



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS FIP**

FIP - IT / 2000 - 17

INFORME : ESTUDIO BIOLOGICO PESQUERO DEL  
FINAL RECURSO MACHA EN LA X REGION

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
EJECUTORA



## INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA  
FIP Nº 2000-17

# Estudio biológico pesquero del recurso macha en la X Región

Diciembre

2 0 0 1





---

## **INFORME FINAL**

---

**FIP 2000-17**

**Estudio biológico  
pesquero del recurso  
macha en la X Región**

• Diciembre, 2001 •



#### **REQUIRENTE**

---

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP  
Presidente del Consejo:  
Felipe Sandoval Precht

#### **EJECUTOR**

---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP  
División Evaluación Pesquerías Nacionales:  
Guillermo Moreno Paredes  
Directora Ejecutiva:  
Juanita Gana Quiroz



## **JEFE DE PROYECTO**

---

PEDRO S. RUBILAR

## **AUTORES**

---

PEDRO S. RUBILAR  
LUIS ARIZ  
VILMA OJEDA  
ELIANA LOZADA  
PATRICIO CAMPOS  
GABRIEL JEREZ  
CECILIA OSORIO  
ISABEL OLIVARES

• Diciembre, 2001 •



## PERSONAL PARTICIPANTE

<b>Nombre</b>	<b>Actividad</b>
Pedro Rubilar	Coordinación general, análisis de datos y muestreo
Luis Ariz	Análisis
Vilma Ojeda	Edad y crecimiento
Gabriel Jerez	Mortalidad natural y talla crítica
Eliana Lozada	Análisis reproductivo
Isabel Olivares	Análisis reproductivo
Cecilia Osorio	Análisis reclutamiento
Patricio Campos	Sedimentología y oceanografía
<b>ANALISIS DE LABORATORIO</b>	
Alvaro Zabala	Lectura de edad
Dagoberto Subiabre	Preparación de muestras de edad
<b>ACTIVIDADES DE TERRENO</b>	
Alfredo Cuevas	Sector de Cucao
Nersio Saldivia	Sector Quinlanlar
Georgios Kalergis	Sector Quinlanlar



## RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al informe final del Proyecto "Estudio Biológico Pesquero del Recurso Macha en la X Región", FIP N° 2000-17, en el cual se informa los resultados para el período de septiembre de 2000 a agosto de 2001. En conformidad a la metodología planteada en la propuesta técnica del proyecto, se realizaron todas las actividades comprometidas, entre las cuales destacan el desarrollo de los muestreos para los análisis reproductivos, edad, reclutamiento, de sedimentos y de condiciones oceanográficas.

### Estudio de crecimiento

Las estructuras de tallas poblacionales de la macha (*Mesodesma donacium*), obtenidas mensualmente, son bimodales en ambos lugares de muestreo (Cucao y Quilanlar), la primera moda se ubica entre los 12 a 15 mm y la segunda entre los 69 a 75 mm, evidenciando un falta casi total de individuos entre 30 a 55 mm de longitud total, que en términos de edad corresponden a ejemplares entre 1 a 2 años de edad.

El estudio de edad y crecimiento mediante anillos en valvas, fue abordado sobre la base de dos metodologías (anillos en valvas enteras y valvas seccionadas), con resultados satisfactorios. La determinación de la edad en la cara externa de las valvas permite un tratamiento menos laborioso e igualmente confiable que las estimaciones en las valvas seccionadas. Se ha obtenido la estimación de la longitud media a la formación de cada uno de los anillos identificados, las claves talla edad para Cucao y Quilanlar, y análisis de concordancia en la lectura de edad con resultados satisfactorios (con un 77% de concordancia plena y un 97 % de concordancia plena más diferencia en un anillo).



En cuanto a la validación de la lectura de edad, los resultados del análisis de incremento marginal indican la formación de un anillo de crecimiento lento anual entre septiembre a noviembre.

Las funciones de crecimiento de Von Bertalanffy para la macha de Cucao y Quilanlar, son estadísticamente diferentes y quedaron representadas por:

$L_t = 93,40 (1 - e^{-0,200515 (t+1,077)})$	Cucao
$L_t = 89,89 (1 - e^{-0,206575 (t+1,108)})$	Quilanlar
$L_t = 91,46 (1 - e^{-0,204882 (t+1,086)})$	X región (Cucao + Quilanlar)

La distribución de edades de ambos bancos indica dos modas bien marcadas, la primera corresponde a la edad 0+ y a la segunda partir de los 6+. Las edades intermedias se encuentran poco representadas en ambos bancos.

El experimento de marcaje y recaptura fue desarrollado de acuerdo a la proposición metodológica inicial. Sin embargo, considerando que no se lograron resultados en la recuperación de los animales marcados, se decidió no continuar con el marcaje de nuevos ejemplares, pero si se continuó con las acciones tendientes a recobrar ejemplares marcados, durante todo el período de muestreo sin resultados positivos. Las posibles causas de la no - recuperación, pueden estar en la variabilidad e inestabilidad del sustrato blando y en el paisaje continuamente cambiante de las playas "macheras".

### Estudio reproductivo

La macha en la X Región presenta un ciclo reproductivo anual sincrónico para ambos sexos. Este se inicia con un proceso de madurez progresiva en junio, alcanzando su máximo en octubre, seguido de un período de desove desde noviembre a enero y otro de reposo aparente desde marzo a junio.



El ciclo gonadal de la macha es coincidente con lo reportado por otros autores en el resto del país (Brown y Guerra, 1979; Peredo *et al.*, 1987; Campusano y Cepeda, 1979; Jerez *et al.*, 1999b; Jerez *et al.*, 1999c; Jerez *et al.*, 1995; Carmona, 1979). En general, el período de desove en todas las poblaciones a lo largo de la costa chilena es relativamente coincidente, abarcando desde septiembre hasta abril, con mayor intensidad en noviembre, diciembre, enero y febrero.

La fecundidad promedio para las poblaciones de machas en la X Región resultó ser 13.035.613 ovocitos con CV de 24,5%. La fecundidad presentó una relación lineal o exponencial significativa ( $p < 0,05$ ) con el volumen y la longitud máxima de los individuos.

### **Estudio de reclutamiento**

En Cucao como en Quilanlar se observó que las machas pequeñas menores a 20 mm se encuentran preferentemente en la zona intermareal o mesolitoral (entre la línea de más alta marea y la zona que queda sin agua durante la marea baja), en cambio los tamaños mayores se encuentran casi exclusivamente en la parte más profunda constituyendo un claro patrón de distribución, descrito ya en otros estudios (Campusano & Cepeda, 1979; Tarifeño, 1984; Ortiz y Stotz, 1996; Jaramillo *et al.*, 1994; Ariz *et al.*, 1994; Ariz *et al.*, 1996; Jerez *et al.*, 1999).

No se observaron ejemplares recién asentados en la zona de muestreo (Mesolitoral e infralitoral alto). El uso de tamices de 250  $\mu m$  en el procesamiento de las muestras, asegura la retención de organismos recién metamorfoseados, lo cual se apoyó en la detección de foraminíferos y ostrácodos, que presentan una talla semejante o inferior a la que presentan las machas al momento de su asentamiento.



Una primera aproximación para explicar lo registrado, es la hipótesis de la periodicidad mensual de los muestreos, podría haber dejado afuera los períodos de asentamiento, que probablemente serían muy estrechos. Sin embargo, durante los períodos de desoves se llevaron a cabo muestreos exhaustivos en los lugares elegidos, por lo tanto surge una nueva hipótesis, que plantea que el asentamiento pudo haber ocurrido en un lugar diferente al de muestreo. No obstante, el análisis de las muestras para observar el asentamiento, agrega incertidumbre al tema; en efecto, las valvas vacías registradas, de tamaños menores a los animales detectados vivos ( $< 5$  mm), sugiere que en algún momento dichos tamaños se encontraban en el sustrato.

En las muestras mensuales se observó un importante aumento de organismos de entre 5 a 10 mm en los meses de noviembre a marzo, que serían producto del desove ocurrido entre octubre y enero. Por lo tanto, en el periodo de noviembre a marzo ocurriría el reclutamiento a la población.

### **Estudio de sustrato y variable oceanográficas**

El análisis granulométrico indica que ambas playas presentan una dominancia de arena sobre otros sedimentos como grava y fango. Cucao presenta un sedimento constituido en un 90 % por arena fina ( $250 \mu\text{m}$ ), siendo más grueso comparado con Quilanlar, cuyo sedimento presentó un porcentaje similar pero de arena muy fina ( $125 \mu\text{m}$ ). Este patrón se mantiene a través de los meses en ambos bancos, con algunas variaciones estadísticas no significativas.

Respecto a la salinidad, los ríos afectan directamente el patrón de variación local, siendo más claros sus efectos en Cucao que en Quilanlar.

La temperatura experimenta variaciones estacionales importantes, durante el verano se registran valores entre  $15^\circ$  y  $17^\circ\text{C}$  en el agua de mar, mientras que en invierno esta oscila entre  $8^\circ$  y  $9^\circ\text{C}$ , para ambas localidades.





### Estudio de mortalidad natural y talla crítica

La mortalidad natural para las poblaciones de macha del banco de Cucao, Quilanlar y Cucao+Quilanlar, X Región, de acuerdo con el método de Alagaraja (1958), fue de  $M = 0,35$ ;  $M = 0,29$  y  $M = 0,31$ , respectivamente. De acuerdo a estos valores de mortalidad natural, la talla y edad crítica del banco de machas de Cucao, fue:  $L_c = 68,5$  mm y  $t_c = 5,70$  años, respectivamente. Para el banco de machas de Quilanlar, la talla y edad crítica fue de:  $L_c = 65,2$  mm y  $t_c = 5,05$  años, y para ambos bancos de machas (Cucao + Quilanlar), se estimó una talla y edad crítica de:  $L_c = 65,2$  mm y  $t_c = 5,05$  años, respectivamente.

Los procesos poblacionales básicos para ambos bancos estudiados se resumen como sigue:

ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE LA POBLACIÓN	BANCOS		
	CUCAO	QUILANLAR	CUCAO + QUILANLAR
Función de crecimiento	$L_{inf} = 93,40$ $K = 0,200515$ $t_0 = -1,077$	$L_{inf} = 89,89$ $K = 0,206575$ $t_0 = -1,108$	$L_{inf} = 91,5$ $K = 0,205$ $t_0 = -1,086$
Periodo de desove	Octubre a febrero, con máximo entre Noviembre y enero	Noviembre a febrero, con máximo entre Noviembre y enero	Noviembre a febrero, con máximo entre Noviembre y enero
Talla de primera madurez	45,0 mm	45,0 mm	45,0 mm
Época de reclutamiento	Noviembre a marzo	Noviembre a marzo	Noviembre a marzo
Tasa de mortalidad natural	$M = 0,35$ y $M\% = 29,4$	$M = 0,29$ y $M\% = 24,9$	$M = 0,31$ y $M\% = 26,4$
Talla crítica	$L_c = 67,6$ mm	$L_c = 66,8$ mm	$L_c = 67,0$ mm
Edad crítica	$t_c = 5,33$ años.	$t_c = 5,48$ años.	$t_c = 5,35$ años.

Cabe consignar que los resultados sobre crecimiento individual de datos de lectura de anillos, aspectos del reclutamiento, estimaciones de tallas mínimas de madurez, son los primeros logrados para esta especie de bivalvo, en el área de estudio de la X Región.



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b><i>i</i></b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b><i>vii</i></b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b><i>ix</i></b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Objetivo general</i>	<b>5</b>
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>7</b>
3.1 <i>Aspectos generales y de gestión</i>	<b>7</b>
3.2 <i>Metodología por objetivo</i>	<b>9</b>
3.2.1 <i>Determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual por clase de edad en ejemplares de macha de la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 1)</i>	<b>9</b>
3.2.2 <i>Estimar parámetros reproductivos y somatométricos de la macha de la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 2).</i>	<b>25</b>
3.2.3 <i>Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 3).</i>	<b>41</b>
3.2.4 <i>Estimar la mortalidad natural y talla crítica de la macha en la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 4).</i>	<b>45</b>



<b>4. RESULTADOS</b>	<b>50</b>
4.1 <i>Actividades de Muestreo</i>	50
4.2 <i>Resultados del Objetivo específico 1: Determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual por clases de edad en ejemplares macha de la X Región.</i>	51
4.3 <i>Resultados para el Objetivo específico 2: Estimar los parámetros reproductivos y somatométricos de la macha de la X Región.</i>	59
4.4 <i>Resultados para el Objetivo específico 3 : Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en la X Región.</i>	65
4.5 <i>Resultados para el Objetivo específico 4 : Estimación de la mortalidad natural y talla crítica de la macha en la X Región.</i>	73
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>77</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>99</b>

**TABLAS**

**FIGURAS**

**ANEXOS**

- Anexo 1. FOLLETO DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO**
- Anexo 2. TRATAMIENTO DE VALVAS PARA ESTUDIO DE EDAD DE LA MACHA EN LA X REGION**
- Anexo 3. ANÁLISIS MENSUAL DEL RECLUTAMIENTO DE MACHAS EN LA X REGION**



## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Número de transectos y muestras recolectadas desde septiembre a agosto de 2001.
- Tabla 2.** Comparación de la precisión de la determinación de edad efectuada entre dos lectores, por medio de una muestra al azar, en noviembre de 2000.
- Tabla 3.** Comparación en la precisión de la determinación de edad efectuada entre dos lectores, por medio de una muestra aleatoria, para enero y febrero de 2001.
- Tabla 4.** Diagramación de la prueba de simetría empleando lecturas con réplica.
- Tabla 5.** Clave edad talla de la macha, X Región.
- Tabla 6.** Composición por edades del muestreo poblacional de machas, Cucao, X Región.
- Tabla 7.** Composición por edades del muestreo poblacional de machas, Quilanlar, X Región.
- Tabla 8.** Valores de los parámetros de crecimiento de macha, intervalos de confianza al 95% y medidas de ajuste de la función de crecimiento.
- Tabla 9.** Longitud promedio retrocalculadas y ajustadas para cada annulus y estadísticos de interés asociados al proceso de crecimiento de macha, X Región.
- Tabla 10.** Longitudes estimadas a la edad según las funciones de crecimiento específicas para macha en diferentes regiones.



- Tabla 11.** Resumen de los estadísticos de la regresión lineal entre la longitud del umbo, el alto de la macha y la longitud total.
- Tabla 12.** Número de macha seleccionadas por rango de tamaño desde septiembre de 2000 a agosto de 2001, para el estudio de parámetros reproductivos. Ejemplares muestreados en Cucao.
- Tabla 13.** Número de macha seleccionadas por rango de tamaño desde septiembre de 2000 a agosto de 2001, para el estudio de parámetros reproductivos. Ejemplares muestreados en Bahía Quilanlar.
- Tabla 14.** Frecuencia (%) de hembras, machos y sexos combinados de macha en los distintos estados de madurez sexual (EMS), entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en la población de Cucao.
- Tabla 15.** Coeficiente gamético (CG) para machos y hembras y sexos combinados de macha en Cucao, entre septiembre de 2000 y agosto de 2001.
- Tabla 16.** Frecuencia (%) de hembras, machos y sexos combinados de macha en los distintos estados de madurez sexual (EMS) entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en la población de Quilanlar.
- Tabla 17.** Coeficiente gamético (CG) para machos y hembras de macha en Quilanlar, desde septiembre de 2000 a agosto de 2001.
- Tabla 18.** Estructura de talla de valvas vacías de machas observadas en las muestras de reclutamiento (asentamiento) por mes en Cucao.
- Tabla 19.** Estructura de talla de machas observadas en las muestras de reclutamiento (asentamiento) por mes en Cucao.
- Tabla 20.** Presencia y frecuencia de fauna acompañante obtenida en las muestras de asentamiento por mes en Cucao.
- Tabla 21.** Estructura de talla de machas observadas en las muestras de reclutamiento por mes en la playa de Quilanlar.



- Tabla 22.** Estructura de talla de valvas vacías de machas observadas en las muestras de reclutamiento por mes en Quilanlar.
- Tabla 23.** Presencia y frecuencia de fauna acompañante obtenida en las muestras de asentamiento por mes en Quilanlar.
- Tabla 24.** **A)** Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y **B)** Valores estimado de mortalidad natural en Cucao, X Región.
- Tabla 25.** **A)** Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y **B)** Valores estimado de mortalidad natural para Quilanlar, X Región.
- Tabla 26.** **A)** Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y **B)** Valores estimado de mortalidad natural para Cucao + Quilanlar, X Región.
- Tabla 27.** **A)** Parámetros de entrada y **B)** Valores estimados de talla crítica para el recurso macha, en Cucao, X Región.
- Tabla 28.** **A)** Parámetros de entrada, y **B)** Valores estimados de la talla crítica del recurso macha, en Bahía Quilanlar, X Región.
- Tabla 29.** **A)** Parámetros de entrada, y **B)** Valores estimados de la talla crítica del recurso macha, en Cucao + Bahía Quilanlar, X Región.



## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Desembarques porcentuales de machas por región desde 1980 a 1999 (Fuente: SERNAPesca).
- Figura 2.** Ubicación de sitios de estudio (bancos de machas) en la X Región sur: 1: Cucao y 2: Bahía Quilanlar.
- Figura 3.** Marcaje de ejemplares de macha para el experimento de marcaje y recaptura en Cucao.
- Figura 4.** Devolución de machas marcadas a su ambiente natural para el experimento de marcaje y recaptura en Cucao.
- Figura 5.** Estado de madurez sexual Ia o D1 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).
- Figura 6.** Estado de madurez sexual Ib o D2 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).
- Figura 7.** Estado de madurez sexual II o D3 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).
- Figura 8.** Estado de madurez sexual III o R1 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).
- Figura 9.** Estado de madurez sexual IV o R2 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).
- Figura 10.** Localización del área de estudio en Cucao. En el recuadro se indica el lugar de trabajo y la ubicación de las transectas.



- Figura 11.** Localización del área de estudio en Quilánlar. En el recuadro se indica el lugar de trabajo y la ubicación de las transectas.
- Figura 12.** Estructura de talla de la población de machas en Cucao.
- Figura 13.** Estructura de talla de la población de machas en Quilánlar.
- Figura 14.** Valores de incremento marginal promedio en valvas de macha, en el período de septiembre de 2000 a agosto de 2001.
- Figura 15.** Dispersión de los datos observados edad- talla de macha, X región.
- Figura 16.** Longitudes de la macha estimadas a la edad para Cucao, Quilánlar y total (Cucao + Quilánlar).
- Figura 17.** Líneas de regresión entre las variables longitud total versus longitud-umbo y alto de las valvas para los bancos de las regiones I, III-IV y X .
- Figura 18.** Frecuencia (%) de hembras (a), machos (b) y población (c) de macha en los distintos estados de madurez sexual (EMS), entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en Cucao.
- Figura 19.** Coeficiente gamético para machos (a) y hembras (b) de macha en Cucao, entre septiembre de 2000 a agosto de 2001.
- Figura 20.** Relaciones talla - peso por estación de la macha en Cucao.
- Figura 21.** Frecuencia (%) de hembras (a), machos (b) y población (c) de macha en los distintos estados de madurez sexual (EMS), entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en Quilánlar.
- Figura 22.** Coeficiente gamético para machos (a) y hembras (b) de macha en Quilánlar, entre octubre de 2000 y agosto de 2001.
- Figura 23.** Relaciones talla - peso por estación de las machas en Quilánlar.





- Figura 24.** Talla de primera madurez sexual de la macha: (A) hembras, (B) machos y (C) población total.
- Figura 25.** Estados de madurez sexual de la macha: (A) hembras, (B) machos y (C) población total.
- Figura 26.** Relación entre el volumen y la fecundidad (A) y entre la longitud máxima y la fecundidad (B) en macha de la X Región.
- Figura 27.** Variación mensual de la proporción de recluta de macha (< 10 mm) por zona de muestreo en Cucao.
- Figura 28.** Variación de la proporción de reclutas de macha (< 10 mm) por mes y por cuadrante en Cucao. **Obs.:** Los cuadrantes C1, C2 y C3 corresponden a la zona 1, los cuadrantes C4, C5 y C6 a la zona 2 y los restantes a la zona 3.
- Figura 29.** Variación mensual de la proporción de reclutas de macha (< 10 mm) por zona de muestreo en Quilanlar.
- Figura 30.** Variación de la proporción de reclutas de macha (< 10 mm) por mes y por cuadrante en Quilanlar. **Obs.:** Los cuadrantes C1, C2 y C3 corresponden a la zona 1, los cuadrantes C4, C5 y C6 a la zona 2 y los restantes a la zona 3.
- Figura 31.** Índice de diversidad de Shannon (H) y homogeneidad o diversidad relativa (J) de organismos presentes en las muestras mensuales de reclutamiento o asentamiento en Cucao y Quilanlar.
- Figura 32.** Composición porcentual de tipos de arenas en la playa de Cucao y Quilanlar para todo el período de estudio (septiembre de 2000 a agosto de 2001).
- Figura 33.** Composición granulométrica del sedimento por transecta en las playas de Cucao y Quilanlar para todo el período de estudio.



- Figura 34.** Composición granulométrica (%)I de las playas de Cucao y Quilanlar para todo el período de estudio, sobre la base de los tres niveles de la playa (mesolitoral superior, mesolitoral medio a inferior e infralitoral superior) y por transectas para todo el periodo de estudio.
- Figura 35.** Composición porcentual mensual de las arenas finas (250  $\mu\text{m}$ ) y muy finas (125  $\mu\text{m}$ ) en las playas de Cucao y Quilanlar.
- Figura 36.** Salinidad y temperatura registradas alrededor del Río Chanquín, (A) antes y (B) después del paso de un sistema frontal con 8 horas seguidas de precipitaciones. Antes de precipitaciones, viento norte y posterior , viento sur. Ambas mediciones realizadas en marea baja.
- Figura 37.** Salinidad, temperatura y  $\text{O}_2$  en la playa Cucao, en octubre de 2000. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3 y T4).
- Figura 38.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en enero de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3 y T4).
- Figura 39.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en julio de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).
- Figura 40.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en agosto de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).
- Figura 41.** Salinidad, oxígeno y temperatura en la playa Quilanlar, diciembre de 2000. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).
- Figura 42.** Salinidad, oxígeno y temperatura en la playa Quilanlar, febrero de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).
- Figura 43.** Salinidad y temperatura en la playa Quilanlar, julio del 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).
- Figura 44.** Salinidad y temperatura en la playa Quilanlar, agosto de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).



## 1. INTRODUCCIÓN

---

*Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818), conocida con el nombre vernacular de "Macha", es una especie dioica con fecundación externa, sin dimorfismo sexual. Vive en playas expuestas de arena fina y con fuerte oleaje, enterrada entre los 5 a 20 cm de profundidad en los niveles medio a inferiores de la zona mareal. Según Gallardo (1978) los individuos de esta especie presentan desplazamientos estacionales, pudiéndoseles encontrar en ciertas épocas del año en la zona sublitoral (Livia, 1983). Los adultos se distribuyen de preferencia en la zona de rompientes y los juveniles en la zona de arrastre, por lo general en parches (Jaramillo *et al.*, 1994). Latitudinalmente se distribuye desde Sechura (Perú) hasta el sur de Chiloé en Chile (Gallardo 1978; Osorio *et al.*, 1979; Álamo & Valdivieso, 1987; Ramírez, 1993). Los últimos antecedentes de su distribución en aguas chilenas indican su presencia en Isla Kent (45° 07' S, 74° 25' W, al norte de Golfo de Penas, en la XI Región).

La pesquería de la macha, ha sido históricamente importante dentro del subsector pesquero artesanal. Según las estadísticas oficiales<sup>1</sup>, el desembarque nacional anual aumentó de 2.843 t en 1982 a 17.122 t en 1989, representando esta última cifra el 16% del desembarque nacional de moluscos en el ámbito nacional. Sin embargo, el desembarque descendió de 9.397 t en 1990 a 1.728 t en 1999, año que este recurso contribuyó en 2,6 % al desembarque nacional de moluscos. Cabe señalar, que en 1999 un 58% del desembarque total de machas, fue sustentado por la actividad extractiva realizada en la X Región y, secundariamente por las extracciones realizadas en la IV Región (37%).

---

<sup>1</sup> Anuarios estadísticos de SERNAPESCA



Los antecedentes históricos de la pesquería de machas en la X Región indican que ésta se centró inicialmente en la IV y V Regiones. En 1980 la X Región aportó un 10% del desembarque nacional, el cual fue aumentando hasta 1988 donde alcanzó el 58%. Durante 1989 y 1990, se mantuvo alrededor del 50 % y posteriormente disminuyó sostenidamente hasta 1996 cuando aportó menos de 1% del total nacional (**Figura 1**). En Chiloé, durante la década de los 80 los bancos más importantes fueron Mar Brava y Cucao. Hacia fines de 1997 y durante 1998 el recurso macha volvió a adquirir relevancia, debido al colapso de los bancos de este recurso en la I Región, a la disminución de los rendimientos en la IV Región y a los bajos rendimientos obtenidos en pesquerías tradicionales como almeja, erizo y culengue en la X Región. Los bancos de machas del extremo sur de la X Región, en especial aquellas alrededor de Quellón, comienzan a ser explotados con mayor intensidad, constituyéndose en importantes áreas de extracción los lugares de: Asasao, Ensenada de Quilanlar, Punta Inio y Punta Olleta (**Figura 2**). En estos lugares se instalaron faenas constituidas por 25 a 30 personas, explotando el recurso principalmente mediante la técnica del pateo y secundariamente mediante buceo. A dichos lugares se produjo la llegada de "macheros" de otras localidades del país (Maullín, Arica y Coquimbo), personas más diestras en la extracción de este molusco, lo cual produjo rápidamente un aumento de los desembarques.

Durante el primer trimestre de 1999 se produjo un importante desembarque de machas proveniente de Asasao, Ensenada Quilanlar y Golfo de Corcovado. En abril del mismo año apareció el fenómeno de "marea café", provocando una importante mortalidad de machas en dichos bancos. Esta situación provocó una baja considerable en los desembarques durante el resto de año. En el año 2000, comenzó nuevamente la extracción de machas en el lugar, principalmente de Ensenada Quilanlar, pero en volúmenes menores respecto de 1998. En la Isla Grande de Chiloé, como ya se mencionó anteriormente, existen otros bancos de machas que en algún momento fueron importantes, como es el caso de la playa de Cucao, ubicado en



la costa Pacífico, aproximadamente entre  $42^{\circ} 31' W$ ,  $74^{\circ} 7' S$  y  $42^{\circ} 43' W$ ,  $74^{\circ} 10' S$  y hoy es explotado con baja intensidad debido a su bajo rendimiento. En Ancud, por muchos años existió un importante banco, en términos de abundancia, en la playa Mar Brava, distante unos 30 km al SW de dicha ciudad. Este banco desapareció a partir de 1989 y, actualmente posee una fracción de talla no comercial.



## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

---

### 2.1 Objetivo general

Determinar el crecimiento, edad y principales procesos poblacionales de la macha (*Mesodema donacium*) en la X Región.

### 2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual por clases de edad en ejemplares de macha de la X Región.
- 2.2.2 Estimar los parámetros reproductivos y somatométricos de la macha de la X Región.
- 2.2.3 Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en la X Región.
- 2.2.4 Estimar la mortalidad natural y talla crítica de la macha en la X Región.



### 3. METODOLOGÍA

---

#### 3.1 Aspectos generales y de gestión

- Elección de localidades de estudio

El estudio se efectuó en dos localidades de la Isla Grande de Chiloé (**Figura 2**), específicamente en Cucao (42° 35' S; 74° 12' W) y Bahía Quilánlar (43° 22' S; 74° 02' W), ya que en ambos lugares se ubican bancos de machas que sostienen la actual pesquería de este recurso en la X Región sur, y a la vez presentaron las mejores condiciones para desarrollar el estudio.

Tanto en Cucao como en Quilánlar, se hicieron reuniones con los pescadores, con la finalidad de difundir los objetivos del proyecto. También se elaboró un tríptico de difusión el cual fue repartido a los lugareños.

La elección de los lugares anteriormente mencionados se basó en los siguientes criterios técnicos, a saber:

- Registros históricos y actuales de desembarque

En los años 80, el desembarque de machas del extremo sur de la X Región estuvo sustentado en gran parte por la actividad extractiva del sector de Cucao y playa Mar Brava. En la actualidad el desembarque de machas en la X Región está sustentado, casi en su totalidad, por los bancos ubicados en el extremo sur de la Isla de Chiloé, específicamente de las playas de Ensenada Quilánlar, Asasao y Golfo del Corcovado



- Accesibilidad a los lugares elegidos

En el Caso de Cucao se puede acceder con relativa facilidad por tierra, a través de caminos que permiten llegar a los lugares de muestreo durante todo el año, excepto cuando ocurre algún hecho imprevisto. Por su parte, a Quilanlar, sólo se puede acceder por mar, aunque es posible llegar durante todo el año. Se debe navegar entre 4 a 6 horas desde Quellón.

- Aspectos organizacionales de los pescadores locales

El desarrollo del estudio tiene más éxito cuando los usuarios (pescadores) comprenden desde el comienzo el sentido de una investigación y más aún si existen nexos de confianza entre el investigador y pescador, lo que se transforma en una alta receptividad y participación. Se destaca el trabajo que el Instituto de Fomento Pesquero ha venido realizando en el ámbito de las pesquerías de pequeña escala, que hablan de la ejecución de proyectos de investigación en las principales pesquerías de machas del país, estudios en los cuales ha sido relevante la contribución de los pescadores artesanales.

Durante el desarrollo del estudio los pescadores “macheros” de Cucao y Quilanlar han aportado con 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. Por lo tanto, se consideró de vital importancia la colaboración de los pescadores locales, en el aporte de información y facilidades para un desempeño eficiente del personal de IFOP encargado de las actividades de campo. En este contexto, para informar a la comunidad de pescadores artesanales, se realizaron reuniones y se entregaron antecedentes generales del estudio, a través de un folleto (**Anexo 1**).





- Experiencia y Conocimiento de las Pesquerías Locales

Las investigaciones realizadas por IFOP en las zonas de estudios propuestas, permiten contar con un amplio y continuo conocimiento de la evolución de las pesquerías, de aspectos poblacionales de los bancos y de la evolución de las organizaciones de pescadores relacionados al recurso macha y otros recursos bentónicos. En el caso de Cucao en el año 1997, IFOP realizó el estudio denominado "Investigación para el Desarrollo del Cultivo de la Macha (*Mesodesma donacium*) en la X Región", el cual tuvo entre sus objetivos conocer la distribución del banco, su estructura de tallas, biomasa total y densidad. Actualmente, dicho programa continúa y el banco de Cucao, abastece de semillas para experimentos de cultivo. En el caso de Quellón, se ha realizado el seguimiento, monitoreo y análisis de la actividad pesquera asociada a la extracción de la macha, en el marco de programas de seguimiento de las principales pesquerías bentónicas nacionales.

### **3.2 Metodología por objetivo**

#### **3.2.1 Determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual por clase de edad en ejemplares de macha de la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 1)**

##### **3.2.1.1 Crecimiento anual y estacional por clase de edad**

###### **Selección de la muestra**

Desde septiembre de 2000 a agosto de 2001, se tomaron muestras mensuales de machas para determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual de la macha en cada banco seleccionado, hasta completar un ciclo anual. De cada muestra se extrajo una submuestra, consistente en un número de 20 ejemplares por cada rango de tallas presente, para conocer todas las edades que componen cada intervalo de clase. Empleando un pie de metro, de precisión de 1 mm, a cada ejemplar se le registraron las siguientes dimensiones:



- a) Lt = Longitud total que corresponde a la distancia máxima desde el borde posterior al anterior.
- b) Al = Altura que equivale a la distancia máxima del borde dorsal al ventral.
- c) Lu = Longitud desde el umbo. Corresponde a la distancia máxima entre el umbo y el la parte anterior de la macha.

Simultáneamente, se tomó el submuestreo para edad, en el cual se trabajó sobre la base de un número fijo de valvas por intervalos de talla. En el presente estudio se tomó un número de 20 individuos por clase de talla, fijándose intervalos de 5 mm. para las clases de tallas. Estos intervalos de clase fueron empleados por Jerez *et al.*, (1999b), en el submuestreo estratificado para edad en bancos de machas de I y IV Regiones. Esta categorización permitió un trabajo dirigido, garantizando la presencia de todas las clases de tallas abarcadas en el muestreo poblacional.

Cada muestreo específico se elaboró con su Ficha de Muestreo, la cual contenía los datos biológicos y de identificación. Básicamente, incluyó: Especie; Año; Mes; Procedencia, N° de orden, Longitud Total (mm).

- **Lectura de anillos de crecimiento**

La lectura de anillos de crecimiento, se realizó sobre la base de dos metodologías:

- 1) Análisis de anillos de crecimiento en la superficie o cara externa de las valvas.

La lectura de anillos de crecimiento en la cara externa de las valvas ha sido utilizada tanto en otras especies de moluscos, (Bustos *et al.*, 1981; Zegers y Peña, 1983; Reyes *et al.*, 1994; Bustos *et al.*, 1986; Reyes *et al.*, 1995; Jerez *et al.*, 1999 a) como también en estudios de edad de macha en diferentes zonas de Chile (Cepeda, 1979; Tarifeño, 1980 y 1984; Jerez, 1999 b) y en otros países (Defeo *et al.*, 1988; Hutcheson y Stewart, 1994).



Para el análisis en laboratorio de la lectura de anillos, se eligieron solamente las valvas izquierdas, quedando la valva derecha como ayuda para la observación de detalles que no se presenten en forma clara. La lectura de anillos se realizó a simple vista por la cara externa de la valva y en ocasiones puede realizarse observación por transparencia, colocando una luz potente detrás de la muestra.

Debido a que la macha presenta sus valvas recubiertas por una epidermis amarillenta denominada periostraco, es necesario liberarla para dejar expuesto el patrón de anillos de crecimiento que se utiliza para la determinación de edad y crecimiento. Para ello, la valva izquierda recibió un tratamiento para remover este periostraco, consistente en un baño en hipoclorito de sodio doméstico (5%) por un período de tiempo variable de acuerdo al tamaño de las valvas y el número de muestras que se trate por solución (**Anexo 2**). Esta técnica fue empleada con buenos resultados en el estudio de la edad de este recurso por Jerez *et al.*, (1999 b).

La selección de los anillos de crecimiento considerados verdaderos fueron seguidos a lo largo de todo el recorrido, de extremo a extremo en la valva. Una vez aceptados como tal, se señalaron con marca de lápiz, para seguir observando en general los próximos. Previo al inicio del análisis de muestras se realizaron Talleres de trabajo cuya finalidad fue establecer o definir criterios de observación.

Los registros de las mediciones morfométricas de cada muestra, y de los anillos de crecimiento, fueron ingresados a la base de datos y, en general, se puede señalar que el análisis de edad constó de una lectura inicial, submuestreo al azar y lectura independiente para evaluar concordancia.



## 2) Análisis de anillos de crecimiento en valvas seccionadas

Históricamente, se ha examinado la edad de los moluscos bivalvos en la superficie externa de sus valvas, considerando el patrón de anillos de crecimiento que va quedando depositado en cada período anual. La aplicación de este método presenta dificultades en algunas especies, cuando no se aprecia una secuencia clara de anillos de crecimiento en su superficie, o bien, en casos en que distinguiéndose en forma clara sus anillos de crecimiento, presentan zonas periféricas con anillos muy juntos (por ejemplo en su margen ventral), o bien presentan una zona umbonal muy erosionada borrando prácticamente los anillos de reciente formación.

En estos casos, se hace necesario explorar con técnicas de corte de las valvas a modo de contar con una vista interna de la formación anular. Existen estudios desarrollados en almejas u otros bivalvos de conchas robustas que pueden ser cortada directamente en una máquina implementada para tales fines. En el caso de macha si bien se pueden desarrollar cortes de sus valvas directamente en una máquina de precisión, la zona periférica de sus valvas es delgada y fácil de fracturar en el tratamiento.

Dentro de las opciones de seccionamiento, puede realizarse un corte a través de un eje deseado que permita obtener la muestra dividida en dos segmentos y trabajar la determinación de edad sobre la superficie de corte empleando una serie de elementos de tratamiento que permitirán leer finalmente la muestra y determinar su edad; o bien es posible extraer del eje deseado una lámina muy fina, la cual después de recibir el tratamiento necesario permite la observación de los anillos de crecimiento bajo microscopio. Ambas opciones se emplearon en la observación de los anillos internos de crecimiento de macha.

Una detallada descripción metodológica a este respecto se encuentra en el **Anexo 2**.



- **Evaluación de concordancia**

Diferentes métodos han sido desarrollados para comparar la precisión y/o el grado de concordancia entre las determinaciones de edad, ya sea entre un mismo lector (en diferentes tiempos), entre lectores o entre lecturas de edad sobre muestras preparadas por diferentes técnicas.

Una de las técnicas más comunes es comparar el porcentaje de determinaciones de edad que concuerdan ya sea totalmente o aceptando una variabilidad dada en la submuestra que está en estudio.

Otro modo de evaluar la precisión son los métodos propuestos por Beamish y Fournier (1981) y Chang (1982) quienes ofrecen formulaciones para el cálculo de índices de precisión, entre una serie de determinaciones de edades en peces, y consideran que un pequeño índice es preciso. No entregan grados de precisión o rangos que pudiesen indicar si son aceptables para un determinado estudio.

#### **MÉTODO 1** (Beamish y Fournier, 1981)

Por este método el porcentaje de error promedio (*APE*) es calculado como:

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[ \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

donde,

- $N$  = muestras a quienes se les asignó edad;
- $R$  = número de veces que fue leída la muestra;
- $X_{ij}$  = *i*-ésima determinación de edad del *j*-ésimo pez;
- $X_j$  = es la edad promedio calculado para el *j*-ésimo pez;



## METODO 2 (Chang (1982))

Corresponde al uso de un coeficiente de variación ( $V$ ) para probar la concordancia entre lecturas de edad utilizando un índice de precisión ( $D$ ) que se describe como:

$$D = \frac{100}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{V}{\sqrt{R}} = \frac{100}{N} * \sum_{j=1}^N \frac{1}{\sqrt{R}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

Donde los símbolos tienen el mismo significado que la fórmula anterior.

Debe tenerse en cuenta que los métodos mencionados anteriormente, al promediar en un sólo valor la variabilidad que encierran las diferentes edades, ocultan la diferencia de precisión entre las mismas, y pueden ser utilizados sólo en forma referencial.

La lectura de edad en individuos jóvenes, puede ser sencilla por su corta edad o puede darse el caso de que las estructuras no sean de fácil interpretación, resultando difícil separar las marcas secundarias de los anillos verdaderos, por lo que no debe pensarse que la dificultad va directamente relacionada con el incremento de la edad en todos los casos. De otra forma, individuos de edades mayores presentarán sus últimos anillos de crecimiento menos espaciados y en el caso de que el organismo se encuentre en un etapa de su vida de bajo incremento absoluto, la separación entre los anillos de crecimiento será escasa y obligará al lector a una detallada revisión de el sector terminal de ambas valvas.



### MÉTODO 3 (Hoenig *et al.*, 1995)

Cuando se han encontrado bajos porcentajes de concordancia o bien si se desea investigar al interior de las determinaciones de edad entre lectores o entre técnicas distintas, Hoenig *et al.*, 1995 sugieren realizar una evaluación empleando una prueba de simetría, la cual permite analizar si un lector o una técnica entrega sistemáticamente edades más viejas que otras, comprobar hacia que edades se acentúan las diferencias y por último probar si el número de peces asignado a la edad  $i$  por el método 1 y a la edad  $j$  por el método 2 difiere significativamente de el número de peces asignado a la edad  $j$  por el método 1 y al edad  $i$  por el método 2.

Dada la posibilidad de existencia de tendencia con la edad, es que Hoenig *et al.*, (1995) recomiendan que los índices de precisión obtenidos por diferentes grupos de edad no sean promediados y se trabaje la información en base a una matriz de simetría.

Hoenig *et al.*, 1995, señalan como primer paso una comparación de los métodos de asignación de edad para determinar cuan a menudo los métodos concuerdan. Si la coincidencia es alta puede no ser necesario proceder con lo demás. Sin embargo, si hay una cantidad de discordancia que se desee analizar en cuanto a conocer si es simple error de azar o si hay diferencias sistemáticas entre los dos métodos, resultaría de gran utilidad el análisis empleando la prueba de simetría.

El método Bowker (1948, fide Hoenig *et al.*, 1995) fue diseñado para probar la hipótesis que una tabla de contingencia  $m*n$  compuesta por dos clasificaciones de una muestra en categorías es simétrica alrededor de la diagonal principal.

$H_0$  : valores en las celdas  $n_{ij}$  por sobre la diagonal son iguales a los valores en las celdas  $n_{ji}$  bajo la diagonal.





$H_a$  : valores en las celdas  $n_{ij}$  por sobre la diagonal son diferentes de los valores en las celdas  $n_{ji}$  bajo la diagonal.

La prueba estadística que presenta Hoenig *et al.*, es:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{m-1} \cdot \sum_{j=j+1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ji})^2}{n_{ij} + n_{ji}}$$

la cual se distribuye como una variable chi-cuadrado con  $m(m-1)/2$  grados de libertad para una tabla que no tiene celdas vacías.

Si la tabla presenta celdas vacías, los grados de libertad son igual al número de comparaciones restándole los pares que son ceros. El término  $n_{ij}$  se refiere a la frecuencia observada en la fila  $i$ -ésima y la columna  $j$ -ésima y el término  $n_{ji}$  representa la frecuencia observada en la fila  $j$ -ésima y la columna  $i$ -ésima.

- **Validación de la periodicidad de la formación de anillos de crecimiento**

Para validar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en las valvas de machas, se usó el Análisis de Formación de Bordos y el Análisis del Incremento Marginal. El anillo de crecimiento, es una marca producida por cambios en la tasa de crecimiento y si bien existen antecedentes sobre la periodicidad con que los anillos de crecimiento lento se gravarían en las valvas de macha (Jerez *et al.*, 1999b), el muestreo mensual realizado en el presente estudio permitirá determinar el ritmo propio de formación de anillos que presentan las machas de esta zona.

**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 realiza mes a mes, lo que permite





tener la posibilidad de saber si existen períodos del año en que se refleja una marcada tendencia a un tipo especial de anillo, permitiendo así la corroboración de la frecuencia con que se presentan en un ciclo anual (estacionalidad). Esta metodología ha sido utilizada con éxito en especies de almejas por Reyes *et al.*, (1994); Jerez *et al.*, (1999 a y b).

#### 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 calcula sobre la base de medidas referidas al largo total menos la longitud del último anillo, en razón de la diferencia entre la longitud del último anillo menos la longitud del penúltimo anillo, lo que queda expresado como:

$$IM_x = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

donde:

- $R$  = Longitud total.
- $R_n$  = Longitud del último anillo.
- $R_{n-1}$  = Longitud del penúltimo anillo.

#### 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).



### 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 correspondió 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 fue estimada 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 longitud ' $k$ ' 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.



### Estimación de la varianza de $p_r^*$ , $p_k$ y $q_{kr}$

La estimación de las respectivas varianzas se hizo mediante los estimadores

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

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

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

### 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:

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

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

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  $\alpha$  y error 'd' y número de clases de talla 'k' se presenta en el **Cuadro 1** para algunos casos particulares.

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.

**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

- **Estimación de los parámetros de crecimiento**

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



se han registrado sus medidas. Los valores de longitudes promedio por edad se emplean en la obtención de parámetros de entrada al proceso de ajuste final.

Como opción, en este estudio de crecimiento, se empleó las edades pretéritas de los individuos, vale decir, lo que media cada anillo de crecimiento al momento del término de su formación, ya que enriquece el ajuste de la curva de crecimiento al incorporar el aporte de la talla precisa a cada edad, es decir, sin incrementos posteriores a la formación del anillo de crecimiento.

El crecimiento en longitud del recurso macha es descrito por el modelo de crecimiento de von Bertalanffy VBGM (Beverton y Holt, 1956), cuya expresión es:

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

donde:

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

La estimación de los parámetros de crecimiento, se llevó a cabo mediante el ajuste del modelo no lineal por medio de programas estadísticos apropiados (SYSTAT, SPSS). Para lo cual se usó el procedimiento de minimización de cuadrados, cuya expresión es:

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



El proceso proporciona un resumen estadístico con valores de interés tales como suma de cuadrados residuales, coeficiente de determinación y otros, parámetros estimados e intervalos de confianza y matriz de correlación de los parámetros, lo que posibilita explorar la bondad de ajuste del modelo y la comparación con otros procesos.

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

El proceso de ajuste fue iterativo, tomándose 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 sobre la base de las longitudes promedio a la edad.

### 3.2.1.2 Crecimiento estacional y anual por rangos de tamaño

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



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

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{(L_{(t+\Delta t)} - L_{(t)})}{\Delta t} \text{ cm/año}$$

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

El modelo propuesto para el crecimiento estacional según Gaschütz *et al.*, 1980, fue el siguiente:

$$L_t = L_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0) + (CK/2\pi) \sin 2\pi(t-t_0)})$$

donde:

- $C$  = parámetro que refleja la intensidad de las oscilaciones del crecimiento estacional.
- $t_0$  = inicio de la oscilación sinusoidal con respecto a  $t = 0$ .

#### • **Marcaje y Recaptura**

El programa de marcaje se desarrolló tratando de alterar lo menos posible las condiciones naturales en que viven estos organismos, así como la condición de los propios organismos utilizados para el estudio.

A los ejemplares destinados para esta experiencia, se les registraron dos medidas de longitud: eje mayor dorso-ventral (umbo al borde valvar) y eje mayor antero-posterior, para cada ejemplar de un grupo de talla modal definido. Cada medida se hizo con pie de metro de precisión 0,1 mm y luego, cada ejemplar elegido fue



marcado con una clave de letras y números con lápices indelebles resistentes al agua. La marca se recubrió con el adhesivo instantáneo transparente Loctite, SuperBonder® (**Figura 3**).

Los ejemplares marcados fueron ubicados en una zona delimitada de entre 25-35 m<sup>2</sup> aproximados. Las machas pequeñas (rango de talla entre 15 mm a 45 mm) se ubicaron en el intermareal y los animales grandes (tallas mayores a 45 mm) en el submareal (**Figura 4**), considerando para esto la distribución natural de las machas en la playa. Cada zona fue identificada y además quedó referida a algún accidente geográfico notable de la costa. El **Cuadro 2** muestra una unidad experimental de marcaje, el cual fue replicado dos veces. Las réplicas tenían el propósito de disminuir los riesgos de pérdida de unidades de marcaje por efectos de fenómenos naturales (marejadas, embancamientos, mortalidad natural, etc.) y aumentar el número de registros de incrementos de talla por especie.

**Cuadro 2.** Unidad experimental de marcaje de macha

Grupo de talla	Talla Modal	Número marcar	Clave de color
1	10	150	A1...A150
2	20	150	B1...B150
3	30	150	C1...C150
4	40	150	D1...D150
5	50	150	E1...E150
6	60	150	F1...F150
7	70	150	G1...G150
8	80	150	H1...H150

La recaptura fue planeada cada 3 meses (al finalizar el mes 3, 6, 9 y 12, respectivamente).





### Supuestos del programa de marcaje y recaptura

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

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

### **3.2.2 Estimar parámetros reproductivos y somatométricos de la macha de la X Región ( OBJETIVO ESPECIFICO 2).**

#### **3.2.2.1 Relación talla - peso estacional y anual**

- **Diseño de muestreo**

Para la estimación de la relación talla-peso se realizó un muestreo aleatorio estratificado por clases de talla, donde cada clase correspondió a un estrato. La elección de tal diseño correspondió a la necesidad de contar con información del peso de los ejemplares examinados por cada clase de tallas y así poder realizar la estimación de los parámetros de la relación:

$$w = al^b$$



donde:

- $a$  : factor de condición
- $b$  : coeficiente de alometría o isometría

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

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

La estructura de estos estimadores es respectivamente:

$$\hat{a} = \ln^{-1}[\hat{a}^*] = \exp(\hat{a}^*)$$
$$\hat{b} = \hat{b}^*$$

donde,

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

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

$i$  : identifica al ejemplar examinado

- $i$  = 1,2,...,m
- $m$  = tamaño de muestra
- $y_i$  =  $\ln w_i$  ;  $i = 1,2,\dots,m$
- $x_i$  =  $\ln l_i$  ;  $i = 1,2,\dots,m$
- $w_i$  = peso del ejemplar ‘i’ de la muestra
- $l_i$  = longitud del ejemplar ‘i’ de la muestra



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

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

- **Estimación de la relación talla - peso**

La relación talla - peso se estimó por medio del estimador dado por:

$$w_k = \hat{a}(l_k)^{\hat{b}}$$

donde:

- $k$  : clase de talla
- $l_k$  : marca de clase del intervalo de talla  $k$
- $\bar{w}_k$  : peso medio estimado de los ejemplares que pertenecen a la clase de talla  $k$
- $\hat{a}$  y  $\hat{b}$  : parámetros estimados.

Estimación de la varianza de  $\bar{w}_k$

La varianza del estimador  $\bar{w}_k$  se estimó 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 ' $k$ '



- **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

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



### 3.2.2.2 Parámetros reproductivos

- **Determinación de variables morfométricas y gravimétricas**

Durante 12 meses se muestrearon 1147 individuos a los cuales se les registró la longitud máxima (medida desde el borde anterior al posterior de las valvas), utilizando un pie de metro con una precisión de 0,1 mm.

Asimismo, se registraron los valores del peso total, peso húmedo de las partes blandas (masa visceral y gónada) y peso de la valva. Para esta actividad se utilizó una balanza Sartorius con 0,01 g de precisión.

- **Coefficiente gamético (CG)**

La utilización de índices gonadosomáticos en organismos que presentan un complejo gónada-glándula digestiva no tiene mucho sentido ya que la dificultad principal radica en la separación de la gónada del sistema digestivo. A raíz de lo anterior, se optó por eliminar el cálculo de IGS e IG y reemplazarlos por el coeficiente gamético (CG).

Para determinar el CG en las gónadas de machas se utilizó el método cuantitativo de los coeficientes gaméticos descrito por Bay Schmith *et al.*, (1981), para machos y hembras:

*Macho*: Se midieron los diámetros máximos y mínimos de la sección folicular y de la masa de espermios que ocupaban el lumen central del folículo. La abundancia de espermios de cada individuo se promedió por tres folículos y se expresó en un coeficiente (CG).

$$CG = \frac{\text{Diametro masa de espermios}}{\text{Diametro seccion folicular}} * 100$$



*Hembras* : El coeficiente gamético se calculó sobre la base del número de ovocitos maduros contenidos en el lumen de los folículos ováricos seccionados transversalmente, promediando el recuento de tres folículos por hembra.

$$CG = \frac{\text{Numeroovocitosmaduros}}{\text{Diametroseccionfolicular}} \cdot 100$$

- **Determinación del estado de madurez sexual**

La técnica histológica es la forma más precisa de conocer el estado reproductivo del individuo, ya que refleja directamente la actividad gametogénica. El análisis de estos parámetros a través del tiempo permite determinar y caracterizar el ciclo reproductivo de una especie.

