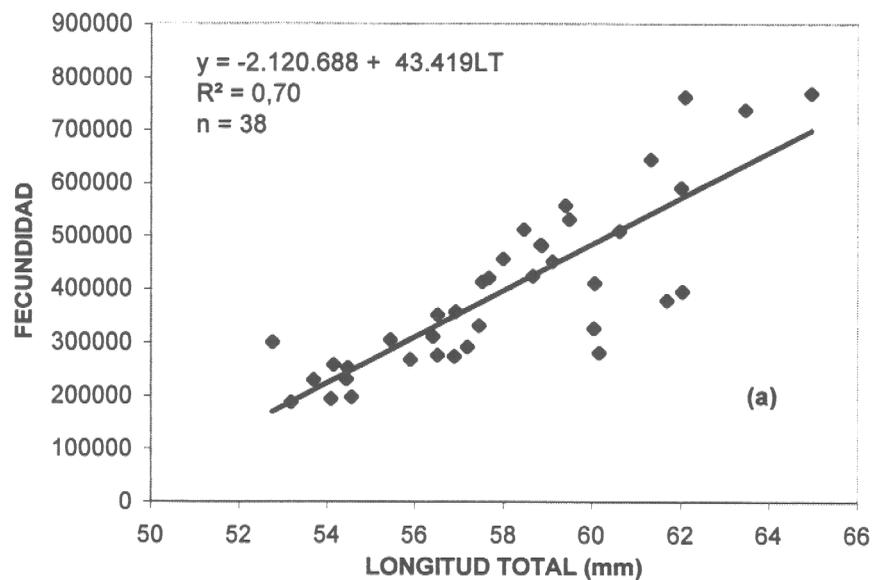


Fig. 21: Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) peso de partes blandas; b) peso corporal, de machas en la playa "Las Machas", I Región.

a)



b)

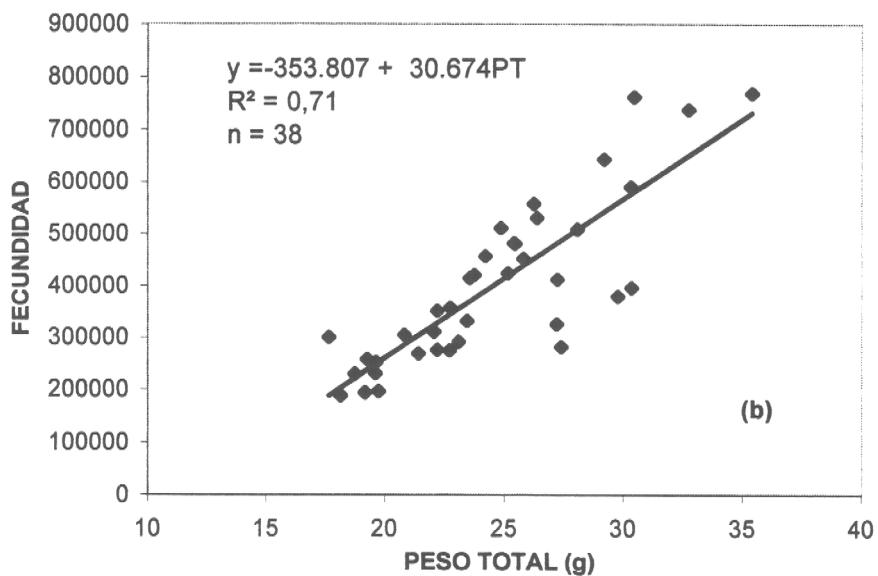
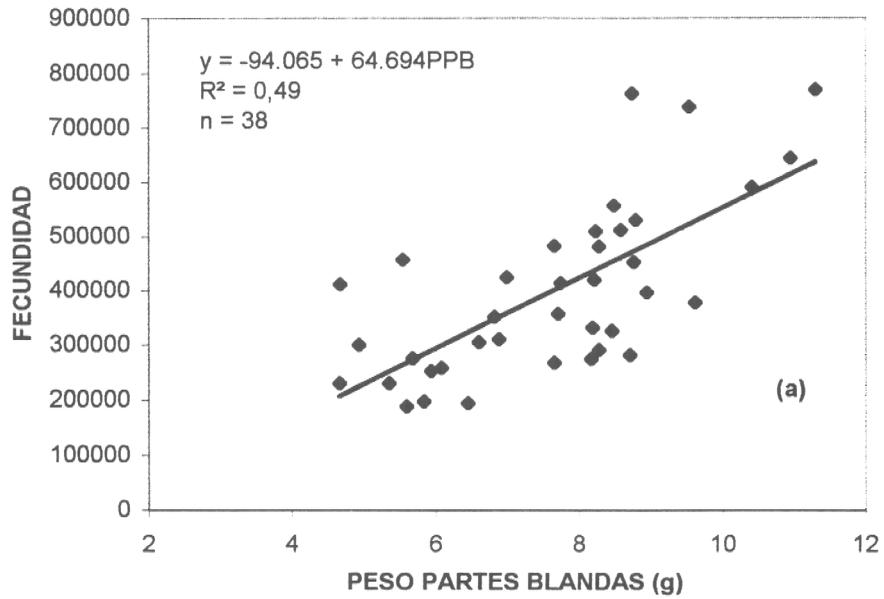


Fig. 22: Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fecundidad potencial y a) longitud total; b) peso total, de machas en la playa "Los Choros", IV Región.

a)



b)

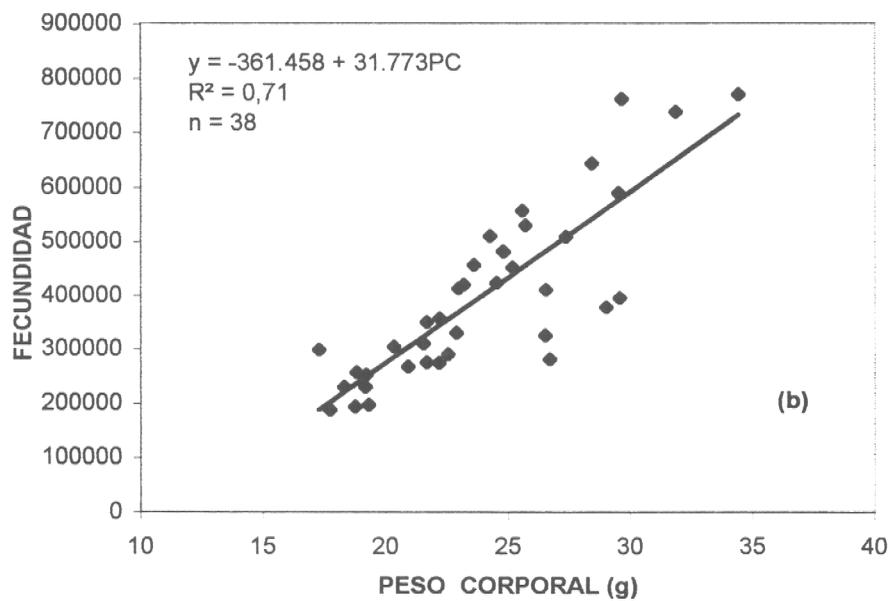


Fig. 23 : Dispersión de datos y línea de ajuste entre la fec. potencial y a) peso de partes blandas y b) peso corporal, de machas en la playa "Los Choros", IV Región.

