



REPUBLICA DE CHILE  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción  
SUBSECRETARIA DE PESCA

## FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

### INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 96 - 46

INFORME : ESTUDIO BIOLOGICO PESQUERO DE LOS  
FINAL : RECURSOS ALMEJA, NAVAJUELA Y HUEPO  
EN LA VIII Y X REGIONES

UNIDAD : UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
EJECUTORA

INFORME FINAL

*Proyecto FIP N° 96 - 46:*

**ESTUDIO BIOLÓGICO PESQUERO DE LOS RECURSOS ALMEJA,  
NAVAJUELA Y HUEPO EN LA VIII Y X REGIONES**

*mayo de 1998*

## INDICE

---

	<b>página</b>
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
2. AMBITO GEOGRAFICO DEL PROYECTO	2
3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	4
4. METODOLOGIAS	7
4.1. muestreo de bivalvos	7
4.2. crecimiento	7
4.3. somatometría	9
4.4. biología reproductiva	10
4.5. caracterización de la columna de agua	15
4.6. caracterización de los sedimentos	16
4.7. abundancia de reclutas	17
4.8. mortalidad y talla crítica	19
5. RESULTADOS Y DISCUSION	27
5.1. crecimiento	27
5.2. somatometría	44
5.3. biología reproductiva	49
5.4. caracterización de la columna de agua	59
5.5. relación del ciclo reproductivo con las características del agua	73
5.6. caracterización de los sedimentos	76
5.7. abundancia de reclutas	81
5.8. mortalidad y talla crítica	94
6. CONCLUSIONES	99
7. LITERATURA CITADA	102
8. ANEXOS	

---

3. Determinar y caracterizar el reclutamiento (asentamiento de ejemplares en el bentos) de las especies almeja (taquilla), navajuela y huepo, en las Regiones VIII y X.
4. Estimar la mortalidad natural de las especies almeja (taquilla), navajuela y huepo, en las Regiones VIII y X.
5. Estimar la talla crítica de las especies almeja (taquilla), navajuela y huepo, en las Regiones VIII y X.

## **2. AMBITO GEOGRAFICO DEL PROYECTO**

El Proyecto se desarrolló en la costa de la VIII y X Regiones. En la Tabla siguiente (Tabla 1), se indican las localidades de las cuales se recolectaron especímenes de almeja, navajuela y huepo. Se indica además la zona litoral desde la cual se recolectaron las muestras mensuales y los estudios específicos que se realizaron con las muestras y datos obtenidos en esos lugares. Los números de esos estudios se refieren a los objetivos específicos del estudio detallados en el punto anterior y que fueron incluidos en el Capítulo 4 de la Propuesta Técnica.

**Tabla 1.** Especies en estudio, áreas de recolección y objetivos específicos desarrollados. En el caso de las áreas de recolección se indican la región, localidad y zona o tipo de ambiente en que fueron recolectados los especímenes.

especie	Región	localidad	zona	objetivos específicos
almeja	VIII	Tubul	submareal	1**, 2, 3
	X	Mullín	submareal	2
	X	Yaldad	intermareal	1, 2, 3, 4 y 5
navajuela	VIII	Tubul	submareal	1, 2, 3, 4 y 5
	X	Corral *	submareal	1, 2, 3, 4 y 5
	X	Coihuín	intermareal	1, 2, 3, 4 y 5
huevo	VIII	Tubul	submareal	1, 2, 3, 4 y 5
	X	Corral	submareal	1, 2, 3, 4 y 5
	X	Ancud	submareal	2

\* = el sitio de muestreo dentro de la bahía de Corral fue Caleta Los Molinos. Sin embargo, y para referirse al lugar especificado en la propuesta Técnica, se usa siempre Corral.

\*\* = solo estudios de somatometría

La realización de esta bitácora de muestreo permitió realizar comparaciones intra e inter-específicas a lo largo de un gradiente latitudinal; por ejemplo, características del ciclo reproductivo del huevo en Tubul, Corral y Ancud.

### **3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

En la Tabla siguiente (Tabla 2) se presenta un Cronograma de las actividades realizadas entre octubre de 1996 y diciembre de 1997.





## 4. METODOLOGÍAS

### 4.1. muestreo de bivalvos

En Tubul, Corral, Maullín y Ancud se recolectaron muestras de bivalvos mediante buceo semi - autónomo y con ayuda de cuadrantes de 50 cm de lado. Estos muestreos se realizaron en áreas donde comúnmente ocurren navajuelas, huepo y almejas. En Coihuí y Yaldad, las muestras se recolectaron durante marea baja, en el área misma donde se ubican los bancos intermareales de navajuela y almeja, respectivamente.

### 4.2. crecimiento

Para las muestras intermareales de navajuela y almeja, se recolectaron, midieron y marcaron ejemplares de todos los tamaños presentes en las localidades de estudio. El marcaje se realizó escribiendo un número con tinta china en el periostraco, el cual fue recubierto posteriormente con adhesivo de secado rápido. Los individuos marcados se midieron con precisión 0.1 mm. Antes de 24 horas, esos individuos se devolvieron al medio natural. Con el objetivo de evaluar eventuales impactos producidos por las recapturas mensuales, se estableció un grupo control para ambas especies. Estos individuos se marcaron de igual forma que los recapturados mensualmente pero fueron recapturados sólo una vez, al final del experimento. A fin de evaluar eventuales diferencias entre los individuos control y los recapturados mensualmente se utilizó un análisis de varianza de clasificación simple (Sokal & Rohlf, 1969).

Para el análisis de crecimiento, se seleccionaron pares de observaciones,  $L_1 - L_2$ , cuyos tiempos entre mediciones ( $\Delta t$ ) fueran  $\leq 0.3$  años y cuyas tasa de incremento absoluto fueran  $\geq$  a cero, de acuerdo a Clasing *et al* (1994).

El crecimiento individual fue descrito mediante el modelo de von Bertalanffy con oscilación

estacional de acuerdo a Pauly & Gaschütz (1979), modificada por Appeldoorn (1987) para datos de incremento en tamaño y cuya formulación es la siguiente:

$$L_2 = L_\infty \left[ 1 - \left( 1 - \frac{L_1}{L_\infty} \right) \exp^{K(t_2 - t_1) + \frac{CK}{2\pi} (\sin 2\pi(t_1 - t_s) - \sin 2\pi(t_2 - t_s))} \right]$$

donde:

$L_1$  : longitud al momento del marcaje

$L_2$  : longitud al momento de la recaptura

$t_1$  : tiempo al momento del marcaje medido como una fracción del año a partir del 1 de enero.

$t_2$  : tiempo al momento de la recaptura medido como una fracción del año a partir del 1 de enero.

$L$  : tamaño máximo asintótico

$K$  : coeficiente de crecimiento

$t_s$  : punto de verano (tiempo medido desde  $t=0$  cuando comienza la oscilación)

$C$  : amplitud de la oscilación.

Los parámetros de crecimiento se estimaron mediante búsquedas iterativas por medio de mínimos cuadrados no lineales, para lo cual se usó el método de Gauss-Newton. Esta estimación se realizó de dos formas; una con todos los parámetros libres y otra fijando la longitud infinita ( $L_\infty$ ) en la longitud máxima observada.

El crecimiento de navajuela y huego en el submareal de Tubul y Corral, así como de almeja en Tubul se estimó en base a las distribuciones de frecuencias de tallas de los muestreos mensuales realizados en estas localidades. Las distribuciones de frecuencias de longitudes fueron analizadas por el método de Bhattacharya con la finalidad de identificar cohortes y seguir las en el tiempo. Conjuntamente con datos provenientes del estudio de reclutamiento y época de desove se asignaron edades, para obtener en definitiva datos longitud – edad, los cuales se ajustaron al modelo de von Bertalanffy mediante mínimos cuadrados no lineales.

Se usó además, la rutina de "Direct fit of length-frequency data" del programa ELEFAN I (Pauly & David, 1981; Pauly, 1987), el cual puede estimar parámetros de crecimiento directamente desde composiciones de longitud, sin tener que asignar edades. La búsqueda comienza con valores de partida para los parámetros  $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $C$  y  $Wp$ , hasta encontrar una combinación de parámetros que satisfacen el criterio de ajuste  $R_n$  (Gayaniño *et al.*, 1996). En este caso se siguió la modalidad de estimación con punto de partida variable y también la modalidad de estimación con punto de partida fijo. Un punto de partida fijo es una coordenada a través de la cual la curva pasa, cualquiera sea el valor de sus parámetros.

### 4.3. somatometría

Se realizaron análisis estacionales de somatometría incluyendo longitud y peso fresco de los especímenes, los muestreos para estos análisis se realizaron en enero - febrero (verano), marzo-abril (otoño), julio-agosto (invierno) y octubre- noviembre (primavera). Cada muestra incluyó ejemplares recolectados al azar y distribuidos en la mayor cantidad posible de rangos de talla.

Con los datos estacionales de talla y peso se procedió a ajustar la relación longitud - peso a la expresión:

$$W_i = a * L_i^b$$

donde,  $L_i$  es la longitud máxima de la concha de cada individuo en mm,  $a$  y  $b$  son los parámetros de la función exponencial y  $W_i$  el peso individual (en gramos) a la longitud  $i$ .

Con las curvas estimadas, se procedió a evaluar las eventuales diferencias existentes entre las poblaciones de los recursos huepo, navajuela y almeja en las distintas localidades, mediante análisis de análisis de covarianzas (Sokal & Rohlf, 1969).

#### **4.4. biología reproductiva**

##### **4.4.1. ciclo reproductivo**

Con el fin de analizar histológicamente la gónada, se colectaron muestras mensuales de 30 especímenes en cada una de las poblaciones estudiadas. El rango de tallas de estos individuos se muestra en la Tabla 3. Las muestras se conservaron en fresco hasta su manipulación en laboratorio dentro de las 24 h siguientes a su recolección.

Los especímenes se disectaron y la gónada fue fijada en Bouin acuoso durante una semana. Posteriormente se deshidrataron en una batería de alcoholes de graduación creciente y fueron incluidas en parafina para la realización de cortes histológicos.

Cada una de las gónadas fue cortada en forma seriada con un espesor de 7  $\mu\text{m}$  de espesor y teñida con la técnica de rutina de hematoxilina - eosina (Brancroft & Stevens, 1977). Se analizaron 5 a 7 secciones de cada gónada con microscopía óptica para determinar el estado de desarrollo gametogénico.

Las fases del ciclo reproductivo se calificaron de acuerdo a escalas ya utilizadas en el caso de otros bivalvos: inmadurez, madurez inicial, madurez avanzada, madurez máxima, desove y reposo (*cf.* Brousseau, 1978).

**Tabla 3.** Rango de tallas de los individuos utilizados en cada población para la determinación de los estados de desarrollo gametogénico.

especie	localidad	rango de talla (mm)
Huepo	Tubul	140 - 180
	Corral	140 - 180
	Ancud	140 - 180
Navajuela	Tubul	80 - 100
	Corral	60 - 80
	Coihuin	50 - 70
Almeja	Tubul	60 - 80
	Mauillin	50 - 70
	Yaldad	50 - 60

Simultáneamente a la recolección de especímenes para estudios histológicos se recolectaron muestras de agua de fondo, destinadas a caracterizar parámetros físicos (temperatura y salinidad) y disponibilidad de nutrientes en la columna de agua (clorofila *a*). Lo anterior con el objetivo de correlacionar eventuales cambios en el ciclo reproductivo con cambios en las características ambientales de cada una de las localidades (ver más adelante).

#### 4.4.2. determinación de la fecundidad

Para la determinación de la fecundidad se utilizó una técnica estereométrica consistente en determinar las proporciones de volúmenes de diferentes componentes a analizar mediante la relación entre su superficie y la superficie total (Neuer, 1966). Esta metodología se aplica sobre los cortes histológicos de las hembras en el estado de madurez máxima.

El número de ovocitos por volumen unitario se determinó en base a la fórmula de Weibel

(1969):

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

donde

$N_v$  es el número de ovocitos en el volumen unitario

$K$  es el coeficiente relacionado con la distribución de tamaños de los ovocitos y que puede tomar valores entre 1.0 y 1.1 Para estudios biológicos se considera que  $K = 1$

$\beta$  es el coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos

$Na$  es la densidad de área en la superficie unitaria

$V_v$  es la densidad volumétrica en el volumen unitario

El valor de  $\beta$  se obtuvo a partir del cociente  $\lambda$  entre  $a$  y  $b$ , los cuales corresponden al eje mayor y menor de los ovocitos respectivamente ( $\lambda = b/a$ ) y cuyos valores se determinaron en la abscisa de la gráfica de coeficientes de forma de cilindroides y elipsoides de Weibel (1969).

Para calcular el valor promedio de  $a$  y  $b$ , se midió en cortes histológicos, el diámetro mayor y menor de 100 ovocitos maduros en diferentes hembras en el periodo de madurez máxima.

La madurez de un ovocito se determinó de acuerdo al criterio de Peredo *et al.* (1987) y Masello (1987): Ovocito libre en la luz del folículo con citoplasma de aspecto grumoso y acidófilo. Núcleo esférico de gran tamaño, de color más claro que el citoplasma, con membrana nuclear muy clara y cromatina granulada. En su interior se aprecia un gran nucléolo al que se pueden sumar otros más pequeños.

$Na$  se determinó contando las secciones de ovocitos que quedan dentro del retículo, incluyendo además todas aquellas secciones cuyos centros caen en los márgenes superior e izquierdo del retículo. Se sumó el número de ovocitos contados aplicando la grilla varias veces, para luego dividir por el total de campos leídos.

$V_v$  se determinó contando el número de puntos de grilla que impactaba en un ovocito maduro,

para posteriormente dividir este número por el total de puntos aplicados.

Los recuentos para determinar  $N_a$  y  $V_v$  se realizaron aplicando la grilla de una placa Integradora II Zeiss (100 puntos) sobre las gónadas de las hembras en el mes en el que se registró el mayor porcentaje de hembras en madurez máxima.

El  $N_v$  calculado de acuerdo a la fórmula, entrega el número de ovocitos contenidos en el volumen de la placa Integradora (volumen unitario). Este volumen se calculó determinando la superficie de la placa al aumento del microscopio utilizado y multiplicándolo por el espesor en que se realizó el corte.

Una vez calculado el número de ovocitos en el volumen unitario, este se extrapoló al volumen total de la gónada femenina. Para esto, se disectaron 10 gónadas femeninas en cada especie y en cada localidad estudiada. El volumen de las mismas se calculó por desplazamiento de volumen en una probeta graduada con precisión de 0.1 ml. Debido a la manipulación sometida durante la disección, los cortes realizados sobre estas gónadas no fueron adecuados para que se les aplicara la técnica estereométrica. Por esto se calculó la talla promedio y el volumen promedio de la gónada de los 10 individuos utilizados. La Tabla 4 muestra estos resultados. La técnica estereométrica se aplicó sobre los cortes de utilizados para la determinación del ciclo reproductivo (ver 4.4.1).

**Tabla 4:** Talla y volumen promedio utilizados para los cálculos de fecundidad.

especie	localidad	talla promedio (mm)	volumen promedio de la gónada (ml)
Huepo	Tubul	160	5.9
	Corral	155	3.2
	Ancud	149	3.1
Navajucla	Tubul	84	2.3
	Corral	69	1.8
	Coihuín	60	1.3
Almeja	Tubul	76	2.3
	Mullín	58	1.5
	Yaldad	56	1.8

#### 4.4.3. determinación de la talla mínima de madurez

En el mes en que la mayor parte de los individuos se encuentran en estado de madurez máxima, se recolecto una muestra de 10 individuos representativos de cada talla presente en la población en cada una de las localidades en estudio, los cuales se analizaron histológicamente. La talla mínima de madurez se determino a partir de la representación gráfica de la estructura de tamaños de la población, incluyendo organismos en estado inmaduro y organismos con distintos grados de madurez (Arena & Hertl, 1983). Como estado de inmadurez se consideró al estado en el que se observaban células inmaduras muy pequeñas en las paredes del folículo, sin poder determinar el sexo del individuo. Se consideró como individuo maduro a todo ejemplar que al ser observado se encontraba en estado de maduración de la gónada que permitía determinar su sexo (Masello, 1987).

La talla mínima de madurez se definió como la longitud a partir de la cual la frecuencia de individuos maduros es superior a la de inmaduros.

#### 4.5. caracterización de la columna de agua

Simultáneamente a la recolección de especímenes para estudios histológicos, se recolectaron muestras de agua de fondo (*i.e.* aproximadamente 50 cm desde el sustrato), destinadas a caracterizar la temperatura, salinidad y a realizar estimaciones de las concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos. Estas mediciones dicen relación con el análisis de la eventual correlación entre las características de esta parte de la columna de agua y la variabilidad que muestren el ciclo reproductivo de las especies y la incorporación de reclutas a la población.

En ambientes submareales (*i.e.*, Tubul, Corral, Maullín y Ancud), las muestras se recolectaron manualmente (envases plásticos ) mediante buceo semi - autónomo. En las áreas intermareales, estas muestras se recolectaron en condiciones de marea alta, directamente sobre el área en que posteriormente se llevó a cabo la recolección y manipulación de especímenes. Estas muestras se recolectaron mediante bombeo de agua de fondo desde un bote. En cada una de las áreas de muestreo, se midió la temperatura y la salinidad, y se recolectaron tres muestras de agua de un volumen no inferior a 2 litros para análisis de clorofila *a* y feopigmentos.

Como se indicó en el Primer Informe de Avance, no fue posible realizar muestreos durante noviembre de 1996 en Tubul y Ancud. Por razones climáticas y estado del mar, tampoco fue factible realizar muestreos en Tubul, Corral y Maullín durante el mes de mayo de 1997, ni en Ancud durante el mes de junio.

La temperatura del agua se midió *in situ* con ayuda de termómetro de mercurio graduado en décimas de grado Celsius (una medición). La salinidad se midió con salinómetro portátil Hydrobios o mediante estimación a partir de mediciones de conductividad y temperatura obtenidas en laboratorio.

Los contenidos de clorofila *a* y feopigmentos se estimaron mediante filtración de al menos 2 l de agua por filtros Millipore de 0.45µm de poro. El material retenido en los filtros se mantuvo en

frio y a la sombra, hasta ser sometido a extracción de pigmentos en acetona al 90% por 24 hrs. Posteriormente, se centrifugó a 3500 rpm por 15 minutos y se midió la absorbancia del sobrenadante, a longitudes de onda de 750 y 665 nm, con y sin acidificación con HCl 0.1 N (Strickland & Parsons, 1972).

#### 4.6. caracterización de los sedimentos

Durante el mes de febrero de 1997 se recolectaron muestras de sedimento desde los fondos submareales de Tubul y Corral, e intermareales de Coihuín y Yaldad, con el objetivo de analizar las características texturales y granulométricas de las áreas habitadas por juveniles y adultos de las especies en estudio.

Se recolectó un total de 10 muestras (réplicas) de sedimento en los fondos inmediatamente adyacentes a las áreas de recolección de las especies en estudio, tal como se indica en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Localidades y tipos de áreas desde las cuales se recolectaron sedimentos para los análisis texturales y granulométricos.

localidad	área de la cual se recolectaron sedimentos
Tubul	1. de área submareal con bancos de huepo 2. de área submareal con bancos de navajuela y almeja
Corral	1. de área submareal con bancos de huepo 2. de área submareal con bancos de navajuela
Coihuín	de área intermareal con bancos de navajuela
Yaldad	de área intermareal con bancos de almeja

Tanto en el submareal (buceo semi - autónomo) como en el intermareal, las muestras de

sedimento se recolectaron manualmente, utilizando cilindros plásticos de 3 cm de diámetro enterrados hasta 3 cm en el sustrato. Estos sedimentos se mantuvieron congelados a  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en laboratorio.

Para los análisis texturales se utilizó el método de tamizaje en húmedo (Anderson *et al.*, 1981), separándose las fracciones grava (partículas  $> 2$  mm), arena - agregados (partículas  $> 63$   $\mu\text{m}$ ) y fango ( $< 63$   $\mu\text{m}$ ). Posteriormente, se separó la fracción arena - agregados mediante aplicación de ultrasonido por 30 minutos (disgregación), y retamizaje por malla de 63  $\mu\text{m}$ .

El contenido de materia orgánica (combustibles totales) de los sedimentos, se estimó mediante secado ( $80^{\circ}\text{C}$ , 72 hrs) y calcinación ( $550^{\circ}\text{C}$ , 4 hrs) de muestras (Mills, 1978).

Debido a que la fracción arena fue la mejor representada en la mayor parte de los sedimentos, se analizó su granulometría mediante velocidad de sedimentación de las partículas (Emery, 1961), y cálculo de tamaño medio y sorteo de la partícula según método de los momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973).

#### **4.7. abundancia de reclutas**

Desde noviembre de 1996 a noviembre de 1997 se recolectaron muestras mensuales de sedimento destinadas a estimar la abundancia de reclutas en los fondos submareales de Corral, y los sedimentos intermareales de Coihuín y Yaldad. Desde febrero a diciembre de 1997 se realizó similar tipo de muestreo en los fondos de Tubul.

La selección de las áreas de muestreo de reclutas, guardó directa relación con la distribución de los bancos de adultos de cada especie, es decir, los muestreos de adultos y reclutas se realizaron en los mismos fondos. Esto último con el objetivo de comparar directamente, la variabilidad temporal del número de reclutas con la abundancia y variabilidad en el ciclo reproductivo del componente

adulto de las poblaciones en estudio.

Las profundidades a las cuales se recolectaron los sedimentos fueron 10-14 m en la Bahía de Corral y 6-8 m en Tubul. En estas dos áreas se obtuvieron diez réplicas; en Coihuín y Yaldad, seis. Las muestras se recolectaron con cilindros plásticos de 10.5 cm de diámetro (86.5 cm<sup>2</sup>) enterrados aproximadamente 5 cm en el sustrato. Previo al tamizaje, las muestras se fijaron en alcohol, agregándose en algunos casos glicerofosfato de sodio para evitar la descalcificación de los bivalvos más pequeños.

En laboratorio, las muestras se concentraron mediante el método de la elutriación (Uhlig *et al.*, 1973) y fueron separadas con ayuda de lupas binoculares. En el caso de los especímenes más pequeños (particularmente en el caso de las almejas), el reconocimiento de las especies se llevó a cabo mediante observación de los dientes de la charnela.

En este estudio se consideraron reclutas aquellos individuos cuyas tallas (*i.e.* longitudes máximas), estuvieron comprendidas entre 250 y 3000 micrones para el caso de navajuela, 250 y 10000 micrones (10 mm) para el caso de huepo, y 250 y 5000 micrones para el caso de almeja. En el caso de esta última especie, debido a algunas diferencias metodológicas, los reclutas del banco de taquillas intermareales (Yaldad), están comprendidos en el rango 250 - 3000 micrones de longitud. Nuestra experiencia como investigadores indica que los rangos propuestos para la definición de un recluta, son bastante conservadores, y en este sentido, las diferencias de rango que se presentan entre las especies, no deberían afectar significativamente las conclusiones generadas acerca de la variabilidad del reclutamiento.

Para el caso específico del recurso huepo, se ha definido un límite superior de 10 mm para que un organismo sea considerado recluta. Esta longitud relativamente alta, guarda relación con los resultados obtenidos (véase el capítulo correspondiente), en los cuales organismos de longitud menor a 10 mm se detectaron en muy escasas ocasiones o no se detectaron. En consecuencia, pese a que en rigor los organismos más pequeños que fue posible detectar en las muestras, estén inmediatamente

por encima de una talla de recluta propiamente tal, esto no es impedimento para llevar a cabo un análisis, en el que se tome en cuenta el margen de edad que debemos suponer que existe (véase resultados).

Finalmente, los resultados obtenidos en la caracterización del número de reclutas a través del tiempo, fueron comparados con los datos obtenidos en la caracterización de la columna de agua y de la abundancia de adultos para cada una de las áreas de muestreo (como se mencionó previamente, los muestreos de adultos y reclutas se realizaron en las mismas áreas). Así, mediante análisis de regresión se intentó identificar la existencia de eventuales relaciones entre estos factores (considerados en este caso independientes) y la variabilidad temporal del reclutamiento.

#### **4.8. mortalidad y talla crítica**

##### **Tasa instantánea de mortalidad**

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

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

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

##### 5) Métodos que requieren datos de captura y esfuerzo.

Los métodos 4 y 5 requieren diferente tipo de información. Aunque se reconoce la mayor robustez que presentan, la información base para el cálculo de la tasa de mortalidad natural es costosa de obtener. Los métodos del tipo 5 funcionan con una base de datos captura y esfuerzo (estandarizado) de varios años, la cual obviamente es inexistente. Por su parte, los métodos basados en marcaje y recaptura requieren abundante trabajo de campo y periodos de más de un año, para efectuar varios eventos de marcaje. Es deseable, sin duda, el estudio de la mortalidad natural con la aplicación de métodos alternativos de validación, entre los que el marcaje y recaptura constituye uno de los mas utilizados (Phillips & Campbell, 1974; Vetter, 1988; Beinssen & Powell, 1979). En este sentido existe la posibilidad de aplicar este tipo de método para el recurso almeja en la zona intermareal de Yaldad y para el recurso navajuela en la zona intermareal de Coihúin, X Región.

Además, varias técnicas específicas pertenecientes a los otros métodos (del tipo 2 y 3), que estiman la mortalidad total ( $Z$ ) podrían ser aplicables para estimar mortalidad natural ( $M$ ) siempre que la estimación se hiciera sobre stock no explotados. Esta situación se presenta en la X Región, en particular en los bancos de Yaldad (Isla de Chiloé) y Coihúin (Golfo de Reloncaví). En este grupo de métodos encontramos los modelos de Beverton & Holt (1956), Ssentongo & Larkin (1973), Van Sickle (1977), Powell (1979), Pauly (1983), Jones & Van Zalinge (1981), Jones (1984), Heincke (1913), Chapman & Robson (1960), Robson & Chapman (1961), Fournier & Breen (1983), entre otros.

Lo anterior redujo la estimación de  $M$  a algunos métodos del tipo bioanalógicos, del tipo basado en la curva de captura en tallas y de tipo marcaje y recaptura. En particular, se probará el método de marcaje y recaptura para el recurso navajuela y almeja de la zona de Yaldad y Coihúin.

Los métodos bioanalógicos se basan en suponer la existencia de una relación entre la mortalidad natural y procesos biológicos básicos como el crecimiento, reproducción, longevidad u otros. Algunos de estos métodos han relacionado estimaciones independientes de  $M$  y otros

parámetros a través de relaciones funcionales. Tal es el caso de los modelos de Pauly (1980) y Rikhter & Efanov (1976), los cuales requieren parámetros ambientales o de edad de primera madurez. También son métodos bioanalógicos los que requieren sólo de parámetros de crecimiento como el de Taylor (1958) o de longevidad como el de Alagaraja (1984). Métodos como el de Hoenig (1983) o el de Ebert (1981), si bien son bioanalógicos, requieren el supuesto de stock no-explotado para la estimación de  $M$ .

El método de Alagaraja (1984) requiere del cálculo de la longevidad poblacional o edad máxima ( $T_m$ ). Este parámetro se calculó a partir del promedio de longitudes máximas (en caso de rangos continuos de tallas máximas) o del valor máximo de talla muestreada de la población, transformadas a edad mediante la ecuación inversa de von Bertalanffy.

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

**método 1** (Taylor 1958)

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

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

**método 2** (Alagaraja 1984)

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

donde  $T_m$  representa la longevidad en años.

**método 3** (Rikhter & Efanov 1976)

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

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

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

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

$$Z = K * \left( \frac{L_{\infty} - L_p}{L_p - L_{-}} \right)$$

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

**método 5** (Jones & van Zalinge 1982).

A partir de la ecuación inversa de von Bertalanffy :

$$t_{(L)} = t_0 - \frac{1}{K} \ln \left( 1 - \frac{L}{L_{\infty}} \right)$$

y de la curva de captura acumulada

$$\ln C(t, L_y) = d - Z_t$$

se obtiene

$$\ln(C(L1, L_{\infty})) = d - Z(t_0 - \frac{1}{K} \ln(\frac{L - L_{\infty}}{L_0}))$$

la cual a su vez puede ser convertida en:

$$\ln(C(L1, L_{\infty})) = d - Zt_0 - \frac{Z}{K} \ln(L_{\infty}) + \frac{Z}{K} \ln(L_{\infty} - L1)$$

si renombramos los tres primeros términos por ser constantes como:

$$a = d - Zt_0 - \frac{Z}{K} \ln(L_{\infty})$$

entonces la ecuación de Jones & van Zalinge es:

$$\ln(C(L1, L_{\infty})) = a + \frac{Z}{K} \ln(L_{\infty} - L1)$$

donde:  $C(L1, L_{\infty})$  es la captura acumulada de los individuos de largo  $L1$  hacia arriba por intervalos de talla,  $L_{\infty}$  y  $K$  son parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy y  $L1$  es la talla menor considerada en el análisis.

Los parámetros de entrada necesarios para la estimación de  $M$ , requieren fundamentalmente de estimaciones de  $K$ ,  $L_{\infty}$ ,  $t_0$ ,  $T_m$  (longevidad),  $T_{m50\%}$  (talla primera madurez). Los cuales, se obtienen de las estimación de crecimiento y ciclo de madurez.

Además se marcaron individuos de almeja en Yaldad y navajuela en Coihúin. Los individuos

marcados serán agrupados en las siguientes clases de tamaños: < de 15 mm, (15,30], (30,45], y > de 45 mm. Mensualmente, a partir del segundo mes, para evitar muertes debido al marcaje, se medirá el número de sobrevivientes ( $N_t$ ). Si  $f_t$  es la probabilidad que un animal sobreviva en el período  $[0, t]$ ;  $N_0$  es el número de animales al tiempo  $0$ , entonces se puede esperar que los sobrevivientes al tiempo  $t$  sean:

$$N_t = N_0 f_t$$

luego,  $1-f_t$  es la Tasa de mortalidad

Si la mortalidad es expresada o considerada como un proceso Poisson (aleatorio) mediante el parámetro  $m$ , entonces la probabilidad que un animal muera en el intervalo de tiempo  $(t, t+dt)$  es  $mdt + o(dt)$ , luego

$$\phi_t = e^{-\mu t}$$

y que en su forma diferencial es:

$$\frac{dN_t}{dt} = -\mu N_t$$

donde el parámetro  $m$  es llamado Tasa instantánea de mortalidad. Si  $m$  es determinada desde una población virginal o sin explotación entonces se denomina Tasa instantánea de mortalidad natural ( $M$ ).

En consecuencia, se estimó la mortalidad  $M$  para las distintas poblaciones dependiendo de los parámetros de crecimiento disponibles y de las características de estas poblaciones. Así, se utilizó el método 1 en las estimaciones de navajuela de Corral y Tubul, con los valores de entrada

provenientes de las estimaciones de edad-longitud. Los métodos 2 y 3 se aplicaron a todas las poblaciones en estudio, en tanto que los métodos 4 y 5 se aplicaron a las poblaciones de navajuela en Coihuín y almeja en Yaldad.

### **Talla crítica**

Ricker (1975) define la Talla Crítica ( $T_c$ ) como: “the average size of the fish in a year-class at the time when the instantaneous rate of natural mortality equals the instantaneous rate of growth in weight for the year-class as a whole”. Cuando se trata de poblaciones explotadas la  $T_c$  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”.

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 ( $W_t$ )

$$B_t = N_t * W_t$$

Ricker (1975) expresa la tasa instantánea de mortalidad como:

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

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

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

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,

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

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

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

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

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

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

$$L_c = L_\infty (1 - e^{-K(t_c - t_0)})$$

Así, tc se obtuvo en base a los parámetros de mortalidad y crecimiento estimados en cada caso con la metodología específica.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. crecimiento

#### • crecimiento de navajuela en el intermareal (Coihuín)

Durante el período de estudio se marcaron 565 ejemplares de esta especie (Tabla 6), siendo retornados a su medio original. La recuperación mensual de los individuos marcados, fue relativamente buena con una tasa promedio de recuperación de un 21%.

**Tabla 6.** Número de individuos marcados y recapturados y fechas en las que se realizaron dichos experimentos. Se indica además la representación porcentual de estos últimos.

Nº	Fecha de marcaje	Nº de marcados	Nº de acumulados	Fecha de recuperación	Nº de recuperados	% de recuperación
1	23 - nov - 96	143	143			
2	13 - dic - 96	0	143	13 - dic - 96	52	36
3	21 - ene - 97	71	214	21 - ene - 97	59	28
4	21 - feb - 97	106	320	21 - feb - 97	50	16
5	21 - mar - 97	0	320	21 - mar - 97	55	17
6	20 - abr - 97	35	355	20 - abr - 97	31	9
7	05 - may - 97	29	384	05 - may - 97	72	19
8	04 - jun - 97	43	427	04 - jun - 97	55	13
9	03 - jul - 97	21	448	03 - jul - 97	68	15
10	17 - ago - 97	84	532	17 - ago - 97	112	21
11	14 - sep - 97	0	532	14 - sep - 97	96	18
12	17 - oct - 97	33	565	17 - oct - 97	136	24
13	11 - nov - 97	0	565	11 - nov - 97	165	29

La estadística descriptiva de los individuos experimentales se muestra en la Tabla 7, mientras

que su frecuencia de tamaños se muestra en la Figura 1.

**Tabla 7.** Estadística descriptiva de los individuos experimentales de navajuela utilizados en los experimentos de marcaje y recuperación.

medida	valor
Tamaño medio (mm)	43.06
Mediana	41.27
Moda	62.8
Rango	53.7
Tamaño mínimo (mm)	18.5
Tamaño máximo (mm)	72.2
Número de ejemplares marcados	565

El análisis del incremento absoluto diario (medido como mm/día), indica que durante las estaciones primavera y verano se presentan las mayores tasas de crecimiento, mientras que en invierno y otoño estas tasas disminuyen, lo cual estaría indicando cierta estacionalidad en el crecimiento (Figura 2). El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en el incremento absoluto diario de los individuos experimentales y control (Tabla 8).

**Tabla 8.** Resultados de ANOVA realizado entre promedios de los incrementos absolutos diarios de los individuos experimentales y control de navajuela en la localidad de Coihuin.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	P
entre grupos	1	0.002	0.002	2.395	0.122
dentro de grupos	766	0.614	0.001		
Total	767	0.316			

En la Tabla 9, se entregan los valores de los parámetros de crecimiento estimados para esta especie. Se entregan dos estimaciones, una con todos los parámetros libres y otra fijando la longitud infinita en 73.75 mm valor máximo de tamaño observado. También podemos apreciar que la

estacionalidad descrita en la Figura 2, se refleja claramente en el valor del parámetro C, en ambos casos.

**Tabla 9.** Parámetros de crecimiento de la población de navajuela de Coihuí (\* = estimación con  $L_{\infty}$  fijo).

$L_{\infty}$ (mm)	K (año <sup>-1</sup> )	C	ts	SSQ	r <sup>2</sup>
64.07	0.415	0.848	1	588.16	0.9929
73.75 (*)	0.328	0.740	1	582.20	0.9929

• **crecimiento de almeja en el intermareal (Yaldad)**

Se han medido y marcado un total de 698 ejemplares, desde el inicio del estudio el 21 de noviembre de 1996 (Tabla 10). La recuperación mensual de los individuos marcados, ha sido relativamente alta con una tasa promedio de recuperación mayor al 40%.

**Tabla 10.** Número de individuos marcados y recapturados y fechas en las que se realizaron dichos experimentos. Se indica además la representación porcentual de estos últimos.

Nº	Fecha de marcaje	Nº de marcados	Nº de acumulados	Fecha de recuperación	Nº de Recuperados	% de recuperación
1	21 - nov - 96	199	199			
2	15 - dic - 96	170	359	15 - dic - 96	126	34
3	24 - ene - 97	84	453	24 - ene - 97	213	47
4	24 - feb - 97	62	515	24 - feb - 97	346	67
5	23 - mar - 97	0	515	23 - mar - 97	328	64
6	22 - abr - 97	50	565	22 - abr - 97	142	25
7	08 - may - 97	45	610	08 - may - 97	226	37
8	07 - jun - 97	24	634	07 - jun - 97	138	22
9	06 - jul - 97	0	634	06 - jul - 97	47	7
10	19 - ago - 97	0	634	19 - ago - 97	198	31
11	14 - sep - 97	0	634	14 - sep - 97	135	21
12	19 - oct - 97	64	698	19 - oct - 97	159	20
13	13 - nov - 97	0	698	13 - nov - 97	177	22

La estadística descriptiva de estos individuos experimentales se muestra en la Tabla 11 y su estructura de tamaños en la Figura 3.

**Tabla 11.** Estadística descriptiva de los especímenes de almeja utilizados en los experimentos de marcaje y recuperación.

medida	valor
Tamaño medio (mm)	38.51
Mediana	40.28
Moda	54.3
Rango	62.17
Tamaño mínimo (mm)	8.1
Tamaño máximo (mm)	70.27
Número de ejemplares marcados	698

El incremento absoluto diario, mostró tasas de crecimiento bastante altas para los individuos

de menor tamaño. Asimismo se observaron tasas de crecimiento mayores en las estaciones de primavera, verano y otoño, lo que estaría reflejando un comportamiento estacional en el crecimiento (Figura 4). El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en el incremento absoluto diario, entre individuos experimentales y control (Tabla 12).

**Tabla 12.** Resultados de ANOVA realizado entre promedios de los incrementos absolutos diarios de los individuos experimentales y control de almeja en la localidad de Coihuín.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F	P
entre grupos	1	0.006	0.006	0.120	0.729
dentro de grupos	1379	74.35	0.054		
Total	1380	74.41			

En la Tabla 13, se presentan las estimaciones de los parámetros de crecimiento para esta especie. La estimación se realizó dejando todos los parámetros libres y fijando  $L_{\infty}$  en 72.5 mm (máxima longitud observada).

**Tabla 13.** Parámetros de crecimiento de la población de almeja de Yaldad (\*= estimación realizada con  $L_{\infty}$  Fijo).

$L_{\infty}$ (mm)	K (año <sup>-1</sup> )	C	ts	SSQ	r <sup>2</sup>
63.40	0.691	0.936	1.088	2787.45	0.9914
72.50 (*)	0.644	0.792	1.082	3454.70	0.9896

Ambas estimaciones, no presentaron mayores diferencias en el valor del coeficiente de crecimiento K, registrándose altos valores en este parámetro (valores sobre 0.6). Por otro lado, las estimaciones de la estacionalidad C, mostraron un valor menor al fijar el valor de  $L_{\infty}$ .

• crecimiento de navajuela en el submareal (Corral y Tubul)

Las muestras para analizar el crecimiento de navajuela en el submareal se han obtenido periódicamente de Corral y Tubul. Las frecuencias y estructura de tallas encontradas se presentan en las Tablas 14 y 15 y en las Figuras 5 y 6.

**Tabla 14.** Frecuencias absolutas por clase de talla, de los especímenes de navajuela recolectados en los fondos de Corral, durante el periodo de estudio.

Frecuencias absolutas de las tallas de navajuela en Corral												
clase	nov 96	dic 96	ene 97	feb 97	mar 97	may 97	jun 97	ago 97	sep 97	oct 97	nov 97	dic 97
7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.9	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11.9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.9	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.9	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.9	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.9	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23.9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.9	0	2	6	0	0	1	0	0	1	0	0	1
27.9	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.9	0	0	8	0	0	1	0	0	2	0	0	0
31.9	1	0	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0
33.9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
35.9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
37.9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41.9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43.9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45.9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51.9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
53.9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55.9	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57.9	5	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
59.9	8	0	2	0	0	1	0	2	5	0	0	1
61.9	8	0	0	2	0	0	5	2	8	0	3	2
63.9	6	3	2	2	0	0	9	4	6	1	6	1
65.9	9	4	0	5	1	0	3	12	9	5	5	3
67.9	6	6	4	5	0	1	2	7	17	3	8	4
69.9	12	7	3	9	1	3	17	19	12	6	21	4
71.9	8	7	6	10	2	7	12	6	10	9	25	11
73.9	13	7	4	12	4	9	21	10	7	22	39	6
75.9	6	10	3	13	8	12	13	14	2	17	18	14
77.9	5	3	3	8	8	7	4	7	6	9	13	8
79.9	7	3	2	1	5	3	5	2	2	10	16	9
81.9	4	2	2	2	5	4	3	0	0	2	9	3
83.9	0	1	0	2	5	1	1	0	0	4	4	1
85.9	1	0	0	0	4	1	1	0	0	1	2	0
87.9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
88.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91.9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
93.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	113	96	69	71	49	54	97	86	88	92	169	70

**Tabla 15.** Frecuencias absolutas por clase de talla, de los especímenes de navajuela recolectados en los fondos de Tubul, durante el periodo de estudio.

Frecuencias absolutas de las tallas de navajuela en Tubul											
Clase	dic 96	ene 97	feb 97	mar 97	may 97	jun 97	jul 97	ago 97	sep 97	oct 97	nov 97
11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.9	17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
23.9	28	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
25.9	23	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
27.9	25	2	5	6	0	0	0	0	0	0	0
29.9	11	3	12	6	1	0	0	0	0	0	0
31.9	2	12	15	3	0	0	0	0	0	0	0
33.9	0	5	14	1	0	0	0	0	0	0	0
35.9	0	4	17	1	8	0	1	0	0	0	0
37.9	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0
39.9	0	0	0	0	9	0	1	0	0	1	0
41.9	0	1	0	0	5	0	0	0	0	3	2
43.9	0	0	0	0	3	0	1	0	1	1	1
45.9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1
47.9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
49.9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
51.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
53.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55.9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
57.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59.9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
61.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
63.9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
65.9	0	1	0	0	2	1	0	3	0	0	1
67.9	0	1	0	0	0	3	0	3	0	0	0
69.9	0	1	1	0	1	2	0	7	0	0	0
71.9	5	2	1	0	0	1	0	25	1	2	0
73.9	4	1	1	0	0	1	0	25	0	0	4
75.9	3	3	0	3	0	1	0	35	0	1	0
77.9	1	8	1	6	1	0	2	21	2	5	3
79.9	13	15	6	7	7	5	5	23	2	9	3
81.9	23	31	14	16	6	8	2	12	4	11	18
83.9	48	36	22	24	6	6	7	9	8	12	13
85.9	35	40	34	33	8	11	10	5	22	34	31
87.9	39	35	21	23	9	10	12	0	5	33	33
88.9	31	35	31	17	6	9	9	1	18	34	35
91.9	26	36	27	17	6	9	15	0	26	37	50
93.9	6	24	15	6	2	5	6	0	20	16	23
95.9	6	6	4	2	2	2	4	0	20	6	22
97.9	5	2	3	1	0	2	0	0	9	6	9
99.9	0	1	1	0	0	1	2	0	8	2	4
101.9	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2
103.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2
total	361	307	251	175	93	81	79	172	149	216	257

Las tallas mejor representadas en las muestras corresponden a aquellas sobre los 60 mm, faltando las tallas menores a 20 mm y las tallas entre los 35 a 50 mm, en ambas localidades (Figuras 5 y 6).

A partir de los datos de reclutamiento y época de desove y maduración, se establecieron las probables edades de algunas cohortes y se estimaron los parámetros de crecimiento en base a datos de longitud edad.

En Corral, se registró una sola época de desove, aunque bastante prolongada, desde diciembre a junio. El reclutamiento se concentró entre enero y marzo, lo cual hace presumir que los reclutas con tamaños entre 0.25 y 3 mm, tendrían una edad de entre 2 a 4 meses.

Suponiendo que la primera cohorte indicada en la Figura 5 es del año, entonces esta tiene como máximo la edad de 10 meses (esto suponiendo que el o los estados larvales tienen una duración que no supera los 30 días en la columna de agua). Siguiendo esta cohorte al mes siguiente tiene 11 meses y el subsiguiente 12 meses. En base a esta interpretación se estimaron los datos de longitud - edad que se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Datos de longitud - edad para navajuela en la localidad de Corral.

Edad (años)	Lt	Ds
0.33	3.00	
0.82	17.90	1.35
0.91	21.34	2.52
1.13	29.12	3.92
2.68	63.60	1.54
3.41	68.48	2.58
4.30	71.95	3.28
5.27	73.63	2.16
6.33	77.46	2.93

En base a las estimaciones de longitud - edad, - es posible estimar los parámetros de crecimiento, los cuales se presentan en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Parámetros de crecimiento de navajuela en Corral , estimados en base datos de longitud - edad .

Parámetros	estimados	Ds	CV
$L_{\infty}$ (mm)	80.02	2.43	0.03
K ( $\text{año}^{-1}$ )	0.59	0.06	0.11
to (años)	0.33	0.05	0.14
$r^2$	0.98		

En la población de Tubul, se siguió un razonamiento similar al anterior, pero teniendo en cuenta reclutamientos en abril - junio y una época de desove en febrero - abril y octubre - noviembre. Para establecer una relación entre la talla y la edad se supuso que los reclutas detectados en abril provienen del segundo desove, por lo tanto un recluta de 3 mm debería tener alrededor de 6 meses.

En la primera cohorte con una talla modal de 24.69 mm, en el mes de diciembre (Figura 6), debería tener alrededor de 12 meses de edad, adicionando un mes se puede seguir la cohorte hasta abril y junio. En base a esta interpretación, se estimaron los datos de longitud - edad que se presentan en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Datos de longitud - edad para navajuela en la localidad de Tubul.

Edad (años)	Lt	Ds
0.49	3.00	
1.00	24.69	3.07
1.09	32.06	3.28
1.27	32.20	3.00
1.46	39.45	3.17
1.83	41.90	1.35
2.99	67.90	1.59

En la Tabla 19 se presentan los parámetros de crecimiento estimados en base a los datos de

longitud - edad.

**Tabla 19.** Parámetros de crecimiento de navajuela en Tubul , estimados en a base datos de longitud - edad .

Parámetros	estimados	Ds	CV
$L_{\infty}$ (mm)	89.84	18.00	0.20
K (año <sup>-1</sup> )	0.52	0.19	0.36
t <sub>0</sub> (años)	0.39	0.10	0.25
r <sup>2</sup>	0.98		

Los parámetros de crecimiento estimados mediante la rutina “Direct fit of length-frecuency data”, se presentan en la Tabla 20 y corresponden a la mejor combinación de parámetros para estas muestras.

**Tabla 20.** Parámetros poblacionales estimados para las navajuelas recolectadas en los fondos de Tubul y Corral, tanto de las estimaciones con punto de partida fijo y variable.

Parámetro	fija		variable	
	Corral	Tubul	Corral	Tubul
$L_{\infty}$ (mm)	103.00	105.80	103.00	104.30
K (año <sup>-1</sup> )	0.40	0.60	0.70	1.00
C	0.15	0.20	0.26	0.08
WP	0.30	0.10	0.20	0.15
Rn	0.13	0.13	0.16	0.17

En la estimación con punto de partida variable, la longitud máxima asintótica ( $L_{\infty}$ ) para ambas localidades resultó ser similar, en tanto que el coeficiente de crecimiento (K) resultó ser bastante alto (0.7 en Corral y en Tubul) al estimarlo con punto de partida variable que las estimaciones realizadas con punto de partida fijo (0.40 en Corral y 0.60 en Tubul). Las estimaciones de C y WP, mostraron

valores bajos lo que indicaría una baja estacionalidad en el crecimiento.

• **crecimiento de hueso en el submareal (Corral y Tubul)**

Las muestras para analizar el crecimiento de hueso en el submareal se han obtenido periódicamente de Corral y Tubul. Las frecuencias y estructura de tallas encontradas se presentan en las Tablas 21 y 22 y las Figuras 7 y 8.