Mensualmente se obtuvo una submuestra destinada al estudio histológico del ciclo reproductivo de las machas. Cada muestra estuvo compuesta de un número variable de individuos agrupados en clases de talla de 5 mm, con longitudes que permitieron obtener una adecuada representación de todas las tallas que conforman la poblaciones de Cucao y de Bahía Quilanlar. El tamaño de la muestra mensual se indica en la sección resultados.

Los ejemplares colectados fueron tratados y analizados según los procedimientos histológicos de rutina obteniéndose en cada uno de ellos: longitud máxima valvar (precisión 0,1 mm), peso total y complejo gonadal (precisión 0,01 g). El complejo gonadal, fue fijado en Bouin por tres días obteniéndose de su parte central un trozo transversal de tejido de aproximadamente 1cm de grosor, el cual fue sometido a la técnica histológica corriente, cortado en secciones de 7 µm de grosor y teñido con Hematoxilina eosina.



Previo a esta rutina y con el fin de conocer si la maduración de la gónada es uniforme se realizaron cortes seriados en cinco ejemplares. En todos ellos se encontró que para esta especie la maduración es uniforme en toda la gónada.

Las gónadas obtenidas en cada muestreo fueron clasificadas según la escala desarrollada por Brown (1995) y por la escala de Avilés y Lozada (1975), consignada en Lozada y Bustos (1974).

- **Escala de madurez sexual propuesta por Brown (1995)**

Brown (1995), clasifica el tejido gonadal de la macha en alguno de los siguientes estados histológicos:

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

**Estadios histológicos en gónadas de machos**

- *MD1 (Masculino, desarrollado estado 1): Madurez inicial*

Folículos gonadales pequeños, con tejido de células somáticas vesiculares intrafolliculares. 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 espermatidas 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 espermatidas, 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 espermatidas 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 limitadas a una estrecha banda basal en los folículos. Estos están repletos de espermatidas 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 generalmente 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. En algunos casos presencia de amebocitos.

- *MR2 (Masculino, Regresión 2): Regresión final o Evacuación total*

Folículos de tamaño pequeño. 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. Eventualmente pueden existir amebocitos en grupos dentro de algunos folículos.

#### **Estadios histológicos en gónadas de 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 que han detenido su evolución meiotica con vesícula germinativa circular pequeña, nucleolo 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 vitelogenesis. 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, Desarrollado 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 por compresión.

- *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 signos de degeneración. En algunos casos presencia de amebocitos.

- *FR2 (Femenino, Regresión estado 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.



## Escala de madurez sexual propuesta por Avilés y Lozada (1975)

Esta escala divide juveniles y adultos en los siguientes estados:

### *Juveniles*

**O inmadurez:** Etapa previa a la gametogénesis. El análisis macro y microscópico no permite distinguir sexos, ya que solo se observa abundante tejido conectivo indiferenciado, con células de formas variadas.

**Ob preadultez:** Etapa de activa multiplicación y ordenamiento celular. Microscópicamente las células del tejido conectivo se ordenan para formar los folículos que, en un principio, son pequeños y de paredes gruesas, rodeando al digestivo. En su interior se diferencian gonios y citos adheridos a la pared folicular, observándose aún en el lumen algunas células polimorfas propias del tejido conectivo. Como consecuencia de la gametogénesis, el tejido conectivo disminuye en relación con la etapa precedente y las características estructurales de las células en gametogénesis permiten distinguir sexos. Se observa, además, conductos de vaciamiento en formación, rodeados de tejido conectivo preferentemente adiposo.

### *Adultos*

**I Madurez progresiva:** Etapa progresiva de la gametogénesis. Microscópicamente los folículos tienen paredes nítidas separadas por tejido conectivo en cantidad variable, el cual disminuye hasta quedar reducido a escasas fibras colágenas, a medida que la madurez se hace progresiva. En el tejido inter e intrafolicular aparecen los primeros amebocitos. Las hembras presentan ovocitos en previtelogénesis y vitelogénesis fijos a la pared folicular en cantidad variable. Los machos presentan una capa germinal de grosor variable formada por gonios, espermatoцитos y espermátidas. A veces se encuentran algunos zooides en el



lumen, que es reducido. Según su desarrollo se subdividen en: **la** madurez progresiva inicial (**Figura 5**) y **lb** madurez progresiva media. (**Figura 6**).

**II Madurez máxima:** Etapa de espermiogénesis y de vitelogénesis. Microscópicamente los folículos son más grandes que en la etapa precedente, de paredes nítidas y delgadas. Hembras con ovocitos maduros libres en el lumen folicular. En algunos casos adosados a la pared folicular se observan nuevos ovocitos en formación. Machos con predominio de espermatozoides compactos y muy abundantes en el lumen folicular. Presencia de amebocitos fagocitarios en ambos sexos, los que han aumentado notablemente (**Figura 7**).

**III Evacuación y reabsorción:** Etapa de vaciamiento folicular. Vaciamiento de gametos maduros e inicio de la desintegración y reabsorción de los gametos no evacuados. Gran cantidad de amebocitos fagocitarios que invaden todo el folículo (**Figura 8**).

**IV Post evacuación:** Etapa de reposo aparente. Folículos casi o totalmente vacíos, de paredes rugosas o rotas. Se continúa la desintegración y reabsorción de gametos residuales pudiéndose con ellos determinar el sexo, sin embargo, en algunos no es posible hacerlo. En algunos casos, cerca de la pared folicular se insinúa una nueva proliferación de células germinales. Gran cantidad de amebocitos en el lumen folicular. Tejido adiposo interfolicular en cantidad variable y aumento paulatino del tejido conjuntivo propiamente tal (**Figura 9**).

- **Comparación escalas de madurez**

Ambas escalas son homologables y permiten una fácil comparación entre los estudios que se han realizado ó que se realizarán con ellas en cualquier zona del país, tal como se indica en el cuadro 3.



• **Estimación de la primera madurez sexual**

La definición de la talla mínima de madurez sexual, se efectuó aplicando el criterio del 50 % definido por Seber & Wild (1989), que se entiende como la clase de talla a la cual el 50% de las hembras están maduras.

**Cuadro 3.** Comparación y equivalencia de las dos escalas de madurez usadas para describir el ciclo reproductivo de la macha en la X Región

Avilés y Lozada (1975)	Brown (1995)
<b>O</b> Inmadurez virginal	-
<b>Ob</b> Premadurez	-
<b>Ia</b> Madurez inicial	<b>D1</b> Madurez inicial
<b>Ib</b> Madurez media	<b>D2</b> Madurez avanzada
<b>II</b> Madurez máxima	<b>D3</b> Maduro
<b>III</b> Desove	<b>R1</b> Regresión inicial
<b>IV</b> Desovado , Postevacuación	<b>R2</b> Regresión final, evacuación

Este criterio solo considera los estados maduros e inmaduros, tanto para machos como hembras. Se consideraron como inmaduros a aquellos individuos que se encontraban en los estados juveniles ( estados **O**, **Ob** y **Ia** según Avilés y Lozada (1975) ; y **D1** según Brown (1995)) y como maduros a todos los que habían alcanzado el desarrollo gonadal.

Una vez obtenida la frecuencia de madurez por clase de talla se aplicó el modelo logístico y el lineal predictivo inverso para obtener la talla de primera madurez sexual.

a) Modelo logístico

$$P_i = \frac{e^{a+bx_i}}{1+e^{a+bx_i}}$$



donde:

$P_i$  : proporción de ejemplares sexualmente maduros en el *i-ésimo* tramo de longitud

$X_i$  : *i-ésimo* tramo de longitud.

$a$  y  $b$  : constantes.

donde : 
$$L_{50\%} = \frac{-a}{b}$$

b) Modelo de Seber & Wild (1989)

$$m_x(L) = \frac{m_\infty}{1 + \exp(-k(L - \gamma_i))}$$

donde  $m_\infty$  es la madurez asintótica cuando la edad o la talla tiende a  $\infty$ ,  $k$  representa la curvatura y  $\gamma$  el tamaño a la cual ocurre la inflexión en la curva.

Luego la talla de primera madurez ( $L_{50\%}$ ) es

$$L_{50\%} = \gamma - \frac{1}{k} \ln(2m_\infty - 1)$$

- **Períodos de evacuación gamética**

El período de evacuación gamética en el ciclo reproductivo de la macha fue determinado por medio del análisis del índice gamético (IG) además de observaciones microscópicas de los cortes histológicos, durante un ciclo anual.



- **Fecundidad potencial por talla**

La fecundidad potencial se define como el número de ovocitos desarrollados en la gónada antes del desove. Si esta es proporcional al volumen, peso o longitud, se puede calcular el número de ovocitos por unidad de volumen, peso o longitud (fecundidad relativa).

La fecundidad fue estimada en 17 hembras en estado de máxima madurez gonadal (EMS II o D3) de la población de Cucao y cuyas tallas fluctuaron entre 65,5 y 84,9 mm.

Además de la metodología histológica ya descrita, en estos individuos, se determinó el volumen de la gónada, mediante el método de desplazamiento de volúmenes húmedos descrito por Yashnov (1959) y modificado por Robertson (1970).

Una vez confeccionadas las placas histológicas correspondientes a cada hembra, se estimó la cantidad de ovocitos mediante la técnica de microscopía cuantitativa conocida como estereometría (Weibel, 1969), utilizándose en este caso la fórmula de Weibel y Gómez (1962).

$$N_v = \frac{K(N_a)^2}{\beta(V_v)^2}$$

donde:

$N_v$  : Número de ovocitos en el volumen unitario.

$K$  : *Coficiente relacionado con la distribución de talla de los ovocitos, que puede tomar valores entre 1.0 y 1.1. En muestras biológicas se considera 1.*



$N_a$  : Densidad areal en la superficie unitaria. Número de ovocitos que quedan dentro del retículo "I" de Carl Zeiss, incluyendo aquellos cuyo centro de gravedad queda en el margen superior e izquierdo.

$V_v$  : Densidad volumétrica en el volumen unitario. Número de ovocitos que impactan en los puntos del retículo (densidad volumétrica en el volumen unitario).

$\beta$  : Coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos, el cual se obtiene calculando  $\lambda$  e interpolando en la ordenada del gráfico para formas ovocitarias.

$b/a =: \lambda$ : Para la obtención de  $\lambda$  se midieron 150 ovocitos en máxima madurez, mediante un micrómetro ocular de 1mm/100.  $a$ : eje mayor del ovocito.  
 $b$ : eje menor del ovocito.

Para el cálculo de  $N_a$  y  $V_v$  se contabilizaron todos los campos microscópicos de la muestra, de manera que la cantidad de campos es diferente para cada gónada en estudio. Una vez obtenidos estos valores, se determinó para cada caso el  $N_a$  y  $V_v$  promedio por hembra y ellos se aplicaron a la fórmula para la obtención del  $N_v$ .

En el cálculo del volumen unitario se utilizó un micrómetro objetivo de Zeiss 5+100/100 y la superficie obtenida se extrapoló al volumen gonadal. A fin de conocer la numerocidad ovocitaria real de cada hembra, en el campo microscópico se determinó por separado el porcentaje ocupado por el tejido gonadal propiamente tal, por el tejido muscular y por el tejido digestivo, realizando los cálculos solamente con el porcentaje de tejido gonadal. Los valores varían según el aumento del objetivo, utilizando en el presente estudio 25x.





La fecundidad se obtuvo solo en la población de Cucao dada la escasez de ejemplares en madurez máxima recibidas de bahía Quilánlar. Por esta razón se prefirió utilizar estos ejemplares para la determinación de la frecuencia mensual de madurez de la población.

### **3.2.3 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 3).**

- **Determinación y caracterización del reclutamiento**

Para caracterizar los períodos del reclutamiento de la macha en los bancos seleccionados, se realizaron muestreos poblacionales mensuales. Los muestreos poblacionales, consistieron en la recolección de un número representativo de muestras sedimento superficial (0 - 15 cm de profundidad), utilizando como área muestral calicatas (marcos metálicos) de 25 x 25 cm (625 cm<sup>2</sup>).

El diseño de muestreo se basó en un muestreo aleatorio simple de transectos perpendiculares a la línea de costa, a intervalos aleatorios de separación, con el fin de cubrir la mayor extensión longitudinal del banco. En cada transecto se ubicaron estaciones de muestreo a intervalos regulares, a fin de cubrir el rango de distribución batimétrica del recurso.

El número de transectos y el número de estaciones a realizar se definieron a partir de un muestreo piloto del banco, considerando el área de distribución del recurso, los estimadores definidos para la cuantificación de la proporción de reclutas, y los aspectos operativos que se deberán considerar en las zonas de estudio.



La determinación del reclutamiento (asentamiento al bentos) se cuantificó en cada estación de muestreo y se estimó mediante un indicador de proporción:

$$\hat{P}_{r_i} = \frac{r}{N}$$

donde :

- $\hat{P}_{r_i}$  : Proporción de reclutas por estación de muestreo  $i$ .
- $r$  : Número de ejemplares asentados < 20 mm.
- $N$  : Número de ejemplares totales.

El reclutamiento promedio del sector o zona de estudio es estimado mediante:

$$\hat{P}_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{P}_{r_i}$$

Con una varianza dada por:

$$V(\hat{P}_r) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\hat{P}_{r_i} - \hat{P}_r)^2$$

donde:

- $\hat{P}_r$  : Estimador promedio de proporción del reclutamiento de todas las estaciones  $i$ .
- $n$  : Número cajas con reclutas.

Las muestras se tamizaron a través de mallas de 0,25 mm de abertura, lo que permitió retener a los ejemplares presentes en el sustrato. Muestras del residuo fueron preservadas en formalina 10% y alcohol - glicerofosfato, para su posterior análisis. El criterio para definir la porción recluta, se estableció de acuerdo a la detección de los



ejemplares de menor tamaño presente en la población. En estudios previos de esta especie se han considerados reclutas a ejemplares con una talla menor o igual a 20 mm (Ariz *et al.*, 1994). Sobre la base de ejemplares cultivados en Cucao (IFOP, 1999), que para ejemplares de alrededor de 20 mm de tamaño presentaron una tasa máxima de 3,45 mm/mes y a una tasa mínima de 0,9 mm/mes, entonces es posible deducir que un ejemplar de 6 meses de edad debería alcanzar entre 5,4 a 20 mm de longitud si creciera a una tasa mínima y máxima, respectivamente. Por lo tanto, individuos menores a 20 mm de tamaño deberían tener menos de tres meses de edad y pertenecer a la misma cohorte.

- **Caracterización granulométrica del sedimento**

El análisis de sedimento se realizó en las mismas estaciones definidas para el muestreo de reclutamiento. En las estaciones seleccionadas, se obtuvieron muestras de sedimento de 1000 gramos aproximadamente, con tres replicas, las que fueron guardadas, etiquetadas y almacenadas en frío para ser posteriormente analizadas en el laboratorio.

Para el análisis granulométrico de los sedimentos, cada muestra y su réplica fueron homogeneizadas en forma separada, antes de tomar una submuestra de aproximadamente 300 g. Posteriormente fueron secadas en una estufa a 100 °C y tamizadas en un agitador Sieve Shaker CISA Mod RP 08; para esto se usó un conjunto de tamices descritos en el **Cuadro 4**. Las fracciones retenidas en cada cedazo fueron pesadas en una balanza de precisión (500 g). En la clasificación de los sedimentos se utilizó la denominación de Wenworth (1922). Los parámetros correspondientes al diámetro medio y selección de los sedimentos, se realizó mediante la técnica de Folk & Ward (1957).



**Cuadro 4.** Tamices usados en el análisis de sedimento y su equivalencia a la norma ASTM 11.95.

Abertura Nominal	Norma ASTM 11.95
2,00 mm	10
1,00 mm	18
500 $\mu\text{m}$	35
250 $\mu\text{m}$	60
125 $\mu\text{m}$	120
63 $\mu\text{m}$	230

La clasificación de los tamaños de gránulos de sedimento se hizo según la equivalencia entregada en el **Cuadro 5**. Los resultados fueron expresados en porcentaje y analizados estadísticamente mediante análisis de varianza.

**Cuadro 5.** Tamaño de malla de los cedazos y clasificación de los tamaños de las partículas del sedimento.

Tamaño malla	Tipo Sedimento
2,00 mm	Gránulo Arena
1,00 mm	Arena Muy Gruesa
500 $\mu\text{m}$	Arena Gruesa
250 $\mu\text{m}$	Arena Fina
125 $\mu\text{m}$	Arena muy Fina
63 $\mu\text{m}$	Arcilla Muy Gruesa

- **Caracterización oceanográfica**

Las mediciones estacionales de temperatura, salinidad y oxígeno se realizaron en el área circundante al banco de machas. Para esto se hicieron mediciones en las mismas transectas usadas para el estudio biológico, tomándose, a la altura de cada



transecta, tres muestras de agua en un balde de 5 litros en las cuales se registró la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. El mismo procedimiento se llevó a cabo para la caracterización de la salinidad y temperatura a ambos lados del río Chanquín antes y después de un período de precipitaciones.

### **3.2.4 Estimar la mortalidad natural y talla crítica de la macha en la X Región (OBJETIVO ESPECIFICO 4).**

#### **3.2.4.1 Mortalidad natural**

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 stocks no explotados, situación que no se presenta en los bancos de machas de la X Región, 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), Fournier & Breen (1983), entre otros.

Lo anterior reduce la estimación de  $M$  a algunos métodos del tipo bioanalógicos y basado en marcaje y recaptura.

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 Algaraja (1984). Métodos como el de Hoenig (1983) o el de Ebert (1981), si bien son bioanalógicos, requieren el supuesto de stock no-explotado para la estimación de  $M$ .

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, ciclo de madurez). Estos son:



## Metodos bioanalógicos

**METODO 1:** Taylor (1958).

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

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 está madura.

### 3.2.4.2 Talla crítica

Ricker (1975) define la Talla Crítica ( $T_c$ ) como: "el tamaño promedio del pez de una clase anual en el momento cuando la tasa instantánea de mortalidad natural iguala la tasa instantánea de crecimiento en peso". Cuando se trata de poblaciones



explotadas la  $T_c$  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  $T_c$  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 ( $W$ ), donde:

$$B_t = N_t W_t$$

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

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

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

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

El crecimiento de la fórmula de von Bertalanffy lo expresamos en términos del peso asintótico ( $W_\infty$ ), 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.

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





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:

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

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 ( $T_{mb}$ ) es entonces:

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

Así, el parámetro de crecimiento ( $k$ ) se obtuvo 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). Finalmente, la talla crítica ( $T_c$ ) se estimó como función de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

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

Así,  $T_c$  se obtuvo luego de contar con los parámetros de mortalidad natural y crecimiento.



## 4. RESULTADOS

---

### 4.1 Actividades de Muestreo

Mensualmente, durante 12 meses (septiembre, 2000 – agosto, 2001) se visitaron los dos bancos seleccionados (Cucao y Quilanlar), procediéndose a recolectar las muestras sobre la base de transectos perpendiculares a la línea de costa, tal como se muestra en la **Figura 10** y **11**, respectivamente. En Quilanlar no fue posible realizar el muestreo en abril de 2001 por condiciones de mal tiempo al momento de visitar el sitio de estudio.

Los muestreos se efectuaron una vez por mes, coincidiendo con los períodos lunares de luna llena o luna nueva, ya que dichas fases se relacionan con una gran amplitud de las mareas en dichos períodos y por lo tanto el acceso a los sectores más bajos del mesolitoral se ve facilitado. Por su parte, durante mayo en Cucao, se pudo realizar un muestreo parcial, debido a que el lugar de estudio quedó aislado por la crecida del Río Chanquin y caída del puente de acceso. El programa total de muestreos realizado se muestra en la **Tabla 1**.

- **Estructura de tallas**

Las distribuciones de tallas, tanto del banco de machas de la playa de Cucao como de Quilanlar, mostraron una estructura bimodal (**Figura 12**, **Figura 13**, respectivamente). En Cucao, la primera moda se presenta entre 6 a 18 mm, y la segunda, entre los 60 a 70 mm, con una variabilidad entre meses. Igual situación se observa en Quilanlar, presentándose la primera moda entre los 6 a 15 mm y, la segunda, entre los 70 y 80 mm. En ambos lugares se observa una baja frecuencia de



individuos entre 30 a 55 mm de longitud total (equivalentes a ejemplares de entre 1 a 2 años de edad) para todo el período de estudio, sin embargo en Cucao es posible encontrar estas tallas con mayor frecuencia que en Quilanlar. El rango de talla de los ejemplares reclutas (menores a 10 mm) y juveniles (individuos no maduros), para el banco Cucao, fluctuó entre los 5 mm y los 26 mm, mientras que para Quilanlar varió entre 1 mm y 23 mm (**Figura 12 y 13**, respectivamente).

#### **4.2 Resultados del Objetivo específico 1: Determinar y caracterizar el crecimiento estacional y anual por clases de edad en ejemplares de macha de la X Región.**

El estudio de la edad contempló el empleo de muestras de los dos sectores seleccionados para tal efecto (Cucao y Quilanlar), recogiendo con ello la variabilidad propia del crecimiento con el aporte de dos puntos diferentes de muestreo.

Junto al muestreo poblacional, se tomó el submuestreo para edad, en el cual se trabajó sobre la base de un número fijo de valvas por intervalos de talla. En el presente estudio se tomó un número de 20 individuos por clase de talla, fijándose intervalos de 5 mm para las clases de tallas. Estos intervalos de clase fueron empleados por Jerez *et al.*, (1999 b), en el submuestreo estratificado para edad en bancos de machas de I y IV Regiones. Esta categorización permitió un trabajo dirigido, garantizando la presencia de todas las clases de tallas abarcadas en el muestreo poblacional.

Cada muestreo específico se elaboró con su Ficha de Muestreo, la cual contenía los datos biológicos y de identificación. Básicamente, incluyó: Especie; Año; Mes; Procedencia, N° de orden, Longitud Total (mm).



Las muestras colectadas desde septiembre del 2000 a agosto del 2001, fueron la base de trabajo sobre la cual se ejercitó en la determinaciones de edades reiterativas en las valvas enteras, y se experimentó en cortes de las valvas empleando diferentes materiales. Estos muestreos permitieron contar con ejemplares de tallas entre 5 mm y 90 mm.

- **Determinación de edad**

La determinación de la edad en macha, constituye una actividad relevante para determinar uno de los aspectos de la dinámica poblacional, como es el crecimiento. Este proceso, en conjunto con el reclutamiento y las mortalidades, son elementos básicos para la evaluación de stock. Por tal razón, se ha considerado importante incluir los procedimientos usados para lograr parametrizar este proceso poblacional.

En términos generales, el método consiste en tratar las valvas de la macha para la lectura de anillo de crecimiento sobre la concha (valva entera) y a través de ella (valva seccionada por corte). Para tal efecto, se ha diseñado el procedimiento necesario y se han definido los criterios para las respectivas lecturas. Los detalles de las técnicas de lectura de anillos en valvas enteras y seccionadas se indican en el (**Anexo 2**).

Un paso esencial en el desarrollo de los estudios de la edad de los organismos es probar la consistencia que tiene el lector en la determinación de la edad de las muestras.

- **Concordancia en las determinaciones de edad**

La consistencia que presenta un lector en la determinación de la edad en las muestras, se probó con revisiones planeadas para tal efecto, las que requirieron de



la lectura de una submuestra por un segundo lector en forma independiente, o bien por un mismo lector en un tiempo distinto. Para ilustrar la concordancia en la lectura de edad, se muestra, como ejemplo, el análisis efectuado por la técnica de dos lectores a un conjunto de 30 muestras al azar del mes de noviembre de 2000 (submuestreo A) (**Tabla 2**), y lo mismo para un set de 329 muestras de enero y febrero de 2001 (submuestreo B) (**Tabla 3**). Los lectores se identifican con los rótulos: Edad\_L1 y Edad\_L2 en ambos casos.

En el submuestreo A, se aprecia que las observaciones tienen 77% de plena coincidencia y 20% de coincidencia en la discriminación de  $\pm 1$  anillo (recuadro inferior en **Tabla 2**). En el submuestreo B, la precisión aumentó observándose un 85 % de coincidencias plenas junto a una baja en el porcentaje que representa las diferencias de  $\pm 1$  anillos y  $\pm 2$  anillos a valores de 12,8% y 1,8% respectivamente (recuadro inferior en **Tabla 3**).

El índice "APE" (METODO 1 de Beamish y Fournier (1981)), que mide la diferencia absoluta entre las observaciones con respecto al promedio de ellas, presenta en ambas submuestras (A y B), valores entre un 3,1 y un 11,6 %, lo que indica niveles bajos de error. Por su parte, los índices: y "V", "D" (METODO 2 de Chang (1982)), que relacionan la desviación estándar de las lecturas, la lectura promedio y el número de réplicas efectuadas, presentan valores entre 1,6 – 4,5%, indicando una buena concordancia entre lectores.

Del mismo modo, la prueba de simetría de Hoening, usada para comparar las edades asignadas al conjunto de muestras por ambos lectores, determinó que las diferencias se deben a simple error de azar y las lecturas coinciden estrechamente. Para el submuestreo A, el estadístico  $\chi^2$  prueba la hipótesis de simetría, y entrega un valor igual a 7, el cual se encuentra por debajo del valor de tabla de  $\chi^2(0,95;6) = 12,59$ . Para el submuestreo B, el cálculo del estadístico da un valor de 14,9, que es



inferior a  $\chi^2(0,95;12) = 21,03$  (**Tabla 4**). Lo anterior permite rechazar para ambos submuestreos, la hipótesis alternativa  $H_1$ , por lo cual el criterio de discernimiento de los anillos crecimiento muestra un adecuado nivel de precisión.

- **Validación de los anillos de crecimiento**

Al observar la distribución del incremento marginal desde septiembre del 2000 a agosto del 2001, se aprecian valores bajos de este índice en los meses de septiembre a diciembre, que oscilan entre 0,2 y 0,3 (**Figura 14**), lo que significa haber formado recientemente un anillo de crecimiento lento. En el verano, y durante el primer semestre del año 2001 el crecimiento en la periferia de las valvas aumenta hasta alcanzar su valor máximo en julio, con un incremento marginal promedio cercano a 0,9, lo que indica que en este mes ya está próximo a pasar a una etapa de crecimiento lento (**Figura 14**). Lo anterior indica que en la secuencia de 12 meses de muestras estudiadas la macha presenta dos períodos de crecimiento, uno rápido y otro lento, validando la periodicidad anual.

En la figura señalada recientemente, en el mes de abril, existe un valor de índice de incremento marginal (0,5) que no conserva la pendiente de los meses anteriores y posteriores a él, lo cual puede ser producto de que en este mes se obtuvo escasas observaciones. Cabe destacar que en abril se obtuvo muestreos solamente desde Cucao y con una presencia mayoría de individuos muy pequeños.

- **Estructura de edad de los bancos de machas en estudio de la X Región**

La clave edad – talla elaborada con el total de muestras analizadas, contiene los grupos de edad 0 a edad 10, con individuos cuyo intervalo de clase de talla máximo observado corresponde a 95,00 – 99,99 (**Tabla 5**).



Para representar la estructura de edades poblacional de cada banco de machas en estudio, fue necesario aplicar la matriz edad – talla a las distribuciones de frecuencias poblacionales obtenidas desde septiembre del 2000 a agosto del 2001. Las estructuras de edades que constituyen los bancos de Cucao y el de Quilanlar, se presentan en las **Tablas 6 y 7**, respectivamente. En la parte inferior de estas tablas, se incluyeron las tallas promedios de las observaciones por edad, cuyos valores se estimaron de un estadístico sustentado en la edad actual de la muestra cuando es cogida. Por lo tanto, debe considerarse que el concepto de edad actual incluye el incremento marginal que posee el individuo desde la formación de su último anillo de crecimiento hasta el borde. Además, los promedios incluidos en estas tablas, incluyen en su conformación la proporción natural que presentan los individuos al momento del muestreo. Se señala lo anterior, debido a que al comparar las tallas promedios a las edades actuales de una matriz de estructura poblacional con las longitudes promedios calculadas para cada longitud empleando retrocálculo, se presentan diferencias naturales e inherentes a las diferentes metodologías.

### **Banco de Cucao**

La estructura de edades de las machas de Cucao está sostenida principalmente por la edad 0 (rango de talla 0 a 39,99 mm con un promedio de 13,8 mm), representando el 85,4% del total de individuos muestreados (**Tabla 6**). Todas las otras edades participan en baja proporción, destacándose la edad 6 con una participación de 4,0 % en número, pero cuyo aporte en peso es importante, ya que se trata de machas con una talla promedio de 73,7mm en un rango de 65,0 a 84,99 mm.

### **Banco de Quilanlar**

En la estructura de edades de Quilanlar, el grupo de edad 0 (rango de talla 0 a 34,99 mm con un promedio de 11,6 mm) constituyó la fracción principal de la población





muestreada, aunque representó una fracción menor, alcanzando sólo a un 41,2% (**Tabla 7**). También se destaca la edad 6 como moda secundaria, pero con una participación mucho más notable que en Cucao, presentándose en este banco en una proporción de 21,3% y una talla promedio de 75,1 mm en un rango de 65,0 a 84,99 mm.

- **Estimación de los parámetros 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 1 anillo de crecimiento lento al año, fue posible asociar cada anillo a un año de vida.

Previo a la estimación de los parámetros de crecimiento, se examinó de que manera se dispersan los datos en forma natural, lo cual permite orientar el análisis. En este estudio, se observó al desplegar gráficamente los 5.740 pares ordenados de datos, estos se distribuyen describiendo su propia curva de crecimiento (**Figura 15**); no obstante, los datos son escasos por sobre los 8 años. Luego, con los datos individuales se realizó el ajuste no lineal del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, cuya curva ajustada para el crecimiento de macha es:

$L_t = 93,40 (1 - e^{-0,200515 (t+1,077)})$	Cucao
$L_t = 89,89 (1 - e^{-0,206575 (t+1,108)})$	Quilanlar
$L_t = 91,46 (1 - e^{-0,204882 (t+1,086)})$	X región (Cucao + Quilanlar)

Los valores de los parámetros con sus intervalos de confianza y estadísticos asociadas al ajuste no lineal se entregan en la **Tabla 8**. Los valores de las longitudes estimadas oscilaron entre 31,8 mm para la edad 1 y 82,0 mm para la





edad 10, la tasa de incremento entre las edades 1 y 2 fue de 34,7% y entre las edades 9 y 10 fue de 2,7 % (**Tabla 9**).

Desde un punto de vista gráfico estas curvas son muy similares (**Figura 16**). Se probó la aceptación estadística de la proximidad de estas funciones de crecimiento, procedentes de las bancos en estudio de la X región, en base a dos pruebas estadísticas. La primera la Prueba  $T^2$  de Hotelling (Cerrato, 1990), que permite la comparación simultánea de conjuntos de parámetros de crecimiento entre stocks, donde la hipótesis nula  $H_0$  fue que los de parámetros de crecimiento para ambas localidades son iguales. Esta prueba arrojó un valor de  $T^2$  calculados igual a 404, lo que es superior al valor crítico (7.8), por lo que se rechaza  $H_0$ . La otra prueba realizada para testar esta misma hipótesis  $H_0$ , fue el análisis de la suma de cuadrados residuales que se generan en el proceso de la información (Chen *et al.*, 1992), de cuyo resultado se obtiene un valor calculado igual a 30 el cual es mayor al valor crítico (2,6), con lo cual también se rechazar  $H_0$ . Lo anterior indica que ambas curvas de crecimiento son estadísticamente diferentes, por lo tanto el crecimiento de la macha en ambos bancos es diferente.

Al comparar el crecimiento de la macha en distintas regiones se aprecian ciertas diferencias las cuales se resumen en la **Tabla 10**. Esta tabla muestra que las longitudes promedios de la macha a diferentes edades son menores en la X Región comparada con la I y III-IV regiones, situación que también se observa en los incrementos absolutos.

- **Relaciones morfométricas de las valvas**

La relaciones lineales de las variables morfométricas longitud umbo ( $L_u$ ) y alto (A) versus largo total (Lt) presentaron una alta correlación, con un valor del coeficiente



de determinación ( $R^2$ ) superior a 0,98. Las funciones lineales que resultaron del ajuste son las siguientes:

$$\begin{aligned} L_u &= 1,7130 + 0,8631 Lt; & R^2 &= 0,99, N = 1314 \\ A &= -1,2729 + 0,5612 Lt; & R^2 &= 0,99, N = 1393 \end{aligned}$$

Las estimaciones de interés de estas regresiones se presentan en la **Tabla 11**. En la **Figura 17**, se presentan las líneas de regresión entre las variables  $L_t$ ,  $L_u$  y  $A$  de las valvas, para bancos de machas pertenecientes a la I, IV y los bancos correspondientes a este estudio. En general, se observa similitud en las relaciones.

- **Experimento de marcaje y recaptura**

El experimento de marcaje y recaptura se desarrolló en Cucao según el programa propuesto (octubre de 1999). Durante septiembre y octubre se marcaron 1.361 machas con una distribución de tallas que sigue la forma de la distribución poblacional del banco, las cuales fueron colocadas en su hábitat natural. Transcurrido 3 meses, específicamente en diciembre de 2000, se efectuó la primera acción de recuperación de ejemplares marcados durante dos días de búsqueda, con resultados nulos. Esta situación se volvió a repetir en los meses siguientes cuando se efectuaron recapturas, por lo que de acuerdo con lo sugerido por el evaluador de la propuesta técnica se consideró adecuado no continuar con este experimento.

Respecto a no haber recuperado ejemplares marcados, se puede sugerir lo siguiente:

- ⇒ La dinámica del sustrato y de la playa genera un relieve costero inestable, que es afectado sensiblemente por los frentes de mal tiempo, marejadas y crecidas de los caudales de ríos y afluentes locales.
- ⇒ La pérdida de marcas por roce con el sedimento.



Respecto de las dos hipótesis anteriores en este estudio se estima como más probable la primera, ya que Jerez *et al.*, (1999c) usó similares procedimientos y materiales para el marcaje, logrando recuperación de ejemplares en playa Los Choros, IV Región.

#### **4.3 Resultados para el Objetivo específico 2: Estimar los parámetros reproductivos y somatométricos de la macha de la X Región.**

De los 12 muestreos realizados en el periodo de estudio (septiembre 2000 a agosto de 2001), uno cada mes, se obtuvo una submuestra destinada al estudio histológico del ciclo reproductivo de las machas, cuyo tamaño y cobertura de talla se indican en la **Tabla 12** y **13**, para Cucao y Bahía Quilanlar, respectivamente.

##### **Banco de Cucao**

###### a) Frecuencia de los diferentes estados de madurez sexual

Las frecuencias mensuales de hembras y machos en los diferentes estados de madurez sexual (EMS) encontradas durante el período analizado (**Tablas 14, 15 y 16**) fueron graficados (**Figura 18**) con el fin de establecer el ciclo de reproducción y las épocas de mayor madurez de la especie.

Aún cuando es posible observar individuos en distintos estados de madurez sexual durante todo el año, siempre hay un claro predominio de uno de ellos, lo que permite caracterizar el ciclo reproductivo para una población.

Se registró un paso gradual de los individuos de ambos sexos hacia la madurez a medida que transcurren los meses, proceso que se caracteriza por un período de madurez progresiva (estados Ia, Ib; estados D1, D2) observado desde agosto a



octubre, con la presencia de ejemplares en madurez máxima (estado II; estado D3) en octubre tanto para machos como para hembras, registrándose la evacuación de gametos más intensa en noviembre (estado III; estado R1), continuándose este estado hasta febrero para los machos y hasta enero, con valores bajos, para las hembras. Ejemplares en post-desove o reposo (EMS IV; estado R2) se representan levemente a partir de diciembre, observándose porcentajes altos a partir de abril para ambos sexos.

El período de mayor actividad gametogénica se observó desde octubre hasta febrero. El tejido gonadal de ambos sexos presentó folículos con dos capas de células gametogénicas libres en el centro folicular y otra en crecimiento adosada a la pared folicular dando origen posiblemente a divisiones parciales dentro de la misma temporada de desove. A medida que se produce la espermiación y ovulación el tejido nutricio intra e inter folicular aumenta, y es muy abundante durante el período de inactividad gonadal.

b) Variación del Coeficiente gamético (CG)

La **Figura 19** registra las variaciones mensuales de los promedios y errores estándar del coeficiente gamético para machos, hembras y sexos combinados.

En machos, los valores del CG (**Tabla 14**) son altos desde septiembre hasta noviembre, descendiendo desde diciembre a febrero, hasta hacerse nulo a partir de marzo de 2001. Los valores más altos registrados en el CG coinciden con los porcentajes mayores de gónadas masculinas en estado de máxima madurez (EMS II; D3) observada en octubre de 2000. La evacuación de espermios se registró desde octubre a febrero, aunque con mayor intensidad en noviembre de 2000 y enero de 2001. En este período de tiempo, los cortes histológicos de las gónadas muestran en los acinos foliculares dos capas simultáneas: una de espermios



evacuando y otra de células espermatozógenas en crecimiento; lo que señalaría una reposición rápida de los espermatozoides evacuados. Desde marzo hasta agosto de 2001 los valores nulos del CG, al igual que en hembras, coinciden con el período en que las gónadas se encuentran evacuadas (EMS IV; EMS R2) e iniciando la actividad gametogénica de un nuevo ciclo con el aumento paulatino de espermatozoides I y II.

En hembras (**Tabla 14**) los valores de CG son altos desde septiembre a octubre, meses en que la gónada presenta valores altos de ejemplares en madurez progresiva y máxima. Desde noviembre los valores de CG descienden manteniéndose relativamente bajos hasta enero de 2001. Durante este período, los cortes histológicos muestran predominio de gónadas en estado de evacuación (EMS III; EMS R1) indicando el período de desove de primavera. En febrero de 2001 se observa un aumento en los promedios del CG que coinciden con un aumento en los porcentajes de ejemplares en madurez máxima (EMS II; EMS D3), pero vuelve a descender a partir de marzo mostrando porcentajes bajos de ovocitos maduros hasta hacerse nulo en los meses siguientes. Durante este período, algunos ejemplares muestran gónadas evacuadas visualizándose una línea germinal con escasas ovogonias visibles y otras con ovocitos previtelogénicos que comienzan a aumentar gradualmente en los meses siguientes, apreciándose ovocitos vitelogénicos y maduros para iniciar así un nuevo ciclo de madurez sexual.

c) Parámetros gravimétricos (Relación talla –peso)

Los rangos de talla y peso analizados fluctuaron entre los 5 mm - 90 mm y los 0,01 g - 61,0 g, respectivamente. Como ejemplo, una macha de 65 mm, en la temporada de verano, tendría un peso estimado de 26,2 g. Se evidencia, también, la ausencia de rangos de tallas intermedias (30 a 50 mm). Las relaciones talla - peso estacionales se muestran en la **Figura 20**.



## Banco de Quilanlar

### a) Frecuencia de los diferentes estados del ciclo sexual

En la **Tablas 16**, se registran los valores relativos de los diferentes estados de madurez gonadal obtenidos para la población de machas de Quilanlar. Al igual que la población de Cucao se observó similar tendencia en la secuencia de los diferentes estados de madurez (**Figura 21**).

Los mayores porcentajes de individuos en madurez progresiva (estados **Ia, Ib**; estados **D1, D2**) y madurez máxima (estado **II**; estado **D3**) se observó en octubre y noviembre con una evacuación importante en este último mes. El desove mayor de las hembras se ocurrió en noviembre para pasar en el mes siguiente a madurez progresiva (estados **Ia, Ib**; estados **D1, D2**).

### b) Variación del Coeficiente gamético (CG)

Los valores promedios mensuales del CG en ambos sexos se entregan en la **Tabla 17 a, b** y se grafican en la **Figura 22**. La presencia del valor promedio más bajo del CG que se registró en hembras en agosto de 2001. En este mismo mes se presentó el mayor porcentaje de ejemplares en estado de madurez sexual **Ia** o **D1**, donde se pudo observar uno u otro ovocito maduro, y un predominio notorio de ovogonias y ovocitos previtelogénicos adosados a las paredes foliculares. Estos comienzan a proliferar, crecer y madurar en los meses siguientes logrando los mayores porcentajes de individuos en máxima madurez sexual (**II** o **D3**) y el máximo valor promedio del CG en el mes de octubre de 2000 para ambos sexos, señalando una concordancia entre los dos métodos aplicados. Desde noviembre de 2000 a marzo de 2001, los valores promedios del CG en ambos sexos fueron bajos indicando el período de evacuación gonadal (desove) observado histológicamente mediante las



escalas de madurez sexual. Los valores cero del CG entre los meses de mayo a julio-agosto se debe a que no existen gametos maduros, ya que ambos sexos se encuentran en estado de postdesove o evacuados; sin embargo esto no significa que la gónada este inactiva, ya que histológicamente en las gónadas de algunos ejemplares se observa una incipiente actividad gametogénica a nivel de gonias.

c) Parámetros gravimétricos (Relación talla –peso)

La talla y peso en primavera fluctuaron en el rango: 16 mm - 86 mm y 0,4 g - 71 g, respectivamente. En Verano, fluctuaron en el rango: 10 mm – 90 mm y 0,1 g - 66 g. En otoño de 7 mm a 89 mm y de 0,1 a 66 g, finalmente en invierno se observó una fluctuación entre 7 mm a 87 mm en talla y de 0,1 a 61 g en el peso de los individuos. Las relaciones talla-peso para Quilanlar se presentan en la **Figura 23** para las estaciones del año.

### **Estimación de la talla de primera madurez sexual**

a) Talla mínima de madurez individual

El individuo de mayor talla indiferenciado sexualmente (EMS O) se observó a una longitud máxima de 43,3 mm obtenido en la muestra de octubre de 2000. Las tallas máximas de individuos juveniles preadultos (EMS Ob) se observaron en una hembra de 42,3 mm y en un macho de 47,4 mm de longitud máxima valvar obtenidos en la muestra de diciembre de 2000. La talla mínima de ejemplares adultos, maduros sexualmente, se observó en una hembra de 47,5 mm y en un macho de 48,4 mm de longitud máxima valvar obtenido en el muestreo de octubre de 2000.





b) Talla mínima de madurez sexual poblacional

La talla mínima de madurez sexual poblacional, se estimó sobre la base del análisis de 154 ejemplares obtenidos en octubre y diciembre, meses en que el rango de tamaño de la población de machas abarcó la mayor amplitud de tallas, desde 10-14,9 hasta 80 y más mm de longitud valvar. Estos datos se grafican en la **Figura 24** que representa la distribución porcentual agrupada en juveniles inmaduros (EMS O y Ob) y en adultos (EMS Ia-IV o D1-R2) con respecto a las tallas, y en la **Figura 25** se presenta esta misma distribución porcentual detallando los diferentes estados de madurez.

Un 100% de individuos juveniles se observó hasta el rango de talla 40-44,9 mm e incluso un 50% en el rango de 45-49,9 mm de longitud valvar (**Figura 24**). A partir de este último rango, todos los individuos de la población son adultos maduros en plena actividad sexual.

Un 25% de ejemplares en condiciones de desovar se observó en el rango 45 - 49,9 mm de longitud valvar (**Figura 25**).

c) Talla de primera madurez

La talla de primera de madurez sexual (L50%), estimada a través del modelo logístico indica para las hembras alcanzan la longitud de primera madurez sexual (L50%) a los 45,36 mm de longitud valvar. A través del modelo propuesto por Seber & Wild (1989) la L50% es de 45,04 mm. Sin duda ambas estimaciones ratifican lo anteriormente observado en el sentido que a partir de los 45 mm se produce el cambio entre juvenil y adulto en ambos bancos.





## Fecundidad potencial por talla

El número de ovocitos muestra un rango de variación que fluctúa entre 9345355 ovocitos obtenido en una hembra de 65,7 mm de longitud y 20.900.025 ovocitos obtenido en una hembra de 83,5 mm de longitud, con un promedio de 13.035.613 ovocitos.

La **Figura 26** muestra las relaciones existentes entre el volumen-fecundidad y longitud máxima-fecundidad. De ellas se desprende la existencia de relaciones directamente proporcionales o bien de tipo exponencial, con un coeficiente de correlación estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) para ambos casos.

### 4.4 Resultados para el Objetivo específico 3: Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de la macha en la X Región.

#### 4.4.1 Determinación y caracterización del reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos)

##### Banco de Cucao

##### a) Patrón temporal del proceso de reclutamiento

El análisis de los ejemplares reclutas muertos (considerados como individuos menores a 10 mm que conservan sus valvas vacías) mostró que su menor frecuencia se registró en enero (2001) con 8 ejemplares y la mayor en septiembre (2000) con 88 ejemplares. El período con mayor presencia de valvas de reclutas (ejemplares menores a 10 mm) se observó en primavera, desde septiembre a noviembre (**Tabla 18**). Por su parte, los reclutas vivos ocurrieron en mayor frecuencia en primavera



tardía y verano, entre los meses de noviembre a marzo (**Tabla 19**), lo cual es confirmado con la mayor proporción de reclutas registrado en dicho período (**Figura 27**). Los resultados indican un patrón temporal del proceso de asentamiento surgen del análisis de los muestreos del período: noviembre (2000) – marzo (2001).

b) Patrón espacial del proceso de reclutamiento

Se observó que los reclutas se ubicaron, preferentemente, en la Zona 1 (mesolitoral) y Zona 2 (sublitoral somero hasta una profundidad de unos 50 cm durante marea baja), en cambio las tallas mayores fueron observadas en la zona submareal (Zona 3).

En específico, la proporción de reclutas por muestreo, fue mayor durante septiembre y octubre en la parte alta del intermareal (**Figura 28**, estaciones C1 a C3). En noviembre la proporción de reclutas tendió a equipararse en todas las estaciones de muestreo. En diciembre las mayores proporciones ocurrieron en el intermareal bajo y submareal (Zona 2 y Zona 3, respectivamente). Hacia otoño e invierno ( marzo, abril mayo, junio julio y agosto del 2001), las proporciones disminuyen y se encuentran reclutas en bajas cantidades en las tres zonas.

c) Comunidad asociada a los reclutas de macha

El análisis permitió identificar 14 grupos taxonómicos diferentes, siendo los más relevantes, bivalvos, crustáceos, foraminíferos, gastrópodos, nemátodos, poliquetos y otros. Destaca la presencia, además de la macha, de anfípodos e isópodos habitantes típicos de estos hábitat. Con una menor importancia relativa aparecieron algunos bivalvos, gasterópodos y poliquetos. La **Tabla 20** resume la información que permite caracterizar la estructura de la comunidad biológica asociada al hábitat de los reclutas de machas, presente en el período septiembre 2000 – agosto 2001. El detalle mensual de este muestreo se entrega en el **Anexo 3**.



## Banco de Quilanlar

### a) Patrón temporal del proceso de reclutamiento

Durante el período de primavera tardía y verano, al igual que en Cucao, se observaron concentraciones de reclutas en el mesolitoral (Zona 1), sin embargo no se detectó la presencia de individuos recién asentados. Similar patrón se registró al analizar la frecuencia numérica de valvas vacías. En Quilanlar, las estructuras de tallas de los reclutas vivos y de valvas vacías, se presentan en las **Tablas 21 y 22**, respectivamente.

Las observaciones anteriores dan cuenta de la presencia, en el sedimento, de organismos de una talla semejante o inferior a la talla (250  $\mu\text{m}$ ) de las machas recién asentadas, como son foraminíferos y ostrácodos. El número de ejemplares reclutas encontrados en este banco fue mucho menor que en el de Cucao, tal como se puede observar en la **Tablas 21**.

### b) Patrón espacial del proceso de reclutamiento

En Quilanlar, al igual que en Cucao, se observó que los reclutas se ubicaron preferentemente en la Zona 1 (mesolitoral) y Zona 2 (sublitoral somero hasta una profundidad de unos 50 cm durante marea baja). En cambio las tallas mayores fueron observadas principalmente en la zona submareal (Zona 3). A diferencia de lo observado en Cucao, el patrón espacial de Quilanlar no resultó ser tan definido, aunque se registraron mayores proporciones de reclutas (<10 mm) en la temporada de verano (desde diciembre a marzo e incluso mayo) (**Figura 29**).

En específico, los reclutas tienden a concentrarse en el mesolitoral medio a bajo (Zona 2), durante gran parte del año del año. (**Figura 30**), lo cual estaría



reflejando una ubicación más estable de la distribución de ésta fracción, respecto a lo encontrado en Cucao, donde se les encuentra en la Zona 1, Zona 2 y Zona 3, con alguna variación entre los meses analizados.

c) Estructura comunitaria asociada al proceso de reclutamiento

La información analizada proporcionó la identificación de 7 grupos de organismos, predominando, además de la macha, anfípodos e isópodos; moluscos bivalvos y gastrópodos, ostrácodos y nemátodos. Con una menor importancia relativa aparecieron algunos poliquetos. La **Tabla 23** muestra la abundancia de los organismos presentes que permite caracterizar la estructura de la comunidad biológica asociada al hábitat de los reclutas de machas, presente en el período octubre 2000 – agosto 2001. El detalle mensual de este muestreo puede encontrarse en el **Anexo 3**.

El índice de diversidad de Shannon (H) indica una mayor diversidad biológica en las muestras de Quilanlar respecto de Cucao, durante todo el período de estudio. La diversidad relativa (J) también indica esta situación (**Figura 31**).

#### 4.4.2 Caracterización granulométrica del sedimento de Cucao y Quilanlar

Al comparar la distribución general de los tamaños de arena en las dos playas, para todo el período de estudio, se observó una diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ , **Figura 32**) entre la granulometría de las playas de Cucao y Quilanlar. En la playa de Cucao se observa que el sedimento predominante es “arena fina” en un 80% (grano retenido en el tamiz de  $125 \mu m$ ), seguida con un 20% del tipo de “arena mediana” (grano retenido en un tamiz de  $250 \mu m$ ), independiente del nivel de la playa y de la ubicación del transecto. En Quilanlar el sedimento dominante es arena muy fina (grano retenido en el tamiz  $125 \mu m$ ), seguido de arena fina en un 20% (grano retenido en el tamiz de  $250 \mu m$  )



Al comparar la composición granulométrica por transecta en Cucao, se observa una leve diferencia entre ellos (**Figura 33**). Existe un aumento del porcentaje de “arenas medianas” y una disminución de las “arenas finas”, a medida que el transecto analizado se aleja del Río Deñal, es decir hacia el sur. El análisis de varianza realizado indica que estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p=0,0003$  y  $p=0,015$ , para arena fina y mediana, respectivamente).

Las comparaciones de la composición granulométrica de las transectas de la playa de Quilanlar, resultaron todas no significativas ( $p=0,13$ ;  $p=0,22$ ), por lo que no hay diferencia en la composición de los sedimentos entre las transectas, siendo una playa más homogénea respecto al caso de la playa de Cucao (**Figura 33**).