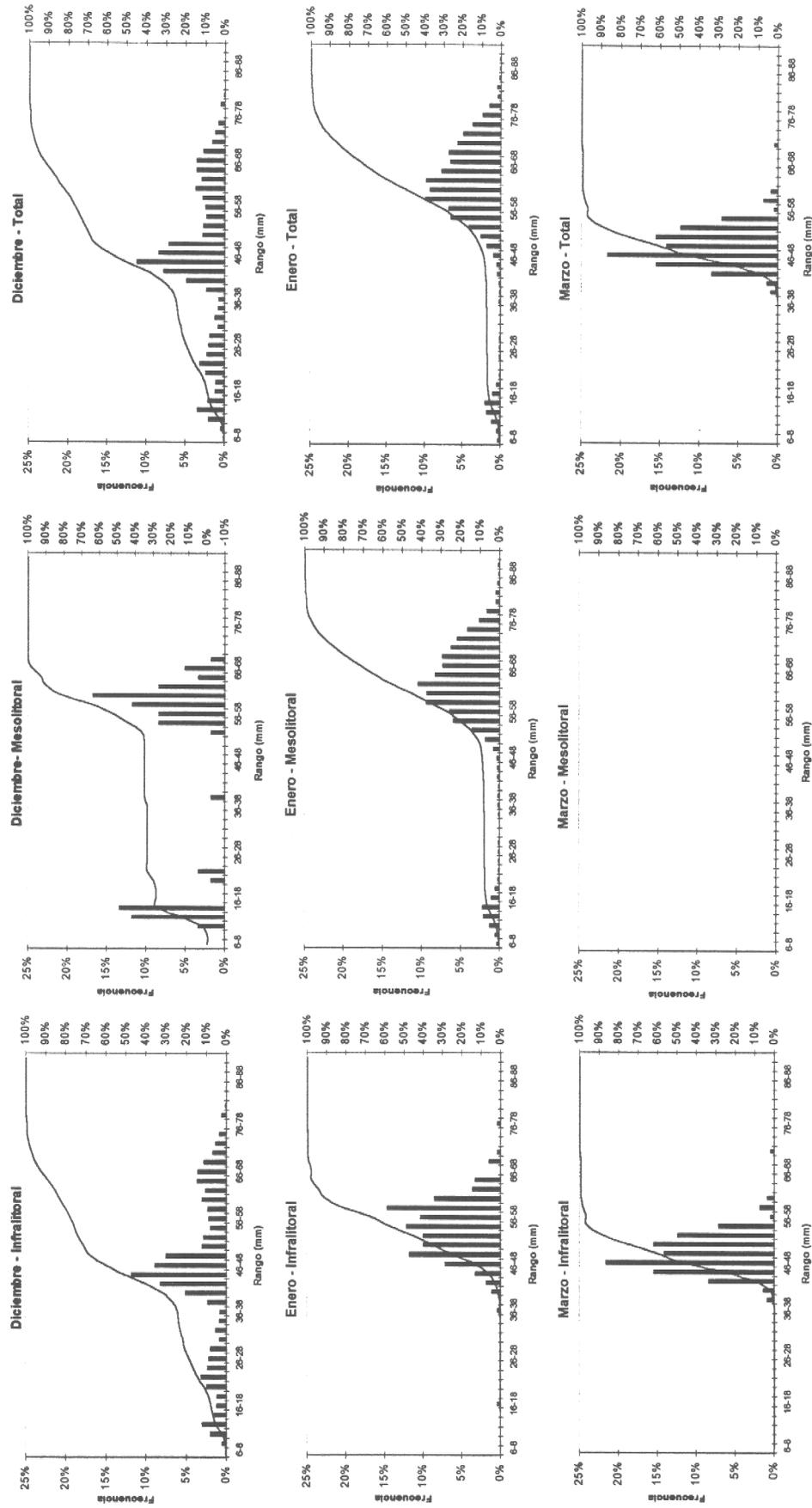


Fig. 24: Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa "Las Machas", Arica, I Región. Diciembre de 1997 a Marzo de 1998.

Obs.: Se incluyen solo los meses en que fue posible recolectar muestras biológicas.

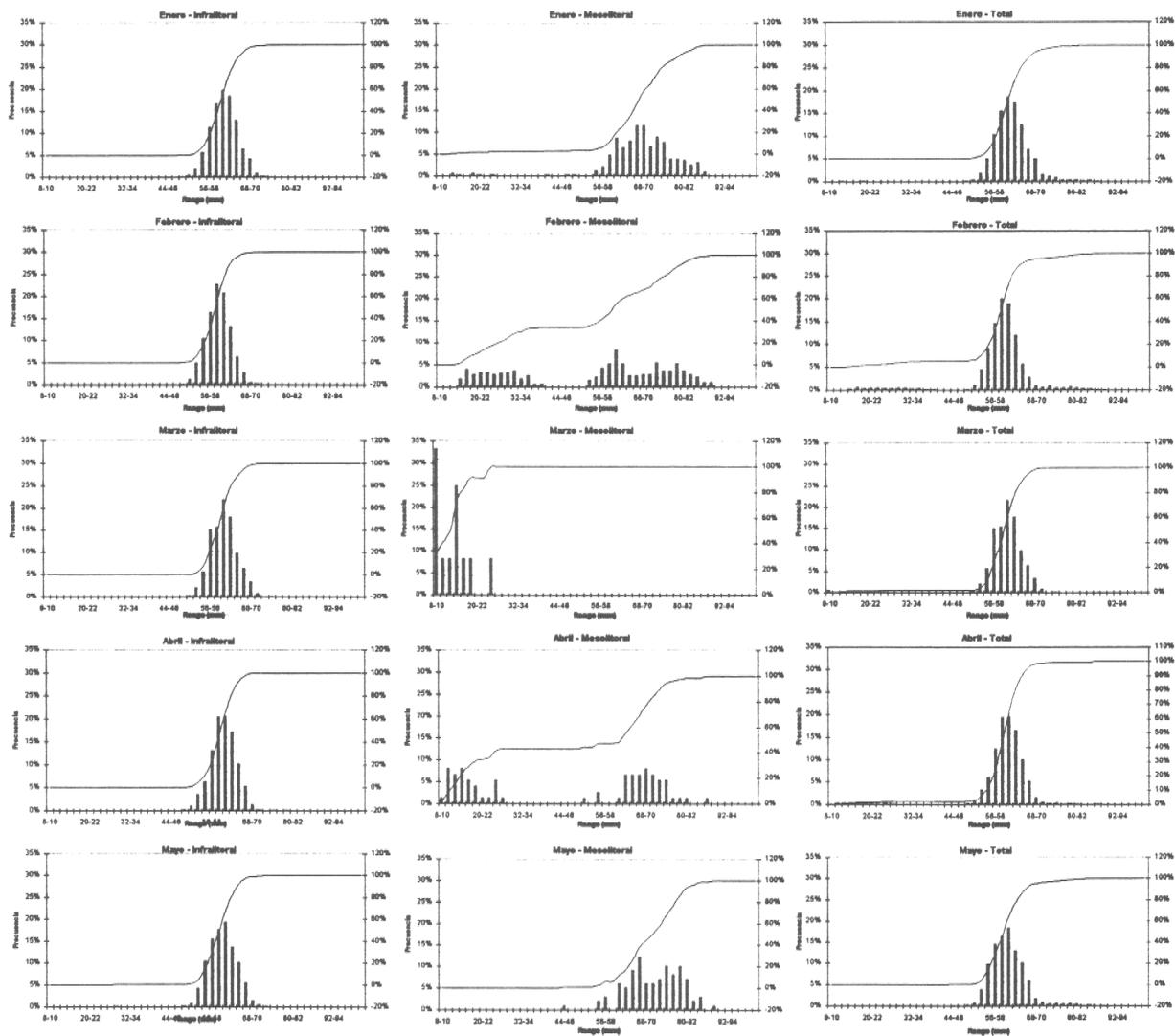


Fig. 25a: Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa "Los Choros", IV Región. Enero a Mayo de 1998.