**Tabla 21.** Frecuencias absolutas por clase de talla, de los especímenes de hueso recolectados en los fondos de Corral, durante el periodo de estudio.

Frecuencias absolutas de las tallas de hueso en Corral										
clase	nov 96	dic 96	ene 97	feb 97	mar 97	jul 97	ago 97	sep 97	oct 97	nov 97
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
85	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
95	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0
100	2	1	0	0	0	3	0	0	1	1
105	1	1	0	0	0	5	0	0	2	0
110	0	1	2	1	0	3	0	1	3	0
115	1	0	1	2	2	3	2	0	2	0
120	0	0	4	3	6	4	4	0	0	0
125	0	1	5	4	3	10	1	0	2	0
130	2	0	5	3	5	9	4	0	1	0
135	5	0	8	6	7	9	0	0	1	0
140	3	1	3	14	6	12	3	0	2	0
145	2	0	8	7	7	17	1	1	1	0
150	9	1	8	14	8	13	1	0	1	1
155	3	2	2	9	5	7	1	1	4	1
160	2	1	6	12	2	7	4	2	3	1
165	5	3	6	2	0	2	0	5	7	5
170	8	3	3	3	0	2	4	8	22	2
175	5	10	2	1	0	0	1	6	18	12
180	5	16	3	0	1	0	2	7	19	20
185	5	11	3	0	0	0	3	6	14	10
190	2	11	0	0	0	0	5	2	14	7
195	1	5	2	0	0	0	3	2	5	9
200	2	1	2	1	0	0	0	0	0	3
205	0	2	0	0	0	0	1	0	2	4
210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	70	82	75	82	52	112	40	41	125	78

**Tabla 22.** Frecuencias absolutas por clase de talla, de los especímenes de hueso recolectados en los fondos de Tubul, durante el período de estudio.

Frecuencias absolutas de las tallas de hueso en Tubul											
clase	dic 96	ene 97	feb 97	mar 97	may97	jun 97	jul 97	ago 97	sep 97	oct 97	nov 97
20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	29	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0
55	32	13	7	0	0	0	1	0	0	0	0
60	11	16	16	3	0	0	1	0	0	0	0
65	3	27	15	10	0	3	10	0	0	0	0
70	1	11	6	20	6	4	8	0	0	0	1
75	0	1	0	18	5	3	15	0	0	0	0
80	1	0	0	3	10	2	8	0	1	0	3
85	2	3	3	0	1	3	4	0	2	0	3
90	2	3	11	0	1	3	0	0	1	0	0
95	0	4	28	0	2	2	2	0	0	0	0
100	3	12	38	0	7	3	5	1	0	0	3
105	1	3	11	1	3	3	7	1	3	0	3
110	2	5	5	1	2	3	11	1	2	0	10
115	5	0	12	2	1	2	12	1	4	1	17
120	4	2	6	1	1	0	4	1	5	1	18
125	9	3	11	0	3	3	1	2	0	0	14
130	2	2	6	0	2	7	2	2	2	1	4
135	1	1	6	1	5	6	5	5	0	0	5
140	2	5	6	0	2	4	4	7	1	0	4
145	4	8	6	4	1	6	6	11	1	2	7
150	5	7	7	1	0	6	3	7	1	4	1
155	8	10	6	4	0	0	1	16	1	2	9
160	6	5	14	6	1	3	1	4	5	2	12
165	10	11	21	9	2	4	5	6	5	3	19
170	9	9	24	4	6	5	3	3	8	8	10
175	8	7	15	8	0	14	5	5	9	7	17
180	7	7	10	2	2	1	8	6	7	5	9
185	1	1	6	1	0	2	1	5	6	3	11
190	0	1	0	1	0	0	1	3	5	0	6
195	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
200	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
total	174	191	297	101	64	92	134	87	71	40	187

Se observa que las muestras de Tubul presenta grupos más claros o mejor formados que los observados en las muestras de Corral. Además, en ambas localidades se observa la ausencia de ejemplares menores a 20 mm (Figuras 7 y 8).

Debido a que los desoves en esta especie fueron prolongados en el tiempo y que no se registraron patrones claros de reclutamiento no fue posible estimar la relación edad - longitud, por lo que las estimaciones de los parámetros de crecimiento solo fueron estimados usando la rutina de "Direct fit of length-frequency data".

Los parámetros fueron estimados, con diversos valores de partida. Los valores finales de la mejor combinación de parámetros, tanto para el caso de búsqueda con punto de partida variable como para punto de partida fijo, se entregan en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Parámetros de crecimiento de huepos, estimados mediante rutina de “Direct fit of length-frequency data”.

Parámetro	fija		variable	
	Corral	Tubul	Corral	Tubul
$L_{\infty}$ (mm)	209.40	202.30	209.50	207.60
K (año <sup>-1</sup> )	0.60	0.70	0.90	1.00
C	0.20	0.25	0.02	0.10
WP	0.25	0.25	0.20	0.90
Rn	0.11	0.11	0.16	0.13

Tanto para la población de Corral como de Tubul, no se registró gran diferencia entre ambas estimaciones de  $L_{\infty}$ , sin embargo en los demás parámetros sí se registraron diferencias notorias entre ambas estrategias. Así, al igual que en las estimaciones realizadas en navajuela, la estimación de K en con punto de partida variable registró valores mayores que las estimaciones realizadas con punto de partida fijo, igual situación se observó en la estimación del parámetro C.

#### • crecimiento de almeja en el submareal

Al igual que en caso de los huepos las muestras para analizar el crecimiento de almeja en el submareal se han obtenido periódicamente de Tubul, las frecuencias y estructura de clases de talla encontradas se presentan en la Tabla 24 y en la Figura 9.

**Tabla 24.** Frecuencias absolutas por clase de talla, de los especímenes de almeja recolectados en los fondos de Tubul, durante el período de estudio.

Frecuencia de talla de las muestras de almeja recolectadas en Tubul							
Clase	may 97	jun 97	jul 97	ago 97	oct 97	nov 97	dic 97
30	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	1	0	0	0
39	0	0	0	1	0	0	0
42	0	0	5	6	0	2	0
45	0	1	8	16	0	5	0
48	0	3	19	48	0	10	0
51	1	9	30	42	0	33	0
54	1	22	11	29	0	24	0
57	3	29	3	5	0	7	0
60	16	20	0	0	0	5	0
63	18	6	3	1	0	2	0
66	33	0	0	1	0	0	0
69	5	0	2	0	1	0	1
72	0	0	4	0	1	0	4
75	0	1	8	0	5	0	5
78	0	0	3	0	11	0	9
81	0	0	4	0	33	0	4
84	0	0	0	0	24	0	7
87	0	0	1	0	19	0	3
90	0	0	0	0	7	0	1
93	0	0	0	0	0	0	0
Total	77	91	101	150	101	88	34

Al igual que en las muestras de las poblaciones de huepo, la obtención de una relación entre la longitud y edad, se vio dificultada por un larga época de desove (detectándose desoves desde junio a diciembre) y la presencia de reclutas durante todo el año, por lo tanto se optó por estimar los parámetros de crecimiento usando solamente el "Direct fit of length-frequency data".

Los resultados para la mejor combinación de parámetros, tanto para la búsqueda con punto de partida fijo y variable se presentan en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Parámetros de crecimiento estimados para la almeja, en la localidad de Tubul.

Parámetros	fijo	variable
$L_{\infty}$ (mm)	93.00	96.00
K (año <sup>-1</sup> )	0.40	0.60
C	0.20	0.28
WP	0.25	0.54
Rn	0.25	0.34

Al igual que en las estimaciones realizadas en las poblaciones de navajuela y huepo se observa, que la estimación con punto de partida variable tiende a generar altos valores del parámetro K y se mantienen los niveles de baja estacionalidad.

### Discusión

Debido a la fragilidad que presentan las valvas de navajuela y huepo, al manipular y realizar las mediciones de longitud de los ejemplares, éstos tienden a perder los bordes con facilidad. Por otro lado en especímenes sobre los 50 mm, el manto y el periostraco sobresalen entre las valvas dificultando obtener dichas mediciones, lo cual dificultó las mediciones de longitud de los ejemplares. En cambio, las mediciones realizadas en la almeja se ha facilitado, por su alta resistencia a la manipulación y al estrés ambiental, lo que se refleja en su alta tasa de recuperación y baja mortalidad (apreciación válida para los animales experimentales y no evaluada en forma cuantitativa).

En la zona intermareal, el crecimiento de navajuela y almeja es similar. Ambas especies tienen una modalidad de crecimiento estacional, siguiendo el patrón de productividad primaria descrito para esta zona (Navarro & Jaramillo, 1994). Esta modalidad de crecimiento ha sido descrita para moluscos bivalvos en el sur de Chile (Clasing, *et al.* 1994; Clasing, *et al.* 1996). Sin embargo, la almeja presenta tasas de crecimiento muy superiores a la navajuela, indicando que se trata de una especie de crecimiento rápido lo cual se refleja en el valor del coeficiente de crecimiento  $K$  y en los valores que

alcanzan los incrementos absolutos al comparar ambas especies.

En ambas especies se estimaron dos set de parámetros: en el primero se estimaron todos en forma libre y el segundo fijando  $L_{\infty}$  en valores de los tamaños máximos observados. En la navajuela, se estima que el segundo set representa mejor el crecimiento de esta especie en el intermareal. Esto si se utiliza como criterio los valores de mínimos residuales (suma de cuadrados de residuales  $SSQ=582.2$  con  $L_{\infty}$  fijo y  $SSQ=588.2$  con  $L_{\infty}$  variable). Basados en el mismo criterio, se estima que en la almeja, el primer set representa mejor el crecimiento de esta especie.

En navajuela y huepo del submareal, el mayor inconveniente fue la falta de grupos de tamaños intermedios que permitiesen una buena identificación de las cohortes presentes en la población. La falta de estos grupos, podría ser causada por fallas en el reclutamiento o asentamiento en años anteriores, fenómeno que ha sido descrito para otros organismos bentónicos (Moreno & Reyes 1988; Moreno *et al.*, 1993).

Por otro lado, se observaron épocas reproductivas con más de un período de desove o con periodo de desove muy prolongado (*e. g.* en el huepo duró casi todo el periodo de estudio), lo que se contrapone con lo encontrado por Urban (1996), quien registró un corto periodo de desove en verano para poblaciones de navajuela y huepo en la bahía de Dichato (VIII Región). Esta circunstancia sumado con patrones de reclutamiento poco claros, no permitió una adecuada estimación de longitud - edad en huepo y almeja. Solo en navajuela fue posible asignar edades a algunas cohortes y realizar estimaciones de crecimiento, sin embargo estas estimaciones tendieron a subestimar los valores de  $L_{\infty}$ .

La imposibilidad de una acertada asignación de edad a cada una de las cohortes, hace que las estimaciones realizadas mediante la rutina de "Direct fit of length-frequency data" sean las más confiables en este estudio. En relación a estas estimaciones, la modalidad de punto de partida variable registró mejores ajustes (basados en el criterio  $R_n$ ), los valores de  $K$  se presentan extremadamente altos indicando que estas especies crecerían en forma muy rápida. Sin embargo, parece poco

probable que especies con tamaños relativamente grandes, presenten valores de  $K$  cercanos a 0.9 e incluso  $1 \text{ año}^{-1}$ . En este sentido Urban (1996) y Urban y Tesch (1994), encontraron para navajuela y huepo (en la bahía de Dichato en la VIII región) y Taquilla en el Estrecho de Magallanes, valores de  $K$  que no sobrepasan  $0.3 \text{ año}^{-1}$  en estas especies. Debido a esto, las estimaciones de  $K$  con punto de partida fijo parecen más razonables desde el punto de vista biológico.

## **5.2. somatometría**

Los resultados de la relación longitud - peso de huepo, navajuela y almeja en las áreas de estudio se presentan en la Tabla 26 y en los Figuras 10 - 12.

**Tabla 26.** Ecuaciones resultantes de la estimación estacional de las relaciones longitud - peso, para huepo, navajuela y almeja, en cada una de las áreas de estudio. Se indican además los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) estimados y los tamaños muestrales (n).

Especie/ Localidad	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	ecuación	$r^2$	n	ecuación	$r^2$	n	ecuación	$r^2$	n	ecuación	$r^2$	n
Huepo												
Tubul	$W=0.00001 \times L^{3.12}$	0.98	662	$W=0.00001 \times L^{3.16}$	0.98	252	$W=0.00001 \times L^{3.33}$	0.93	417	$W=0.00001 \times L^{3.10}$	0.94	415
Corral	$W=0.00001 \times L^{3.10}$	0.98	226	$W=0.00005 \times L^{2.80}$	0.89	136	$W=0.00001 \times L^{3.12}$	0.93	152	$W=0.00001 \times L^{3.09}$	0.93	378
Ancud	$W=0.00002 \times L^{2.93}$	0.97	328	$W=0.00002 \times L^{2.92}$	0.97	404	$W=0.00001 \times L^{3.08}$	0.97	346	$W=0.00001 \times L^{3.06}$	0.97	293
Navajuela												
Tubul	$W=0.00003 \times L^{3.15}$	0.99	737	$W=0.00002 \times L^{3.26}$	0.99	270	$W=0.00007 \times L^{2.94}$	0.92	453	$W=0.00010 \times L^{2.85}$	0.91	803
Corral	$W=0.00004 \times L^{3.02}$	0.99	238	$W=0.00002 \times L^{3.26}$	0.99	105	$W=0.00002 \times L^{3.2}$	0.94	276	$W=0.00010 \times L^{2.84}$	0.96	328
Coihuin	$W=0.00008 \times L^{2.90}$	0.97	425	$W=0.00001 \times L^{3.54}$	0.94	381	$W=0.00001 \times L^{3.37}$	0.95	504	$W=0.00006 \times L^{2.99}$	0.81	305
Almeja												
Tubul	-----		----	$W=0.0017 \times L^{2.45}$	0.62	132	$W=0.00005 \times L^{3.32}$	0.92	539	$W=0.00003 \times L^{3.46}$	0.97	344
Maulin	$W=0.00010 \times L^{3.14}$	0.89	336	$W=0.00017 \times L^{3.05}$	0.81	379	$W=0.00007 \times L^{3.25}$	0.89	287	$W=0.00098 \times L^{2.63}$	0.92	343
Yaldad	$W=0.00004 \times L^{3.46}$	0.98	738	$W=0.00004 \times L^{3.46}$	0.98	593	$W=0.00004 \times L^{3.43}$	0.98	404	$W=0.00007 \times L^{3.30}$	0.98	437

En general, los resultados obtenidos de las relaciones longitud - peso mostraron altos niveles de significancia ( $r^2 > 0.90$ ). El valor de  $r^2$  para la relación longitud - peso de almeja en Tubul durante otoño, fue la que presentó el valor más bajo (0.62). Esto podría ser causado por la baja representación de individuos de las tallas de menor tamaño durante este muestreo.

A fin de realizar los análisis de covarianza, las relaciones de longitud - peso fueron transformadas a una ecuación lineal mediante la utilización de logaritmos naturales. El objetivo de estos análisis fue evaluar las diferencias estacionales en las poblaciones muestreadas, además de diferencias entre poblaciones. Los resultados de estos análisis se entregan en Tablas de Anexo.

### **diferencias estacionales en las relaciones longitud - peso**

#### **recurso huepo**

En todas las poblaciones estudiadas se registraron diferencias estacionales en las relaciones de longitud - peso, tanto en la pendiente de la recta como en los promedios ajustados.

La población de Tubul registró diferencias significativas entre la primavera y las demás estaciones, así como entre el verano y el otoño. Similar tendencia se observó en la población de Corral. La población de Ancud solo registró diferencias significativas entre verano y otoño. En general estas diferencias se registraron en los promedios ajustados de las curvas; *i. e.* individuos de igual tamaño presentan pesos diferentes. Así, en general, en las tres poblaciones estudiadas los mayores pesos para una longitud estándar (100 mm) se presentan en otoño bajando hacia el invierno para volver a aumentar su pesos hacia primavera y verano.

### **recurso navajuela**

En general las poblaciones de navajuela presentaron menor variabilidad estacional que las poblaciones de huepo. Para la población de Corral, se registraron diferencias significativas entre verano - primavera y entre otoño - invierno. En la población de Coihuin solo se registraron diferencias significativas entre invierno y otoño, mientras que en la población de Tubul no se registraron diferencias estacionales. En general, el peso de un individuo de longitud estándar 50 mm fue mayor en otoño, disminuyendo en el invierno y aumentando hacia primavera verano. En la localidad de Coihuin, sin embargo, el mayor peso se registró en invierno.

### **recurso almeja**

En general este recurso fue el que presentó la mayor variabilidad estacional en las relaciones longitud - peso. Así, la población de Yaldad registró diferencias significativas entre verano - otoño e invierno, no registrándose diferencias entre estas estaciones con la primavera. Una tendencia similar se registró en la población de Maullín, es decir diferencias entre verano - otoño - invierno, registrándose además diferencias significativas entre invierno y primavera. En la localidad de Tubul solo se registraron diferencias entre invierno - primavera. El peso de un individuo de longitud estándar de 50 mm, presentó fluctuaciones similares a las descritas en los recursos huepo y navajuela.

### **diferencias interpoblacionales en las relaciones longitud - peso**

Debido a que en general se registraron diferencias estacionales en una misma localidad, el análisis de las eventuales diferencias entre las distintas poblaciones se llevó a cabo para cada una de las estaciones del año. Los resultados de estos análisis se presentan en Tablas de Anexo.

**recurso huepo**

Se registraron diferencias significativas en verano y primavera, entre las poblaciones de Tubul y Corral. Entre las poblaciones de Tubul y Ancud estas diferencias solo se registraron en primavera. Las poblaciones de Corral y Ancud en general fueron las que presentaron diferencias a lo largo de casi todo el año, a excepción del verano en el cual no se registraron diferencias significativas.

A lo largo de todo el año, el peso individual de un espécimen de una longitud estándar de 100 mm fue mayor en la población de Corral que en la de Ancud y Tubul.

**recurso navajuela**

Las poblaciones de Corral y Coihuin presentaron diferencias significativas en casi todas las estaciones del año (a excepción del verano cuando estas diferencias no se registraron). En las poblaciones de Corral y Tubul se registraron diferencias en otoño y primavera. Entre las poblaciones de Coihuin y Tubul, no se registraron diferencias. En general, para una longitud estándar de 50 mm, los individuos de Coihuin presentaron un peso superior a los de Corral.

**recurso almeja**

Solo se registraron diferencias significativas en otoño e invierno y entre las poblaciones de Tubul y Yaldad y Tubul y Maullín respectivamente. En este sentido, para una longitud estándar de 50 mm, los pesos individuales fueron superiores en Yaldad, seguido de Maullín y Tubul.

### 5.3. biología reproductiva

#### 5.3.1. características histológicas de la gónada

La siguiente es una caracterización de los diferentes estados del desarrollo del huepo (*Ensis macha*), navajuela (*Tagelus dombeii*) y almeja (*Mulinia edulis*):

**Madurez inicial:** fase de proliferación y desarrollo de gametos. Las paredes foliculares son gruesas y de diámetro pequeño; el tejido intersticial es abundante y se encuentra rodeando a los folículos. En los machos las espermatogonias se encuentran alojadas en las paredes foliculares mientras que unas pocas espermátidas en estado de diferenciación pueden apreciarse hacia la luz del folículo. En las hembras las ovogonias se localizan en las paredes del folículo junto con una cantidad abundante de ovocitos previtelogénicos. Se pueden apreciar además algunos ovocitos vitelogénicos hacia la luz del folículo (Figura 13).

**Madurez avanzada:** fase de maduración de los gametos. En ambos sexos se puede apreciar la disminución en el número de gonias y el aumento en la cantidad de gametos maduros (espermatozoides y ovocitos). La gónada masculina presenta espermatozoides ubicados en la luz del folículo en forma radial. En la gónada de las hembras aumentan los ovocitos vitelogénicos, junto con el número de ovocitos maduros libres en el centro del folículo (Figura 14).

**Madurez máxima:** los folículos se encuentran llenos de gametos maduros (Figura 15).

**Desove parcial:** los folículos desovados contienen menos gametos que en el estado de madurez máxima. En la gónada femenina se distinguen algunos ovocitos previtelogénicos adheridos a las paredes de los folículos, mientras que en el macho se aprecian espermátidas hacia la periferia de éstos (Figura 16).

**Desove total:** la mayor parte de los folículos se encuentran vacíos, con unos pocos gametos

maduros. En las hembras es posible observar ovocitos residuales (Figura 17).

**Regresión:** los folículos contienen pocos gametos residuales. Es posible ver amebocitos y células de soporte en las paredes foliculares. En ambos sexos el tejido conectivo comienza a distinguirse entre los espacios interfoliculares.

### 5.3.2. morfología de la gónada

El examen microscópico de la gónada muestra que huepos, navajuelas y almejas son especies dioicas (sexos separados), no presentando dimorfismo sexual externo. A diferencia del huepo y la navajuela, la almeja presenta diferencias sexuales en la coloración de las gónadas: la gónada femenina es de color morado oscuro, mientras que la masculina es de color naranja.

La Tabla 27 muestra el tamaño medio de los ovocitos medido en el interior de la gónada femenina en el período de madurez máxima.

En las tres especies la gónada se encuentra embebida en la masa visceral acompañada por el hepatopáncreas y tubo digestivo, la cual se interna parcialmente en el pie. Carece de cualquier tipo de envoltura que la separe de los restantes órganos por lo que es muy difícil de aislar. En algunas regiones se encuentra atravesada por tabiques musculares provenientes de la pared del cuerpo.

Al igual que en otras especies de bivalvos, la gónada de ambos sexos está formada por folículos de células epiteliales y tejido conjuntivo, cuya forma y diámetro varía según el estado de desarrollo.

La gametogénesis se realiza en el interior de estos folículos, donde las células germinales (gonias) se disponen hacia las paredes, mientras que los gametos maduros (ovocitos y espermatozoides) se ubican hacia la luz de los folículos. Los diferentes estados de la línea germinal

se diferencian por su tamaño, forma, ubicación en el folículo gonadal y sus propiedades de tinción.

**Tabla 27.** Tamaño medio de los ovocitos de las tres especies estudiadas en las diferentes localidades de recolección de muestras. Los datos entre paréntesis corresponden a 1 desviación estándar.

especie	localidad	tamaño medio del ovocito ( $\mu\text{m}$ )
Huepo	Tubul	51 (5.13)
	Corral	50 (6.50)
	Ancud	50 (6.54)
Navajuela	Tubul	38 (4.60)
	Corral	39 (4.80)
	Coihuin	39 (5.14)
Almeja	Tubul	36 (2.66)
	Maullin	41 (4.70)
	Yaldad	42 (3.00)

Análisis de varianza realizados, no mostraron diferencias significativas entre los diámetros medios de los ovocitos del huepo y navajuela de las tres localidades estudiadas (ver resultados en ANEXO). En cambio la almeja de Tubul presenta un ovocito cuyo diámetro fue significativamente menor que le de las almejas colectadas en Maullin y Yaldad. Esta diferencia podría atribuirse a que la medición se realizó en el período de recuperación que parte de las hembras presentaron en el mes de julio de 1997. Por esta razón este último dato debe ser corroborado, realizando nuevas mediciones en el período en que la mayor parte de la población se encuentra en estado de madurez máxima.

### 5.3.3. secuencia del ciclo gonadal

**Huepo (*Ensis macha*):** En las Figuras 18-20 se muestra la secuencia del ciclo reproductivo de las poblaciones de huepo estudiadas en las localidades de Tubul, Corral y Ancud, para el período noviembre 1996 - diciembre 1997.

Desde el inicio del período, en las tres áreas se observa que ambos sexos estuvieron en un estado avanzado de la gametogénesis (madurez). Las hembras de Corral se encontraban en un estado de madurez máxima en noviembre (100%), mientras que las de Tubul y Ancud llegaron a un 100% de madurez máxima en diciembre. Los machos llegaron a su pick de madurez máxima en febrero en Tubul y Ancud (Figuras 18 y 20), mientras que los de Corral ya se encontraban en un 100% de madurez máxima en noviembre (Figura 19).

El inicio del desove se detectó durante enero en Corral y Ancud, y durante febrero en el caso de Tubul. El porcentaje de individuos en este estado se estimó en 22.2% de las hembras y 33.3% de los machos en Tubul, 30% de los machos y 14% de las hembras de Corral, y 30% de los machos en Tubul.

En la población de Ancud se observó una recuperación de la gónada. Esto especialmente en los machos en el mes de mayo donde el 100% de los individuos de este sexo se encontraban en madurez máxima posterior al desove ocurrido en abril. Las hembras repitieron esta situación con menos intensidad en el mismo mes. Igual situación se detectó durante el mes de marzo en los machos de Corral, donde un 15.4% se encontraba en madurez máxima posterior a un evento de desove.

A partir del mes de junio de 1997 se observó que la población de Tubul inició un nuevo período gametogénico al observar hembras en madurez inicial (12.5%) y avanzada (87.5%), mientras que el 60% de los machos ya se encontraba en madurez máxima y un 33.3% en desove parcial. Este desove comenzó a apreciarse en las hembras y machos a partir del mes de agosto (77.8%) hasta llegar a su máximo en ambos sexos (100%) en el mes de noviembre y mantenerse en diciembre.

Los individuos de Corral (Figura 19) presentaron un período de desove durante junio de 1997, el cual llegó a su máximo en septiembre (100%), manteniéndose durante los meses de octubre y noviembre.

El desove iniciado en el mes de enero por los individuos de Ancud se mantuvo en las hembras hasta el mes de julio (100%), mientras que los machos presentaron una recuperación en mayo (100% en madurez máxima) para desovar nuevamente en junio y julio de 1997 (100% en ambos meses). A partir de agosto ambos sexos iniciaron un nuevo ciclo gametogénico con un 72.4% de las hembras y un 94.1% de los machos ya en madurez avanzada. La madurez máxima comenzó a observarse a partir del mes de septiembre en los machos (31.3%) y en octubre en las hembras (50%) para llegar a un máximo del 100% en el mes de diciembre de 1997 en ambos sexos.

El desove total se apreció solamente en las poblaciones de Tubul y Corral, en proporciones menores a un 10% en los meses de septiembre y octubre para machos y hembras de Tubul respectivamente y julio y agosto para las hembras de Corral. En Ancud no se observaron individuos que presentaran este estado.

No se observaron individuos en estado de regresión gonadal en las tres localidades estudiadas.

**Navajuela (*Tagelus dombeii*):** Las Figuras 21-23 muestran la secuencia del ciclo gonadal para las poblaciones de navajuelas de Tubul, Corral y Coihúin.

Hembras y machos de la población de Tubul presentaron individuos en madurez inicial en el mes de diciembre (Figura 21), alcanzando el máximo de madurez avanzada en enero de 1997. La madurez máxima se observó en las hembras desde el mes de diciembre (23.1%) hasta febrero de 1997 (85.7%) mientras que los machos presentan este estado durante el periodo febrero - marzo de 1997 (58.3% - 11.1% respectivamente). El periodo de desove se inicia en febrero para ambos sexos y se extiende hasta el mes de abril donde parte de la población se encuentra en desove total (7.7% de las hembras y 25% de los machos). Durante este último mes ya es posible identificar el estado de

regresión en ambos sexos, siendo más importante en las hembras (92.3%) que en los machos (8.3%).

A partir de junio se observó que la población de navajuelas de Tubul inició un nuevo ciclo gametogénico, observándose en ambos sexos individuos en madurez inicial (77.8% de las hembras y 15.8% de los machos) y en madurez avanzada (22.3% para las hembras y 84.2% para los machos). La madurez máxima se detectó a partir de septiembre (16.7% de las hembras y 61.4% de los machos), mientras que el desove se inició en octubre en ambos sexos (83% para las hembras y 45% para los machos) y continuó hasta el mes de diciembre.

Las poblaciones de Corral (Figura 22) y Coihúin (Figura 23) se encontraban más avanzadas en la gametogénesis al inicio del estudio, pudiendo determinarse que las hembras de Corral ya se encontraban en su madurez máxima en noviembre (100%), para entrar en el máximo de desove parcial en el mes de febrero (100%). El 100% de los machos se encontraba en desove parcial durante el período comprendido entre diciembre de 1996 y febrero de 1997. En el mes de marzo se observó un desove total en ambos sexos (30% para las hembras y 11.6% para los machos), el cual continuó hasta junio. La gametogénesis se reinició en el mes de julio de 1997 (87.5% de las hembras y 100% de los machos en madurez inicial), continuando hasta el mes de diciembre de 1997, en el que el 100% de ambos sexos se encontraba en madurez máxima. Sólo se observaron hembras en estado de regresión durante abril (6.7%) y junio (33.3%).

En las hembras de la población de Coihúin el mayor porcentaje de madurez máxima se observó en diciembre de 1997 (60% de las hembras y 75% de los machos alcanzaron este estado en noviembre (Figura 23). En esta población es posible identificar un estado de desove parcial desde noviembre (33.3% de las hembras y 25% de los machos) hasta abril de 1997 para las hembras (50%), y mayo de 1997 para los machos (16.67%). El desove total se registró a partir de abril, alcanzando su máximo en mayo con valores de 50% para las hembras y 33.3% para los machos.

La regresión de la gónada ya se encontraba avanzada en el mes de mayo siendo identificable un 50% de las hembras y 44.4% de los machos en este estado. La madurez inicial comenzó a ser

observada nuevamente en el mes de junio de 1997, con un 93.8% de las hembras y un 55.6% de los machos en este estado. El máximo de madurez avanzada (91.7% de las hembras y 100% de los machos) se encontró en septiembre, para llegar ambos sexos a la madurez máxima en octubre. El desove se inició en el mes de noviembre de 1997, con el 55% de las hembras y el 50% de los machos en este estado.

**Almeja (*Mulinia edulis*):** Las Figuras 24-26 muestran la secuencia del ciclo gonadal para las poblaciones de almeja de Tubul, Maullín y Yaldad. En Maullín (Figura 25) y Yaldad (Figura 26), se observa que desde el inicio de estudio hubieron individuos en diferentes estados de la gametogénesis. En noviembre se observaron individuos en madurez inicial (Maullín 66.7% de las hembras; Yaldad: 9.1 % de las hembras y 25% de los machos). En este mismo mes también se encontraron individuos de ambos sexos en madurez avanzada y máxima en las dos poblaciones. Durante diciembre se detectó que en la población de Maullín, la mayoría de las hembras y machos se encontraban en el estado de madurez máxima (83.3% para hembras y 76.9% para machos), iniciando las hembras el desove en el mes de diciembre (8.3%), mientras que los machos lo hicieron en enero (12.5%).

En Yaldad se observó que la madurez máxima se mantuvo durante el período noviembre de 1996 - febrero de 1997 para las hembras, mientras que en el caso de los machos se observó un aumento creciente desde febrero hasta alcanzar el 94.7% de individuos en mayo de 1997. El período de desove parcial se inició simultáneamente en hembras y machos en el mes de diciembre de 1996. En las hembras se mantuvo en aumento hasta el mes de abril donde permaneció en un 100% hasta el mes de mayo de 1997 inclusive. A diferencia de las hembras, en los machos el porcentaje de individuos desovados comenzó a descender a partir del mes de febrero, una vez que alcanzó el máximo en enero (71.4%) para llegar a un 5.3% en mayo de 1997. Estos dos estados indican que los machos se encuentran en un largo estado de recuperación de la cantidad de gametos en la gónada una vez alcanzado el máximo de desove en el mes enero de 1997. Este desove parcial se intensificó en los machos en el mes de julio (66.7%), manteniéndose en ambos sexos hasta el mes de septiembre inclusive, período en el cual la población reinició el ciclo gametogénico (25% de madurez inicial para

ambos sexos) para llegar a madurez máxima en noviembre (95% de las hembras y 100% de los machos).

El estudio de la población de almejas de Tubul (Figura 24) se inició en el mes de abril de 1997. En este mes se observó que el 100% de las hembras se encontraba en estado de desove parcial, mientras que el 100% de los machos se encontraba en madurez máxima. Éstos iniciaron el desove en el mes de junio (10%) el cual se continuó hasta diciembre de 1997 con un 89% de los individuos en este estado. El total de las hembras se detectó en estado de desove parcial entre septiembre y diciembre de 1997. Durante el período junio - agosto de 1997, las hembras presentaron un alto porcentaje de desove total (20%, 18.2% y 33.3% respectivamente). No se observaron individuos en estado de madurez inicial, avanzada y regresión.

Sastry (1979) señala una variación latitudinal en el timing de los ciclos reproductivos de moluscos marinos en general. Una reproducción continua o con varios eventos de desove en el transcurso de un año son característicos de poblaciones ubicadas en latitudes bajas. A medida que existe un desplazamiento geográfico hacia latitudes más altas, las condiciones ambientales durante el período invernal llevan a que estos patrones del ciclo reproductivo se transformen en ciclos anuales, con un evento de desove corto durante el verano y un período de recuperación importante durante el invierno (Urban & Campos, 1994).

Existen sin embargo ciertos cambios en las condiciones ambientales pueden provocar que este patrón de ciclo anual se vea afectado. El fenómeno del Niño trae como consecuencia un aumento en la media de la temperatura de la columna de agua, y podría en consecuencia, constituir uno de los factores más importantes en la determinación del inicio de los diferentes estados gonadales en bivalvos, principalmente el desove (Ropes, 1968; Tarifeño, 1980; Manzi *et al.*, 1988). Estos antecedentes pueden apoyar una explicación acerca de los largos períodos de desove, que incluso abarcan la época invernal, encontrados en las poblaciones de huepo de Corral y Ancud, navajuela de Corral y Coihuin y almeja de Tubul, Maullin y Yaldad (Figuras 18-26). Resultados similares de desoves extraordinariamente extensos se encontraron en una población de *Gari solida* en la costa

peruana, y éstos fueron atribuidos a las altas temperaturas registradas en la columna de agua durante el fenómeno del Niño de 1992. (Urban & Tarazona, 1996).

#### **5.3.4. infestación por tremátodos**

Se observó infestación parasitaria por tremátodos, la cual se manifestó con la ocupación parcial o total del espacio gonadal por estados de redias de una especie desconocida de tremátodo digenético. En los casos más extremos de parasitación, la gónada no mostró ningún indicio de gametogénesis, llegando muchas veces a que fuese imposible la determinación del sexo del individuo. En este estado es posible hablar de una “castración parasitaria”, considerándose que ese individuo no interviene en el ciclo reproductivo de la población (Figura 27).

En la Figura 28 se muestran las poblaciones que presentaron infestación por tremátodos: especímenes de huego de Tubul, huego y navajuela de Corral, almeja de Maullín, navajuela de Coihuín y almeja de Yaldad. No se encontraron individuos infestados en las poblaciones de almeja y navajuela del área de Tubul. Es posible apreciar que esta infestación no afectó en forma continua a ninguna de las poblaciones.

Las poblaciones de huego de Tubul y Ancud y almeja de Maullín son las que presentaron los porcentajes más bajos de infestación (3.3%, 5.3 % 3.9% respectivamente). Le siguieron las poblaciones de huego de Corral (9.1% en diciembre) y navajuela de Coihuín (11.8% en febrero). Los porcentajes más altos se observaron en las navajuelas de Corral (13.7% en enero) y en las almejas de Yaldad (20% en diciembre).

#### **5.3.5. fecundidad potencial**

Los resultados de los cálculos de fecundidad potencial se muestran en la Tabla 28. No se

conocen datos previos de fecundidad potencial para ninguna de las tres especies. En las Tablas del Anexo se presentan los datos de fecundidad potencial promedio para cada una de las 10 hembras analizadas por especie y localidad.

**Tabla 28.** Fecundidad potencial calculada para cada especie y localidad estudiada. Los datos corresponden a el valor promedio de las 10 hembras analizadas.

especie	localidad	fecundidad potencial (número total de ovocitos)
Huepo	Tubul	18.267.243
	Corral	19.612.343
	Ancud	14.676.729
Navajuela	Tubul	11.329.204
	Corral	8.116.200
	Coihuín	5.778.686
Almeja	Tubul	24.379.635
	Maullín	14.155.714
	Yaldad	10.259.714

El análisis de la varianza de una vía realizado (ver Anexo) muestra la existencia de diferencias significativas entre la fecundidad potencial de la población de huepos de Corral y Ancud, la población de navajuelas de Tubul y Coihuín y entre las población de almejas de Tubul y Maullín además de Tubul y Yaldad.

### 5.3.6. tallas de mínima madurez

Los resultados obtenidos en las determinaciones de madurez máxima, se presentan en las Figuras 29-33. Debido a que no fue posible determinar el sexo de los individuos inmaduros, no se

pudo realizar la determinación de talla de mínima madurez por sexo, por los que estos resultados se presentan para cada especie, sin hacer esta distinción.

Para las navajuelas de Coihuin y las almejas de Yaldad, la talla de mínima madurez calculada alcanzó a 38 mm y 42 mm, respectivamente (Figuras 29 y 30).

En los muestreos realizados en el período de madurez máxima en la población de navajuelas de Corral, no se recolectaron suficientes individuos dentro del rango de talla de 35 a 50 mm (Figura 31). No obstante, en estudios realizados previos (Jaramillo, 1995), la talla de mínima madurez para esta misma población pudo determinarse en un rango de tallas que incluye a los individuos comprendidos entre los 40 y 45 mm.

Para las poblaciones de huepos de Tubul, Corral y Ancud así como para navajuela y almeja de Tubul, no fue posible realizar estimaciones de talla mínima de madurez, debido a que no fue posible recolectar individuos de las tallas correspondientes a los juveniles (Figura 32).

En la localidad de Maullín, el número y la talla de individuos juveniles colectados de almeja, no fue suficiente para poder determinar la talla de mínima madurez. No obstante, analizando la información resumida en los histogramas de tamaño realizados (Figura 33), es posible inferir que la talla de mínima madurez para esta población estaría muy cercana a los 40 mm.

#### **5.4. caracterización de la columna de agua**

Las Figuras 34-42 muestran la variabilidad mensual de temperatura, salinidad, contenidos de clorofila *a* y feopigmentos, en las aguas de fondo de cada una de las áreas de muestreo. Estas Figuras muestran también la variabilidad del ciclo gonadal, para el análisis de la relación entre las características de las aguas del fondo y el ciclo reproductivo de las especies en estudio, aspecto que sea tratado más adelante. El período de muestreo considerado incluye desde noviembre de 1996

hasta diciembre de 1997, con algunas diferencias entre áreas de acuerdo a la fecha de inicio de los muestreos (ver cronograma). La variabilidad mensual de cada uno de estos parámetros, se resume además para cada área por separado, mediante el uso de Tablas que incluyen las mediciones de temperatura y salinidad y los valores promedio (y desviación estándar) de las concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos.

#### • fondo de huepos, Tubul

En el área de muestreo de huepos en Tubul (ver Tabla 29), los valores de temperatura y salinidad mostraron escasa variabilidad temporal. La temperatura (Figura 34), fluctuó entre 12.0 °C (marzo de 1997) y 14.5 °C (abril y julio de 1997), sin detectarse la existencia de un claro patrón de variabilidad estacional.

Las salinidades variaron aún menos que las temperaturas, con valores que fluctuaron entre 31.4 ppm (agosto) y 34.3 ppm (meses de verano de 1997). Este estrecho rango de variación no evidencia la existencia de ciclos estacionales en este parámetro (Figura 34).

Las concentraciones más altas de clorofila *a* se calcularon durante diciembre de 1996 y enero de 1997 (14.7 y 11.6 µg/l en promedio, respectivamente), disminuyendo gradualmente durante los meses de otoño e invierno (*e.g.* 0.9 µg/l en promedio durante agosto). Posteriormente, las concentraciones mostraron un incremento (*e.g.* noviembre) y una caída hasta el valor más bajo estimado de 0.4 µg/l en diciembre de 1997, (Figura 34).

Como en el caso de la clorofila *a*, el contenido de feopigmentos fue más alto durante diciembre de 1996 (47.8 µg/l en promedio) y más bajo durante los meses de invierno: 0.6 y 0.3 µg/l en promedio en junio y agosto de 1997, respectivamente (Figura 34). En términos generales, se aprecian algunas similitudes entre la variabilidad mensual observada para el caso ésta y la variable anterior (contenidos de clorofila *a*), situación que se corrobora con análisis de regresión simple, los cuales muestran la existencia de una correlación significativa entre contenidos de clorofila *a* y

feopigmentos ( $r=0.71$ ).

Por otra parte, el mismo tipo de análisis no muestra la existencia de correlaciones significativas entre la variación mensual de clorofila  $a$  y feopigmentos y la variación de temperaturas y salinidades del agua, ni entre la variabilidad de estas últimas (valores de  $r$  inferiores a 0.20).

**Tabla 29.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila  $a$  y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de huepos en Tubul.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila $a$ ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
diciembre 1996	14.0	34.3	14.7 (4.0)	47.8 (0.1)
enero 1997	14.0	34.1	11.6 (1.7)	16.8 (2.0)
febrero	13.0	34.3	9.1 (0.6)	18.2 (3.6)
marzo	12.0	34.3	4.9 (0.3)	42.7 (4.4)
abril	14.5	32.3	0.5 (0.2)	9.6 (1.7)
mayo	---	---	---	---
junio	13.5	32.1	1.3 (0.2)	0.6 (0.0)
julio	14.5	32.5	3.5 (0.4)	2.7 (2.2)
agosto	12.9	31.4	0.9 (0.1)	0.3 (0.0)
septiembre	13.0	33.0	2.0 (0.5)	1.6 (0.8)
octubre	13.0	33.7	1.5 (0.4)	7.1 (2.4)
noviembre	13.0	32.5	5.5 (3.4)	2.3 (0.1)
diciembre	14.0	34.0	0.4 (0.3)	1.8 (0.2)

#### • fondo de navajuelas y almejas, Tubul

Las características del agua se presentan en la Tabla 30 y en las Figuras 35 y 36. Esta última incluye datos similares a los presentados en la Figura 35 debido a que corresponden a la misma área de estudio. No obstante el periodo de tiempo presentado en la Figura 36 es diferente, debido a que está en relación a los datos existentes de ciclo reproductivo de la almeja.

En el área de recolección de navajuelas y almejas (ver Tabla 30), el rango de variación de las

temperaturas del agua fue similar al descrito previamente, con valores entre 12.0°C (marzo) y 14.5 °C (abril y julio de 1997) (Figura 35). En el caso de las salinidades, los valores medidos fueron más altos durante los meses de primavera - verano (hasta 34.3 ppm durante marzo de 1997), y menores durante los meses invernales (28.3 ppm durante julio de 1997) (Figura 35 y 36).

Las concentraciones de clorofila  $\alpha$  fueron más altas durante los meses de enero y marzo de 1997 (10.7 y 15.6  $\mu\text{g/l}$  en promedio, respectivamente), y menores durante abril (0.6  $\mu\text{g/l}$  en promedio) y diciembre de 1997 (0.4  $\mu\text{g/l}$ , en promedio) (Figura 35 y 36).

Los contenidos de feopigmentos en el agua alcanzaron un valor máximo durante el muestreo de marzo de 1997 (91.6  $\mu\text{g/l}$ ). Durante el resto del período de estudio, las concentraciones estuvieron por debajo de los 15  $\mu\text{g/l}$ , con valores más bajos durante agosto y diciembre de 1997 (0.3 y 1.8  $\mu\text{g/l}$  en promedio, respectivamente) (Figura 35 y 36).

Como en el caso del área de muestreo de huepos, no se detectaron claros patrones estacionales de variación, pero sí la existencia de una correlación significativa entre la variabilidad mensual de los contenidos de clorofila  $\alpha$  y de feopigmentos en el agua ( $r=0.75$ ). También como en el caso del área analizada previamente, no se detectaron correlaciones significativas entre éstas y las variables temperatura y salinidad del agua.

**Tabla 30.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila  $\alpha$  y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de navajuelas y almejas en Tubul.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila $\alpha$ ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
diciembre 1996	14.0	33.4	6.9 (1.5)	9.0 (1.9)
enero 1997	14.0	34.0	10.7 (0.8)	11.1 (0.3)
febrero	12.5	34.2	1.7 (0.6)	5.6 (0.3)
marzo	12.0	34.3	15.6 (0.0)	91.6 (0.0)
abril	14.5	29.8	0.6 (0.4)	13.6 (0.9)
mayo	---	---	---	---
junio	13.5	29.8	1.3 (0.2)	2.3 (0.9)
julio	14.5	28.3	8.2 (0.4)	6.5 (3.1)
agosto	12.9	31.1	0.9 (0.1)	0.3 (0.0)
septiembre	13.0	32.9	4.0 (0.9)	2.9 (1.3)
octubre	13.0	33.7	1.5 (0.4)	7.1 (2.4)
noviembre	13.0	32.3	4.2 (0.9)	2.3 (0.2)
diciembre	14.0	34.0	0.4 (0.3)	1.8 (0.2)

#### • fondo de huepos, Corral

En el área de recolección de huepos (ver Tabla 31), los valores de temperatura de las aguas de fondo mostraron algunas variaciones estacionales, con valores extremos de 11.0 (muestreos de junio y agosto de 1997) y 17.1 °C (muestreo de enero) (Figura 37).

Los valores de salinidad fueron menos variables en el tiempo, fluctuando entre 28.0 (noviembre de 1996) y 34.1 ppm (marzo de 1997) (Figura 37). En este caso, la existencia de un patrón estacional de variación es menos evidente que en el caso de las temperaturas, no existiendo por otra parte una correlación significativa entre ambas variables.

En relación con los contenidos de clorofila  $\alpha$ , la variabilidad temporal fue más notoria (Figura 37), con valores que fueron más bajos durante los meses de junio y julio de 1997 (0.4  $\mu\text{g/l}$  en promedio en ambos muestreos). Por otra parte, los valores más altos fueron estimados durante los

meses de diciembre de 1996 (5.7  $\mu\text{g/l}$  en promedio) y febrero de 1997 (5.6  $\mu\text{g/l}$  en promedio).

En general, las concentraciones de feopigmentos mostraron un patrón de variabilidad temporal con algún grado de coincidencia con el de la clorofila *a* (Figura 37). No obstante, no se detectó una correlación significativa entre estas variables, ni entre éstas y temperatura y salinidad del agua. Los valores promedio de feopigmentos fluctuaron entre 0.3  $\mu\text{g/l}$  (octubre de 1997) y 4.8  $\mu\text{g/l}$  (abril de 1997).

**Tabla 31.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila *a* y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de huepos en Corral.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
noviembre 1996	13.0	28.0	1.8 (0.6)	1.6 (0.4)
diciembre	12.3	33.5	5.7 (0.9)	2.8 (0.7)
enero 1997	17.1	31.8	1.2 (0.6)	1.4 (0.5)
febrero	11.2	33.7	5.6 (0.4)	4.0 (0.2)
marzo	11.2	34.1	0.5 (0.1)	0.5 (0.0)
abril	13.5	30.8	2.1 (0.1)	4.8 (0.7)
mayo	---	---	---	---
junio	11.0	31.8	0.4 (0.1)	0.8 (0.1)
julio	12.0	32.1	0.4 (0.1)	0.8 (0.4)
agosto	11.0	32.1	0.9 (0.6)	0.7 (0.5)
septiembre	13.0	30.1	0.9 (0.4)	0.6 (0.2)
octubre	13.0	31.0	0.8 (0.1)	0.3 (0.1)
noviembre	15.0	30.8	1.3 (0.2)	1.2 (0.2)

#### • fondo de navajuelas, Corral

A diferencia del área de recolección de huepos ubicada en esta misma bahía, en el área de recolección de navajuelas (véase Tabla 32), las temperaturas presentaron un rango de variación levemente menor, con valores que fluctuaron entre 11.0 (junio y agosto de 1997) y 15.0°C (noviembre de 1997) (Figura 38). En general, la variación temporal de las temperaturas en ésta y el

área de recolección de huepos presentó algún grado de variación estacional, no obstante el hecho que las aguas de fondo son menos sensibles a los cambios que afectan a las aguas más superficiales.