Al realizar un análisis de la composición granulométrica por zonas o niveles de la playa, se observan algunas variaciones en la composición porcentual de los sedimentos entre ellas, las cuales resultaron estadísticamente no significativas ( $p>0,05$ ). Esta situación es válida para Cucao y para Quilanlar (**Figura 34**). Por lo tanto, se puede afirmar que, para todo el período estudiado, la granulometría de las playas es similar para cada uno de los niveles o zonas, considerando los transectos por separado.

En la escala temporal, el patrón anteriormente descrito para cada playa se mantiene, es decir, en Cucao predominan las “arenas finas” y en Quilanlar las “arenas muy finas”. Sin embargo, la composición porcentual de estos dos tipos de arenas a través de los meses, presenta variaciones que resultaron ser estadísticamente significativas ( $p<0,001$ ) (**Figura 35**).

#### 4.4.3 Caracterización oceanográfica de Cucao y Quilanlar

La playa de Cucao presenta una longitud de aproximadamente 16 km, con un ancho promedio de 200 m, pendiente inferior a  $3^\circ$  y un tren de olas sobre 6 rompientes y



acceso únicamente por tierra. La playa de Quilanlar presenta una longitud de 3 km, con un ancho promedio de 200 m. Al igual que en Cucao, su pendiente es inferior a 3° y también posee un tren de olas sobre 6 rompientes. El acceso a la playa de Quilanlar es solo por vía marítima, a través de una complicada barra, que en una ocasión (mes de septiembre) no permitió el ingreso de la embarcación, no pudiéndose obtener la muestra para ese mes.

Las dos playas estudiadas se encuentran ubicadas en la parte occidental de la Isla de Chiloé, abiertas al Océano Pacífico y fuertemente afectadas por las turbulencias originadas por trenes de olas que se extiende en promedio cerca de los 300 m, desde la línea de rompientes más externa. Debido a esta razón, resultó impracticable la medición de corrientes, puesto no fue factible instalar correntómetros en el hábitat en que se distribuyen las machas

En Cucao, con el fin de evaluar la influencia de los ríos sobre la salinidad se realizaron mediciones de temperatura y salinidad antes y después del paso de un sistema frontal con fuertes precipitaciones, que se extendieron por 10 horas. La salinidad varió en función de la distancia del río y vientos predominantes, actuando estos últimos como modificadores de la pluma de agua dulce aportada por el río lo que permitió registrar una disminución de la salinidad en la dirección del viento. Esto significa, que si se mide este parámetro al lado norte de la desembocadura del río Chanquín durante vientos predominantes del norte o calma, no se detectará el efecto del agua dulce en esa porción de la playa (**Figura 36**).

En primavera (octubre 2000), en el muestreo correspondiente al transecto más cercano al río Deñal (T1) se registró una salinidad menor (28 ppm aproximadamente) producto del aporte de agua dulce del río; en cambio en los muestreos correspondientes a los transectos más alejados (T2 a T4), se registraron salinidades de 35 ppm (**Figura 37**). Para el caso de la temperatura superficial



promedio del agua, se observó que en sector del río Deñal fue más alta (15 °C al interior del río) que en los sectores de muestreo, donde esta variable se mantiene más o menos constante en los 12,5 °C. En cuanto a la concentración de oxígeno, se registró un valor promedio de 18 mg/ml en la zona de muestreo para el conjunto de estaciones de muestreo (**Figura 37**).

Durante el verano (enero 2001), se observó una mayor estabilidad en la salinidad de las muestras obtenidas en todos los transectos, con un valor levemente menor (32 ppm) respecto de primavera (**Figura 38**). La temperatura también fue estable en toda la zona de muestreo, en alrededor de 17 °C, pero más alta que primavera.

En invierno (julio 2001) se observaron fuertes variaciones de salinidad entre los transectos (variando de 30 ppm en el transecto 1 y 2 a 23 ppm en el transecto 3, **Figura 39**). La temperatura se presentó más estable pero en valores bajo los 10 °C.

En agosto del 2001, se observó una tendencia al aumento de las temperaturas promedio del agua de mar a medida que se aleja del Río Deñal, sin embargo éstas fluctúan alrededor de los 10 °C. La salinidad presenta cambios bruscos entre la desembocadura del río Deñal y el transecto 2, de 2 ppm a 28 ppm, respectivamente. Ambos puntos están separados por aproximadamente 600 m (**Figura 40**).

En relación con la caracterización de las masas de agua costeras dominantes, se observaron cambios importantes en la influencia del agua dulce aportada por los ríos, en función del nivel de precipitaciones y la dirección del viento, con fuertes cambios de las salinidades hacia el norte de la playa, después de un evento de intensas lluvias durante 10 horas y vientos del Sur Sur-oeste. Por ejemplo, en la desembocadura del río Chanquín, las salinidades disminuyeron desde 20 ppm a prácticamente 0 ppm, luego del evento de fuertes lluvias en la zona.





En Quilánlar, durante primavera (diciembre 2000) se registró una salinidad cercana a 35 ppm en el sitio de muestreo (**Figura 41**), con una fuerte disminución hacia la desembocadura del río Quilánlar. La temperatura superficial promedio del agua fue mayor (15 °C) hacia la desembocadura del río Quilánlar, que en los sectores de muestreo, donde esta variable se mantuvo más o menos constante en los 13,5 °C. La concentración de oxígeno se mantuvo cercano a 9 mg/ml en promedio para la zona de muestreo (**Figura 41**).

Durante el verano (febrero 2001), la salinidad fue cercana a 33 ppm, siendo levemente menor que en primavera (**Figura 42**). La temperatura fue estable en toda la zona de muestreo en alrededor de los 13°C, pero un poco más alta hacia la desembocadura del río Quilánlar. El oxígeno disuelto fue mayor respecto a lo medido en primavera con un promedio de 15 mg/ml en los lugares de muestreo (**Figura 42**).

En julio del 2001, la salinidad fue cercana a 32 ppm, siendo levemente menor que en otoño (**Figura 43**). En agosto del 2001 la salinidad se mantuvo en el nivel de los 32 ppm y la temperatura alrededor de los 8,5°C (**Figura 44**).

Para conocer la probable influencia del río Quilánlar sobre la playa en estudio, se realizó un muestreo de salinidad y temperatura, a través de una longitudinal de 6 km, desde la desembocadura, durante el período de marea baja. En general, se observó que las salinidades fluctuaron alrededor de los 28 a 30 ppm en la capa superficial. En sectores de remansos (“pozones”) ubicados a 6 km de la desembocadura, se registró una salinidad de 30 ppm a una profundidad de 4 m, y de 8 ppm en los primeros 30 cm, medidos desde la superficie. Esto indica que el río Quilánlar responde a las características típicas de un estuario, con una fuerte influencia de aguas marinas. Por lo tanto, la influencia del río Quilánlar sobre la población de machas es poco relevante, siendo más fuerte el efecto de los ríos en sector de Cucao.





#### 4.5 Resultados para el Objetivo específico 4: Estimación de la mortalidad natural y talla crítica de la macha en la X Región.

##### 4.5.1 Mortalidad Natural (M)

###### Banco de Cucao

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 parámetros de entrada y el valor estimado de mortalidad natural ( $M$ ) se presentan en la **Tabla 24**.

Los valores extremos de  $M$  obtenidos con los tres métodos fluctuaron entre  $M = 0,22$  y  $M = 0,71$ . Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 19,6% y 50,7%. 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.

###### Banco de Quilanlar

Los parámetros de entrada y los valores estimados de mortalidad natural ( $M$ ) para el banco de Quilanlar, en la X Región se presentan en la **Tabla 25**. 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  $M = 0.69$ . Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 19,6% y 50,0%. El valor final de estimación se establecerá de acuerdo a criterios comparativos con magnitudes de  $M$  de otros estudios.

### **Banco de Cucao + Quilanlar**

Los parámetros de entrada y los valores estimados de mortalidad natural ( $M$ ) para el banco de Quilanlar, en la X Región se presentan en la **Tabla 26**. Los valores de  $M$  obtenidos con los tres métodos fueron de  $M = 0.22$ ,  $M = 0,31$  y  $M = 0,70$ , para el método 1= Taylor (1958); método 2 = Alagaraja, (1984) y método 3 = Rikhter & Efanov, (1976), respectivamente. Equivalentes a tasa absolutas de mortalidad natural de entre 19,9% , 26,4% y 50,4%. El valor final de estimación se establecerá de acuerdo a criterios comparativos con magnitudes de  $M$  de otros estudios.

### **4.5.2 Talla Crítica ( $L_c$ )**

#### **Banco de Cucao**

Los parámetros de entrada al cálculo de parámetro poblacional de la talla crítica ( $L_c$ ) y los valores estimados para este parámetro se indican en la **Tabla 27**. Las estimaciones de edad crítica ( $t_c$ ) y talla crítica ( $L_c$ ) mostraron un amplio rango de valores y dada que su cálculo usa las estimaciones de  $M$  presentadas anteriormente. Los valores de la edad crítica ( $t_c$ ) fluctuaron entre 3,3 y 7,0 años, correspondiendo tallas críticas de entre los 54,7 mm y los 75,0 mm.



### **Banco de Quilanlar**

Los parámetros de entrada y los valores estimados de talla crítica ( $L_c$ ) se presentan en la **Tabla 28**. Los valores de la edad crítica ( $t_c$ ) fluctuaron entre 3,0 y 6,3 años, correspondiendo a tallas críticas de entre 51,6 mm y los 70,5 mm.

### **Banco de Cucao + Quilanlar**

Los parámetros de entrada y los valores estimados de talla crítica ( $L_c$ ) se presentan en la **Tabla 29**. Los valores de la edad crítica ( $t_c$ ) fluctuaron entre 3,06 y 6,47 años, correspondiendo a tallas críticas de entre 52,3 mm y los 72,0 mm.



## 5. DISCUSIÓN

---

- **Determinación de la edad y del crecimiento**

### Concordancia en las determinaciones de edad

Los índices relativos a porcentaje de error promedio; coeficiente de variación y e índice de precisión (APE, V y D), muestran que los porcentajes de error entre lectores es de un 1 a un 11 %, lo cual indica una buena correlación en la asignación de edades. Por lo cual se puede decir que la asignación de edad, basada en las lecturas de anillos de crecimiento en valvas enteras y seccionadas es confiable, pudiéndose usar este en este bivalvo cualquiera de las dos metodologías.

### Validación de los anillos de crecimiento

Un aspecto importante en este tipo de estudios, es determinar si las diferentes zonas de crecimiento que se observan en la estructura analizada corresponden a una época definida del año.

El análisis del incremento marginal es una herramienta útil que muestra en que épocas del año se presentan los períodos de bajo y alto crecimiento. Para el presente estudio, el período de baja tasa de crecimiento se presentó entre septiembre y noviembre para luego experimentar mayores valores que indican una etapa de crecimiento más acelerado (**Figura 14**). Esto refleja que durante el año existió un período definido en que la disminución del crecimiento quedó reflejada de forma evidente en las valvas de macha. Estos cuatro meses de término del año 2000, en que se reflejó en sus valvas un período de crecimiento lento, coinciden en



parte con un etapa particular de la vida de estos organismos como es el período de desove, el cual fue observado durante los meses de octubre a febrero.

### Estructura de edad de los bancos de machas en estudio de la X Región

La distribuciones de tallas de macha en ambas localidades muestreadas, si bien presentan dos modas bien marcadas, tienen diferencias que se pueden resumir en tres ítems referidos a edad cero; edades entre 1 y 5 años y edades mayores o iguales a 6 años.

Para la edad cero, debido a que por una parte Cucao tiene su moda principal en el estrato de tallas 10,00-14,99 mm, el cual está inserto en el gran aporte de la fracción de la población bajo los 20 mm (74,3%) y por otra, Quilanlar en el mencionado tramo de tallas sólo presenta un 39,7 %, se genera un grupo de edad cero de diferente representatividad en ambas localidades. En efecto, al analizar la estructura de edades, la edad cero se observa acentuada en Cucao (85 %) y algo menos de la mitad en aporte se manifiesta en Quilanlar (41%).

Internamente en la estructura de tallas que compone a la edad cero, se observa que en Quilanlar existe proporcionalmente mayor abundancia hacia las tallas menores a 10 mm lo que se refleja en una talla promedio de 11,6 mm, en cambio en Cucao para esta misma edad, el promedio corresponde a un valor de 13,8 mm.

Las edades 1 a 5 están mejor representadas en el muestreo de Cucao el cual posee una composición de estratos de tallas con mayor presencia de individuos de tallas intermedias, situación que por encontrarse muy escasamente representada en Quilanlar no permite comparación.



Las edades 6 a 8, en ambos bancos tienen muestreo que las sustenta y a pesar de que la distribución de tallas sobre los 65 cm es un tanto diferente en ambas localidades (para Cucao existe una moda secundaria en el intervalo 70,00 – 74,99 mm de un 4,7%, en cambio para Quilanlar se presenta su moda principal en el intervalo 75,00 – 79,99 mm con un 27,4 %) las tallas promedio por edad son bastante similares en ambos bancos teniendo diferencias pequeñas de alrededor de un milímetro.

#### Estimación de los parámetros de crecimiento

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 la etapa temprana de desarrollo y esto lo refleja la tasa de incremento relativa la cual alcanza un valor mayor a 56%, considerando los 2 primeros años de vida. Se observa como al paso del tiempo va disminuyendo el incremento absoluto entre anillos, característica que en moluscos más viejos puede llegar a ser bastante notoria, cuyas valvas presentan anillos poco espaciados.

El análisis estadístico de la proximidad de estas funciones de crecimiento, procedentes de las bancos en estudio de la X región, en base a dos pruebas estadísticas, la Prueba  $T^2$  de Hotelling (Cerrato, 1990) y el análisis de la suma de cuadrados residuales (Chen *et al.*, 1992), indican que no se puede aceptar  $H_0$ , es decir que ambas curvas de crecimiento son estadísticamente diferentes, lo cual está indicando que en Cucao y Quilanlar las machas crecen en forma diferencial. No obstante, en un sentido práctico, debe tenerse en cuenta que la fracción inicial de ambas curvas de crecimiento es igual hasta la edad 4 y posteriormente los ajustes de las curvas de crecimiento de las machas Cucao y Quilanlar se separan levemente llegando a longitudes asintóticas con una diferencia del orden de 4 mm,



lo cual es una diferencia pequeña dentro de la especie que se está analizando. Se debe tener en cuenta también que las tasas de crecimiento de las machas en ambas localidades, empiezan a diferenciarse en el valor de la milésima. Tanto este grado de similitud en las tasas de crecimiento, como lo señalado en el párrafo anterior, permiten señalar como adecuado el uso de una curva de crecimiento en común que agrupe las observaciones de la edad procedentes de ambos bancos de la región.

En relación con el crecimiento de la macha, si bien las longitudes estimadas a la edad según las funciones de crecimiento específicas para la I, IV y X Regiones (**Tabla 10**), son menores en la X Región, los incrementos absolutos no son muy diferentes entre estas regiones, siendo sólo unos milímetros menores en el promedio anual. Las diferentes tallas promedios que registran los individuos en su primer año de vida es el punto básico que origina las diferencias en los años posteriores.

#### Relaciones morfométricas de las valvas

Las funciones lineales estimadas para el largo total y longitud umbo y alto de valva, presentan un buen grado de ajuste con el método lineal empleado, las pequeñas sumas de cuadrados residuales que se presentan en comparación con los altos valores que alcanzan la suma total de cuadrados asegura un alto coeficiente de determinación de la regresión  $r^2$ , el cual toma valores por sobre 0,98 en ambas regresiones (**Tabla 9**).

Al comparar estas funciones con las que presenta esta misma especie en otras regiones del país (I Región y III-IV Regiones), se observan muy similares en la relación longitud umbo versus longitud total (**Figura 17**). En la relación alto versus longitud total la relación obtenida para la X Región es similar a la encontrada para la IV Región por Jerez *et al.*, 1999; sin embargo, ambas presentan una leve diferencia



con las machas de la I Región, en donde se observa que a una determinada longitud total se presentan machas con un alto levemente menor.

#### Experimento de marcaje y recaptura

Respecto a la experiencia de marcaje, la fuerte dinámica del sustrato de la playa es considerada la causa fundamental de la no-recuperación de ejemplares marcados. Los períodos de mal tiempo hacen que el paisaje del sitio de estudio sea muy cambiante. Quizás una alternativa no usada en esta ocasión podría haber sido trasladar ejemplares marcados a lugares menos dinámicos o más estables para su crecimiento. Esta alternativa tiene sin duda el inconveniente que las conclusiones derivadas podrían ser discutibles, al no encontrarse las machas en su medio habitual.

- **Análisis Reproductivo**

Del análisis microscópico, tanto cualitativo como cuantitativo, del tejido gonadal se deduce que *Mesodesma donacium* es una especie de ciclo reproductivo anual y con sincronía en los sexos, produciéndose la mayor actividad reproductiva en ambas poblaciones estudiadas en el periodo de octubre a febrero. El comportamiento reproductivo de machos y hembras de ambas poblaciones estudiadas es similar.

El ciclo reproductivo se inicia con una madurez progresiva (EMS I o D1) en julio con la presencia de nuevos gonios y citos en la región cortical de los lóbulos foliculares. Estos proliferan, crecen y maduran en los meses siguientes hasta alcanzar su máxima madurez en octubre para desovar predominantemente desde noviembre a enero, meses en que se manifiesta una rápida recuperación gonadal con emisiones parciales hasta febrero. En este último mes se observan gametos en evidente estado de desnaturalización y desintegración. A partir de marzo se observa un





período de reposo aparente en ambos sexos y poblaciones, el cual se extiende hasta junio, dando inicio a un nuevo ciclo a partir de este mes.

El ciclo gonadal de la macha ha sido descrito anteriormente en distintas localidades del país. En **Cuadro 5** se muestran los períodos de desoves registrados en diferentes poblaciones de macha, a lo largo de la costa chilena. En general, se aprecia que el período de desove en todas estas poblaciones son relativamente coincidentes abarcando desde septiembre a abril, registrando mayor intensidad en noviembre, diciembre, enero y febrero; variando según la localidad y también por los factores ambientales imperantes en el momento del estudio. En todos ellos se observa la presencia de un ciclo reproductivo anual. Llama la atención que en una población estudiada en Valparaíso (Tarifeño, 1980), la mayor intensidad del desove ocurrió en septiembre (ver **Cuadro 5**). Este hecho, posiblemente, se halla debido a condiciones ambientales favorables que se dieron en ese año para esa localidad.

Ejemplares juveniles inmaduros (EMS O) se observan hasta el rango de talla 30 - 34.9 mm. La diferenciación de sexos en individuos juveniles (EMS Ob) que presentan los primeros gonios y citos en la región cortical de los lóbulos foliculares, ocurre primero en las hembras en el rango de talla de 35 - 39,9 mm, en cambio en los machos esta diferenciación ocurre en el rango de 40 - 44,9 mm. En un 50 % diferenciándose primero las hembras, se observan desde el rango de talla 35 - 39.9 mm, y la condición de plena madurez sexual (adultos) se registra desde el rango 45 - 49.9 mm. La condición de plena madurez sexual (adultos) se registra desde el rango 45 - 49,9 mm en un 50 % de la población, generalizándose en todos los rangos superiores.

La madurez sexual es función de la talla más que de la edad del individuo (Quayne y Bourne, 1972). Esta difiere en poblaciones ubicadas en distintos lugares geográficos dependiendo de las condiciones ambientales como temperatura, productividad, alimento, nivel de explotación pesquera, etc. Esta diferencia se



observa en *Mesodesma donacium* al comparar las tallas de primera madurez poblacional registrada en este trabajo que varió entre 45 a 45,3 mm con las observadas por Brown 1995 en Bahía Peñuelas (IV Región): 52.0 mm y Bahía Longotoma (V Región): 65.3 mm.

**Cuadro 5.** Períodos de desove de la macha en diferentes localidades.

Localidad	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	Autor
Arica (18°26'S; 70°21'W)					X	X	X	X					Jerez <i>et al</i> 1999
Playa los Choros (29°16'S; 71°20'W)				X		X	X	X					Jerez <i>et al</i> 1999
Bahía Peñuelas (29°49'S; 71°17'W)					X	X	X	X					Jerez <i>et al</i> 1995
Bahía Coquimbo (29°56'S; 71°21'W)							X	X	X	X			Carmona, M. 1979
Guanaqueros (30°15'S; 71°40'W)				X	X	X	X	X	X				Brown y Guerra 1979
Longotoma (32°23'S; 71°27'W)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Jerez <i>et al</i> 1995
Valparaíso (33°02'S; 71°27'W)			X	X	X	X	X	X	X				Tarifeño 1980
Queule (39°25'S; 73°18'W)						X	X	X	X	X			Peredo <i>et al</i> 1995
Cucao (42° 35'S; 74° 12' W)				X	X	X	X	X					Presente trabajo
Mauilin (41°37'S; 73°36'W)				X	X	X	X	X	X				López <i>et al</i> 1976
Quilanlar (43°22'S; 74°02'W)					X	X	X	X					Presente trabajo
X Mayor intensidad de desove													



La microestereometría permite un análisis cuantitativo preciso en la determinación de las relaciones numérico-volumétricas intra e inter tisular. Esto se ha observado en trabajos de Weibel y Gómez (1962), Neuer (1966) y Weibel (1966). Christiansen, (1972), (1974) y (1977) utilizando estas técnicas ha dado a conocer una serie de aplicaciones, especialmente en cálculos de la fecundidad de invertebrados y peces. Este autor ha determinado la fecundidad de organismos marinos en cortes histológicos de material biológico previamente incluido en parafina requiriendo, de esta manera, todos los pasos de la inclusión. Por otra parte, esta técnica ha sido usada en organismos marinos como: *Chlamys tehuelcha* Christiansen *et al.*, (1973); *Venus antiqua antiqua* Contreras (1983) y Lozada & Bustos (1984), *Choromytilus chorus* Lozada (1982), *Chlamys (Argopecten) purpurata* Etchepare (1989), *Rapana (Chorus) giganteus* Lepez (1981), *Loxechinus albus* Figueroa (1996).

Conocer la fecundidad de una especie es de gran importancia si se quiere interpretar su dinámica poblacional. Además del valor científico, la fecundidad interesa desde el punto de vista práctico, de preferencia en especies marinas susceptibles de ser cultivadas. Si a los datos de fecundidad se suma el conocimiento de los factores ambientales que influyen directamente en el desarrollo de huevos, embriones y larvas hasta su adultez, estos datos logran importancia como valor predictivo.

El método estereométrico utilizado para *Mesodesma donacium* fue adaptado a las características propias de la especie, ya que se sabe que la gónada de moluscos contempla tejido digestivo gonadal y digestivo ( Barón & Ciocco, 1998; Allen, 1962; Sastry, 1979; Coloma, 1974; Morriconi & Calvo, 1978). Por esta razón, en el análisis histológico de cada gónada se obtuvo la relación porcentual de cada uno de ellos considerando para los efectos de fecundidad sólo el tejido gonádico.



Los resultados indican una relación entre el número de ovocitos maduros, el volumen gonádico y la longitud máxima valvar. El mejor ajuste de estas relaciones correspondió a un coeficiente de relación de 0,8.

Se consideró oportuno en este trabajo aclarar los distintos conceptos de fecundidad encontrados en la bibliografía:

Fecundidad absoluta o potencial: Corresponde al número de ovocitos maduros desarrollados en la gónada antes del desove.

Fecundidad parcial o relativa: Aquella que se obtiene en los distintos meses de evacuación durante el período reproductivo (emisiones parciales), y

Fecundidad total, es la que resulta de la suma lograda de todo el período reproductivo.

- **Reclutamiento y asentamiento**

Tanto en Cucao como en Quilanlar, las machas pequeñas menores a 20 mm se encontraron preferentemente en la zona intermareal o mesolitoral (entre la línea de más alta marea y la zona que queda sin agua durante la marea baja), es decir en la parte inferior de la Zona 1 y en toda la Zona 2; en cambio los tamaños mayores se encontraron casi exclusivamente en la parte más profunda (Zona 3 inferior o infralitoral), constituyendo un patrón de distribución batimétrico. Tal característica ecológica es coincidente a lo encontrado en otros estudios (Campusano & Cepeda, 1979; Tarifeño 1984, Ortiz y Stotz 1996, Jaramillo *et al.*, 1994; Ariz *et al.*, 1994, Ariz *et al.*, 1996, Jerez *et al.*, 1999), quienes observaron similar patrón de segregación espacial entre juveniles y adultos.



De acuerdo con Tarifeño (1984), los rangos de distribución batimétricos de ejemplares juveniles y adultos, para las playas de la VIII Región, están comprendidos entre los 0,3 a 14 m de profundidad (medido en marea baja). Por su parte, los reclutas a la población pueden ser encontrados en los sedimentos desde la franja superior del mesolitoral (intermareal) hasta una profundidad de 30 cm. En el área de Coquimbo, IV Región, Campusano y Cepeda (1979), observaron que los juveniles se ubicaron en sustratos más superficiales, mientras los ejemplares mayores a 70 mm se distribuyeron a mayores profundidades. Según Tarifeño 1984, la profundidad no parece ser una limitante ecológica para la distribución, tanto en sentido horizontal como vertical; si no que su distribución estaría más fuertemente determinada por las características granulométricas del sedimento.

Esta exclusión o segregación espacial, se produciría por que los adultos consumirían las larvas mediante filtración, situación que es avalada por experiencias de laboratorio, llevadas a cabo con adultos de *Tapes japonica*, *Mya arenaria* y *Cerastoderma edule*, por Williams (1980), André & Rosemberg (1991), Bachelet *et al.*, (1992) y André *et al.*, (1993). Dichos autores concluyeron que los adultos impiden o disminuyen el asentamiento juvenil por consumo de las larvas. Sin embargo, no deben descartarse otros factores: como la dinámica y la composición granulométrica del sustrato.

Una de las mayores incógnitas del estudio esta referida a la nula presencia de organismos recién asentados en la zona de muestreo (mesolitoral e infralitoral alto). Lo anterior resulta interesante en el sentido que para detectar los recién asentados se trabajó con tamices de 200  $\mu\text{m}$ , lo suficientemente finos como para retener organismos recién metamorfoseados (250  $\mu\text{m}$ ), por lo cual no escaparon al tamiz. Con éstos tamices fue posible detectar foraminíferos y ostrácodos que presentan una talla semejante o inferior a las que presentan las machas al momento de su asentamiento. Esto sugiere que:



- i) El asentamiento puede haber o estar ocurriendo en un lugar diferente al de muestreo.
- ii) La escala mensual de muestreo propuesta no fue lo suficientemente fina para detectar un período de asentamiento que probablemente es muy corto, debido a un crecimiento rápido de estos organismos en dichas etapas.
- iii) Podría haber ocurrido fallas en el reclutamiento, debido al efecto de la sobreexplotación de los bancos estudiados y/o por la existencia de condiciones ambientales adversas al momento del asentamiento.

Sin embargo, en las muestras de asentamiento, se observó una gran cantidad de valvas vacías de machas, de tamaños menores a los animales vivos detectados (<5 mm), lo cual sugiere que en algún momento dichos tamaños se encontraban en el sustrato.

El aumento de organismos de entre 5 a 10 mm, entre los meses de noviembre y marzo, correspondería al período de reclutamiento a la población y serían producto del desove ocurrido entre octubre y febrero. Según, Ortiz y Stotz (1996), para un estudio en la IV Región consideraron como juveniles de "asentamiento reciente" a individuos entre 1 a 15 mm de longitud máxima (con edades menores a 8 meses), rango que es similar al que se ha detectado en las muestras realizadas en presente estudio.

Respecto a la granulometría, los resultados encontrados durante primavera y verano para la playa de Cucao coinciden con lo descrito en el Informe final proyecto FIP N°99-24<sup>2</sup> donde se señala que en esta playa existe una amplia dominancia de la arena (>90%) sobre otros sedimentos (grava y fango) y

---

<sup>2</sup> Proyecto FIP N° 99-24: "Re-estudio de los límites zoogeográficos de la zona comprendida entre las



agregados biogénicos. Cucao, presenta arenas un poco más gruesas que las de Quilanlar, constituidas en un 90% por arena fina (250  $\mu\text{m}$ ) en cambio Quilanlar por arena muy fina (125  $\mu\text{m}$ ). También se observa en el sedimento de Cucao una mayor composición de agregados biogénicos respecto de Quilanlar.

En general la composición de sedimentos mencionada anteriormente se mantiene entre los meses, en ambas playas, observándose algunas variaciones no significativas, que podrían ser causadas por factores múltiples.

La playa de Cucao y Quilanlar, son playas con una pendiente suave (alrededor de un  $3^\circ$ ) y varios trenes de ola (6 a 7). Las dos playas estudiadas se encuentran ubicadas en la parte occidental de la Isla de Chiloé, abiertas al Océano Pacífico y fuertemente afectadas por las turbulencias originadas por trenes de olas, que se extienden en promedio cerca de los 300 m, desde la línea de rompientes más externa. Debido a esta razón, resultó impracticable la medición de corrientes, puesto no fue factible instalar correntómetros en el hábitat en que viven las machas.

En Cucao, en relación con la caracterización de las masas de agua costeras dominantes, se observaron cambios importantes en la influencia del agua dulce aportada por los ríos, en función del nivel de precipitaciones y la dirección del viento con cambios drásticos de las salinidades hacia el norte de la playa especialmente, después de un evento de intensas lluvias durante 10 horas y vientos del Sur Sur-oeste. Por ejemplo, en la desembocadura del río Chanquin, las salinidades disminuyeron desde 20 ppm a prácticamente 0 ppm, luego del evento de fuertes lluvias en la zona

La salinidad es un factor importante para los organismos que habitan el sistema litoral. En Cucao, la influencia de los ríos modifica la salinidad en forma importante





en el sector cercano al río Deñal, en donde se encontró una gran cantidad de reclutas. Al parecer, la influencia del agua dulce no afecta en forma importante a estos organismos ya que permanecen enterrados en aguas intersticiales de una salinidad mayor. Durante nuestras salida a terreno pudimos percatarnos de lo compacto de la playa en la zona donde viven las machas pequeñas y como el aguas de lluvia escurre por la superficie.

En Cucao el patrón general es que la salinidad baja hacia la temporada de invierno, tornándose mas variable respecto de la cercanía de los ríos, principalmente por el aporte de agua lluvia y de los ríos mismos. La temperatura superficial del mar también baja a nivel se de 9°C. Otro hecho importante durante la época de invierno y otoño los frente de mal tiempo son más frecuentes, lo que provoca una constante modificación del paisaje de la playa trayendo una inestabilidad al sustrato, principalmente donde vive la macha.

En Quilanlar la influencia del río es baja y no modifica la salinidad en el área de estudio, aún en invierno; por lo tanto la zona donde se ubican las machas juveniles y reclutas no sufre una modificación importante de este factor y la salinidad tiende a ser más estable.

El período de desove de las machas en los lugares de estudio ocurre entre octubre y febrero, lo coincide con el período de más estabilidad ambiental, ya sea en la salinidad, en la acción mecánica de las olas y también con los periodos de mayor temperatura, lo cual facilita sin duda la sobrevivencia de los reclutas.





- **Mortalidad natural y talla crítica**

#### Mortalidad natural

Las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural, en ambos bancos de machas estudiados, fluctuaron entre métodos de cálculo en un 2,6%, mientras que entre bancos fue de un 2%. Por lo tanto, los valores estimados de  $M$  en Cucao se presentaron muy similares a los del Banco de Quilanlar, lo cual es un indicador de la similitud existente entre ambos. Esto tiene sentido, ya que aunque se trate de unidades discretas (bancos) éstos constituirían una sola población biológica (Metapoblación).

De acuerdo con lo anterior, también se aprecia, una notable diferencia en los valores de la mortalidad natural obtenidos con los tres métodos de cálculo usados. 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 estudios 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 mortalidad natural ( $M$ ) deberían estar próximos a los estimados por el método 2 (de Alagaraja), lo cual proporciona tasas absolutas de mortalidad natural de alrededor del 24,9% al 29,4% de la población disponible en un año, para los Bancos de Quilanlar y Cucao, respectivamente.

El valor de las tasas de mortalidad natural obtenidas en este estudio, presentan magnitudes algo menores a las obtenidas por otros autores (**Cuadro 6**), con excepción del estudio de Ariz *et al.*, (1996).

**Cuadro 6.** Estimaciones de mortalidad natural en diversos lugares de la costa Chilena.

ESTUDIO	REGIÓN	Tasa instantánea de Mortalidad Natural ( $M$ ) año <sup>-1</sup>	Tasa absoluta de Mortalidad Natural %
Ariz <i>et al.</i> , (1994)	IV	0,385	32,0
	V	0,515	40,2
Jerez <i>et al.</i> , (1995)	IV	0,719	51,3
	V	0,472	37,6
Taboada (1995)	V	0,360	30,2
Ariz <i>et al.</i> , (1996)	VII	0,290	25,2
Jerez <i>et al.</i> , (1999a)	IV	0,483	38,3
Jerez <i>et al.</i> , (1999b)	I	0,600	45,1
	IV	0,590	44,6
Presente Estudio (Método 2: Alagaraja)	X		
	Cucao	0,35	29,4
	Quilanlar	0,29	24,9
	Cucao+Quilanlar	0,31	26,4



### Talla crítica

Por su parte, los valores de la talla crítica ( $L_c$ ), mostraron un patrón similar (pero inverso) al de la mortalidad natural. Valores altos de mortalidad natural, implicaron 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 tallas 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 oportunamente, antes que dicho fenómeno ocurra.

En el **Cuadro 7**, se presentan de valores de edad y talla crítica ( $t_c$  y  $L_c$ ) de la macha, obtenidos en diferentes estudios en localidades de Chile central y norte. Los valores de  $L_c$  y  $t_c$  obtenidos en este estudio están dentro de los órdenes de magnitud de similares parámetros obtenidos con otros autores. Las magnitudes de la talla crítica comparadas con talla mínima legal (65 mm) tienden a ser semejantes.

La edad crítica ( $t_c$ ) indica el tiempo que le toma a una cohorte para alcanzar su máximo peso. En el caso de la macha en Cucao es de 5,7 años y en Quilanlar es alrededor de 5 años. Estos valores son distintos a los estimados en otros lugares del país, con más parecido a los estimados por Taboada (1995) en la V Región y Ariz *et al.*, (1996) en la VII Región.



**Cuadro 7.** Valores de talla y edad crítica para la macha en diferentes lugares de la costa chilena.

ESTUDIO	REGIÓN	Talla Crítica (Lc) (mm)	Edad Crítica (tc) (años)
Ariz <i>et al.</i> , (1994)	IV	70,1	4,74
	V	75,1	3,67
Jerez <i>et al.</i> , (1995)	IV	59,8	3,02
	V	70,0	4,04
Taboada (1995)	V	67,9	5,02
Ariz <i>et al.</i> , (1996)	VII	88,0	5,22
Jerez <i>et al.</i> , (1999a)	IV	62,0	3,82
Jerez <i>et al.</i> , (1999b)	I	64,6	3,35
	IV	65,9	3,60
Presente Estudio (Método 2: Alagaraja)	X		
	Cucao	68,5	5,33
	Quilanlar	65,2	5,48
	Cucao+Quilanlar	67,0	5,35



## 6. CONCLUSIONES

---

### Edad y Crecimiento

- Se logró estimar adecuadamente la estructura de edad de los bancos de macha de Cucao y Quilanlar.
- También se logró estimar adecuadamente las tasas de crecimiento de las machas de ambos bancos, con un alto grado de concordancia en las lecturas (85% de concordancia entre lectores, para una muestra aleatoria).
- El empleo de valvas de machas enteras y seccionadas permiten la determinación de la edad de la macha. Ambos procedimientos o metodologías la edad observada es coincidente.
- La formación del anillo de crecimiento lento se localiza preferentemente en el período de septiembre a diciembre, con lo cual es posible establecer que la macha forma un anillo de crecimiento al año.
- Las funciones de crecimiento de von Bertalanffy para la macha de Cucao y Quilanlar, son estadísticamente diferentes y quedaron representadas por:

$L_t = 93,40 (1 - e^{-0,200515 (t+1,077)})$	Cucao
$L_t = 89,89 (1 - e^{-0,206575 (t+1,108)})$	Quilanlar
$L_t = 91,46 (1 - e^{-0,204882 (t+1,086)})$	X región (Cucao + Quilanlar)

- La estructura poblacional de edades está sostenida principalmente por individuos de edad cero y secundariamente por ejemplares de edades seis y siete.
- Las funciones morfométricas encontradas entre el largo-umbo ( $L_u$ ), Largo total ( $L_t$ ) y Ancho ( $A$ ) son:



$$L_u = 1,7130 + 0,8631 L_t$$

$$A = -1,2729 + 0,5612 L_t$$

## Reproducción

- En la macha, tanto machos y hembras presentan un ciclo reproductivo anual, que es sincrónico para ambos sexos. El ciclo reproductivo se inicia con un período de madurez progresiva en junio, alcanzando la máxima madurez sexual en octubre. Le sigue un período de desove desde noviembre a enero y otro de reposo aparente desde mayo a junio.
- La talla de primera madurez sexual ( $L_{50\%}$ ) en hembras se logró en Cucao a los 45,3 mm de longitud valvar. En Quilanlar, no fue posible por la ausencia de estos tamaños en la población.
- La fecundidad promedio para las machas de la X Región se estimó en 13.035.613 ovocitos con un CV =24,5%, mostrando una relación lineal o exponencial positiva con el volumen y longitud de los individuos.

## Asentamiento y reclutamiento

- Tanto en Cucao como Quilanlar se observó un patrón de segregación espacial descrito en la literatura para otros lugares del país. Los individuos jóvenes (< 20mm) se ubican preferentemente en el sector intermareal medio a bajo (mesolitoral), en cambio los adultos se ubican en el submareal.
- Una de las mayores incógnitas respecto de los bancos estudiados es el lugar y periodo de asentamiento de las machas recién metamorfoseadas. Al respecto, se indican tres hipótesis que podrían explicar la situación:



- 1) El asentamiento puede estar ocurriendo en un lugar distinto en el cual se hizo el seguimiento.
  - 2) La escala mensual no fue lo suficientemente fina para detectar el momento preciso de asentamiento.
  - 3) Puede haber ocurrido fallas en el reclutamiento.
- El periodo de reclutamiento a la población se estima que ocurre entre **noviembre a marzo**, donde se observó un importante aumento en el porcentaje de machas entre 5 a 10 mm en el sustrato.

### **Sedimentología y oceanografía**

- Existen diferencias significativas estadísticamente en la composición y en el tamaño de los sedimentos predominantes entre Cucao y Quilanlar, clasificándose a la primera como una playa de “arena fina” y a la segunda como una playa de “arena muy fina”.
- Al interior de cada playa, específicamente en los lugares de muestreo, no existen diferencias significativas en la composición de los sedimentos entre transectos y entre niveles de la playa.
- En la escala temporal (mensual) no se observan diferencias significativas en la composición de los sedimentos en ambas localidades, como entre los distintos meses analizados.
- El agua dulce aportada por los ríos Deñal y Chanquín, y la lluvia, son la causa de variación importante de la salinidad del agua de mar en el área de estudio de Cucao. En cambio en Quilanlar este factor no es importante y la salinidad se mantiene más estable por sobre los 30 ppm.



- La temperatura del agua de mar sufre cambios estacionales importantes en ambos lugares de estudio producto de la radiación solar. Durante invierno se observaron temperaturas entre 8 a 10 °C y en Verano entre 15 a 17 ° C.

### **Mortalidad natural , talla y edad crítica**

- El método más adecuado para estimar la tasa de mortalidad natural, correspondió al de Alagaraja (1984) *fide* Spare & Venema (1995), por ser el que proporciona valores más consistentes con la biología de la macha.
- Las estimaciones de mortalidad natural (M) para las poblaciones de macha del banco de Cucao y Quilanlar y Cucao+Quilanlar, X Región fueron:  $M=0,35$ ,  $M=0,29$  y  $M=0,31$ , respectivamente.
- La talla y edad crítica del banco de machas de Cucao, X Región es :  $L_c = 67,6$  mm y,  $t_c = 5,33$  años, respectivamente.
- Para el banco de machas de Quilanlar, X Región se estimó una talla y edad crítica de:  $L_c = 66,8$  mm y  $t_c = 5,48$  años, respectivamente.
- Por su parte, para los bancos de machas de Cucao + Quilanlar, X Región se estimó una talla y edad crítica de:  $L_c = 67,0$  mm y  $t_c = 5,35$  años, respectivamente.





## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- Alagaraja, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian. J. Fish.* 31: 177-208.
- Álamo, V. V. & V. Valdivieso. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. *Boletín extraordinario Instituto del Mar del Perú.* 205 p.
- Allen, J. F. 1962. Gonad development and spawning of *Brachiodontes recurvus* in Chasapeake Bay. *Nautilus* 75: 149-156.
- 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.
- André, C., P. Jhonsson & M. Lindegarth. 1993. Predation on settling bivalve larvae by benthic suspension feeders: the role of hydrodynamics and larval behaviour. *Marine Ecology Progress Series.* 97: 183-192.
- André, C., & R. Rosemberg. 1991. Adult-larval interaction in the suspension-feeding bivalves *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria*. *Marine Ecology Progress Series.* 71: 227-234.
- Ariz, L., G. Jerez, E. Pérez y C. Potocnjak. 1994. Bases para la Ordenación y Desarrollo de las Pesquerías del recurso *Macha* (*Mesodesma donacium*) en Chile Central. Informe Final. IFOP-NORAD. AGCCI. 61 pp.



- Ariz L., I. Céspedes, G. Jerez y 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 pp.
- Avilés, S. & E. Lozada. 1975. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Bruguiere 1789) en Punta saliente, Coquimbo. Bol. Soc. Biol. de Concepción, Tomo XLIV, pp 207-218.
- Bachelet, G., J Guillou & P Labourg. 1992. Adult-larval and juvenile interactions in the suspension-feeding bivalve, *Cerastoderma edule*: field observations and experiment. En : Colombo G, Ferrari I, Ceccherelli V, Rossi R. (eds) Proc. 25<sup>th</sup> Eur. Mar. Biol. Symp. Olsen& Olsen, Fredenborg. Pp. 175 182.
- Barón, P. J. & N. F. Ciocco. 1998. Anatomía de la almeja *Tellina petitiana* d'Orbigny, 1846. III. Sistema nervioso y gónada (Bivalvia, Tellinidae). Revista de Biología marina y Oceanografía 33(1): 139-154.
- Bay-Schmith, E., C. Werlinger & J. Silva. 1981. Ciclo anual de reproducción del recurso erizo *Loxechinus albus* entre la X y XIIa Región. Convenio Subsecretaría de Pesca -Universidad de Concepción.
- Beamish, R. & E. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 982-983.
- Beinssen, 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.
- Bromaghim, J. 1993. Samples size determination for interval estimation of multinomial probabilities. *The American Statistician*, august, 47 (3).
- Brown D.1995. Aspectos reproductivos y madurez. En informe final, Proyecto: "Monitoreo de la pesquería del recurso macha en la IV y V Regiones, 1994". IFOP- Fondo de investigación Pesquera (FIP). 161.pp.
- Brown, D. & R. Guerra. 1979. Etapas en el desarrollo gonadal de la "macha", ***Mesodesma donacium*** (Lamarck 1818) en las bahías de Guanaqueros y Coquimbo. Centro de Investigaciones Submarinas, Universidad del Norte, Coquimbo. 29 pp.
- Bustos, E., M. guarda, C. Osorio, E. Lozada y M. Díaz, 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* (Chile)33: 33-45.
- Campusano, C & P. Cepeda.1979. 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. 180 pp.



- Carmona, M. 1979. Estudio histológico del ciclo reproductivo en *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818). En: Estructura de la comunidad y ecología poblacional de macha (*Mesodesma donacium*) en la bahía de Coquimbo. U. de Chile-Serplac. IV Región. Capítulo 5.
- Cepeda, 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.
- Cerrato, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparison using parameters in the von Bertalanffy equation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1416-1426.
- Chang, W. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1208-1210.
- Chen Y.,A. Jackson and H. Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. Can. J. Fish. Aq. Sci. 49: 1228-1235.
- Chapman D.G. & D.S. Robson. 1960. The Analysis of a Catch Curve. Biometrics, 16: 354-368.
- Christiansen, H., S, M. E. Cabrera & S. R. Brodsky. 1972. Posibilidades de aplicación de una técnica estereométrica en la determinación de la fecundidad y en los cálculos de los procesos de reabsorción ovocitaria en invertebrados marinos. Anales de la Sociedad Científica Argentina 194: 279-298.



- Christiansen, H., E. Brodsky & M. E. Cabrera. 1973. Aplicación de una técnica estereométrica en la determinación de la fecundidad en invertebrados marinos. Buenos Aires, Argentina. *Physis Sec A*. 32 (84): 121-135.
- Christiansen, H., E. & G. Weiss. 1974. Nuevo método para la determinación de la fecundidad en peces con técnica estereométricas mediante cortes por congelación. Su comparación puntual con otros métodos. *Physis, Sec. A* 33 (87):453-458.
- Christiansen, H E. 1976. Determinación de la fecundidad mediante la aplicación de técnica estereométrica. Control de examen de los componentes analizados y rangos de variación en torno a valores promedios. *Semana de la Oceanografía*. Buenos Aires.
- Christiansen, H., E. 1977. Obtención de láminas histológicas como variante al método por congelación. *Physis, Sec C* 36 (92):347-348.
- Coloma, L.A. 1974. Estudio histológico de la gónada de *Tegula (Chlorostoma) atra* (Lesson, 1830), Mollusca, Gastropoda, Trochidae. *Bol. Soc. Biol. de Concepción*, Tomo XLVIII, pp. 359-363.
- Contreras, W. 1983. Determinación de la fecundidad de la almeja *Venus antiqua antiqua* King & Broderip, 1835 mediante la aplicación de una técnica estereométrica. Memoria de prueba para optar al título de Profesor de Biología y Cs. Naturales. Santiago. Acad. Sup. de Cs. Pedagógicas.
- Defeo, O.; Masello, A. y C. Layerle. 1988. Consideraciones metodológicas para el estudio del crecimiento en moluscos bivalvos. *Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar*. N°47. (en prensa).



- Ebert, T. 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. *Limnol. Oceanogr.* 25 (4) : 764 -769.
- Etchepare, I. 1989. En: IFOP, 1989. Estudio repoblamiento de recursos bentónicos, área piloto IV Región. Etapa II. Investigaciones específicas. AP. 89/3b: 183-270.
- Figueroa, P. 1996. Determinación de la fecundidad potencial del erizo *Loxechinus albus* (Molina 1782), mediante la técnica microscópica estereométrica de Weidel 1969, en Melinka, XI Región". Memoria de prueba para optar al título de Profesor de Biología y Cs. Naturales. Santiago. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Folk, R.L & W. C. Ward. 1957. Measures for describing size of sediments whose size frequency curves are non-normal. *Journal of Sedimentary Petrology.* Vol. 27, N° 1, 3-26 pp.
- Fournier, D. & P. Breen. 1983. Estimation of Abalone Mortality rates with growth analysis. *Trans. Amer. Fish.Soc.* 112: 403 - 411.
- Gallardo C. 1978. Moluscos. En: Mariscos y Peces de importancia comercial en el sur de Chile. Lorenzen S., Gallardo C., Jara C., Clasing E., Pequeño G & Moreno C. (Editores). Capítulo C: 18-57.
- Gaschütz *et al.*, 1980.
- 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.



- Hoening, J. 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. Fish. Bull. U.S. 82: 898-903.
- Hoening, J., M. Morgan & C. Brown. 1995. Analyzing differences between two age determination methods by test of symmetry. Can. Fish. Aquat. Sci. 52:364-368.
- 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, : 1162 -1168.
- IFOP, 1999. Investigación para el Cultivo de Machas en la X Región. Informe Final. FDI- CORFO. 69pp + Anexos.
- Jaramillo, E, M Pino, L. Filún & M González. 1994. Long shore distribution of *Mesodesma donacium* (Bivalvia: Mesodesmatidae) on a Sandy Beach of the South of Chile. The Veliger 37(2): 192-200.
- 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. Informe no publicado. 101 pp.
- Jerez, G., N. Barahona, H. Miranda, V. Ojeda, D. Brown, C. Osorio, A. Olguín y J Orensanz. 1999 a. Estudio biológico pesquero de los recursos Tawera (*Tawera gayi*) y Culengue (*Gari solida*) en la X Región. Informe Final. IFOP-FIP.
- Jerez, G., L Ariz, V. Baros, A. Olguín, J. González, J. Oliva, V. Ojeda y E. Díaz. 1999b. Estudio biológico pesquero del recurso macha en la I y III Regiones. CIP-IFOP. Informe Final 108 p.; 26 Fig. y 38 tablas.



- Jerez, G.; Miranda, H.; Romero, C.; Olguín, A.; González, J.; Garrido, J.; Toledo, C. & M. Nilo. 1999c. Estudio de situación base (ESBA) y proposición del plan de manejo de Bahía Choros. Informe Final. IFOP-FONDEF-SERCOTEC. 30p.
- Jones, R. & N. Van Zalinge. 1982. Estimates of Mortality Rate and Population Size for Shrimp in Kuwait Waters. Kuwait Bull. of Mar. Sci., (2): 273-288.
- Jones, R. 1984. Assessing the Effects of in Exploitation Pattern Using Length Composition Data (with notes on VPA and Cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap., (256): 118 pp.
- Larkin., P. 1988. Pacific Salmon. In: Fish population dynamics: the implications for management, edit. J.A. Gulland. Chichester. J. Wiley & Sons Ltd. 153-183.
- Lepez, I. 1981. Ciclo reproductivo y fecundidad del caracol *Rapana (Chorus) giganteus* (Lesson, 1830). Informe a Subsecretaría de Pesca, Universidad de Concepción: 1-80 pp.
- Livia A. 1993. Animales económicamente importantes de la costa peruana: Moluscos. En: ABC del pescador. Kelle W., Livia A y Mayta R (editores). Editorial Los Pinos, Lima, Perú. Parte II.3:35-39.
- López, A. 1976. La macha como recurso natural de importancia económica en la X Región. Primeras Jornadas de Investigación Científica y Tecnológicas. U. de Chile. Osorno: 34-35.
- Lozada, E. 1982. Reproducción. En: Situación actual y alternativas de optimización de la captación y producción de semillas en el centro mitilícola de Putemún. Inculmar: 41-43.





- Lozada E y E.Bustos. 1984. Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* King & Broderip, 1835 en la Bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia:veneridae). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 20(2):91-112.
- Morriconi, E. & J. Calvo. 1978. Ciclo reproductivo y alternancia de sexos en *Ostrea puelchana*. Phycis, Sec. A. Buenos Aires, 38, 95: 1-17.
- Neuer, H. 1966. Quantitative analysis with the microscope. Zeiss Information, N°60. Carl Zeiss Oberkochen/Wurtt.
- Ortiz, M. & W. Stotz. 1996. Distribución de juveniles recientemente asentados de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) en tres bahías de la cuarta Región: variables Físicas y Químicas que le caracterizan. Biología Pesquera (Chile): 25: 27-40.
- Osorio C., J. Atria, S. Mann. 1979. Moluscos de importancia económica en Chile. Biol. Pesq.. Chile 11: 3-47.
- Pauly, D. 1983. Length Converted Catch Curves: A Powerful tool for Fisheries Research in the Tropics. Fishbyte 1(2): 9-13.
- 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.
- Peredo, S., E. Parada & I. Valdebenito. 1987. Gametogenesis and Reproductive Cycle of the Surf Clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia, Mesodesmatidae) at Queule Beach, Southern Chile. The Veliger 30(1): 55-68. (July 1. 1987).