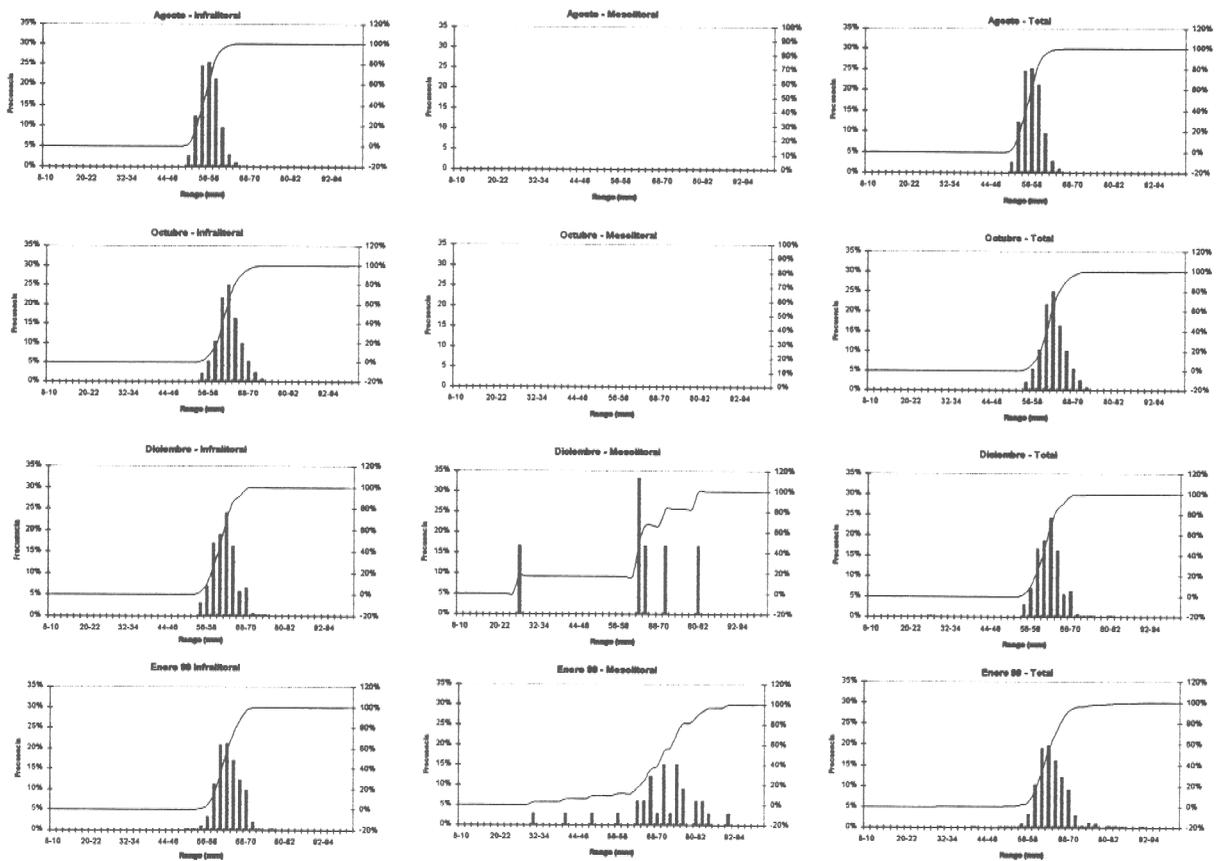


Fig. 25b: Estructura de tallas mensual de la macha, para el total, meso e infralitoral de la Playa "Los Choros", IV Región. Agosto de 1998 a Enero de 1999.

Obs.: Se incluyen solo los meses en que fue posible recolectaron muestras biológicas.

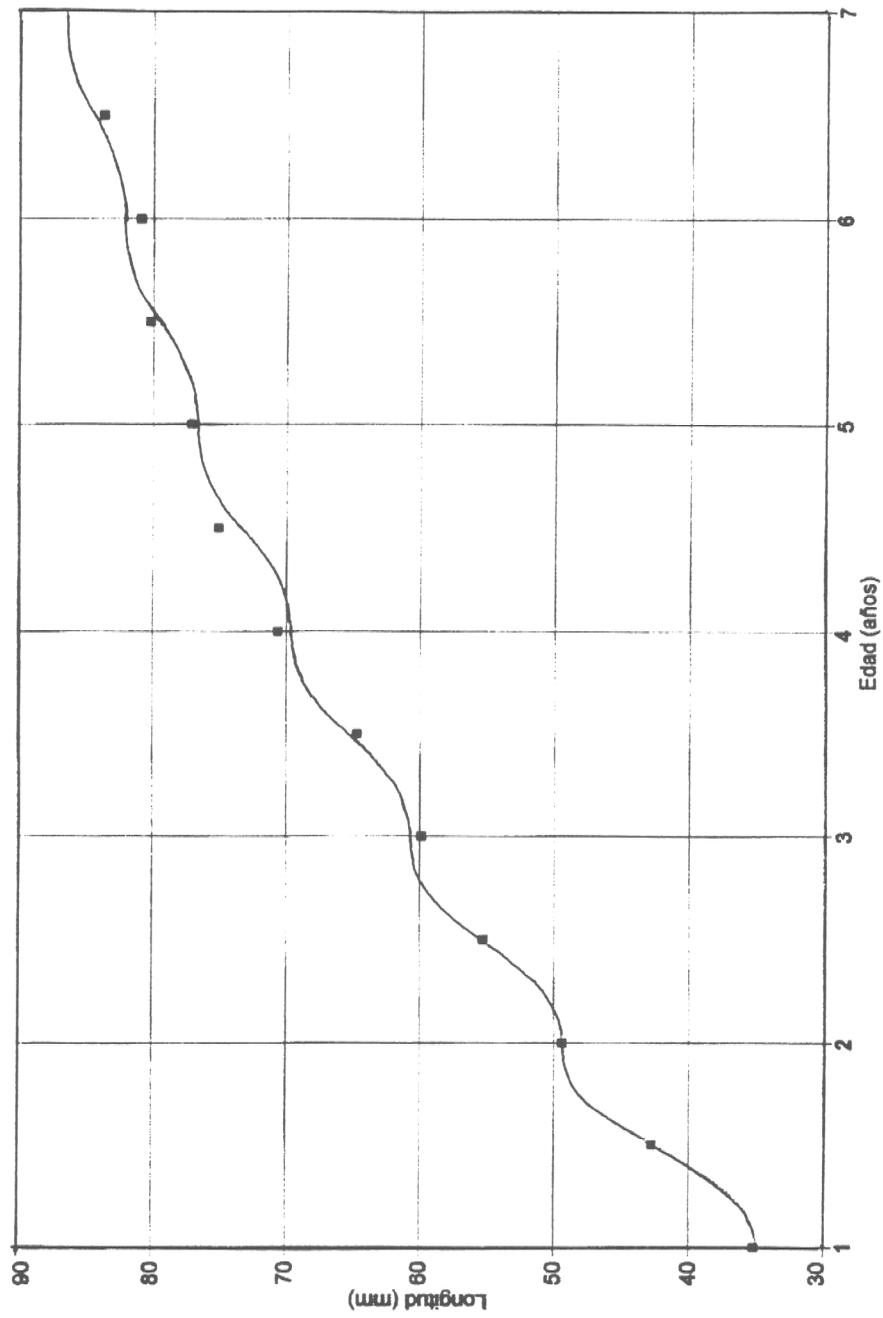


Fig. 26 Curva de crecimiento estacional para macha, IV Región



T A B L A S

Tabla 1: Número de muestras de macha analizadas por mes para estudio de edad

I Región	1997												1998												1999	
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Nº de muestras analizadas	461	277	105	203	128	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M							
IV Región	1997												1998												1999	
Nº de muestras analizadas																										
		306	235	252	264	302	203	S/M	184	S/M	193	S/M	197	174												

S/M : Sin muestras

Tabla 2 :Clave edad - talla (en número) para macha, banco playa Las Machas. Diciembre 1997 a Abril 1998.

TALLAS (mm)	FREC.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10.00 - 14.99	7	7								
15.00 - 19.99	23	23								
20.00 - 24.99	38	38								
25.00 - 29.99	18	18								
30.00 - 34.99	4	4								
35.00 - 39.99	12	11	1							
40.00 - 44.99	130	53	75	2						
45.00 - 49.99	248	9	233	6						
50.00 - 54.99	242		200	41	1					
55.00 - 59.99	155		56	93	6					
60.00 - 64.99	118		3	100	15					
65.00 - 69.99	78			35	42	1				
70.00 - 74.99	41			2	27	11	1			
75.00 - 79.99	32				13	17	2			
80.00 - 84.99	20				1	15	1	3		
85.00 - 89.99	8					2	3		2	
TOTAL	1174	163	568	279	105	46	7	3	2	1

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

TALLAS (mm)	FREC.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.00 - 14.99	0.00596252								
15.00 - 19.99	0.01959114								
20.00 - 24.99	0.03236797								
25.00 - 29.99	0.0153322								
30.00 - 34.99	0.00340716								
35.00 - 39.99	0.00936968	0.00085179							
40.00 - 44.99	0.0451448	0.06388416	0.00170358						
45.00 - 49.99	0.0076661	0.19846678	0.00511073						
50.00 - 54.99		0.17035775	0.03492334	0.00085179					
55.00 - 59.99		0.04770017	0.07921635	0.00511073					
60.00 - 64.99		0.00255537	0.08517888	0.01277683					
65.00 - 69.99			0.02981261	0.03577513	0.00085179				
70.00 - 74.99			0.00170358	0.0229983	0.00936968	0.00085179			
75.00 - 79.99				0.01107325	0.01448041	0.00170358			
80.00 - 84.99				0.00085179	0.01277683	0.00085179	0.00255537		
85.00 - 89.99					0.00170358	0.00255537		0.00170358	0.00085179
TOTAL	0.13884157	0.48381601	0.23764906	0.08943782	0.03918228	0.00596252	0.00255537	0.00170358	0.00085179

Valores de varianza, $V(p_r)$.

TOTAL	0.00010211	0.0002133	0.00015494	7.0047E-05	3.2708E-05	5.3407E-06	2.2684E-06	1.6041E-06	8.1562E-07
-------	------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Tabla 3 : Clave edad - talla (en número) para macha, banco playa Los Choros. Enero 1998 a Enero 1999.