La salinidad presentó variaciones temporales aún menos notorias que las de la temperatura, con valores que a excepción de los meses de septiembre y octubre de 1997 (25.5 y 28.0 ppm, respectivamente), fluctuaron alrededor de las 31 ppm (valores entre 30.8 y 33.7 ppm) (Figura 38).

Las mayores concentraciones de clorofila  $\alpha$ , se detectaron durante los meses de noviembre de 1996 y 1997 (6.0 y 5.4  $\mu\text{g/l}$ , respectivamente) (Figura 38). En el resto del período de muestreo las concentraciones estuvieron siempre por debajo de los 2.5  $\mu\text{g/l}$ , con excepción de la concentración medida durante el mes de marzo de 1997 (4  $\mu\text{g/l}$ ). El valor más bajo de los estimados se registró durante invierno: junio de 1997, 0.2  $\mu\text{g/l}$  en promedio.

Las menores concentraciones de feopigmentos se detectaron durante los meses de julio (0.3  $\mu\text{g/l}$ ) y octubre de 1997 (0.4  $\mu\text{g/l}$ ), mientras las más altas se estimaron durante marzo, junio y noviembre de 1997 (3.4 - 3.5  $\mu\text{g/l}$ ) (Figura 38). Pese a existir algún grado de coincidencia en los patrones de variación de cada una de estos parámetros (particularmente entre contenidos de clorofila  $\alpha$  y feopigmentos), no se detectó la existencia de correlaciones significativas ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 32.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila  $\alpha$  y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de navajuelas en Corral.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila $\alpha$ ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
noviembre 1996	13.0	32.3	6.0 (0.4)	2.4 (0.7)
diciembre	13.5	33.4	2.3 (0.3)	1.0 (0.3)
enero 1997	13.6	33.7	2.3 (0.3)	1.0 (0.3)
febrero	12.9	33.2	1.5 (0.4)	0.5 (0.4)
marzo	11.2	33.6	4.0 (0.0)	3.4 (0.4)
abril	13.5	31.3	0.9 (0.5)	2.5 (0.9)
mayo	---	---	---	---
junio	11.0	31.6	0.2 (0.2)	3.4 (0.4)
julio	12.0	30.8	0.3 (0.1)	0.3 (0.2)
agosto	11.0	32.1	0.7 (0.2)	1.0 (0.2)
septiembre	13.0	25.5	0.6 (0.3)	1.1 (0.3)
octubre	13.0	28.0	0.6 (0.1)	0.4 (0.1)
noviembre	15.0	31.1	5.4 (0.4)	3.5 (0.8)

#### • fondo de almejas, Maullín

La Tabla 33, resume las características del agua en el área de recolección de almejas en Maullín. Las temperaturas medidas en esta área fueron relativamente bajas durante invierno ( $10.0^{\circ}\text{C}$  en muestreos de junio y julio de 1997), aumentando considerablemente en los meses de marzo y noviembre de 1997 ( $15.6$  y  $15.0^{\circ}\text{C}$ , respectivamente) (Figura 39). Así, no obstante ser muestras de agua de fondo (las cuales tienden a ser menos variables que las aguas superficiales), en esta área de estudio pueden diferenciarse con mayor claridad que en otras (por ejemplo el área de navajuelas en Corral), por lo menos dos períodos estacionales dentro del año.

Como en el caso de las temperaturas, los valores de salinidad fueron considerablemente más variables que en otras áreas de estudio (Figura 39). En este caso valores notoriamente más bajos que en el resto de las áreas de estudio se midieron durante septiembre y noviembre de 1997 ( $10.4$  y  $16.1$  ppm), mientras los valores más altos se detectaron durante los meses de verano (hasta  $33.3$  ppm en

el muestreo de febrero de 1997).

Los contenidos de clorofila  $\alpha$  fueron en general más altos durante los meses estivales (valores promedio de 5.0 y 6.6  $\mu\text{g/l}$  durante enero y febrero de 1997) y primaverales (5.3 y 6.9  $\mu\text{g/l}$  durante septiembre y noviembre de 1997) (Figura 39). Estas concentraciones disminuyeron considerablemente durante los meses de diciembre de 1996 y abril de 1997 (hasta 0.2  $\mu\text{g/l}$  en promedio en ambos meses). Análisis de regresión simple, mostraron que la variabilidad temporal de clorofila  $\alpha$ , se correlacionó significativamente con la temperatura de las aguas de fondo ( $r=0.58$ ).

La concentración de feopigmentos presentó un incremento puntual durante el mes de marzo de 1997 (21.7  $\mu\text{g/l}$  en promedio) y secundariamente, concentraciones altas durante febrero y noviembre del mismo año (3.4 y 7.5  $\mu\text{g/l}$  en promedio, respectivamente) (Figura 39). En términos generales, durante el resto de este período de estudio, las concentraciones de feopigmentos estuvieron por debajo de los 3.0  $\mu\text{g/l}$ . Tampoco en este caso, se aprecian relaciones claras entre la variabilidad mensual que exhibieron los contenidos de clorofila  $\alpha$  y feopigmentos, aún cuando existen algunas coincidencias que pueden tener algún significado con respecto a la cantidad de resuspensión de sedimentos desde la interfase agua-sedimento (mayor cantidad de resuspensión incrementaría simultáneamente ambas concentraciones). No obstante esto último, no se detectó la existencia de una correlación significativa entre ambos parámetros.

**Tabla 33.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila *a* y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de almejas en Maullín.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila <i>a</i> (µg/l)	feopigmentos (µg/l)
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
noviembre 1996	14.0	23.5	3.0 (1.3)	1.3 (0.3)
diciembre	14.0	31.0	0.2 (0.0)	0.9 (0.1)
enero 1997	14.0	30.9	5.0 (2.7)	2.5 (0.7)
febrero	14.8	33.3	6.6 (0.3)	3.4 (0.4)
marzo	15.6	32.1	2.2 (0.0)	21.7 (0.0)
abril	11.5	31.7	0.2 (0.2)	0.5 (0.2)
mayo	---	---	---	---
junio	10.0	31.1	0.5 (0.0)	0.2 (0.2)
julio	10.0	27.7	0.4 (0.1)	1.7 (0.0)
agosto	11.0	30.5	0.8 (0.3)	1.8 (0.7)
septiembre	12.0	10.4	5.3 (0.1)	3.1 (0.3)
octubre	13.0	29.7	0.6 (0.4)	0.8 (0.5)
noviembre	15.0	16.1	6.9 (0.0)	7.5 (0.3)

#### • fondo de navajuelas, Coihúin

Las temperaturas del agua medidas en el área de recolección de navajuelas en Coihúin (mediciones en condiciones de marea alta), mostraron un claro patrón estacional de variación, con valores más altos durante el verano (hasta 18.5°C en enero de 1997), y menores durante los meses invernales (hasta 8.7°C en julio de 1997) (ver Figura 40 y Tabla 34).

Las variaciones mensuales de la salinidad no fueron tan notorias como las de la temperatura: en este caso los valores fluctuaron entre 23.2 (agosto) y 33.1 ppm (noviembre de 1997), sin diferencias claras entre, por ejemplo, las condiciones de invierno y verano (Figura 40).

Con excepción del muestreo de mayo de 1997, las concentraciones de clorofila *a* variaron dentro de un rango más bien acotado de valores: 0.4 - 4.5 µg/l en promedio, que corresponden a las estimaciones para los meses de abril y julio de 1997, respectivamente (Figura 40). Durante el mes de

mayo se detectó un incremento puntual de la concentración (hasta 17.9  $\mu\text{g/l}$  en promedio), probablemente debido a un incremento en el grado de resuspensión de sedimentos desde el fondo.

Las concentraciones de feopigmentos alcanzaron valores más bajos y en general, variaron temporalmente menos que las concentraciones de clorofila  $a$ . En este caso los valores promedio fluctuaron entre 0.1 (muestreos de junio, agosto, septiembre y octubre de 1997) y 2.2  $\mu\text{g/l}$  (muestreo de julio de 1997) (Figura 40).

Comparaciones entre los patrones de variabilidad temporal que exhibieron cada uno de estos parámetros (análisis de regresión simple), no detectaron la existencia de correlaciones significativas.

**Tabla 34.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila  $a$  y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de navajuelas en Coihuin.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila $a$ ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
noviembre 1996	14.1	32.2	2.5 (0.1)	0.2 (0.1)
diciembre	17.4	28.3	3.3 (0.7)	0.9 (0.7)
enero 1997	18.5	30.7	4.0 (3.0)	0.2 (0.1)
febrero	16.3	27.5	3.9 (0.1)	0.5 (0.1)
marzo	15.5	29.4	3.5 (0.4)	0.2 (0.1)
abril	12.0	32.9	0.4 (0.2)	0.2 (0.2)
mayo	11.2	31.0	17.9 (2.2)	1.5 (1.4)
junio	10.2	30.9	1.1 (0.2)	0.1 (0.1)
julio	8.7	28.8	4.5 (1.0)	2.2 (0.8)
agosto	11.0	23.2	2.6 (0.4)	0.1 (0.0)
septiembre	11.5	25.7	1.1 (0.2)	0.1 (0.1)
octubre	13.0	32.4	1.5 (0.2)	0.1 (0.1)
noviembre	14.2	33.1	2.2 (0.8)	0.3 (0.2)

#### • fondo de huepos, Ancud

La Tabla 35 se resume la variabilidad de las condiciones oceanográficas del área de muestreo

de Ancud. Los valores de temperatura de las aguas de fondo fluctuaron con un patrón estacional de variación, presentando valores más bajos durante los meses invernales ( $12.0^{\circ}\text{C}$  durante junio y julio de 1997) y más altos durante los estivales ( $16.0^{\circ}\text{C}$  durante enero de 1997) (Figura 41).

Las mediciones de salinidad mostraron un rango de variación considerablemente menor que el de las temperaturas, tendiendo más bien (como en el caso de algunas otras áreas) a una constancia en el tiempo. No obstante lo anterior, la variabilidad temporal de este parámetro se correlacionó significativamente con la de la temperatura del agua ( $r=0.69$ ). Los valores de salinidad fluctuaron entre 30.2 ppm (julio de 1997) y 32.9 ppm (marzo de 1997) (Figura 41).

Las concentraciones promedio de clorofila *a* en el agua fueron menores durante los meses de mayo, junio, julio y agosto de 1997 ( $0.5 \mu\text{g/l}$  en todos los casos). Durante el resto del período de estudio, estos valores mostraron notorios incrementos, con promedios de hasta 8.6 y  $13.9 \mu\text{g/l}$  durante febrero y septiembre de 1997, respectivamente (Figura 41)

Los feopigmentos mostraron un patrón de variabilidad mensual diferente, con valores más altos durante enero ( $3.1 \mu\text{g/l}$  en promedio) y noviembre de 1997 ( $3.3 \mu\text{g/l}$  en promedio) (Figura 41). A la vez, las concentraciones más bajas se estimaron durante el período mayo - julio de 1997, con un mínimo de  $0.4 \mu\text{g/l}$  en promedio (muestreo de julio). Como en el caso de las salinidades, la variabilidad temporal en la concentración de feopigmentos se correlacionó significativamente con la variabilidad de la temperatura del agua ( $r=0.61$ ).

**Tabla 35.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila *a* y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de huepos en Ancud.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila <i>a</i> (µg/l)	feopigmentos (µg/l)
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
diciembre 1996	13.0	32.1	2.8 (0.3)	2.1 (0.1)
enero 1997	16.0	32.3	4.6 (1.0)	3.1 (1.4)
febrero	15.0	32.7	8.6 (5.2)	2.1 (0.8)
marzo	14.0	32.9	2.2 (0.6)	1.8 (0.6)
abril	14.0	31.8	0.9 (0.1)	1.8 (0.7)
mayo	13.0	32.2	0.5 (0.1)	0.8 (0.1)
junio	12.0	30.6	0.5 (0.2)	0.9 (0.1)
julio	12.0	30.2	0.5 (0.2)	0.4 (0.2)
agosto	13.0	31.6	0.5 (0.2)	1.7 (0.2)
septiembre	14.0	31.9	13.9 (3.8)	1.5 (0.0)
octubre	16.0	32.1	1.5 (0.4)	1.4 (0.3)
noviembre	14.0	31.7	1.1 (1.4)	3.3 (1.4)
diciembre	15.0	32.6	5.2 (0.6)	2.5 (0.9)

#### • fondo de almejas, Yaldad

En las aguas adyacentes a los bancos intermareales de almeja en Yaldad (mediciones realizadas en condiciones de marea alta), las temperaturas mostraron un patrón estacional de variación: los valores más altos se detectaron durante primavera - verano (hasta 15.4°C durante diciembre de 1996), y éstos disminuyeron considerablemente durante los meses de invierno (hasta 10°C durante julio de 1997) (ver Figura 42 y Tabla 36).

En el caso de las salinidades (Figura 42), las variaciones en el tiempo fueron considerablemente menores, con valores que fluctuaron entre 28.9 ppm (noviembre de 1996) y 33.8 ppm (marzo de 1997). La excepción a esto lo constituye el valor medido durante el mes de abril de 1997, donde la salinidad se redujo a 15.8 ppm, es decir a aproximadamente la mitad de los valores estimados durante todo el resto del periodo de estudio.

Las concentraciones promedio de clorofila *a* fueron notoriamente más variables en el tiempo (Figura 42): éstas incrementaron en forma sostenida durante la primera parte de los muestreos, hasta alcanzar una concentración promedio de 31.2  $\mu\text{g/l}$  durante marzo de 1997. Posteriormente, estas concentraciones disminuyeron y se mantuvieron en valores iguales o inferiores a 0.5  $\mu\text{g/l}$ .

Los contenidos de feopigmentos en el agua fluctuaron en forma estacional (Figura 42), con estimaciones más altas durante febrero (4.1  $\mu\text{g/l}$  en promedio) y octubre de 1997 (5.7  $\mu\text{g/l}$  en promedio), y valores más bajos durante el muestreo realizado en el mes de mayo de 1997 (0.8  $\mu\text{g/l}$  en promedio).

La comparación de la variabilidad mensual de cada uno de estos parámetros, no resultó en la detección de correlaciones estadísticamente significativas.

**Tabla 36.** Mediciones de temperatura y salinidad y estimaciones de la concentración de clorofila *a* y feopigmentos, en las aguas de fondo del área de recolección de almejas en Yaldad.

muestreo	temperatura °C	salinidad ppm	clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	feopigmentos ( $\mu\text{g/l}$ )
			promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
noviembre 1996	10.7	28.9	4.3 (2.6)	2.1 (0.5)
diciembre	15.4	31.1	9.8 (3.2)	3.3 (2.2)
enero 1997	13.9	32.8	9.8 (3.2)	3.3 (2.2)
febrero	12.5	33.2	14.5 (3.3)	4.1 (0.5)
marzo	12.5	33.8	31.2 (1.8)	3.3 (0.5)
abril	11.6	15.8	0.3 (0.9)	1.7 (0.1)
mayo	11.0	32.0	0.5 (0.1)	0.8 (0.1)
junio	10.1	31.8	0.2 (0.1)	1.1 (0.2)
julio	10.0	30.8	0.3 (0.1)	1.4 (0.3)
agosto	10.7	32.0	0.5 (0.2)	2.3 (1.9)
septiembre	11.0	32.5	0.7 (0.5)	1.6 (1.0)
octubre	11.5	33.3	2.9 (0.0)	5.7 (0.5)
noviembre	13.3	30.2	1.2 (0.4)	1.3 (0.6)

## 5.5. relación del ciclo reproductivo con las características del agua

### • huepos de Tubul

En el área de muestreo de Tubul, el porcentaje de la población en estado de máxima madurez, mostró una variabilidad temporal sin claras relaciones con la variabilidad de las características del agua. Una situación diferente se detectó para el caso del porcentaje de individuos en etapa de desove, donde algunos incrementos en estos porcentajes, coincidieron con incrementos en *e.g.* la concentración de feopigmentos (Figura 34). No obstante, esta relación no fue significativa al comparar los patrones de variación con análisis de regresión simple. Análisis similares pero considerando sexos por separado, mostró en cambio la existencia de correlaciones significativas por ejemplo para el caso de la relación concentración de clorofila  $\alpha$  - porcentaje de hembras en etapa de desove ( $r=0.61$ ).

### • navajuelas de Tubul

En el ciclo reproductivo de la navajuela, el porcentaje de organismos en cada una de las etapas del ciclo gametogénico, no se correlacionó significativamente con ninguna de las características de la columna de agua. No obstante al menos durante la primera parte del estudio, hubo algún grado de coincidencia entre los patrones de variación exhibidos por el porcentaje de individuos en máxima madurez y los valores de temperatura de las aguas de fondo (Figura 35).

### • almejas de Tubul

La variabilidad del ciclo reproductivo de la almeja en Tubul no mostró un patrón de variación coincidente con el que presentaron las características del agua (Figura 36). En consecuencia, tampoco se detectó la existencia de correlaciones significativas (valores de  $r$  inferiores a 0.40 en todos los

casos).

#### • huepos de Corral

No obstante algunas coincidencias en determinadas partes del periodo de estudio, no se detectaron claras relaciones entre la representación de los estados de madurez máxima y desove y las características de las aguas de fondo (Figura 37). Consecuentemente, ninguno de los coeficientes de correlación calculados fue significativo. No obstante, cuando se analizaron los estados del ciclo gametogénico por separado para machos y hembras, se obtuvo una correlación significativa al analizar la relación entre concentración de clorofila *a* y el porcentaje de hembras en estado de madurez máxima.

#### • navajuelas de Corral

El porcentaje de individuos en estado de madurez máxima, mostró una variabilidad temporal claramente relacionada con la variabilidad exhibida por los contenidos de clorofila *a* del agua ( $p < 0.05$ ). La proporción de individuos en estado de madurez máxima mostró algunas similitudes también con los contenidos de feopigmentos, pero sólo en el primer caso, estas relaciones fueron estadísticamente significativas (véase Figura 38). Análisis adicionales para cada sexo, detectaron también la existencia de una correlación significativa entre temperaturas y porcentaje de hembras en estado de madurez máxima.

#### • almejas de Maullín

Como en el caso de la población estudiada en Tubul, las variaciones del ciclo reproductivo de las almejas de Maullín no mostraron un patrón que fuese claramente coincidente con el que

presentaron las características de la columna de agua (Figura 39). Como consecuencia de esto, no se detectaron coeficientes de correlación significativos (valores de  $r$  inferiores a 0.42).

#### • navajuelas de Coihúin

La variabilidad del ciclo reproductivo de las navajuelas de Coihúin estuvo asociada a la temperatura de las aguas adyacentes a los bancos (Figura 40). Los porcentajes de individuos en estados de madurez máxima así como de desove de la gónada, se correlacionaron significativamente con la temperatura del agua ( $p < 0.05$ ). Este resultado permite inferir que probablemente la temperatura es el factor ambiental de mayor incidencia en el ciclo reproductivo de esta especie, al menos en estos fondos.

#### • huepos de Ancud

La variabilidad temporal del porcentaje de la población en estados de madurez máxima y desove, mostraron pocas relaciones con la variabilidad de las características del agua (Figura 41). Aún así, se detectaron correlaciones significativas al realizar análisis de regresión por separado para machos y hembras (relación temperatura - porcentaje de machos en desove parcial). La población en conjunto, no se correlacionó con las variables ambientales en estudio.

#### • almejas de Yaldad

El porcentaje de individuos en estado de desove, mostró un patrón de variación en general coincidente con aquel exhibido por las concentraciones de clorofila  $a$  en el agua (Figura 42). Otras similitudes se detectaron al comparar por ejemplo la variabilidad de la temperatura del agua y el porcentaje de hembras en estado de madurez máxima, o al comparar contenidos de clorofila  $a$  y

variabilidad en el porcentaje de machos en estado de madurez máxima. Estos resultados difieren considerablemente de lo observado para las poblaciones de almeja de Tubul y Maullín, en las cuales no fue posible establecer relaciones claras, entre el ciclo reproductivo y los factores ambientales.

## **conclusiones**

En términos generales, se apreciaron algunas similitudes entre la variabilidad temporal que exhibieron características de las aguas de fondo y la variabilidad de algunas etapas del ciclo reproductivo (específicamente madurez máxima y desove). No obstante, esas relaciones sólo en algunas ocasiones resultaron en la existencia de correlaciones estadísticamente significativas.

Así aún cuando es posible establecer la existencia de estas relaciones, los resultados obtenidos en este estudio son menos claros de lo que habitualmente presenta la literatura. De todos modos, parece claro que entre las características estudiadas, las temperaturas y los contenidos de clorofila *a*, son las únicas que podrían tener incidencia en determinadas etapas del ciclos reproductivos de las especies en estudio.

## **5.6. caracterización de los sedimentos**

### **• áreas recursos huepo, navajuela y almeja, Tubul**

En los fondos submareales de Tubul, y específicamente en las áreas de recolección de huepos y de navajuelas y almejas, la fracción textural predominante fue la arena (94.4 y 96.5 % en promedio, respectivamente) (ver Tabla 37). Debido a estos porcentajes, las fracciones de agregados biogénicos (tubos habitacionales, fecas u otros constituidos primariamente a partir de partículas de fango), y de fango (<63  $\mu\text{m}$ ), estuvieron siempre por debajo del 5%. Entre estos valores, los más altos fueron los del fango, que alcanzaron porcentajes de 3.7 y 2.4 % en promedio, para las áreas de huepos y de

navajuelas y almejas, respectivamente. Los agregados biogénicos tuvieron una representación de 1.9 y 1.1 % en promedio, para las mismas áreas, mientras la fracción grava estuvo ausente.

**Tabla 37.** Características texturales, contenido de materia orgánica y granulometría, de los sedimentos del área de recolección de huepos, navajuelas y almejas en Tubul.

variables	recurso huepo	recursos navajuela y almeja
	promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
grava (%)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
arena (%)	94.4 (1.3)	96.5 (1.1)
fango (%)	3.7 (1.2)	2.4 (1.0)
agregados biogénicos (%)	1.9 (0.6)	1.1 (0.3)
materia orgánica total (%)	1.3 (0.2)	1.0 (0.1)
tamaño medio de la arena (phi)	1.6 (0.1)	1.6 (0.1)
sorteo de la arena (phi)	0.6 (0.1)	0.5 (0.0)

Los contenidos de materia orgánica total estimados en las áreas de recolección de huepos (1.3 % en promedio) y de navajuelas y almejas (1.0 %) fueron similares. Estos valores son relativamente bajos y dan cuenta de fondos poco enriquecidos orgánicamente, resultado que es concordante con los altos porcentajes de la fracción arena y la baja representación del fango calculados para estos sedimentos.

La granulometría de la fracción arena de estos sedimentos fue también similar. Las estimaciones de tamaño medio de la partícula (1.6 y 1.6 phi en promedio, en las mismas áreas) y sorteo (0.6 y 0.5 phi, respectivamente), corresponden a sedimentos que pueden ser clasificados como “arenas medias moderadamente bien seleccionadas” de acuerdo a la escala granulométrica de Udden, Wentworth y Krumbein (Folk, 1980).

- **áreas recursos huepo y navajuela, Corral**

En la bahía de Corral, los fondos submareales asociados a bancos de huepos y navajuelas fueron como en el caso anterior, predominantemente arenosos: 91.9 y 95.8 % en promedio, respectivamente. Los contenidos de sedimentos finos (fango) fueron también relativamente bajos, pero en este caso, las diferencias ya detectadas para el caso de Tubul entre los contenidos de fango de las áreas de extracción de huepos y navajuelas, se acentuaron: los porcentajes estimados para el primer caso fueron más de dos veces más altos (4.4 % en promedio) que aquellos estimados en el área de las navajuelas (1.8 %). Las diferencias en contenidos de agregados no fueron tan notorias, con valores promedios que alcanzaron a 3.7 y 2.4 %, para las mismas áreas, pero éstas fueron considerablemente más altas que las estimadas para las áreas de Tubul. No se detectó grava en los sedimentos de ambas áreas de esta bahía (Tabla 38).

Los contenidos de materia orgánica total alcanzaron en promedio a 2.1 y 2.0 % en las áreas de recolección de huepos y navajuelas, respectivamente. Estos valores son muy similares entre sí y constituyen casi dos veces los valores estimados para los fondos de Tubul.

El tamaño medio (2.3 phi en promedio) y el sorteo (0.8 phi) de las partículas de la fracción arena de los sedimentos asociados a los bancos de huepos, son característicos de “arenas finas moderadamente seleccionadas” (Folk, 1980). En el área de extracción de navajuelas, el tamaño medio y el sorteo (1.5 y 0.5 phi en promedio, respectivamente), permiten en cambio clasificar a estos sedimentos como arenas medias moderadamente bien seleccionadas”, más similares por lo tanto a las descritas en los fondos de Tubul.

**Tabla 38.** Características texturales, contenido de materia orgánica y granulometría, de los sedimentos del área de recolección de huepos y navajuelas en Corral.

variables	recurso huepo	recurso navajuela
	promedio (d.e.)	promedio (d.e.)
grava (%)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
arena (%)	91.9 (2.0)	95.8 (1.7)
fango (%)	4.4 (1.3)	1.8 (1.5)
agregados biogénicos (%)	3.7 (0.8)	2.4 (0.4)
materia orgánica total (%)	2.1 (0.3)	2.0 (0.7)
tamaño medio de la arena (phi)	2.3 (0.0)	1.5 (0.2)
sorteo de la arena (phi)	0.8 (0.0)	0.5 (0.0)

• **área recurso navajuela, Coihuín**

Los sedimentos intermareales de Coihuín fueron en general similares a los descritos previamente, con una fracción arena predominante (93.8% en promedio), y contenidos de fango y de agregados biogénicos considerablemente menores (1.8 y 0.6 %, en promedio, respectivamente). En este caso sin embargo, se detectó la presencia de grava y en un porcentaje relativamente alto (3.8 % en promedio) (Tabla 39).

El contenido de materia orgánica de los sedimentos (0.7 %), fue bajo en relación a todas las demás áreas de estudio, y da cuenta de la existencia de poca oferta alimentaria disponible a nivel del sustrato. Este resultado es concordante con los valores de tamaño medio y sorteo de las partículas de arena (0.8 y 0.8 phi, respectivamente), las cuales permiten clasificar a estos sedimentos como “arenas gruesas moderadamente seleccionadas” (Folk, 1980).

**Tabla 39.** Características texturales, contenido de materia orgánica y granulometría, de los sedimentos del área de recolección de navajuelas en Coihuín.

variables	recurso navajuela
	promedio (d.e.)
grava (%)	3.8 (1.0)
arena (%)	93.8 (1.2)
fango (%)	1.8 (0.1)
agregados biogénicos (%)	0.6 (0.0)
materia orgánica total (%)	0.7 (0.1)
tamaño medio de la arena ( $\phi$ )	0.8 (0.2)
sorteo de la arena ( $\phi$ )	0.8 (0.1)

#### • área recurso almeja, Yaldad

Los sedimentos intermareales asociados a los bancos de almejas de Yaldad fueron considerablemente diferentes de los analizados en Coihuín y en los fondos submareales de Tubul y Corral. En estos depósitos, la fracción arena tuvo una representación considerablemente menor (77.1 % en promedio), que aquella estimada para el resto de las áreas de estudio (siempre por encima del 90 %). Este menor porcentaje implicó un aumento proporcional de la grava y los agregados (5.2 y 6.0 % en promedio, respectivamente), y en particular del fango (11.7 % en promedio) (Tabla 40). A diferencia de los sedimentos analizados para el resto de las áreas de estudio (clasificables como “arenas”), los de esta área corresponden a “arenas fango-ruditicas”, de acuerdo al diagrama triangular de Lewis (ver Folk, 1980).

Finalmente los sedimentos intermareales de Yaldad tienen un contenido de materia orgánica total (7.2 % en promedio) notoriamente más alto que el resto de las áreas de estudio, pudiendo decirse que la oferta de nutrientes de estos depósitos es relativamente alta. Los valores de tamaño

medio de la fracción arena de estos sedimentos (2.3 phi en promedio), son concordantes con estos resultados, ya que corresponden a sedimentos que pueden clasificarse como “arenas finas”. En cuanto al sorteo (0.8 phi en promedio), estos sedimentos pueden caracterizarse como “moderadamente seleccionados” (Folk, 1980).

**Tabla 40.** Características texturales, contenido de materia orgánica y granulometría, de los sedimentos del área de recolección de almejas en Yaldad.

variables	recurso almeja,
	promedio (d.e.)
grava (%)	5.2 (0.2)
arena (%)	77.1 (1.1)
fango (%)	11.7 (0.4)
agregados biogénicos (%)	6.0 (0.5)
materia orgánica total (%)	7.2 (0.5)
tamaño medio de la arena (phi)	2.3 (0.1)
sorteo de la arena (phi)	0.8 (0.0)

### 5.7. abundancia de reclutas

La Figura 43 y las Tablas que se presentan a continuación, muestran la densidad de reclutas recolectados en cada una de las áreas submareales e intermareales de muestreo, durante el período de estudio definido en las mismas.

#### • reclutamiento de huepos, Tubul

En los sedimentos en que se recolectan mensualmente adultos de huepos, sólo se detectaron

reclutas durante uno de los meses del período de estudio: abril de 1997 (46.2 ind./m<sup>2</sup> en promedio) (ver Tabla 41). Como fue planteado en la metodología, la determinación de una longitud límite de 10 mm para diferenciar a los reclutas de esta especie, podría estar sesgada (*i. e.*, la longitud límite podría ser menor como en los casos de navajuela y taquilla). No obstante, organismos de tamaños inferiores a *e.g.* 5 mm no fueron detectados, y la presentación de este resultado constituye un antecedente concreto para poder inferir el período de tiempo en que se produjo la incorporación de los organismos más pequeños (<5 mm).

Los resultados obtenidos ponen en evidencia que i) el reclutamiento de huepos en esta área sería un evento de corta duración y que se produciría durante verano o comienzos de otoño, o bien, ii) que durante el año de estudio el reclutamiento de esta especie en esta área al menos fue considerablemente más bajo de lo normal. En el resto de los muestreos llevados a cabo, sólo durante los meses de junio y julio de 1997 se detectaron juveniles de huepos en estos fondos, pero éstos correspondieron a tamaños considerablemente mayores que el definido para los reclutas: la talla de estos especímenes estuvo por encima de los 2 cm.

Por otra parte, no parece haber relación entre la variabilidad que mostraron la temperatura y el contenido de clorofila *a* de las aguas de fondo, y el período de aparición de reclutas, aún cuando en el caso de la clorofila *a*, las mayores concentraciones se presentaron un par de meses antes del reclutamiento, durante los meses en que se produjo uno de los desoves de esta especie (febrero-abril 1997). Tampoco parece haber mayor relación entre la abundancia de huepos adultos (véase más adelante) y el número de reclutas en los sedimentos. Durante el mes de abril (muestreo en el cual aparecieron los reclutas), los adultos tuvieron una densidad más bien cercana al promedio de lo observado a través de todo el año (3.2 ind./m<sup>2</sup>) (ver Figuras 43 y 44). En consecuencia, no es posible inferir cambios en el reclutamiento, atribuibles a alguna variación en la abundancia de huepos adultos en esos fondos.

**Tabla 41.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de huevo, en los fondos del área de recolección en Tubul. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-10000 µm) de <i>Ensis macha</i> en Tubul										
02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
0	0	46.2 (59.7)		0	0	0	0	0	0	0

#### • reclutamiento de navajuelas, Tubul

En los sedimentos submareales de Tubul, se detectaron reclutas de navajuelas solamente durante los meses de abril y junio de 1997, en abundancias promedios de 34.6 y 11.5 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente (ver Tabla 42).

Estos resultados permiten concluir que como en el caso anterior, el reclutamiento de navajuelas en esta área, sería un evento más bien localizado en el tiempo y que se produciría principalmente durante los meses de otoño, es decir en la parte final de uno de los dos desoves detectados durante el período de estudio. Durante el resto de los muestreos realizados se detectaron juveniles de navajuelas, pero estos especímenes presentaron tamaños considerablemente mayores a los 3 mm propuesto como talla límite para definir a los reclutas de esta especie: las tallas de estos juveniles estuvieron siempre por encima de 1 cm.

Durante el reclutamiento, la abundancia de navajuelas adultas no mostró valores notoriamente diferentes al resto de los muestreos, situación que en principio sugiere la inexistencia de relaciones adulto-recluta que sean de importancia. Tampoco hay coincidencia entre aparición de reclutas y temperatura del agua (este parámetro permaneció prácticamente constante a través del período de estudio). Por otra parte, parece si existir una relación indirecta con el aporte de nutrientes (clorofila *a*), que presentó su mayor concentración durante el desove de esta especie, un mes antes del reclutamiento.

**Tabla 42.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de navajuela, en los fondos del área de recolección en Tubul. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación standar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-3000 µm) de <i>Tagelus dombeii</i> en Tubul										
02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
0	0	34.6 (77.9)		11.5 (36.4)	0	0	0	0	0	0

#### • reclutamiento de almejas, Tubul

A diferencia de los resultados obtenidos para las otras dos especies de esta área, en el caso de la almeja *Mulinia edulis*, el reclutamiento fue un evento que se extendió a la mayor parte del período de estudio. Los reclutas de almeja fueron más abundantes durante los meses de octubre y noviembre de 1997 (959.5 y 612.7 ind./m<sup>2</sup> en promedio, respectivamente), pero presentaron abundancias relativamente altas también durante febrero, agosto y septiembre de 1997 (valores por encima de los 200 ind./m<sup>2</sup>). En cambio, las menores abundancias se detectaron durante los muestreos de junio y julio de 1997 (23.1 y 46.2 ind./m<sup>2</sup>) (ver Tabla 43).

Estos resultados muestran que probablemente existan dos períodos de asentamiento y reclutamiento de estos organismos en el año, los cuales se producen durante otoño y primavera respectivamente. El primero de éstos coincide con las mayores concentraciones de clorofila *a* en las aguas de fondo (mayor disponibilidad de nutrientes), pero en el caso del segundo período, ésta relación se torna menos clara. Así mismo, la presencia y abundancia de reclutas no parece guardar relación con la abundancia de los adultos de esta especie (ver más adelante). Esta última, mostró una variabilidad temporal notoriamente menor que la exhibida por la abundancia de reclutas (1.5 - 2.6 adultos / m<sup>2</sup>).

**Tabla 43.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de almeja, en los fondos del área de recolección en Tubul. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-5000 µm) de <i>Mulinia edulis</i> en Tubul										
02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
254.2	196.2	138.6		23.1	46.2	462.4	231.2	959.5	612.7	185.0
(380.8)	(196.8)	(223.2)		(73.0)	(59.7)	(327.0)	(449.4)	(244.0)	(640.5)	(374.6)

#### • reclutamiento de huepos, Corral

Los muestreos de sedimentos realizados en los fondos submareales de esta área, no detectaron la presencia de reclutas de huepos. En cambio, el análisis de estos sedimentos detectó esporádicamente la presencia de reclutas de navajuelas, situación que pone en evidencia la inexistencia de problemas metodológicos para detectar la presencia de organismos tan pequeños, cuando éstos ocurren en estos fondos submareales.

Pese a que en este caso en particular, el esfuerzo de muestreo fue incrementado en algunas ocasiones hasta el doble y en general se extendió más allá de los bancos de adultos de esta especie (e.g. febrero de 1997), estos resultados no permiten inferir mayor información acerca de la variabilidad espacial y temporal del reclutamiento de esta especie.

Una de las explicaciones posibles es que los reclutas de esta especie ocurrirían en áreas extremadamente localizadas, o muy distantes de los sitios de recolección de huepos adultos. Sin embargo, este argumento puede confrontarse con los resultados de muestreos llevados a cabo previamente, que con fines similares pero en un área considerablemente más extensa de la bahía y el sistema estuarial, tampoco fueron capaces de detectar especímenes de tamaños menores a 1 cm (Jaramillo, 1995).

Por otra parte, es también posible que mientras duró este estudio, el proceso de reclutamiento

haya sido afectado por un período de condiciones desfavorables que pudiese haber producido la ausencia de reclutas en el submareal. Si fuese ésta la situación, estos resultados constituirían un nuevo ejemplo del cuestionamiento que puede plantearse con respecto a estudios de tan corto plazo (anuales).

#### • reclutamiento de navajuelas, Corral

La presencia de reclutas de navajuela en los fondos submareales de bahía Corral, fue detectada principalmente durante los meses de enero y febrero de 1997 (Tabla 44). En estos muestreos las abundancias de reclutas alcanzaron a 195.8 y 368.7 ind./m<sup>2</sup> en promedio, respectivamente. También se detectaron también reclutas durante los muestreos realizados en marzo y noviembre de 1997, pero en abundancias considerablemente menores (11.5 ind./m<sup>2</sup> en promedio en ambos muestreos). Durante el resto del período de estudio, no se detectaron reclutas, y en general, los juveniles de navajuela recolectados fueron de tamaños considerablemente mayores que los 3 mm propuestos como límite superior de los reclutas.

En general, las mediciones realizadas muestran que durante el período en que se produjeron las mayores abundancias de reclutas en el sedimento, se presentaron también las menores tallas de organismos (250-1500 micrones de longitud): éstos se detectaron principalmente en enero, disminuyeron considerablemente durante febrero y tras varios meses sin ser detectados, reaparecieron en el muestreo de noviembre de 1997.

La aparición de reclutas parece guardar relación sólo con la variabilidad mensual en el contenido de clorofila *a* de las aguas de fondo. La concentración de estos nutrientes incrementa considerablemente durante los meses inmediatamente anteriores al reclutamiento, período durante el cual se produce el desove de las navajuelas maduras. La relación entre presencia de reclutas y abundancia de organismos adultos es menos clara, aún cuando estos últimos presentaron valores promedios relativamente bajos durante el reclutamiento (ver más adelante).

**Tabla 44.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de navajuela, en los fondos del área de recolección en Corral. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-3000 µm) de <i>Tagelus dombeii</i> en Corral												
11/96	12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97
0	0	195.8 (242.8)	368.7 (328.9)	11.5 (36.4)	0		0	0	0	0	0	11.5 (36.4)

#### • reclutamiento de navajuelas, Coihúin

En los sedimentos intermareales de Coihúin, las máximas abundancias de reclutas se produjeron durante los meses de enero (345.8 ind./m<sup>2</sup>), febrero (576.0 ind./m<sup>2</sup>) y marzo de 1997 (1017.8 ind./m<sup>2</sup>) (Tabla 45). Durante los restantes ocho meses de muestreo, los valores de abundancia fueron cercanos o inferiores a los 100 ind./m<sup>2</sup>, detectándose total ausencia de organismos en los meses de noviembre de 1996 y julio de 1997.

En general, el período de mayores abundancias de reclutas coincidieron con el período en que se detectaron las menores tallas de los organismos definidos aquí como reclutas de esta especie: mediciones de mayor precisión indican que navajuelas de tamaños entre 450 y 750 micrones, se presentaron solamente durante los meses de diciembre de 1996 y febrero y marzo de 1997 (abundancias promedio de 115.0 ind./m<sup>2</sup>). A excepción de estos muestreos y durante el resto del período de estudio, los reclutas estuvieron siempre dentro de un rango de tamaños de 1500-3000 micrones.

Estos resultados indican que el asentamiento y una parte considerable del reclutamiento de esta población, se producen principalmente durante la última parte de la primavera y el verano. Del mismo modo, el hecho que las menores tallas de reclutas se presenten en un período tan localizado de tiempo y en abundancias relativamente bajas, es consistente con antecedentes sobre asentamiento y reclutamiento de otras especies de la infauna del área (Clasing *et al.*, datos no publicados).

En conjunto, estos datos indican que probablemente el asentamiento y reclutamiento de estas especies ocurriría en forma masiva en ambientes submareales inmediatamente adyacentes, y en forma secundaria, se produciría el desplazamiento y colonización del intermareal por parte de los reclutas. Esto último podría explicar que no obstante el extenso período de desove de los adultos maduros de esta población (noviembre de 1996 - mayo de 1997), la aparición masiva de reclutas en un período tan corto de tiempo (enero - marzo de 1997) podría guardar relación principalmente con las características hidrodinámicas y el régimen de corrientes de cada una de las áreas de muestreo.

**Tabla 45.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de navajuela, en los fondos del área de recolección en Coihuin. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-3000 μm) de <i>Tagelus dombeii</i> en Coihuin												
11/96	12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97
0	115	345.8	576.0	1017.8	90.0	26.0	35.0	0	46.0	38.0	101.0	38.0
	(0.0)	(162.8)	(162.8)	(343.2)	(77.0)	(51.0)	(6.0)		(59.0)	(82.0)	(74.0)	(82.0)

#### • reclutamiento de almejas, Yaldad

En la población intermareal de Yaldad, la presencia de reclutas se extendió durante todo el período de estudio, pero la intensidad del reclutamiento tuvo fluctuaciones a través de los distintos meses de muestreo (Tabla 46). Estas variaciones temporales no fueron sin embargo tan notorias como en los casos anteriores: las máximas abundancias promedio de reclutas ocurrieron durante los meses de abril y mayo de 1997 (992.0 y 559.0 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente), detectándose abundancias relativamente altas también durante los meses de marzo, octubre y noviembre de 1997 (por encima de los 400 ind./m<sup>2</sup>, en promedio). En el resto de los muestreos, las abundancias fluctuaron en un rango más bien acotado de variación: entre 135.0 y 327.0 ind./m<sup>2</sup>, en promedio.

Una separación de los reclutas en rangos de talla más finos, indicó que los organismos de tamaños menores (250 - 750 micrones), fueron más abundantes durante el mes de abril, pero

estuvieron presentes también en los muestreos de los meses de enero, mayo y septiembre 1997. Estos antecedentes indican que el asentamiento y reclutamiento de esta población se extiende a un período relativamente largo, primariamente desde fines de primavera hasta otoño. La aparición de reclutas de tamaños menores no se produce durante los meses de invierno, pese a que durante este periodo se produce todavía un desove de al menos parte de la población de especímenes maduros de la población.

Por otra parte, notorios incrementos en la temperatura del agua (diciembre de 1996) y la concentración de nutrientes (clorofila *a*, marzo 1997), podrían determinando los periodos de desove de la fracción adulta de la población, y por lo tanto de un modo indirecto (y con un desfase temporal), afectando también al reclutamiento. No se detectó por otra parte una clara relación entre la variabilidad del reclutamiento y la variabilidad estacional en el número de adultos de esta especie en el área (ver más adelante) (ver Figuras 43 y 44).

**Tabla 46.** Variabilidad mensual en el número promedio de reclutas de almeja, en los fondos del área de recolección en Yaldad. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de reclutas (250-3000 $\mu$ m) de <i>Mulinia edulis</i> en Yaldad												
11/96	12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97
211.5	173.0	230.7	327.0	403.7	992.0	559.0	300.0	135.0	327.0	270.0	443.0	404.0
(87.0)	(121.1)	(103.3)	(86.9)	(120.5)	(578.0)	(236.0)	(333.0)	(154.0)	(354.0)	(174.0)	(199.0)	(299.0)

### número de reclutas en relación con las características del sedimento

Es difícil establecer relaciones entre el reclutamiento de los organismos (que en la mayoría de los casos fue un evento restringido a sólo determinadas épocas del año) y las características de los sedimentos. Básicamente todos los fondos estudiados, con la excepción del intermareal de Yaldad, fueron sustratos predominantemente arenosos con valores de materia orgánica y fango relativamente bajos (< 5 %; en Yaldad los valores promedios alcanzaron a 7.2 y 11.7%, respectivamente). En éstos

fondos, que podemos considerar en términos generales homogéneos (nuevamente con la excepción de Yaldad), el número de reclutas y la frecuencia en la que éstos fueron detectados varió considerablemente:

El número de reclutas de huepos fue bajo en todos los fondos estudiados; las navajuelas fueron más bien escasas en el submareal de Corral pero abundantes y frecuentes en el submareal de Tubul y en los sedimentos intermareales de Coihúin. Los reclutas de taquilla fueron abundantes tanto en el submareal de Tubul como en los sedimentos intermareales de Yaldad (en este último caso, y como ya planteamos, los sedimentos fueron claramente más enriquecidos).

Este resumen de los resultados obtenidos indica que al menos a esta escala espacial (comparaciones entre bahías), la incidencia que podrían estar teniendo las características de los sedimentos es irrelevante. Cabe sin embargo mencionar la existencia de patrones espaciales a menor escala y que con frecuencia muestran en la literatura que el asentamiento y el reclutamiento de las especies se asocia estrechamente con las características de los fondos, situación que nuestros resultados en ningún caso refutan.

### **abundancia de adultos**

La Figura 44 y las Tablas siguientes resumen los resultados obtenidos al estimar en forma cuantitativa la abundancia de adultos de huepos (Tubul y Corral), navajuelas (Tubul, Corral y Coihúin) y almejas (Tubul y Yaldad), en los sitios de estudio. Cabe insistir en este punto que estas estimaciones se realizaron en las mismas áreas en que se recolectaron sedimentos para establecer la presencia y abundancia de reclutas. Los valores de abundancia corresponden al número promedio de especímenes por  $m^2$  (incluyendo estimación de desviación estándar entre paréntesis). Sin embargo, debido principalmente a dificultades de muestreo, se presentan en algunos casos los valores promedios solamente (estimaciones a partir de número total de individuos recolectados y área estimada de recolección). Para el caso de los ambientes intermareales de Coihúin y Yaldad, se presentan datos

estacionales de abundancia.

• **fondo de huepos, Tubul**

En esta área, el número de huepos varió entre 1.3 y 7.0 ind./m<sup>2</sup>, con valores más altos durante el período estival (febrero de 1997) y valores menores durante el período invernal (muestreos de junio y julio de 1997). La Tabla 47 resume los resultados obtenidos. En la misma, el dato de abundancia promedio de huepos durante diciembre de 1996, no incluye d.s. debido a la imposibilidad de recolectar muestras que pudiesen en rigor considerarse como réplicas.

**Tabla 47.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de huepos, en los fondos del área de recolección en Tubul. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Ensis macha</i> en Tubul												
12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
2.5	3.0 (1.1)	7.0 (2.4)	2.8 (0.9)	3.2 (0.8)		1.3 (0.5)	1.8 (0.7)	2.2 (0.7)	2.0 (0.8)	1.8 (0.6)	2.4 (0.8)	2.1 (0.7)

• **fondo de navajuelas, Tubul**

La abundancia de navajuelas fue mayor que aquella estimada para el caso de los huepos de esta misma bahía. En este caso, las mayores abundancias promedio se estimaron durante los meses de junio y enero de 1997 (7.2 y 8.1 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente), mientras las menores se detectaron durante el muestreo de abril de 1997 (4.7 ind./m<sup>2</sup>, en promedio) (Tabla 48).