- 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.
- Quayle, D. B. & N. Bourne, 1972. The clan fisheries of British Columbia. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 179: 1-70.
- Ramírez Böhme J. 1993. *Moluscos de Chile. 4: Bivalvia (tomos 1 y 2)*. Santiago de Chile. 286 p.
- 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.
- 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.



- Robertson, A. 1970. An improved apparatus for determining plankton volume. Fish Bull. S. Africa (6): 23-26.
- Sastry, A. N. 1979. Mollusc: pelecypods and lesser classes. En : AC Giese & JS Pearse (eds). Reproduction of marine invertebrates 5: 113-292.
- Seber, G.A.F & C.J. Wild. 1989. Nonlinear regression. Wiley, New York.
- Soutward G., 1976. Sampling landings of halibut for age composition Int. *Halibut comm. Sci. Rep.* 58. 31 pp.
- 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. 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).
- Van Sickle, J. 1977. Mortality Rates from Size Distributions. *Oecologia (Berl.)* 27: 311-318.
- Vetter, E. F. 1988. Estimation of Natural Mortality in Fish Stocks: A Review. *Fish. Bull. U.S.* 86 (1): 25-43.
- Weibel, E. R. 1969. Stereological methods. Vol.1: Practical methods for biological morphometry. Academic Press. London. 415 pp.
- Weibel, E. & D. Gómez. 1962. A principle for counting tissue structures on random. *J. Appl. Physiology* 17: 343.
- Wenworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for classic sediment. *Jour. Geol.*, 30: 377-392.
- Williams, J. G. 1980. The influence of adults on the settlement of spat of the clam, *Tapes japonica*. *Journal of Marine Research* 38: 739-741.



Yashnov, V. A. 1959. A new model of volume meter for rapid and precise plankton evaluation under field condition. Zoologicheskii, Zhurnal (Moscow), 38: 1741-1744.

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

# **T A B L A S**

---

**Tabla 1.** Número de transectos y muestras recolectadas desde septiembre de 2000 a agosto de 2001.

Año	Mes	Muestreo	Nº Transectos	Nº Muestras
Cucao	Sep-2000	Muestreo Piloto	7	61
	Oct-2000	Normal	4	36
	Nov-2000	Normal	4	36
	Dic-2000	Normal	4	36
	Ene-2001	Normal	4	36
	Feb-2001	Normal	4	36
	Mar-2001	Normal	4	36
	Abr-2001	Normal	4	27
	May-2001	Normal	1	9
	Jun-2001	Normal	4	36
	Jul-2001	Normal	3	27
	Ago-2001	Normal	3	27
Inio	Sep-2000	Muestreo Piloto	12	
Quilanlar	Oct-2000	Muestreo Piloto	3	27
	Nov-2000	Normal	3	27
	Dic-2000	Normal	3	27
	Ene-2001	Normal	4	36
	Feb-2001	Normal	4	36
	Mar-2001	Normal	4	36
	Abr-2001			
	May-2001	Normal	4	36
	Jun-2001	Normal	3	27
	Jul-2001	Normal	3	27
	Ago-2001	Normal	3	27

**Tabla 2.** Comparación de la precisión de la determinación de edad efectuada entre lectores, por medio de una muestra al azar, en noviembre de 2000.

Nº valva	Edad_L1	Edad_L2	PROM.	SD	APE	V	D
182	6	6	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000
112	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
204	8	7	7,500	0,707	0,067	0,094	0,067
159	5	6	5,500	0,707	0,091	0,129	0,091
185	8	6	7,000	1,414	0,143	0,202	0,143
211	9	9	9,000	0,000	0,000	0,000	0,000
117	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
69	1	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
118	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
178	7	7	7,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123	4	4	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
116	3	4	3,500	0,707	0,143	0,202	0,143
1	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
113	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
103	2	1	1,500	0,707	0,333	0,471	0,333
161	5	5	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000
110	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
141	5	5	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000
209	9	9	9,000	0,000	0,000	0,000	0,000
89	1	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
105	2	2	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
158	4	4	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
165	6	7	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
65	1	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
199	8	8	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000
140	5	6	5,500	0,707	0,091	0,129	0,091
<b>RESUMEN</b>							
					APE	V	D
PROM.(índice)					0,031	0,045	0,031
PROM. (%)					3,148	4,452	3,148
<b>DIFERENCIAS ABSOLUTAS</b>					N	%	
0					23	76,7	
±1					6	20,0	
±2					1	3,3	
TOTAL					30	100,0	

PROM: Promedio  
SD: Desviación estándar  
APE: Error promedio según Beamish y Fournier (1981).  
V: Coeficiente de variación según Chang (1982).  
D: Índice de precisión según Chang (1982).



**Tabla 3.** Comparación en la precisión de la determinación de edad efectuada entre dos lectores, selección de muestra al azar de enero y febrero de 2001.

Nº orden	Edad_L1	Edad_L2	PROM.	SD	APE	V	D
291	5	5	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000
153	4	4	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150	4	4	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
308	7	6	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
251	2	2	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
299	6	6	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000
196	7	7	7,000	0,000	0,000	0,000	0,000
207	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
216	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
283	5	4	4,500	0,707	0,111	0,157	0,111
65	6	7	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
64	6	6	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000
35	7	6	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
138	2	2	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
200	8	8	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000
255	2	2	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
149	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
130	1	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
183	7	6	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
5	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
119	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
162	5	4	4,500	0,707	0,111	0,157	0,111
176	5	5	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000
325	8	8	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000
77	7	6	6,500	0,707	0,077	0,109	0,077
281	4	4	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000
282	5	5	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000
205	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
143	3	3	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
:	:	:	:	:	:	:	:
<b>RESUMEN</b>					<b>APE</b>	<b>V</b>	<b>D</b>
PROM.(índice)					0,116	0,016	0,023
PROM. (%)					11,571	1,604	2,269
<b>DIFERENCIAS ABSOLUTAS</b>					<b>N</b>	<b>%</b>	
0					281	85,4	
±1					42	12,8	
±2					6	1,8	
<b>TOTAL</b>					<b>329</b>	<b>100,0</b>	

PROM: Promedio  
SD: Desviación estándar  
APE: Error promedio según Beamish y Fournier (1981).  
V: Coeficiente de variación según Chang (1982).  
D: Índice de precisión según Chang (1982).

Observación: Siendo la muestra total del ejercicio 329 ejemplares, se incluye una submuestra a modo de ejemplo en esta Tabla.

**Tabla 4.** Diagramación del test de simetría empleando lecturas con réplica. Se presenta como superíndice con paréntesis los pares de datos que se ingresan a la comparación.

Submuestreo A : Muestreo al azar, noviembre de 2000.

		EDAD_L2											
		EADADES											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
E D A D  L 1	0	5											5
	1		3	0 <sup>(1)</sup>									3
	2		1 <sup>(1)</sup>	1									2
	3				5	1 <sup>(2)</sup>							6
	4				0 <sup>(2)</sup>	2							2
	5						2	2 <sup>(3)</sup>					4
	6						0 <sup>(3)</sup>	1	1 <sup>(4)</sup>	0 <sup>(6)</sup>			2
	7							0 <sup>(4)</sup>	1	0 <sup>(5)</sup>			1
	8							1 <sup>(6)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1			3
	9										2		2
	10												2
Total		5	3	1	5	2	2	1	1	1	2	30	

Submuestreo B: Muestreo al azar, enero y febrero de 2001.

		EDAD_L2											
		EADADES											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
E D A D  L 1	0	80											80
	1		19	1 <sup>(1)</sup>									20
	2		2 <sup>(1)</sup>	23	0 <sup>(2)</sup>								25
	3			2 <sup>(2)</sup>	20	1 <sup>(3)</sup>							23
	4				0 <sup>(3)</sup>	21	1 <sup>(4)</sup>	0 <sup>(9)</sup>					22
	5					3 <sup>(4)</sup>	28	5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(10)</sup>				39
	6					1 <sup>(9)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	37	7 <sup>(6)</sup>	0 <sup>(11)</sup>			44
	7						1 <sup>(10)</sup>	6 <sup>(6)</sup>	25	7 <sup>(7)</sup>	0 <sup>(12)</sup>		42
	8							1 <sup>(11)</sup>	2 <sup>(7)</sup>	24	1 <sup>(8)</sup>		25
	9								2 <sup>(12)</sup>	3 <sup>(8)</sup>	4		9
	10												0
Total		81	22	24	20	26	31	49	37	35	4	0	329

Tabla 5. Clave edad talla de macha, X Región.

INT. DE TALLAS (mm)	FREC.	E D A D												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0.00 - 4.99	10	10												
5.00 - 9.99	17	17												
10.00 - 14.99	38	38												
15.00 - 19.99	26	26												
20.00 - 24.99	132	132												
25.00 - 29.99	115	115												
30.00 - 34.99	83	81	2											
35.00 - 39.99	58	12	46											
40.00 - 44.99	44		33	11										
45.00 - 49.99	32		1	31										
50.00 - 54.99	48			29	18	1								
55.00 - 59.99	66			5	52	9								
60.00 - 64.99	110			1	34	67	8							
65.00 - 69.99	167				16	48	85	17	1					
70.00 - 74.99	201			1		11	66	106	16	1				
75.00 - 79.99	206					1	14	77	91	22	1			
80.00 - 84.99	173							12	71	82	8			
85.00 - 89.99	47								11	21	13	2		
90.00 - 94.99	2									1	1			
95.00 - 99.99	1										1			
TOTAL	1576	431	82	78	120	137	173	212	190	127	24	2	0	

Tabla 6. Composición por edades del muestreo poblacional de machas, Cucao, X Región.

TALLAS (mm)	E D A D												
	FREC.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
- 4.99	15	15											
5.00 - 9.99	7309	7309											
10.00 - 14.99	12412	12412											
15.00 - 19.99	6253	6253											
20.00 - 24.99	2746	2746											
25.00 - 29.99	882	882											
30.00 - 34.99	218	213	5										
35.00 - 39.99	79	16	63										
40.00 - 44.99	64		48	16									
45.00 - 49.99	45		1	44									
50.00 - 54.99	66			40	25	1							
55.00 - 59.99	146			11	115	20							
60.00 - 64.99	458			4	142	279	33						
65.00 - 69.99	1118				107	321	569	114	7				
70.00 - 74.99	1643			8		90	539	866	131	8			
75.00 - 79.99	1087					5	74	406	480	116	5		
80.00 - 84.99	370							26	152	175	17		
85.00 - 89.99	42								10	19	12	2	
90.00 - 94.99	4									2	2		
TOTAL	34957	29846	117	123	388	717	1216	1412	779	320	36	2	
PORCENTAJE		85.38	0.34	0.35	1.11	2.05	3.48	4.04	2.23	0.92	0.10	0.01	
TALLA PROM. (mm)		13.8	39.4	51.5	61.8	65.9	70.2	73.7	77.7	80.8	83.9	87.5	
VARIANZA		28.7	8.9	53.7	20.2	14.4	10.6	9.5	11.2	10.8	15.7		

**Tabla 7.** Composición por edades del muestreo poblacional de machas, Quilanlar, X Región.

TALLAS (mm)	E D A D												
	FREC.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
- 4.99	47	47											
5.00 - 9.99	2472	2472											
10.00 - 14.99	2518	2518											
15.00 - 19.99	1023	1023											
20.00 - 24.99	184	184											
25.00 - 29.99	27	27											
30.00 - 34.99	4	4	0										
35.00 - 39.99													
40.00 - 44.99	1		1	0									
45.00 - 49.99	5		0	5									
50.00 - 54.99	3			2	1	0							
55.00 - 59.99	8			1	6	1							
60.00 - 64.99	22			0	7	13	2						
65.00 - 69.99	391				37	112	199	40	2				
70.00 - 74.99	2949			15		161	968	1555	235	15			
75.00 - 79.99	4163					20	283	1556	1839	445	20		
80.00 - 84.99	1326							92	544	629	61		
85.00 - 89.99	72								17	32	20	3	
90.00 - 94.99	1									1	1		
TOTAL	15216	6275	1	22	52	309	1452	3243	2637	1120	102	3	
PORCENTAJE		41.24	0.01	0.15	0.34	2.03	9.54	21.31	17.33	7.36	0.67	0.02	
TALLA PROM. (mm)		11.6	42.3	64.6	65.3	70.5	72.8	75.1	78.1	80.5	82.5	87.5	
VARIANZA		18.1	5126.7	128.6	15.8	12.1	8.3	8.3	7.7	8.1	10.4		

**Tabla 8.** Valores de los parámetros de crecimiento de macha, intervalos de confianza (95%) y medida de ajuste de la función de crecimiento.

<b>X región: Banco Cucao</b>						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error Estándar	N	r <sup>2</sup>
Linf	93,40 mm	92,04 mm	94,75 mm	0,691003	3422	0,96
k	0,200515	0,193247	0,207784	0,003707		
t <sub>0</sub>	-1,077	-1,128	-1,027	0,026		
<b>X región: Banco Quilanlar</b>						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error Estándar	N	r <sup>2</sup>
Linf	89,89 mm	88,66 mm	91,13 mm	0,629182	2318	0,97
k	0,206575	0,198989	0,214162	0,003869		
t <sub>0</sub>	-1,108	-1,165	-1,052	0,029		
<b>X región: Bancos de Cucao y Quilanlar</b>						
Parámetros	Valores	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Error Estándar	N	r <sup>2</sup>
Linf	91,46 mm	90,52 mm	92,40 mm	0,479108	5740	0,97
k	0,204882	0,199437	0,210327	0,002778		
t <sub>0</sub>	-1,086	-1,124	-1,047	0,020		

**Tabla 9.** Longitudes promedio retrocalculadas y ajustadas para cada *annuli* y estadísticos de interés asociados al proceso, de crecimiento de machas, X Región.

Edad	Lprom retrocalc. (mm)	D.S.	Nº obs	Lmin retrocalc. (mm)	Lmáx retrocalc. (mm)	Lestim. (mm)	Tasa de Increm. Abs. (mm)	Tasa de Increm. Rel. (%)
1	31,9	2,4	1045	18,5	40,5	31,80		
2	42,3	2,7	1052	31,6	52,7	42,86	11,1	34,7
3	52,4	2,5	982	42,0	64,9	51,86	9,0	21,0
4	59,5	2,5	861	48,6	76,3	59,20	7,3	14,1
5	64,7	2,7	724	52,0	78,1	65,17	6,0	10,1
6	69,5	2,5	552	61,4	77,7	70,04	4,9	7,5
7	73,8	2,7	343	65,5	82,3	74,01	4,0	5,7
8	77,9	2,9	153	71,1	86,3	77,24	3,2	4,4
9	83,4	3,1	26	78,1	91,4	79,88	2,6	3,4
10	85,9	1,9	2	84,5	87,2	82,02	2,1	2,7

**Tabla 10.** Longitudes estimadas a la edad según las funciones de crecimiento específicas para machas en diferentes regiones.

Áreas de estudio	X Región (Presente estudio)		I Región (Jerez <i>et al.</i> , 1999)		III-IV Región (Jerez <i>et al.</i> , 1999)	
	Lestim. (mm)	Incr. Abs. (mm)	Lestim. (mm)	Incr. Abs. (mm)	Lestim. (mm)	Incr. Abs. (mm)
1	31.80		36.8		35.4	
2	42.86	11.1	50.5	13.7	49.2	13.8
3	51.86	9.0	61.4	10.9	60.4	11.2
4	59.20	7.3	70.0	8.6	69.5	9.1
5	65.17	6.0	76.9	6.8	76.9	7.4
6	70.04	4.9	82.3	5.4	82.9	6.0
7	74.01	4.0	86.6	4.3	87.8	4.9
8	77.24	3.2	90.0	3.4	91.8	4.0
9	79.88	2.6	92.8	2.7	95.0	3.2
10	82.02	2.1	94.9	2.2	97.6	2.6



**Tabla 11.** Resumen de los estadísticos de regresión lineal entre longitud umbo, el alto de la macha y la longitud total.

LONGITUD UMBO vs LONGITUD TOTAL								
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza					
Coeficiente r	0,9971497		Coeficientes	Error	Estadístico	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Coeficiente r <sup>2</sup>	0,99430752			típico	t			
Error típico	1,51401324	Intercepción	1,713000	0,109422	15,65	8,943E-51	1,498339	1,927661
Observaciones	1314	Pendiente	0,863107	0,001803	478,71	0	0,859570	0,866644
Análisis de varianza								
	Grados de libertad		Suma de cuadrados		Promedio de los cuadrados		F	Valor crít. de F
Regresión	1		525305,75		525305,75		229167	0
Residuos	1312		3007,41		2,29			
Total	1313		528313,17					

ALTO vs LONGITUD TOTAL								
Estadísticas de la regresión			Coeficientes y límites de confianza					
Coeficiente r	0,99440066		Coeficientes	Error	Estadístico	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Coeficiente r <sup>2</sup>	0,98883267			típico	t			
Error típico	1,35408128	Intercepción	-1,272885	0,097568	-13,05	8,7528E-37	-1,464281	-1,081489
Observaciones	1393	Pendiente	0,561156	0,001599	350,95	0	0,558019	0,564292
Análisis de varianza								
	Grados de libertad		Suma de cuadrados		Promedio de los cuadrados		F	Valor crít. de F
Regresión	1		225834,31		225834,31		123169	0
Residuos	1391		2550,45		1,83			
Total	1392		228384,76					

**Tabla 12.** Número de machas seleccionadas por rango de tamaño desde septiembre de 2000 a agosto de 2001, para el estudio de parámetros reproductivos. Ejemplares muestreados en Cucao.

Intervalo	Meses												Total	
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A		
10-14,9	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
15-19,9	-	6	3	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	15
20-24,9	3	6	3	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-	21
25-29,9	3	6	3	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	30
30-34,9	3	6	3	6	6	6	1	-	-	-	-	-	-	31
35-39,9	2	6	3	6	3	6	1	-	-	-	-	-	-	27
40-44,9	-	6	3	9	2	5	4	1	-	-	-	-	-	30
45-49,9	2	1	3	3	13	5	-	-	-	-	-	-	2	29
50-54,9	6	6	3	2	-	3	6	-	-	4	-	3	3	33
55-59,9	18	6	4	6	6	5	5	-	1	-	1	6	6	58
60-64,9	10	6	8	9	10	7	10	1	3	5	2	8	8	79
65-69,9	10	6	14	9	10	6	10	1	-	6	10	8	8	90
70-74,9	10	6	13	9	10	6	10	3	10	6	10	8	8	101
75-79,9	10	6	10	9	10	6	10	5	4	6	10	8	8	94
80 y más	10	6	10	9	10	5	10	5	4	6	10	8	8	93
Total	87	82	83	83	89	78	67	16	22	33	43	51	51	734

**Tabla 13.** Número de machas seleccionadas por rango de tamaño desde septiembre de 2000 a agosto de 2001, para el estudio de parámetros reproductivos. Ejemplares muestreados en Bahía Quilanlar.

Intervalo	Meses											Total
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
10-14,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
15-19,9	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
20-24,9	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
25-29,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
30-34,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
35-39,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
40-44,9	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
45-49,9	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	3
50-54,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
55-59,9	-	3	4	-	-	-	-	1	-	-	1	9
60-64,9	-	6	5	-	1	1	-	1	1	-	1	16
65-69,9	9	12	6	3	8	11	-	2	4	3	5	63
70-74,9	9	12	6	10	6	12	-	12	18	7	9	101
75-79,9	9	11	7	10	6	12	-	12	18	7	9	101
80 y más	9	10	6	10	6	12	-	12	22	7	9	103
Total	42	64	34	33	27	48	0	41	64	24	36	413

**Tabla 14.** Frecuencia (%) de hembras, machos y sexos combinados de macha en los distintos estado de madurez sexual (EMS), entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en la población de Cucao.

MACHOS

	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	Total
S	12	63	25	-	-	100
O	-	57	33	10	-	100
N	14	3	6	77	-	100
D	-	-	53	28	19	100
E	-	35	20	35	10	100
F	28	33	17	-	22	100
M	63	9	-	-	28	100
A	33	-	-	-	67	100
M	11	-	-	-	89	100
J	-	-	-	-	100	100
J	59	-	-	-	41	100
A	71	21	-	-	8	100

HEMBRAS

	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	Total
S	5	90	5	-	-	100
O	-	5	60	35	-	100
N	-	10	13	77	-	100
D	-	-	35	55	10	100
E	3	10	-	70	17	100
F	22	14	-	57	7	100
M	67	25	-	-	8	100
A	33	-	-	-	67	100
M	9	-	-	-	91	100
J	33	-	-	-	67	100
J	67	-	-	-	33	100
A	38	54	-	-	8	100

SEXOS COMBINADOS

	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	Total
S	8	78	14	-	-	100
O	-	32	46	22	-	100
N	8	6	9	77	-	100
D	-	-	46	39	15	100
E	1	19	9	46	25	100
F	18	18	7	18	39	100
M	56	14	-	-	30	100
A	33	-	-	-	67	100
M	10	-	-	-	90	100
J	7	-	-	-	93	100
J	63	-	-	-	37	100
A	54	38	-	-	8	100

**Tabla 15.** Coeficiente gamético (CG) para machos, hembras y sexos combinados de macha en Cucao, desde septiembre de 2000 a agosto de 2001.

**MACHOS**

	Meses											
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
	60.6	43.1	89.4	26.6	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72.9	87.0	44.0	33.9	8.0	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	62.4	75.8	0.0	11.3	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	57.6	77.5	60.2	22.3	7.3	0.0	-	-	-	-	0.0	0.0
	62.6	72.3	36.7	7.1	4.1	-	-	-	-	-	-	-
	-	70.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CG PROM.</b>	63.2	71.0	46.1	20.2	6.3	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>DESVEST</b>	5.8	14.8	32.8	11.0	4.5	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ERROR STD</b>	5.2	12.1	29.3	9.8	4.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**HEMBRAS**

	Meses											
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
	78.4	44.8	34.0	23.6	9.9	51.4	0.0	2.5	0	0	0.0	16.3
	60.5	57.6	39.8	1.4	33.4	49.3	2.4	7.9	0	0	0.0	0.0
	62.5	49.2	29.7	3.0	23.7	10.6	0.0	12.0	0	0	0.0	2.3
	88.3	52.6	35.2	26.7	24.2	53.2	4.5	11.8	0	0	6.3	0
	69.2	54.6	20.4	12.6	21.3	-	17.8	2.9	-	-	-	0
	-	57.5	27.4	22.9	-	-	10.6	-	-	-	-	-
	-	57.2	-	3.0	-	-	1.6	-	-	-	-	-
<b>CG PROM.</b>	71.8	53.3	31.1	13.3	22.5	41.1	5.3	7.4	0	0	1.6	3.7
<b>DESVEST</b>	11.6	4.9	6.8	11.0	8.4	20.4	6.6	4.6	0	0	3.1	7.1
<b>ERROR STD</b>	10.4	3.7	5.5	8.3	7.5	20.4	5.0	4.1	0	0	3.1	6.4

**Tabla 16.** Frecuencia (%) de hembras, machos y sexos combinados de macha en los distintos estados de madurez sexual (EMS), entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en la población de Quilanlar.

MACHOS						
	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	% EMS Total
Octubre	12	59	29	-	-	100
Noviembre	-	-	7	93	-	100
Diciembre	38	44	-	6	12	100
Enero	22	9	-	52	17	100
Febrero	15	15	-	62	8	100
Marzo	70	-	-	-	30	100
Mayo	-	-	-	-	100	100
Junio	3	-	-	-	97	100
Julio	-	-	-	-	100	100
Agosto	80	-	-	-	20	100

HEMBRAS						
	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	% EMS Total
Octubre	-	21	79	-	-	100
Noviembre	-	-	8	92	-	100
Diciembre	-	-	-	83	17	100
Enero	-	-	10	80	10	100
Febrero	-	-	7	86	7	100
Marzo	92	-	-	-	8	100
Mayo	-	-	-	-	100	100
Junio	26	-	-	-	74	100
Julio	18	-	-	-	82	100
Agosto	81	-	-	-	19	100

SEXOS COMBINADOS						
	% EMS Ia-D1	% EMS Ib-D2	% EMS II-D3	% EMS III-R1	% EMS IV-R2	% EMS Total
Octubre	5	39	56	-	-	100
Noviembre	-	-	7	93	-	100
Diciembre	18	21	-	47	14	100
Enero	15	6	3	61	15	100
Febrero	7	7	4	75	7	100
Marzo	81	-	-	-	19	100
Mayo	-	-	-	-	100	100
Junio	13	-	-	-	87	100
Julio	8	-	-	-	92	100
Agosto	81	-	-	-	19	100

**Tabla 17.** Coeficiente gamético (CG) para machos y hembras de macha en Quilanlar, desde septiembre de 2000 a agosto de 2001.

**MACHOS**

	<b>Meses</b>									
	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>
	82.6	35.6	14.0	50.3	29.2	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	66.6	36.6	17.5	6.2	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	77.9	44.1	8.6	2.6	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	86.3	17.5	4.8	12.9	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	-	-	11.1	-	-	-	-	-	-	-
<b>CG PROM.</b>	78.4	33.4	11.2	18.0	16.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>DESVEST</b>	8.6	11.3	4.9	21.9	8.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ERROR STD</b>	8.6	11.3	4.4	21.9	8.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0

**HEMBRAS**

	<b>Meses</b>									
	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>
	77.8	11.0	18.0	32.6	31.1	1.1	0.0	0.0	0.0	7.2
	62.5	13.8	15.3	20.3	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	77.1	6.4	8.6	22.4	19.6	14.0	0.0	0.0	0.0	5.1
	-	6.3	6.3	9.4	-	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	-	22.9	12.9	19.2	-	-	-	-	-	0.0
<b>CG PROM.</b>	72.5	12.1	12.2	20.8	24.0	8.9	0.0	0.0	0.0	2.5
<b>DESVEST</b>	8.6	6.8	4.8	8.3	6.2	10.0	0.0	0.0	0.0	3.4
<b>ERROR STD</b>	10.0	6.1	4.3	7.4	7.2	10.0	0.0	0.0	0.0	3.1

**Tabla 18.** Estructura de talla de valvas de machas vacías observadas en las muestras de reclutamiento (asentamiento) por mes en Cucao.

Intervalo Talla (mm)	2000				2001			
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Jun
0 - 1		1			1	2	3	
1 - 2	18	18	23	1	4	16	4	1
2 - 3	44	12	24		3	13	10	
3 - 4	11	9	8			2		
4 - 5	7	1	2	1				
5 - 6	3	2	1				1	
6 - 7		1				1		
7 - 8	3					1		
8 - 9			1	1				
9 - 10	2			1				
10 - 11	1	1		2				
11 - 12		1						
12 - 13		1		2				
13 - 14					1	2		
14 - 15				2				
15 - 16						1		
18 - 19			1					
19 - 20	1					1		
22 - 23	2							
27 - 28				1				
29 - 30	2							
30 - 31			1					
32 - 33						1		
35 - 36	1							
36 - 37			1			1		
40 - 41						1		
50 - 51						1		
53 - 54								1
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>47</b>	<b>62</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>43</b>	<b>18</b>	<b>2</b>



**Tabla 19.** Estructura de talla de las machas observadas en las muestras de reclutamiento (asentamiento) por mes en Cucao.

Intervalo Talla (mm)	Año 2000				Año 2001							
	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1 - 2											1	
5 - 6			2		1		1					
6 - 7			1	1								
7 - 8	1			4	3	2	3					
8 - 9	1	1	4	8	1	2	6				1	1
9 - 10		1	2	13	5	7	6					1
10 - 11	1	1		9	2	5	12	1	2			3
11 - 12	1			5	1	4	5	1	2	4		2
12 - 13	1	1		3		1	8			4		4
13 - 14				2			2		1	1		6
14 - 15			1	3			3		1			7
15 - 16				2			3					9
16 - 17							2		1			6
17 - 18							3			1		2
18 - 19							2			2		4
19 - 20				2		2						4
20 - 21					1	1	2			1		4
21 - 22						1						3
22 - 23						1	1					
23 - 24						1	1					
24 - 25										1		
25 - 26						1						
26 - 27												1
30 - 31												2
38 - 39						1						
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>54</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>61</b>

**Tabla 20.** Presencia y frecuencia de fauna acompañante obtenida en las muestras de asentamiento por mes en Cucao.

Taxa o especie	Habitan sustrato de fondos blandos	Año 2000				Año 2001							
		Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
ALMEJA (NN)	si	2	1				1						
BIVALVO (NN)	si												
<i>Carditella sp.</i>	si												
<i>Diplodonta sp.</i>	si												
<i>Hiatela solida</i>	no	1	1	1								2	
<i>Lasaea sp</i>	si												
MACHA	si	5	4	10	54	14	29	60	2	7	14	2	61
MACHA-VALVA	si	95	47	62	11	9	43	18			2		
MITILIDO	no	1						1					
<i>Mulinia sp</i>	si			1								1	
<i>Perumitylus purpuratus</i>	no												
<i>Linucula pisum</i>	si												
<i>Tawera gayi</i>	si			2				1					
VENERIDO	si							1					
ANFIPODOS	si		4	14	8	1	5	2	10	3	2	5	9
COPEPODOS	si												
CRUSTACEO (NN)	si			1					1				
<i>Emerita analoga</i>	si	2			1	1							
ISOPODOS	si	1	3	2	6	4	9	1	1	4		2	6
OSTRACODOS	si											3	
RESTOS CRUST.	si												
FORAMINIFEROS	si			1						1			
<i>Amauropsis sp</i>	si												
<i>Crepidula sp</i>	no		1		1							2	
<i>Eatoniela sp</i>	si												
<i>Nassarius sp</i>	si											2	
<i>Fissurella sp.</i>	no												
<i>Scurria sp.</i>	no												
<i>Caecum sp.</i>	si												
GASTROPODO (NN)	si			1									
NEMATODOS	si												
POLIUQUETOS	si					3	1						
TUBO POLIUQUETOS	si												
<i>Crucibulum sp.</i>	si												
SALPAS	si					1							
Semilla vegetal	no												
Total		107	61	95	81	33	88	84	14	15	18	19	76

**Tabla 21.** Estructura de talla de machas observadas en las muestras de reclutamiento por mes en Quilanlar.

Intervalo Talla (mm)	2000			2001						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	May	Jun	Jul	Ago
0 - 1				1						2
1 - 2								2		
3 - 4			1							
5 - 6			4	2	1	1				
6 - 7				1	2	2				1
7 - 8	1			1	1	1				1
8 - 9	1	1		2			1		1	
9 - 10	3			1				2	1	1
10 - 11				1						
11 - 12								2	1	
12 - 13									1	
13 - 14	1								1	
14 - 15	1								2	
16 - 17	1									
17 - 18	1									
21 - 22									1	
22 - 23				1						
25 - 26									1	
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>5</b>

**Tabla 22.** Estructura de talla de valvas de machas vacías observadas en las muestras de reclutamiento por mes en Quilanlar.

Intervalo Talla (mm)	2000			2001						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	May	Jun	Jul	Ago
0 - 1					1		1		9	3
1 - 2	2				1	1	1		1	5
2 - 3	2	4	1		4		1	1		1
3 - 4								1		1
4 - 5		2	1	2	1					1
5 - 6			2		1					
6 - 7		1								
7 - 8	1			1						
8 - 9					2		1			
10 - 11										1
12 - 13									1	
14 - 15									1	
47 - 48									1	
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

**Tabla 23.** Presencia y frecuencia de fauna acompañante obtenida en las muestras de asentamiento por mes en Quilánlar.

Taxa o especie	Habitan sustrato de fondos blandos	2000			2001							
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
ALMEJA (NN)	si									3		
BIVALVO (NN)	si	1	1	1					3	1	4	6
<i>Carditella sp.</i>	si						1					
<i>Diplodonta</i>	si						1					
<i>Hiatela solida</i>	no	3					3		2	4		1
<i>Lasaea sp.</i>	si		1	1	1		2		4	3		2
MACHA	si	9	1	5	10	4	4		1	6	9	5
MACHA-VALVA	si	5	7	4	3	10	1		4	2	13	12
MITILIDO	no						1			4		2
<i>Mulinia sp.</i>	si	1	1							1	1	2
<i>Perumytilus purpuratus</i>	no					1			2			
<i>Linucula pisum</i>	si									1		
<i>Tawera gayi</i>	si		1									
VENERIDO	si											
ANFIPODOS	si	7	11	10	17	17	1		11	17	4	4
COPEPODOS	si			2					4			
CRUSTACEO (NN)	si	1								2		
<i>Emerita analoga</i>	si										1	
ISOPODO	si	4	2	7	3	5			1	3	2	5
OSTRACODOS	si		10	5	2				3	5	1	1
RESTOS CRUST.	si											
FORAMINIFEROS	si	2	3	1		1						3
<i>Anauropsis sp.</i>	si								2			
<i>Crepidula sp.</i>	no	1	1	4	1		2		2	5		6
<i>Eatonieia sp.</i>	si				2	1			1			1
<i>Nassarius sp.</i>	si											
<i>Fissurella sp.</i>	no											1
<i>Scurria sp.</i>	no											1
<i>Caecum sp.</i>	si										1	
GASTROPODO (NN)	si	2	1				1		1	1	1	2
NEMATODOS	si		1	3	3	1				1		
POLIQUETOS	si		1		2				1	1	1	1
TUBO POLIQ.	si				1							
<i>Crucibulum sp.</i>	si											1
SALPAS	si											
SEMILLA	no	1										
Total		37	42	43	45	40	17		42	61	37	56

**Tabla 24.** **A)** Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y **B)** Valores estimado de mortalidad natural para Cucao, X Región.

**A)**

parámetro	valor	unidad	concepto
<i>Loo</i>	93,4	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,201	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>to</i>	-1,077	año	edad de talla cero
<i>Lmax</i>	88,1	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>tmax</i>	13,2	año	longevidad
<i>Lm50%</i>	45	mm	talla primera madurez
<i>tm50%</i>	2,2	año	edad de primera madurez

**B)**

Parámetro	M	%M
Taylor (1958)	0,22	19,4
Alagaraja (1984)	0,35	29,4
Rikchter & Efanov (1976)	0,71	50,7

**Tabla 25.** A) Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y B) Valores estimado de mortalidad natural para Quilanlar, X Región.

**A)**

parámetro	valor	unidad	concepto
<i>L<sub>oo</sub></i>	89,89	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,2066	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>t<sub>o</sub></i>	-1,108	año	edad de talla cero
<i>L<sub>max</sub></i>	87,3	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>t<sub>max</sub></i>	16,1	año	longevidad
<i>L<sub>m50%</sub></i>	45	mm	talla primera madurez
<i>t<sub>m50%</sub></i>	2,3	año	edad de primera madurez

**B)**

Parámetro	M	%M
Taylor (1958)	0,22	20,0
Alagaraja (1984)	0,29	24,9
Rikchter & Efanov (1976)	0,69	50,0

**Tabla 26.** **A)** Parámetros de entrada para el cálculo de la tasa de mortalidad natural del recurso macha, y **B)** Valores estimado de mortalidad natural para Cucao + Quilanlar, X Región.

**A)**

parámetro	valor	unidad	concepto
<i>Loo</i>	91,46	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,205	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>to</i>	-1,086	año	edad de talla cero
<i>Lmax</i>	88,1	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>tmax</i>	15,0	año	longevidad
<i>Lm50%</i>	45	mm	talla primera madurez
<i>tm50%</i>	2,2	año	edad de primera madurez

**B)**

Parámetro	M	%M
Taylor (1958)	0,22	19,9
Alagaraja (1984)	0,31	26,4
Rikchter & Efanov (1976)	0,70	50,4



**Tabla 27.** A) Parámetros de entrada y B) Valores estimados de talla crítica para el recurso macha, en Cucao, X Región.

**A)**

parámetro	valor	unidad	concepto
<i>L<sub>oo</sub></i>	93,4	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,201	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>t<sub>o</sub></i>	-1,077	año	edad de talla cero
<i>L<sub>max</sub></i>	88,1	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>t<sub>max</sub></i>	13,2	año	longevidad
<i>L<sub>m50%</sub></i>	45,0	mm	talla primera madurez
<i>t<sub>m50%</sub></i>	2,2	año	edad de primera madurez
<i>b</i>	3,32		pendiente promedio relación talla-peso
<i>M</i>	0,22		Taylor (1958)
<i>M</i>	0,35		Alagaraja (1984)
<i>M</i>	0,71		Rikchter & Efanov (1976)

**B)**

Parámetro	<i>t<sub>c</sub></i> (año)	<i>L<sub>c</sub></i> (mm)
Taylor (1958)	7,02	75,0
Alagaraja (1984)	5,33	67,6
Rikchter & Efanov (1976)	3,31	54,7

**Tabla 28.** A) Parámetros de entrada y B) valores estimados de la talla crítica para el recurso macha, en Bahía Quilanlar, X Región.

**A)**

parámetro	valor	unidad	concepto
<i>L<sub>oo</sub></i>	89,89	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,206575	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>t<sub>o</sub></i>	-1,108	año	edad de talla cero
<i>L<sub>max</sub></i>	87,3	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>t<sub>max</sub></i>	16,1	año	longevidad
<i>L<sub>m50%</sub></i>	45	mm	talla primera madurez
<i>t<sub>m50%</sub></i>	2,3	año	edad de primera madurez
<i>b</i>	2,91		pendiente promedio relación talla-peso
<i>M</i>	0,22		Taylor (1958)
<i>M</i>	0,29		Alagaraja (1984)
<i>M</i>	0,69		Rikchter & Efanov (1976)

**B)**

Parámetro	<i>t<sub>c</sub></i> (año)	<i>L<sub>c</sub></i> (mm)
Taylor (1958)	6,32	70,5
Alagaraja (1984)	5,48	66,8
Rikchter & Efanov (1976)	3,03	51,6

**Tabla 29.** A) Parámetros de entrada y B) valores estimados de la talla crítica para el recurso macha, en Cucao+ Quilanlar, X Región.

**A)**

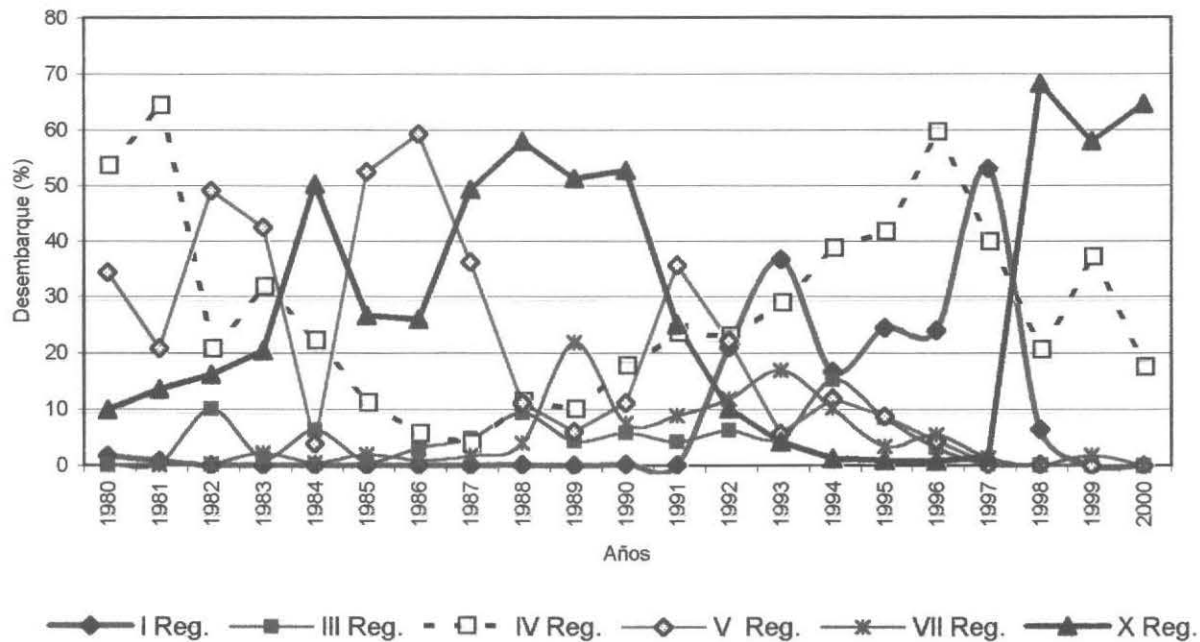
parámetro	valor	unidad	concepto
<i>L<sub>oo</sub></i>	91,5	mm	longitud asintótica
<i>k</i>	0,205	1/año	coeficiente de crecimiento
<i>t<sub>o</sub></i>	-1,086	año	edad de talla cero
<i>L<sub>max</sub></i>	88,1	mm	promedio ejemplares más grandes
<i>t<sub>max</sub></i>	15,0	año	longevidad
<i>L<sub>m50%</sub></i>	45,0	mm	talla primera madurez
<i>t<sub>m50%</sub></i>	2,2	año	edad de primera madurez
<i>b</i>	2,9826		pendiente promedio relación talla-peso
<i>M</i>	0,22		Taylor (1958)
<i>M</i>	0,31		Alagaraja (1984)
<i>M</i>	0,70		Rikchter & Efanov (1976)

**B)**

Parámetro	<i>t<sub>c</sub></i> (año)	<i>L<sub>c</sub></i> (mm)
Taylor (1958)	6,47	72,0
Alagaraja (1984)	5,35	67,0
Rikchter & Efanov (1976)	3,06	52,3

# **FIGURAS**

---



**Figura 1.** Desembarques porcentuales de machas por región desde 1980 a 2000 (Fuente: SERNAPesca).



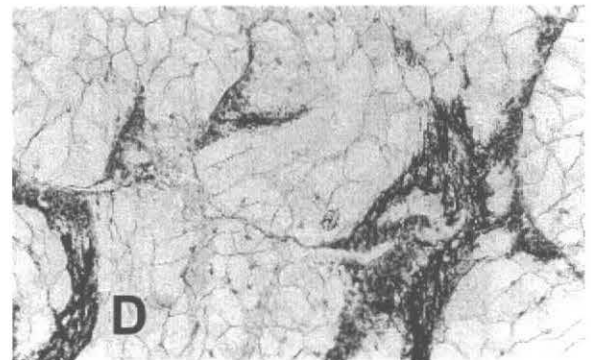
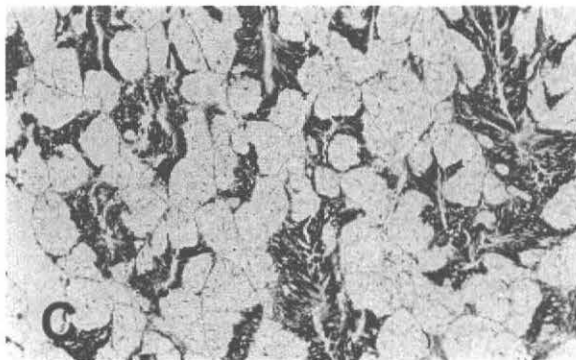
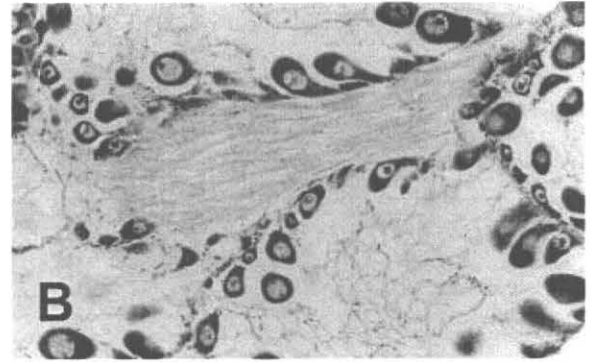
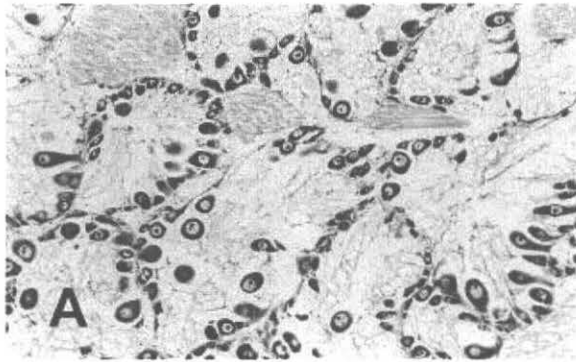


**Figura 3.** Marcaje de ejemplares de macha para el experimento de marcaje y recaptura en Cucao.

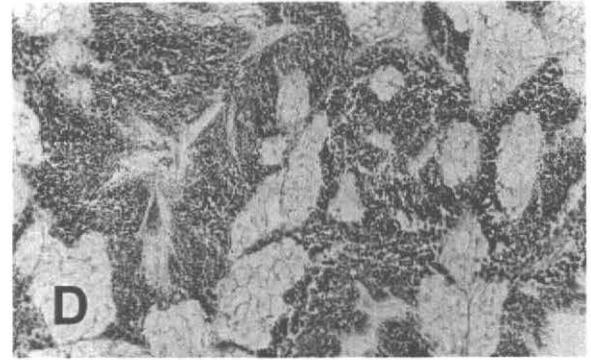
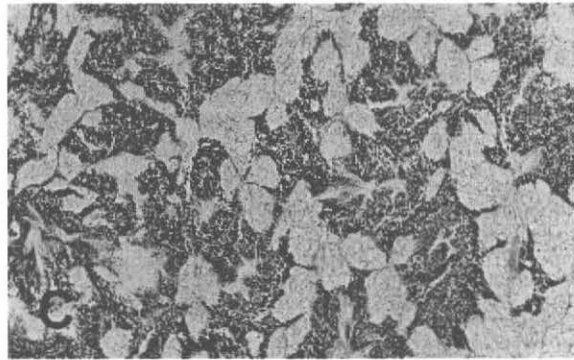
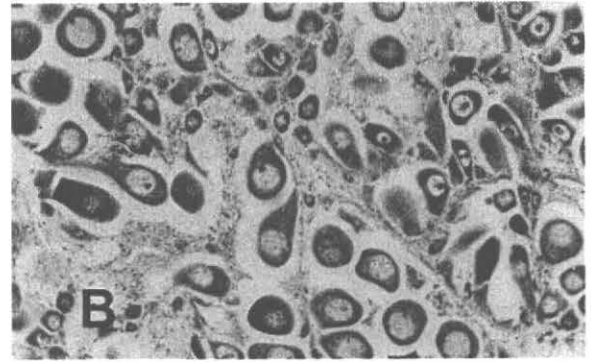
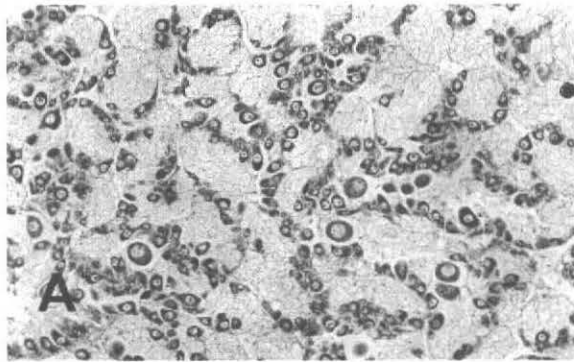


**Figura 4.** Devolución de machas marcadas a su ambiente natural para el experimento de marcaje y recaptura, en Cucao.

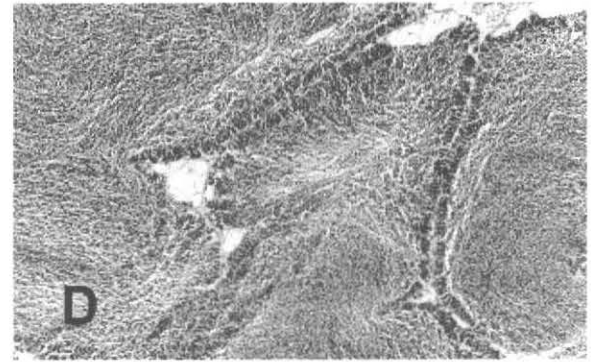
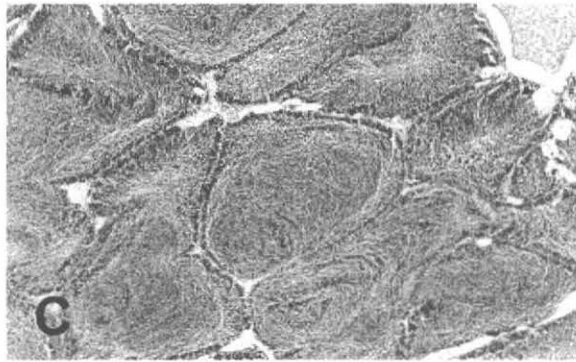
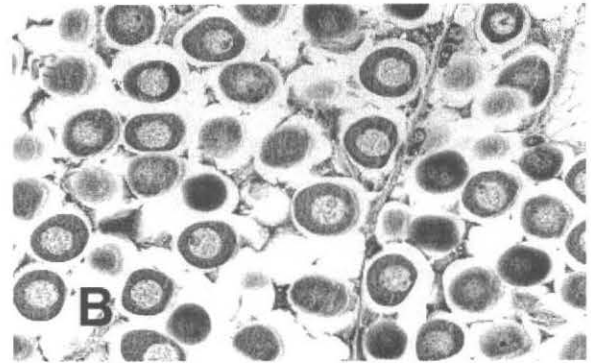
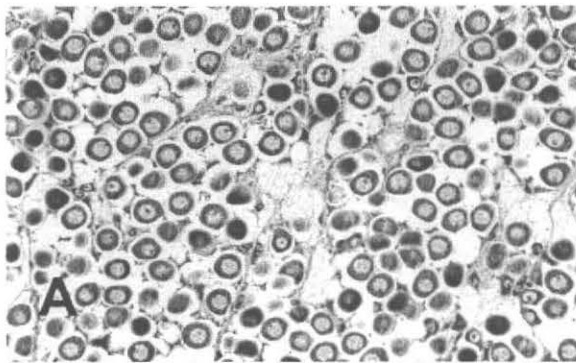




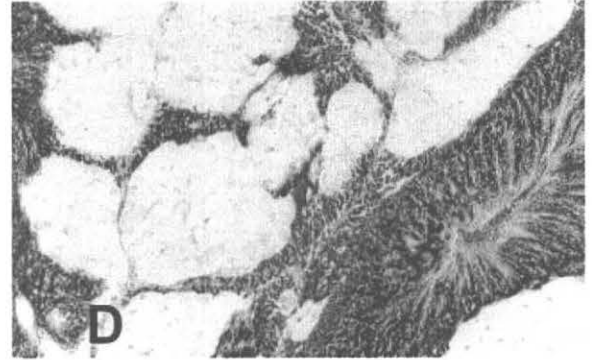
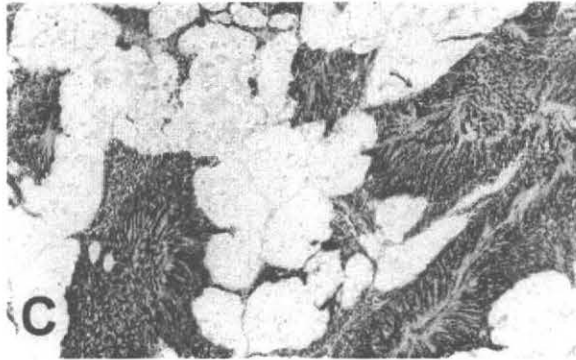
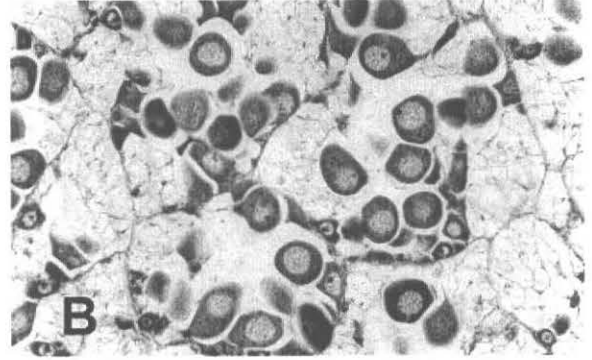
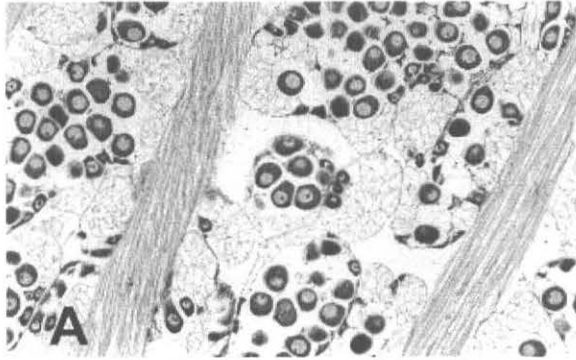
**Figura 5.** Estado de madurez sexual la o D1 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).