TALLAS (mm)	FREC.	E D A D								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.00 - 9.99	12	12								
10.00 - 14.99	14	14								
15.00 - 19.99	8	8								
20.00 - 24.99	22	22								
25.00 - 29.99	17	17								
30.00 - 34.99	12	12								
35.00 - 39.99	4	4								
40.00 - 44.99	4	4								
45.00 - 49.99	4	1	3							
50.00 - 54.99	193		116	76	1					
55.00 - 59.99	759		103	626	30					
60.00 - 64.99	828		4	675	146	3				
65.00 - 69.99	229			115	108	6				
70.00 - 74.99	60			2	47	11				
75.00 - 79.99	76			6	52	18				
80.00 - 84.99	54				24	23	6	1		
85.00 - 89.99	13				3	9	1		1	
90.00 - 94.99	1									1
TOTAL	2310	94	226	1500	411	70	7	2		

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

TALLAS (cm)	E D A D								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.00 - 9.99	0.00519								
10.00 - 14.99	0.00606								
15.00 - 19.99	0.00346								
20.00 - 24.99	0.00952								
25.00 - 29.99	0.00736								
30.00 - 34.99	0.00519								
35.00 - 39.99	0.00173								
40.00 - 44.99	0.00173								
45.00 - 49.99	0.00043	0.00130							
50.00 - 54.99		0.05022	0.03290	0.00043					
55.00 - 59.99		0.04459	0.27100	0.01299					
60.00 - 64.99		0.00173	0.29221	0.06320	0.00130				
65.00 - 69.99			0.04978	0.04675	0.00260				
70.00 - 74.99			0.00087	0.02035	0.00476				
75.00 - 79.99			0.00260	0.02251	0.00779				
80.00 - 84.99				0.01039	0.00996	0.00260	0.00043		
85.00 - 89.99				0.00130	0.00390	0.00043			
90.00 - 94.99								0.00043	
TOTAL	0.04069	0.09784	0.64935	0.17792	0.03030	0.00303	0.00087		

Valores de varianza, $V(p_r)$.

TOTAL	1.69E-05	3.83E-05	9.87E-05	6.36E-05	1.29E-05	1.34E-06	1.91E-07
--------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Tabla 4 : Valores de los parámetros de crecimiento de macha intervalos de confianza y medida de ajuste de la relación.

Banco Playa Las Machas						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error Estándar	N	r^2 (Obs. vs Pred.)
Linf	103.2	99.5	106.9	1.867794	3874	0.88
k	0.231162	0.213556	0.248769	0.008980		
t_0	-0.908500	-0.980858	-0.836141	0.036907		
Banco Pta Los Choros						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error Estándar	N	r^2
Linf	109.0	104.9	113.1	2.080057	10604	0.88
k	0.207424	0.192760	0.222088	0.007481		
t_0	-0.891431	-0.946090	-0.836772	0.027885		

Tabla 5 : Longitud Total promedio por edad y valores de interés asociados de macha, 1998.
Banco Playa Las Machas I Región.

Edad	L _{ap} prom. (mm)	Nº Obs.	L _{ap} mín. (mm)	L _{ap} máx. (mm)	L _{ap} estim. (mm)	Tasa de Increm. Abs. (mm)	Tasa de Increm. Abs. (mm)	Tasa de Increm. Rel. (%)
1.0	36.89	1078	28.30	49.10	36.81			
1.5	44.07	1010	33.20	58.90	44.06	7.25		
2.0	50.41	692	37.40	66.45	50.51	6.46	13.70	37.22
2.5	56.08	443	41.90	69.80	56.27	5.75		
3.0	60.91	264	45.30	73.20	61.39	5.12	10.87	35.63
3.5	66.54	162	51.50	76.10	65.95	4.56		
4.0	71.08	95	62.30	79.00	70.02	4.07	8.63	14.06
4.5	74.89	58	65.70	81.10	73.64	3.62		
5.0	77.37	34	69.20	84.40	76.87	3.23	6.85	9.78
5.5	78.63	13	71.85	86.60	79.74	2.87		
6.0	81.14	10	73.90	88.00	82.30	2.56	5.43	7.07
6.5	80.78	6	78.50	83.50	84.58	2.28		
7.0	83.15	3	80.25	85.20	86.61	2.03	4.31	5.24
7.5	85.93	3	84.30	87.40	88.42	1.81		
8.0	86.35	2	85.10	87.60	90.04	1.61	3.42	3.95
8.5	88.50	1	88.50	88.50	91.47	1.44		

Tabla 6 : Longitud Total promedio por edad y valores de interés asociados de macha, 1998.
Banco Los Choros IV Región.

Edad	L _{ap} prom. (mm)	Nº Obs.	L _{ap} mín. (mm)	L _{ap} máx. (mm)	L _{ap} estim. (mm)	Tasa de Increm. Abs. (mm)	Tasa de Increm. Abs. (mm)	Tasa de Increm. Rel. (%)
1.0	35.21	2203	27.50	48.60	35.37			
1.5	42.78	2191	33.25	61.20	42.63	7.25		
2.0	49.41	2184	39.00	68.80	49.16	6.54	13.79	38.99
2.5	55.03	1975	44.65	76.20	55.06	5.89		
3.0	59.89	1252	46.25	81.30	60.37	5.31	11.21	36.61
3.5	64.72	488	54.00	85.70	65.16	4.79		
4.0	70.65	190	56.30	82.40	69.48	4.32	9.11	15.09
4.5	75.12	79	61.60	85.00	73.38	3.89		
5.0	77.16	28	67.70	86.65	76.88	3.51	7.40	10.65
5.5	80.23	9	71.25	88.35	80.05	3.16		
6.0	80.95	3	74.75	87.10	82.90	2.85	6.02	7.82
6.5	83.70	2	78.00	89.40	85.47	2.57		
7.0					87.79	2.32	4.89	5.90
7.5					89.88	2.09		
8.0					91.76	1.88	3.97	4.53
8.5					93.46	1.70		

Tabla 7 : Resumen de los estadísticos de regresión lineal entre la longitud total v/s longitud desde el umbo y longitud total v/s ancho y límites de confianza para el Banco de Playa Las Machas, I Región .

RELACIÓN LONGITUD TOTAL - LONGITUD DESDE EL UMBO DE MACHA									
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza						
Coef de corr. Múltiple	0.9933579		Coeficientes	Error Típico	Error Estadístico t	Probab.	Inferior 95%	Superior 95%	
Coef de det. R^2	0.9867598								
Error típico	1.2832762		Intercepto	0.9747145	0.1542892	6.3	3.77E-10	0.6719994	1.2774296
Observaciones	1169		Pendiente	0.8409444	0.0028515	294.9	0	0.8353498	0.8465391
Análisis de Varianza		Grados de Libertad	Suma de cuadrados		Promedio de los cuadrados		F		Valor crítico de F
Regresión	1		143228.5	143228.5				86973.9	2.99
Residuos	1167		1921.8			1.6			
total	1168		145150.3						

RELACIÓN LONGITUD TOTAL - ANCHO DE MACHA									
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza						
Coef de corr. Múltiple	0.9855517		Coeficientes	Error Típico	Error Estadístico t	Probab.	Inferior 95%	Superior 95%	
Coef de det. R^2	0.9713121								
Error típico	1.1277056		Intercepto	0.1177486	0.1361702	0.9	3.87E-01	-0.14941763	0.3849149
Observaciones	1167		Pendiente	0.4995952	0.0025155	198.6	0	0.4946598	0.5045307
Análisis de Varianza		Grados de Libertad	Suma de cuadrados		Promedio de los cuadrados		F		Valor crítico de F
Regresión	1		50162.3	50162.3				39444.5	2.99
Residuos	1165		1481.6			1.3			
total	1166		51643.9						

Tabla 8 : Resumen de los estadísticos de regresión lineal entre la longitud total v/s longitud desde el umbo y longitud total v/s ancho y límites de confianza para el Banco Los Choros, IV Región .

RELACION LONGITUD TOTAL - LONGITUD DESDE EL UMBO DE MACHA									
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza						
Coef de corr. Múltiple	0.9846800	Coeficientes	Error Típico	Error Estadístico t	Probab.	Inferior 95%	Superior 95%		
Coef de det. R^2	0.9695947	-0.3443346	0.1959690	-1.8	0.0790360	-0.7286295	0.0399603		
Error típico	1.5710939	Intercepto	0.0032118	270.9	0	0.8637052	0.8763017		
Observaciones	2303	Pendiente	0.8700034	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Análisis de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	181117.9	181117.9	73376.5				
Regresión	1		5679.6	2.5					
Residuos	2301		186797.5						
total	2302								

RELACION LONGITUD TOTAL - ANCHO DE MACHA									
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza						
Coef de corr. Múltiple	0.9720448	Coeficientes	Error Típico	Error Estadístico t	Probab.	Inferior 95%	Superior 95%		
Coef de det. R^2	0.9448711	-0.3196989	0.1732984	-1.8	0.0651974	-0.6595376	0.0201397		
Error típico	1.3888345	Intercepto	0.0028399	198.1	0	0.5569373	0.5680755		
Observaciones	2291	Pendiente	0.5625064	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Análisis de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	75672.8	75672.8	39231.9				
Regresión	1		4415.2	1.9					
Residuos	2289		80088						
total	2290								

Tabla 9 : Estimaciones de los parámetros gravimétricos (a,b) de la relación longitud-peso mensual de muestras de machas (*Mesodesma donacium*) de Playa "Las Machas", Arica, I Región

MES	n	a	b	r ²
Dic, 97	2011	0.000105	3.04	0.98
Ene, 98	236	0.000247	2.73	0.89
Feb, 98	400	0.000956	2.43	0.70
Mar, 98	227	0.000126	2.91	0.86
Abr, 98	97	0.000300	2.74	0.88

MES	n	a	b	r ²
primavera	2011	0.000105	3.04	0.98
verano	863	0.000100	2.96	0.97
otoño	97	0.000300	2.74	0.88

Tabla 10 : Valores del peso promedio y su varianza por rango de talla para machas (*Mesodesma donacium*) del banco de la Playa "Las Machas", Arica, I Región, en el período de muestreo.