**Tabla 48.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de navajuela, en los fondos del área de recolección en Tubul. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Tagelus dombeii</i> en Tubul												
12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
6.0	7.2 (3.2)	6.4 (4.8)	5.5 (2.8)	4.7 (3.1)		8.1 (4.1)	5.6 (2.4)	5.0 (2.1)	5.3 (2.3)	6.1 (3.2)	6.7 (3.5)	5.8 (3.0)

• fondo de almejas, Tubul

Los valores de abundancia de almejas son comparables a las estimadas para el caso de los huepos. En este caso sin embargo, el rango de variación de esas abundancias fue más restringido, con valores promedios que fluctuaron entre 1.2 (junio) y 2.6 ind./m<sup>2</sup> (noviembre de 1997). La Tabla 49 resume los valores de abundancia promedio de almeja durante el período de estudio.

**Tabla 49.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de almeja, en los fondos del área de recolección en Tubul.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Mulinia edulis</i> en Tubul												
12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97	12/97
1.6	1.8	2.0	1.7	1.5		1.2	2.1	1.9	2.0	2.4	2.6	2.0

• fondo de huepos, Corral

La abundancia de huepos en la bahía de Corral, fue notoriamente menor a la que se estimó para esta misma especie en los fondos de bahía Tubul. Las abundancias presentaron además un rango de variación menor, con valores promedios que fluctuaron entre 0.02 ind./m<sup>2</sup> (noviembre de 1996, marzo, julio, agosto y noviembre de 1997) y 0.05 ind./m<sup>2</sup> (junio y septiembre de 1997) (Tabla 50).

**Tabla 50.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de huepos, en los fondos del área de recolección en Corral.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Ensis macha</i> en Corral												
11/96	12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97
0.02	0.03	0.03	0.03	0.02			0.05	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02

• fondo de navajuelas, Corral

Los fondos de la bahía Corral en que se llevaron a cabo los muestreos, presentaron altas abundancias de adultos de navajuela, pero sin grandes variaciones temporales. Los valores promedios fluctuaron entre 32.0 (enero) y 117.3 ind./m<sup>2</sup> (agosto de 1997) (Tabla 51).

**Tabla 51.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de navajuela, en los fondos del área de recolección en Corral. Los valores entre paréntesis indican 1 desviación estándar.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Tagelus dombeii</i> en Corral												
11/96	12/96	01/97	02/97	03/97	04/97	05/97	06/97	07/97	08/97	09/97	10/97	11/97
45.3	64.0	32.0	65.3	37.3	46.7		70.0	116.0	117.3	92.0	71.0	98.7
(9.7)	(23.7)	(0.0)	(14.1)	(6.1)	(12.9)		(25.1)	(43.3)	(34.0)	(23.8)	(15.5)	(47.4)

• fondo de navajuelas, Coihúin

Como en el caso de los fondos submareales de bahía Corral, en el intermareal de Coihúin las abundancias de adultos fueron considerablemente más altas que en el resto de las especies en estudio. En este caso, datos estacionales indican que los valores promedios de abundancia fluctuaron entre 133.0 ind./m<sup>2</sup> (febrero de 1997) y 555.0 ind./m<sup>2</sup> (mayo de 1997) (Tabla 52).

**Tabla 52.** Variabilidad estacional en el número promedio de adultos de navajuela, en los fondos del área de recolección en Coihuin.

Abundancia (ind./ m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Tagelus dombeii</i> en Coihuin				
11/96	02/97	05/97	08/97	11/97
263.3	133.0	555.0	193.0	274.0

• fondo de almejas, Yaldad

A diferencia de lo observado en los bancos submareales de Tubul, en estos sedimentos la abundancia de almejas fue considerablemente más alta, durante todo el período de muestreo. Estas abundancias fluctuaron entre 32.0 (noviembre de 1996) y 81.0 ind./m<sup>2</sup> (mayo de 1997) (Tabla 53).

**Tabla 53.** Variabilidad mensual en el número promedio de adultos de almeja, en los fondos del área de recolección en Yaldad.

Abundancia (ind. / m <sup>2</sup> ) de adultos de <i>Mulinia edulis</i> en Yaldad				
11/96	02/97	05/97	08/97	11/97
32.0	33.0	81.0	48.0	43.0

### 5.8. mortalidad y talla crítica

Las estimaciones de mortalidad natural (M) y del parámetro de edad crítica (tc) se obtuvo por medio de los parámetros resultantes de los análisis de crecimiento para cada una de las especies estudiadas. El método I de estimación de la mortalidad natural fue sólo aplicable a las poblaciones de navajuela de Tubul y Corral al disponer de estimaciones del parámetro t<sub>0</sub>.

En la Tabla 53 se presenta un resumen de los parámetros de entrada utilizados para la estimación de la mortalidad natural y talla crítica para las poblaciones de huepo, navajuela y almeja.

**Tabla 53.** Parámetros poblacionales utilizados en la estimación de mortalidad natural y talla crítica, para huepos, navajuelas y almejas en las áreas de recolección que se indican (la segunda columna correspondiente a navajuela en Tubul y Corral corresponde a parámetros estimados en base a asignación de edad-longitud).

Parámetros	Huepo		Navajuela				Almeja		
	Tubul	Corral	Tubul		Corral	Coihuín	Tubul	Yaldad	
$L_{\infty}$	202.30	209.40	105.00	89.84	103.00	80.02	73.75	93.00	72.50
K (año)	0.70	0.60	0.60	0.52	0.40	0.52	0.33	0.40	0.64
to (año)	-----	-----	-----	0.39	-----	0.39	-----	-----	-----
Tm (año)	7.4	7.44	7.60	-----	5.80	-----	6.62	9.58	8.73
Tm 50 % (año)	3.7	3.72	3.80	-----	2.90	-----	3.31	4.69	4.36
Lp	158.14	178.25	89.48	-----	76.16	-----	52.25	67.42	54.45
L'	127.50	157.50	84.90	-----	70.90	-----	42.00	54.00	40.50

En general en las menores longevidades se presentaron en navajuela en las localidades de Corral y Coihuín con valores de 5.8 y 6.62 años, respectivamente en tanto que en Tubul presentó un valor de 7.6 años. En huepo y almeja se observaron longevidades mayores, con valores que fueron de 7.4 años para huepo (en ambas localidades) y valores de 8.73 y 9.58 años en almeja, en Yaldad y Tubul respectivamente.

### mortalidad natural

Las estimaciones de mortalidad natural se efectuaron para las poblaciones en las cuales se disponía de los parámetros de crecimiento adecuados. Así, el método 1 (Taylor, 1958) se aplicó solamente en la navajuela, en Tubul y Corral dado que se dispuso de estimaciones de to. Los métodos 2 (Alagaraja, 1984) y el método 3 (Rikhter & Efanov, 1976), se aplicaron a todas las especies en

ambas regiones. Por su parte, los métodos 4 y 5 se aplicaron solo a las navajuelas de Coihuín y las almejas de Yaldad en la X Región de sectores con escasa o nula explotación (Tabla 54).

**Tabla 54.** Estimaciones de mortalidad natural de huepos, navajuelas y almejas, en las localidades que se indican. Los números entre paréntesis se refieren a los métodos utilizados (la segunda columna correspondiente a navajuela en Tubul y Corral corresponde a parámetros estimados en base a asignación de edad-longitud).

Parámetros	Huepo		Navajuela				Almeja	
	Tubul	Corral	Tubul		Corral	Coihuín	Tubul	Yaldad
M (1)	-----	-----	-----	0.487	-----	0.554	-----	-----
M (2)	0.623	0.619	0.606	-----	0.794	-----	0.696	0.480
M (3)	0.438	0.436	0.427	-----	0.552	-----	0.488	0.337
M (4)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.688	-----
M (5)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.357	-----

En las poblaciones de almeja los valores de M fluctuaron entre 0.337 y 0.833 con diferentes métodos de estimación, con un valor medio representativo de  $M=0.4$ . En el caso del huepo, la mortalidad natural presentó valores intermedios a los estimados en las otras dos especies, variando en un rango de 0.436 a 0.623, con un valor medio de  $M=0.53$ . Por su parte, el recurso navajuela mostró valores de M que variaron entre 0.357 y 0.794, centrado en valores de  $M=0.56$ .

Al comparar entre métodos de estimación de M se aprecia que el Método 2 tendió a sobrestimar los valores de M en ordenes de magnitud de, aproximadamente, un 30% mayor a los valores obtenidos con los otros métodos. En este sentido, el valor estimado de M al utilizar el método 2 depende solo de la longevidad y, por tanto, es altamente sensible a las parámetros de crecimiento y la frecuencia de ejemplares en los rangos de talla mayores.

### edad crítica y talla crítica

La edad crítica y talla crítica, corresponden al momento en que el peso total de una cohorte alcanza un máximo o es equivalente a la edad en que los procesos de mortalidad (pérdida de biomasa) se balancean con los de crecimiento individual en peso del conjunto poblacional. Las Tablas 55 y 56 resumen las estimaciones del parámetro de edad crítica ( $t_c$ ), medido en años y talla crítica ( $L_c$ ) medido en mm. En estas estimaciones, se supuso un valor de  $t_0 = -1$ , esto ya que los ejemplares reclutados aparecen en la población muestreada con un tamaño teórico nunca igual a cero, lo que hace retraer el momento del nacimiento teórico de estos a meses o años antes que sean reclutados a la población.

**Tabla 55.** Estimaciones de edad crítica ( $t_c$ ) para huepos, navajuelas y almejas en cada una de las localidades que se indican. Los números entre paréntesis se refieren a los métodos utilizados para estimar la mortalidad (la segunda columna correspondiente a navajuela en Tubul y Corral corresponde a parámetros estimados en base a asignación de edad-longitud).

Parámetros	Huepo		Navajuela				Almeja	
	Tubul	Corral	Tubul		Corral	Coihuín	Tubul	Yaldad
$t_c$ (1)	-----	-----	-----	2.80	-----	2.46	-----	-----
$t_c$ (2)	2.15	3.31	2.34	-----	2.34	-----	2.83	3.35
$t_c$ (3)	2.56	2.77	2.79	-----	2.83	-----	2.53	4.03
$t_c$ (4)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2.85	-----
$t_c$ (5)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4.22	-----

**Tabla 56.** Estimaciones de talla crítica (Lc) para huepos, navajuelas y almejas en cada una de las localidades que se indican. Los números entre paréntesis se refieren a los métodos utilizados para estimar la mortalidad (la segunda columna correspondiente a navajuela en Tubul y Corral corresponde a parámetros estimados en base a asignación de edad-longitud).

Parámetros	Huevo		Navajuela				Almeja		
	Tubul	Corral	Tubul		Corral		Coihuín	Tubul	Yaldad
Lc (1)	-----	-----	-----	64.24	-----	57.25	-----	-----	-----
Lc (2)	112.14	113.88	57.88	-----	42.66	-----	33.31	56.62	22.36
Lc (3)	134.40	136.78	69.21	-----	55.37	-----	41.61	65.31	34.80
Lc (4)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	33.59	-----	34.77
Lc (5)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	48.07	-----	52.05

En las poblaciones de almeja de Tubul, se observan valores de  $t_c$  mayores que los estimados para Yaldad, debido principalmente al efecto de una mayor tasa de crecimiento (K). Así, la  $t_c$  en Tubul se alcanzaría entre los 3 y 4 años de edad, mientras que Yaldad se alcanzaría, a una edad media de 2.5 años. La estimación de Lc muestra un patrón similar. Si se toma en cuenta que la talla mínima de extracción de esta especie es de 55 mm, es posible afirmar que en Tubul la almeja estaría siendo explotada de manera plena, mientras que en Yaldad la pesquería estaría permitiendo el crecimiento de la biomasa por explotar a una talla superior a la talla crítica.

En el huevo, los valores de  $t_c$  y Lc se ubicaron en un rango de magnitud similar, tanto en Tubul como en Corral, reflejo de la similitud en los parámetros de crecimiento. El valor medio de  $t_c$  fue 2.4 años, equivalente a un Lc = 124.3 mm.

Respecto de la navajuela,  $t_c$  mostró un valor medio de 2.9 años, correspondiente a un Lc de 50,3 mm. Se observó una tendencia de valores de  $t_c$  y Lc mayores en Tubul y Corral, en comparación con los estimados para la población intermareal de Coihuín.

En general, se aprecia que tanto los parámetros de mortalidad natural como los de edad y talla

crítica son de magnitudes similares para la misma especie y hábitat implicado. Por el contrario, se observan notorias diferencias para una misma especie en hábitat diferentes, como el caso de la navajuela y la almeja. Esto hace necesario profundizar los estudios sobre el efecto de variables del ambiente sobre el comportamiento de estos parámetros poblacionales.

Debido a que las estimaciones de mortalidad natural y talla crítica, dependen fuertemente de los parámetros de crecimiento, se requieren estudios de validación de estas estimaciones mediante diferentes metodologías (*i.e.* lectura de anillos, marcaje y recaptura y crecimiento controlado en laboratorio). Lo anterior, con el objeto de contar con parámetros más confiables, que propaguen un mínimo error a las estimaciones indicadas.

## 6. CONCLUSIONES

- las poblaciones de huepo de Tubul y Corral mostraron valores de  $L_{\infty}$  similares (202.3 y 209.4 mm, respectivamente), sin embargo los primeros presentan un crecimiento superior, el cual se refleja en el valor que adquiere  $K$  (0.7 versus 0.6 año<sup>-1</sup>, respectivamente), presentando ambas poblaciones valores de estacionalidad baja ( $C < 0.3$ ).
- las poblaciones de navajuela de Tubul y Corral presentaron valores de  $L_{\infty}$  similares (*ca.* 105 mm), y en ambos casos superiores a los registrados en Coihúin (*ca.* 70 mm). Las tasas de crecimiento son superiores en la poblaciones de Tubul ( $K=0.6$ ) que en Corral ( $K=0.4$ ) y Coihúin ( $K=0.4$ ). Mientras las navajuelas de Tubul y Corral presentan una baja estacionalidad en el crecimiento ( $C=0.20$ ), la población de Coihúin muestra valores notoriamente más altos ( $C=0.8$ ).
- la población de almejas de Tubul registró un valor de  $L_{\infty}$  más alto que la población de Coihúin (93 y 64 mm, respectivamente), mostrando además un menor grado de estacionalidad ( $C=0.2$  y 0.9,

respectivamente). En cambio, las tasas de crecimiento fueron similares (valores de  $K$  de *ca.*  $0.6 \text{ año}^{-1}$ ).

- en general, se registraron diferencias significativas en las relaciones longitud peso al comparar entre poblaciones de una misma especie, durante casi todos los períodos estacionales analizados. Sin embargo estas diferencias no llegaron a constituir patrones consistentes en el tiempo, que permitieran establecer diferencias atribuibles por ejemplo, al tipo de ambiente que cada población habita (*e.g.* intermareal versus submareal).
- el ciclo reproductivo de las tres especies estudiadas se caracteriza por una periodicidad anual y un período de desove relativamente largo, el cual se extiende en algunos casos a los meses de invierno. Asimismo, el desarrollo de estos ciclos no muestra diferencias notorias cuando se comparan poblaciones de ambientes submareales e intermareales.
- el inicio de un nuevo ciclo reproductivo en navajuelas y huepos, se observa tempranamente hacia fines del otoño y principio del invierno (junio-agosto), mientras en las almejas se verifica un estado de desove que se extiende hasta el mes de diciembre (población submareal de Tubul), y un reinicio de la maduración durante el mes de octubre (población intermarela de Yaldad).
- la fecundidad potencial o número total de ovocitos estimados para huepos (*ca.* 14000-19000), navajuelas (*ca.* 5000-11000) y almejas (*ca.* 10000-24000), no difiere significativamente al comparar poblaciones de distintas áreas latitudinales o distintos tipos de ambiente (submareal *versus* intermareal).
- para los casos en que pudo ser estimada, la talla mínima de madurez en navajuelas fue de 38 mm (intermareal Coihuin) y *ca.* 40-45 mm (submareal Corral), mientras la de las almejas fue 42 mm (intermarela Yaldad) y *ca.* 40 mm (submareal Maullín).
- la presencia de tremátodos digéneos en la gónada (en todas las poblaciones excepto almejas y navajuelas en Tubul), no es una situación continua o extendida, sino que se restringe a algunos meses

del año, y por otra parte no parece tener una incidencia relevante en el ciclo gametogénico de las poblaciones.

- en general, la temperatura y salinidad de las aguas del fondo variaron poco a través del período de estudio, particularmente en el caso de las áreas submareales. Los contenidos de clorofila *a* y feopigmentos en cambio, mostraron mayor variabilidad temporal (especialmente en las áreas intermareales), pero sin claras evidencias de un patrón estacional común.
- la relación entre las características del agua y las etapas del ciclo reproductivo difiere entre poblaciones, pero con mayor frecuencia da cuenta de la existencia de relaciones entre temperatura y contenido de clorofila *a* y los estados de desove y madurez avanzada o máxima.
- con la excepción de los sedimentos en que habita la población intermareal de almejas de Yaldad (ca. 77% de arena y 12% de fango), las poblaciones estudiadas ocupan sedimentos predominantemente arenosos (>91% de arena) y de bajos contenidos de fango y materia orgánica (< 5%).
- pese al limitado número de fondos estudiados, los resultados indican que los bancos de almejas y huepos se asocian preferentemente a arenas finas (1.6-2.3 $\phi$ ), mientras los de navajuela a arenas medias (0.8-1.6  $\phi$ ); estos últimos con menor contenido de materia orgánica (0.7-2.0 %).
- en general el período y extensión del reclutamiento de las especies estudiadas no fue similar, no obstante lo cual pueden reconocerse algunas coincidencias al comparar entre las áreas intermareales de Coihuín y Yaldad (pulsos de reclutamiento en marzo y abril) y entre dos especies en el submareal de Tubul (pulso de reclutas en abril).
- los reclutamientos de huepos y navajuelas en Tubul y de navajuela en Corral, fueron eventos localizados en el tiempo (*i.e.* no se extendieron más allá de 1 a 2 meses), mientras los de navajuela en Coihuín y almeja en Yaldad y Tubul, se extendieron a la mayor parte del año variando solo en intensidad.

- en general, y no obstante existir algún grado de coincidencia, la abundancia de reclutas no guardó relación directa con las variables oceanográficas estudiadas, ni con la abundancia de adultos de cada una de las especies. En cambio, si fue evidente la existencia de una relación entre los períodos de desove de las especies y la aparición de reclutas en los meses inmediatamente posteriores.
- los distintos métodos usados para estimar la mortalidad natural, no variaron considerablemente entre sí. En el caso del huepo los valores de  $M$  estimados en Corral y Tubul fueron similares (0.53). Las navajuelas de Corral y Coihúin (valores de  $M$  alrededor de 0.65) mostraron valores levemente más altos que las de Tubul ( $M=0.50$ ). En el caso de las almejas se detectaron las mayores diferencias interpoblacionales, con valores 0.4 y 0.8 en Yaldad y entre 0.3 y 0.4 en Tubul.
- las estimaciones de talla y edad crítica reflejaron las características biológicas de las especies en estudio, en cuanto a los parámetros longevidad y tasa de crecimiento. En una escala numérica decreciente, los mayores valores de  $t_c$  y  $L_c$  se observaron en el huepo, navajuela y almeja.

## 7. LITERATURA CITADA

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

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

Anderson, F., L. Black, L. Mayer & L. Watling 1981. A temporal and spatial study of mud flat texture. *Northeastern Geol.*, 3: 184-196.

Appeldoorn, R. 1987. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. *J. Cons. CIEM*, 43: 194-198.

Arena, G. & E. Hertl 1983. Aspectos referentes al ciclo reproductor de la corvina blanca *Micropogon opercularis* de la sub-área Platense. INAPE, Informe Técnico Nro. 36. Montevideo, Uruguay.

- Bancroft, J. & A. Stevens 1977. Theory and practice of histological techniques. Churchill Livingstone, Edinburgh. 436 pp.
- Beinssen, K. & D. Powell 1979. Measurement of natural mortality in a population of blacklip Abalone, *Notohaliotis ruber*. Rapp. P.-v. Reun. 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.
- Brousseau, D. J. 1978. Spawning cycle, fecundity and recruitment in population of soft-shell clam *Mya arenaria* from Cape Anne Massachusetts. Fish. Bull., 76 : 156-156.
- Chapman D.G. & D.S. Robson. 1960. The analysis of a catch curve. Biometrics, 16: 354-368.
- Clasing, E., P.S. Rubilar & R. Jaramillo 1996. Estudio biológico básico de *Gari solida* (Gray, 1828) en Puerto Montt: Crecimiento, Asentamiento, reclutamiento y reproducción. Informe Final Proyecto S-94-32. DID-UACH.
- Clasing, E., T. Brey, R. Stead, J. Navarro & G. Asencio 1994. Population dynamics of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneracea) in the Bahía de Yaldad, Isla de Chiloé, Southern Chile. J.Exp. Mar. Biol. Ecol., 177: 171-186.
- Ebert, T. 1981. Estimating mortality from growth parameters and a size distribution when recruitment is periodic. Limnol. Oceanogr. 25: 764-769.
- Emery, K.O. 1938. Rapid method of mechanical analysis of sand. J. Sedim. Petrol., 8: 105-111.
- Folk, R. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Co, Austin, USA: 182 pp.
- Fournier, D. & P. Breen 1983. Estimation of abalone mortality rates with growth analysis. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 403-411.
- Gayanilo, Jr., F.C., P. Sparre & D. Pauly 1996. The FAO ICLARM stock assessment tools (FiSAT). User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries), Nº 8, Rome, 186 pp.
- Heincke, F. 1913. Investigations on the plaice. General Report. 1. The plaice fishery and protective measures. Preliminary brief summary of the most important points of the report. Rapp. P-V. Reun.Cons. Int. Explor. Mer., 16: 67 pp.
- Hoenig, J. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. U.S., 82: 898-903.

- Jaramillo, E. 1995. Investigación para el manejo de los recursos navajuela y huepo en la X Región. Convenio Universidad Austral de Chile - Intendencia X Región.
- Jones, R. & N.P. van Zalinge 1981. Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bull. 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.
- Manzi, J.J., C. Battei, N.H. Hadley & M. Carter 1988. Annual meeting of the National Shellfish Association Report. Los Angeles, CA, USA. *J. Shellfish Research*, 3: 54 pp.
- Masello, A. 1987. Consideraciones sobre crecimiento y biología reproductiva de la almeja amarilla *Mesodesma mactroides* (Deshayes, 1854). Tesis de Licenciatura en Oceanografía Biológica. Universidad de la República, Uruguay. 121 pp.
- Mills, A. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia*, 57: 45 -52.
- Moreno, C.A. & A. Reyes 1988. Densidad de *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) en la reserva marina de Mehuín: Evidencias de falla en el reclutamiento. *Biología Pesquera (Chile)*, 17: 31-38.
- Moreno, C.A. , G. Asencio & S. Ibañez 1993. Patrones de asentamiento de *Concholepas concholepas* (Brugière) (Mollusca:Muricidae) en la zona intermareal rocosa de Valdivia, Chile. *Rev. Chilena Hist. Nat.*, 66: 93-101.
- Navarro, J.M. & R. Jaramillo. 1994. Evaluación de la oferta alimentaria natural disponible a organismos filtradores de la Bahía de Yaldad (43° 08'; 73° 44'), sur de Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaiso*, 29: 57-75.
- Neuer, H. 1966. Análisis cuantitativo con el microscopio. *Zeiss Information*, N° 60. Carl Zeiss Oberkochen, Württ.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 Fish Stocks. *J. CIEM*, 39: 175-192.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish Tech. Pap.* 234: 52 pp.
- Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. *ICLARM Conf. Proc.* pp: 7-34.

- Pauly, D. & P. Gaschütz 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICES CM G: 24: 26 pp
- Pauly, D. & N. David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length frequencies data. Meeresforsch., 28: 205-211.
- 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: 55-68.
- Phillips, B.F. & A. Campbell. 1974. Mortality and longevity in the Whelk *Dicathais orbita* (Gmelin). J. Mar. Freshwat. Res., 25: 25-33.
- Powell, D.G. 1979. Estimation of growth and mortality parameters from the length frequency of a catch. Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Perm. Explor. Mer., 175: 167-169.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin N° 191, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 382pp.
- Rickhter, V.A. & V.N. Efanov 1976. On the Approaches to Estimation of Natural Mortality of Fish Population. ICNAF Res. Doc. 76/VI/8: 12 pp.
- Ropes, J.W. 1968. Reproductive cycle of the surf clam *Spisula solidissima* in offshore New Jersey. Biol. Bull. (Woods Hole), 135: 349-365.
- Robson, D.S. & D.G. Chapman 1961. Catch curves and mortality rates. Trans. Am. Fish. Soc., 90: 181-189.
- Sastry, A.N. 1979. Pelecypoda (Excluding Ostreidae). Pp: 113-292. In: Reproduction in marine invertebrates. Vol. 5: Pelecypods and lesser classes. A.C. Giese & J.S. Pearse (eds.) Academic Press, New York.
- Seward - Thompson, B. & J. Hails 1973. An appraisal on the computation of statistical parameters in grain size analysis. Sedimentology, 11: 83-98.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf 1969. H. Blume Ediciones. España 832 pp.
- 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.
- Strikland, J.A.M. & T.R. Parsons 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of Fisheries Research. 176. Canada. 311 pp.

- Tarifeño, E. 1980. Studies on the biology of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Mesodesmatidae) from Chilean sandy beaches. Doctoral Thesis, University of California. Los Angeles, 229 pp.
- Taylor, C. 1958. Cod growth and temperature. J. CIEM 23: 366-370.
- Uhrig, G., H. Thiel & J.S. Gray 1973. The quantitative separation of meiofauna. Helgolander wiss. Meeresunters. 25: 173-195.
- Urban, H.J. 1996. Population dynamics of the bivalves *Venus antiqua*, *Tagelus dombeii*, and *Ensis macha* from Chile at 36°S. J. Shellfish Res., 15: 719-727.
- Urban, H.J. & B. Campos 1994. Population dynamics of the bivalves *Gari solida*, *Semele solida* and *Protothaca thaca* from a small bay in Chile at 36° S. Mar. Ecol. Prog. Ser., 115: 93-102.
- Urban, H.J. & J. Tarazona 1996. Effects of El Niño/Southern Oscillation on the population dynamics of *Gari solida* population (Bivalvia: Psammobiidae) from Bahía Independencia, Peru. Mar. Biol., 125: 725-734.
- Urban H.J. & C. Tesch 1996. Aspects of the populations dynamics of six bivalve species from Southern Chile, Collected during the "Victor Hensen" cruise to the Magellan Strait and the Beagle Channel in October/November 1994. Arch. Fish. Mar. Res. 44 (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: 25-43.
- Weibel, E. 1969. Stereological principles for morphometry in electron microscopic cytology. International Review of Cytology, 26: 235-302.

## **8. ANEXOS**

**RESULTADOS ANALISIS DE COVARIANZA  
DE LAS RELACIONES LONGITUD - PESO**

## diferencias estacionales

### • recurso huepo tubul

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	2288.51	1.00	2288.50	68642.77	
entre pendientes	1.38	3.00	0.46	13.85	0.000
residuales estimados	57.21	1716.00	0.03		
entre muestreos	2347.10	1720.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	1.42	3.00	0.47	14.20	0.000
Error	57.21	1716.00	0.03		
total		1719.00			

### • recurso huepo corral

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	455.49	1.00	455.49	22684.85	
entre pendientes	0.31	3.00	0.10	5.17	0.002
residuales estimados	16.04	799.00	0.02		
entre muestreos	471.85	803.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.54	3.00	0.18	9.00	0.000
Error	16.04	799.00	0.02		
total		802.00			

### • recurso huepo ancud

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	991.53	1.00	991.53	46600.81	
entre pendientes	0.58	3.00	0.19	9.04	0.000
residuales estimados	30.70	1443.00	0.02		
entre muestreos	1022.80	1447.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	2.81	3.00	0.94	44.02	0.000
Error	30.70	1443.00	0.02		
total		1446.00			

• recurso navajuela tubul

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	2950.16	1.00	2950.16	169540.67	
entre pendientes	2.80	3.00	0.93	53.67	0.000
residuales estimados	42.34	2433.00	0.02		
entre muestreos	2995.29	2437.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	5.36	3.00	1.79	102.68	0.000
Error	42.34	2433.00	0.02		
total		2436.00			

• recurso navajuela corral

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	997.29	1.00	997.29	43860.60	
entre pendientes	1.13	3.00	0.38	16.60	0.000
residuales estimados	21.26	935.00	0.02		
entre muestreos	1019.68	939.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	2.73	3.00	0.91	39.96	0.000
Error	21.26	935.00	0.02		
total		938.00			

• recurso navajuela coihuin

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	1024.05	1.00	1024.05	31587.50	
entre pendientes	9.85	3.00	3.28	101.24	0.000
residuales estimados	51.97	1603.00	0.03		
entre muestreos	1085.87	1607.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	5.78	3.00	1.93	59.44	0.000
Error	51.97	1603.00	0.03		
total		1606.00			

• recurso mulinia tubul

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	328.89	1.00	328.89	16611.21	
entre pendientes	0.57	2.00	0.29	14.46	0.00
residuales estimados	19.94	1007.00	0.02		
entre muestreos	349.40	1010.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.01	2.00	0.00	0.17	0.85
Error	19.94	1007.00	0.02		
total		1009.00			

• recurso mulinia maullin

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	163.37	1.00	163.37	10281.06	
entre pendientes	1.22	3.00	0.41	25.65	0.000
residuales estimados	21.58	1358.00	0.02		
entre muestreos	186.18	1362.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	6.10	3.00	2.03	128.00	0.000
Error	21.58	1358.00	0.02		
total		1361.00			

• recurso mulinia yaldad

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de Pendientes</i>					
Debido a regresión	2645.00	1.00	2645.00	107347.73	
entre pendientes	0.68	3.00	0.23	9.23	0.000
residuales estimados	53.17	2158.00	0.02		
entre muestreos	2698.86	2162.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.14	3.00	0.05	1.94	0.120
Error	53.17	2158.00	0.02		
total		2161.00			

## diferencias interpoblacionales, recurso huego

### verano

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	1833.86	1.00	1833.86	64623.07	
entre pendientes	0.69	2.00	0.35	12.23	0.000
residuales estimados	34.28	1208.00	0.03		
entre muestreos	1868.84	1211.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	2.28	2.00	1.14	40.11	0.000
Error	34.28	1208.00	0.03		
total		1210.00			

### otoño

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	652.40	1.00	652.40	29570.38	
entre pendientes	1.13	2.00	0.56	25.55	0.000
residuales estimados	16.81	762.00	0.02		
entre muestreos	670.34	765.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	2.10	2.00	1.05	47.49	0.000
Error	16.81	762.00	0.02		
total		764.00			

### invierno

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	718.04	1.00	718.04	27177.81	
entre pendientes	0.98	2.00	0.49	18.50	0.000
residuales estimados	24.02	909.00	0.03		
entre muestreos	743.04	912.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.99	2.00	0.50	18.78	0.000
Error	24.02	909.00	0.03		
total		911.00			

## primavera

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	530.68	1.00	530.68	19848.69	
entre pendientes	0.02	2.00	0.01	0.35	0.703
residuales estimados	28.85	1079.00	0.03		
entre muestreos	559.54	1082.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	4.36	2.00	2.18	81.66	0.000
Error	28.87	1081.00	0.03		
total	33.23	1083.00			

## recurso navajuela

### • verano

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	3355.39	1.00	3355.39	191286.93	
entre pendientes	2.47	2.00	1.23	70.28	0.000
residuales estimados	27.54	1570.00	0.02		
entre muestreos	3385.40	1573.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.76	2.00	0.38	21.80	0.000
Error	27.54	1570.00	0.02		
total		1572.00			

### • otoño

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	740.09	1.00	740.09	27051.25	
entre pendientes	1.01	2.00	0.50	18.46	0.000
residuales estimados	20.36	744.00	0.03		
entre muestreos	761.46	747.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	1.77	2.00	0.88	32.28	0.000
Error	20.36	744.00	0.03		
total		746.00			

• invierno

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	536.30	1.00	536.30	19284.56	
entre pendientes	2.84	2.00	1.42	51.07	0.000
residuales estimados	34.12	1227.00	0.03		
entre muestreos	573.26	1230.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	0.75	2.00	0.37	13.43	0.000
Error	34.12	1227.00	0.03		
total		1229.00			

• primavera

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	346.96	1.00	346.96	14789.42	
entre pendientes	0.22	2.00	0.11	4.67	0.010
residuales estimados	33.55	1430.00	0.02		
entre muestreos	380.72	1433.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	4.32	2.00	2.16	92.15	0.000
Error	33.55	1430.00	0.02		
total		1432.00			

recurso almeja

• verano

Fuente de Variación	SS	DF	MS	F	SC
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	1534.77	1.00	1534.77	45859.43	
entre pendientes	0.44	1.00	0.44	13.06	0.000
residuales estimados	36.51	1091.00	0.03		
entre muestreos	1571.72	1093.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	2.58	1.00	2.58	77.09	0.000
Error	36.51	1091.00	0.03		
total		1092.00			

• otoño

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	590.59	1.00	590.59	36357.35	
entre pendientes	0.97	2.00	0.49	29.93	0.000
residuales estimados	17.71	1090.00	0.02		
entre muestreos	609.26	1093.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	1.01	2.00	0.50	30.98	0.000
Error	17.71	1090.00	0.02		
total		1092.00			

• invierno

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	421.11	1.00	421.11	22775.47	
entre pendientes	0.16	2.00	0.08	4.27	0.014
residuales estimados	22.63	1224.00	0.02		
entre muestreos	443.90	1227.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	12.80	2.00	6.40	346.01	0.000
Error	22.63	1224.00	0.02		
total		1226.00			

• primavera

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P
<i>Igualdad de pendientes</i>					
Debido a regresión	588.36	1.00	588.36	36871.58	
entre pendientes	3.34	2.00	1.67	104.74	0.000
residuales estimados	17.84	1118.00	0.02		
entre muestreos	609.55	1121.00			
<i>Igualdad de Promedios ajustados</i>					
entre los promedio	9.28	2.00	4.64	290.89	0.000
Error	17.84	1118.00	0.02		
total		1120.00			

**RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA  
PARA FECUNDIDAD Y DIAMETRO DE OVOCITOS**

Resultados de análisis de varianza realizado para los datos de fecundidad potencial.

**. Huepos**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Grupos	2	$9.21 \times 10^{13}$	$4.06 \times 10^{13}$	4.42	0.023
Error	24	$2.50 \times 10^{14}$	$1.04 \times 10^{13}$		
Total	26	$3.42 \times 10^{14}$			

**. Navajuelas**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Grupos	2	$8.37 \times 10^{13}$	$4.19 \times 10^{13}$	7.59	0.003
Error	24	$1.32 \times 10^{14}$	$5.51 \times 10^{12}$		
Total	26	$2.16 \times 10^{14}$			

**. Almejas**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Grupos	2	$1.45 \times 10^7$	$7.25 \times 10^{63}$	19.87	0.000
Error	24	$8.75 \times 10^6$	$3.65 \times 10^5$		
Total	26	$2.32 \times 10^7$			

Resultados de análisis de varianza realizado para el diámetro de los ovocitos.

**. Huepos**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Grupos	2	22.38	11.19	0.28	0.756
Error	297	11598.06	39.45		
Total	299	11620.44			

**. Navajuelas**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Grupos	2	84.59	42.29	1.94	0.146
Error	297	6427.81	21.86		
Total	299	6512.41			

**. Almejas**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Grupos	2	1567.47	783.73	67.17	0.000
Error	297	3395.44	11.67		
Total	299	4962.91			

**TABLAS CON CALCULOS DE FECUNDIDAD**

Cálculo de fecundidad potencial de huevo (*Ensis macha*) de la población de Tubul. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 5.9 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	183	0.27	28.480.143
2	115	0.27	14.185.286
3	100	0.19	13.713.286
4	148	0.37	15.820.429
5	111	0.21	15.609.714
6	135	0.30	17.118.429
7	130	0.22	18.888.429
8	125	0.24	17.051.000
9	139	0.22	20.886.000
10	137	0.21	20.919.714

Cálculo de fecundidad potencial de huevo (*Ensis macha*) de la población de Corral. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 3.2 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	231	0.41	17.778.286
2	231	0.39	18.230.857
3	237	0.37	19.446.857
4	231	0.33	19.812.571
5	210	0.32	17.440.000
6	216	0.26	20.182.857
7	214	0.22	21.641.143
8	234	0.27	22.336.000
9	215	0.26	20.045.714
10	209	0.26	19.209.143

Cálculo de fecundidad potencial de huepo (*Ensis macha*) de la población de Ancud. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 3.1 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	173	0.37	11.664.857
2	236	0.39	17.810.400
3	150	0.26	11.235.286
4	180	0.17	18.267.854
5	147	0.20	12.431.000
6	157	0.17	14.880.000
7	172	0.15	18.161.571
8	195	0.27	16.345.857
9	176	0.22	15.526.571
10	147	0.30	10.150.286

Cálculo de fecundidad potencial de navajuela (*Tagelus dombeii*) de la población de Tubul. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 2.3 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	219	0.31	13.660.916
2	218	0.21	16.486.104
3	163	0.26	9.577.989
4	196	0.17	15.620.253
5	195	0.30	11.668.097
6	120	0.22	6.578.099
7	156	0.17	11.091.520
8	127	0.20	11.632.151
9	168	0.26	10.022.053
10	123	0.2	6.954.856

Cálculo de fecundidad potencial de navajuela (*Tagelus dombeii*) de la población de Corral. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 1.8 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	156	0.2	8.002.286
2	103	0.1	5.325.429
3	188	0.2	10.586.571
4	124	0.24	5.176.286
5	136	0.2	6.513.429
6	184	0.36	7.642.286
7	196	0.27	9.699.429
8	180	0.14	12.7740857
9	123	0.12	7.233.429
10	130	0.11	8.2080.000

Cálculo de fecundidad potencial de navajuela (*Tagelus dombeii*) de la población de Coihuin. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 1.3 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	150	0.31	2.640.857
2	130	0.17	4.802.571
3	195	0.2	8.136.143
4	184	0.27	6.301.286
5	165	0.32	500.500
6	200	0.28	7.140.714
7	163	0.16	6.951.286
8	200	0.24	7.712.714
9	164	0.2	4.960.429
10	132	0.24	4.135.857

Cálculo de fecundidad potencial de almeja (*Mulina edulis*) de la población de Tubul. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 2.3 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	340	0.52	20.805.143
2	312	0.32	23.213.571
3	320	0.32	24.113.857
4	292	0.36	19.993.571
5	252	0.24	19.615.714
6	296	0.20	27.432.439
7	292	0.36	19.993.571
8	360	0.28	30.747.714
9	360	0.24	33.501.143
10	322	0.33	24.379.637

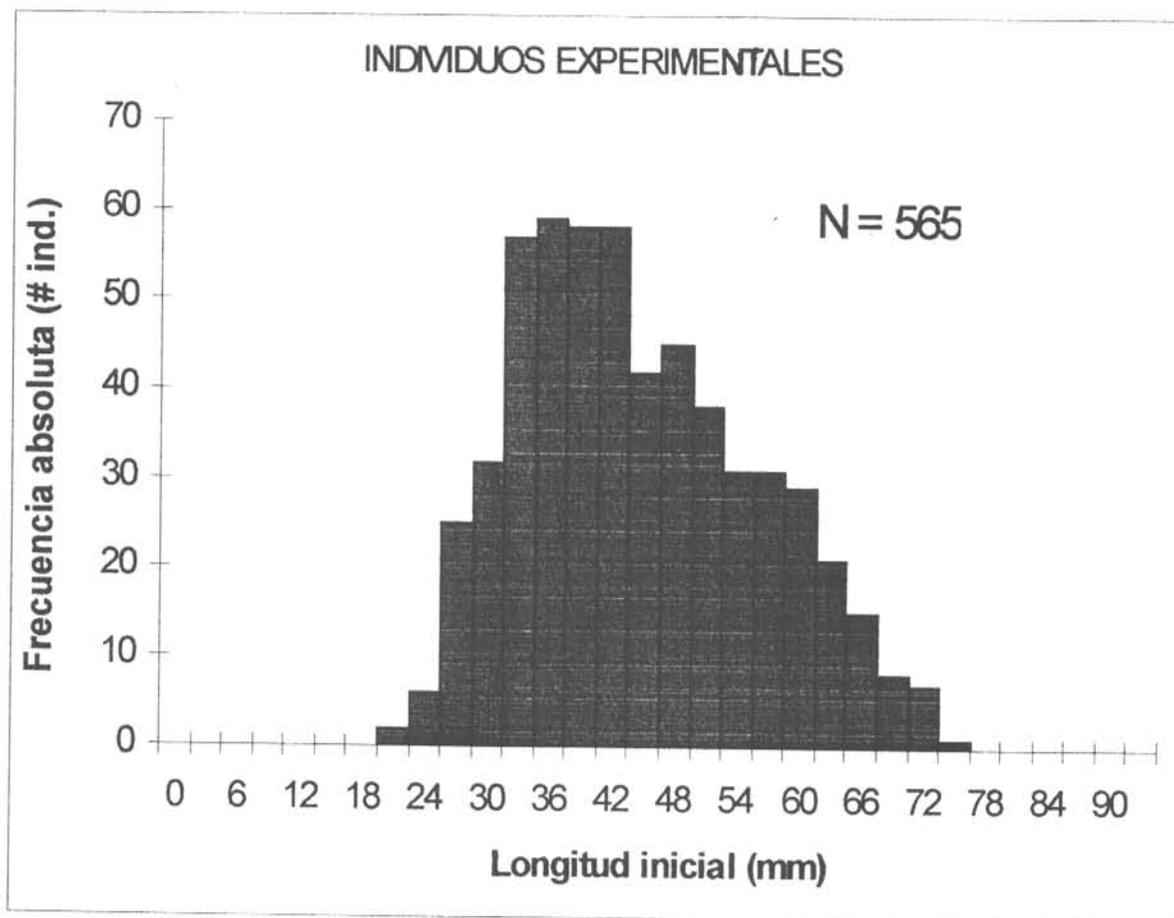
Cálculo de fecundidad potencial de almeja (*Mulinia edulis*) de la población de Maullin. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 1.5 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	197	0.25	8.524.286
2	194	0.26	8.168.571
3	209	0.20	10.416.429
4	232	0.16	13.620.000
5	212	0.20	10.641.428
6	199	0.13	12.002.142
7	276	0.15	18.252.857
8	316	0.12	24.998.571
9	244	0.08	20.777.143
10	250	0.21	14.155.713

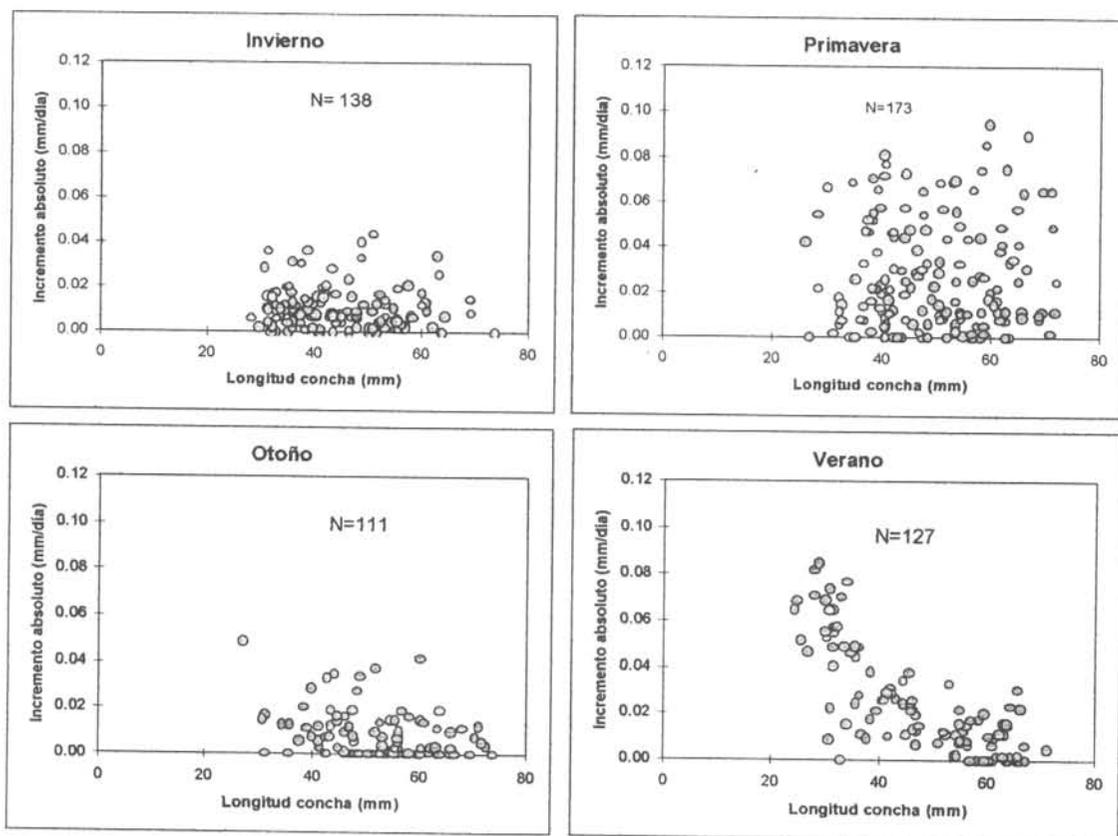
Cálculo de fecundidad potencial de almeja (*Mulinia edulis*) de la población de Yaldad. Na: número de ovocitos maduros encontrados dentro del retículo; Vv: número de ovocitos maduros impactados por los puntos del retículo. Volumen promedio de la gónada: 1.8 ml

<b>hembra</b>	<b>Na</b>	<b>Vv</b>	<b>Fecundidad</b>
1	240	0.366	11.630.571
2	256	0.36	12.813.429
3	256	0.28	14.528.571
4	192	0.28	9.437.143
5	180	0.36	7.554.857
6	142	0.28	6.001.714
7	244	0.40	11.311.714
8	130	0.23	5.801.143
9	280	0.44	13.258.286
10	220	0.31	10.259.712

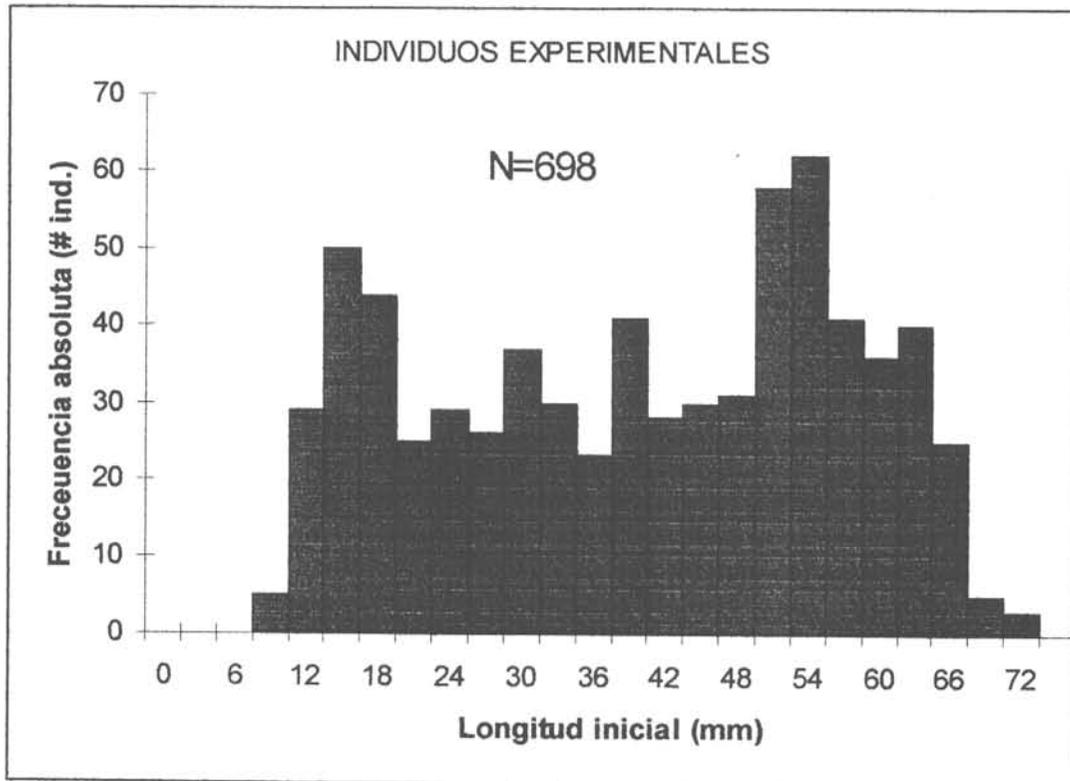
## **FIGURAS**



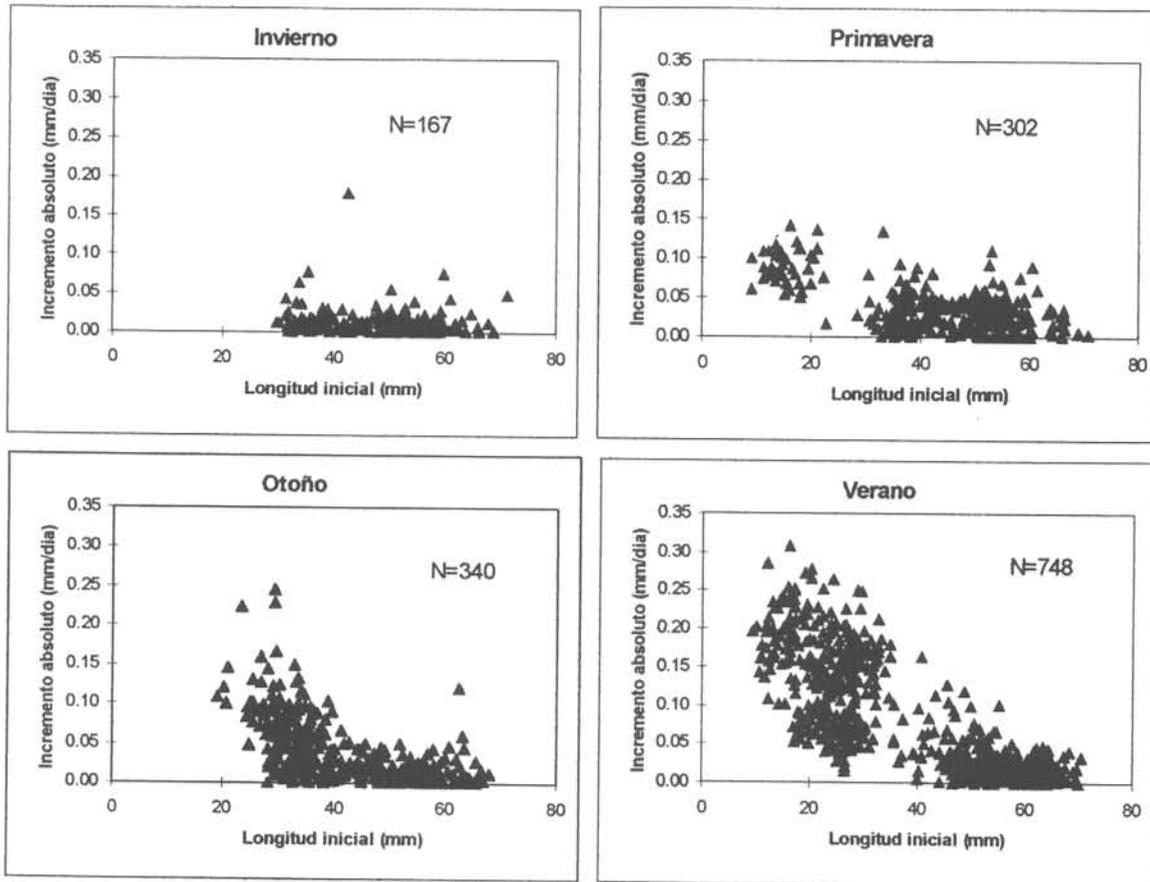
**Figura 1.** Estructura de tallas de los individuos experimentales de navajuela en el intermareal de Coihuin.