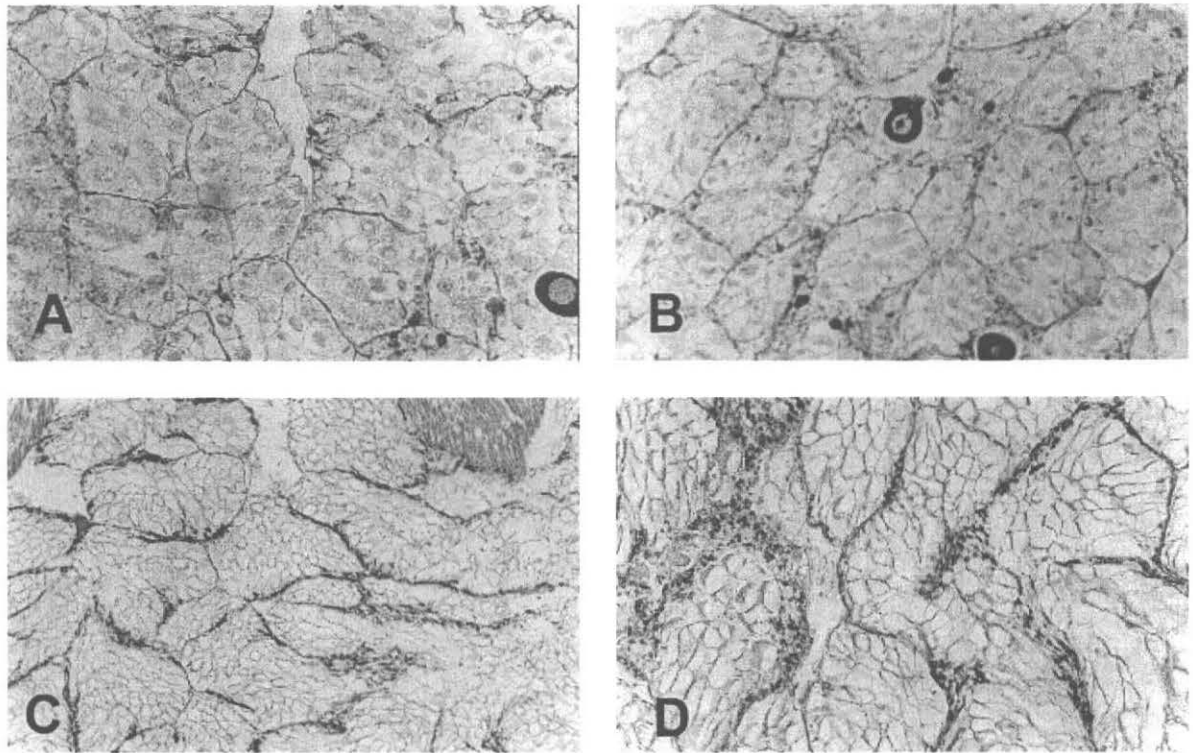
**Figura 6.** Estado de madurez sexual Ib o D2 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x)



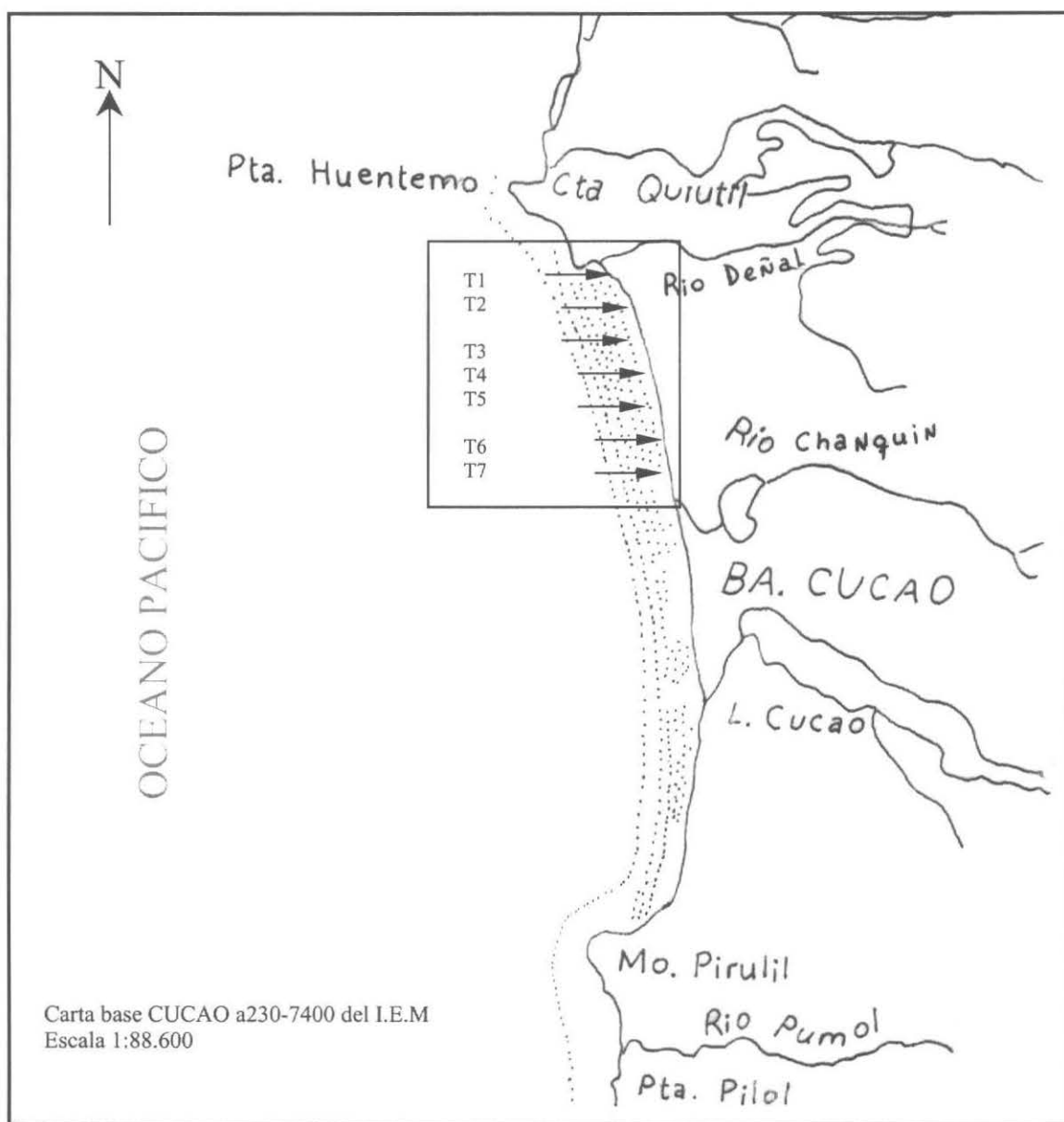
**Figura 7.** Estado de madurez sexual II o D3 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).



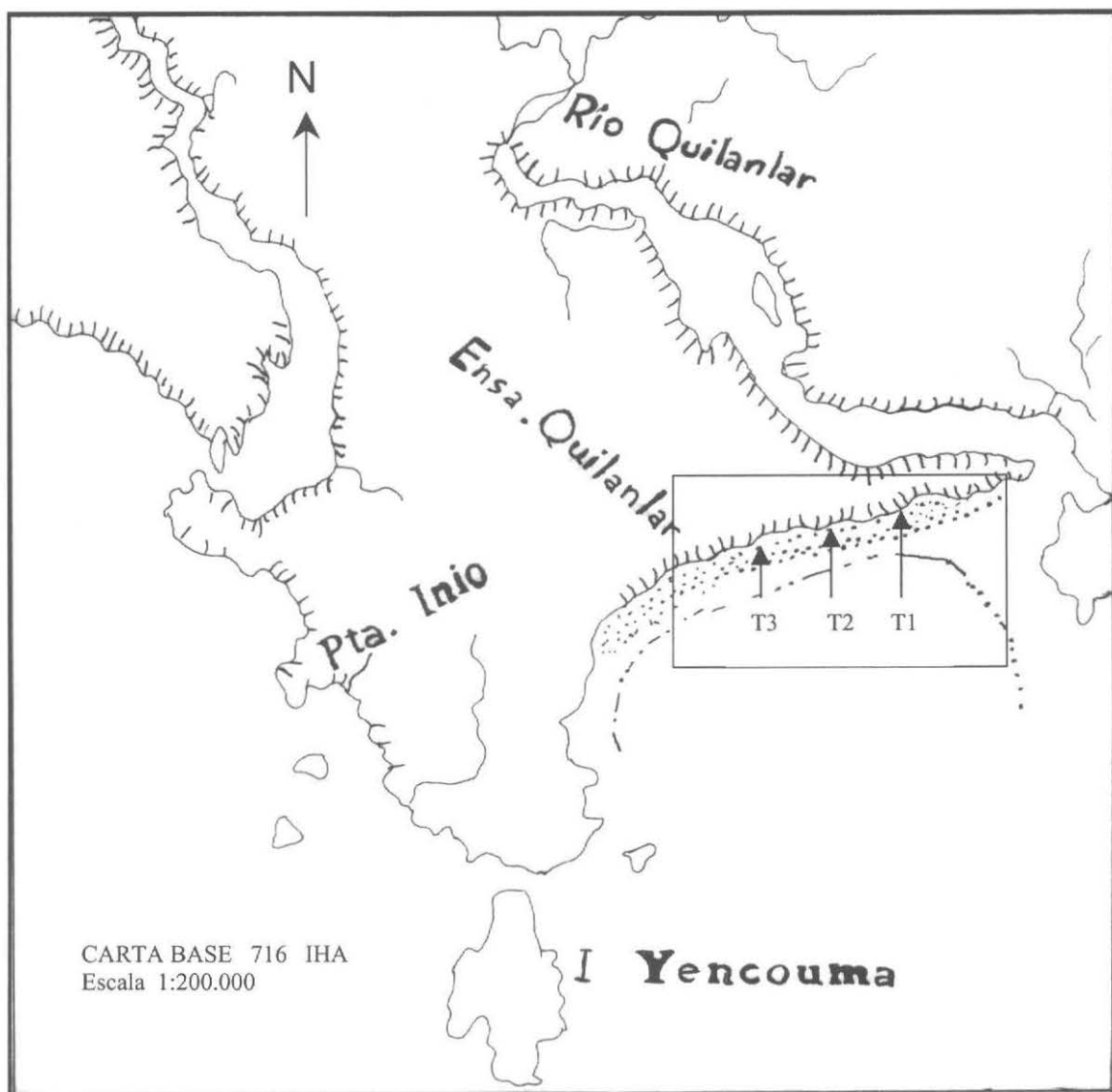
**Figura 8.** Estado de madurez sexual III o R1 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).



**Figura 9.** Estado de madurez sexual IV o R2 en machas. **A:** hembra (10x); **B:** hembra (20x); **C:** macho (10x) y **D:** macho (20x).



**Figura 10.** Localización del área de estudio en Cucao. En el recuadro se indica el lugar de trabajo y la ubicación de transectas.



**Figura 11.** Localización del área de estudio en el sector en Quilánlar. En el recuadro se indica el lugar de trabajo y ubicación de transectas.

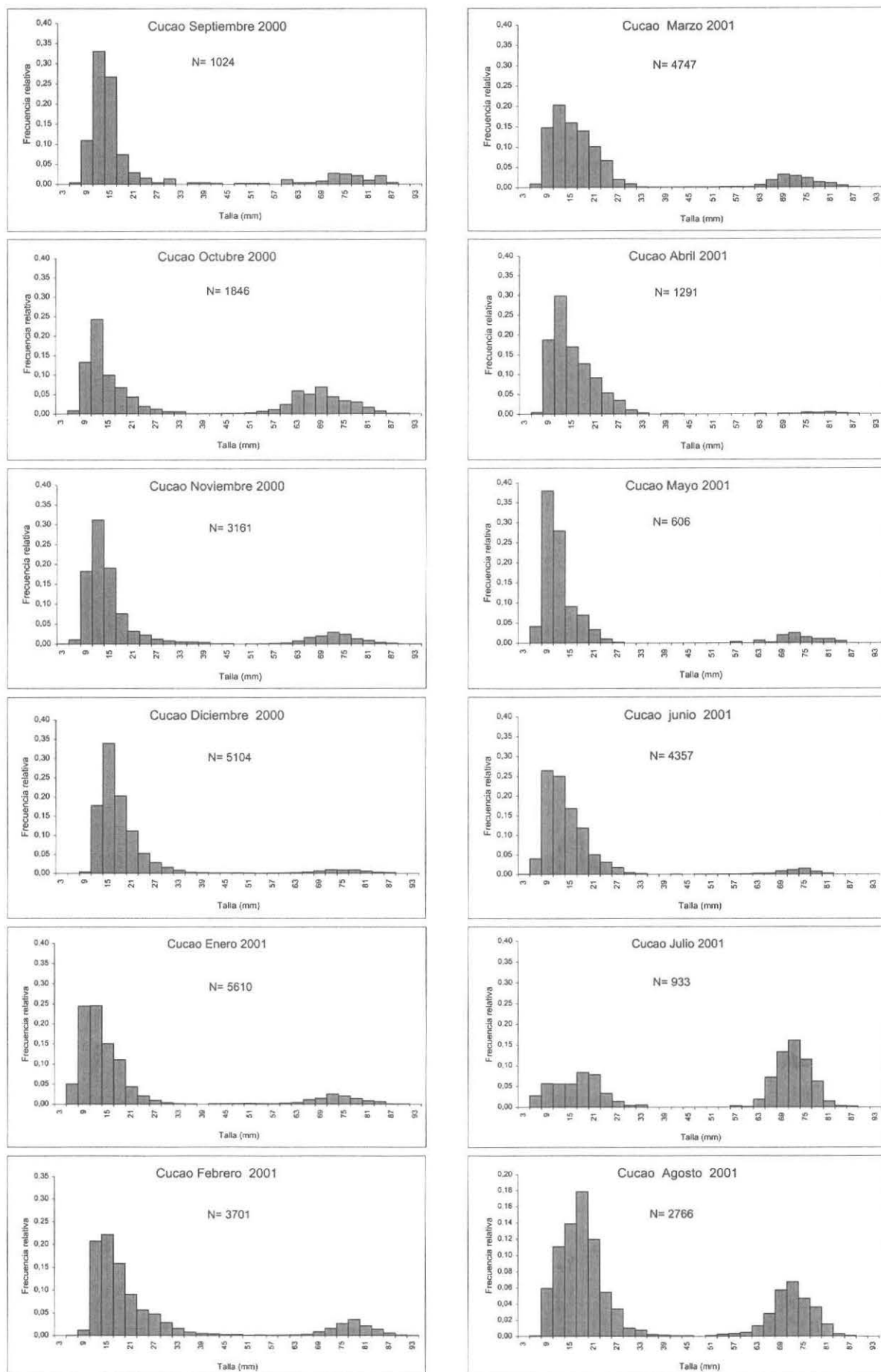


Figura 12. Estructuras de tallas de la población de machas en Cucao



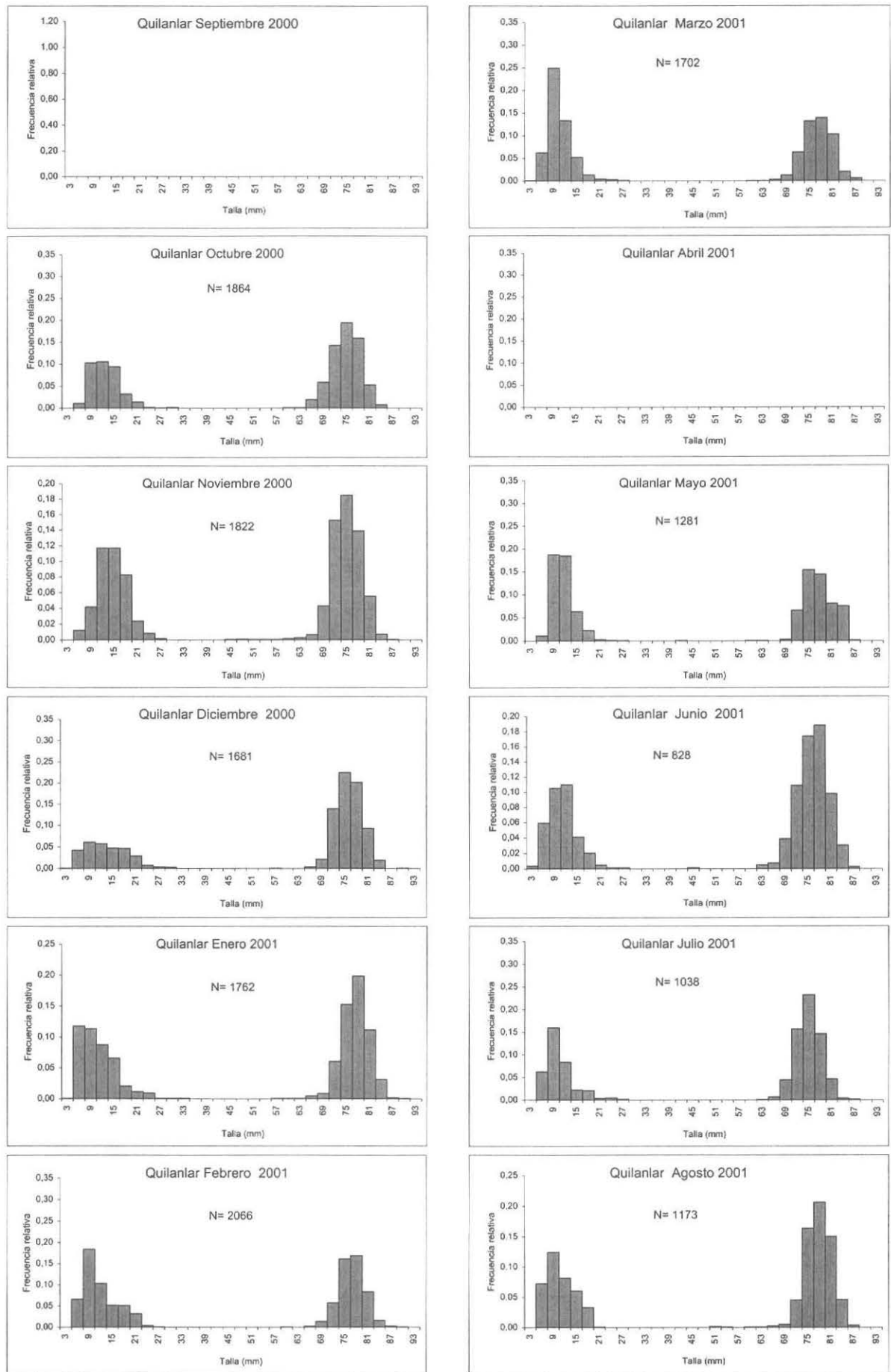
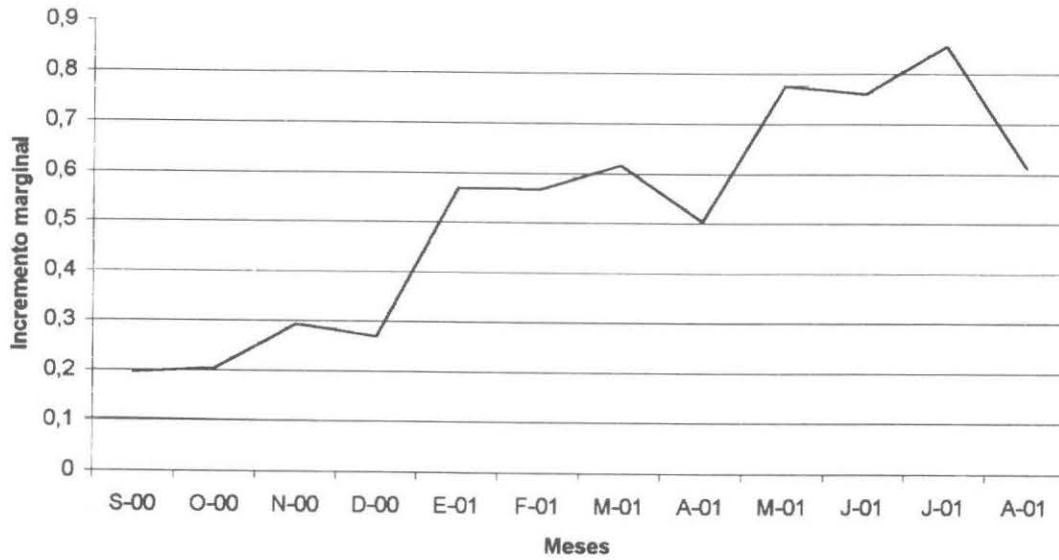


Figura 13. Estructuras de tallas de la población de machas en Quilánlar.



**Figura 14.** Valores de incremento marginal promedio en las valvas de macha, en el período de septiembre de 2000 a agosto de 2001.

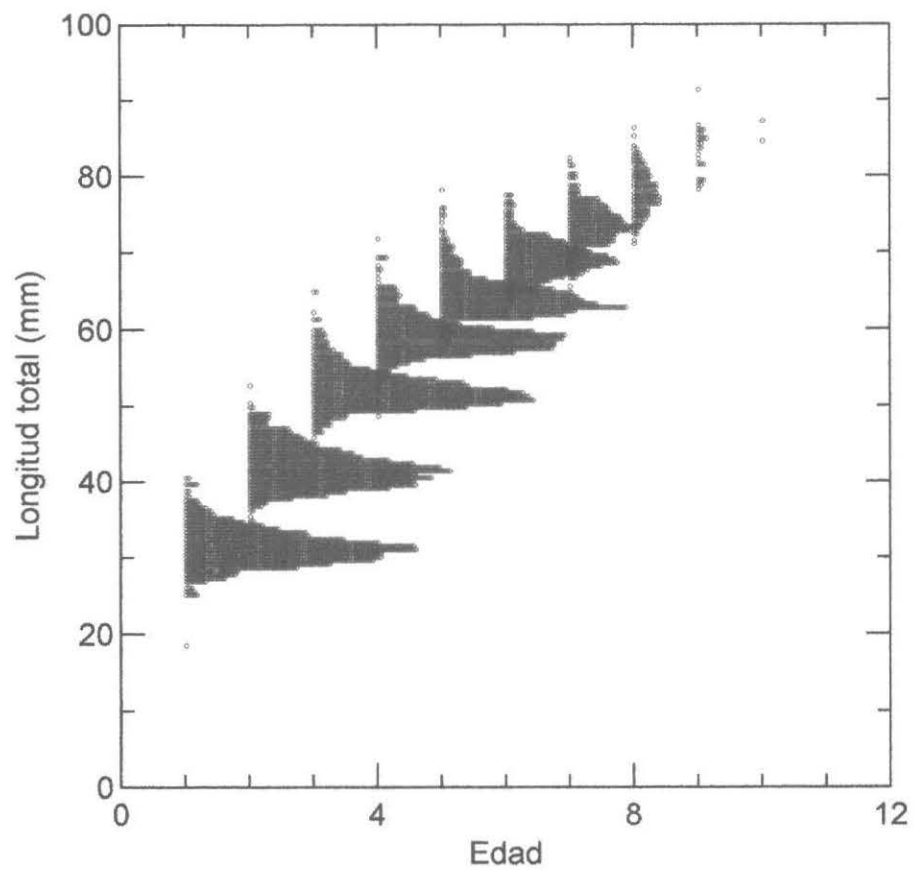
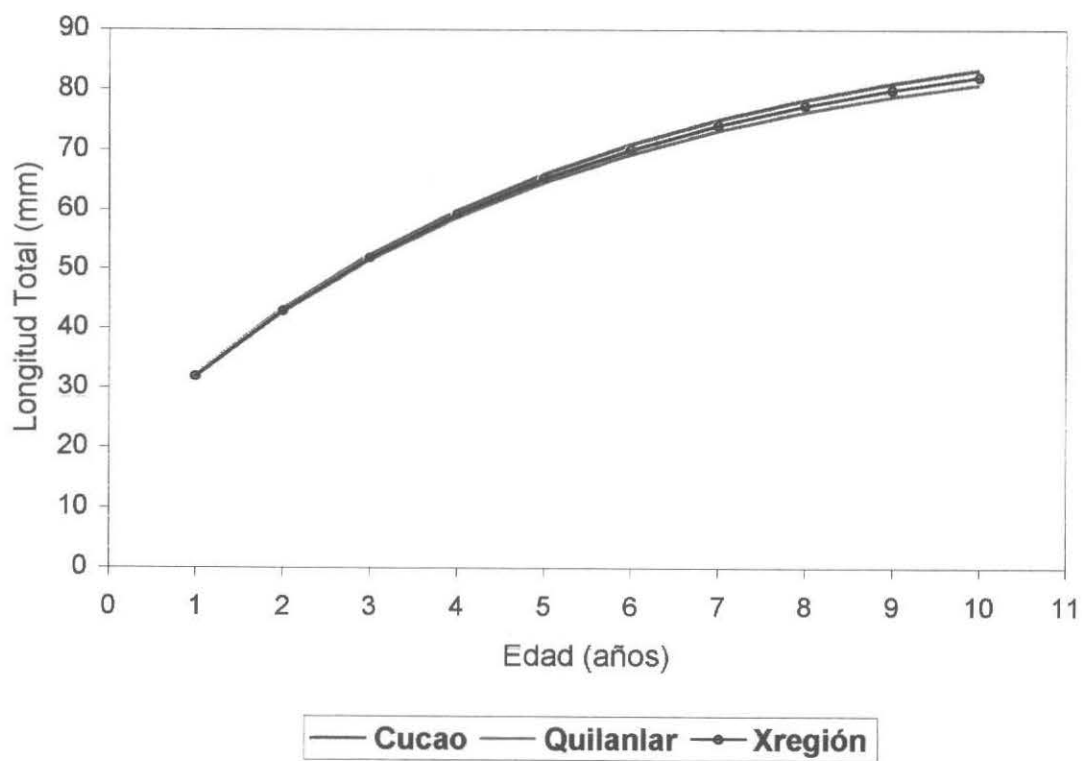
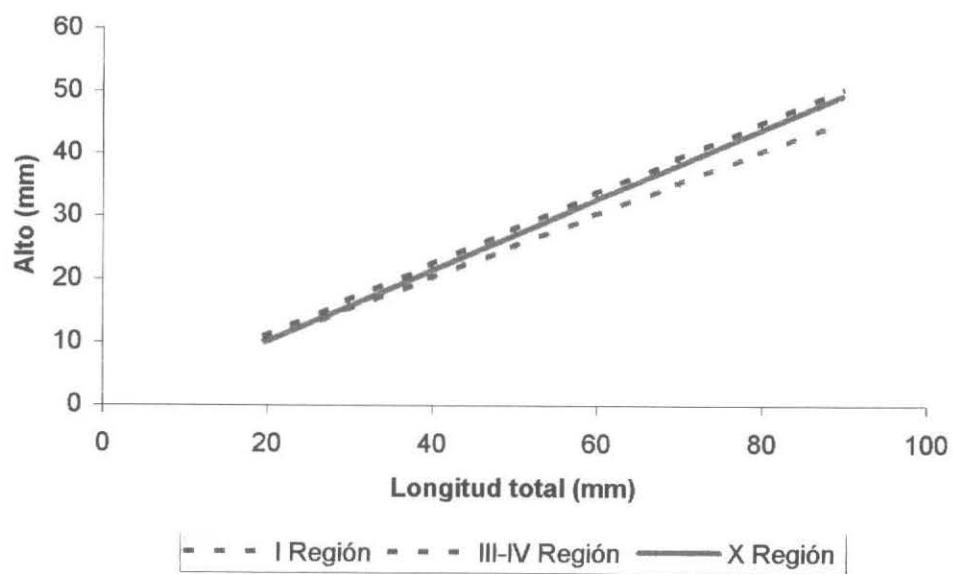
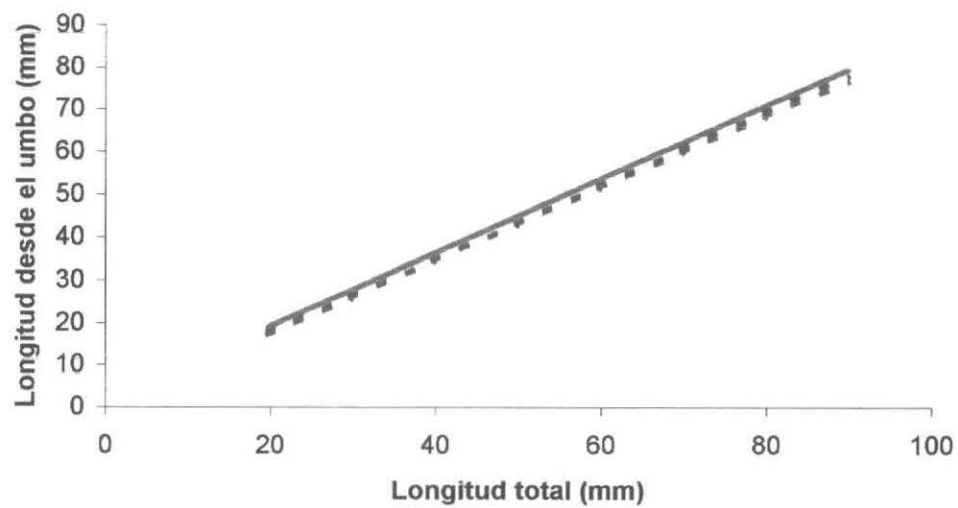


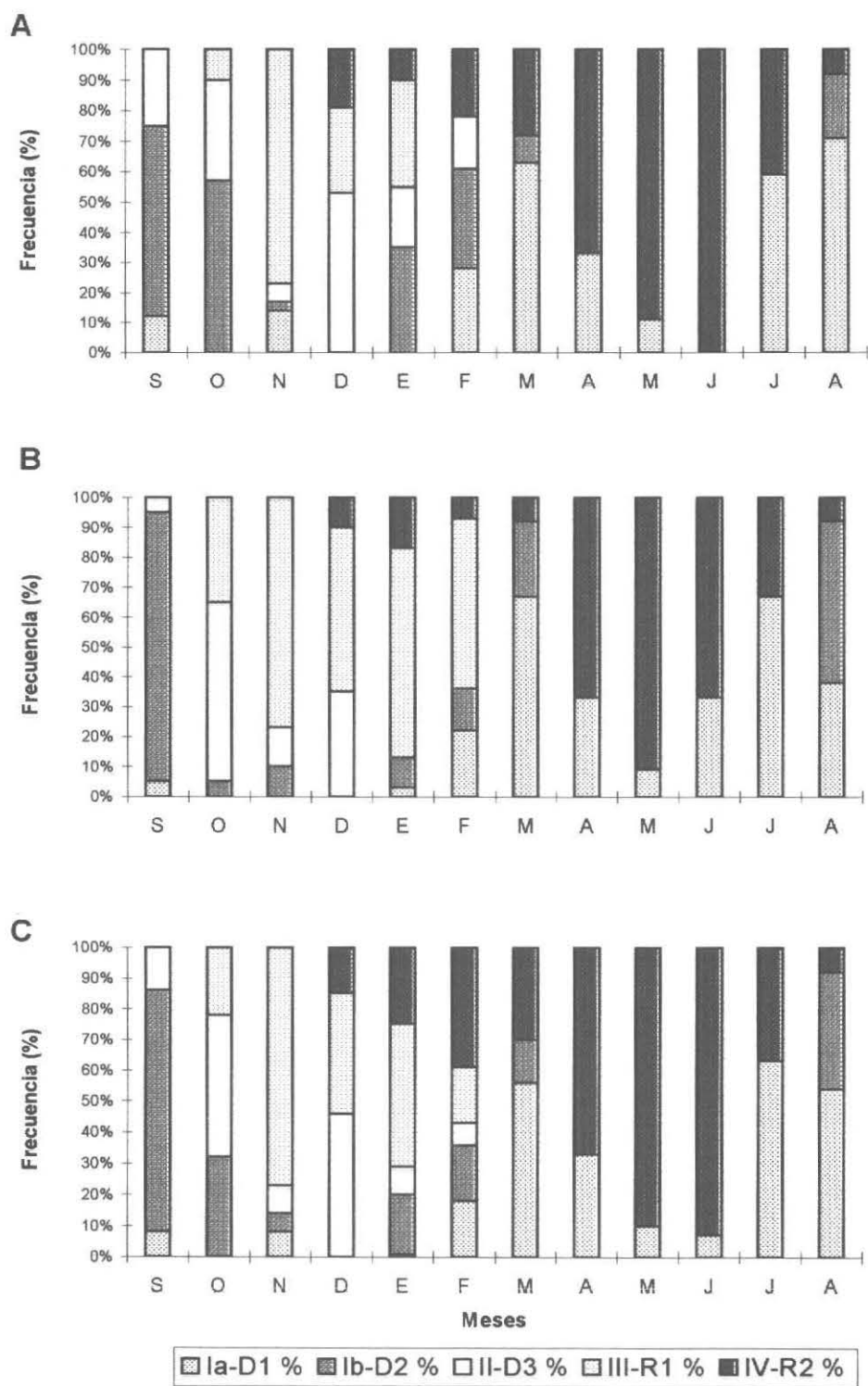
Figura 15    Dispersión de los datos observados edad - talla de macha, X región.



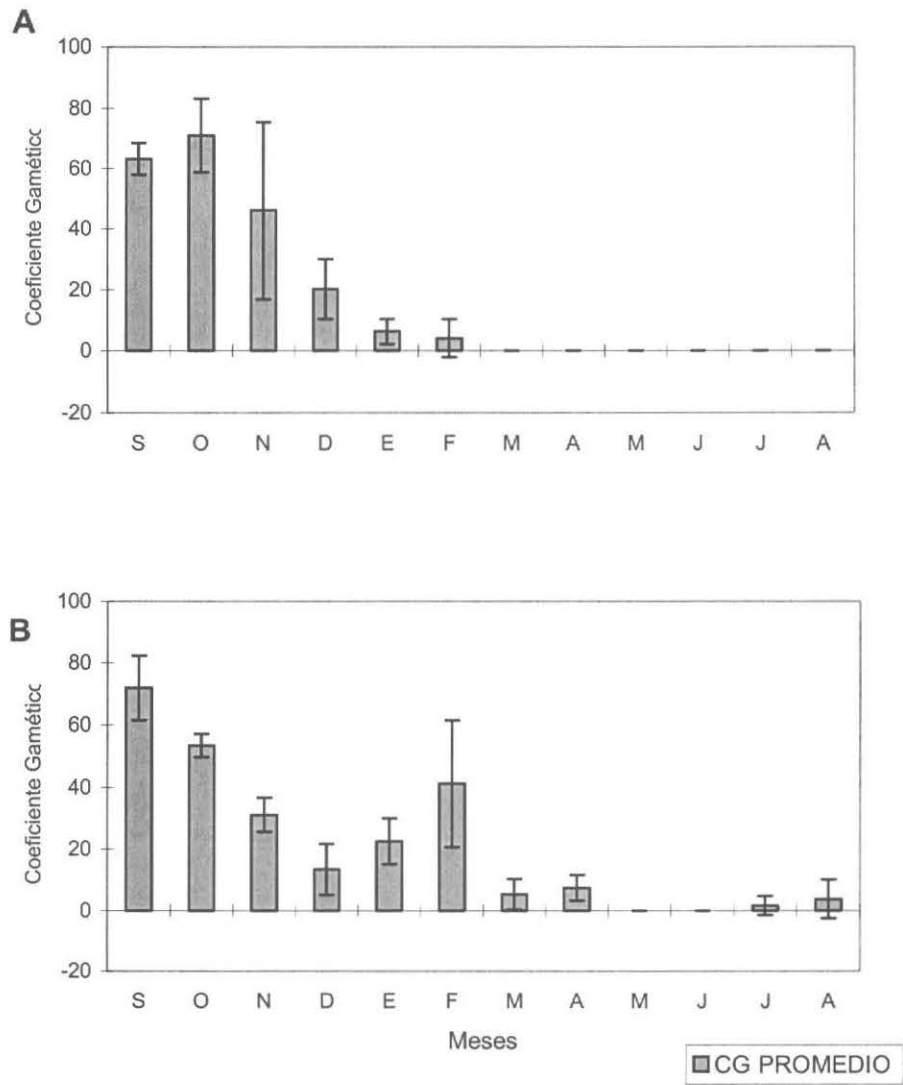
**Figura 16.** Longitudes de la macha estimadas a la edad para Cucao, Quilanlar y total (Cucao + Quilanlar).



**Figura 17.** Líneas de regresión entre las variables longitud total, versus longitud-umbo y alto de las valvas para los bancos de las regiones I, III-IV y X región.



**Figura 18.** Frecuencia (%) de hembras (a), machos (b) y población total (c) en los distintos EMS entre septiembre de 2000 y agosto de 2001, en Cucao.



**Figura 19.** Coeficiente gamético para machos (a) y hembras (b) en Cucao, entre septiembre de 2000 y agosto de 2001.

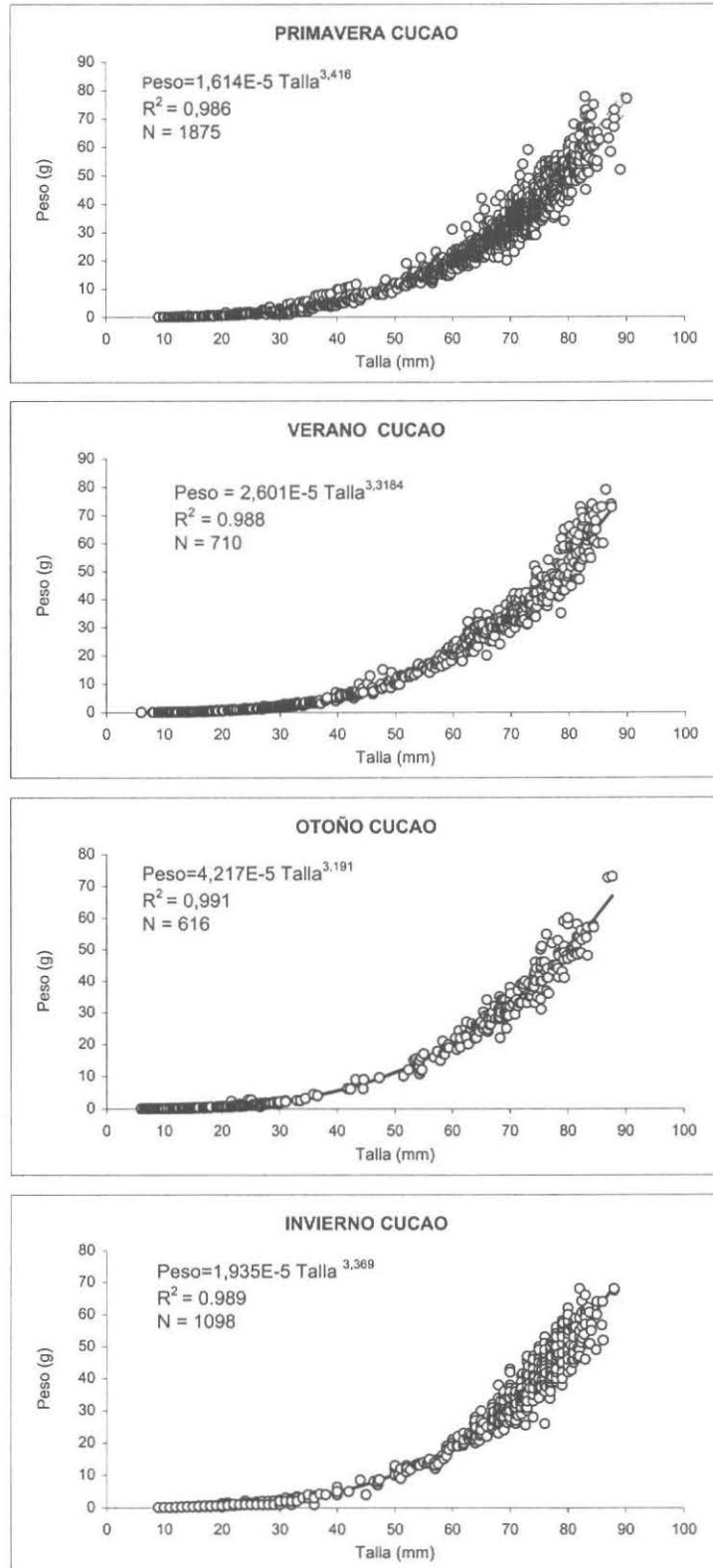
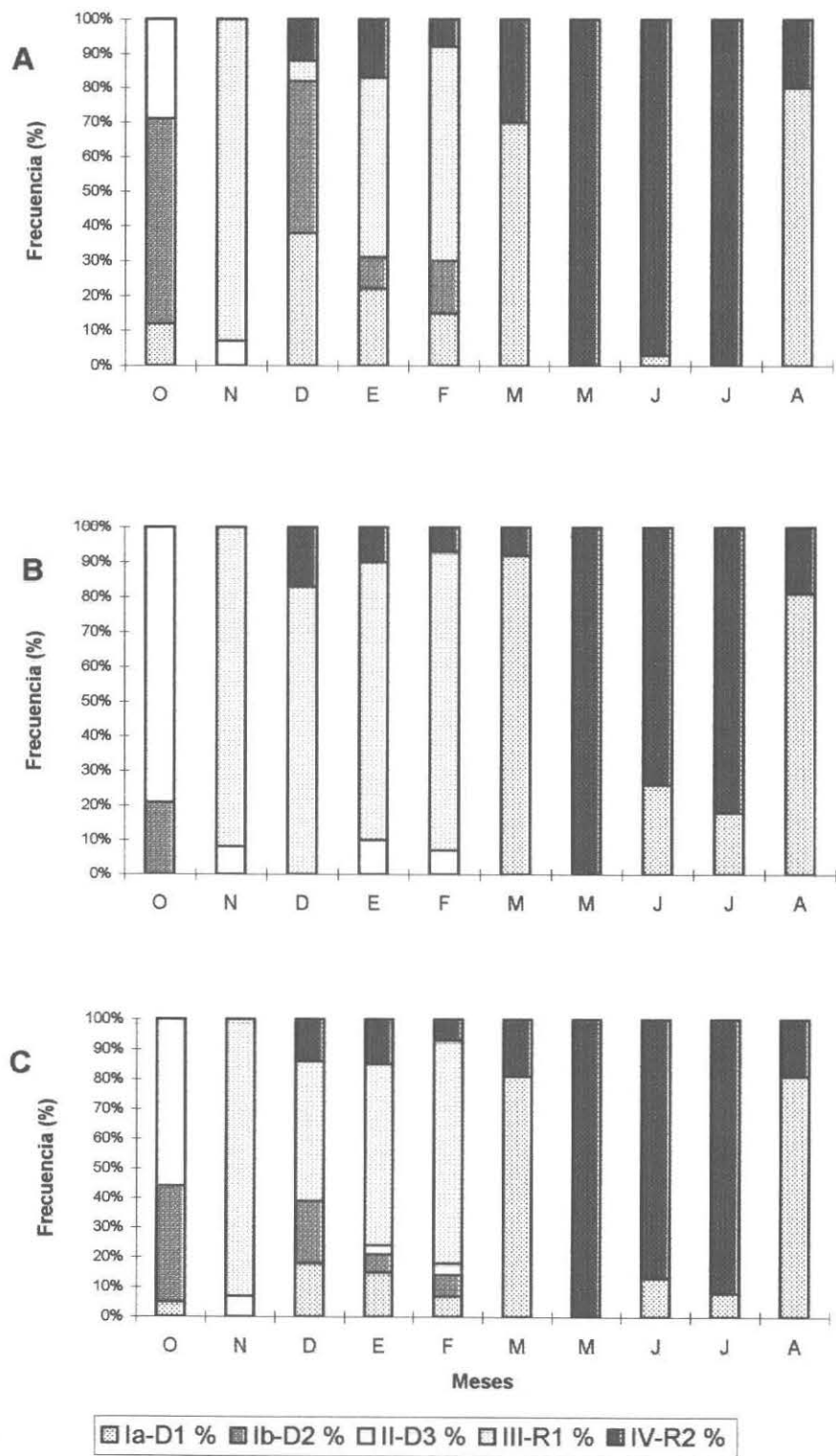
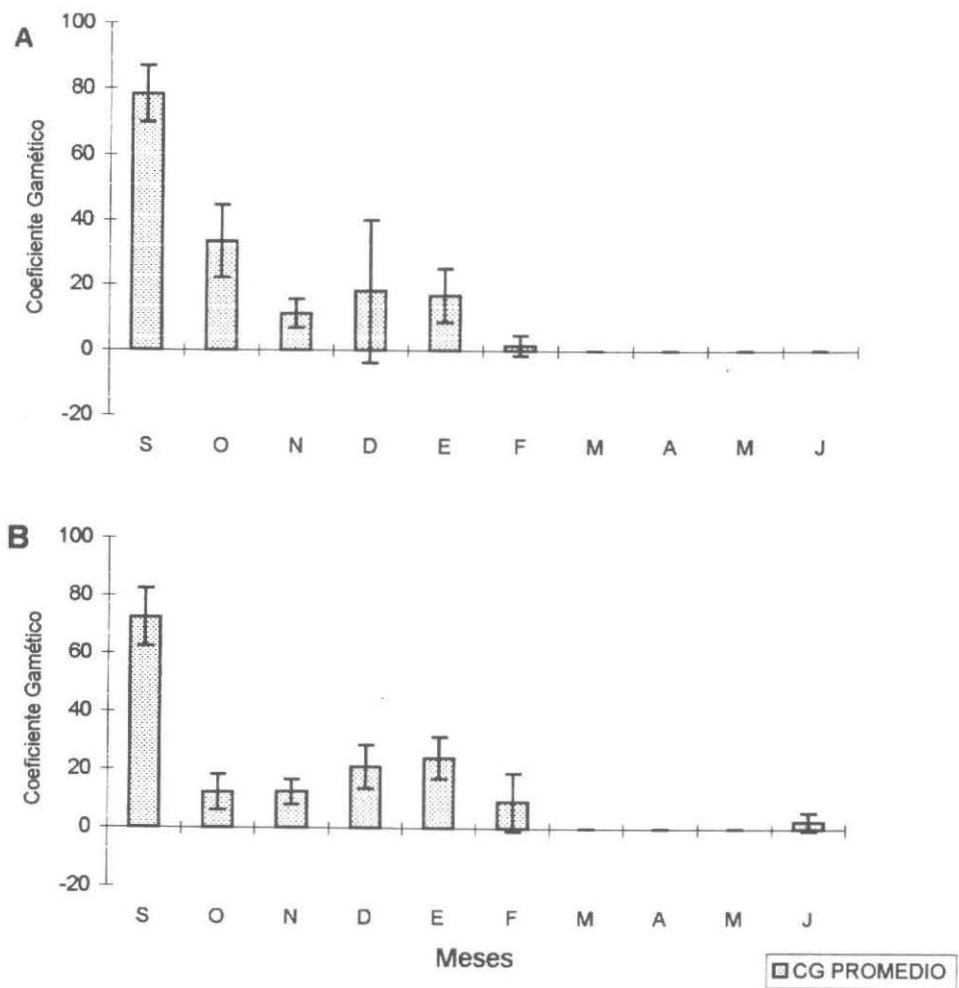


Figura 20 . Relaciones talla-peso por estación de la macha en Cucao.





**Figura 21.** Frecuencia (%) de hembras (a), machos (b) y población total (c) en los distinto EMS, entre octubre de 2000 y agosto de 2001, en Quilanlar.