Talla (mm)	Diciembre 1997		Enero 1998		Febrero 1998		Marzo 1998		Abril 1998	
	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var
0-9	0.100	0.000	0.064	0.001						
10-19	0.35	0.04	0.74	4.09						
20-29	1.77	0.49	1.24	0.19						
30-39	6.07	2.60	4.16	0.27			5.85	1.45		
40-49	11.48	4.85	9.85	6.12	11.44	1.00	8.77	1.99	9.47	1.52
50-59	19.88	18.93	16.32	3.19	16.85	6.69	12.94	3.84	14.06	7.24
60-69	32.52	31.41	25.26	12.51	21.95	7.73	21.30	4.50		
70-79	51.06	63.63	38.97	19.63			31.50			
80-89	64.40	242.00	56.52	74.38						

Tabla 11 : Estimaciones de los parámetros gravimétricos (a,b) de la relación longitud-peso mensual de muestras de machas (*Mesodesma donacium*) de la Playa "Los Choros", IV Región.

Mes	n	a	b	r ²
Enero,98	2861	0.00020	2.88	0.83
Febrero,98	913	0.00003	3.35	0.96
Marzo,98	531	0.00130	2.40	0.63
Abril,98	417	0.00090	2.49	0.74
Mayo,98	857	0.00050	2.62	0.82
Junio,98	-	-	-	-
Julio,98	-	-	-	-
Agosto, 98	300	0.01010	1.89	0.52
Septiembre.98	-	-	-	-
Octubre,98	239	0.00100	2.47	0.67
Noviembre,98	-	-	-	-
Diciembre,98	388	0.00380	2.14	0.51
Enero, 99	392	0.00030	2.80	0.77

Tabla 12 : Valores del peso promedio y su varianza por rango de talla para machas (*Mesodesma donacium*) del banco de Playa "Los Choros", IV Región, en el período de muestreo.

Talla (mm)	Enero 1998		Febrero 1998		Marzo 1998		Abril 1998		Mayo 1998		Agosto 1998	
	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var						
0-9												
10-19	0.36	0.02	2.00									
20-29	0.95	0.01	1.35	0.24			1.16					
30-39			3.47	1.50								
40-49	12.48	22.70	16.50	16.33			14.33	4.33	12.75	6.25		
50-59	22.52	11.29	20.99	8.05	20.36	8.13	21.33	8.53	21.03	7.61	20.07	5.49
60-69	29.15	24.10	26.08	15.67	26.16	12.13	27.11	16.38	27.38	16.67	24.09	3.67
70-79	47.60	87.22	52.54	97.31	37.43	16.95	47.13	66.03	51.77	149.09		
80-89	67.94	98.00	71.45	60.47			66.50	112.50	70.31	38.06		
90-99												

Talla (mm)	Octubre 1998		Diciembre 1998		Enero 1999	
	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var	Peso medio (g)	Var
0-9						
10-19						
20-29						
30-39						
40-49					2.80	--
50-59	21.98	10.97	22.91	11.84	2.80	--
60-69	28.18	13.69	27.91	15.09	22.53	9.09
70-79	35.88	6.41	36.48	24.55	29.00	19.00
80-89			46.60	--	42.33	61.21
90-99					68.58	8.72
					79.40	--

Tabla 13 : Número y rango de tamaño de Mesodesma donacium extraídos por mes en la I y IV Región.

MESES (1997-1998-1999)	I REGION "LAS MACHAS" ARICA			IV REGION "LOS CHOROS" COQUIMBO		
	N	RANGO DE TAMAÑO (mm)	N	RANGO DE TAMAÑO (mm)	N	TOTAL
DICIEMBRE	191	(17,7-75,6)	-	S/M	-	191
ENERO	197	(19,3-73,6)	80	(46,0-66,6)		277
FEBRERO	67	(17,2-69,0)	112	(15,8-87,4)		179
MARZO	86	(37,8-69,5)	69	(54,4-80,2)		155
ABRIL	97	(41,7-60,0)	88	(10,1-76,2)		185
MAYO	-	S/M	75	(50,8-61,4)		75
JUNIO	-	S/M	80	(49,8-58,2)		80
JULIO	-	S/M	182	(59,9-90,7)		182
AGOSTO	-	S/M	116	(50,6-71,9)		116
SEPTIEMBRE	-	S/M	-	S/M		-
OCTUBRE	-	S/M	265	(20,4-69,7)		265
NOVIEMBRE	-	S/M	-	S/M		-
DICIEMBRE	-	S/M	113	(42,2-72,5)		113
ENERO	-	S/M	160	(55,3-72,4)		160
TOTAL	638		1340			1978

S/M: Sin muestra

Tabla 14 : Variaciones de las frecuencias porcentuales de los diferentes estadios histológicos de la gónada de *Mesodesma donacium* .
 Playa "Las Machas" (I Región). (N: Numero de individuos; Ob: Premadurez virginal; MD1: Madurez inicial macho; MD2: Madurez avanzada macho; MD3: Maduro macho; MR1: Regresión inicial macho; MR2 : Regresión final macho; FD1: Madurez inicial hembra; FD2: Madurez avanzada hembra; FD3: Maduro hembra; FR1: Regresión inicial hembra; FR2: Regresión final hembra).

MESES	ESTADIOS GONADALES																	
	NUMERO DE INDIVIDUOS					MACHO					HEMERA							
	N	N	N	N	N	Ob	MD1	MD2	MD3	MR1	MR2	Ob	FD1	FD2	FD3	FR1	FR2	
(1997-1998)																		
DICIEMBRE	n	191	85	105	1	1	10	11	39	15	9	2	12	12	61	9	9	
	%	100	44.5	55	0.5	1.2	11.8	12.9	45.9	17.6	10.6	1.9	11.4	11.4	58.1	8.6	8.6	
ENERO	n	197	88	106	3	6	26	9	7	12	28	6	5	9	5	26	55	
	%	100	44.7	53.8	1.5	6.8	29.5	10.2	8.0	13.6	31.8	5.7	4.7	8.5	4.7	24.5	51.9	
FEBRERO	n	67	36	31	0	0	1	0	0	0	35	0	0	0	0	0	31	
	%	100	53.7	46.3	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	97.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	
MARZO	n	86	40	46	0	0	3	0	0	0	37	0	0	0	0	0	46	
	%	100	46.5	53.5	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	92.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	
ABRIL	n	97	44	53	0	0	15	2	0	0	27	0	22	1	0	0	30	
	%	100	45.4	54.6	0.0	0.0	34.1	4.5	0.0	0.0	61.4	0.0	41.5	1.9	0.0	0.0	56.6	

Tabla 15 : Variaciones de las frecuencias porcentuales de los diferentes estadios histológicos de la gónada de *Mesodesma donacium* . Playa "Los Choros" (IV Región). (N: Numero de individuos; Ob: Premadurez virginal; MD1: Madurez inicial macho; MD2: Madurez avanzada macho; MD3: Maduro macho; MR1: Regresión inicial macho; MR2 : Regresión final macho; FD1: Madurez inicial hembra; FD2: Madurez avanzada hembra; FD3: Maduro hembra; FR1: Regresión inicial hembra; FR2: Regresión final hembra).