**Figura 2.** Crecimiento absoluto (mm/día) de los individuos experimentales de navajuela en el intermareal de Coihuin.



**Figura 3.** Estructura de talla de los individuos experimentales de almeja en el intermareal de Yaldad.



**Figura 4.** Crecimiento absoluto (mm/día) de los individuos experimentales de almeja en el intermareal de Yaldad.

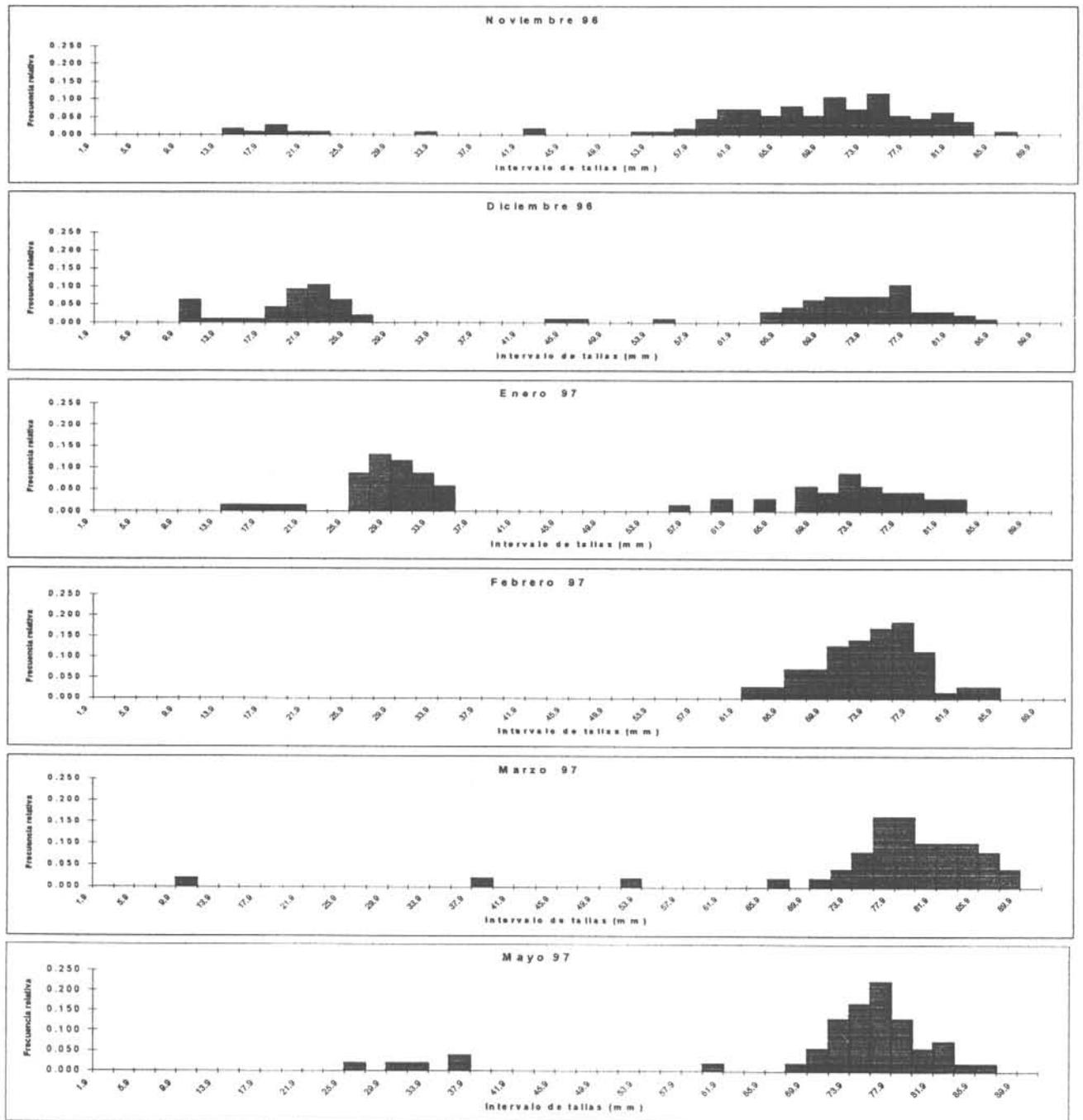


Figura 5. Frecuencia de tallas de las navajuelas submareales colectadas en Corral.

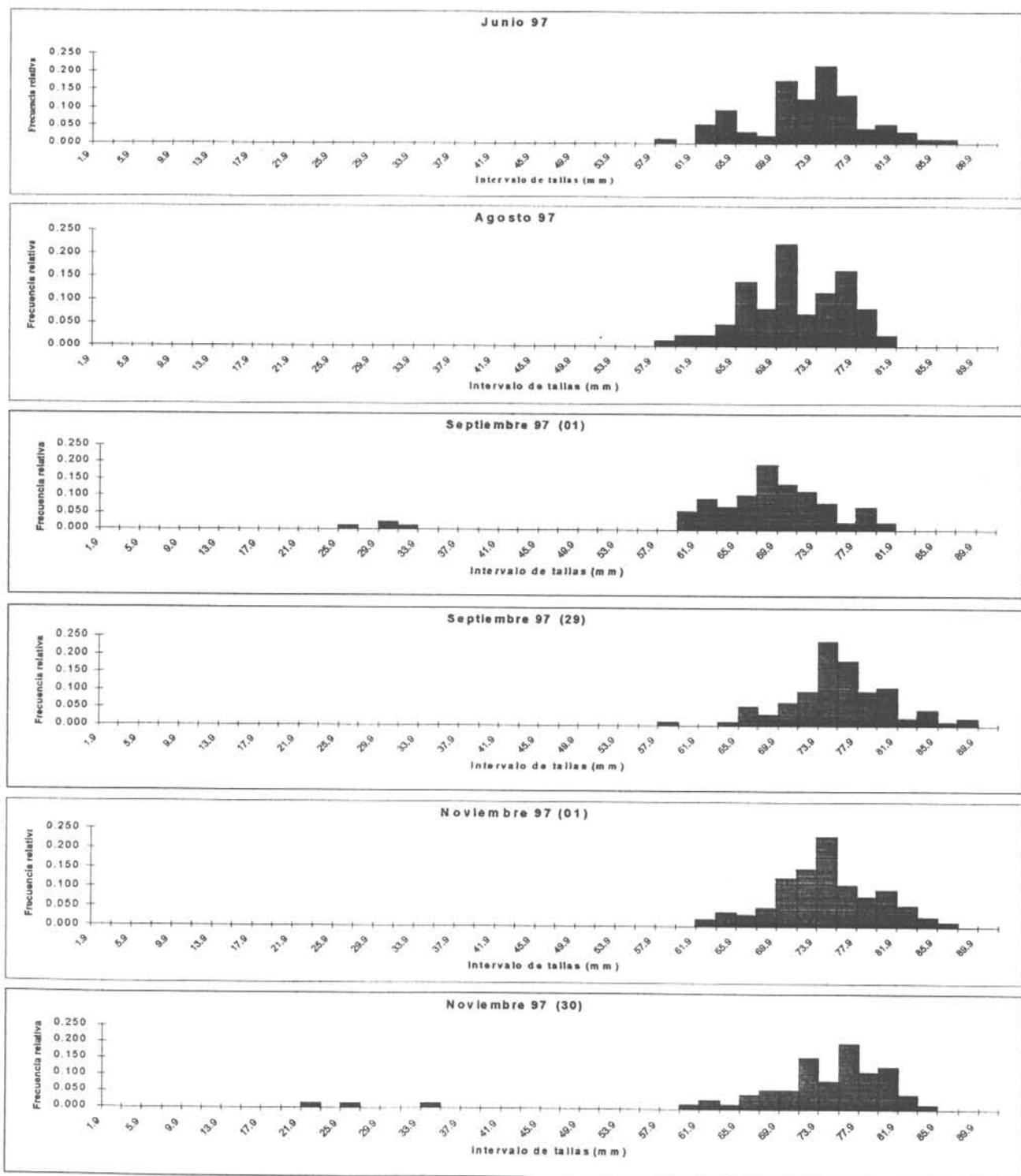
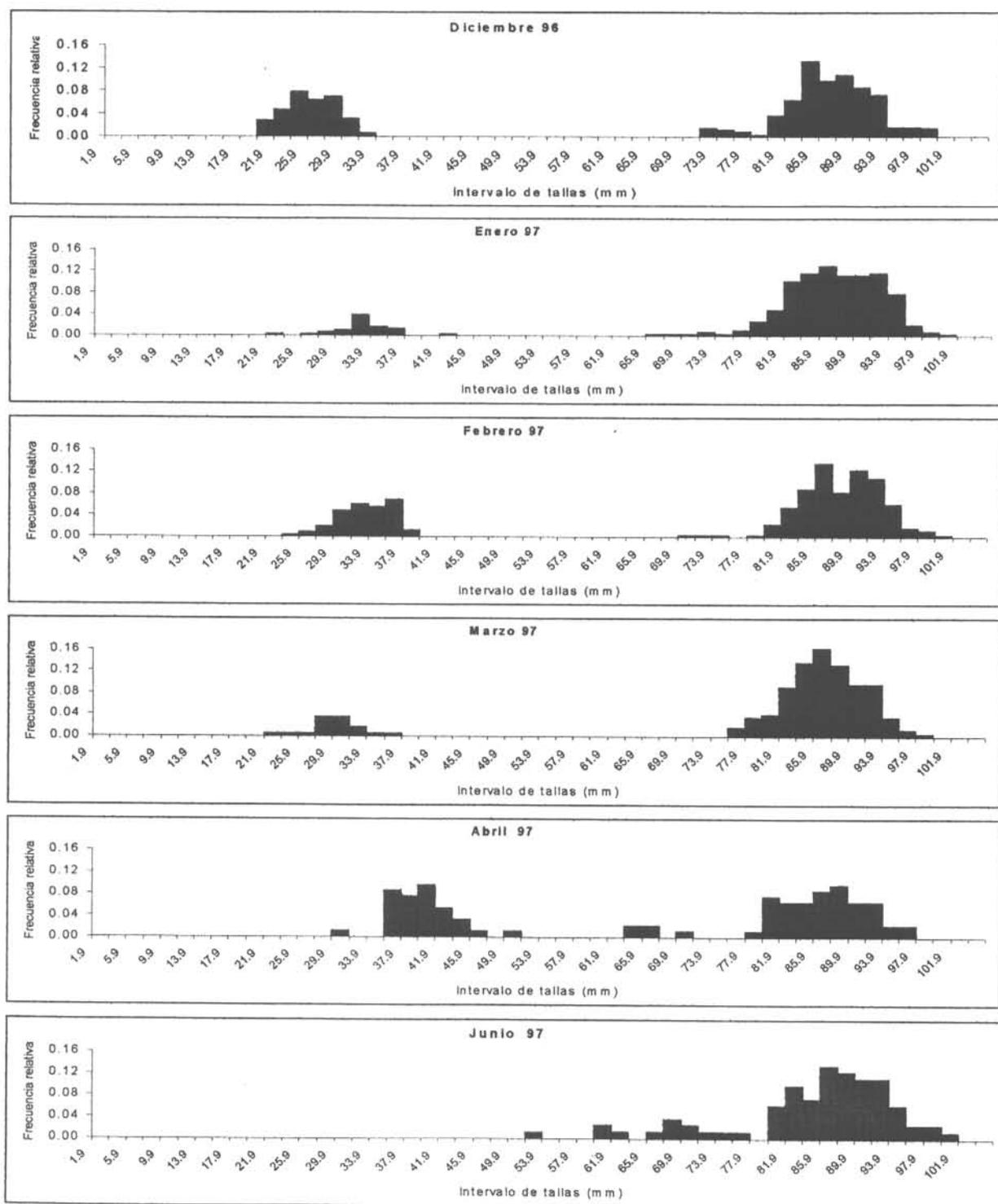


Figura 5 (continuación). Frecuencia de tallas de navajuelas submareales colectadas en Corral.



**Figura 6.** Frecuencia de tallas de navajuelas submareales colectadas en Tubul.

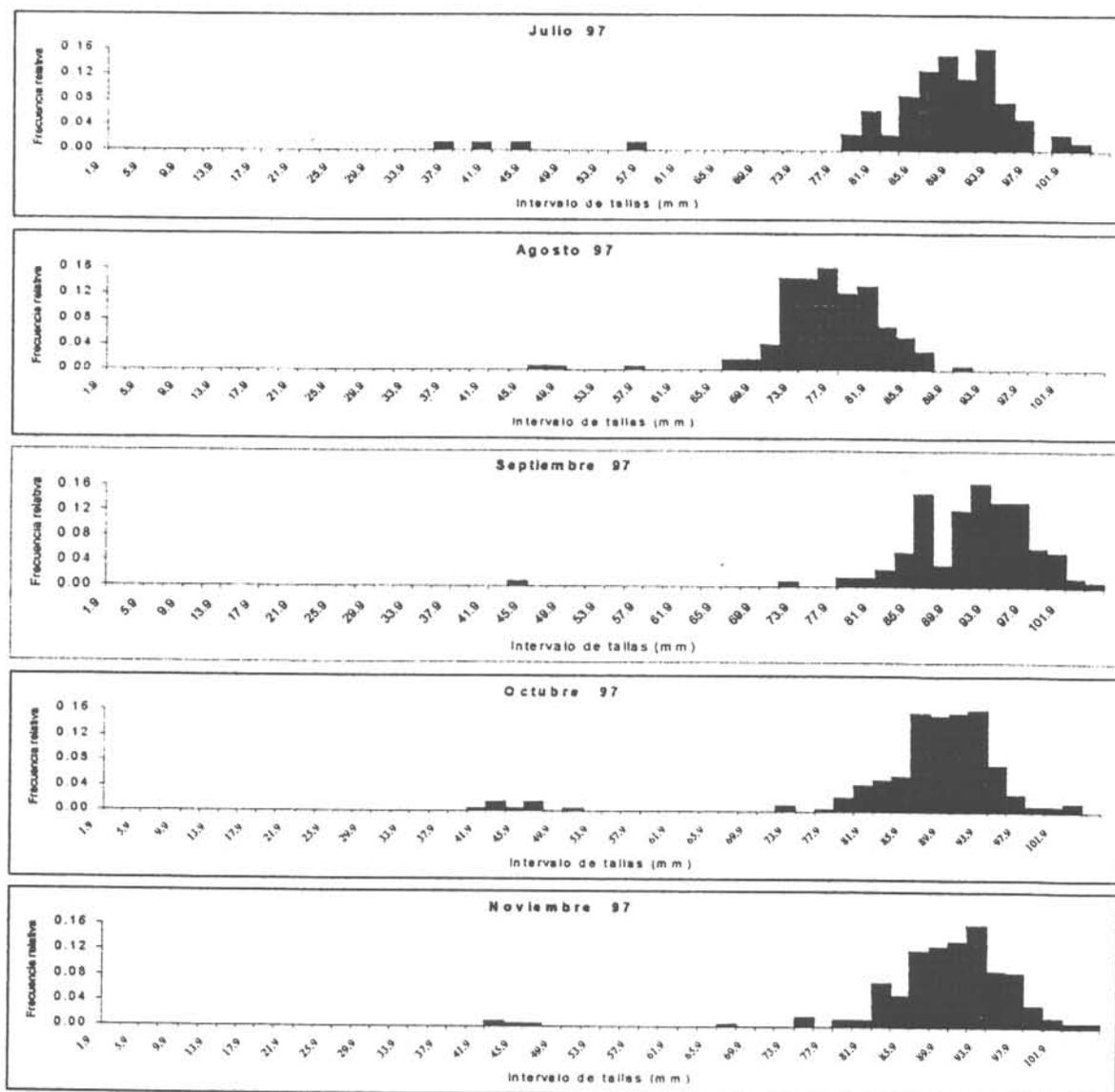
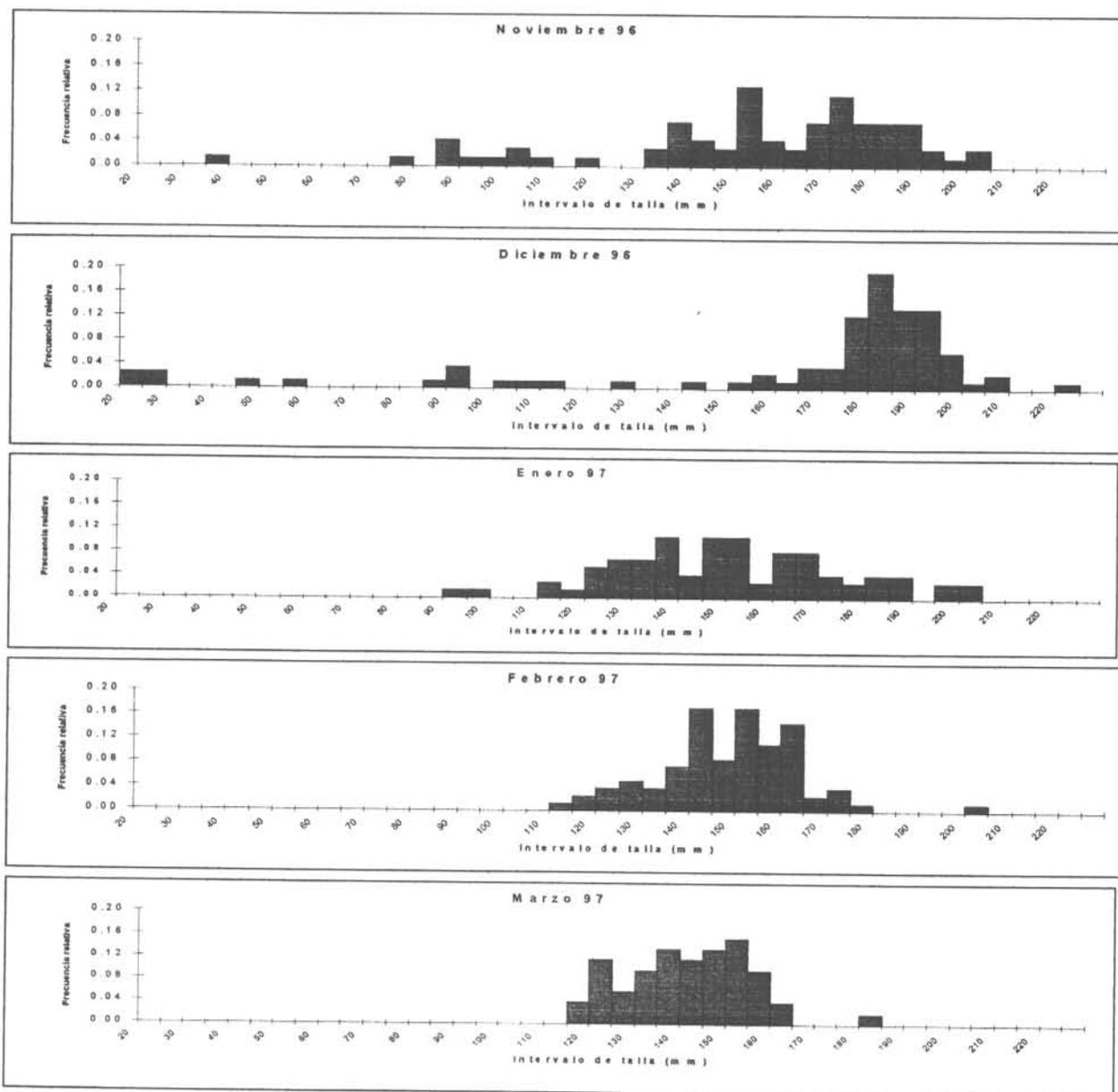
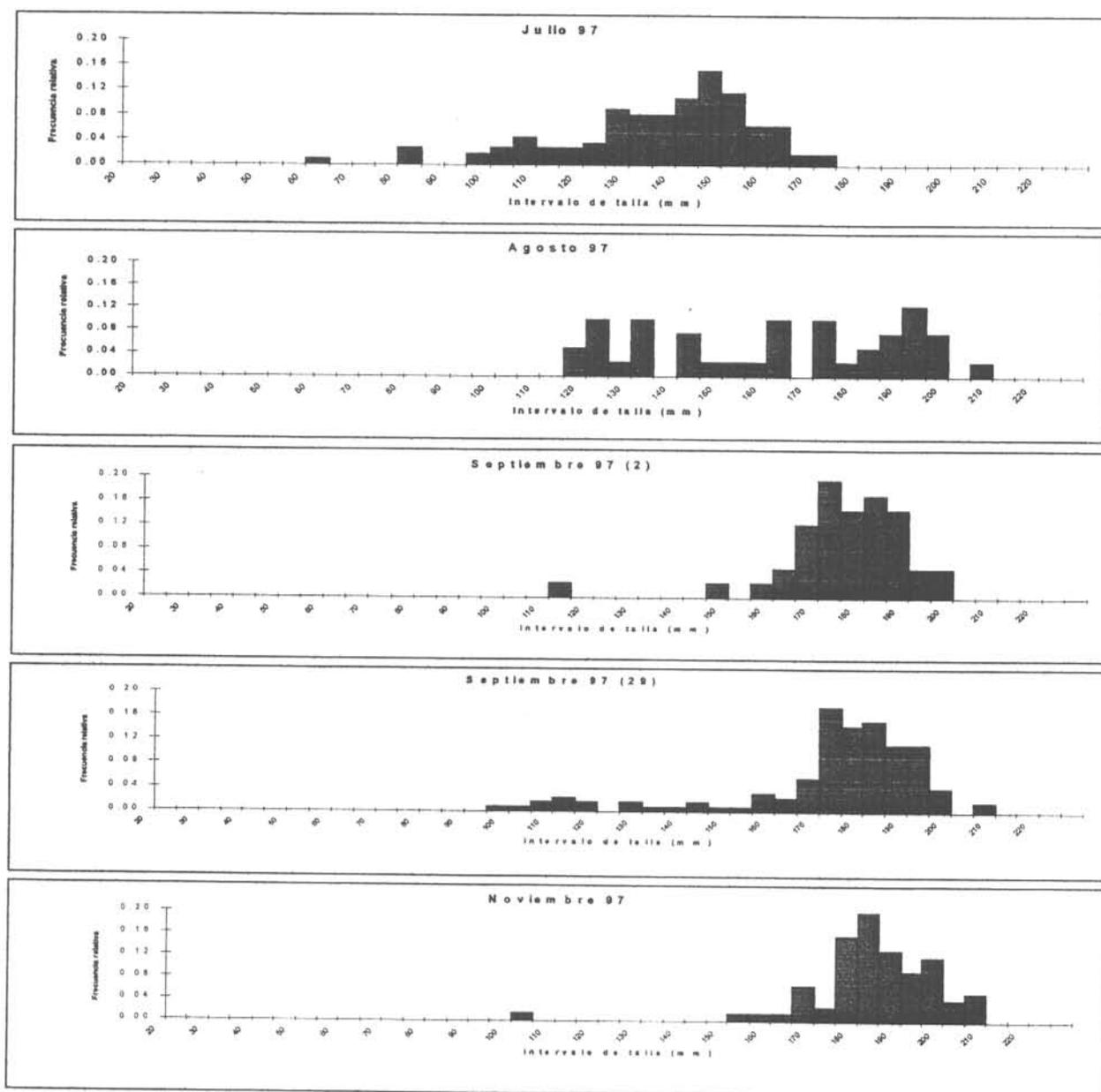


Figura 6 (continuación). Frecuencia de tallas de navajuelas submareales colectadas en Tubul.



**Figura 7.** Frecuencia de tallas de huepos submareales colectados en Corral.



**Figura 7 (continuación).** Frecuencia de tallas de huepos submareales colectados en Corral.

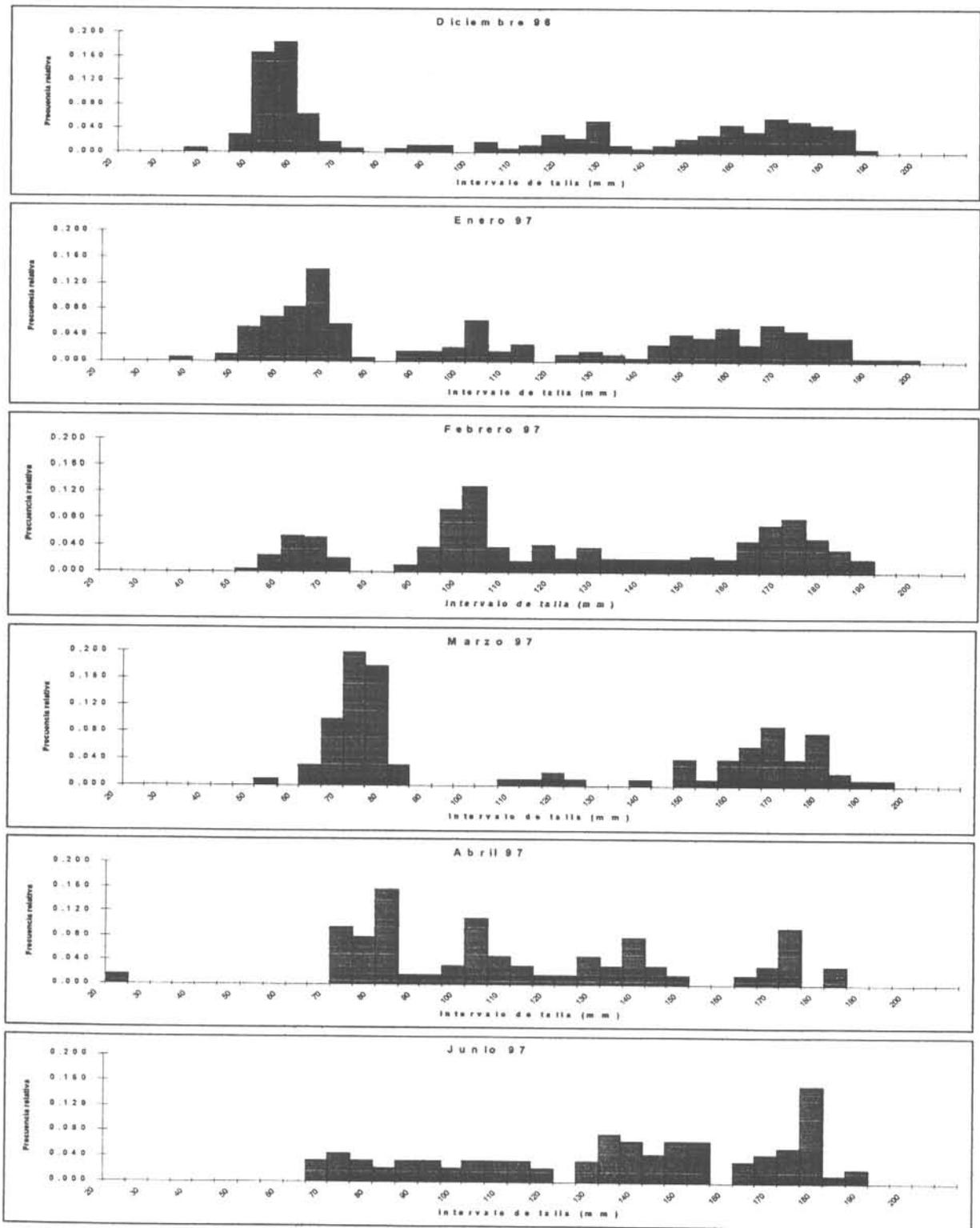


Figura 8. Frecuencia de tallas de huepos submareales colectados en Tubul.

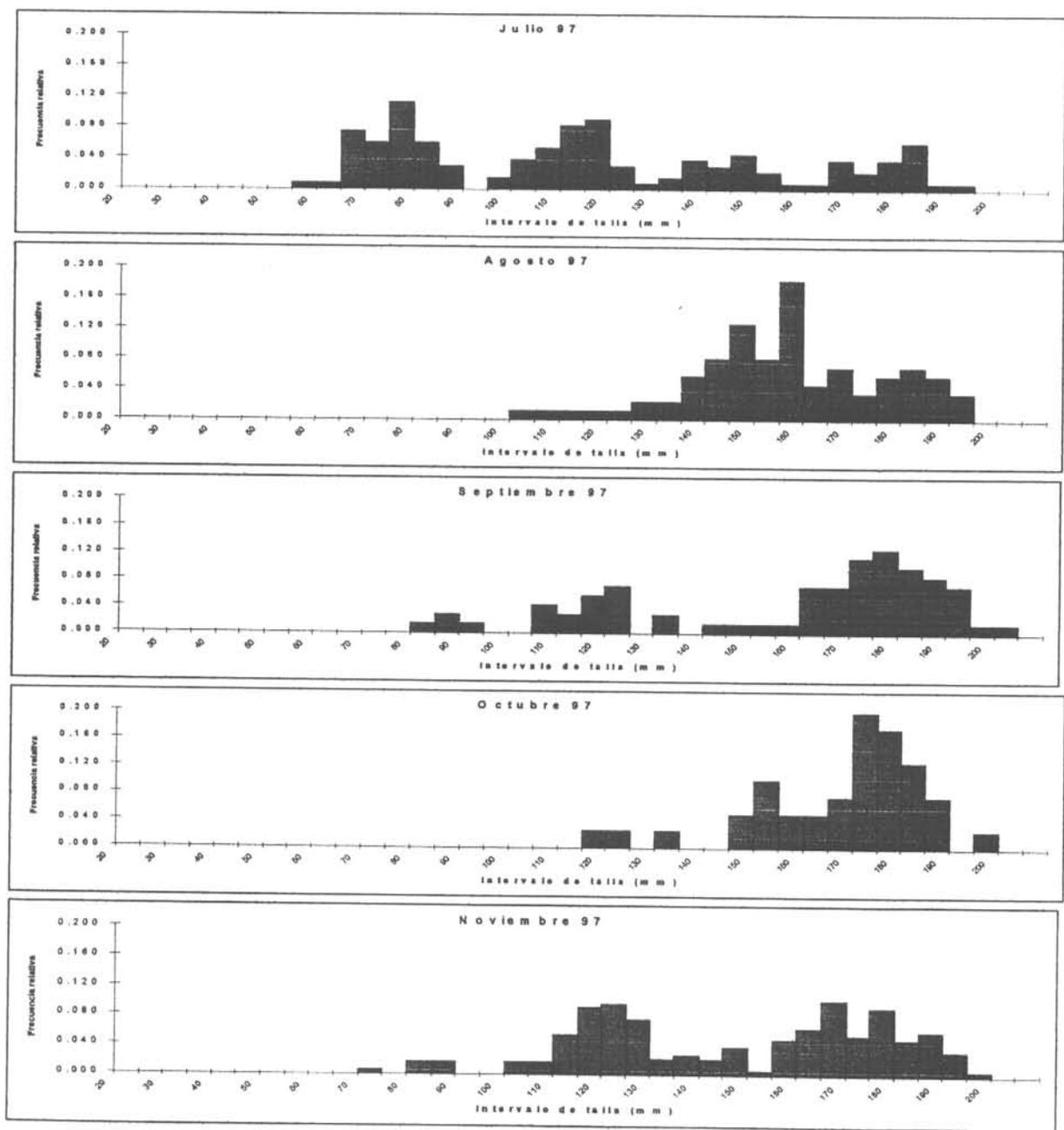


Figura 8 (continuación). Frecuencia de tallas de huecos submareales colectados en Tubul.

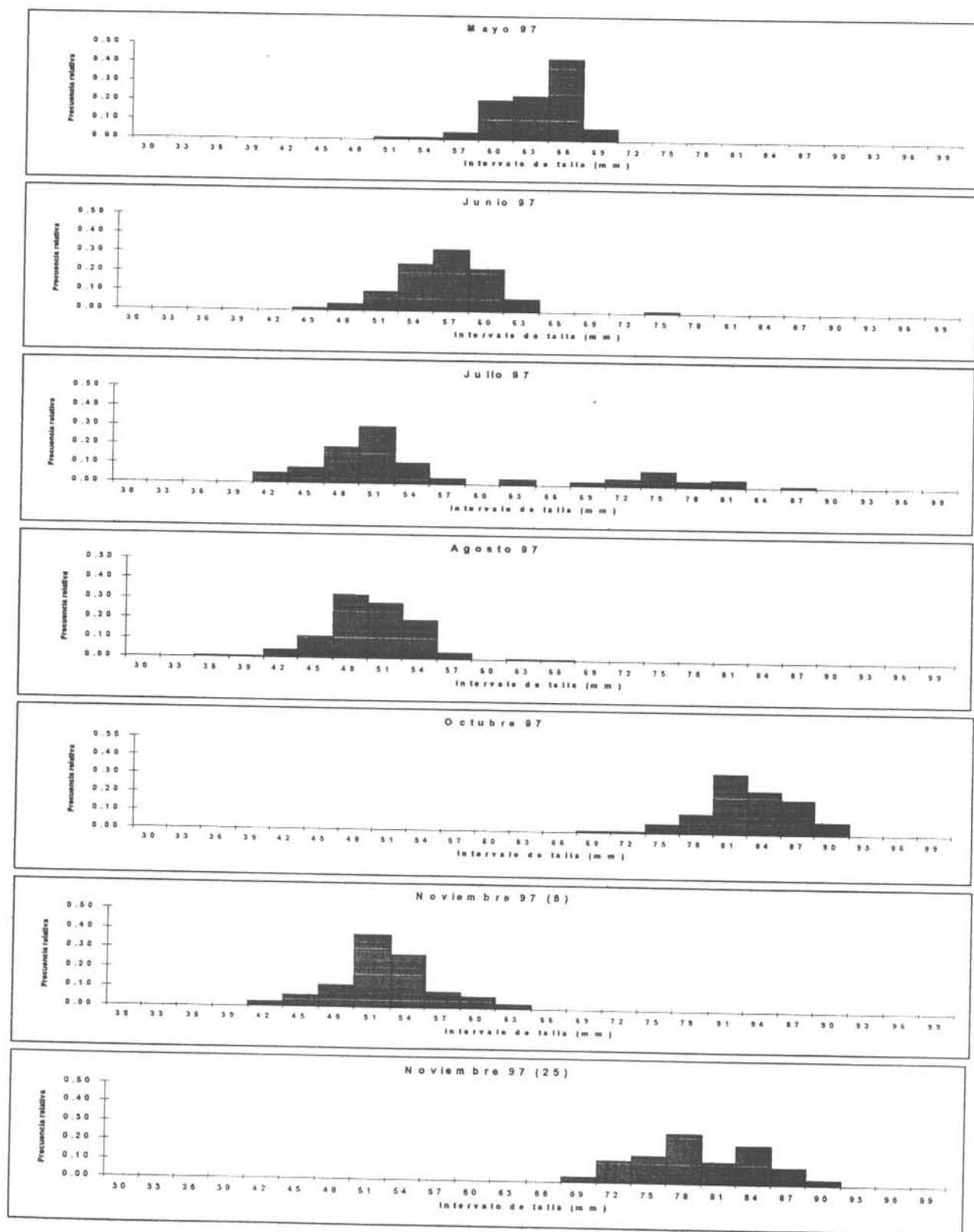
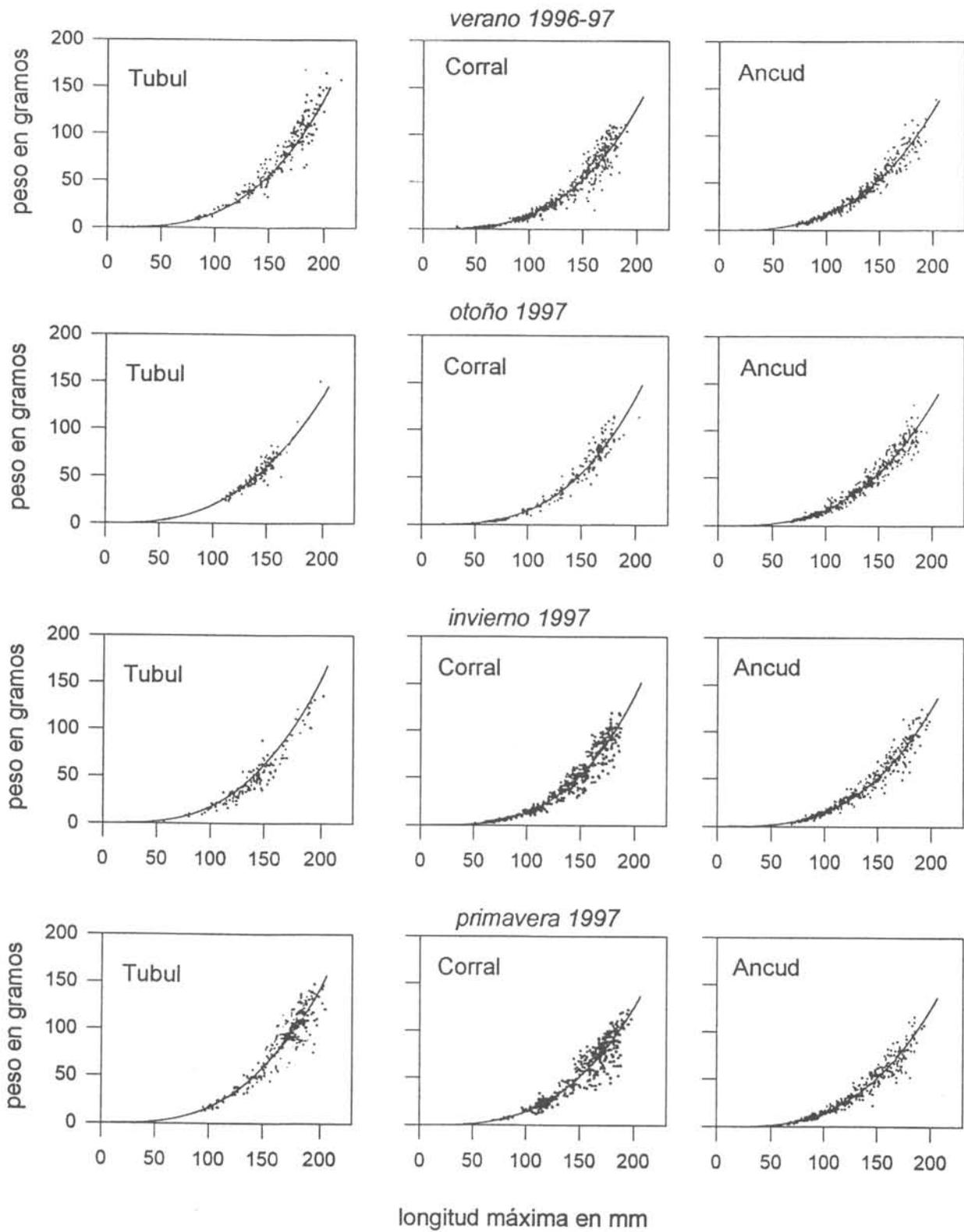


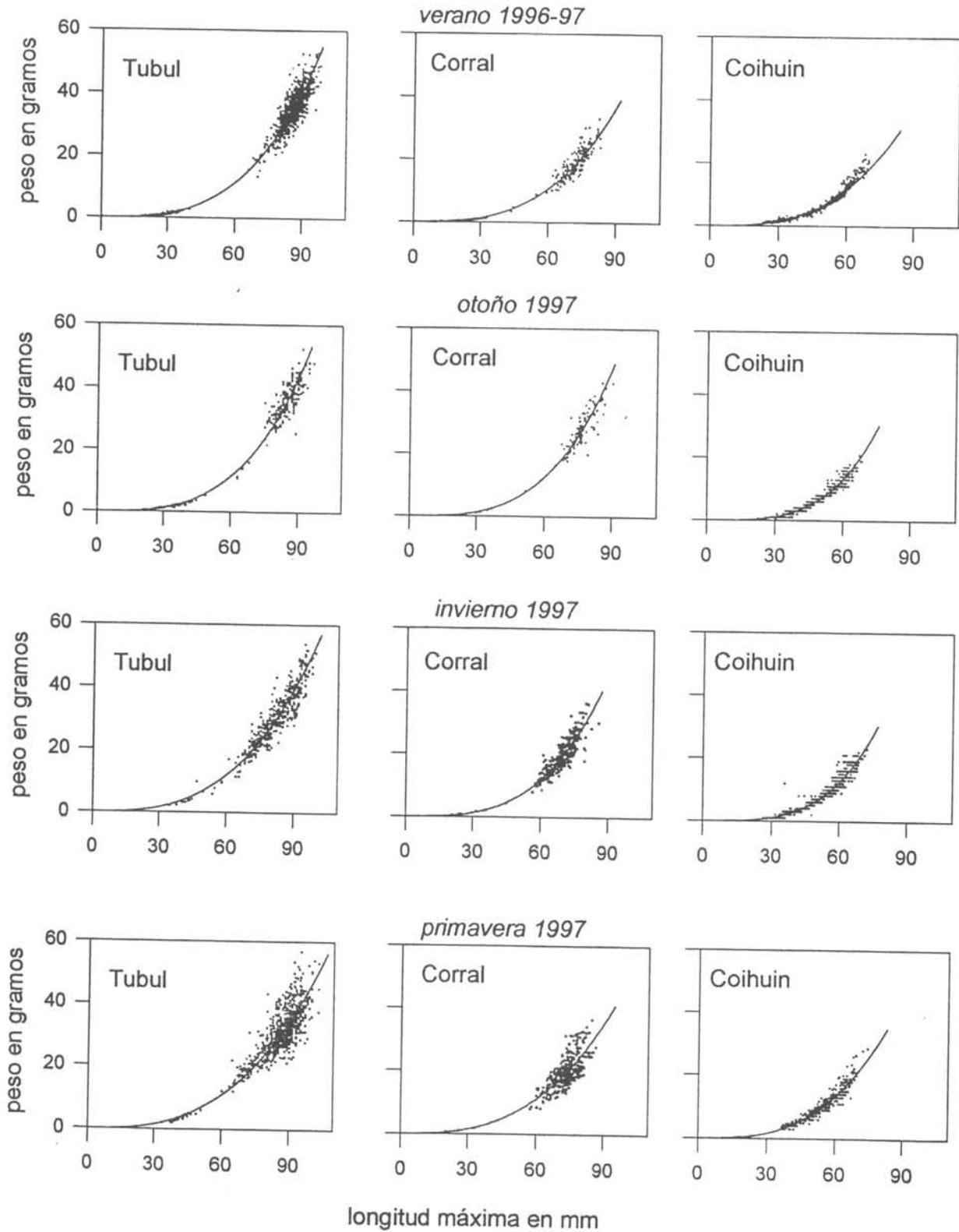
Figura 9. Estructura de tallas de almejas submareales colectadas en Tubul.