**Figura 22.** Coeficiente gamético para machos (a) y hembras (b) en Quilanlar, entre octubre de 2000 y Agosto de 2001.

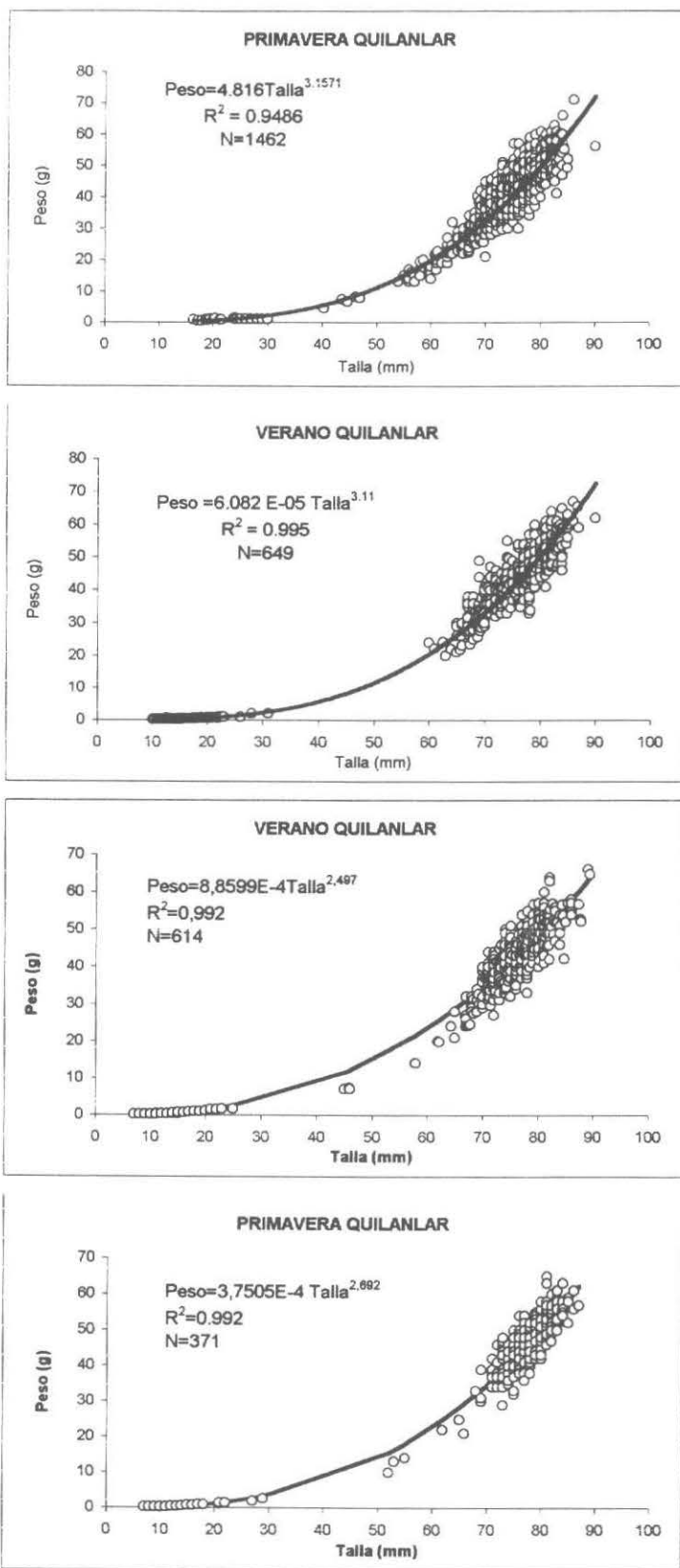
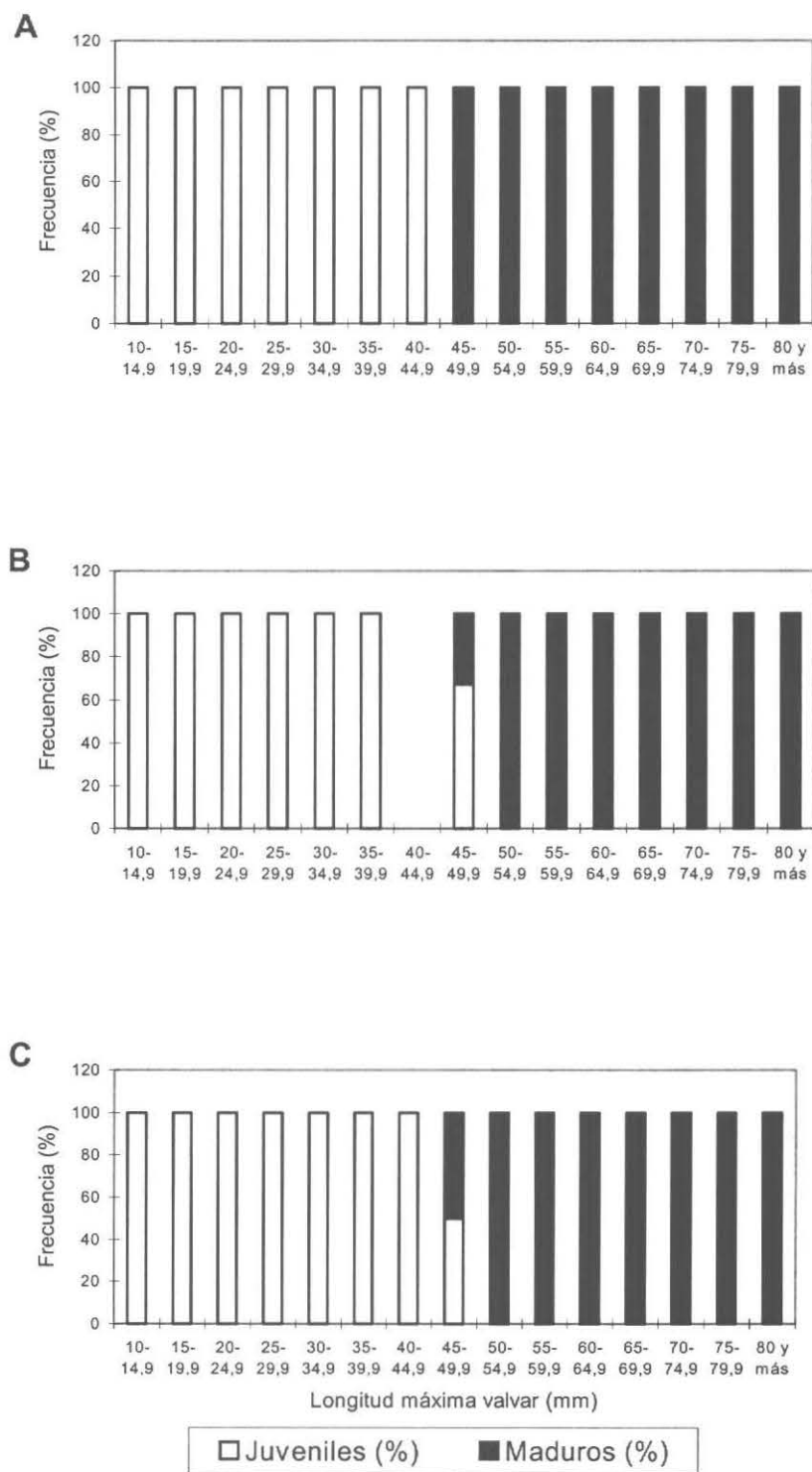
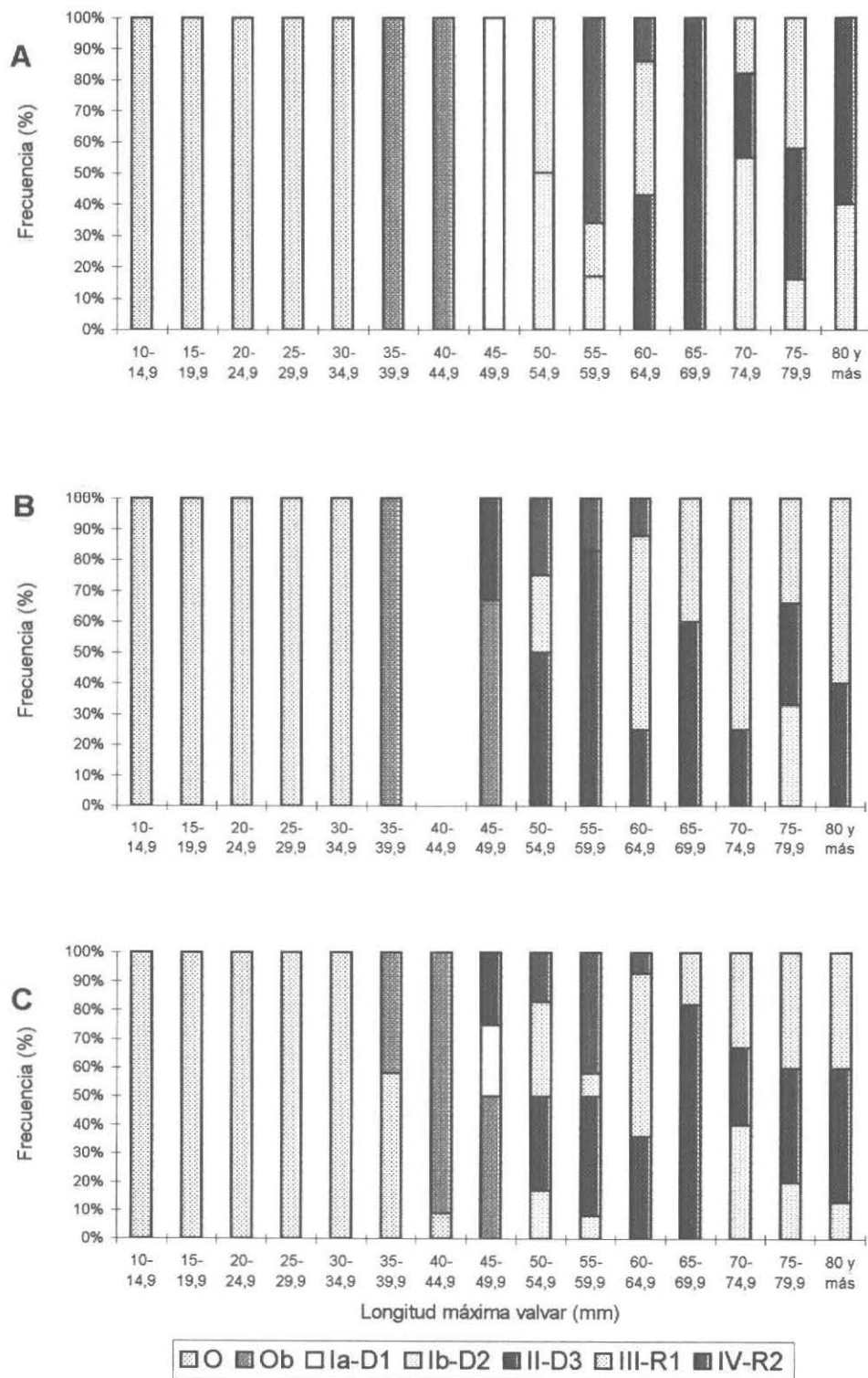


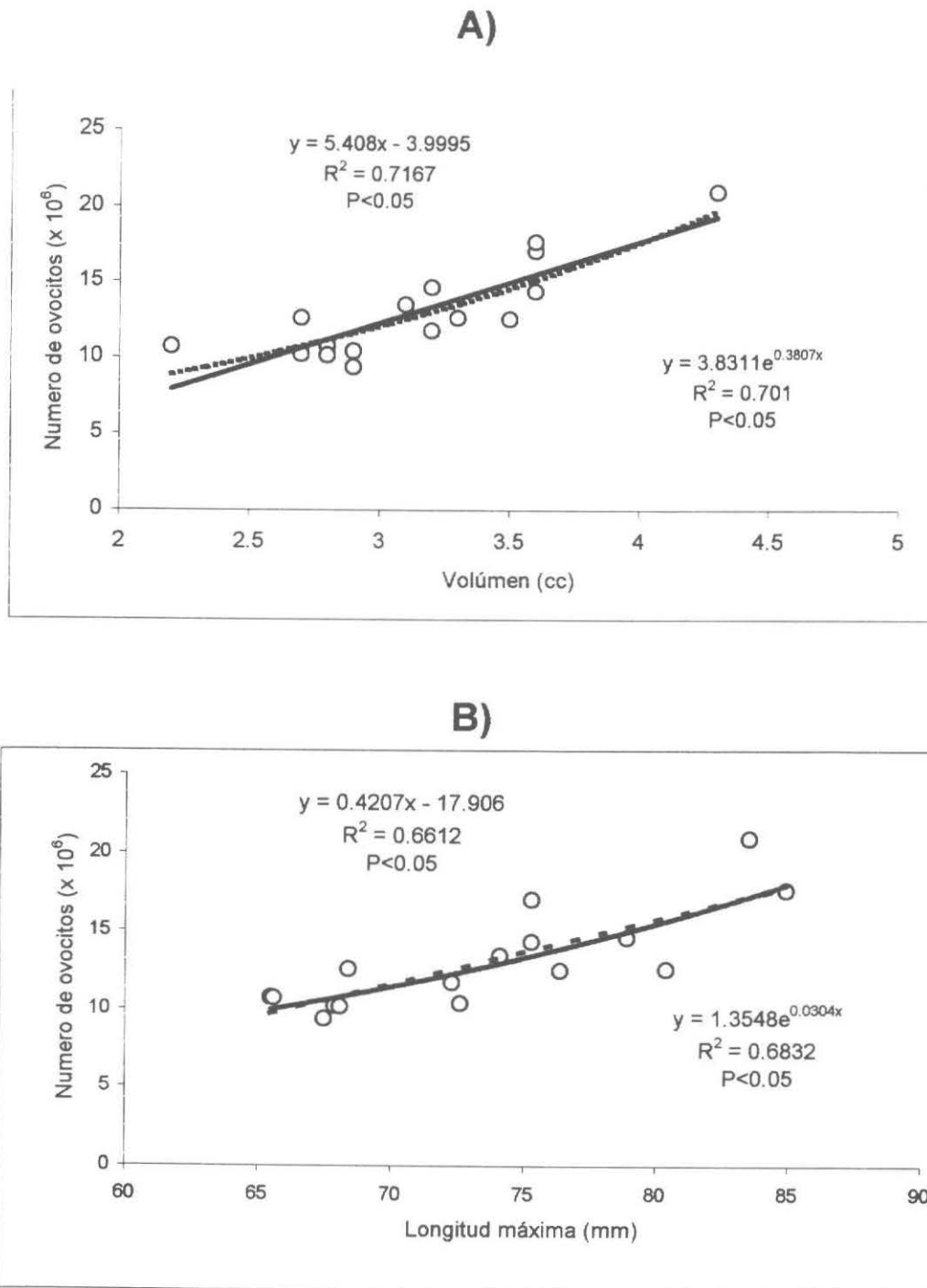
Figura 23 . Relaciones talla-peso por estación de la macha en Quilánlar.



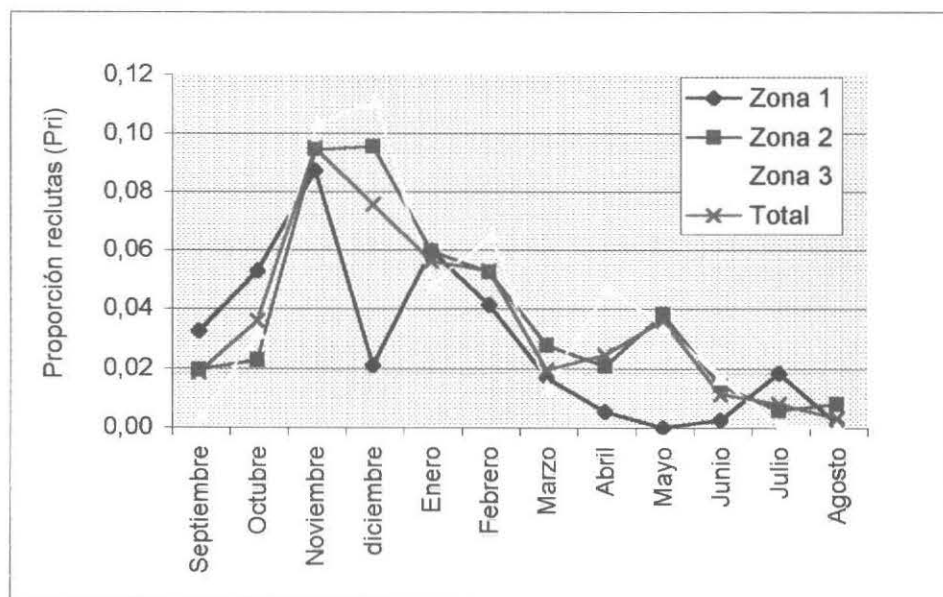
**Figura 24.** Talla de primera madurez sexual de la macha: (A) hembras, (B) machos, y (C) y población total.



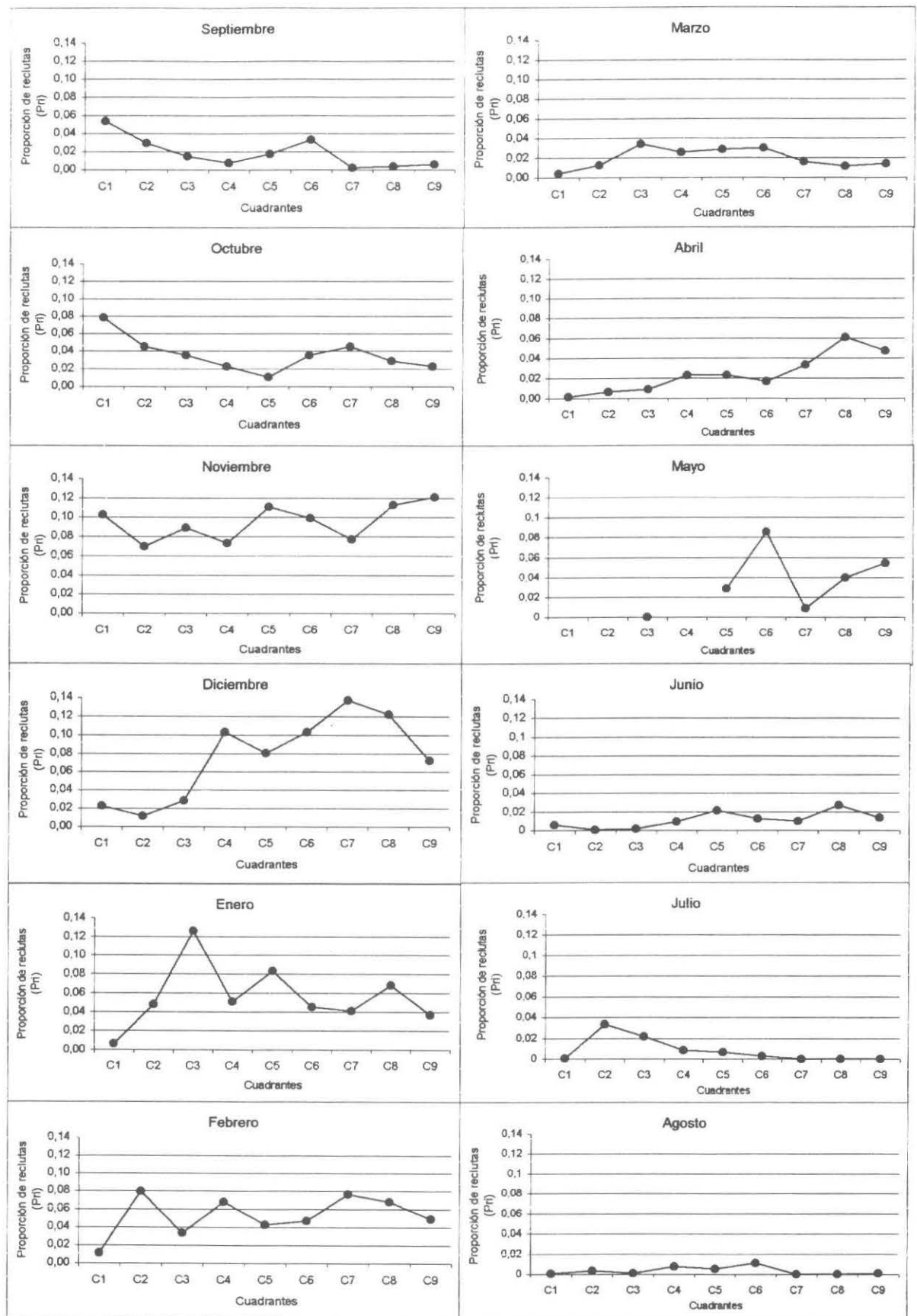
**Figura 25.** Estados de madurez sexual de machas: (A) hembras, (B) machos, y (C) población total.



**Figura 26.** Relación entre el volumen y la fecundidad (A) y entre la longitud máxima y la fecundidad (B) en macha de la X Región.

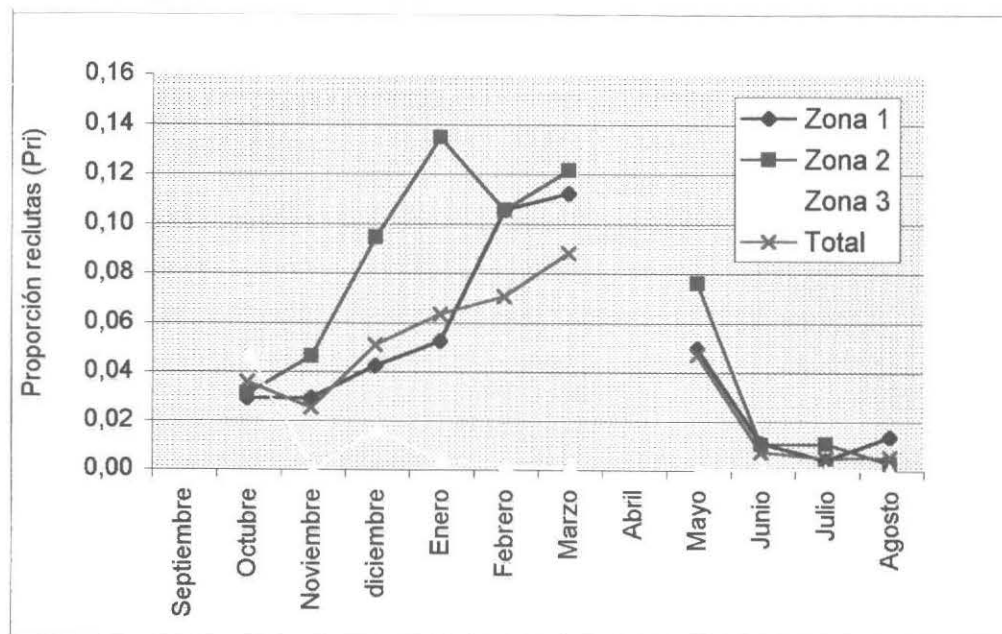


**Figura 27.** Variación mensual de la proporción de reclutas de macha (< 10 mm) por zona de muestreo en Cucao.

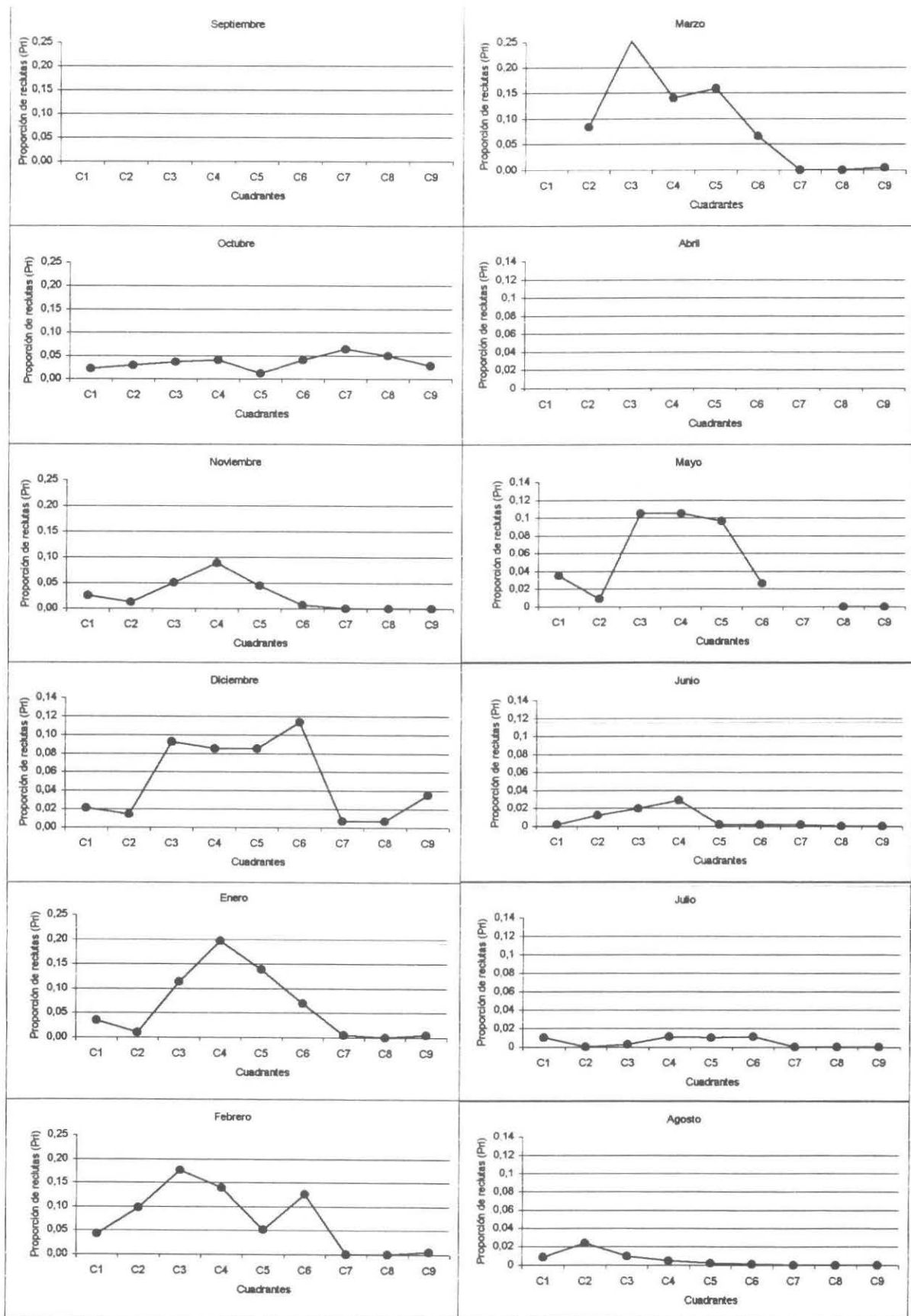


**Figura 28.** Variación de la proporción de reclutas de macha (<math>< 10\text{ mm}</math>) por mes y por cuadrante en Cucao.  
**Obs.:** Los cuadrantes C1, C2, C3 corresponden a la zona 1, los cuadrantes C4, C5 y C6 a la zona 2 y los restantes a la zona 3.

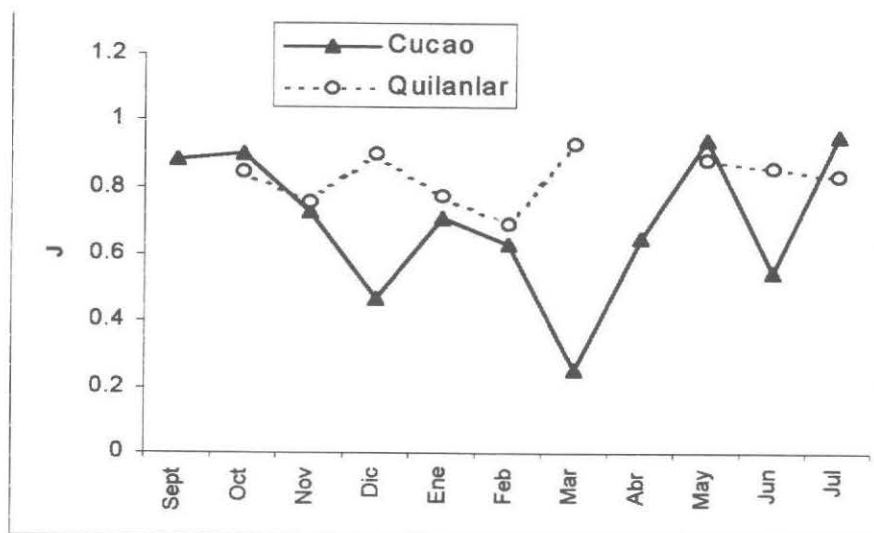
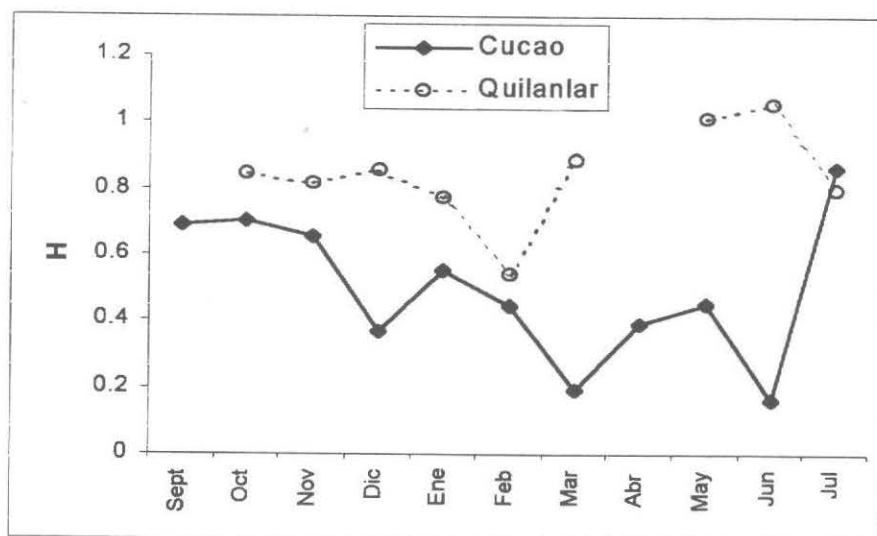




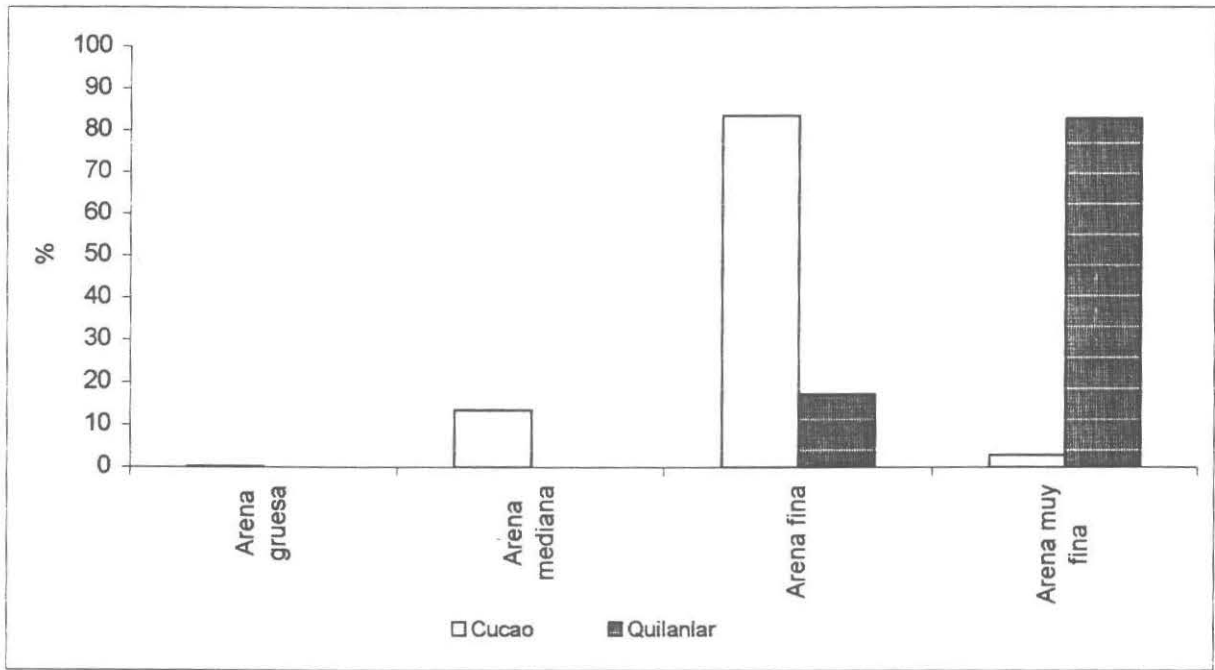
**Figura 29.** Variación mensual de la proporción de reclutas de macha (<math>< 10\text{ mm}</math>) por zona de muestreo en Quilanlar.



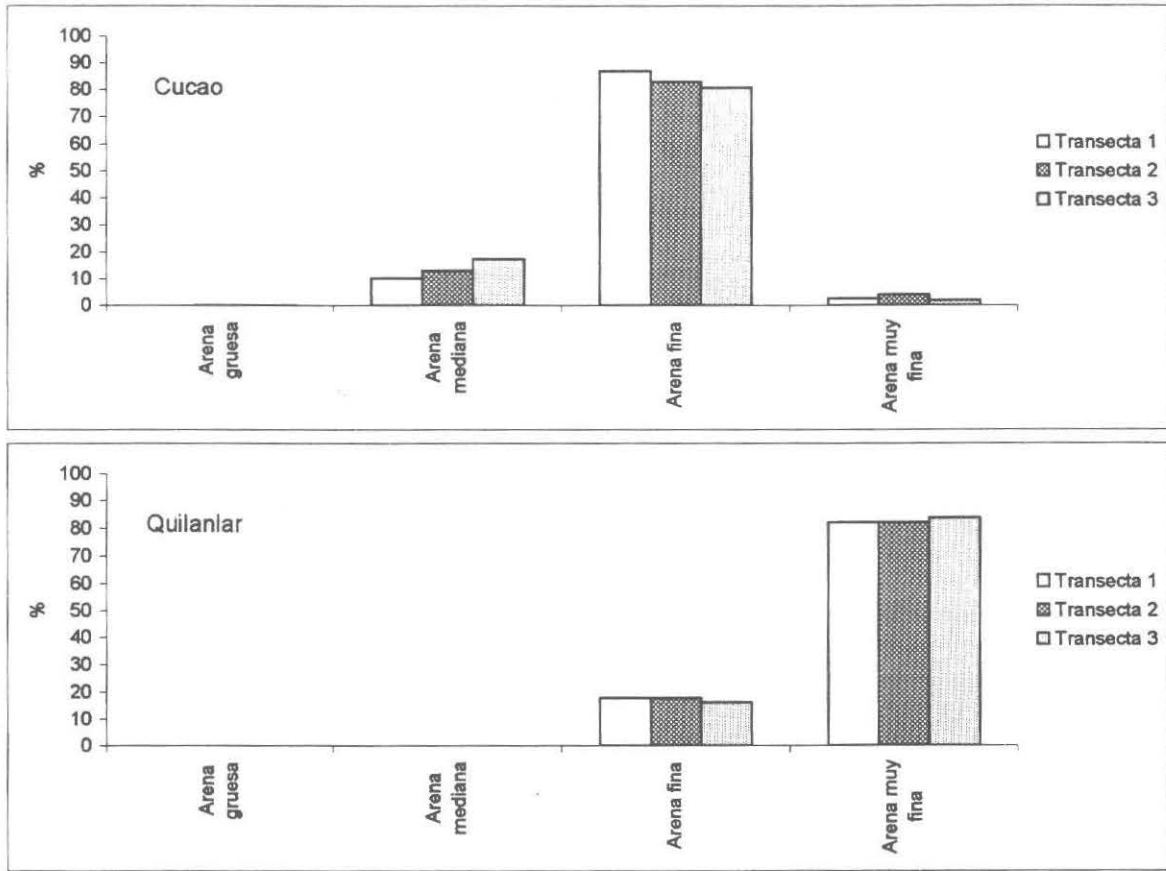
**Figura 30.** Variación de la proporción de reclutas de macha (<math>< 10\text{ mm}</math>) por mes y por cuadrante en Quilánlar.  
**Obs.:** Los cuadrantes C1, C2, C3 corresponden a la zona 1, los cuadrantes C4, C5 y C6 a la zona 2 y los restantes a la zona 3.



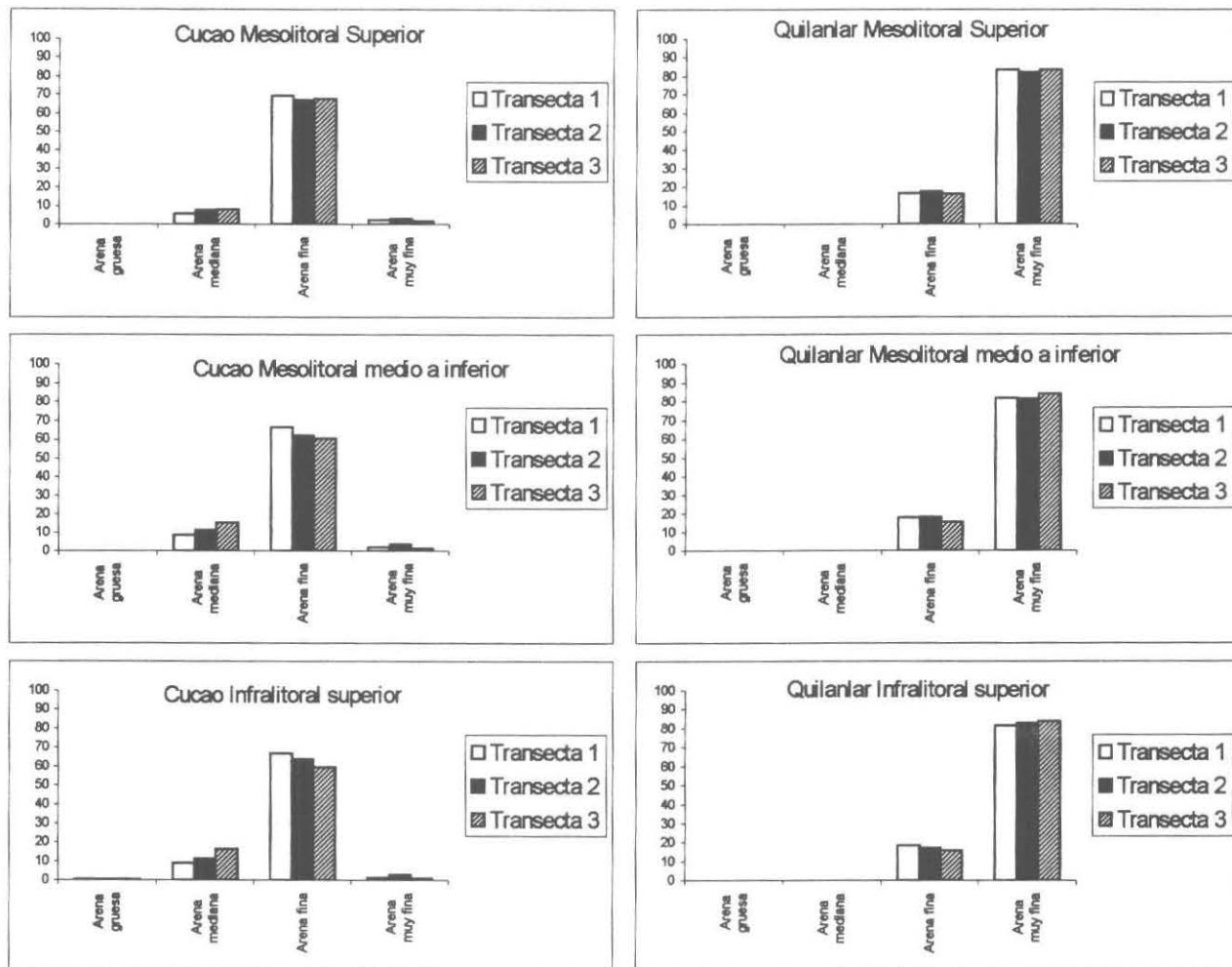
**Figura 31.** Índice de Diversidad de Shannon (**H**) y homogeneidad o diversidad relativa (**J**) de organismos obtenidos en las muestras mensuales de reclutamiento (asentamiento) de las playas de Cucao y Quilanlar.



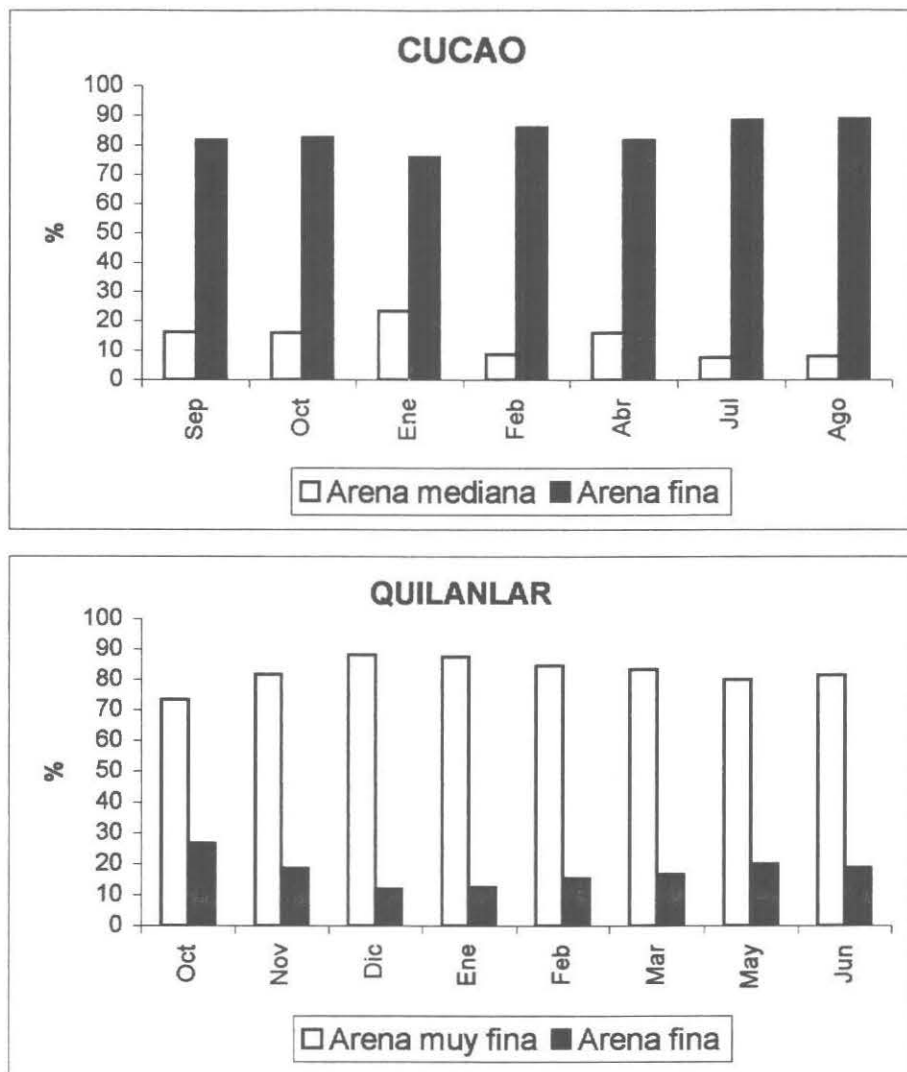
**Figura 32.** Composición porcentual de tipos de arena en la playa de Cucao y Quilanlar para todo el período de estudio (septiembre de 2000 a agosto de 2001).



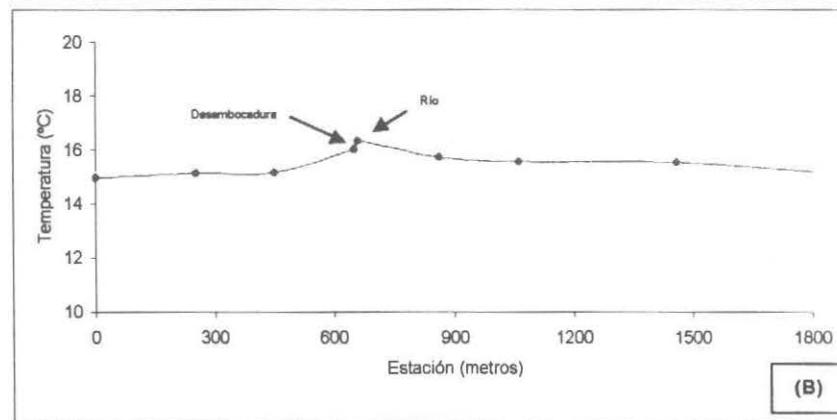
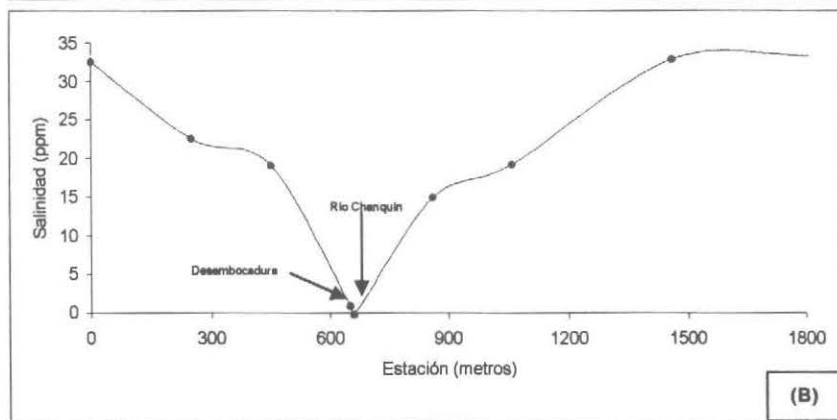
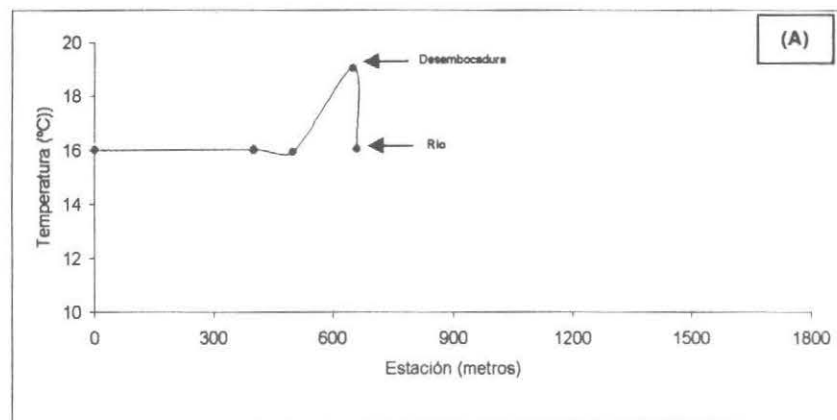
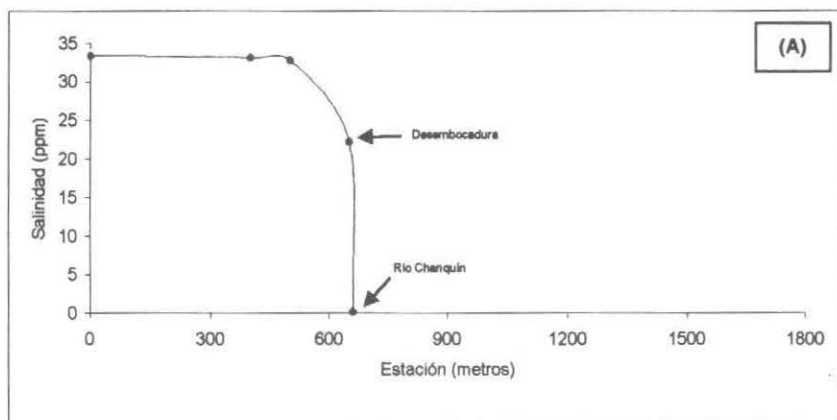
**Figura 33.** Composición granulométrica del sedimento por transecta en las playas de Cucao y Quilanlar para todo el período de estudio.



**Figura 34.** Composición granulométrica (%) de las playas de Cucao y Quilanlar, sobre la base de los tres niveles de la playa (mesolitoral superior, mesolitoral medio a inferior e infralitoral superior) y por transectas, para todo el período de estudio.

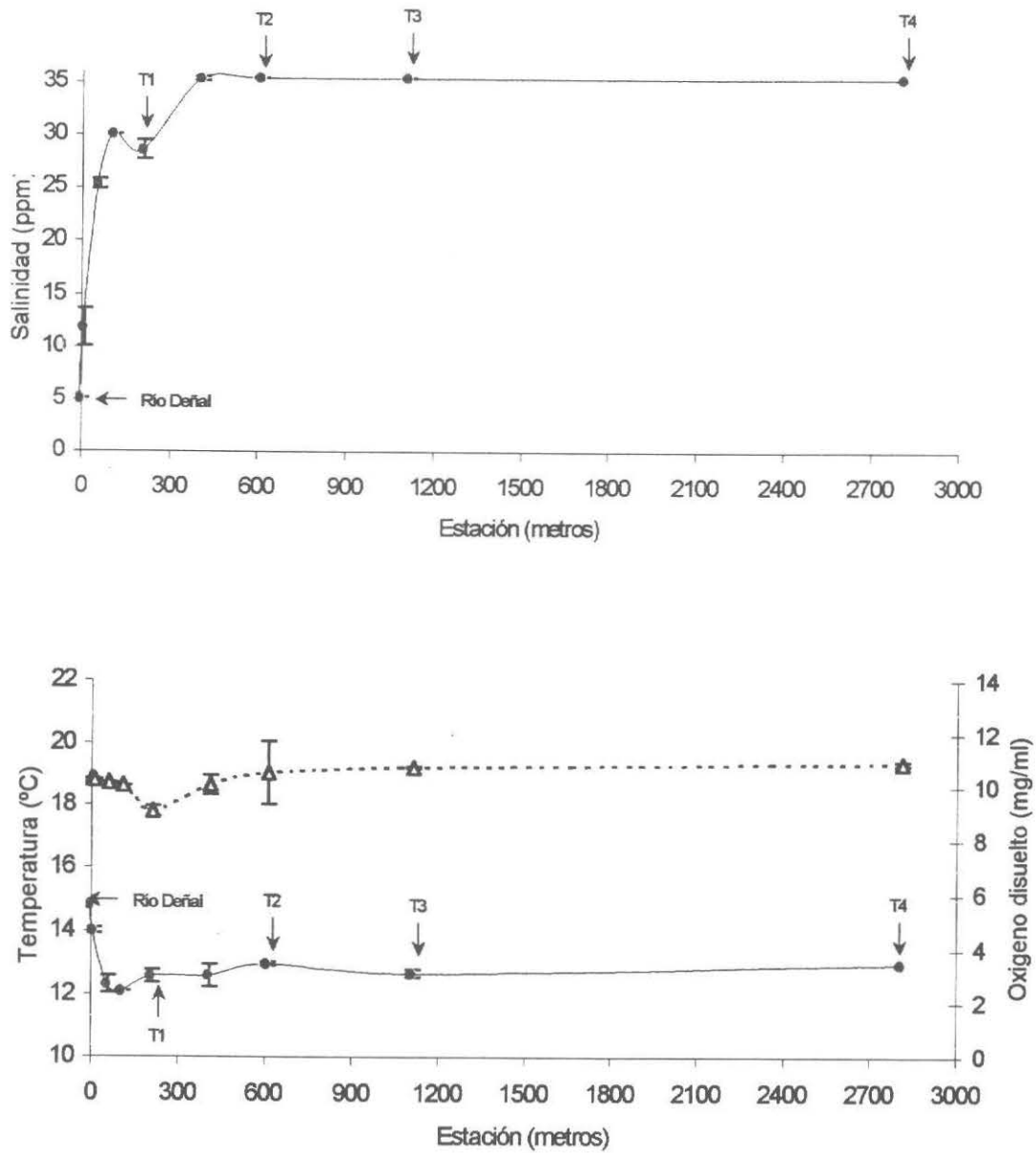


**Figura 35.** Composición porcentual mensual de las arenas finas (250  $\mu\text{m}$ ) y muy finas (125  $\mu\text{m}$ ) en las playas de Cucao y Quilanlar.