MESES	ESTADIOS GONADALES																		
	NUMERO DE INDIVIDUOS																		
	N		Macho		Hembra		N		MACHO			HEMERA							
	Total					Indet.	Ob	MD1	MD2	MD3	MR1	MR2	Ob	FD1	FD2	FD3	FR1	FR2	
(1998-1999)																			
ENERO	n	80	38	42		0	0	0	0	0	20	18	0	0	0	0	19	23	
	%	100	47.5	52.5		0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.6	47.4	0.0	0.0	0.0	0.0	45.2	54.8	
FEBRERO	n	112	44	68		0	4	0	0	0	11	29	1	0	0	0	10	57	
	%	100	39.3	60.7		0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	25.0	65.9	1.5	0.0	0.0	0.0	14.7	83.8	
MARZO	n	69	25	44		0	0	1	0	0	0	24	0	3	0	0	1	40	
	%	100	36.2	63.8		0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	96.0	0.0	6.8	0.0	0.0	2.3	90.9	
ABRIL	n	88	39	45		4	1	2	0	0	0	36	3	11	0	0	0	31	
	%	100	44.3	51.1		4.5	2.6	5.1	0.0	0.0	0.0	92.3	6.7	24.4	0.0	0.0	0.0	68.9	
MAYO	n	75	31	44		0	0	7	0	0	0	24	0	10	0	0	0	34	
	%	100	41.3	58.7		0.0	0.0	22.6	0.0	0.0	0.0	77.4	0.0	22.7	0.0	0.0	0.0	77.3	
JUNIO	n	80	30	50		0	0	19	0	0	0	11	0	40	0	0	0	10	
	%	100	37.5	62.5		0.0	0.0	63.3	0.0	0.0	0.0	36.7	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	20.0	
JULIO	n	182	78	104		0	0	47	19	2	8	2	0	54	44	0	0	6	
	%	100	42.9	57.1		0.0	0.0	60.3	24.4	2.6	10.3	2.6	0.0	51.9	42.3	0.0	0.0	5.8	
AGOSTO	n	116	60	56		0	0	24	29	5	2	0	0	4	41	4	7	0	
	%	100	51.7	48.3		0.0	0.0	40.0	48.3	8.3	3.3	0.0	0.0	7.1	73.2	7.1	12.5	0.0	
SEPTIEMBRE	n	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	%	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OCTUBRE	n	265	116	149		0	0	1	5	67	43	0	1	0	13	96	36	3	
	%	100	43.8	56.2		0.0	0.0	0.9	4.3	57.8	37.1	0.0	0.7	0.0	8.7	64.4	24.2	2.0	
NOVIEMBRE	n	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	%	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DICIEMBRE	n	113	57	56		0	0	0	0	2	42	13	0	0	0	3	27	26	
	%	100	50.4	49.6		0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	73.7	22.8	0.0	0.0	0.0	5.4	48.2	46.4	
ENERO	n	160	71	89		0	0	0	0	0	34	37	0	0	0	0	26	63	
	%	100	44.4	55.6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.9	52.1	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2	70.8	

Tabla 16 : Valores promedios mensuales del índice gonadosomático de *Mesodesma donacium* . Playa "Las Machas" (Arica, I Región).

MESES (1997-1998)	N Total	MACHOS			HEMBRAS		
		N	IGS *	D.S	N	IGS *	D.S
DICIEMBRE	191	85	50.6	10.1	105	52.8	11.3
ENERO	197	88	46.3	6.4	106	46.8	7.6
FEBRERO	67	36	40.6	7.9	31	37.7	4.4
MARZO	86	40	31.7	4.7	46	31.7	6.3
ABRIL	97	44	31.8	4.8	53	33.6	7.3

N : Número de individuos.

IGS: Promedio del índice gonadosomático.

D.S: Desviación estándar.

* : Información preliminar

Tabla 17 : Valores promedios mensuales del índice gonadosomático de *Mesodesma donacium*. Playa "Los Choros" (Coquimbo, IV Región).

MESES (1998-1999)	N		MACHOS			HEMBRAS		
	Total	N	IGS *	D.S	N	IGS *	D.S	
ENERO	80	38	47.9	7.2	42	47.5	9.5	
FEBRERO	112	44	48.1	9.5	68	49.7	13.3	
MARZO	69	25	40	4.3	44	40.5	3.6	
ABRIL	88	39	41.1	7	45	39.3	6.8	
MAYO	75	31	42.4	7.9	44	43.3	7.4	
JUNIO	80	30	38.4	5.5	50	38	3.6	
JULIO	182	78	39.1	8	104	37.6	8.1	
AGOSTO	116	60	46.2	12.2	56	44.4	7.7	
SEPTIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	
OCTUBRE	265	116	43.3	5.4	149	43.2	5.9	
NOVIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	
DICIEMBRE	113	57	46.5	14.1	56	45.9	14.7	
ENERO	160	71	41.6	5.5	89	40.5	5.1	

N : Número de individuos.

IGS: Promedio del índice gonadosomático.

D.S: Desviación estándar.

*: Información preliminar

TABLA 18 Cuadro resumen de los resultados de fecundidad potencial y fecundidad relativa de *Mesodesma donaculum* en la playa "Las Machas", Arica (I Región) y playa "Los Choros", Coquimbo (IV Región).

PLAYA	n	FECUNDIDAD		FECUNDIDAD PROMEDIO	D.E.	FEC. REL.		FEC. REL. PROMEDIO	D.E.	TAMAÑO (mm)	
		MIN	MAX			MIN	MAX			MIN	MAX
"Las Machas"	25	27,287	448,207	146,179	91,949	5,940	42,873	20,723	9,669	57,5	71,2
"Los Choros"	38	188,080	769,790	398,716	156,830	32,224	103,629	56,767	17,487	54,6	65,3

TABLA 19 Parámetros del modelo ajustado entre la fecundidad potencial y las variables de L. Total; P. P. Blandas y P. Corporal de ejemplares muestreados en la playa "Las Machas", Arica I Región.

VARIABLE	FUNCION	a	b	R ²	n	Sa	Sb	Syx	MSE
L. Total	lineal	-756,725,41	15,125,90	0,33	25	266,791,32	4,462	76,700	5,882,870,593
P. P. Blandas	lineal	-158,819,38	11,477,36	0,36	25	75,187,11	86,261	3,196	5,653,101,903
P. Corporal	lineal	-103,924,15	33,056,25	0,42	25	71,236,57	62,336	80,209	5,074,648,391
	lineal	-89,095,22	34,291,93	0,37	25	74,278,20	65,101	9,238	5,517,250,782

TABLA 20

Parámetros del modelo ajustado entre la fecundidad potencial y las variables de L. Total, P. Total, P. P. Blandas y P. Corporal de ejemplares muestreados en la playa "Los Choros", Coquimbo IV Región.

VARIABLE	FUNCION	a	b	R ²	n	Sa	Sb	Syx	MSE
L. Total	lineal	-2,120,688	43,418,62	0,70	38	276,604,18	4,760,65	87,383,32	7,635,845,046
P. Total	lineal	-353,807	30,673,71	0,71	38	81,713,16	3,281,94	85,893,12	7,377,627,945
P. P. Blanda	lineal	-94,065	64,693,97	0,49	38	86,250,75	11,060,66	113,848,70	12,961,535,354
P. Corporal	lineal	-361,458,19	31,773,06	0,71	38	82,519,91	3,399,57	85,893,12	7,377,627,945

TABLA 21

Cuadro resumen de organización gonadal y madurez sexual en ejemplares de *Mesodesma donacium* colectados en la playa "Las Machas", Arica, I Región y "Los Choros" Coquimbo, IV Región.

PLAYA	MES	TAMAÑO MAXIMO SIN TEJIDO GONADAL (mm)	TAMAÑO MINIMO CON TEJIDO GONADAL (mm)		TAMAÑO MINIMO MADURO (mm)		RANGO DE TAMAÑO CON UN 100% MADUROS
			MACHO	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	
"Las Machas"	Dic-97	19	19.6	18.5	19.6	26.0	25-30
"Los Choros"	Oct-98	sin dato	20.4 (indeterminado)		36.7	35.0	35-40

Tabla 22 : Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector infralitoral, según categorías de Wentwoth (1922). Playa "Las Machas", I Región. Agosto - Septiembre de 1998.

TIPO DE GRANO	SECTORES			
	1	2	3	4
gv	0	0	0	0
amg	0	0	0	0
ag	0	0	0	0
am	0	0	0	0
af	0	0	0	16.7
amf	66.7	83.3	100	66.7
rem	33.3	16.7	0	16.7
Total (%)	100	100	100	100

Tabla 23 : Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector mesolitoral, según categorías de Wentwoth (1922). Playa "Las Machas", I Región. Agosto - Septiembre de 1998.

TIPO DE GRANO	SECTORES			
	1	2	3	4
gv	0	0	0	0
amg	0	0	0	0
ag	0	0	0	0
am	0	0	0	0
af	0	0	0	0
amf	50	0	0	0
rem	50	100	100	100
Total (%)	100	100	100	100

Tabla 24 : Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector infralitoral, según categorías de Wentwoth (1922). Playa "Las Machas", I Región. Enero - Marzo de 1999.