*Ensis macha* (Huepo)



**Figura 10.** Relaciones longitud - peso de huepo en las localidades de Tubul, Corral y Ancud

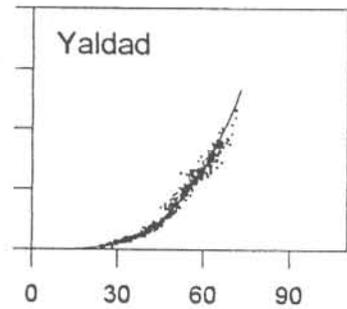
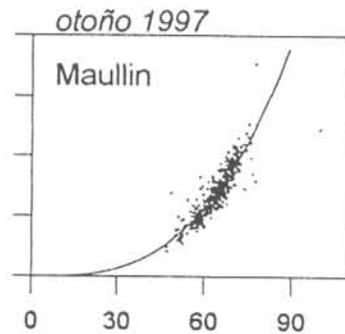
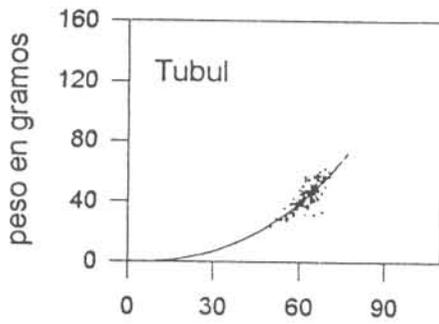
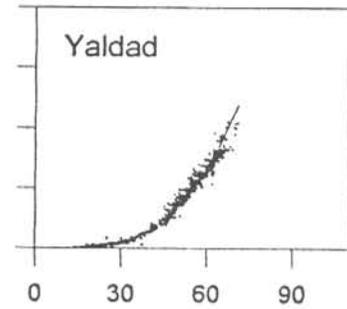
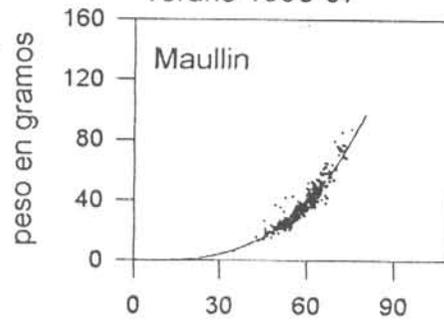
*Tagelus dombeii* (Navajuela)



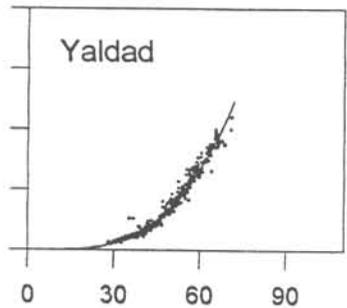
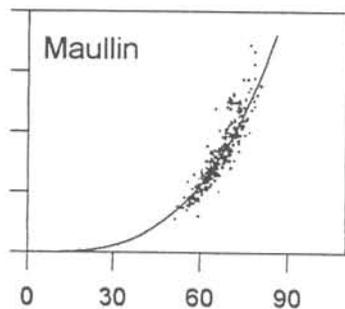
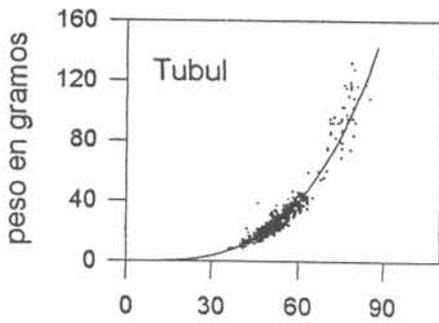
**Figura 11.** Relaciones longitud - peso de navajuela en las localidades de Tubul, Corral y Coihuin.

*Mulinia edulis* (Almeja)

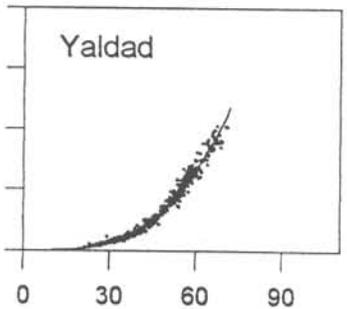
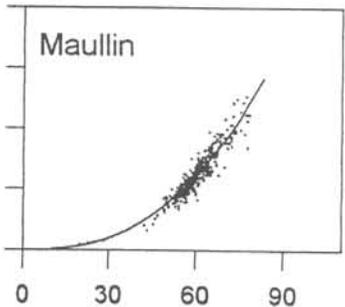
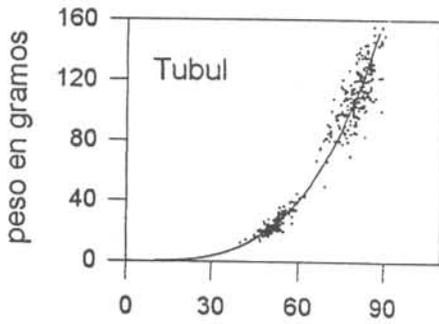
verano 1996-97



invierno 1997

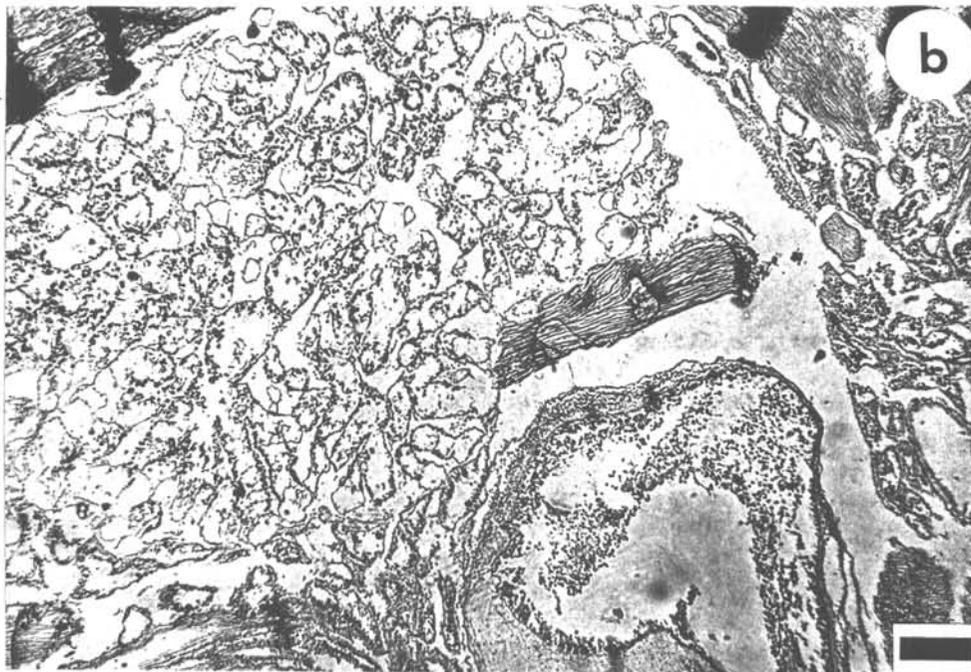
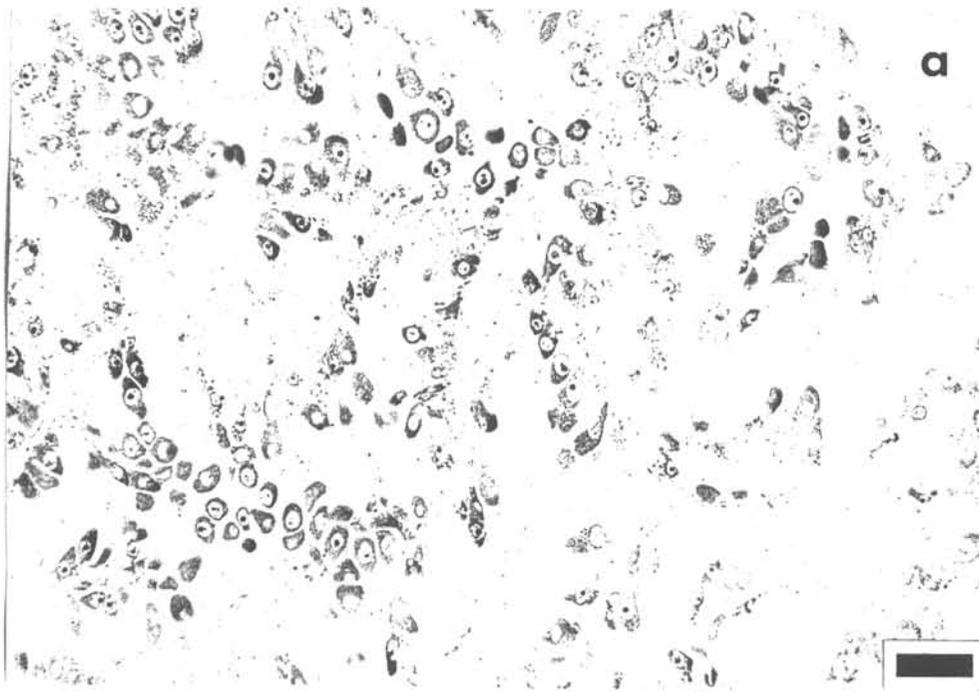


primavera 1997

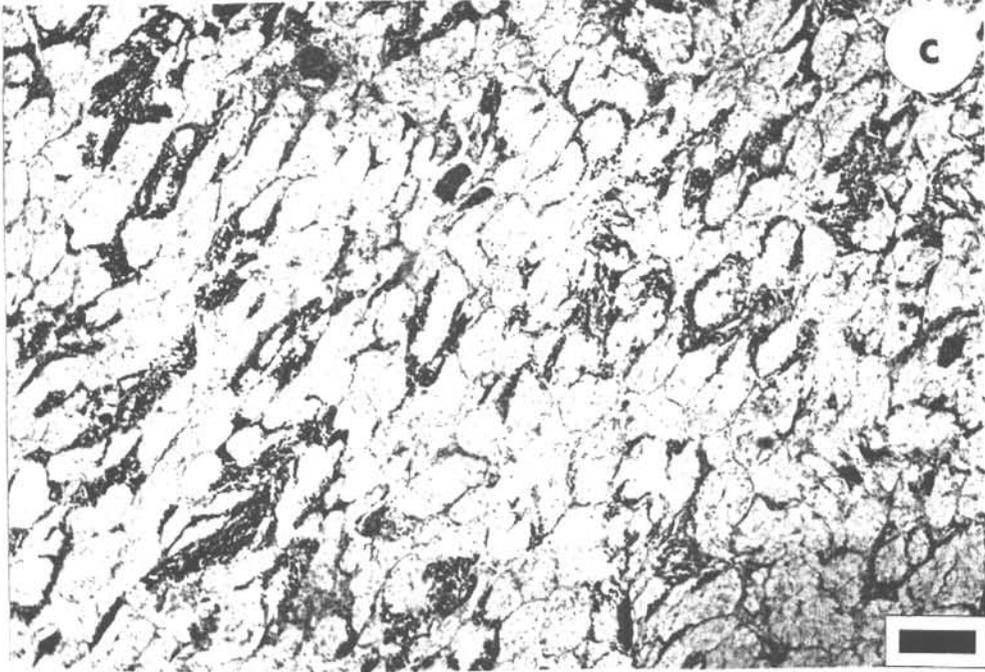


longitud máxima en mm

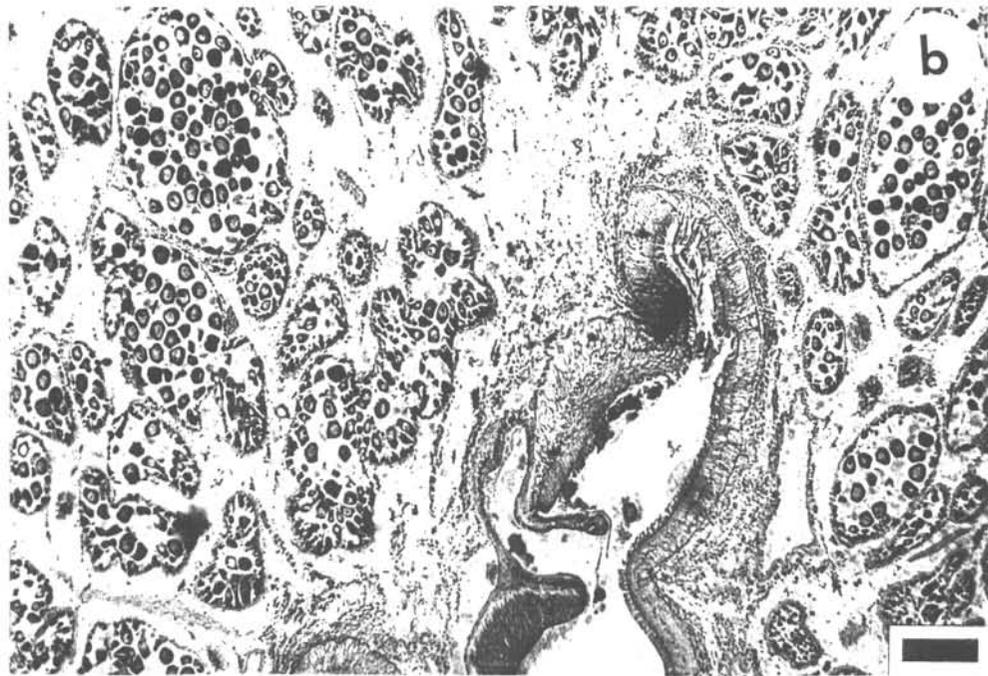
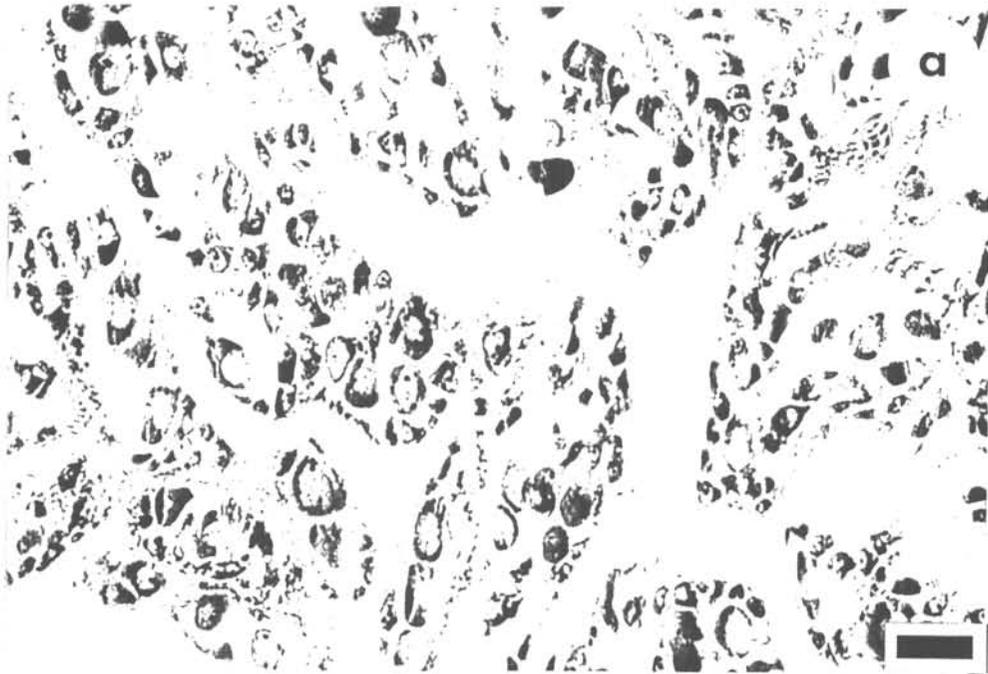
Figura 12. Relaciones longitud - peso de almeja en las localidades de Tubul, Maullin y Yaldad.



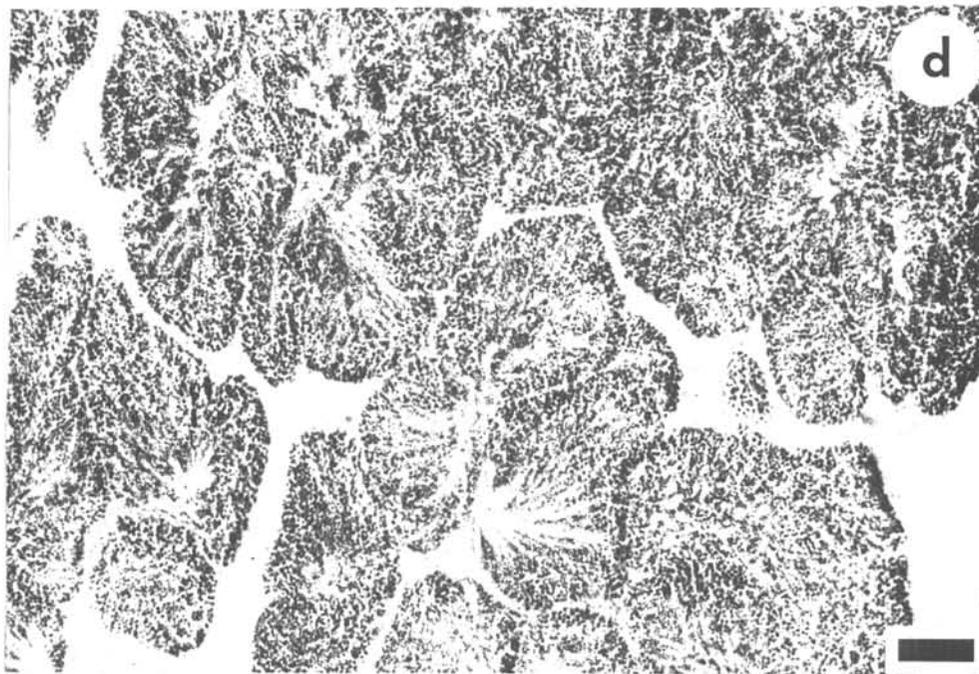
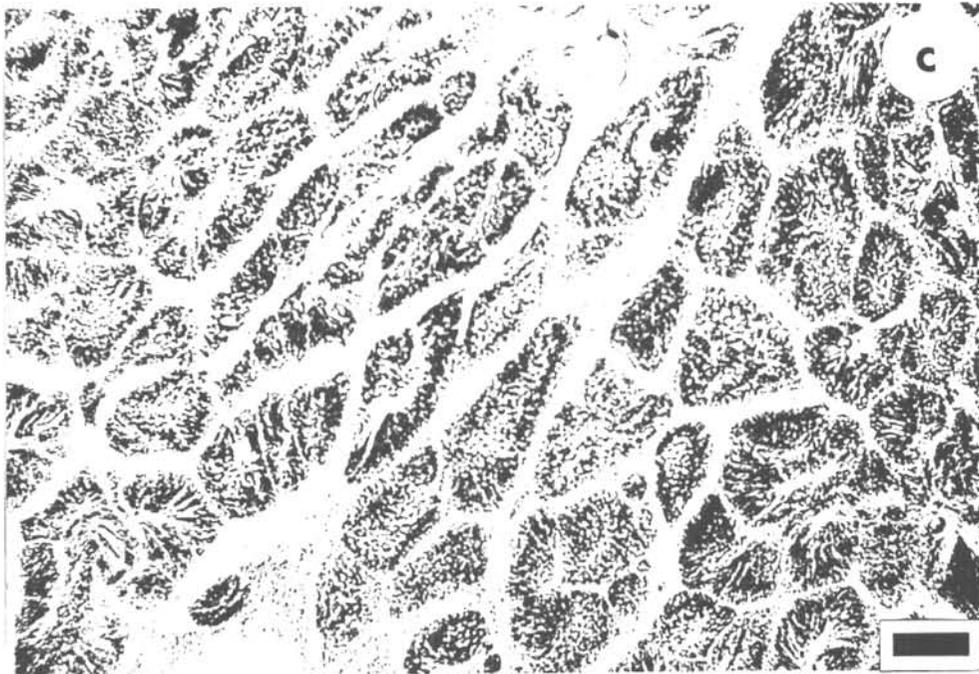
**Figura 13.** Corte de tejido gonadal en estado de madurez inicial. a: hembra de *Tagelus dombeii*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ . b: hembra de *Mulinia edulis*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ .



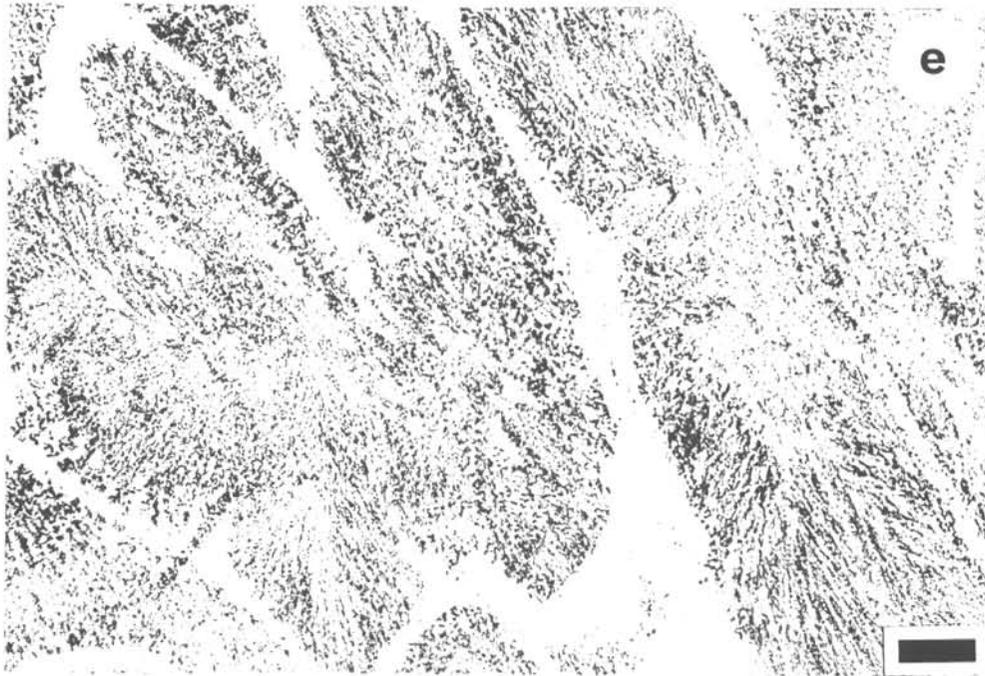
**Figura 13 (continuación).** c: macho de *Tagelus dombeii*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ .



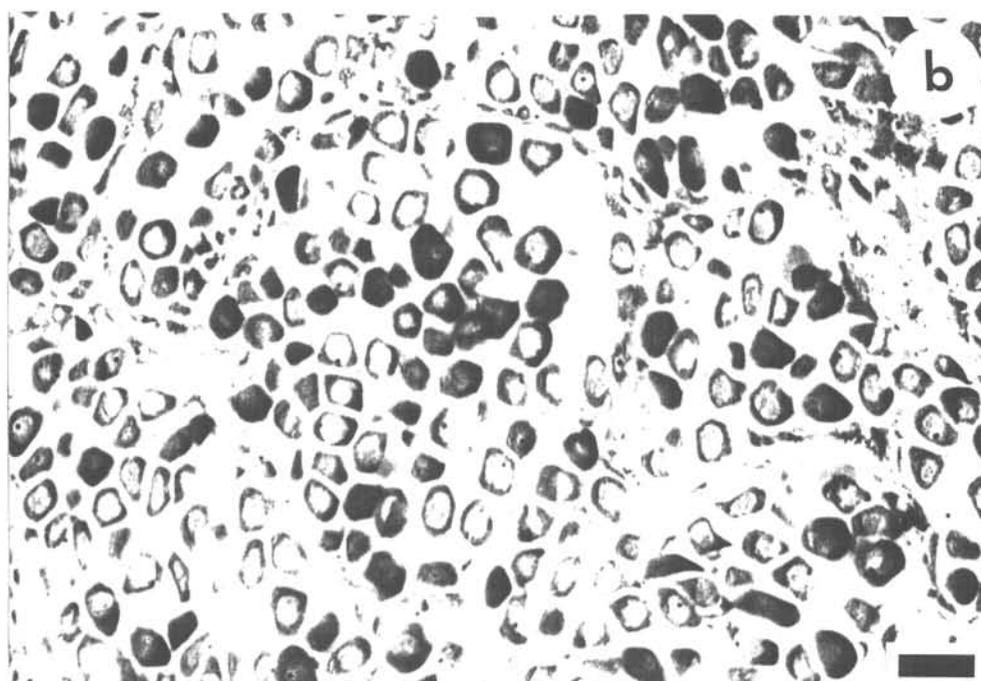
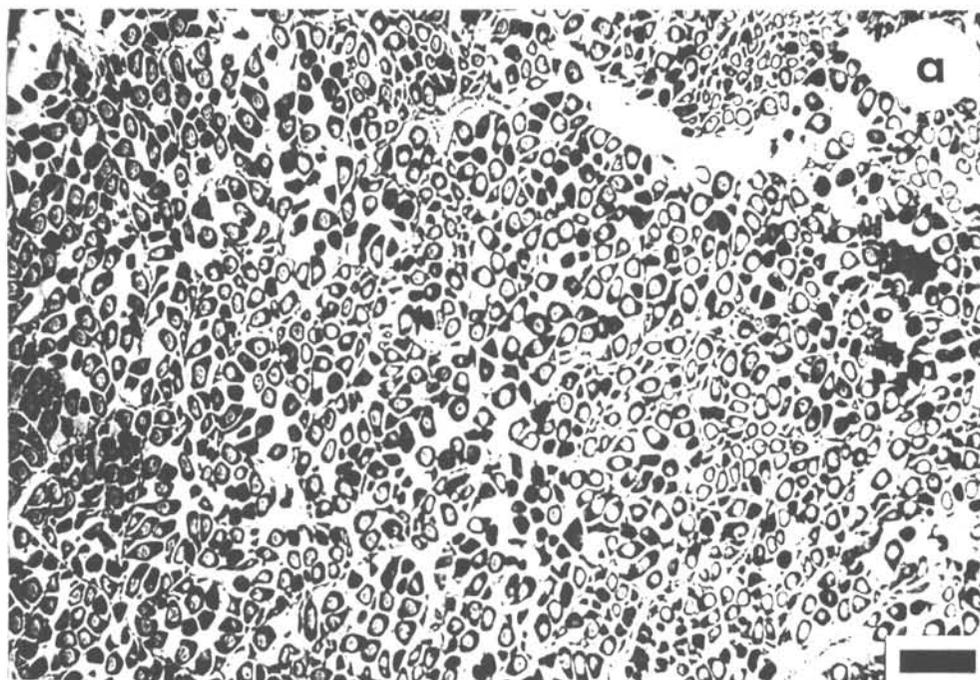
**Figura 14.** Corte de tejido gonadal en estado de madurez avanzada. a: hembra de *Ensis macha*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ . b: hembra de *Mulinia edulis*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ .



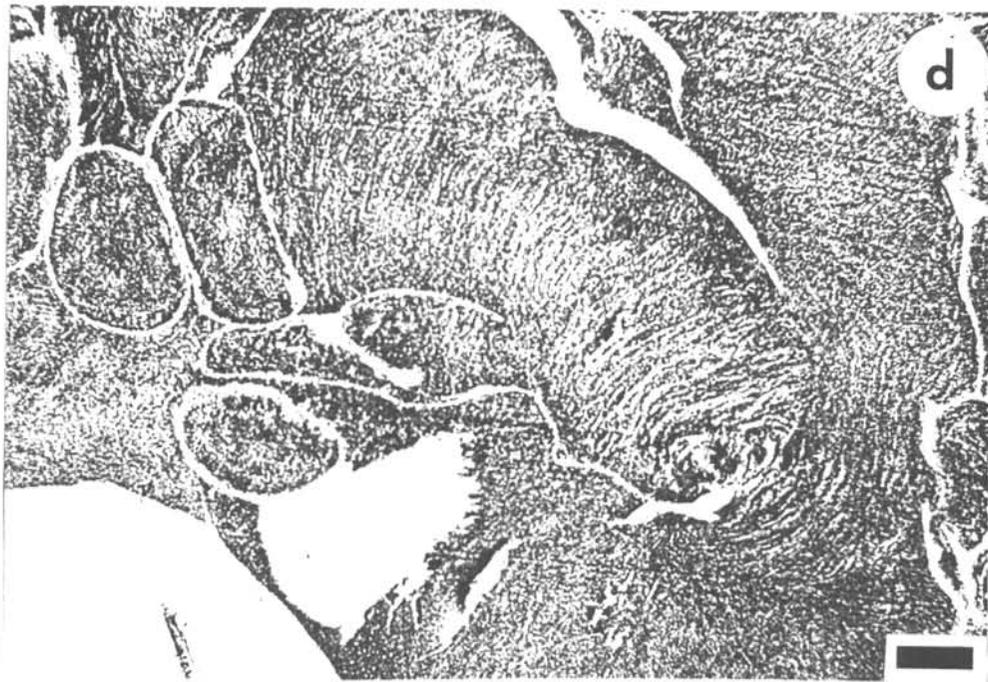
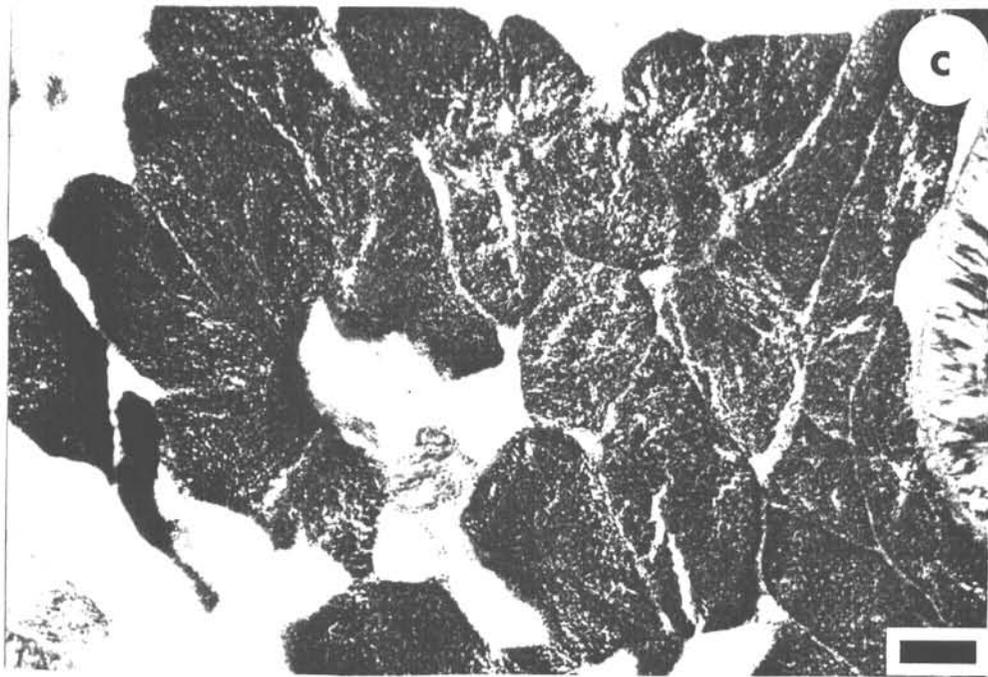
**Figura 14 (continuación).** c: macho de *Ensis macha*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ . d: macho de *Tagelus dombeii*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$



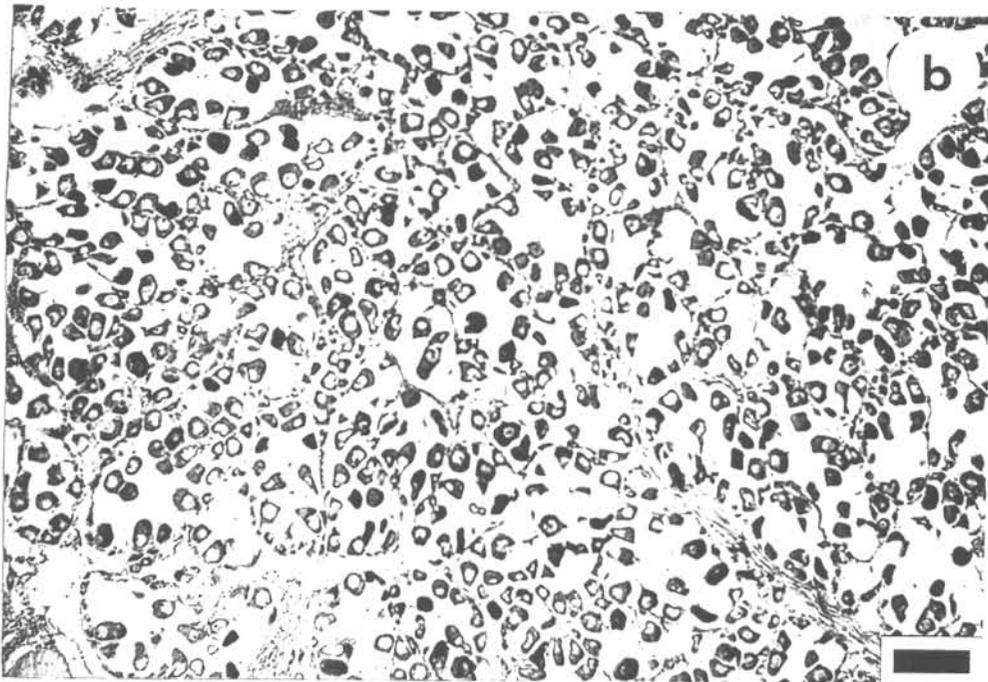
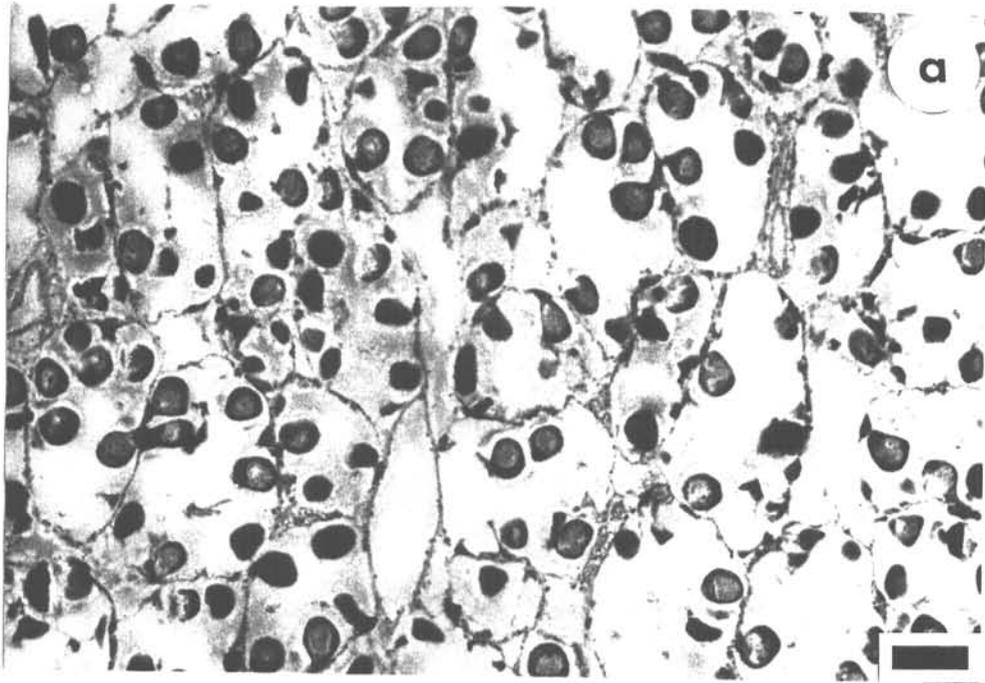
**Figura 14 (continuación).** e: macho de *Mulinia edulis*, aumento 120X, escala 71  $\mu$ m.



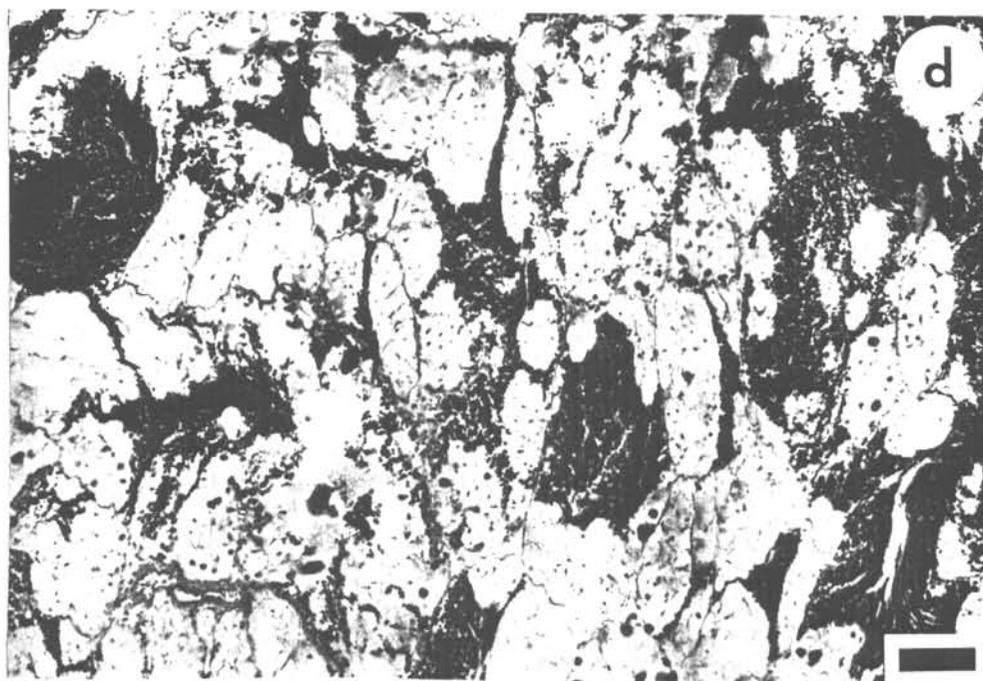
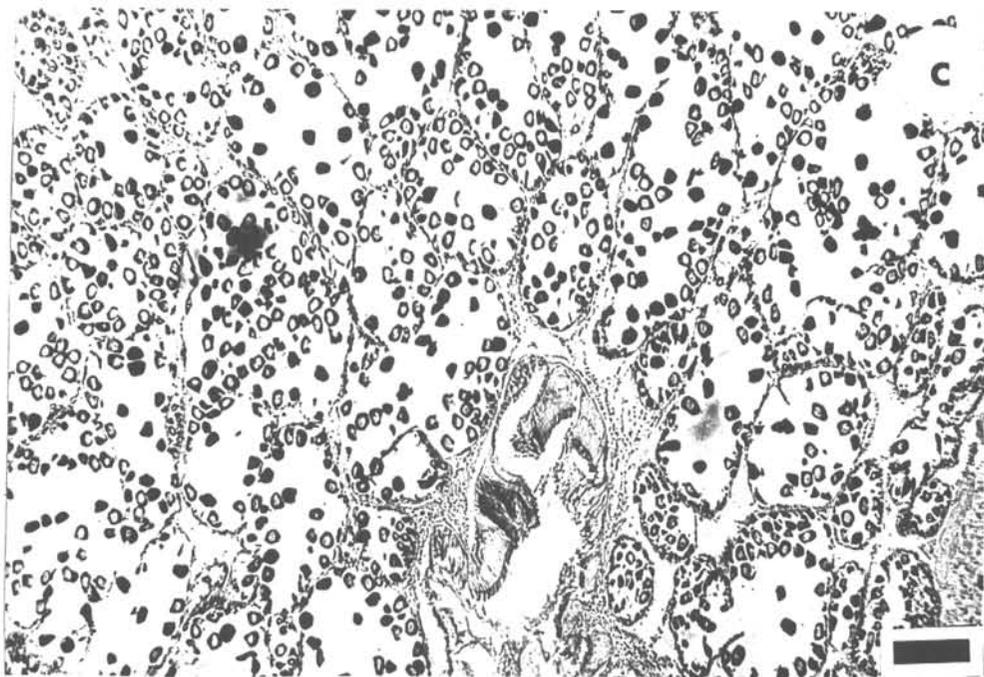
**Figura 15.** Corte de tejido gonadal en estado de madurez máxima. a: hembra de *Ensis macha*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ . b: hembra de *Tagelus dombeii*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ .



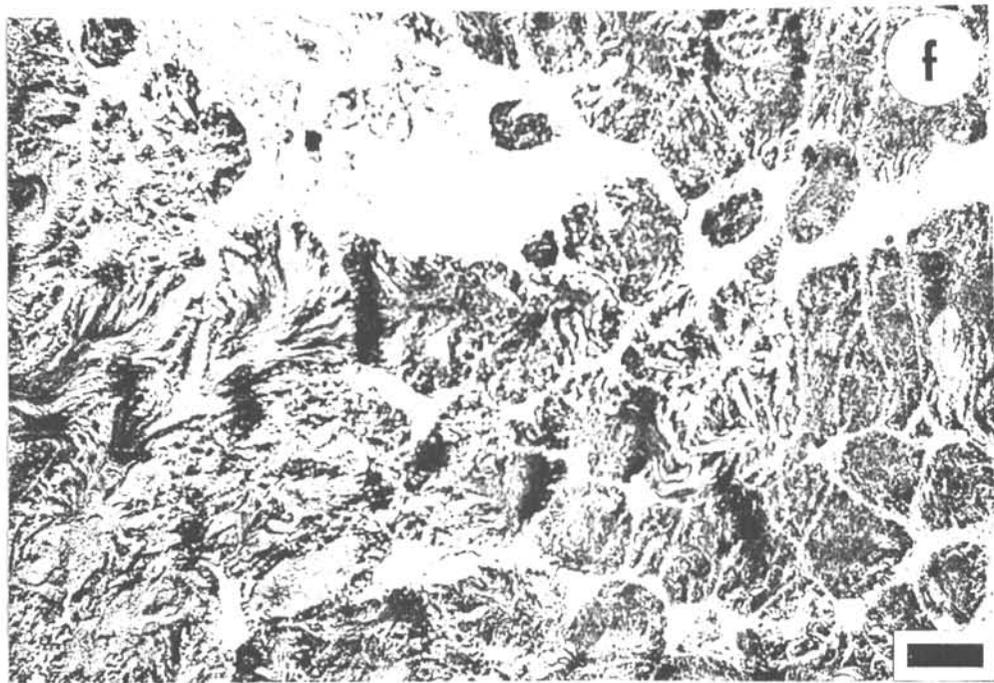
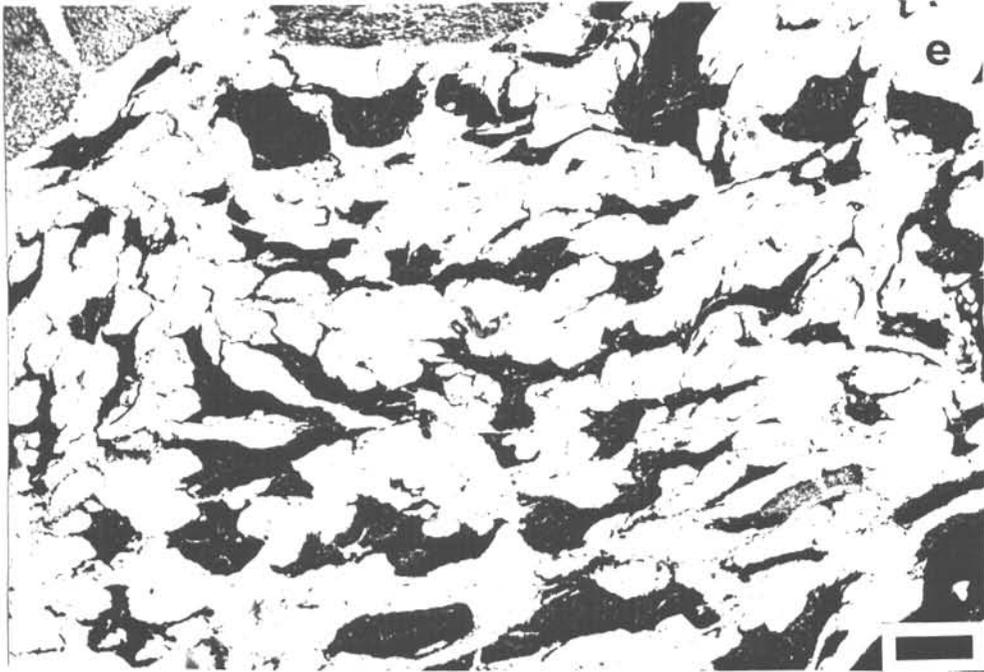
**Figura 15 (continuación).** c: macho de *Tagelus dombeii*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ . d: macho de *Mulinia edulis*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ .



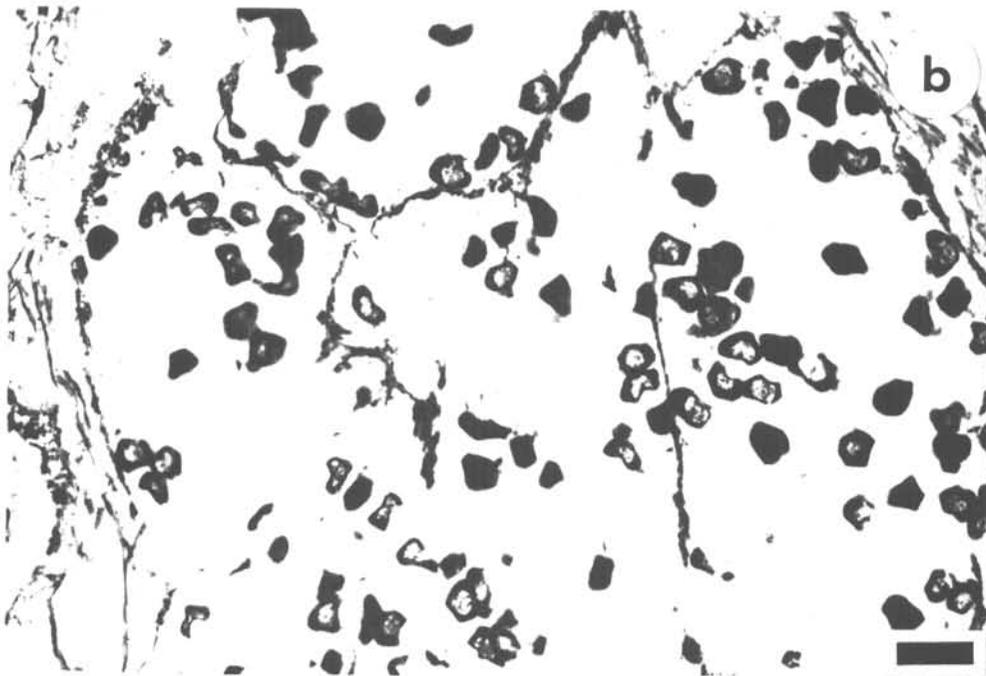
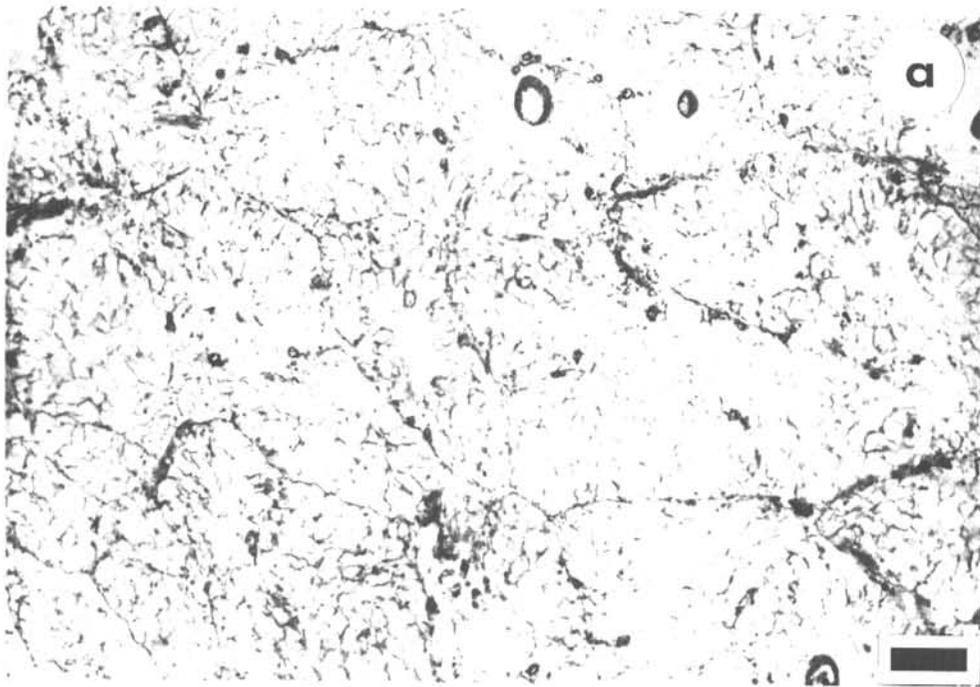
**Figura 16.** Corte de tejido gonadal en estado de desove parcial. a: hembra de *Ensis macha*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ . b: hembra de *Tagelus dombeii*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ .



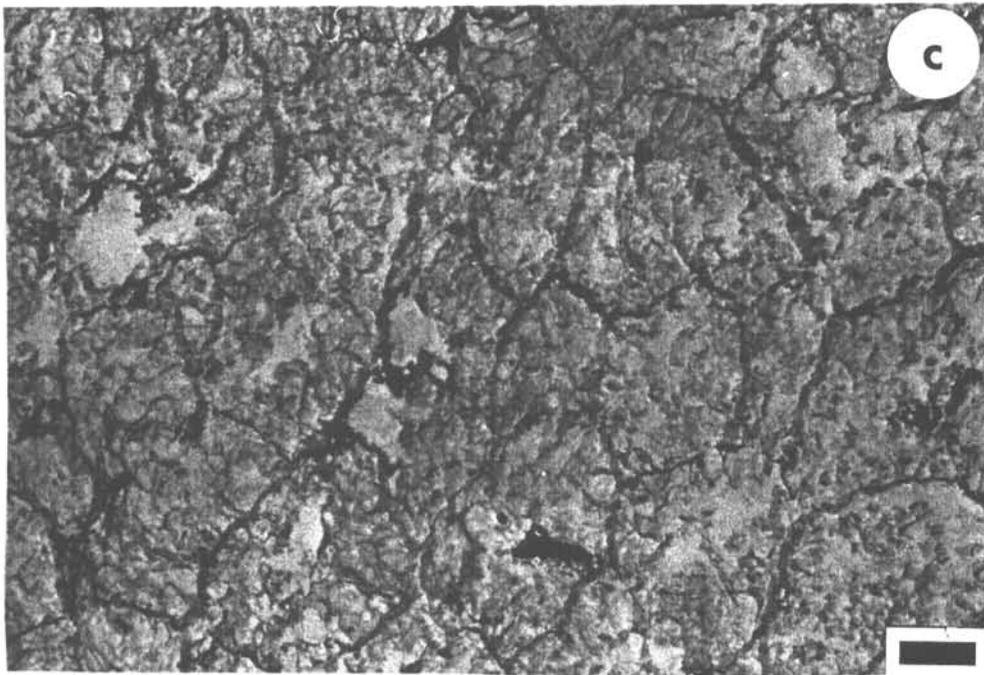
**Figura 16 (continuación).** c: hembra de *Mulinia edulis*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ . d: macho de *Ensis macha*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ .



**Figura 16 (continuación).** e: macho de *Tagelus dombeii*, aumento 50X, escala 192  $\mu\text{m}$ . f: macho de *Mulinia edulis*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ .



**Figura 17.** Corte de tejido gonadal en estado de desove total. a: hembra de *Tagelus dombeii*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ . b: hembra de *Mulinia edulis*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$ .



**Figura 17 (continuación).** c: macho de *Ensis macha*, aumento 120X, escala 71  $\mu\text{m}$

## Huevo Tubul

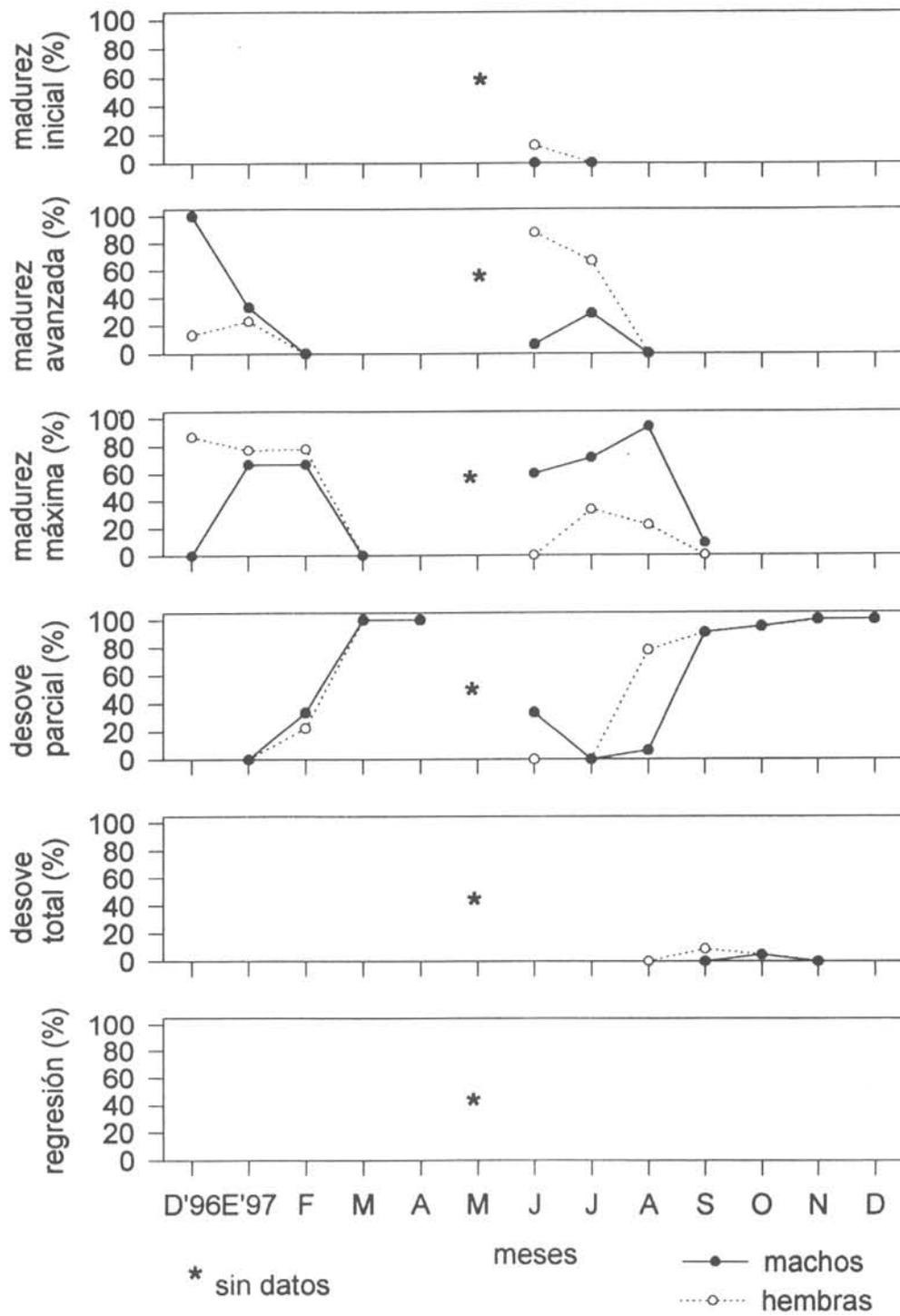


Figura 18. Ciclo reproductivo de la población submareal de huevo de Tubul.

# Huepo Corral

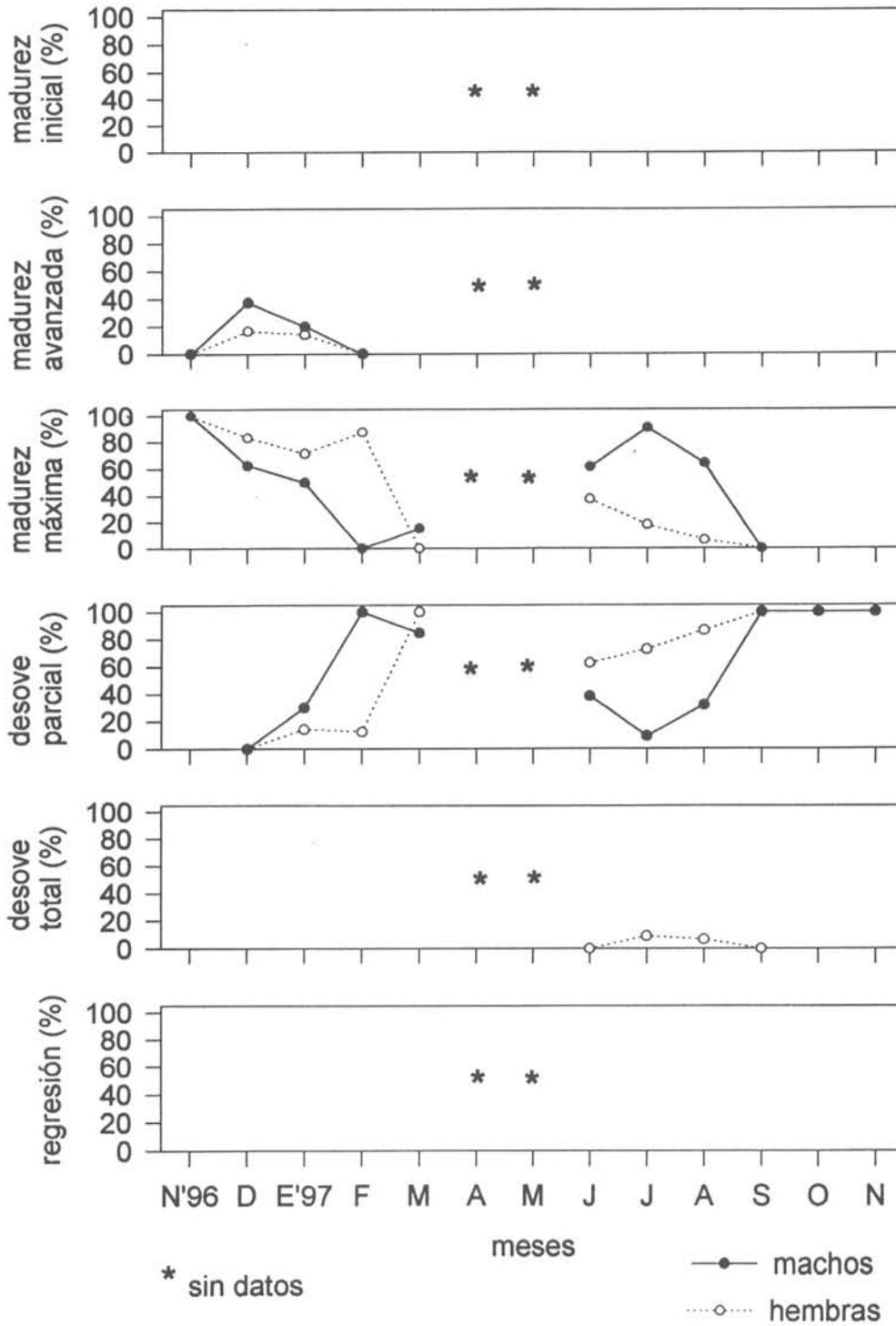


Figura 19. Ciclo reproductivo de la población submareal de huepo de Corral.

# Huepo Ancud

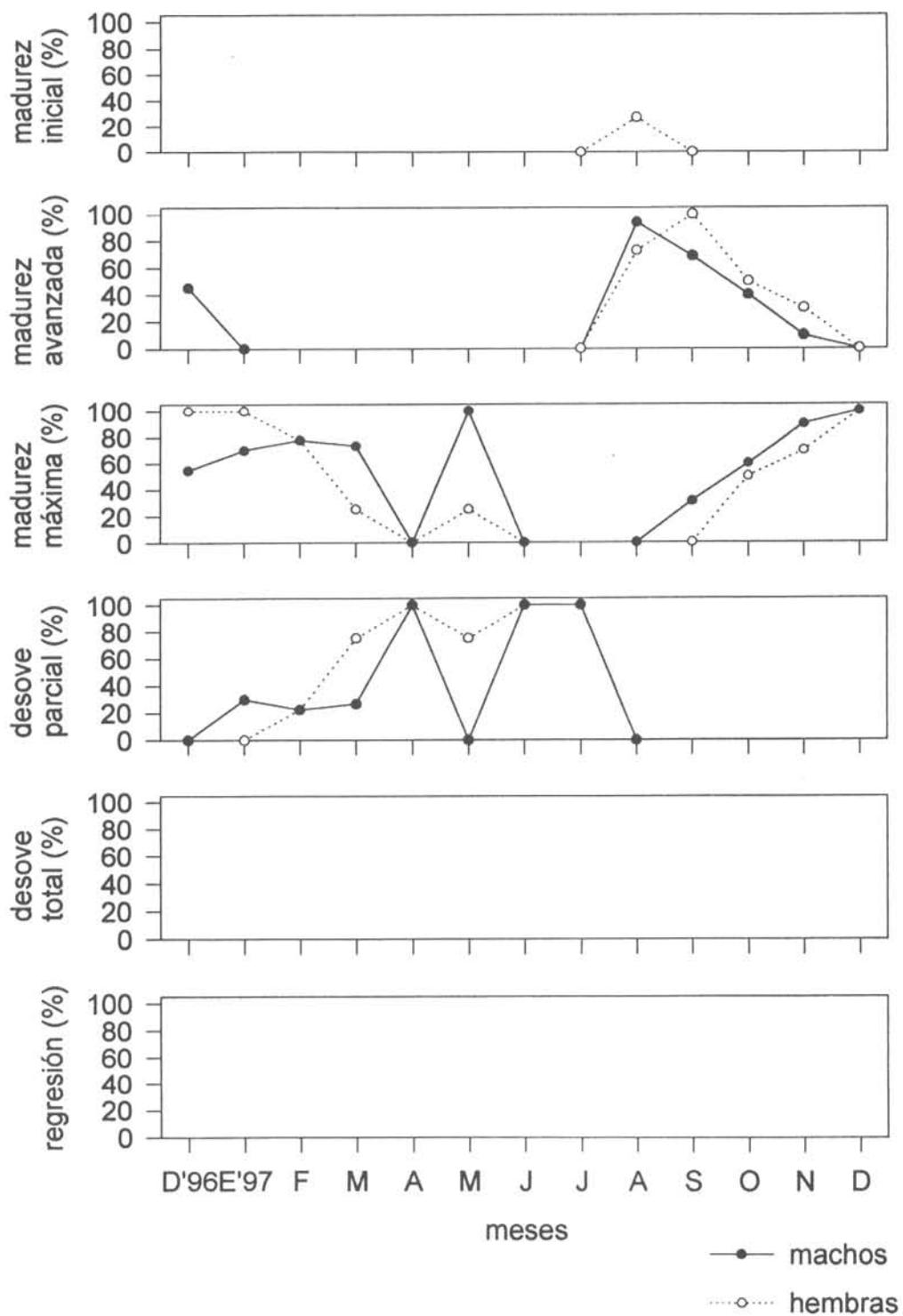


Figura 20. Ciclo reproductivo de la población submareal de huevo de Ancud.

## Navajuela Tubul

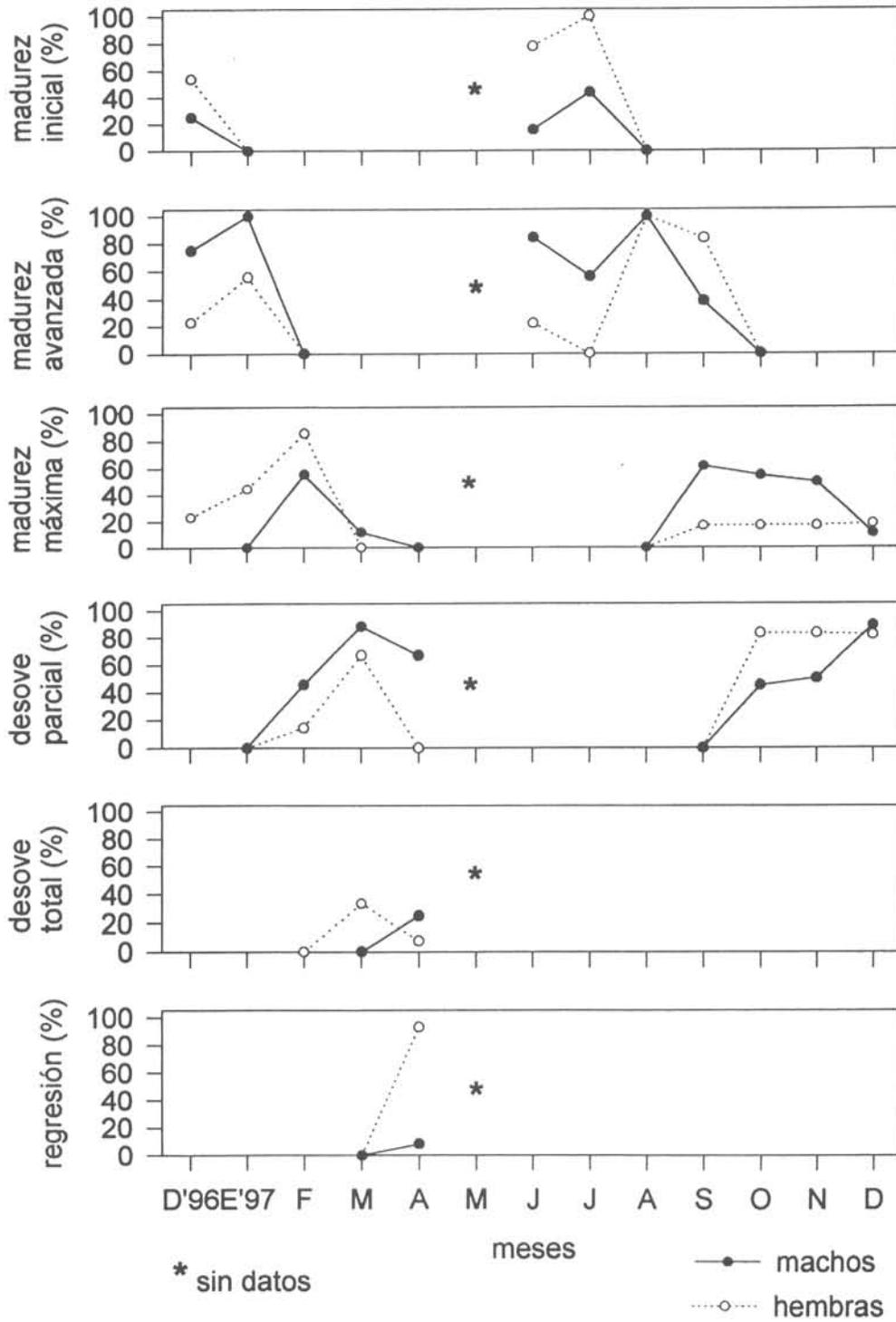


Figura 21. Ciclo reproductivo de la población submareal de navajuela de Tubul.

# Navajuela Corral

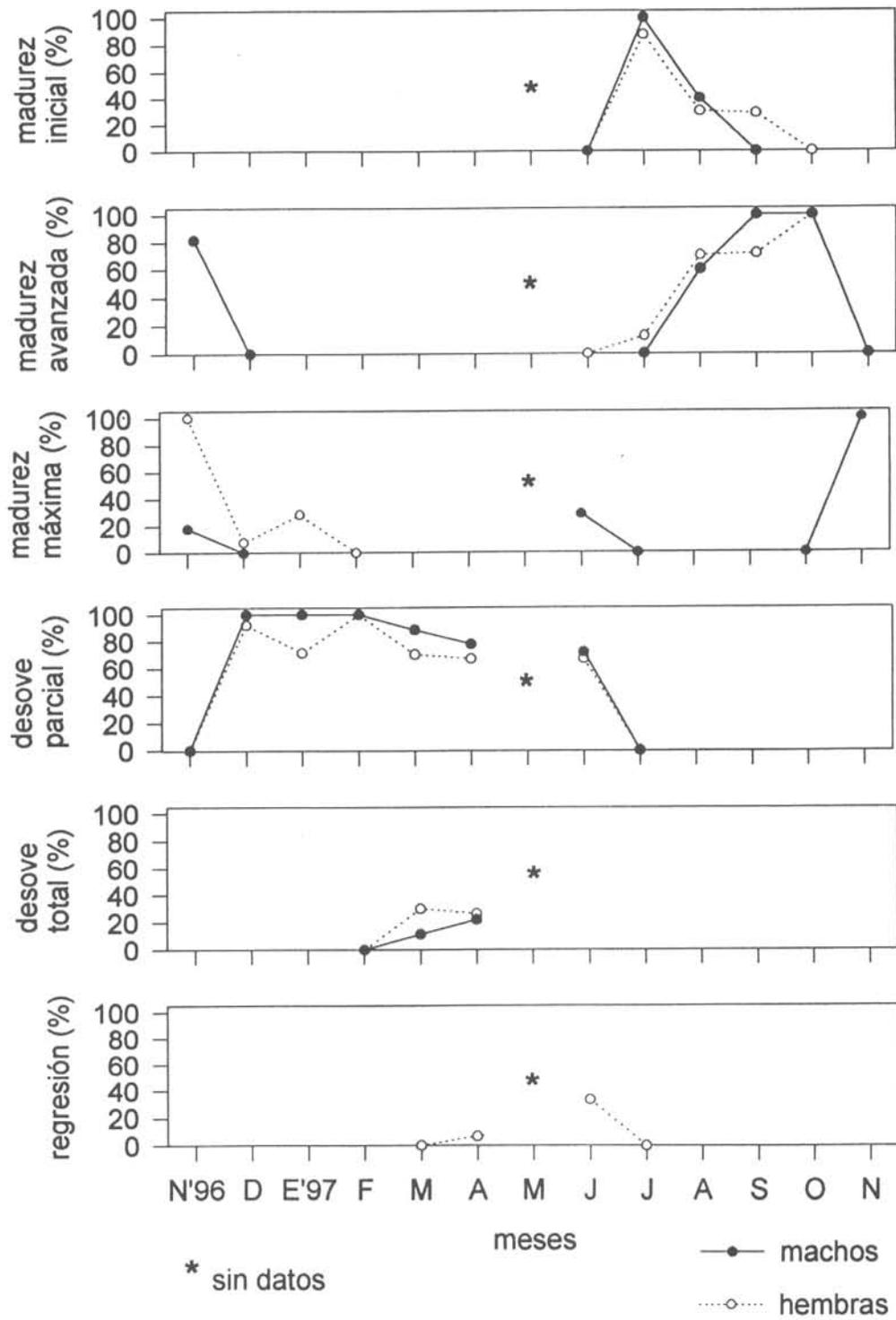


Figura 22. Ciclo reproductivo de la población submareal de navajuela de Corral.

## Navajuela Coihuin

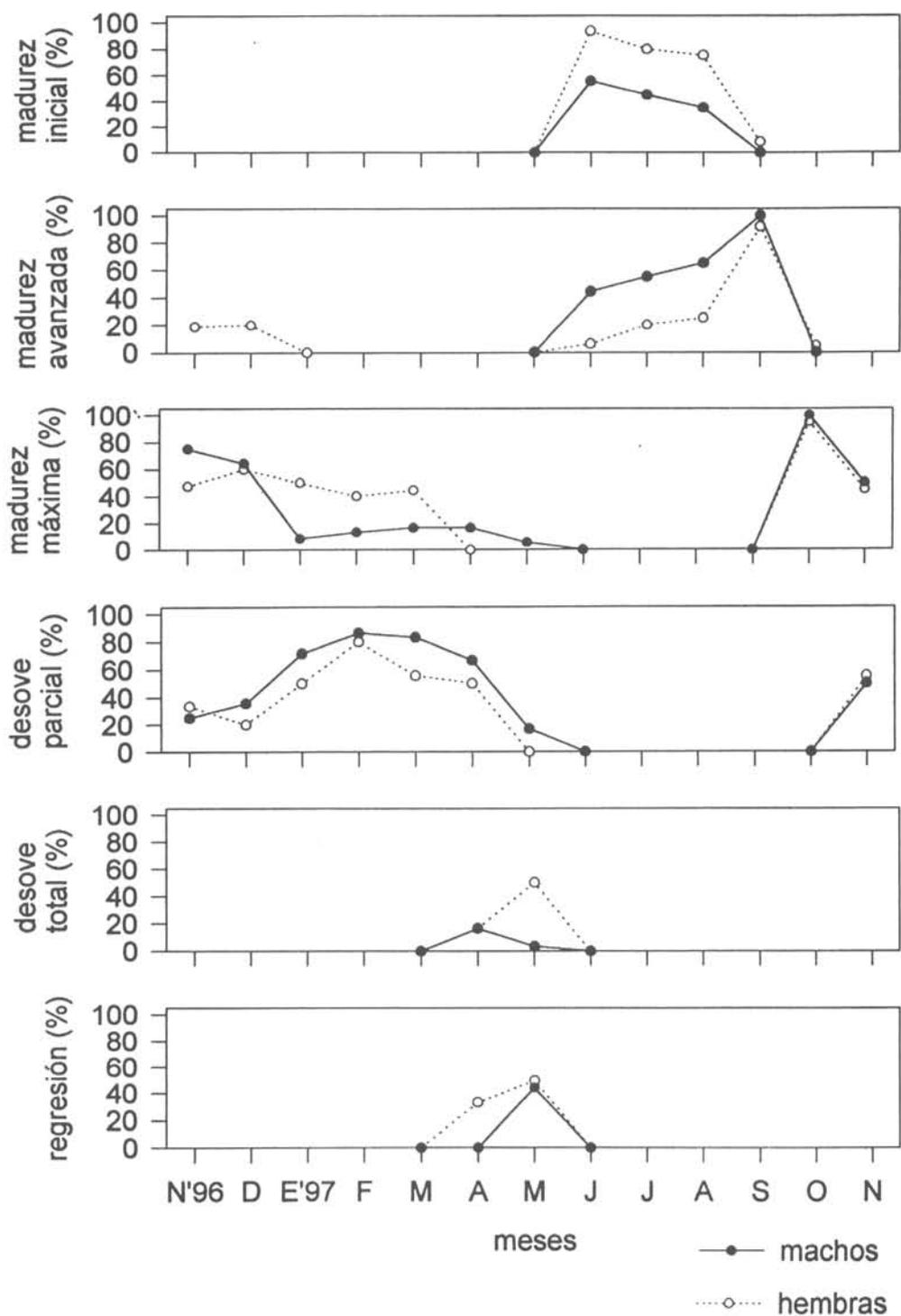


Figura 23. Ciclo reproductivo de la población intermareal de navajuela de Coihuin.

# Almeja Tubul

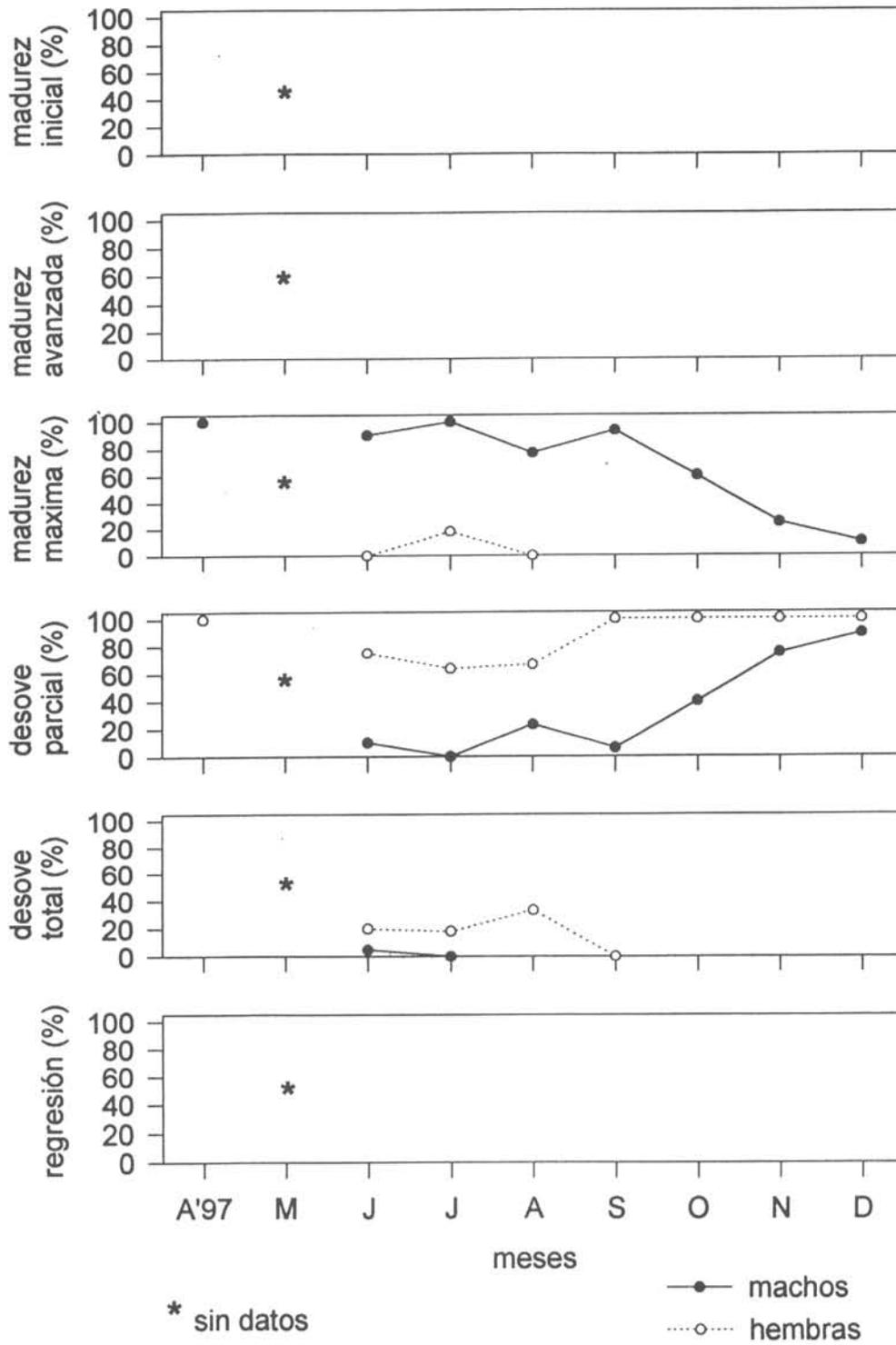


Figura 24. Ciclo reproductivo de la población submareal de almeja de Tubul.

# Almeja Maullin

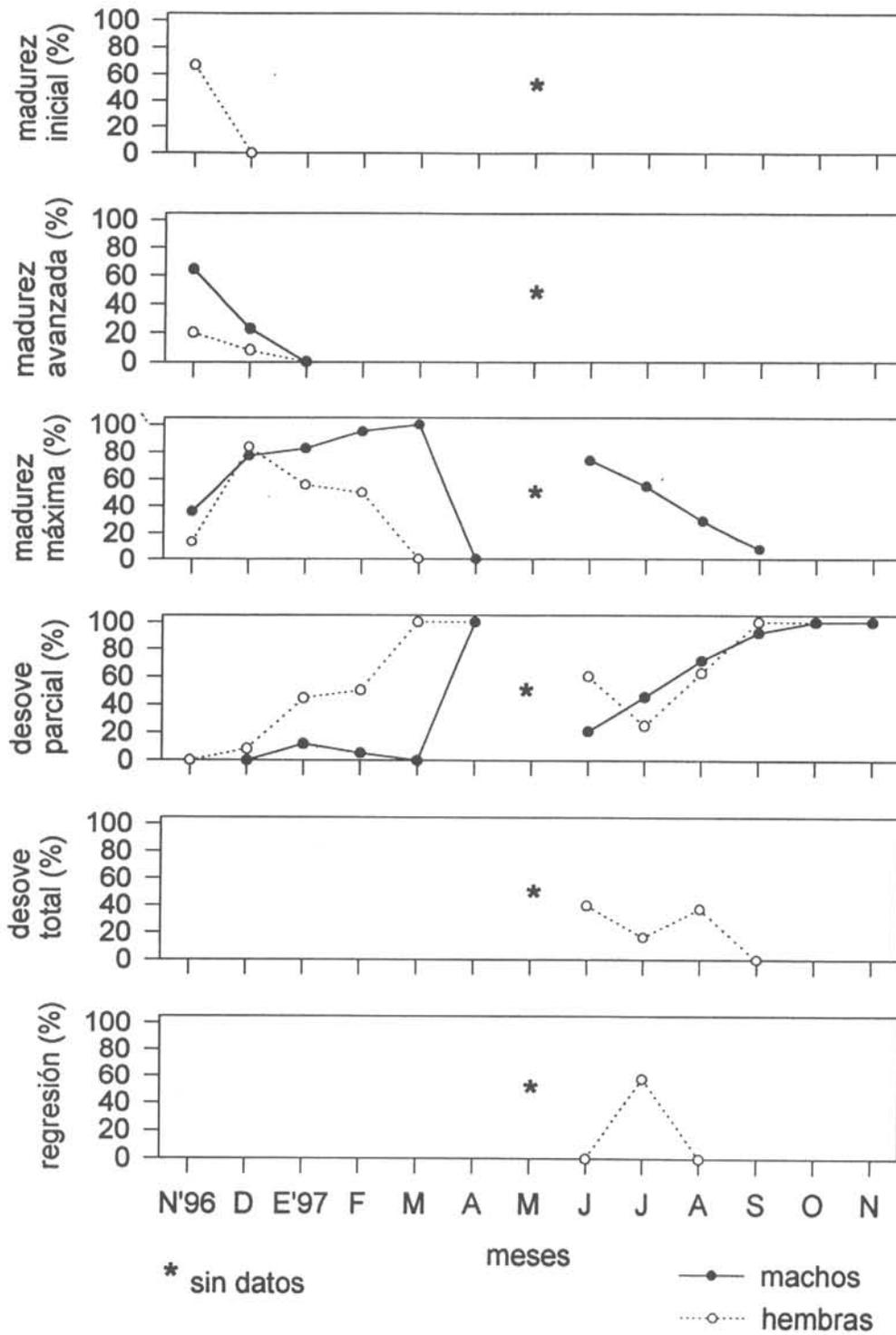
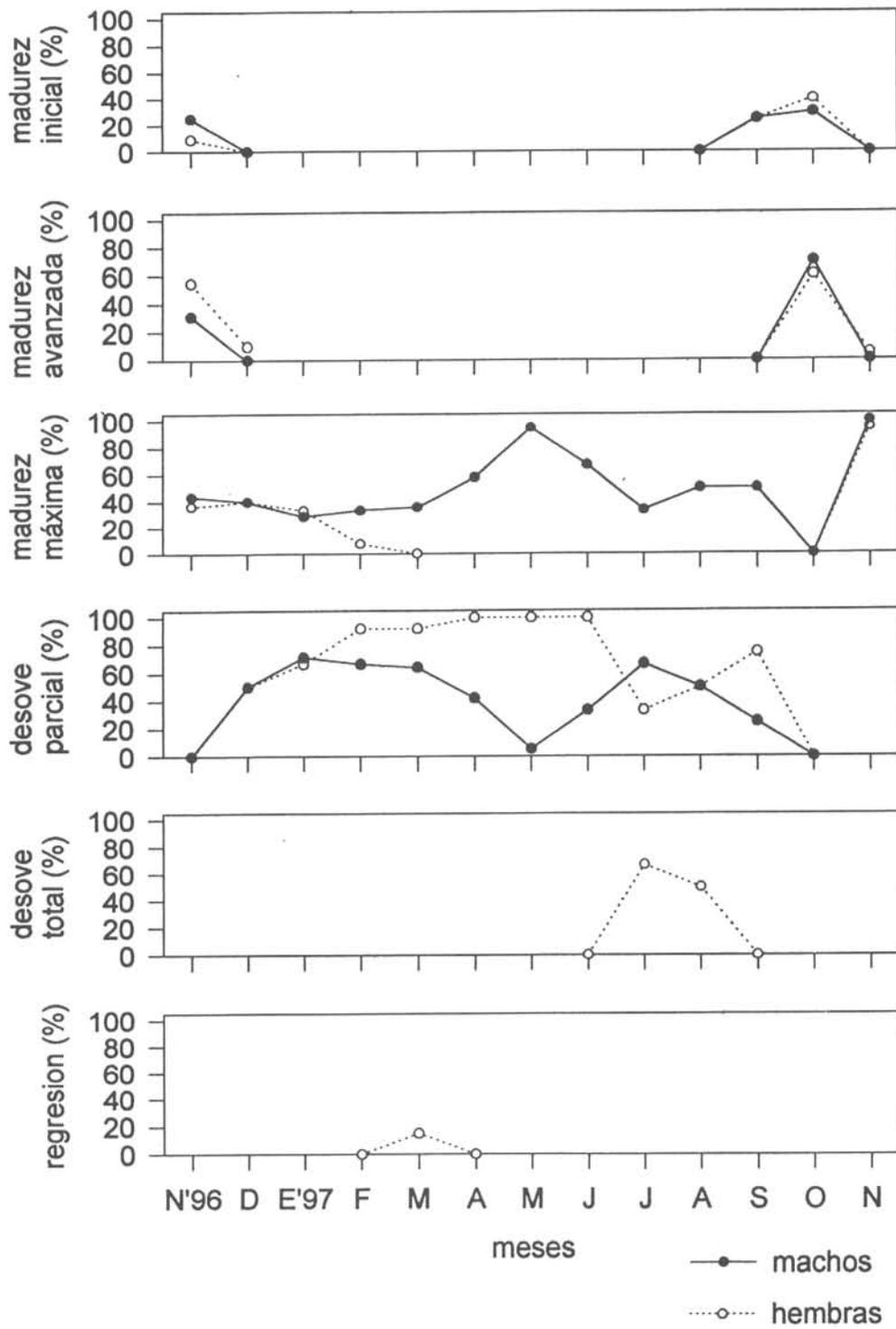
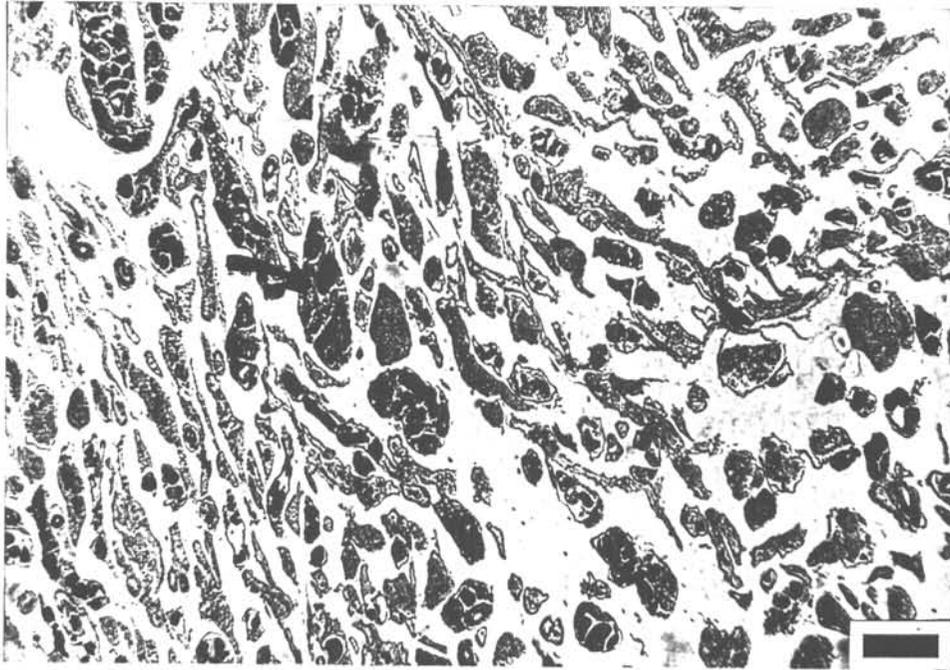


Figura 25. Ciclo reproductivo de la población submareal de almeja de Maullin.

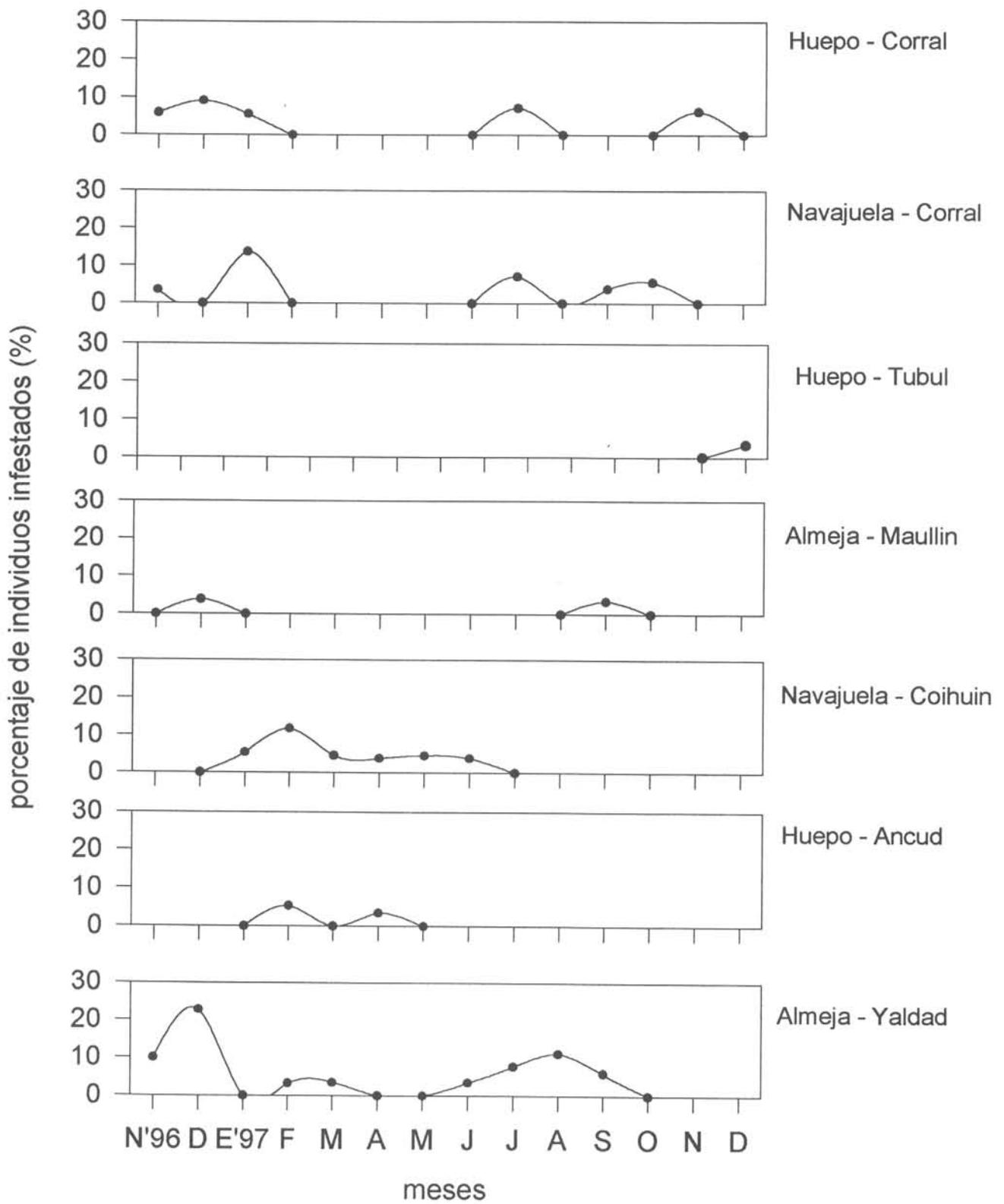
## Almeja Yaldad



**Figura 26.** Ciclo reproductivo de la población intermareal de almeja de Yaldad.

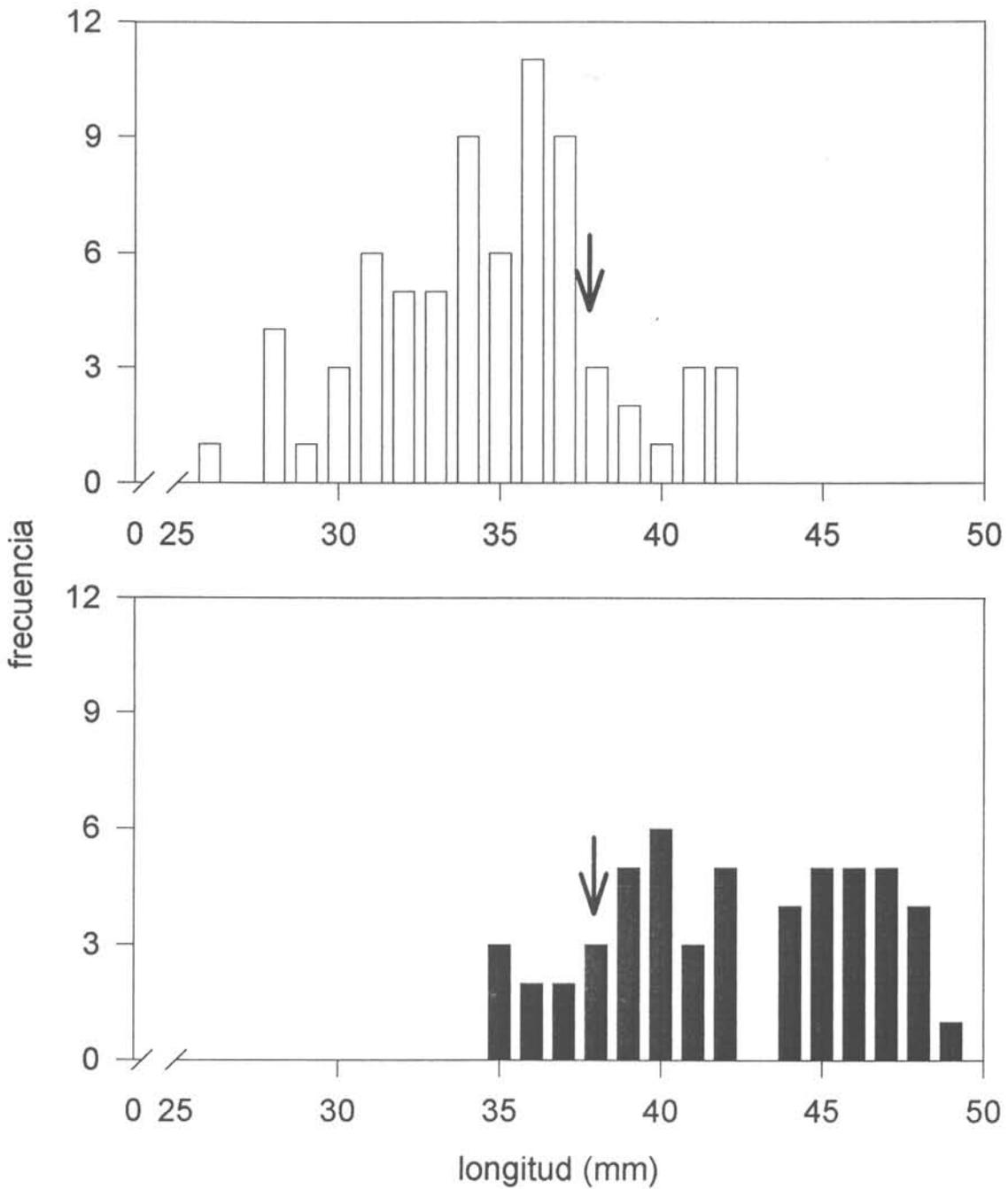


**Figura 27.** Corte histológico de gónada de *Ensis macha* infestado por tremátodos. Es posible apreciar las radias ocupando los espacios de los folículos (flecha), no pudiendo determinarse en este caso el sexo de individuo. Aumento: 50 X; escala 192  $\mu\text{m}$ .