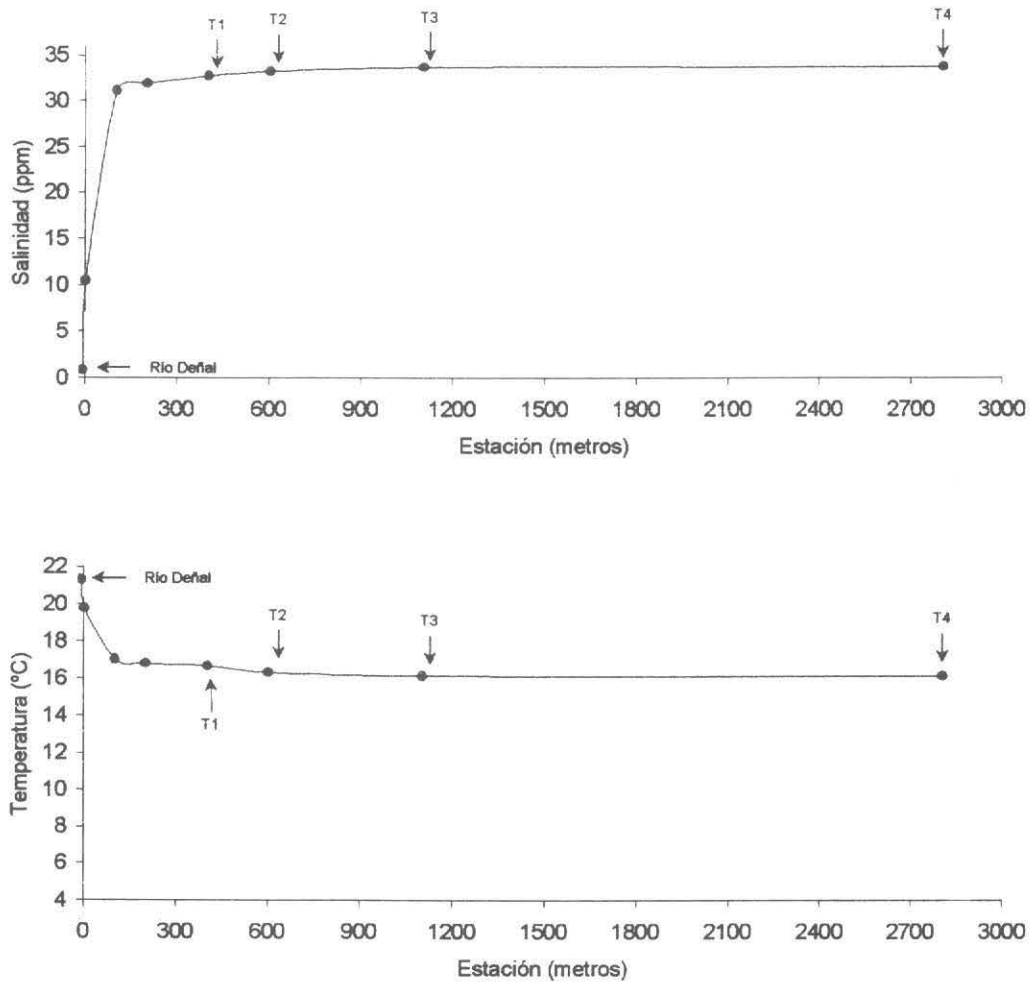


**Figura 36.** Salinidad y temperatura registradas alrededor del Río Chanquin, antes (A) y posterior (B) al paso de un sistema frontal con 8 horas seguidas de precipitaciones. Antes de precipitaciones, viento norte y posterior, viento del sur. Ambas mediciones realizadas en marea baja.

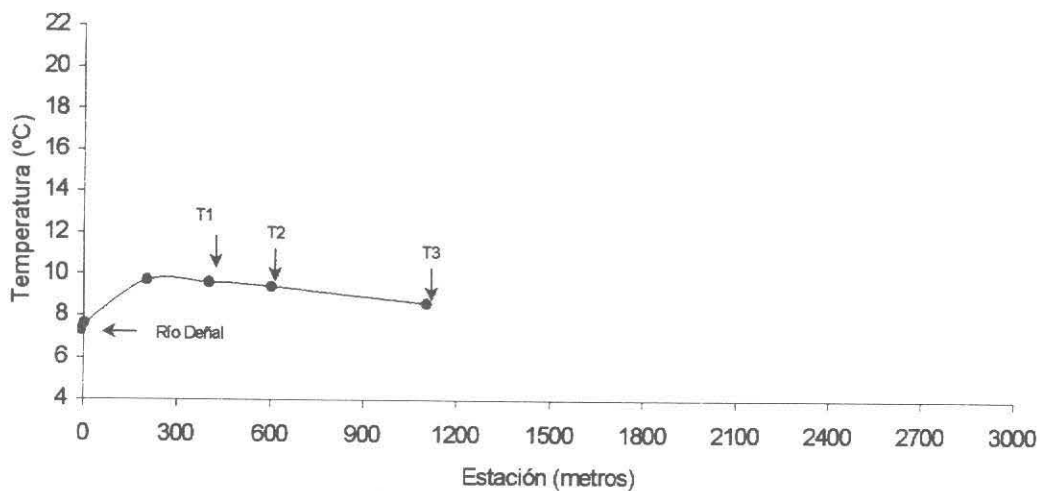
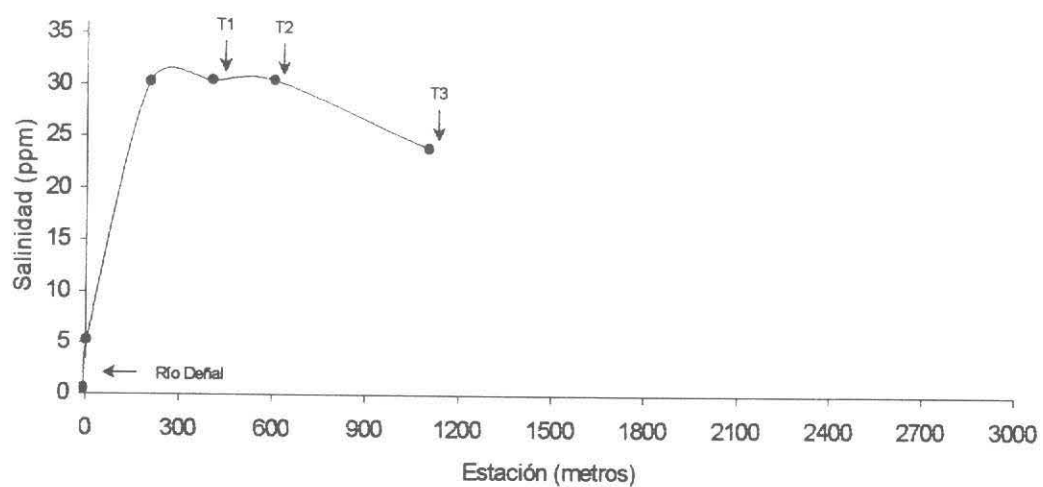




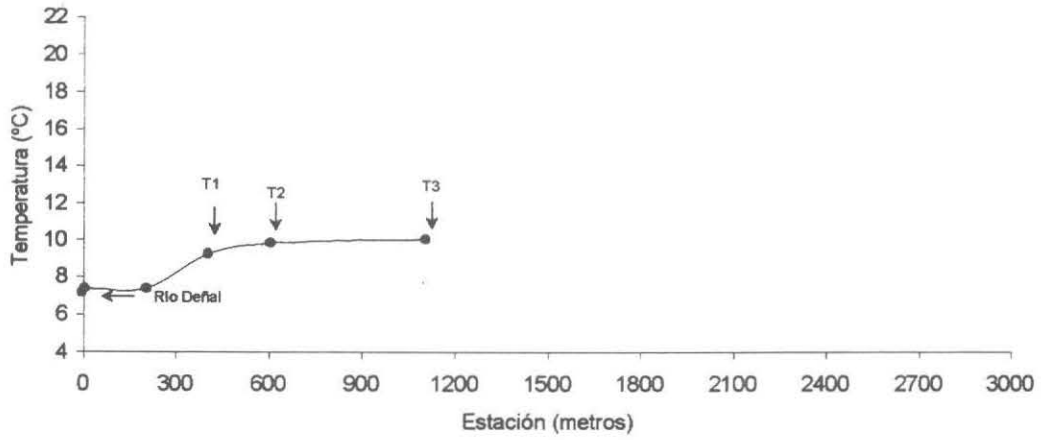
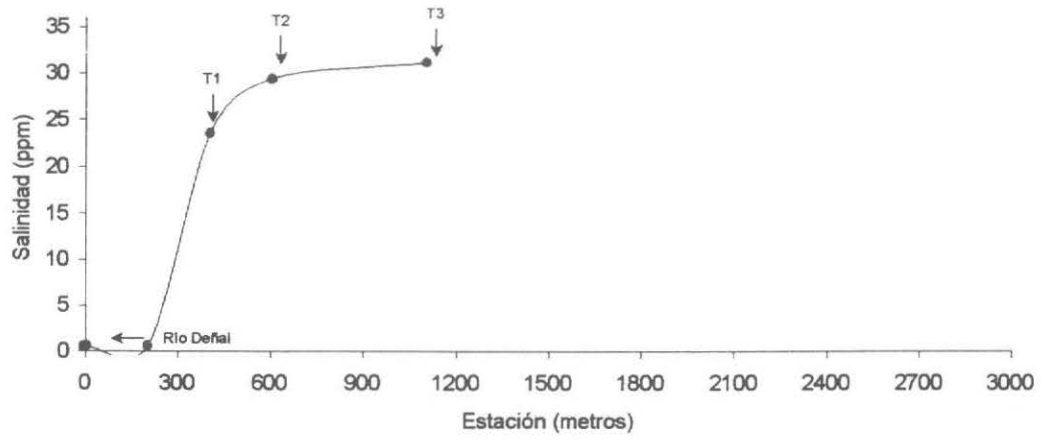
**Figura 37.** Salinidad, temperatura y O<sub>2</sub> en playa Cucao, en octubre de 2000. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3 y T4).



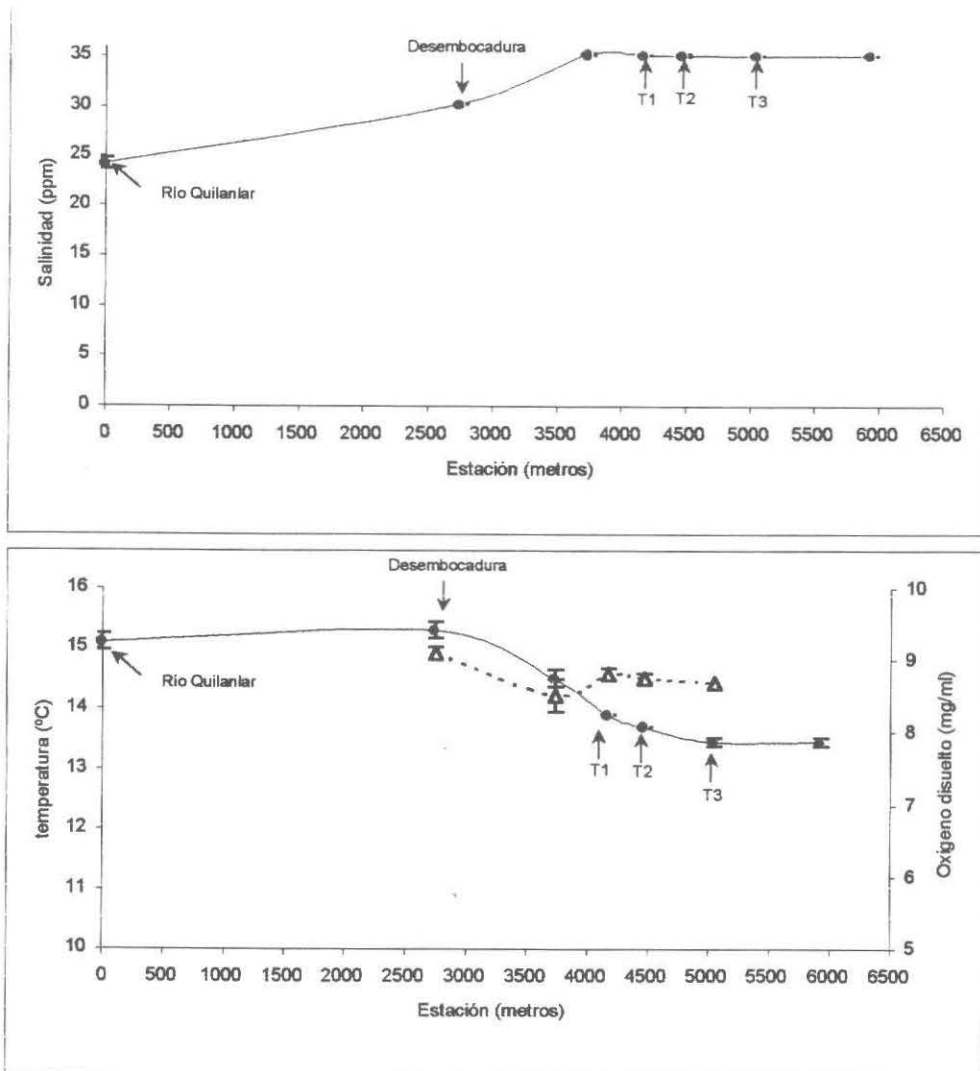
**Figura 38.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en enero de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3 y T4).



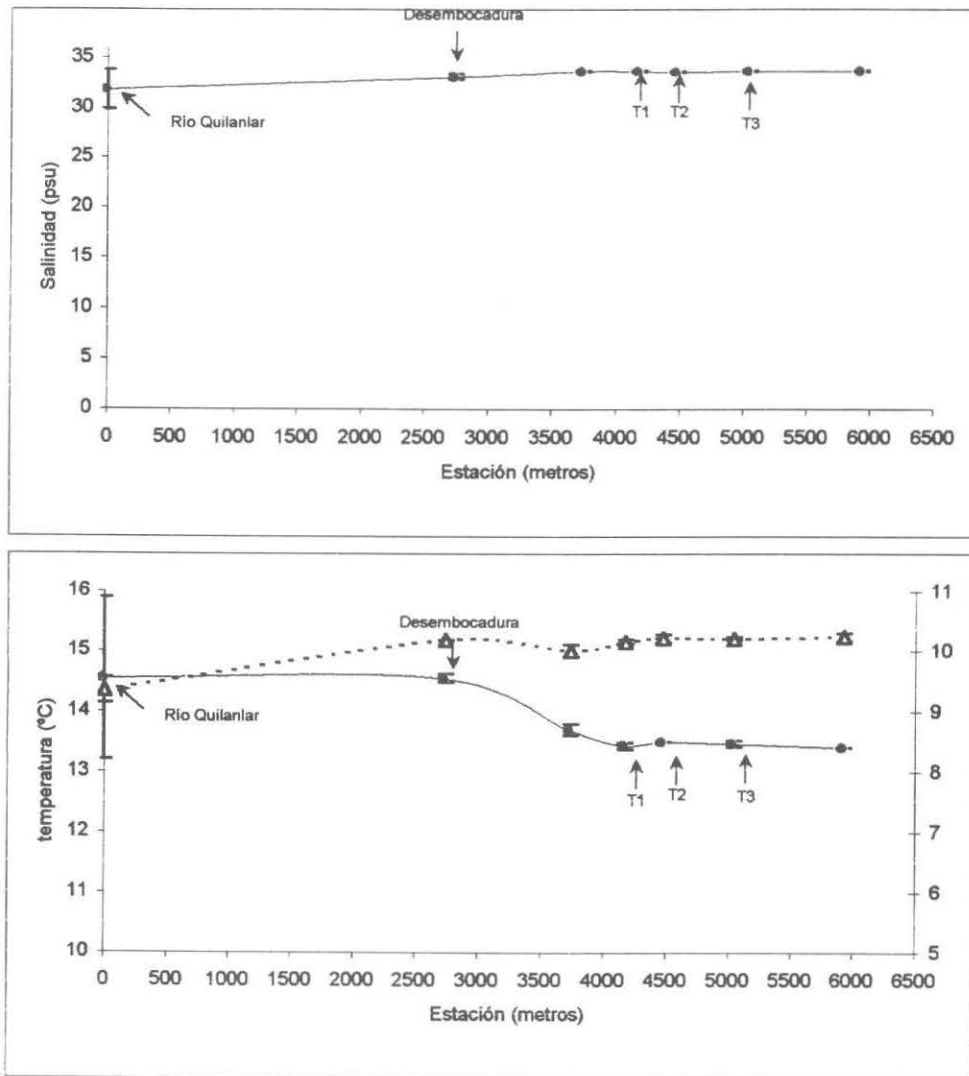
**Figura 39.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en julio de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1,T2,T3).



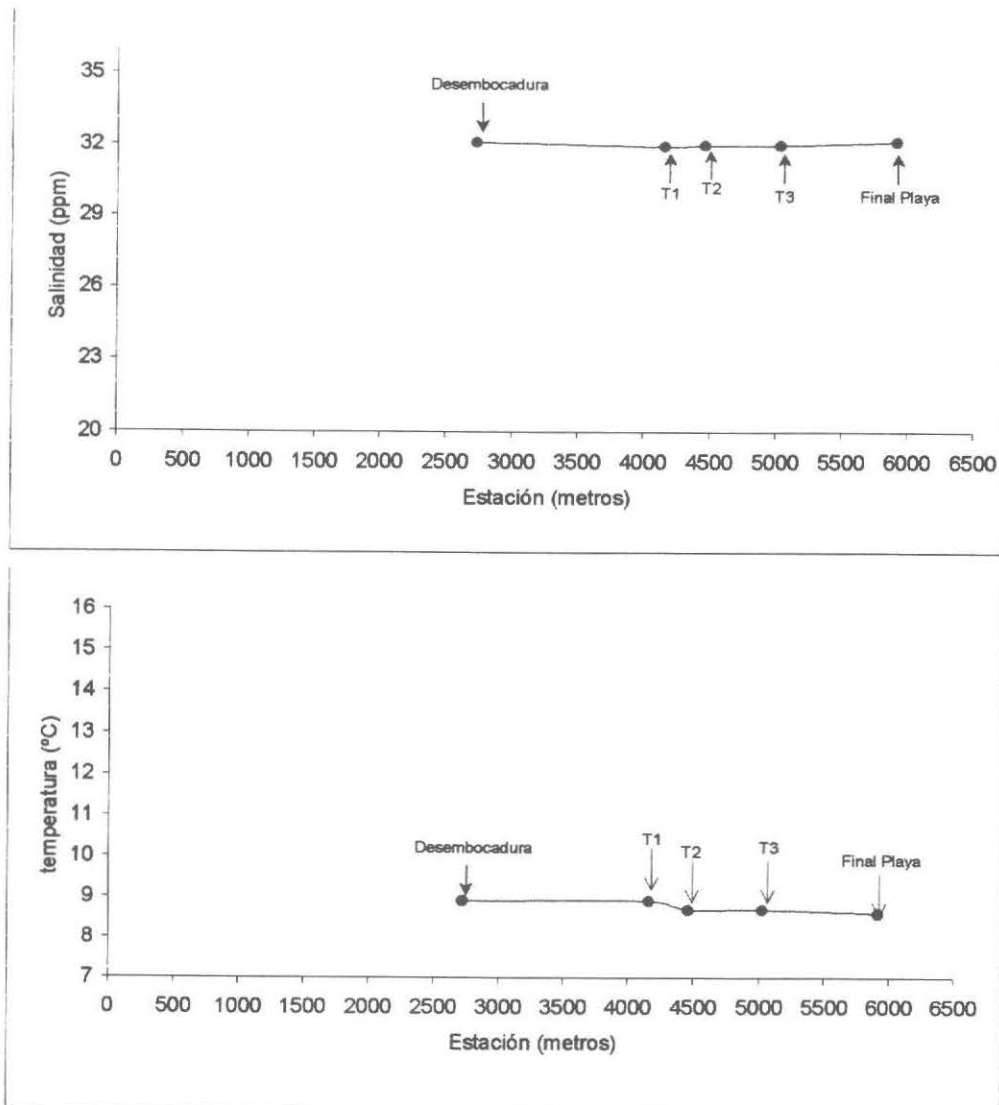
**Figura 40.** Salinidad y temperatura en la playa Cucao, en agosto 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1,T2,T3).



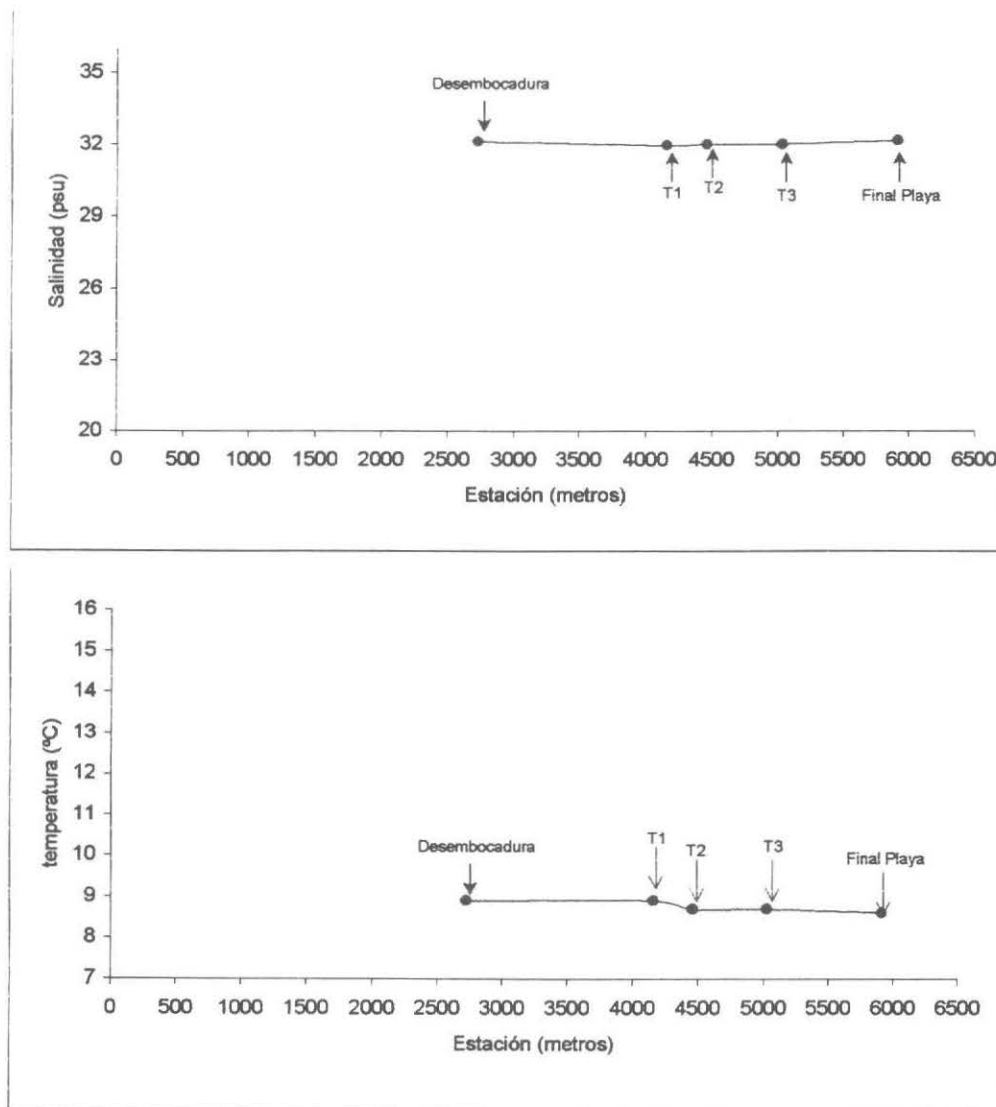
**Figura 41.** Salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en la playa de Quilánlar, diciembre del 2000. Se indican las transectas de muestreo (T1,T2,T3).



**Figura 42.** Salinidad, oxígeno y temperatura en la playa Quilanlar, en febrero de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1,T2,T3).



**Figura 43.** Salinidad y temperatura en playa Quilanlar, en julio del 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).



**Figura 44.** Salinidad y temperatura en la playa Quilanlar, en agosto de 2001. Se indican las transectas de muestreo (T1, T2, T3).



**ANEXOS**

---

# **A N E X O 1**

---

**Folleto de difusión  
del proyecto**

---

P R O Y E C T O

FIP2000-17

# ESTUDIO BIOLOGICO PESQUERO DEL RECURSO MACHA EN LA X REGION

FINANCIA



EJECUTA



INSTITUTO DE  
FOMENTO  
PESQUERO

## ASPECTOS METODOLOGICOS

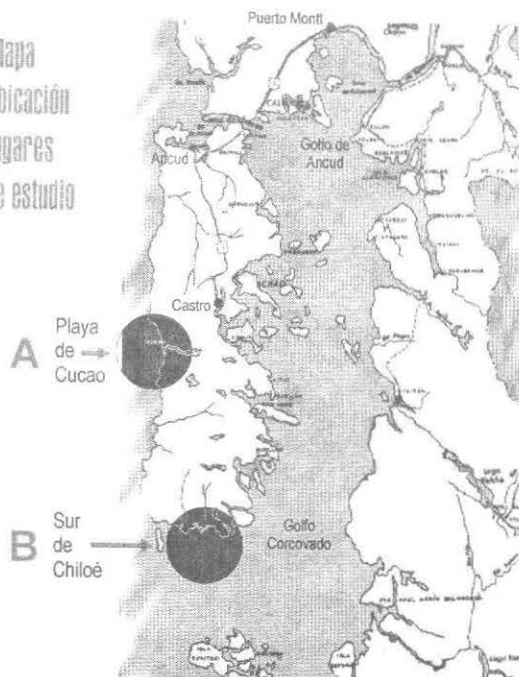
**DURACION DEL ESTUDIO:** 15 meses, de los cuales, durante 12 se realizarán actividades de recolección de muestras (septiembre de 2000 a agosto de 2001)

**LUGARES DE ESTUDIO:** Playa de Cucao (A) y Sur de Chiloé (B), (Bahías Quilantar, Asasao, Inio).

**METODO:** Mensualmente, un equipo de profesionales y técnicos de IFOP realizarán tomas de muestras en dos de los lugares señalados.

En estudios relacionados con la pesca artesanal, el IFOP tiene como práctica habitual establecer un estrecho contacto con los pescadores artesanales y lugareños asociados a las pesquerías de machas locales, pues su aporte permite mejorar el conocimiento, tanto de la macha como de las zonas de estudio, así también permite solucionar dificultades operativas propias de las actividades de muestreos. Por nuestra parte, en la medida que se requiera, se entregará información y se establecerán reuniones de divulgación del quehacer de IFOP.

Mapa  
ubicación  
lugares  
de estudio



S  
de  
ón



## TRATAMIENTO DE VALVAS PARA ESTUDIO DE EDAD DE LA MACHA EN LA X REGIÓN

---

### Tratamiento de las valvas del muestreo para el estudio de la edad

El tratamiento inicial comprende el registro de la longitud total de cada individuo, clasificándolo, en una primera etapa, según los intervalos de clase establecidos y en el número estipulado. Luego se procede a la apertura de las machas, situación que se ve facilitada al someterlas a una pequeña cocción que permita su apertura sin dañar su periferia. Posteriormente se limpian y rotulan internamente con el número de secuencia correspondiente, quedando así dispuesta para el tratamiento posterior del muestreo. Ambas valvas de una macha se rotulan con un número común, con lápiz grafito o plumón indeleble.

Una de las valvas del par colectado recibe un tratamiento especial a fin de removerles el periostraco. Se elige la valva derecha<sup>1</sup> para aplicarle el tratamiento con hipoclorito de sodio (blanqueador o cloro de uso doméstico envasado al 5%), dejando de este modo la valva izquierda intacta. El fin de ello es que la valva sin tratar también aporta características que ayudan en la determinación de la edad del individuo.

Se disponen las valvas en forma ordenada (sin sobreponerlas) en bandejas, se cubren con blanqueador diluido y se tapan. Se deja por varias horas y se va revisando, o bien se deja inmersas las valvas por una noche en soluciones más suaves y con ello se logra remover el periostraco, pudiendo apreciar como

---

<sup>1</sup> Se denomina valva derecha a la que resulta en esa dirección al situar una macha con el umbo hacia el observador y la parte anterior hacia arriba.



resultante una valva muy blanca. El tiempo que se dejen en la solución dependerá si ella está sin o con algún grado de uso, y del tamaño de las valvas.

Cada vez que se termina la inmersión en solución blanqueadora, las muestras se lavan con agua corriente y se dejan secar, siempre revisando que el número del rótulo no se esté borrando. Luego de preparadas, se tornan más frágiles y es necesario depositarlas cubiertas con toalla de papel absorbente junto a su par, en bolsas pequeñas etiquetadas indicando los números de los registros de las valvas que contienen.

Evitar el exceso de manipulación de las valvas ya tratadas, permite conservarlas en mejor estado para el estudio y al momento de análisis se sabe directamente donde buscarlas. Las muestras se guardan almacenadas del modo indicado en cajas archivadoras rotuladas con el período y zona, quedando de este modo disponible para realizar en ellas las determinaciones de edad.

### Valvas enteras

Se registran las mediciones de la longitud total (Lt); longitud desde el umbo (Lu) y alto máximo (A) en cada valva analizada, utilizando pié de metro (**Figura 1**) y luego se aprecia la secuencia de anillos de crecimiento en general.

Aun cuando el sentido del crecimiento de este molusco se desarrolla principalmente en la dirección umbo - zona anterior, tal como se aprecia en la línea negra gruesa en la figura antes mencionada, las mediciones de los anillos de crecimiento se realizan en el eje antero - posterior. Esto obedece a que los parámetros de crecimiento se requieren que representen esta dirección, debido a que en lo práctico la longitud que se registra en terreno de estos bivalvos es la longitud total. No obstante se toman las otras mediciones señaladas para conocer



las relaciones de aspecto de las machas de esta región y a su vez contar con funciones que permitan la conversión de las medidas de los anillos hacia otros ángulos del crecimiento, como así mismo posibilitar la comparación con las machas de otros bancos.

En la lectura de edad realizada por la cara externa de la valva se aprecian anillos concéntricos muy marcados, con algunos que se hundan más notoriamente en la valva. En ella se observan 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. En la **Figura 1** se muestra ejemplificado con L1, la forma en que se miden los anillos de crecimiento, en este caso L1 corresponde a la longitud total del primer anillo.

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 se marcan por la cara interna de la valva, y en el caso que se requiera su mejor visualización se logra empleando luz transmitida, pero esta opción es empleada sólo como medio de reforzar las apreciaciones que se tienen por la cara externa de la valva.

Si bien en la determinación de la edad en la cara externa de las valvas es útil observarlas en un plano paralelo frente al observador, caso como se presenta la imagen en la **Figura 1**, en la práctica se debe emplear planos de diferente inclinación que permitan apreciar el hundimiento de los anillos en la valva, su tonalidad y espesor, para dejarlos clasificados como anillos de crecimiento a registrar (anillo verdadero).



Otro punto que ayuda en la decisión de qué anillos registrar como verdaderos, es que al seguir el recorrido de estos en la cara externa de la valva, presentan también en la zona posterior un hundimiento notable.

En las valvas de macha, desde el inicio del crecimiento, hasta llegar a formar el primer anillo, se aprecian líneas de crecimiento finas. Se destaca dentro de estos, 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 esta estudio como pre-anillos.

En la **Figura 2** se presentan valvas a las que se les registró desde edad 2 a edad 5, cada anillo a considerar como verdadero, después de la discriminación descrita anteriormente, tiene una marca con grafito en su extremo posterior, facilitando de este modo la medida los anillos considerados. Esta secuencia ejemplifica el estado natural como se presenta la muestra antes del tratamiento (valva izquierda) y después de él (valva derecha), en que la valva ha tomado un color blanquecino destacándose los anillos de crecimiento en tono gris.

En la **Figura 3** se observan machas de mayor edad que lo presentado en la figura anterior. Siguiendo el orden vertical se presentan muestras de edad 6, 7, 9 y 8. En las dos primeras se aprecia un incremento marginal amplio y en las dos últimas si bien se aprecia poco el último anillo debido al ángulo en que se toma la imagen, el crecimiento después del último anillo es escaso.

El empleo de la cara externa de las valvas en la determinación de la edad de diferentes especies del orden *Mesodesma* ha sido empleado con buenos resultados.





Otros estudios no han empleado el sistema de retirar el periostraco en forma previa a la lectura de valvas como se cita en Defeo *et al.*, 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, en estudios de *Mesodesma donacium* realizados en diferentes zonas Chile (Céspedes 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.

Recientemente, Jeréz *et al.*, 1999, en el estudio de edad y crecimiento de *Mesodesma donacium* en bancos de la zona norte de nuestro país, introdujeron la técnica de inmersión de las muestras en solución de hipoclorito de sodio, la cual presenta ventajas que benefician la determinación de la edad.

La aplicación de la técnica de tratamiento de valvas con solución blanqueadora a sólo una valva del par de cada individuo, posibilita determinar la edad de la muestra ayudándose de los patrones de anillos observados tanto en la valva tratada, como en la sin tratar.





### Valvas seccionadas

Tanto para seccionar y dividir en dos componentes la muestra, como para obtener una lámina fina del sector de interés, se emplearon dos posiciones de corte en las valvas; la primera posición fue orientada en el eje vertical de la concha pasando a través del umbo (Purchon, 1968), (trazo A-B en la **Figura 4**) y en la segunda se utilizó un seccionamiento que permitía pasar por la línea media del umbo (trazo C-D en la **Figura 4**).

### Confección de bloque y obtención de láminas finas

Como se mencionó anteriormente, a modo de proteger la periferia de las muestras se emplea la inclusión de ellas en bloques de resina epóxica.

En la bibliografía se observa que la técnica de inclusión de las valvas en resina no es un procedimiento frecuente debido a la diferente consistencia o robustez de las valvas de los moluscos estudiados y también debido al tipo de corte que se requiera. En el presente estudio se ha adaptado la técnica de bloques de resina empleada en otolitos de peces (Bedford, 1983).

Las resinas existentes para este procedimiento son de diferentes durezas encontrando productos alternativos rígidos, semi-rígidos y flexibles, lo que permitió probar diferentes combinaciones. Estas se mezclan junto a otras sustancias endurecedoras y se vierten en moldes aluminio, plástico u otro material destinados para este propósito. Se prepara en cantidades pequeñas para minimizar la reacción exotérmica.



En cada molde se deposita una cantidad de resina de aproximadamente 5 mm de alto, lo que constituirá la cama de apoyo de la muestra. Una vez endurecida esta capa y teniendo posicionada la muestra se completa el llenado del molde.

En el corte del bloque de resina se emplea una máquina de corte de precisión, marca ISOMET, con la cual se cuenta en el Laboratorio de Edad y Crecimiento de la Institución.

Esta máquina posee hojas de corte diamantadas; velocidad regulable; posee un brazo micrométrico ajustable lo que permite situar la muestra en el punto de interés de corte y brinda piezas cortadas con mucha precisión (**Figura 5**). Proporciona a su vez superficies de cortes muy lisas, las que son obtenidas con una pérdida mínima por desgaste en el corte. Los pesos que se emplean para realizar el corte son variables de acuerdo al tamaño de la muestra y la velocidad de corte que se quiera lograr. Se cuenta con pesos de 25g; 50g; 75g y 150g y la imagen de la figura mencionada recientemente corresponde a un corte en que se está empleando un peso de 150g.

En la **Figura 6** se presenta una vista lateral y frontal del corte del bloque, en la imagen inferior se puede apreciar que se está empleando el uso de dos hojas de diamante distanciadas por un fino separador, lo que proporciona una lonja fina de aproximadamente un milímetro de espesor.

El espesor de la lonja fina puede hacerse aun menor empleando otros separadores de hoja de corte más finos, o bien más gruesos según sea el caso que se requiera en la muestra.

En la **Figura 7** se presenta el corte efectuado en dos bloques de resina, el superior está elaborado con resina de mayor dureza y más transparencia; el



inferior corresponde a bloque de menor dureza. Ambos generan una lonja fina de buenas características para ser estudiada. Como se aprecia en la figura mencionada, la resina es transparente lo que permite la adecuada orientación en el corte.

Si bien las valvas de machas pueden incluirse enteras en el molde de resina, se hace práctico, para emplear menos material en la inclusión, realizar previamente un corte eliminando un sector de la estructura. Este corte previo es efectuado con las valvas hidratadas empleando una sierra de altas revoluciones marca DREMEL.

#### Observación de los anillos de crecimiento en las láminas finas

#### **Seccionamiento efectuados en eje vertical**

Al observar las láminas en el microscopio, se puede apreciar una superficie que cuenta con zonas claras y anillos de crecimiento de color café oscuro que recorren la valva, observándose que algunos afloran nítidamente hacia la zona exterior.

El sistema óptico y de análisis de imágenes (Optimas 6.1) con que cuenta el Laboratorio de Edad y Crecimiento permite desarrollar imágenes para ilustrar como se aprecia la observación de estas finas lonjas al microscopio.

En la **Figura 8** se presenta una composición de imágenes que permite apreciar cómo se observan las láminas finas bajo el microscopio desde el sector umbo hasta la zona ventral.

El recorrido que efectúan las líneas internas a través de la valva, a lo largo de la sección, generalmente no presenta un patrón claro de anillos que pueda ser fácilmente reconocido y empleado en la determinación de la edad, en cambio, la



zona del umbo, en que también se cuenta con toda la información de la vida del organismo, permite observar líneas de crecimiento que se visualizan con la nitidez y en la secuencia que permite la determinación de la edad. Es este sector el que ha posibilitado ir comprobando que existe correspondencia entre los anillos de crecimiento observados por la cara externa de las valvas y las líneas internas de crecimiento.

La **Figura 8, a y b**, corresponde a machas con un alto de 19,6 mm y 21,3 mm respectivamente y el alto corresponde a la distancia UV señalada en la figura. Se aprecia la formación de un anillo de crecimiento lo que es coincidente con lo observado por la cara externa de tales valvas enteras. Este primer anillo no está compuesto de una sola banda nítida, sino que se observa varios anillos que se concentran mostrando el aspecto de una banda ancha de tono oscuro.

En general, las conchas de los bivalvos están compuestas de dos o más capas calcificadas que pueden diferir considerablemente en composición y estructura. Estas capas son formadas por el tejido del manto en las diferentes regiones de la concha. La capa más externa es depositada como crecimiento marginal, la capa más interna forma en las regiones interiores, generalmente detrás de la línea paleal, una región donde el tejido del manto está pegado a la concha (Kennedy *et al.*, 1969 **fide** Cerrato, 2000).

En la **Figura 8 b**, se aprecia la vista lateral de una vesícula presente en la valva, la que en el caso de esta muestra encerraba granos finos de sedimento, indicando que fueron incorporados en la formación y crecimiento de la concha.

La retracción del tejido del manto desde el crecimiento del borde cuando es perturbado, queda registrado en la sección transversal y un ejemplo de ello se señala en la figura recientemente citada.



En la **Figura 9** se presenta una muestra de edad dos, que corresponde a un ejemplar de 25,3 mm de alto. En el recuadro inferior se magnifica el sector umbo para facilitar la apreciación de los anillos de crecimiento. En la valva entera, por su cara externa, también se apreció el mismo número de anillos de crecimiento.

Plasmar en imágenes como se observan bajo el microscopio las láminas transversales de las valvas no es tarea sencilla y es un tema conocido para quién esté familiarizado con el trabajo de edad, ya que al momento de la observación de la muestra se va cambiando de ángulo, se gira la muestra a modo de irse cerciorando del camino que recorren los anillos concéntricos y es bastante frecuente que en una sola vista no se vea en forma nítida desde el primero hasta el último anillo.

En las siguientes figuras, algunos anillos se notan nítidos y otros débiles debido a lo mencionado anteriormente.

La **Figura 10** corresponde a una muestra de edad 6, de un ejemplar de 44,1 mm de alto. En los recuadros inferiores se presenta la zona umbo y el área del sector ventral de la sección. En la zona umbo, se observan anillos de crecimiento nítidos y otros que son más difíciles de apreciar en la imagen. En el recuadro que ilustra la zona ventral se muestra el detalle de algunos anillos de crecimiento.

La **Figura 11** corresponde a un ejemplar de edad 9, de un ejemplar de alto 50,1 mm. Los primeros cinco anillos se aprecian más nítidos que los cuatro últimos.



### Seccionamiento a través de la línea media del umbo

Dado que es en la zona del umbo donde se aprecia más claramente la secuencia anular, se probó con el seccionamiento en la línea media del umbo

En la **Figura 12** se aprecia el corte de una valva en la línea media del umbo. En el molde no se encuentra una valva completa, sino que previamente las valvas son cortadas para confeccionar moldes más pequeños y en la figura se puede apreciar una valva rebajada tanto en su lado posterior como en su lado ventral.

De cada muestra-molde seccionada se emplea en la observación tanto las dos mitades en que quedó dividido el molde, como asimismo la lámina central. Esta última es sometida a diferentes grados de pulimento, presentando mayor facilidad para la observación del patrón de anillos las láminas cuyo espesor fluctuaba entre 0,3 – 0.4 mm.

En la **Figura 13** se puede apreciar una muestra con edad 7, en donde sus anillos anuales están indicados con flechas. En el recuadro inferior se muestra una ampliación del sector de los últimos 5 anillos de crecimiento, adicionándoles luz transmitida para su realce. Esta lámina de 0.35 mm de grosor ilustra la adecuada presentación y nitidez con que se observa el patrón de los anillos de crecimiento al observarlos en una lámina fina pulida en el grosor que favorece la observación citado anteriormente.

- Con el trabajo desarrollado en la determinación de la edad en las valvas, tanto el análisis de la cara externa de estas como en la observación de láminas transversales se puede apreciar que la secuencia de anillos de crecimiento que se observa por la cara externa es confirmada por la



secuencia de anillos que se observa en las láminas finas transversales, específicamente en la zona del umbo.

El trabajo con corte de valvas es una actividad laboriosa y para algunas especies ha constituido el modo de estudio de la edad y el crecimiento, no obstante en macha se tiene la ventaja de que las líneas de crecimiento apreciadas por la cara externa presentan un patrón claro para el análisis.

Todos los estudios que emplean el seccionamiento de valvas tienen sus variantes propias debido a las diferentes características de las especies, algunos analizan la sección misma de corte o la región del umbo, u otro sector de características adecuadas para el trabajo. Emplean procedimientos con algunas diferencias que le permitan mejorar las observaciones de la secuencia anular.

No se observa en la literatura la aplicación de seccionamiento a valvas de *Mesodesma*, pero sí se ha empleado en otros bivalvos, tales como el ocean quahog, *Artica islandica* (Ropes, 1987); *Yoldia notabilis*, (Nakaoka y Matsui, 1994); cockle, *Cerastoderma edule* (L.) (Richardson *et al.*, 1979) ; ostras *Tiostrea lutaria* (Richardson *et al.*, 1993) y *Ostrea edulis* (Richardson *et al.*, 1993); almejas *Mercenaria mercenaria* (Richardson y Walker, 1991) ; *Panopea zelandica* (Breen *et al.*, 1999); *Venus verrucosa* (Arneri *et al.*, 1998) y *Spisula solidissima* (Ropes y O'Brien, 1979).



## REFERENCIAS

- Arneri, E.; G. Giannetti y B. Antolini. 1998. Age determination and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia : Veneridae) in the southern Adriatic and the Aegean Sea. Fish. Res. 38 :193-198.
- Bedford, B. .1983. A method for preparing sections of large numbers of otoliths embedded in black polyester resin. J. Cons. Int. Explor. Mer., 41: 4-12.
- Breen, P.; C. Gabriel and T. Tyson. 1999. Preliminary estimates of age, mortality, growth and reproduction in the hiatellid clam *Panopea zelandica* in central New Zealand (no publicado).
- Cepeda, 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.
- Cerrato, R. 2000. What fish biologists should know about bivalve shells. Fish. Res. 46: 39-49.
- Defeo, O, A. Masello y C. Layerle. 1988. Consideraciones metodológicas para el estudio del crecimiento en moluscos bivalvos. Inf. Unesco Cienc. Mar., 47:135 - 148.





- Defeo, O., E. Ortiz and 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.
- Hutcheson, M., and 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.
- Jeréz, G.; L. Ariz; V. Baros; A. Olguín; J González; J. Oliva; V. Ojeda y E. Díaz. 1999. Estudio biológico pesquero del recurso macha en la I y III regiones. CIP-IFOP. Informe Final 108 p.; 26 fig. y 38 tablas.
- Nakaoka, M.; S. Matsui. 1994. Annual variation in the growth rate of *Yoldia notabilis* (Bivalvia: Nuculanidae) in Otsuchi Bay, northeastern Japan, analyzed using shell microgrowth patterns. *Mar. Biol.* 119: 397-404.
- Purchon, D. 1968. *The biology of the mollusca*. Pergamon press.
- Richardson, C.; D. Crisp and N. Runham. 1979. Tidally deposited growth bands in the shell of the common cockle, *Cerastoderma edule* (L.). *Malacologia* 18: 277-290.
- Richardson, C.; R. Seed; E. Al-Roumaihi and L. M<sup>c</sup>Donald. 1993. Distribution, shell growth and predation of the New Zealand oyster, tiostera (=Ostrea) *Lutaria Hutton*, in the Menai Strait, North wales. *Jour. Of Shell. Res.* 12 (2): 207-214.



- Richardson, C; S. Collis ; K. Ekaratne; p. Dare and D. Key. 1993. The age determination and growth rate of the european flat oyster, *Ostrea edulis* determined from acetate peels of umbo growth lines. ICES J. Mar. Sci. 50: 493-500.
- Richardson, C and P. Walker. 1991. The age structure of a population of the hard-shell clam, *Mercenaria mercenaria* from Southampton water, England, derived from acetate peel replicas of shell sections. ICES J. Mar. Sci. 48: 229-236.
- Ropes, J. And L. O' Brien. 1979. A unique method of ageing surf clams. Int. Coun. for the Expl. of the Sea. C.M.K:28.Shellfish and Crustacea Committee.
- Ropes, J. 1987. Preparation of acetate peels of valves from the ocean quahog, *Artica islandica*, for age determinations. NOAA Tech. Rep. NMFS 50.
- 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.

**FIGURAS**

---

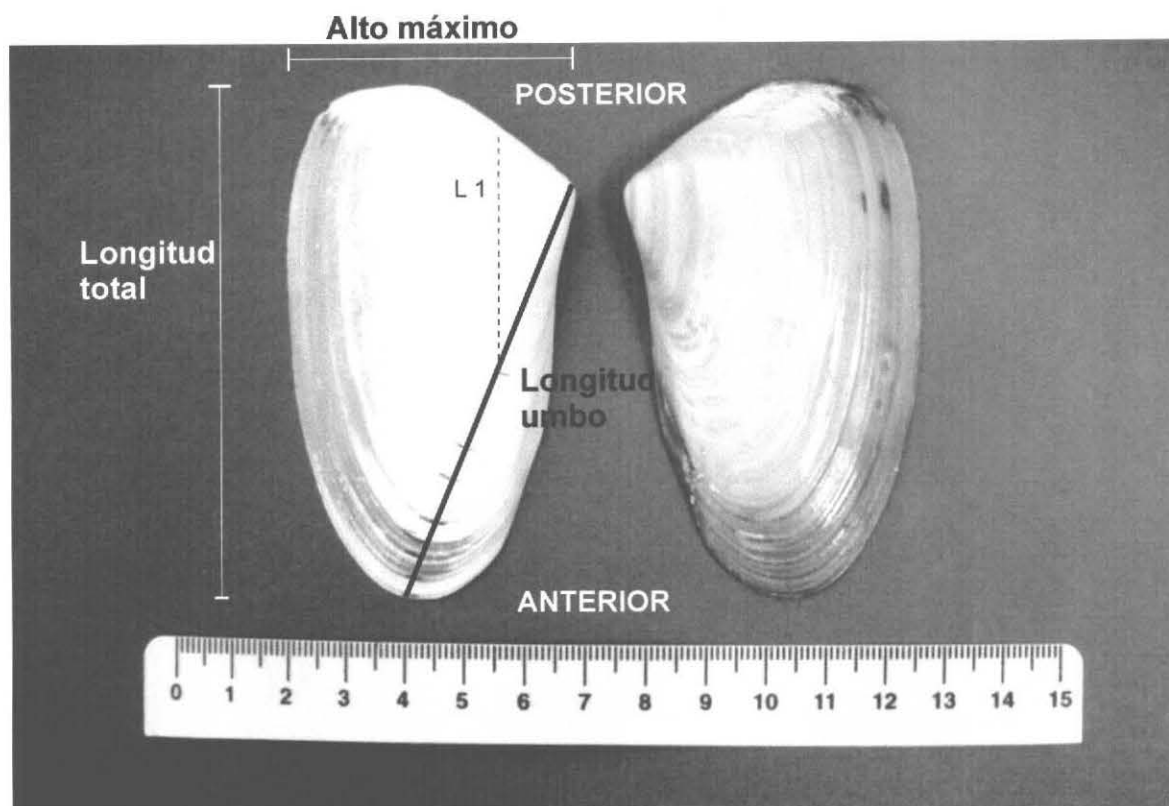
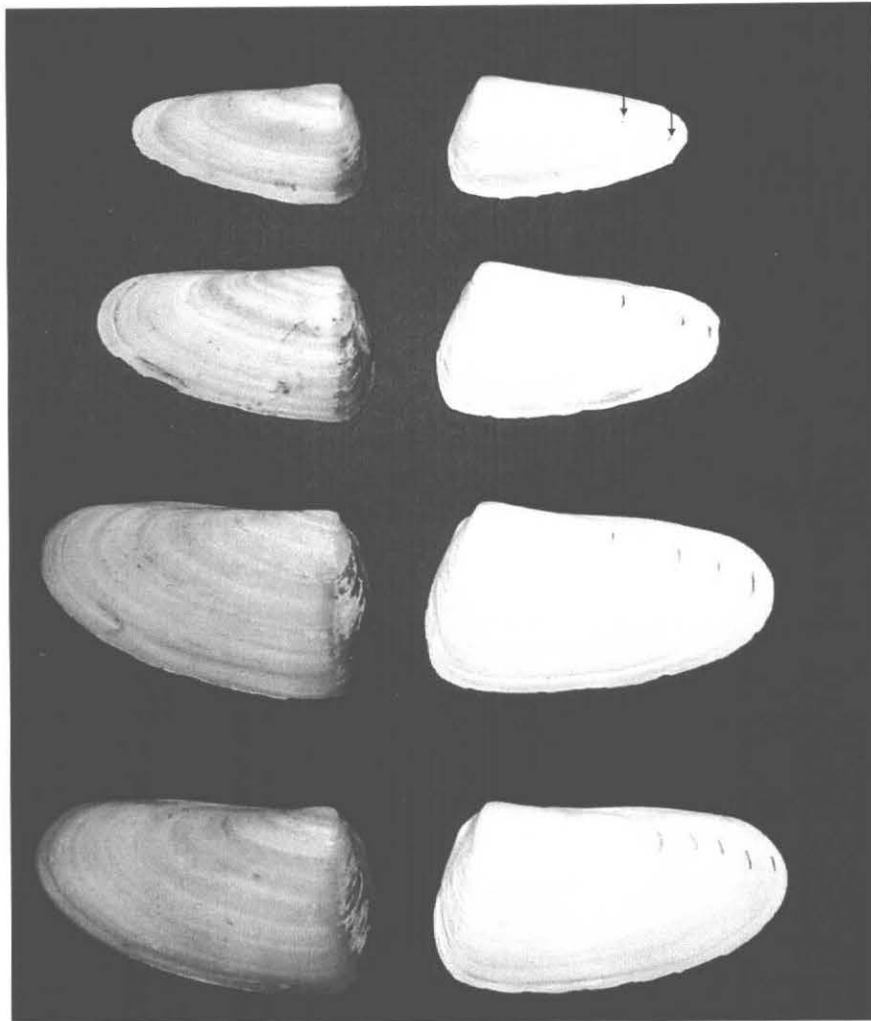
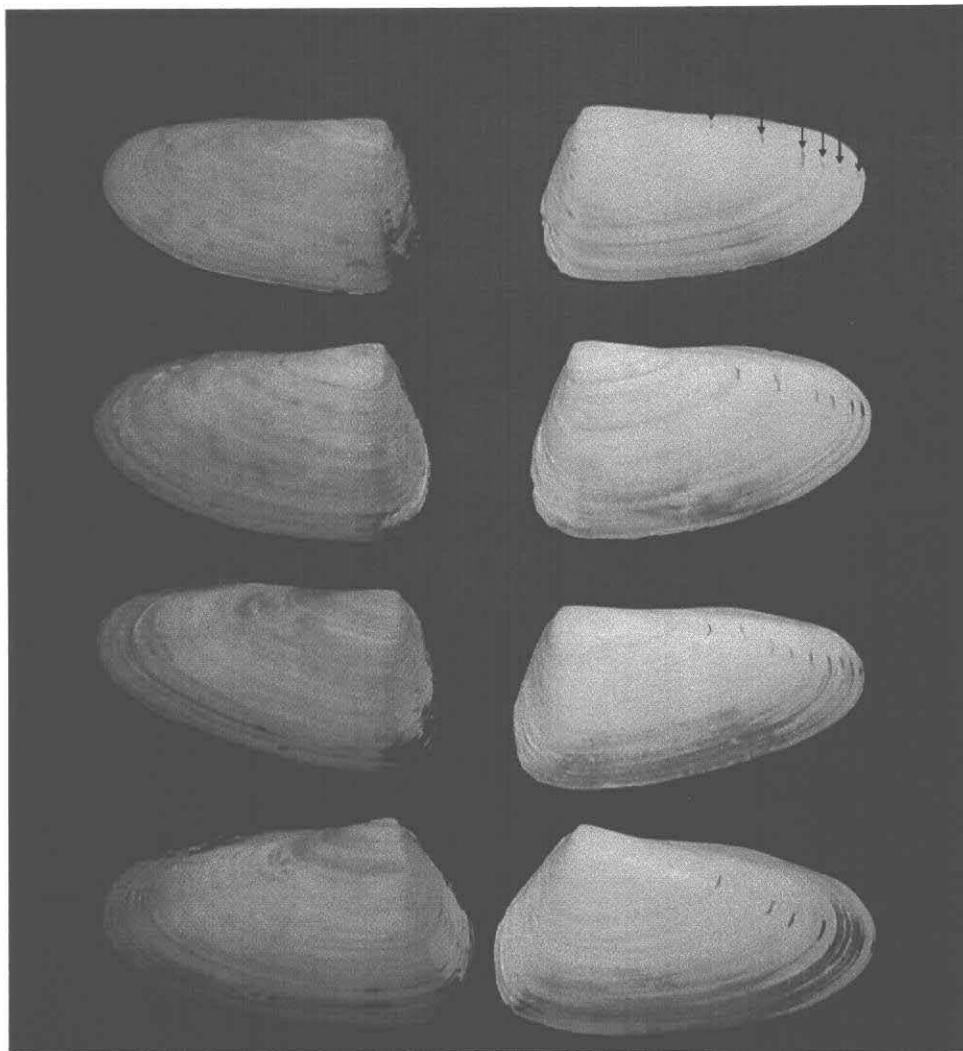


Figura 1: Valvas en que se indican las medidas que se registran de longitud total; longitud desde el umbo y alto máximo. L1 corresponde a la medida del primer anillo de crecimiento.