TIPO DE GRANO	SECTORES			
	1	2	3	4
gv	1.9	2.6	-	2.2
amg	3.3	2.8	-	5.6
ag	16.6	3.3	-	28.5
am	1.5	2.1	-	2
af	35	38	-	35.1
amf	40.9	50.6	-	26
rem	0.7	0.6	-	0.6
Total (%)	99.9	100	-	100

Tabla 25 : Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector infralitoral, según categorías de Wentworth (1922). Playa "Los Choros", IV Región

Temporada	MUESTREO SUBMAREAL																								
	Verano 1998 (Ene-Feb-Mar)			Otoño 1998 (Abr-May)			Invierno 1998 (Ago)			Primavera 1998 (Sep-Oct)			Verano 1999 (Dic-Ene)												
Estación	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Tipo grano																									
Grava	3.2	0.4	0.2	-	-	7.1	10.2	0.3	0.2	0.2	11.9	2.6	-	-	-	11.8	11.7	9.9	9.8	10.0	-	16.3	10.5	11.6	15.7
arena muy gruesa	6.0	0.4	0.0	-	-	2.2	4.3	0.7	0.2	0.3	1.8	1.4	-	-	-	14.1	11.8	9.8	9.7	9.8	-	10.1	11.0	12.8	12.4
arena gruesa	10.1	1.5	0.2	-	-	14.5	13.7	0.9	0.4	0.2	11.2	24.8	-	-	-	20.7	32.7	12.2	10.1	11.1	-	17.7	16.4	14.8	16.8
arena mediana	10.6	1.9	0.3	-	-	19.7	16.4	2.5	0.1	0.7	15.9	4.2	-	-	-	11.5	10.6	10.1	9.9	10.1	-	10.3	10.2	10.5	10.5
arena fina	28.8	42.1	29.8	-	-	31.5	28.8	6.8	1.3	4.2	29.7	39.3	-	-	-	19.1	11.6	21.9	26.6	24.3	-	25.7	32.1	30.6	25.0
arena muy fina	17.2	29.4	44.3	-	-	24.9	24.9	24.2	24.6	24.2	24.9	24.1	-	-	-	12.8	11.9	26.1	23.4	24.7	-	9.8	9.8	9.8	9.8
remanente	24.1	24.3	25.2	-	-	0.1	1.6	64.5	73.2	70.2	4.7	3.6	-	-	-	10.0	9.8	10.0	10.5	9.9	-	10.0	10.0	10.0	9.9
Total	100	100	100	-	-	100	100	100	100	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100	100	-	100	100	100	100

Obs.: Escala utilizada para la clasificación de sedimentos, basada en Wentworth,(1922).

Tabla 26 : Análisis porcentual (%) del sedimento para el sector mesolitoral, según categorías de Wentworth (1922). Playa "Los Choros", IV Región.

Temporada	MUESTREO INTERMAREAL																									
	Verano 1998 (Ene-Feb-Mar)			Otoño 1998 (Abr-May)			Invierno 1998 (Ago)			Primavera 1998 (Sep-Oct)			Verano 1999 (Dic-Ene)													
Estación	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5						
Tipo grano																										
Grava	-	9.0	5.8	5.0	0.3	0.2	74.2	74.2	0.1	74.8	-	10.8	8.7	3.8	0.4	20.9	3.3	11.4	1.2	-	-	19.9	9.8	9.8	10.3	9.8
arena muy gruesa	-	23.2	4.4	1.1	0.0	0.4	1.4	0.5	0.4	0.6	-	15.6	1.8	14.5	9.4	15.1	13.6	14.8	14.0	-	-	12.4	9.8	9.7	13.1	9.8
arena gruesa	-	19.6	3.9	2.2	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	-	28.5	6.4	23.1	41.1	21.0	23.0	17.1	39.8	-	-	11.8	10.1	10.4	17.2	10.1
arena mediana	-	17.1	2.5	2.1	0.5	0.2	0.0	0.2	0.2	0.3	-	6.9	2.9	5.4	6.3	15.2	26.5	25.4	16.2	-	-	10.2	10.0	10.4	10.8	10.0
arena fina	-	6.0	48.5	47.6	51.9	20.8	0.1	0.1	13.8	0.1	-	11.1	36.4	20.6	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	20.0	29.4	31.4	24.2	29.3
arena muy fina	-	1.2	10.7	16.8	22.1	53.3	0.1	0.5	60.9	0.2	-	3.1	18.1	8.1	3.8	3.8	9.5	6.8	4.7	-	-	15.8	20.7	18.2	14.3	20.9
remanente	-	23.9	24.2	25.1	24.6	25.0	24.2	24.4	24.6	24.0	-	23.9	25.8	24.4	24.1	23.9	24.1	24.5	24.1	-	-	9.9	10.2	10.0	10.0	10.1
Total	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100	100	100	-	100	100	100	100	-	100	100	100	100	100

Obs.: Escala utilizada para la clasificación de sedimentos, basada en Wentworth,(1922).

Tabla 27 : Densidades promedios para zona infralitoral (machas/ 0.25 m²). Playa "Las Machas", I Región.

Meses	Sector	Densidad ind/0,25m ²	Freci%(1)
Diciembre	1	11,3	39,7
	2	28,3	7,4
	3	87,5	10,8
	4	77,5	5,4
Enero	3	53,8	0,0
	4	121	64,3
Marzo	3	0,3	0,0
	4	18,4	0,0

(1) Freci= fracción recluta < 20 mm en %

Tabla 28 : Densidades promedios para zona mesolitoral (machas/0.25 m²). Playa "Las Machas", I Región.

Meses	Sector	Densidad ind/0,25m ²	Freci%(1)
Diciembre	3	14,0	64,3
	4	16,0	0,0
Enero	3	23,5	1,10
	4	23,4	0,0
Marzo	3	0,0	0,0
	4	0,0	0,0

(1) Freci= fracción recluta < 20 mm en %

TABLA 29 : Densidades promedios (machas/0,25m²) para el total de la Playa "Las Machas", I Región (sectores meso e infralitoral).

Mes	Densidad ind/0,25m ²	Freci%(1)
Diciembre	38,4	11,0
Enero	49,9	7,0
Marzo	9,4	0,0

(1) Freci= fracción recluta < 20 mm en %

Tabla 30 : Densidades promedios para zona infralitoral (machas/0,25 m²).
Playa "Los Choros", IV Región.

Mes	Sector	Densidad	Desvest	Fraccion
Enero	2	75.9	21.9	0.0
	3	114.4	32.6	0.0
	4	140.0	35.1	0.0
	Total	106.4	38.6	0.0
Febrero	2	96.5	62.5	0.0
	3	94.7	52.9	0.0
	4	72.8	38.9	0.0
	5	77.3	46.9	0.0
	Total	86.5	48.9	0.0
Marzo	2	92.7	43.9	0.0
	3	84.0	72.5	0.0
	4	50.7	44.1	0.0
	Total	75.8	51.5	0.0
Abril	1	118.7	55.0	0.0
	2	124.3	70.5	0.0
	3	90.0	53.9	0.0
	4	85.7	13.6	0.0
	5	40.7	29.6	0.0
	Total	91.9	51.6	0.0
Mayo	1	28.7	12.1	0.0
	2	35.0	29.5	0.0
	3	70.3	32.7	0.0
	4	94.7	10.1	0.0
	5	205.7	14.6	0.0
	Total	86.9	67.6	0.0
Junio	Sin muestreo	-	-	-
Julio	Sin muestreo	-	-	-
Agosto	1	80.2	72.7	0.0
	Total	80.2	72.7	0.0
Septiembre	Sin muestreo	-	-	-
Octubre	2	12.0	2.6	0.0
	3	21.7	7.6	0.0
	4	17.0	6.1	0.0
	5	29.0	4.0	0.0
	Total	19.9	8.0	0.0
Noviembre	Sin muestreo	-	-	-
Diciembre	2	15.3	11.6	0.0
	3	26.7	11.0	0.0
	4	46.0	9.5	0.0
	5	39.3	18.9	0.0
	Total	31.8	16.7	0.0
Enero' 99	2	0.7	1.2	0.0
	3	19.0	3.6	0.0
	4	29.7	6.0	0.0
	5	70.3	27.8	0.0
	Total	29.9	22.9	0.0

Tabla 31 : Densidades promedios para zona mesolitoral (macha/0,25 m²).
Playa "Los Choros", IV Región.