2 cm

Figura 2 : Valvas en que se aprecian en orden vertical individuos de edad 2 a 5. Los anillos de crecimiento considerados en la determinación de la edad se señalan con flechas en la primera imagen y con marca de grafito en las siguientes.



2 cm

Figura 3 : Valvas en que se aprecian en orden vertical individuos de edad 6,7,9 y 8. Los anillos de crecimiento considerados en la determinación de la edad se señalan con flechas en la primera imagen y con marca de grafito en las siguientes.

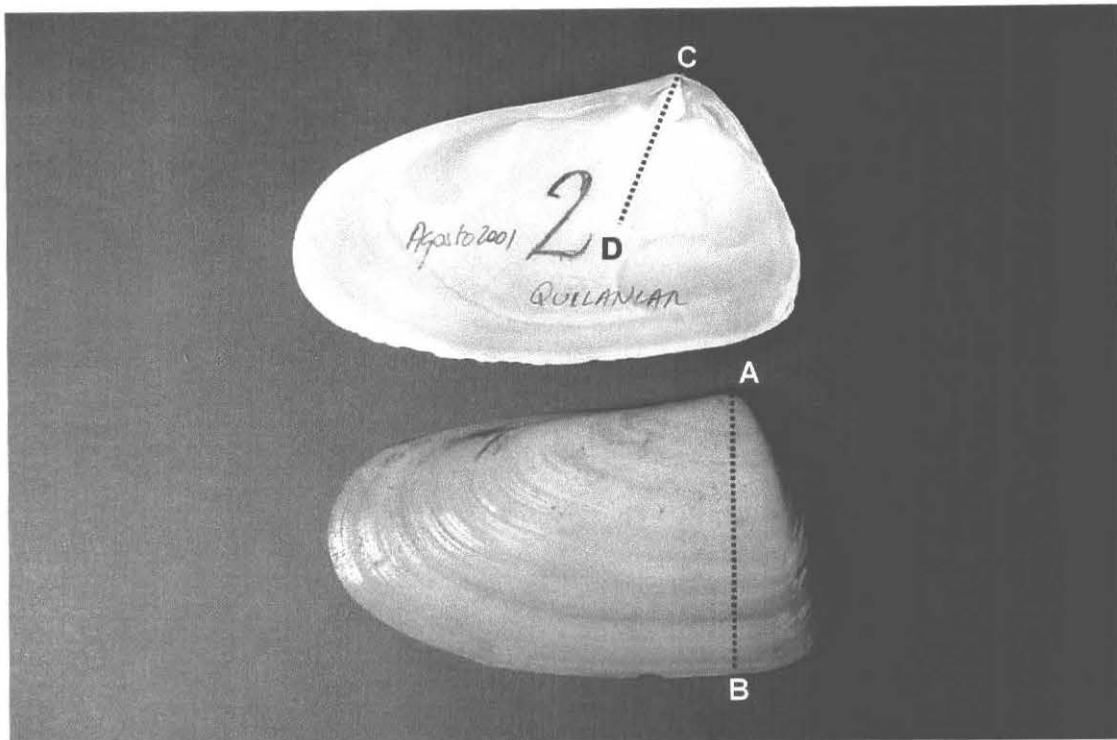


Figura 4 Dirección de los cortes aplicados en las valvas de macha. Trazo A-B muestra el corte en el eje vertical de la concha pasando a través del umbo; trazo C-D muestran el corte a través de la línea media del umbo.

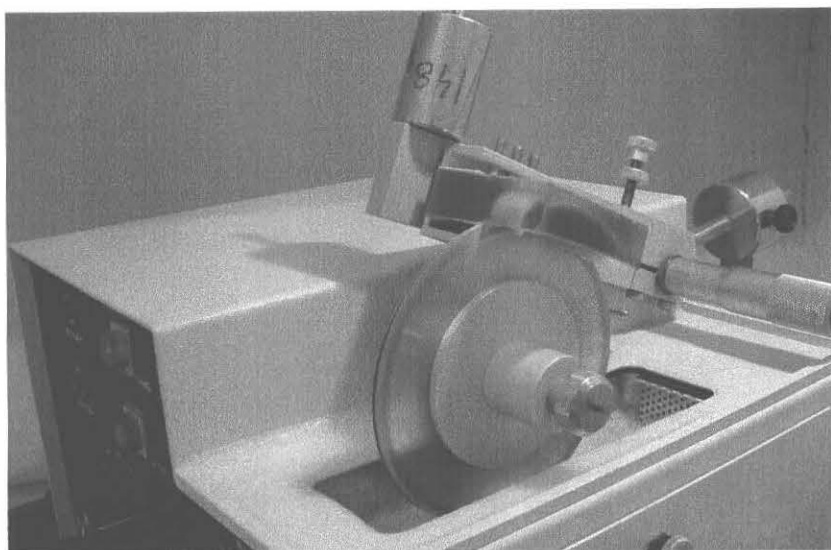
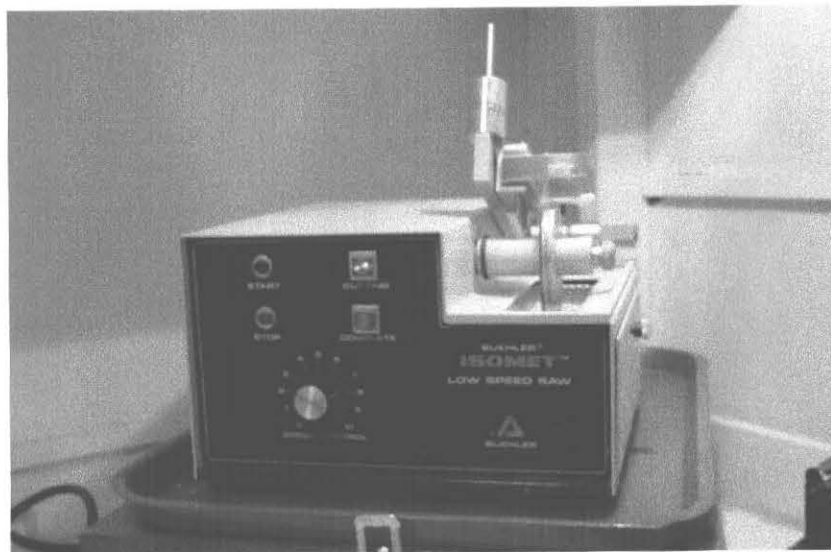


Figura 5 Máquina de corte de precisión ISOMET y acercamiento de vista diagonal del corte.



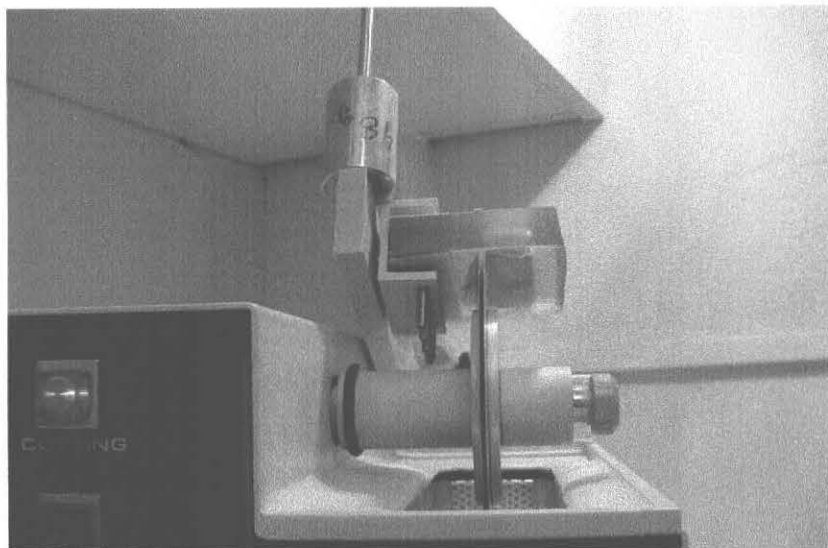
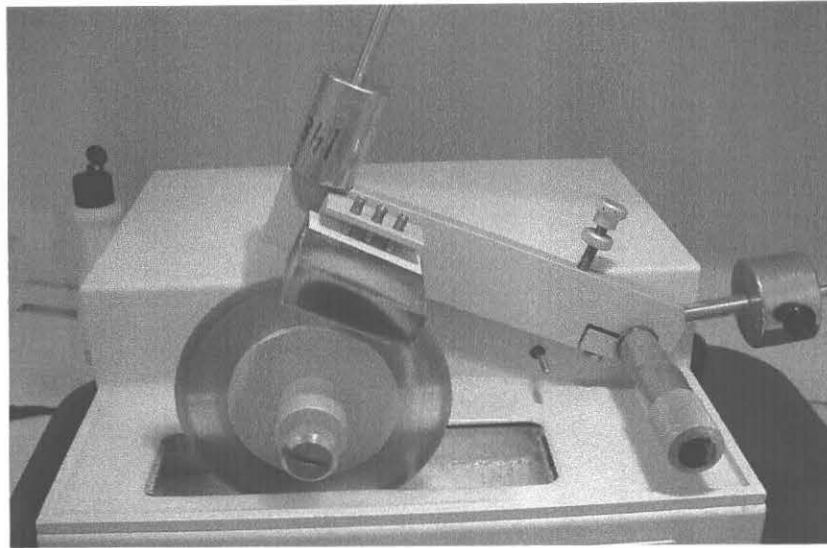


Figura 6 Vista lateral y frontal apreciándose el empleo de dos hojas de corte.

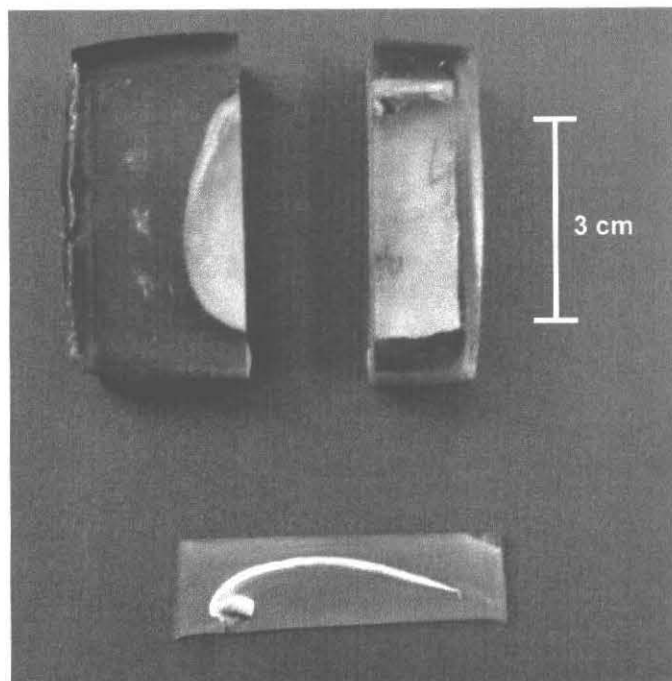
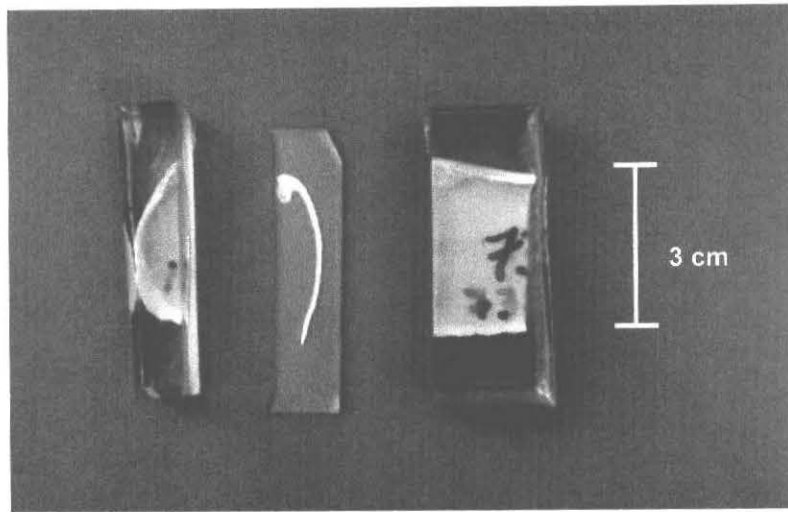


Figura 7 Inclusión de valvas de macha en resina y lámina fina obtenida después del seccionamiento.

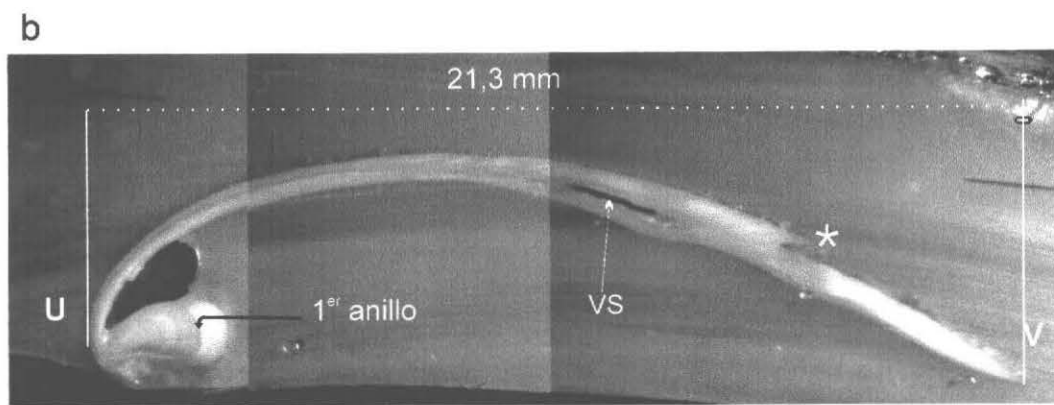
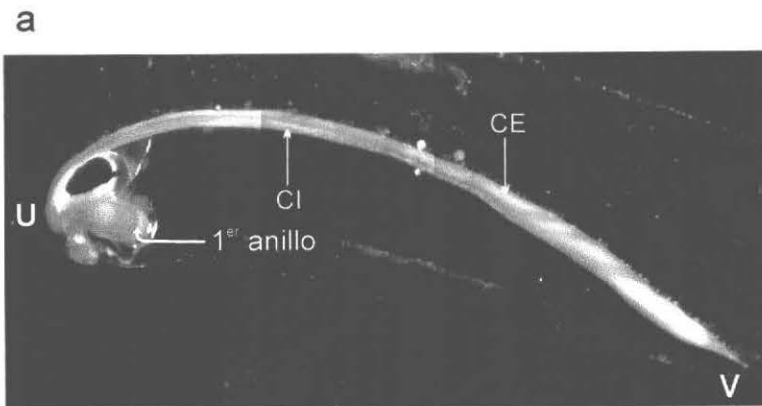


Figura 8 Láminas finas transversales obtenidas con el seccionamiento en eje vertical a través del umbo, pertenecientes a machas de 19,6 mm de alto (a) y 21,3 mm de alto (mm). La flecha indica el primer anillo de crecimiento. CI=capa interna de la valva; CE=capa externa de la valva; U= zona umbo; V= zona ventral; VS = vesícula; \* = zona de quiebre.

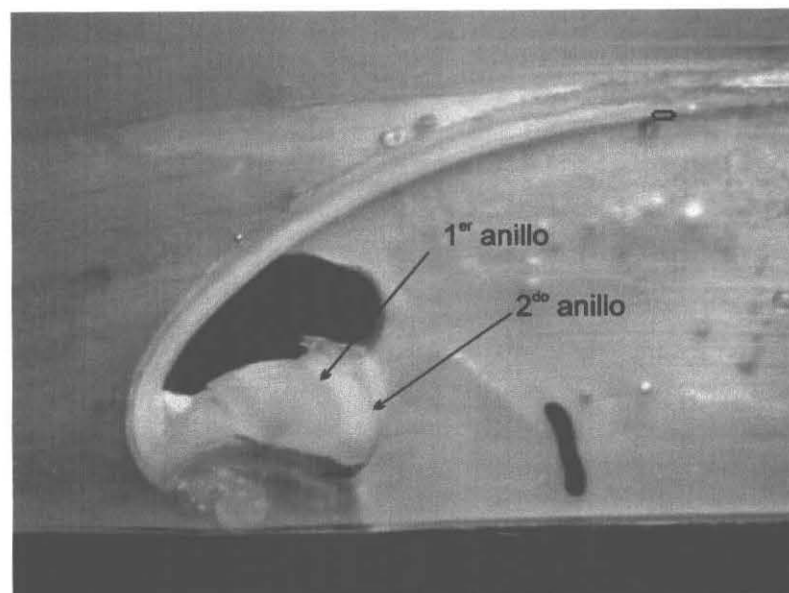
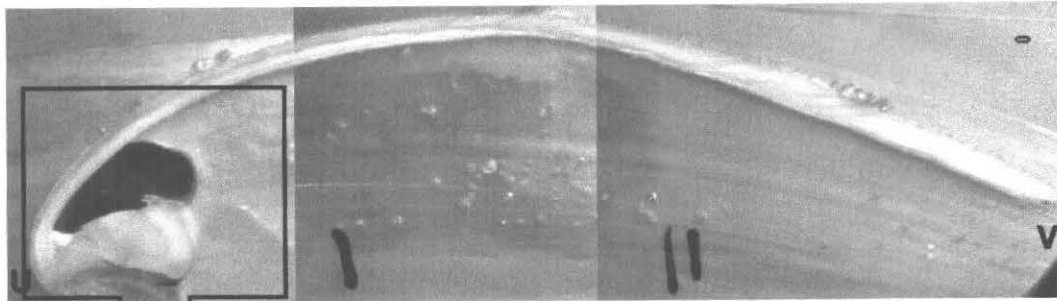


Figura 9 Lámina fina transversal obtenida con el seccionamiento en eje vertical a través del umbo, perteneciente a una macha de 25,3 mm de alto. En el recuadro inferior se presenta señalado con flechas los anillos de crecimiento. U=zona umbo; V= zona ventral.

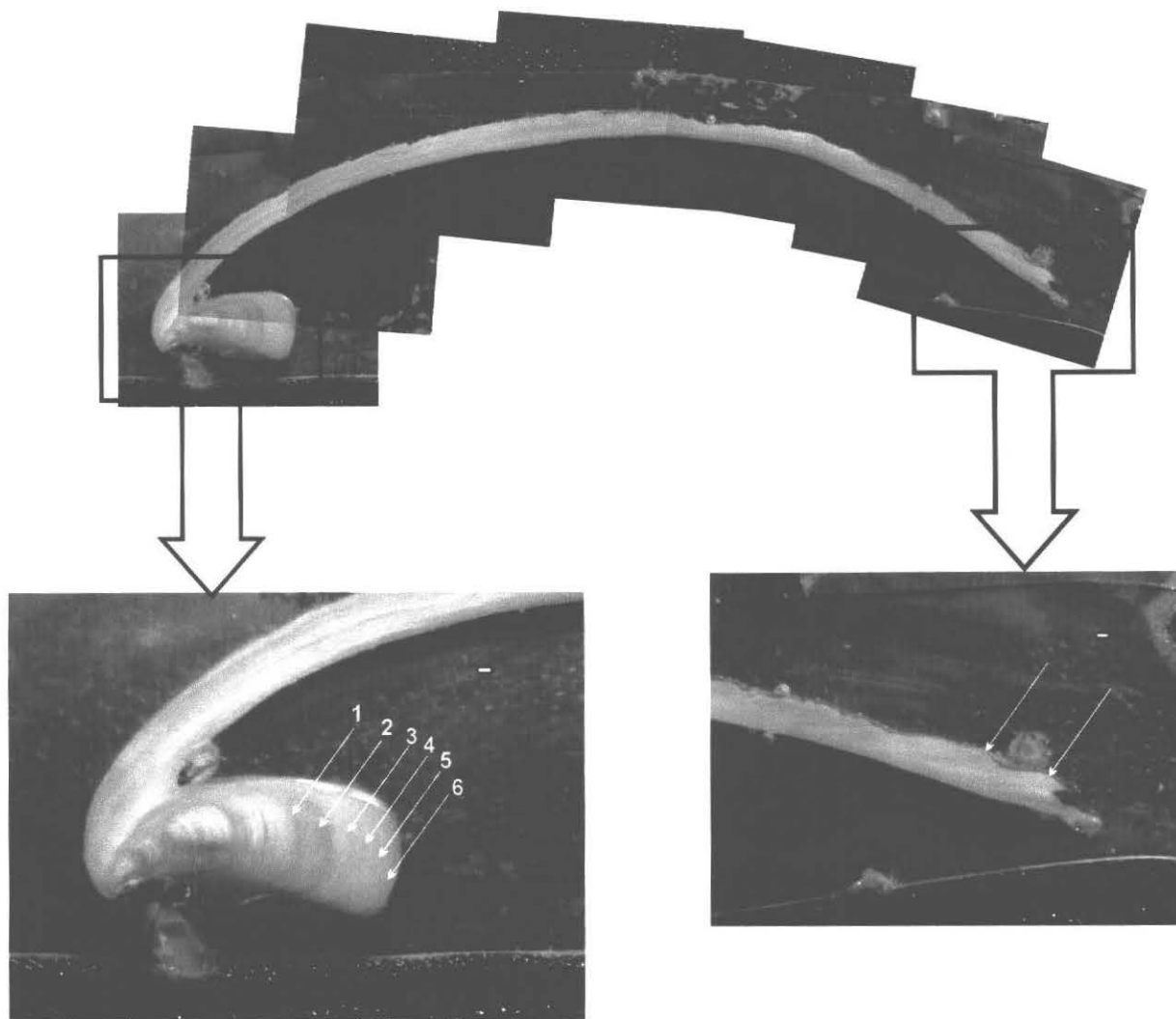


Figura 10 Lámina fina transversal obtenida con el seccionamiento en eje vertical a través del umbo, perteneciente a una macha de 44,1 mm de alto. En los recuadros inferiores se presenta señalado con flechas los anillos de crecimiento en la zona umbo. En la zona ventral se presenta señalado con flechas dos anillos que salen hacia el exterior marcándose como un hendimiento en la cara externa de la valva.

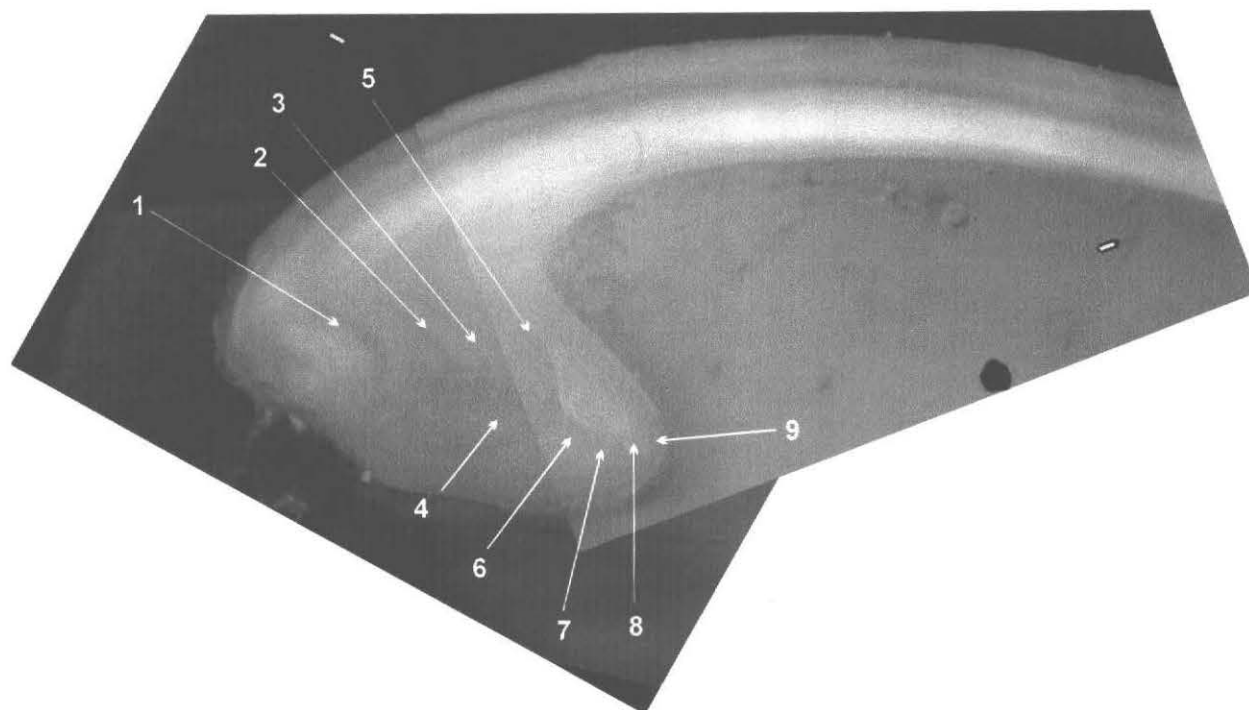
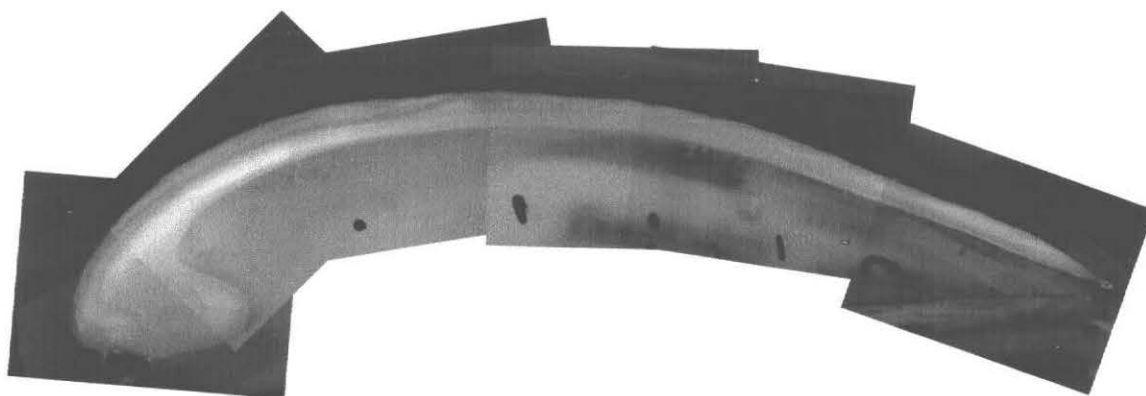


Figura 11 Lámina fina transversal obtenida con el seccionamiento en eje vertical a través del umbo, perteneciente a una macha de 50,1mm de alto. En la imagen inferior se presenta señalado con flechas los anillos de crecimiento.

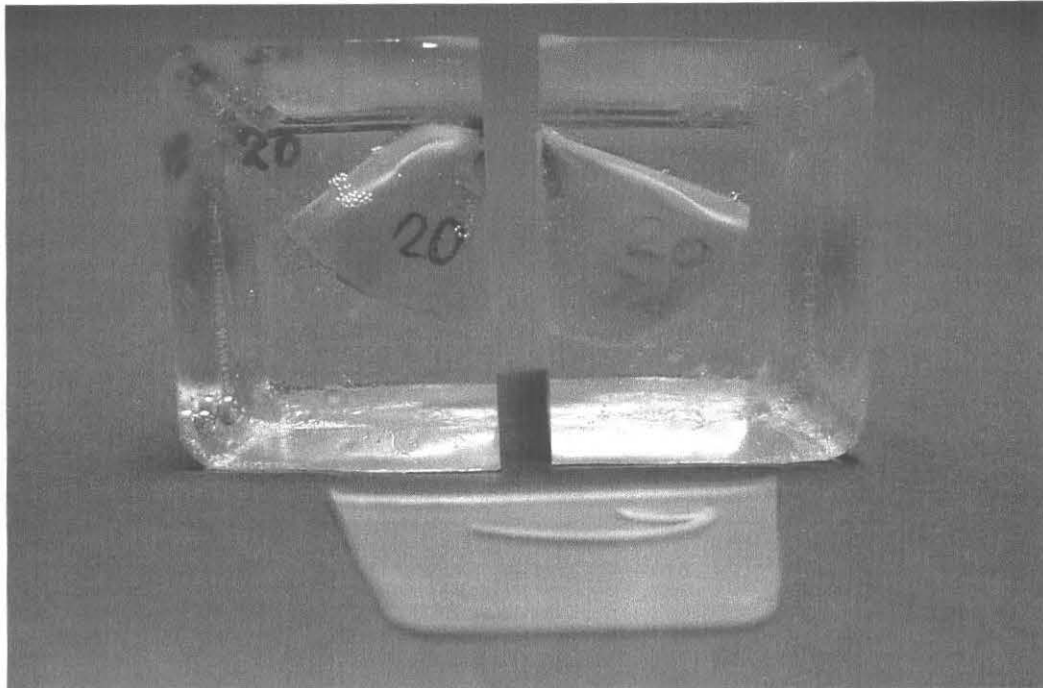


Figura 12 Molde con seccionamiento a través de la línea media del umbo y lámina fina obtenida.

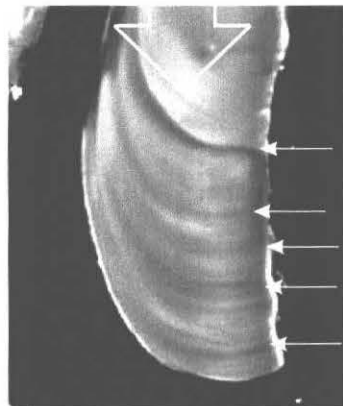
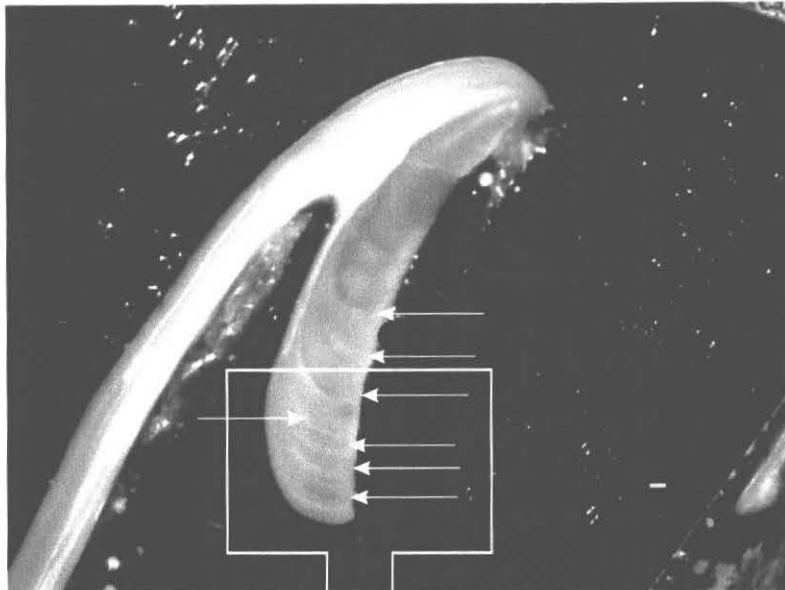


Figura 13 Lámina de 0,35 mm de espesor mostrando un individuo de edad 7. En el recuadro inferior se destaca la secuencia de los últimos cinco anillos.



---

## **A N E X O 3**

---

**Análisis mensual del  
reclutamiento de machas  
en la X Región**

---



## ANÁLISIS MENSUAL DEL RECLUTAMIENTO DE MACHAS EN LA X REGIÓN

MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
SEPTIEMBRE	<p>Se observaron valvas de machas de tallas pequeñas, entre 1,3 mm a 5,3 mm; algunas bien calcificadas, otras transparentes. De un total des 61 muestras, en sólo 4 muestras se registraron 5 ejemplares vivos con tamaños entre 7,2 y 12,6 mm . Las restantes muestras (24 de 61) solamente presentan valvas vacías y enteras, con bordes definidos sin erosiones, lo cual indica poco tiempo de residencia en las arenas. Sólo en una muestra se observaron valvas quebradas. También destacan seis muestras sin presencia de machas pero con otro tipo de organismos como crustáceos y/o restos de moluscos, tales como: valvas vacías especies de bivalvos (<i>Mulinia</i>, <i>Hiatella</i>, <i>Tawera</i>) y ejemplares vivos de <i>Emerita analoga</i>, e Isópodos. De las especies encontradas como acompañantes, los mitílidos y <i>Hiatella sp.</i> no corresponden a ese tipo de sustrato.</p>	
OCTUBRE	<p>De las 36 muestras analizadas, 18 no presentaron machas u otros organismos. Se observaron ejemplares vivos de macha sólo en 4 muestras con un total de 4 ejemplares con tallas entre 8,5 mm a 12 mm. Los otros organismos que aparecieron y que conforman la comunidad de la playa son isópodos, anfípodos; además, se observaron valvas enteras y restos de valvas de moluscos correspondientes a: <i>Hiatella</i>, <i>Crepidula</i> y <i>V.antiqua</i>, de los cuales sólo <i>V.antiqua</i> es de hábitat arenoso.</p>	<p>De las 27 muestras analizadas, 8 presentaron un total de 9 ejemplares vivos de machas, cuyas tallas variaron entre 7,5 mm y 17,7 mm. En las muestras restantes no se detectaron machas; en cambio, se registró la presencia de crustáceos (isópodos y anfípodos), dos gastrópodos (no identificados) y <i>Crepidula dilatata</i>, foraminíferos y bivalvos (<i>Lasaea</i>, <i>Hiatella</i>, <i>Mulinia</i>).</p>



## INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
NOVIEMBRE	<p>Se observaron machas de tallas entre 1,4 mm y 18,1 mm, algunas presentaron valvas con erosiones en los bordes, otras con valvas transparentes y otras con sus valvas unidas por el ligamento, lo cual es signo de muerte reciente. Diez ejemplares fueron encontrados vivos con una talla entre 5,6 mm hasta 14,2 mm. Los organismos acompañantes en esta ocasión fueron isópodos, anfípodos, moluscos (<i>Hiatella</i>, <i>Mulinia</i>, <i>Tawera</i>), gastrópodos muy pequeños, y foraminíferos.</p>	<p>Se analizaron un total de 27 muestras, 7 no presentaron animales vivos. Las machas se observaron en 5 muestras con un total de 8 ejemplares, de los cuales sólo uno de ellos estaba vivo, con una talla de 8,8 mm, que es bastante más grande que el promedio de las valvas registradas. Algunas de las valvas se observaron erosionadas y dada su fragilidad, estarían evidenciando una permanencia no muy prolongada en el medio. La diversidad de los organismos que aparecen como fauna acompañante en esta ocasión, es mayor que las muestras anteriores, con presencia de foraminíferos, ostrácodos, anfípodos, poliquetos, nemátodos, <i>Crepidula</i>, gastrópodos y postlarva de <i>Lasaea</i>, <i>Tawera</i> y <i>Mulinia</i>. Con respecto a los ostrácodos, los ejemplares que presentaron una concha bivalva, al igual que la macha, fueron medidos con el objeto de discriminarlos. La talla máxima alcanzada por estos fue de 0,7 mm.</p>
DICIEMBRE	<p>Se analizaron 36 muestras correspondiente a cuatro transectos. En solo 19 de ellas se observó presencia de ejemplares de machas vivas o de valvas. Se observó un total de 52 machas vivas de tallas entre 6,6 y 19,8 mm; algunos ejemplares vivos se encontraban destrozados y otros recientemente muertos con sus valvas unidas. Las valvas de machas son escasas con tallas entre 1,9 y 27 mm bien calcificadas y erosionadas. Las restantes 17 muestras solo presentaron ejemplares de crustáceos (isópodos, anfípodos, <i>Emerita analoga</i>), restos de moluscos (Valva de <i>Crepidula sp.</i>) y otras sin material (Tabla 15).</p>	<p>Se analizaron 27 muestras, de las cuales 7 presentaron ejemplares de machas, con 5 ejemplares de <i>Mesodesma donacium</i> vivo de tallas entre 3,4 y 5,9 mm de longitud, de reciente ingreso al sistema. También la presencia de valvas fue comparativamente escaso, 4 con tallas entre 2,2 y 5,3 mm valores próximos a los ejemplares vivos. Nueve muestras no presentaron ningún organismo vivo ni muerto.</p> <p>La presencia de otros organismos es notoria observándose crustáceos (ostrácodos, anfípodos, isópodos, copépodos), nemátodos, restos de valvas de <i>Lasaea sp</i> y de <i>Crepidula sp</i>.</p>



MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
ENERO (2001)	<p>Se analizaron 36, de las cuales 17 sin material y 13 presentaron ejemplares de machas y otros organismos y 6 sólo otros organismos. Se observaron ejemplares vivos de macha solo en 9 muestras con un total de 14 ejemplares. Las tallas de los ejemplares vivos de macha tienen entre 5,7 mm a 20 mm de longitud máxima . Las tallas de las valvas de machas fluctuaron entre 0,8 a 13,1 mm , presentando alguna erosión de sus bordes. Otros organismos que aparecen como fauna acompañante en las muestras de esta localidad, corresponden a Crustáceos (isópodos, anfípodos y el decapodo: <i>Emerita analoga</i>), poliquetos y salpas, aunque este último grupo zoológico no pertenece al sistema de arenas .</p>	<p>Se analizaron 36 muestras, de las cuales 8 muestras presentaban machas vivas, con un total de 9 ejemplares con tallas entre 5 y 10,3 mm y uno con 22,2 mm . Se observaron solo 3 valvas de machas algunas ya erosionadas, con tallas entre 5 a 8 mm .</p> <p>La presencia de otros organismos crustáceos (isópodos, anfípodos, copépodos y ostrácodos), gastrópodos (<i>Eatoniella sp.</i>, <i>Crepidula sp.</i>), abundantes nemátodos, y poliquetos), la gran mayoría de ellos habitan el sustrato de arenas, con excepción del gastrópodo <i>Crepidula sp</i> que habita las rocas. La presencia de abundantes nemátodos llama la atención ya que por su tamaño pasan fácilmente por los tamices, puede estar mostrando mortalidad de organismos.</p>
FEBRERO	<p>Se analizaron un total de 36 muestras, de las cuales 4 no presentaron material biológico. En 13 muestras se detectó la presencia de macha con un total de 28 ejemplares vivos, con tallas entre 7 mm hasta 25,6 mm para los ejemplares , lo mismo ocurrió con las valvas de machas que presentaron tallas entre 1 y 50,4 mm . Algunas presentan sus bordes erosionados, otras son transparentes; se observaron algunos ejemplares con una pequeña muesca en el borde inferior-anterior, lo cual podría indicar depredación por algún gastrópodo. Otros organismos acompañantes fueron Crustáceos: isópodos, anfípodos, almeja (NN) y poliquetos</p>	<p>Se analizaron 36 muestras, de las cuales en 7 no se observó material biológico. Las machas estuvieron escasamente representadas en 10 muestras con un total de 12 ejemplares, de los cuales solo 4 vivos, con tallas entre 1,9 y 15 mm que corresponderían a diferentes asentamientos larvarios. Algunas de las valvas de machas se observaron erosionadas y pequeñas (2 mm, lo que estaría indicando que han permanecido por un periodo breve en el medio, considerando su fragilidad.</p> <p>Los organismos que aparecen como fauna acompañante son: Foraminíferos, crustáceos (ostrácodos, anfípodos, isópodos), nemátodos, poliquetos, moluscos (<i>Crepidula</i>, gastrópodos postlarva, <i>Eatoniella</i> y <i>Perumytilus</i>). La mayoría de ellos corresponden a organismos de arenas, la excepción es <i>Crepidula</i> y <i>Perumytilus</i> que son habitantes de los sistemas rocosos .</p>



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
MARZO	<p>Se analizaron 36 muestras, 16 de las cuales no presentaron material biológico. Se obtuvo un total de 77 ejemplares de macha de los cuales 60 presentaron la condición de vivos, con tallas entre 5,9 y 23 mm que corresponderían a diferentes asentamientos larvarios . Las valvas de machas, en total 17, tienen tallas que varían entre 0,78 mm y 5,6 mm , y se observaron erosionadas y transparentes, lo que estaría indicando que se han incorporado reclutas al sistema. Los organismos que aparecen como fauna acompañante son: crustáceos (anfípodos, isópodos), moluscos (<i>Tawera gayi</i> de 0,39 mm de talla), organismos que corresponden a fauna de arenas.</p>	<p>Se analizaron un total de 34 muestras, de las cuales 12 de ellas no presentaron material biológico. Se observaron machas en solo 2 con solo 4 ejemplares vivos cuyas tallas fluctuaron entre 5,1 y 7,5 mm (<b>Tabla 16</b>).</p> <p>Como fauna acompañante aparecen otros bivalvos de pequeño tamaño: Mitílidos, <i>Carditella</i>, <i>Diplodonta inconspicua</i>, <i>Lasaea sp.</i>, <i>Hiatella solida</i> de tamaños pequeños, foraminíferos, y crustáceos (anfípodos, ostrácodos, copépodos) . Entre los moluscos corresponde a reclutas algunos de los cuales no pertenecen a este hábitat como mitílidos, <i>Hiatella sp.</i></p>
ABRIL	<p>Se analizaron 27 muestras, catorce de las cuales sin material. Las machas estuvieron escasamente representadas, solo una muestra presentó 2 ejemplares vivos, con tallas 11,8 y 10,6 mm, correspondiendo al mes con la menor representación de machas. Los organismos que aparecen como fauna acompañante son: Crustáceos (anfípodos, isópodos). Muestra extremadamente pobre. Posiblemente debido a la estación anual, inicio de otoño, aún cuando deberían aparecer ejemplares que pertenecen al ultimo periodo reproductivo de la macha.</p>	<p>No fue posible realizar muestreos por las malas condiciones climáticas.</p>
MAYO	<p>Se analizaron un total de 9 muestras, en tres de ellas hubo presencia de machas vivas (7). Las tallas oscilaron entre 10,2 y 16,6 mm.</p> <p>Los organismos (20 en total) que aparecen como fauna acompañante son: Crustáceos (anfípodos, isópodos) y foraminíferos.. Muestra extremadamente pobre .</p>	<p>Se analizó un total de 36 muestras, tres de ellas no presentaron material biológico. De todas las muestras analizadas solo se encontró un ejemplar vivo de talla 8,6 mm . También se encontraron tres valvas de machas con tallas de 1,2 - 2,9 y 8,3 mm, más trozos que no fue posible de medir .</p> <p>La fauna acompañante fue abundante en especial los crustáceos (anfípodos, ostrácodos, copépodos) y foraminíferos. Entre los moluscos se presentan <i>Crepidula</i>, <i>Perumytilus</i>, <i>Eatoniella</i>, <i>Lasaea</i>, <i>Amauropsis</i>, <i>Hiatella</i>, bivalvos (NN) muy pequeños (0,3 y 0,65 mm, más restos) .</p>



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
JUNIO	<p>Se analizaron un total de 36 muestras, de las cuales 26 no presentaron material biológico. En 8 hubo presencia de machas vivas y 2 muestras sólo con anfipodos. El total de machas presentes fue de 17 ejemplares, 15 de ellos vivos. Las tallas oscilaron entre 11,1 y 24,1 mm. Las 2 valvas presentes midieron 1,7 y 53,4 mm, la primera es de reclutamiento reciente.</p>	<p>Se analizó un total de 36 muestras, 9 de ellas no presentaron material biológico. En 2 de las muestras analizadas se encontraron 5 machas vivas y 3 valvas, de tallas entre 1,5 y 11,5 mm, que corresponderían a 2 periodos de reclutamiento.</p> <p>La fauna acompañante fue abundante, totalizando un total de 248 ejemplares, correspondientes a crustáceos (anfipodos, ostrácodos, isópodos), valvas de bivalvos (<i>Linucula pisum</i>, <i>Lasaea sp.</i>, mitilidos, bivalvo no identificado, <i>Hiatella solida</i>, <i>Mulinia sp.</i>), Gasterópodos (solo caparazones de <i>Caecum sp.</i> y <i>Crepidula sp.</i>), Nematodos, y Poliquetos, los que habitan sustrato de arenas, con excepción de <i>Crepidula sp</i> mitilidos y <i>Hiatella solida</i> habitantes de sustratos rocosos.</p>
JULIO	<p>Se analizaron un total de 27 muestras, de las cuales 26 no presentaron material biológico. En 8 hubo presencia de machas vivas, y 2 muestras sólo con anfipodos. El total de machas presentes fue de 17 ejemplares, 15 de ellos vivos. Las tallas oscilaron entre 11,1 y 24,1 mm. Las 2 valvas presentes midieron 1,7 y 53,4 mm, la primera es de reclutamiento reciente.</p>	<p>Se analizó un total de 27 muestras, 15 de ellas no presentaron material biológico. En 11 muestras se encontraron 22 ejemplares de macha, de ellos 9 vivos, con tallas que variaron entre 8,6 y 25,4 mm que corresponderían a diferentes asentamientos larvarios. Por su parte, las valvas son en general pequeñas y con escasa erosión, lo que estaría indicando que han permanecido escaso tiempo en el medio, considerando la fragilidad de ellas.</p> <p>Los organismos que aparecen como fauna acompañante (58) son: Foraminíferos, Crustáceos (ostrácodos, anfipodos, Isópodos y un ejemplar de <i>Emerita análoga</i>), Poliquetos, Moluscos (<i>Caecum</i> y <i>Mulinia sp.</i> y valvas de un Bivalvo no identificado). La mayoría de ellos corresponden a organismos de arenas.</p>



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MES	BANCO DE CUCAO	BANCO DE QUILANLAR
AGOSTO	<p>Se analizaron un total de 36 muestras, de las cuales 11 no presentaron material biológico. En 2 hubo presencia de machas vivas, cuyas tallas fueron de 1,9 y 8,8 mm.</p> <p>Los otros organismo fueron crustáceos (anfipodos, isópodos, ostrácodos), foraminíferos. Además de valvas de moluscos (<i>Hiatella solida</i>, <i>Nassarius sp.</i>, <i>Mulinia sp.</i> y <i>Crepidula sp.</i></p>	<p>Se analizaron un total de 36 muestras, 6 de ellas no presentaron material biológico. Se registraron machas en 13 muestras, con un bajo número de ejemplares vivos (5). Las tallas son de 1,9 mm y 9 mm.</p> <p>Aparecieron como fauna acompañante (102 ejemplares) otros bivalvos y gasterópodos de pequeño tamaño: Mitilidos, <i>Mulinia sp.</i>, <i>Crepidula sp.</i>, Bivalvo ni, <i>Fissurella sp.</i>, <i>Crucibulum sp.</i>, <i>Scurria sp.</i>, <i>Lasaea sp.</i>, <i>Hiatella solida</i>, Foraminíferos, y Crustáceos (Anfipodos, Isópodos, Ostracodos). Entre los moluscos corresponde a reclutas algunos de los cuales no pertenecen a este hábitat como <i>Crepidula</i>, <i>Fissurella</i>, <i>Scurria</i>, mitilidos, <i>Hiatella</i>.</p>



---

**Unidad Técnica Promoción y  
Ediciones**

---

**IFOP  
Valparaíso**