Mes	Sector	Densidad	Desviacion	Fraccion
Enero	2	60.0	-	1.7
	3	44.0	4.4	0.0
	4	40.5	6.4	1.2
	5	36.0	-	8.3
	Total	44.1	8.4	1.6
Febrero	1	0.0	0.0	0.0
	2	13.3	6.7	0.0
	3	26.5	0.7	13.2
	4	84.0	43.8	7.7
	5	11.5	10.6	34.8
Total	23.1	29.9	8.6	
Marzo	1	0.0	-	0.0
	2	4.0	-	100.0
	3	1.0	-	0.0
	4	0.0	-	0.0
	5	10.0	-	100.0
Total	3.0	4.2	91.7	
Abril	1	33	-	27.3
	2	27	-	55.6
	3	12	-	8.3
	4	2	-	0.0
Total	18.5	14.1	33.8	
Mayo	1	2	-	0.0
	2	4	-	0.0
	3	20	-	0.0
	4	52	-	0.0
	5	20	-	0.0
Total	19.6	20.0	0.0	
Junio	Sin muestreo	-	-	-
Julio	Sin muestreo	-	-	-
Agosto	1	0	0	0.0
	2	0	0	0.0
	3	0	0	0.0
	4	0	0	0.0
	5	0	0	0.0
Total	0.0	0.0	0.0	
Septiembre	Sin muestreo	-	-	-
Octubre	1	0	0	0.0
	2	0	0	0.0
	3	0	0	0.0
	4	0	0	0.0
	5	0	0	0.0
Total	0.0	0.0	0.0	
Noviembre	Sin muestreo	-	-	-
Diciembre	2	0	0	0.0
	3	0	0	0.0
	4	0	0	0.0
	5	6.0	-	0.0
Total	1.2	2.7	0.0	
Enero' 1999	2	11	0	0.0
	3	0	0	0.0
	4	22	0	0.0
	5	0.0	-	0.0
Total		6.6	9.8	0.0

Tabla 32 : Densidades promedios (macha/0,25 m²) para el total de la Playa "Los Chor
IV Región (sectores meso e infralitoral).

Mes	Densidad	Desviacion	Fraccion
Enero	92.3	43.1	0.2
Febrero	61.1	52.3	1.3
Marzo	49.8	54.3	1.6
Abril	76.4	55.2	1.7
Mayo	70.1	66.9	0.0
Junio	Sin muestreo	-	-
Julio	Sin muestreo	-	-
Agosto	51.571	69.621	0.0
Septiembre	Sin muestreo	-	-
Octubre	14.1	11.5	0.0
Noviembre	Sin muestreo	-	-
Diciembre	22.8	20.0	0.0
Enero' 99	23.1	27.1	0.0

TABLA 33a Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso Macha, Playa "Las Machas", I Región

parámetro	valor	unidad	concepto
Loo	103.2	mm	longitud asintótica
k	0.231	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-0.908	año	edad de talla cero
Lmax	89.0	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	7.7	año	longevidad
Lm50%	30	mm	talla primera madurez
tm50%	0.6	año	edad de primera madurez

TABLA 33b Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) para la Macha. Playa "Las Machas", I Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).

Parámetro	M	%M
met1	0.25	22.0%
met2	0.60	45.1%
met3	2.10	87.8%

TABLA 34a Parámetros de entrada al cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, Playa "Los Choros", IV Región

parámetro	valor	unidad	concepto
Loo	109.0	mm	longitud asintótica
k	0.207	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-0.891	año	edad de talla cero
Lmax	91.0	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	7.8	año	longevidad
Lm50%	40	mm	talla primera madurez
tm50%	1.3	año	edad de primera madurez

TABLA 34b Valores de los parámetros de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad natural absoluta en % (%M) para la macha. "Los Choros", IV Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984) y met3 = Rikchter & Efanov (1976).

Parámetro	M	%M
met1	0.22	19.8%
met2	0.59	44.6%
met3	1.10	66.6%

TABLA 35a Parámetros de entrada al cálculo de la Talla Crítica del recurso Macha, Playa "Las Machas", I Región

parámetro	valor	unidad	concepto
Loo	103.2	mm	longitud asintótica
k	0.2	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-0.9	año	edad de talla cero
Lmax	89.0	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	7.7	año	longevidad
Lm50%	30.0	mm	talla primera madurez
tm50%	0.6	año	edad de primera madurez
b	3.04		pendiente promedio relación talla-peso
M(met1)	0.25		Tasa de mortalidad natural con met1
M(met2)	0.60		Tasa de mortalidad natural con met2
M(met3)	2.10		Tasa de mortalidad natural con met3

TABLA 35b Valores de los parámetros de edad (tc, años) y talla crítica (Lc,mm) para la Macha, Playa "Las Machas", I Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984), met3 = Rikchter & Efanov (1976)

Parámetro	tc (año)	Lc (mm)
met1	5.8	81.3
met2	3.4	64.7
met3	1.2	40.5

TABLA 36a Parámetros de entrada al cálculo de la Talla Crítica del recurso macha, Playa "Los Choros", IV Región

parámetro	valor	unidad	concepto
Loo	109.0	mm	longitud asintótica
k	0.207	1/año	coeficiente de crecimiento
to	-0.891	año	edad de talla cero
Lmax	91.0	mm	promedio ejemplares mas grandes
tmax	7.8	año	longevidad
Lm50%	40	mm	talla primera madurez
tm50%	1.3	año	edad de primera madurez
b	3.15		pendiente promedio relación talla-peso
M(met1)	0.22		Tasa de mortalidad natural con met1
M(met2)	0.59		Tasa de mortalidad natural con met2
M(met3)	1.10		Tasa de mortalidad natural con met3

TABLA 36b Valores de los parámetros de edad (t_c , años) y talla crítica (L_c , mm) para la macha, Playa "Los Choros", IV Región, a partir de tres métodos de cálculo: met1=Taylor (1958), met2= Alagaraja (1984), met3 = Rikchter & Efanov (1976)

Parámetro	t_c (año)	L_c (mm)
met1	6.6	86.1
met2	3.6	66.0
met3	2.3	52.3

TABLA 37 Valores estimados de los parámetros de crecimiento para macha, **M. donacium**, en diferentes estudios.

Área	Parámetros			Fecha de muestreo	Rango de talla de la muestras	Ajuste basado en:	Validación periodicidad	Fuente
	Loo	K	to					
IV Región	106.0	0.195	0.92	En78-Ab78		Long. Prom.	No incluye	Cepeda, 1979
I Región	78.2	0.27	0.466	Sep-73	40 - 61	Long. Prom.	No incluye	Tarifeño, 1980
V Región	89.9	0.144	1.047	Mar-73	33 - 69			
X Región	196.4	0.049	1.238	May-73	28 - 55			
VIII región	86.4	0.28	-0.06			Long. Prom.	No incluye	Tarifeño, 1984
I Región	93.3 103.2	0.303 0.231	-0.615 -0.91	Dic 97-Ab 98	10 - 89 10 - 89	Long. Prom. ong. Individuales	Si incluye	Presente estudio
IV Región	100.8 109.0	0.252 0.207	-0.685 -0.89	En 98 - En99	8 - 91 8 - 91	Long. Prom. ong. Individuales	Si incluye	Presente estudio

Tabla 38: Cálculo de longitud estimada a la edad en diferentes estudios de edad de macha, *M. donacium*.

Edad	Presente estudio 1998		Cepeda 1979		Tarifeño 1980		Tarifeño 1984		Tarifeño 1980	
	I Región	IV Región	IV Región	I Región	V Región	X Región	VIII Región	I Región	V Región	X Región
	L _{ap} estim. (mm)	L _{ap} obs. (mm)	L _{ap} obs. (mm)	L _{ap} obs. (mm)						
1,0	36,8	35,37	15,40	10,49	-0,61	-2,30	22,42	25,9	23,3	20,3
1,5	44,1	42,63	31,45	25,51	11,53	7,20	38,21	37,8	32,8	28,9
2,0	50,5	49,16	44,66	38,73	22,05	16,24	50,11	47,4	39,8	36,7
2,5	56,3	55,06	55,53	48,06	31,15	24,86	59,07	54,4	46,1	44,6
3,0	61,4	60,37	64,47	55,18	39,03	33,06	65,81	59,6	51,2	52,2
3,5	66,0	65,16	71,83	60,62	45,86	40,87	70,90	63,5	57	58,1
4,0	70,0	69,48	77,88	64,77	51,77	48,31	74,72	65,9	60,3	64,0
4,5	73,6	73,38	82,86	67,94	56,89	55,39	77,61	68,8	63,8	69,6
5,0	76,9	76,88								
5,5	79,7	80,05								
6,0	82,3	82,90								
6,5	84,6	85,47								
7,0	86,6	87,79								
7,5	88,4	89,88								
8,0	90,0	91,76								
8,5	91,5	93,46								
9,0										

Obs.: Los valores de la longitud estimada a la edad usando los parámetros de Tarifeño (1980) aparecen inconsistentes en comparación con los estimados en este estudio y se han marcado con una zona gris. En tono verde se señala la coincidencia anual en la lectura de edad. En tono naranja se presentan las lecturas de longitud a la edad no coincidentes anualmente.