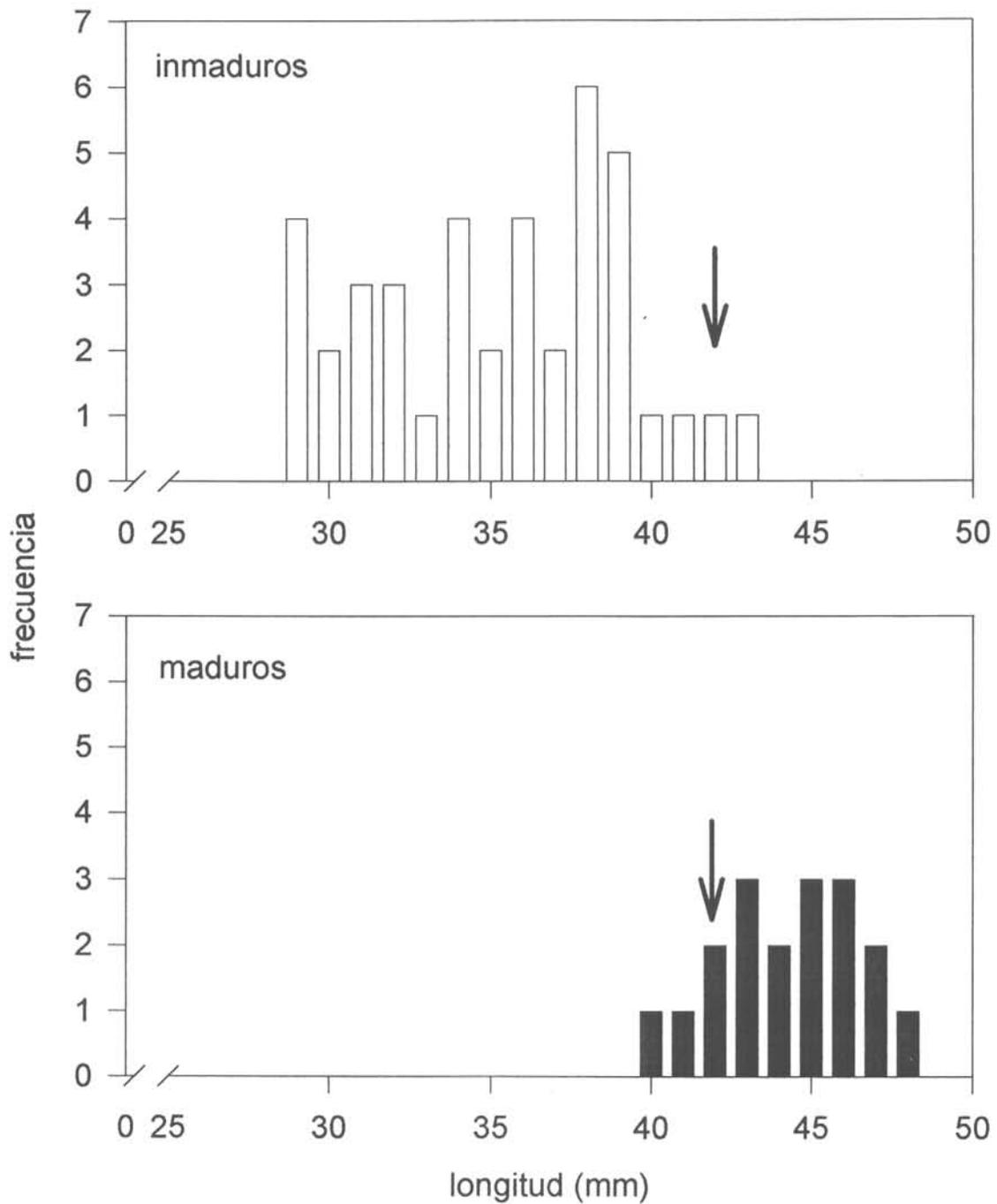
**Figura 28.** Variabilidad mensual de la infestación por tremátodos, en las poblaciones de huepo, navajueta y almeja de cada una de las áreas de estudio indicadas.

## Navajuela Coihuin



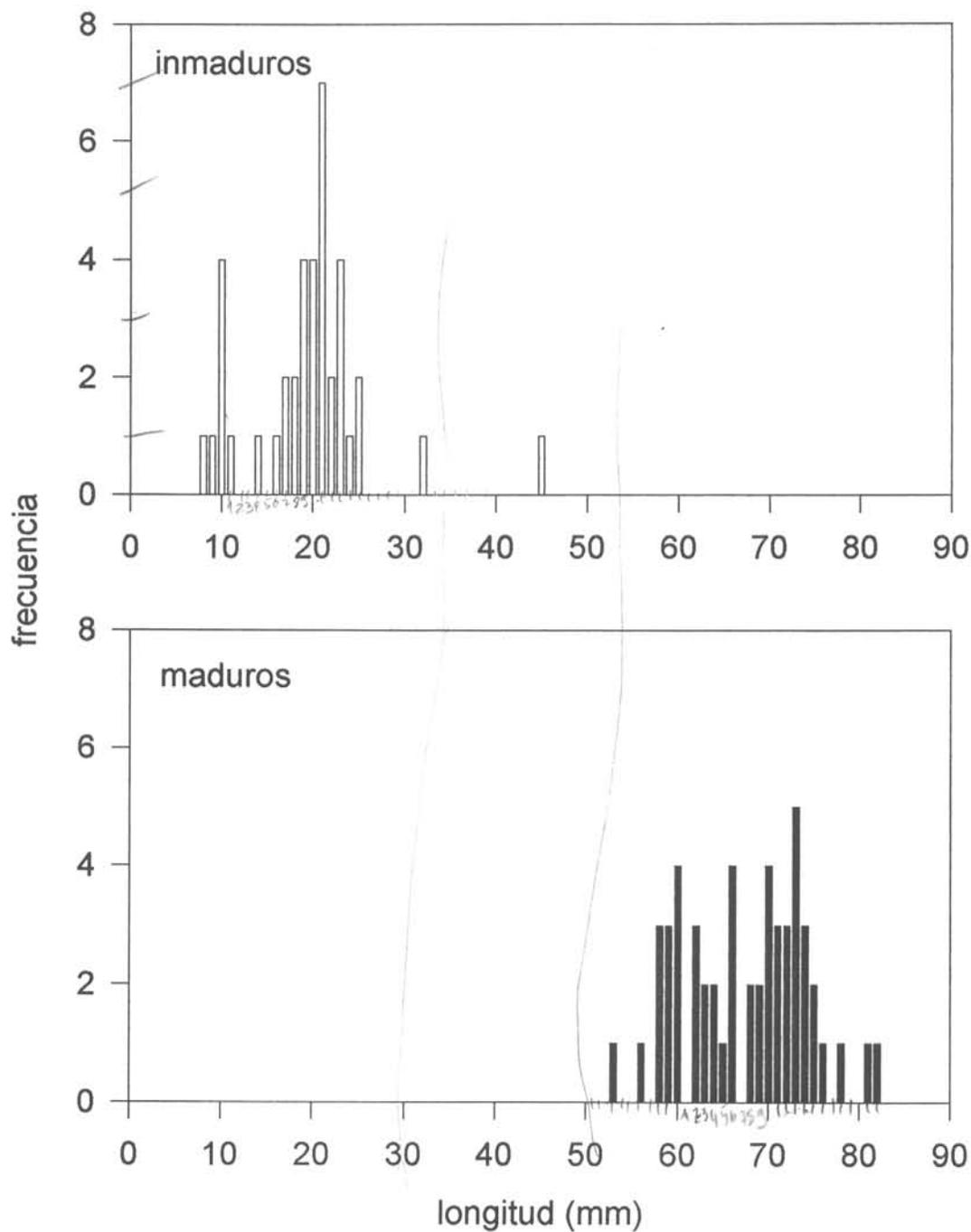
**Figura 29.** Determinación de la talla de primera madurez para la población intermareal de navajuelas en Coihuin. La flecha indica la talla en la que la frecuencia de individuos maduros comienza a ser mayor que la de inmaduros.

## Almeja Yaldad

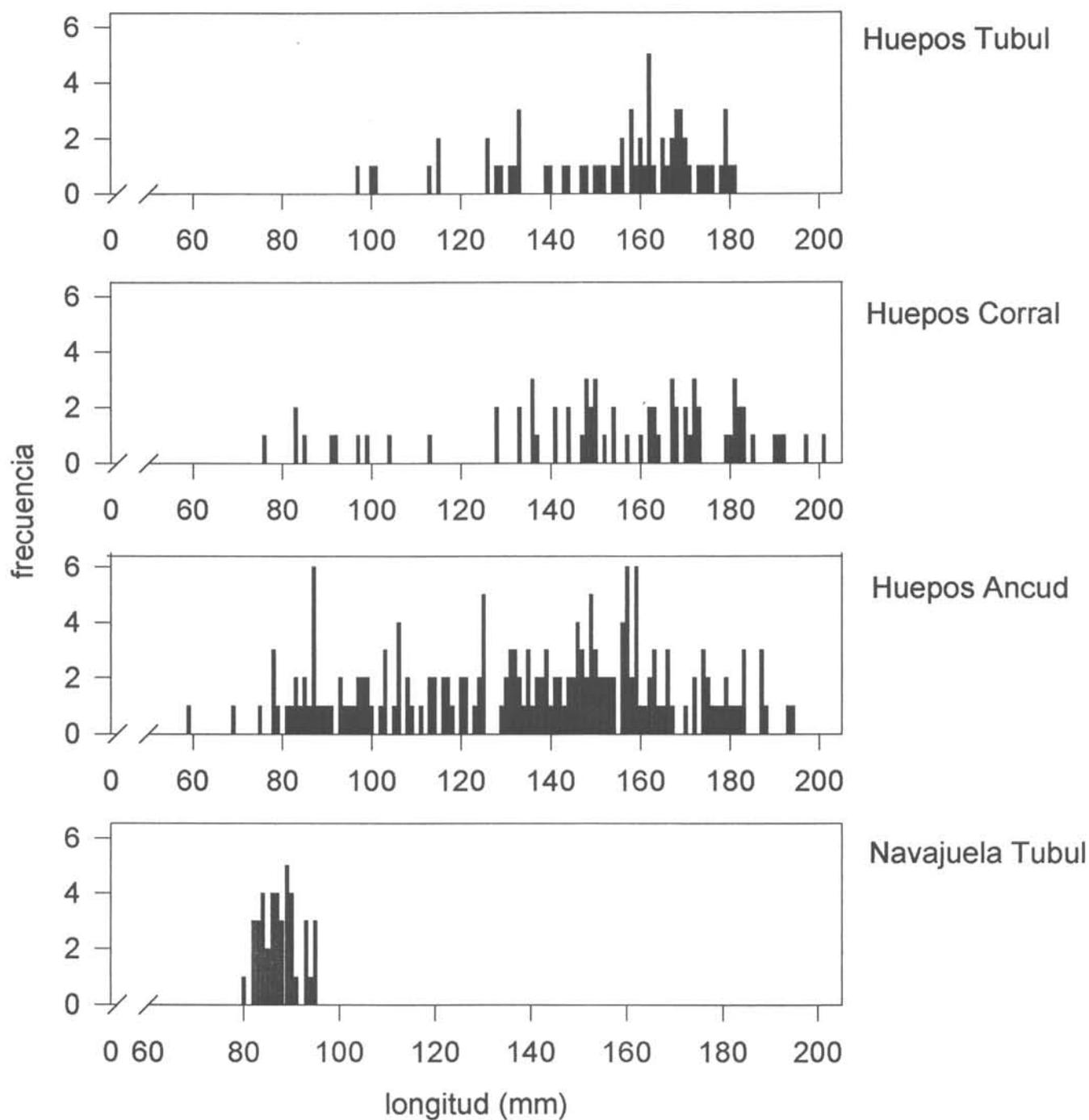


**Figura 30.** Determinación de la talla de primera madurez para la población intermareal de almejas en Yaldad. La flecha indica la talla en la que la frecuencia de individuos maduros comienza a ser mayor que la de inmaduros.

## Navajuela Corral

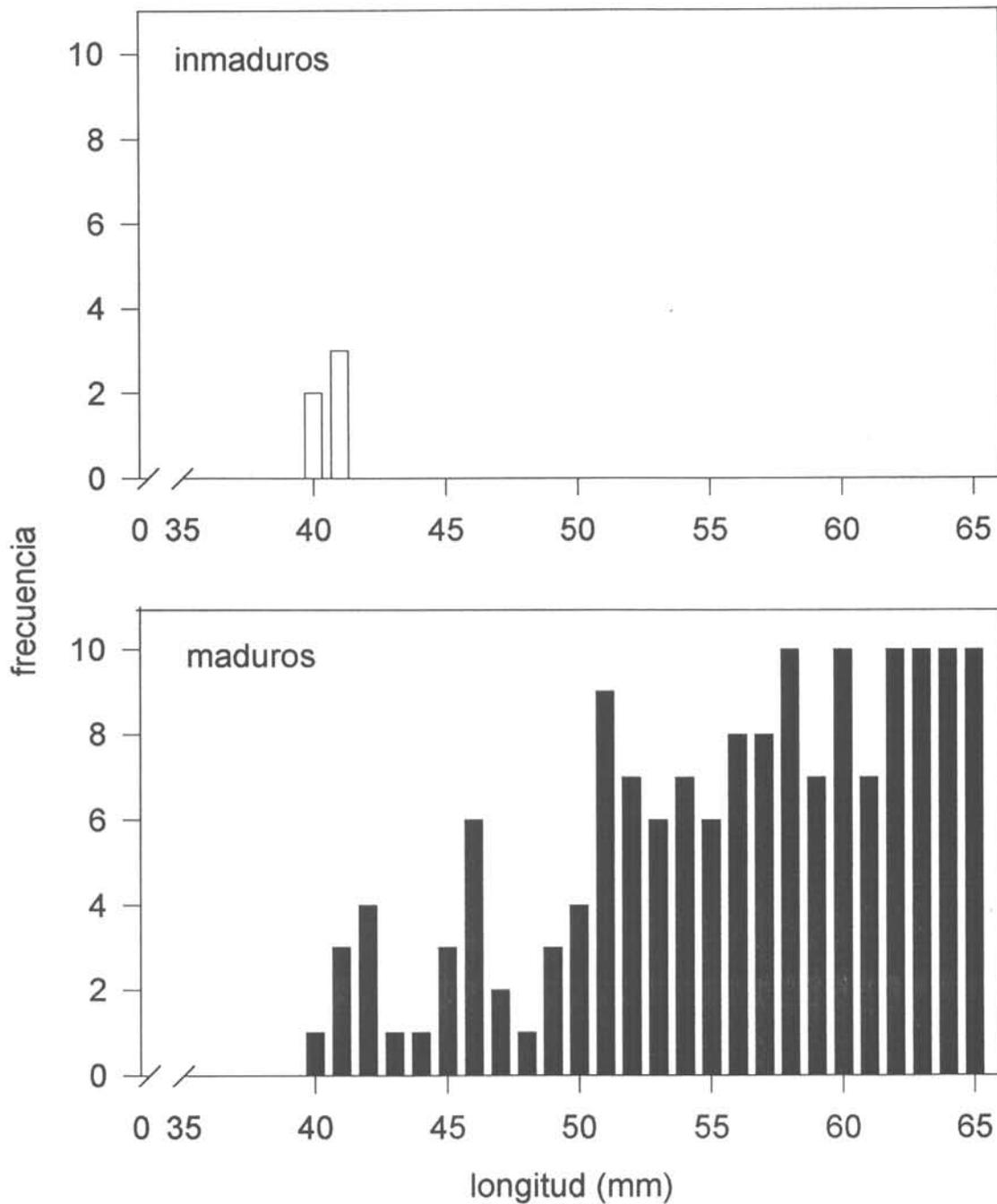


**Figura 31.** Histogramas de frecuencia de tallas de los individuos de la población submareal de navajuelas en Corral, durante el período de madurez máxima.



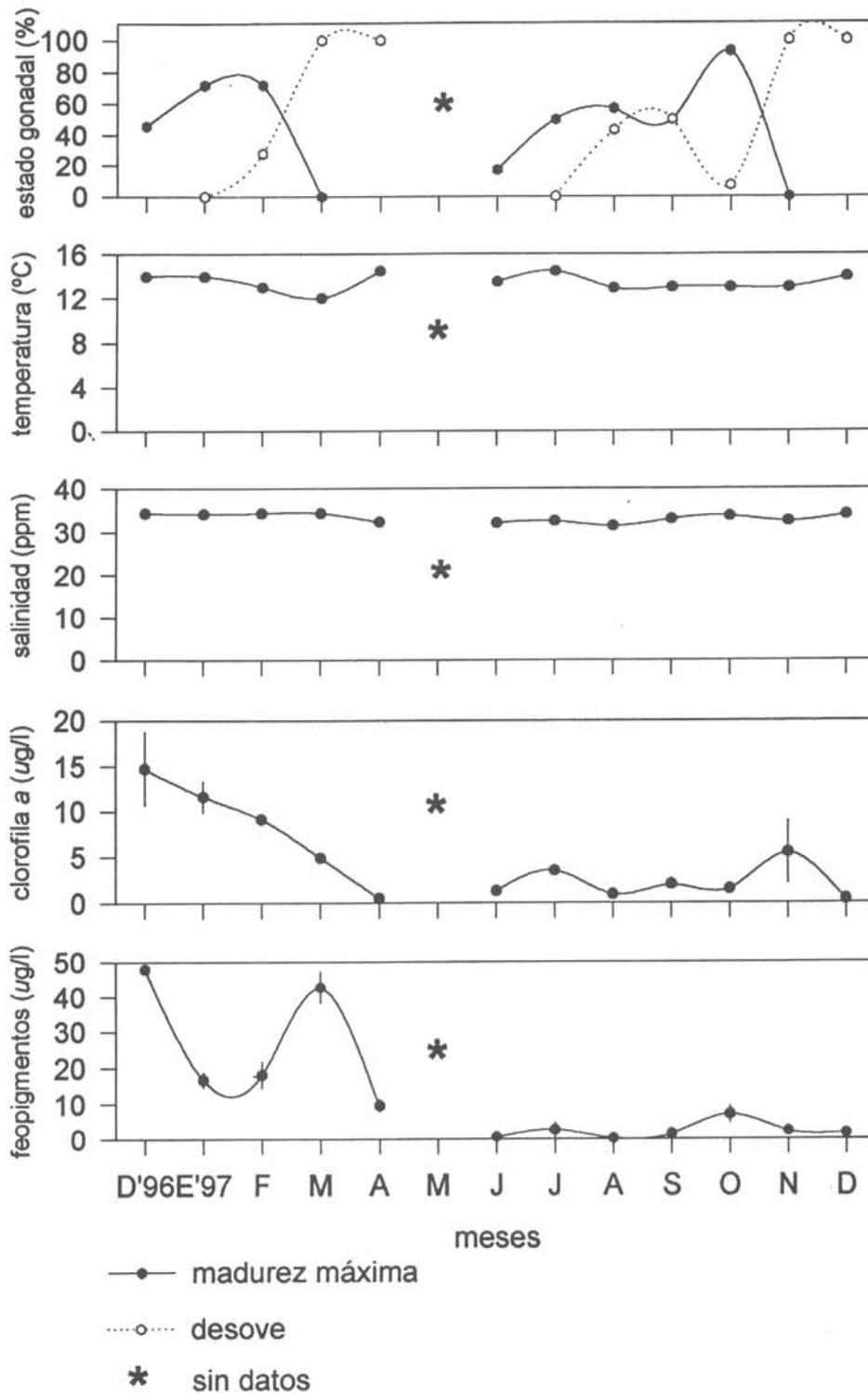
**Figura 32.** Histogramas de frecuencia de los individuos colectados en las poblaciones de huepo de Tubul, Corral y Ancud y navajuelas de Tubul en el período de madurez máxima.

## Almeja Maullin



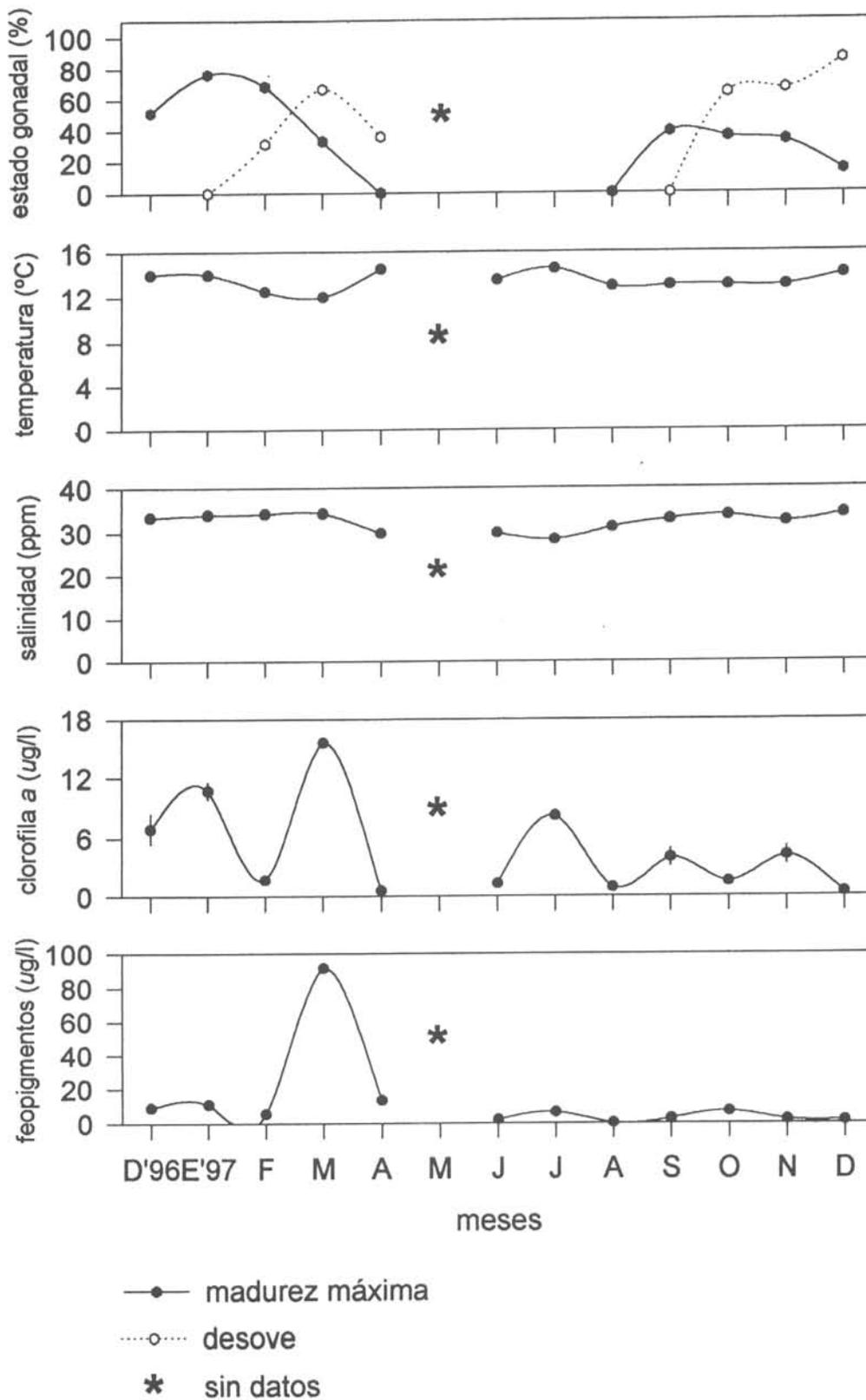
**Figura 33.** Histogramas de frecuencia de tallas de los individuos de la población submareal de almejas en Maullín, durante el período de madurez máxima.

## Huepo Tubul



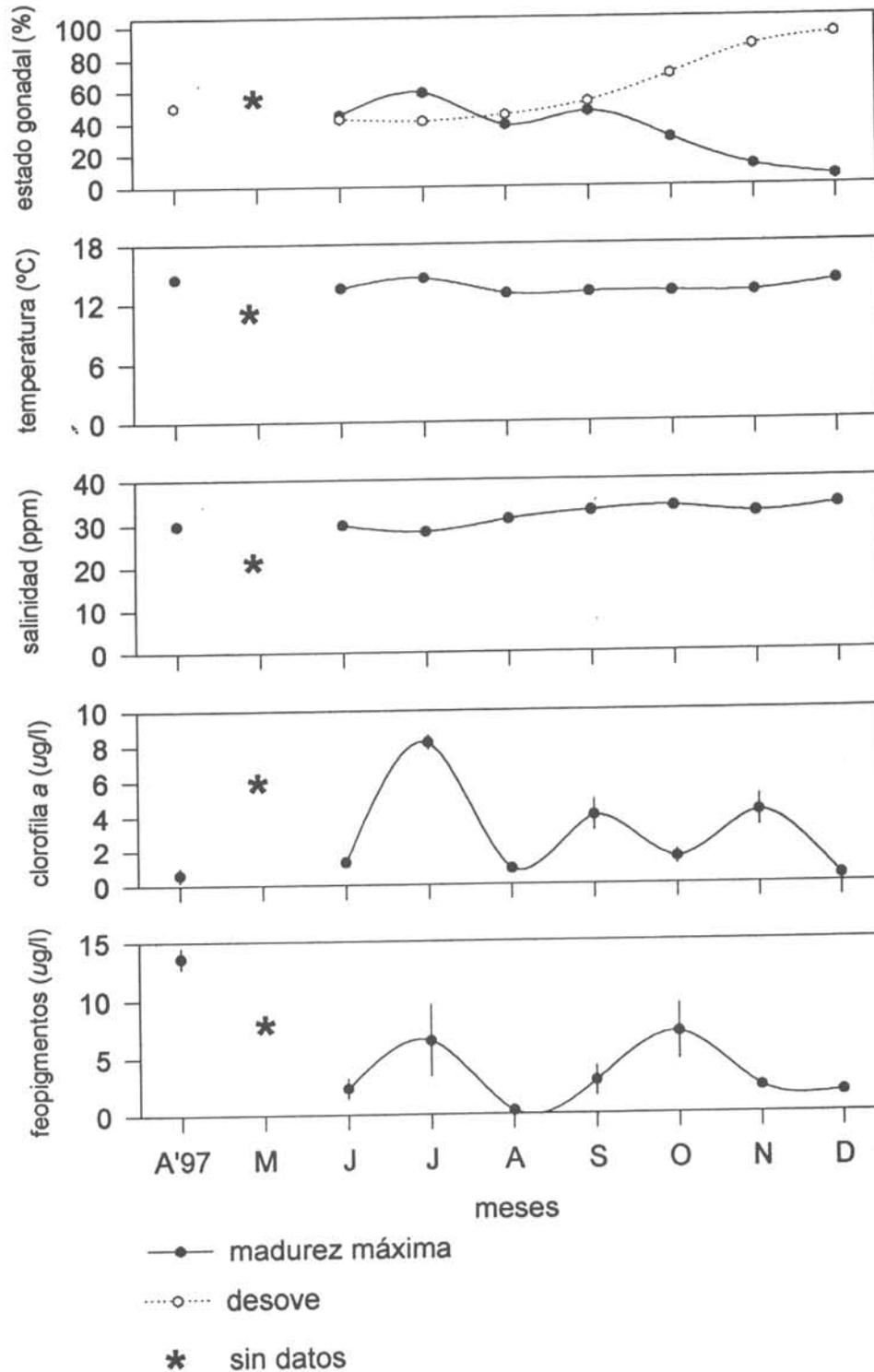
**Figura 34.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de huepos en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Tubul (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila a y fecopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Navajuela Tubul



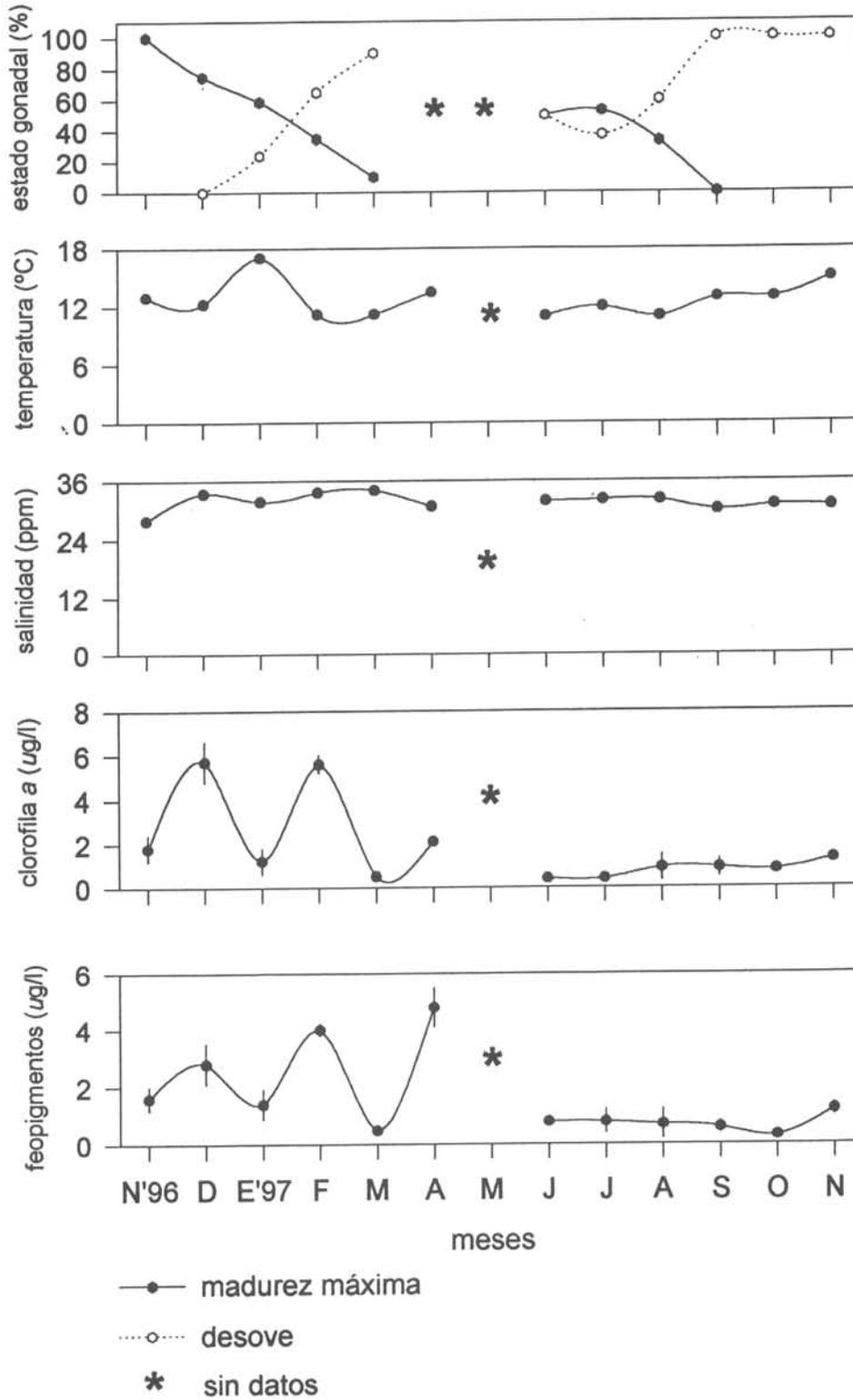
**Figura 35.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de navajuelas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Tubul (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Almeja Tubul



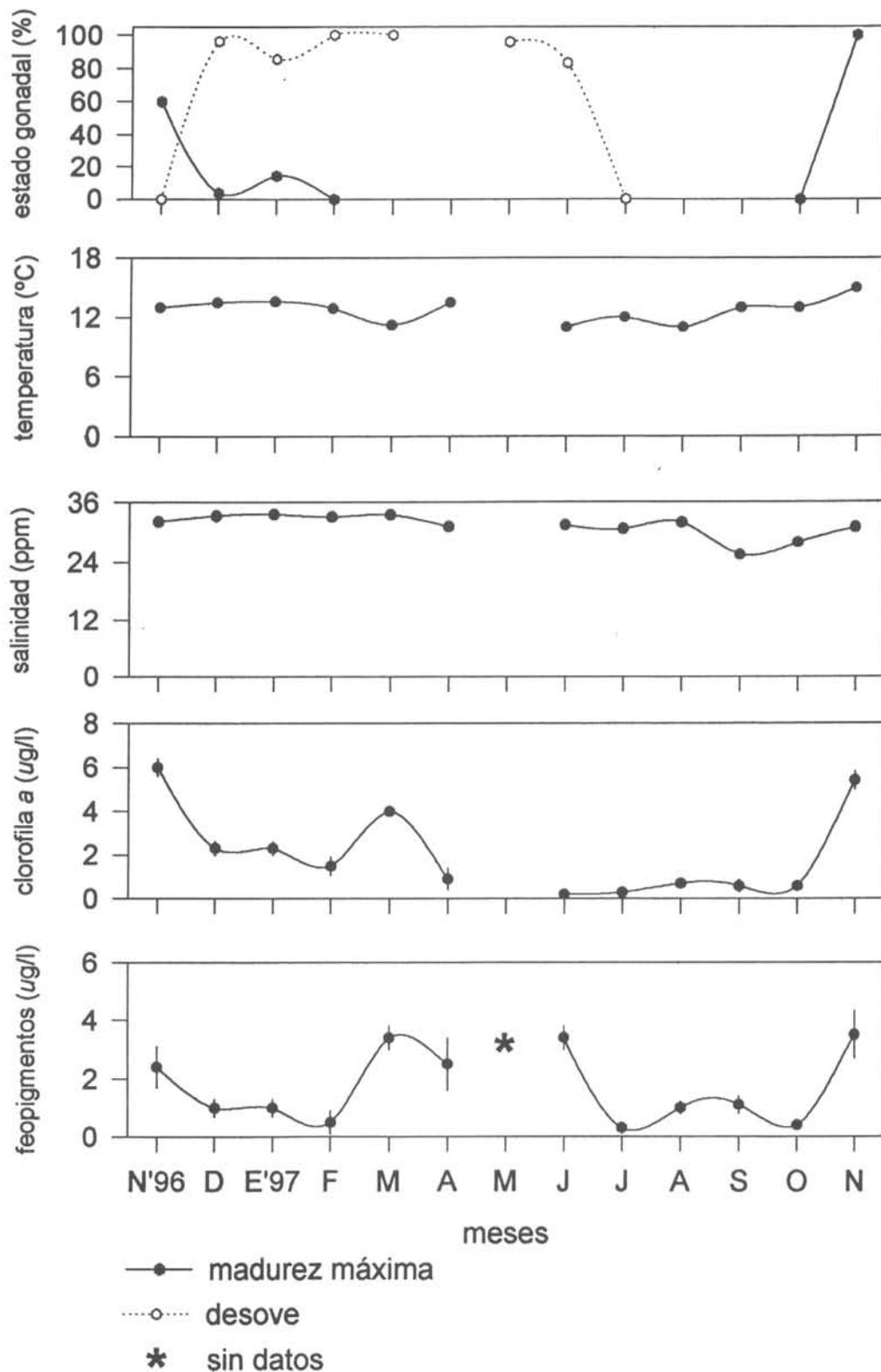
**Figura 36.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de almejas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Tubul (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Huepo Corral



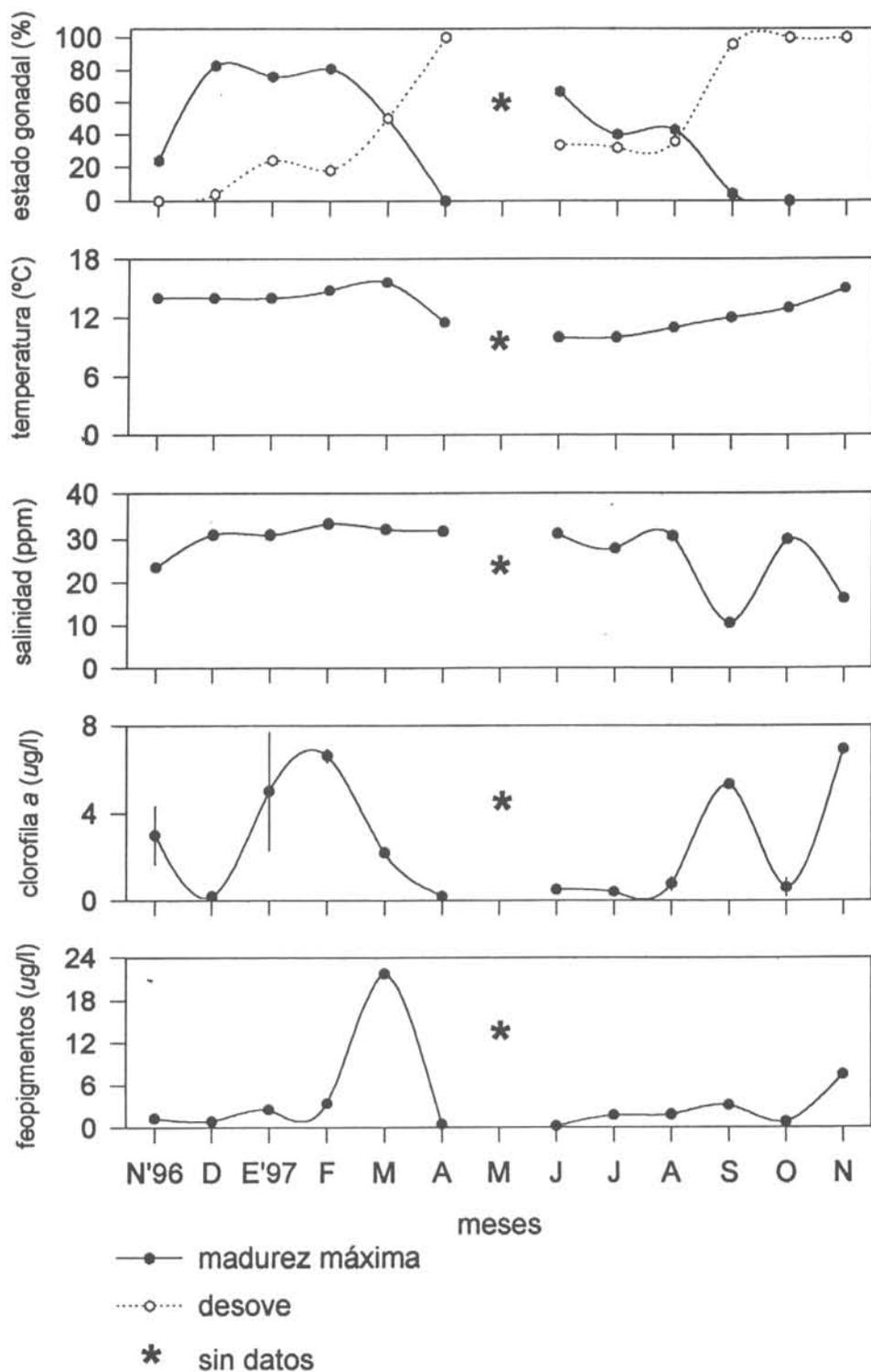
**Figura 37.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de huepos en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Corral (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Navajuela Corral



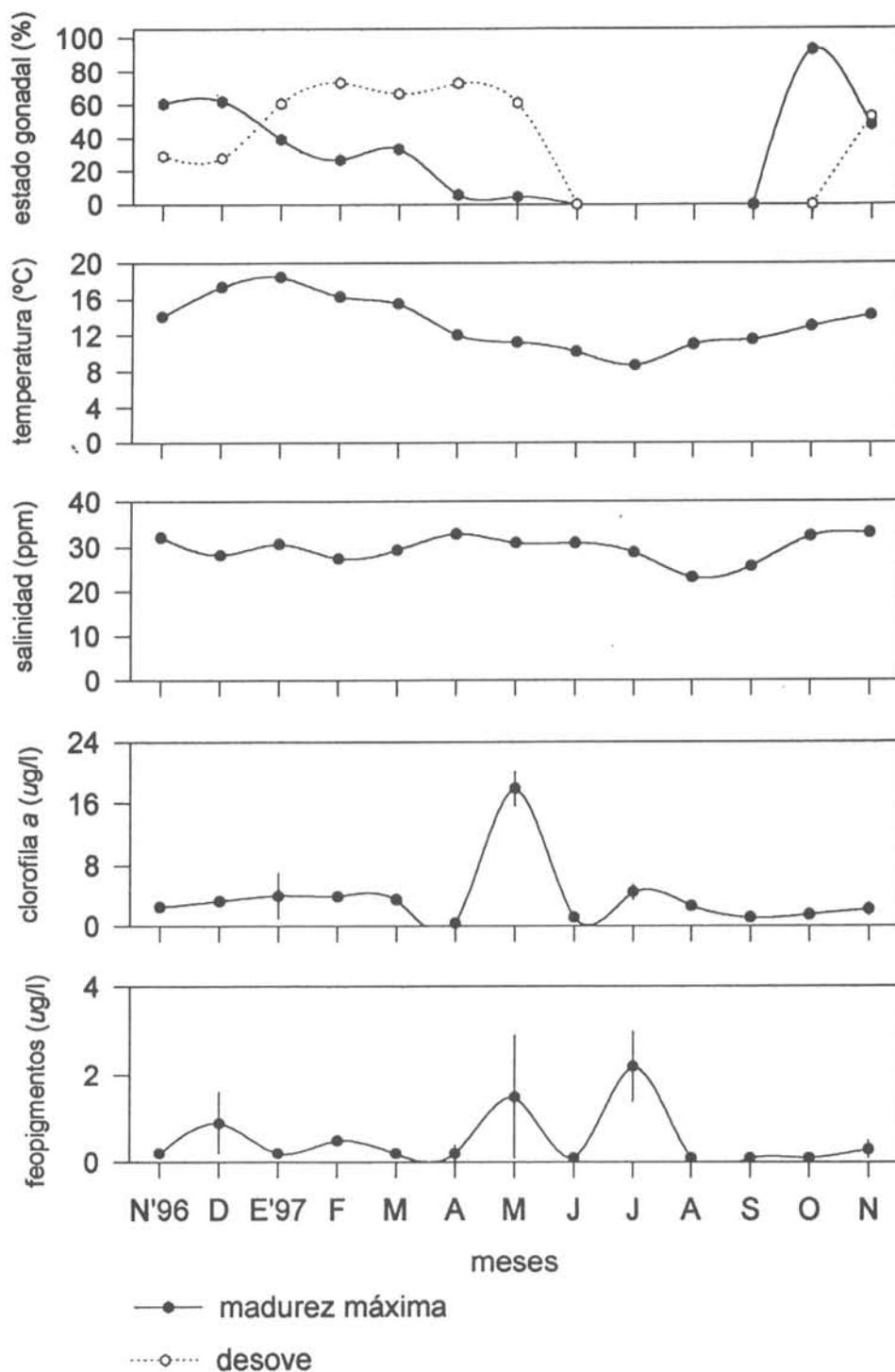
**Figura 38.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de navajuelas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Corral (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Almeja Maullin



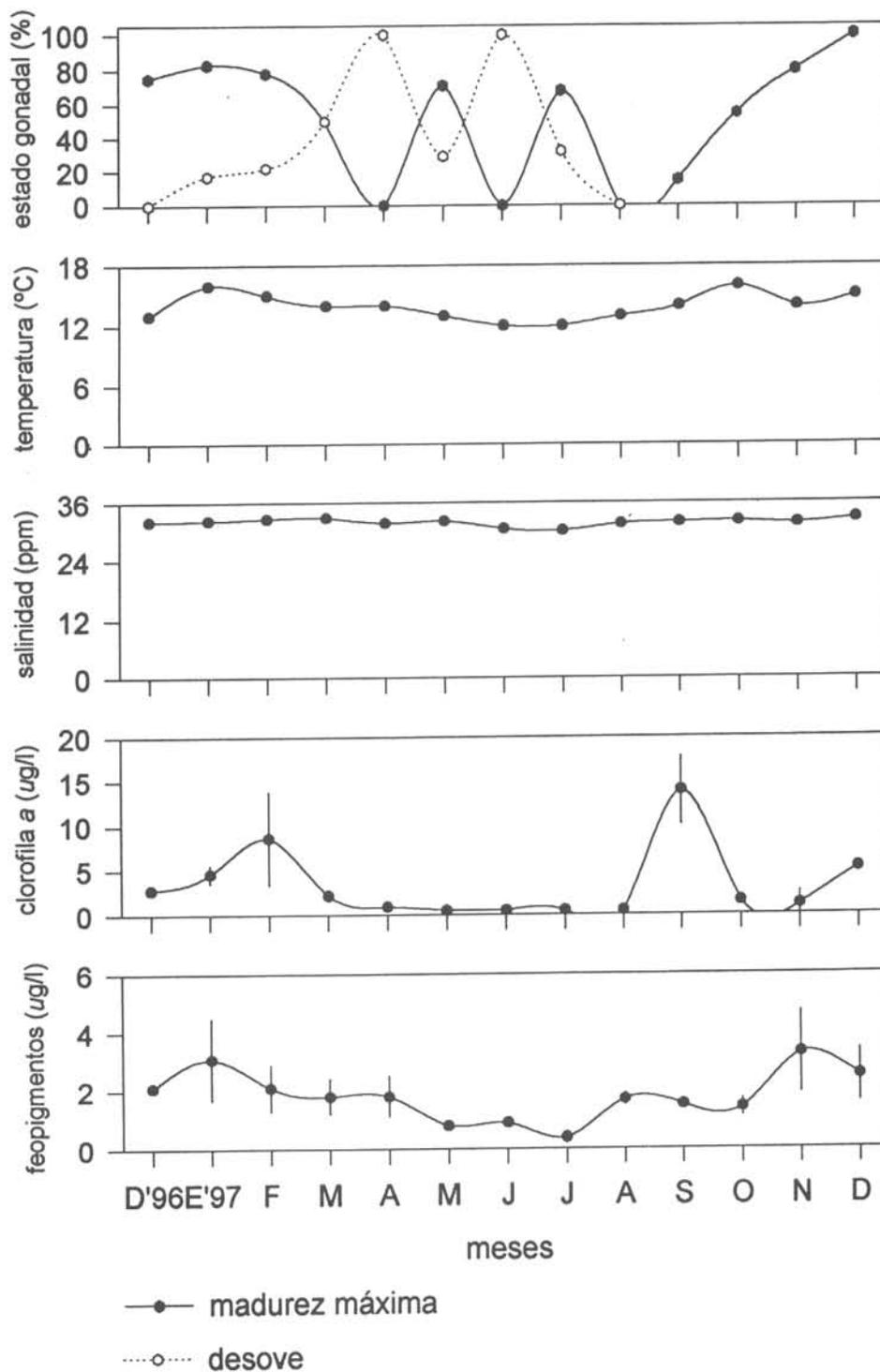
**Figura 39.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de almejas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Maullín (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Navajuela Coihuin



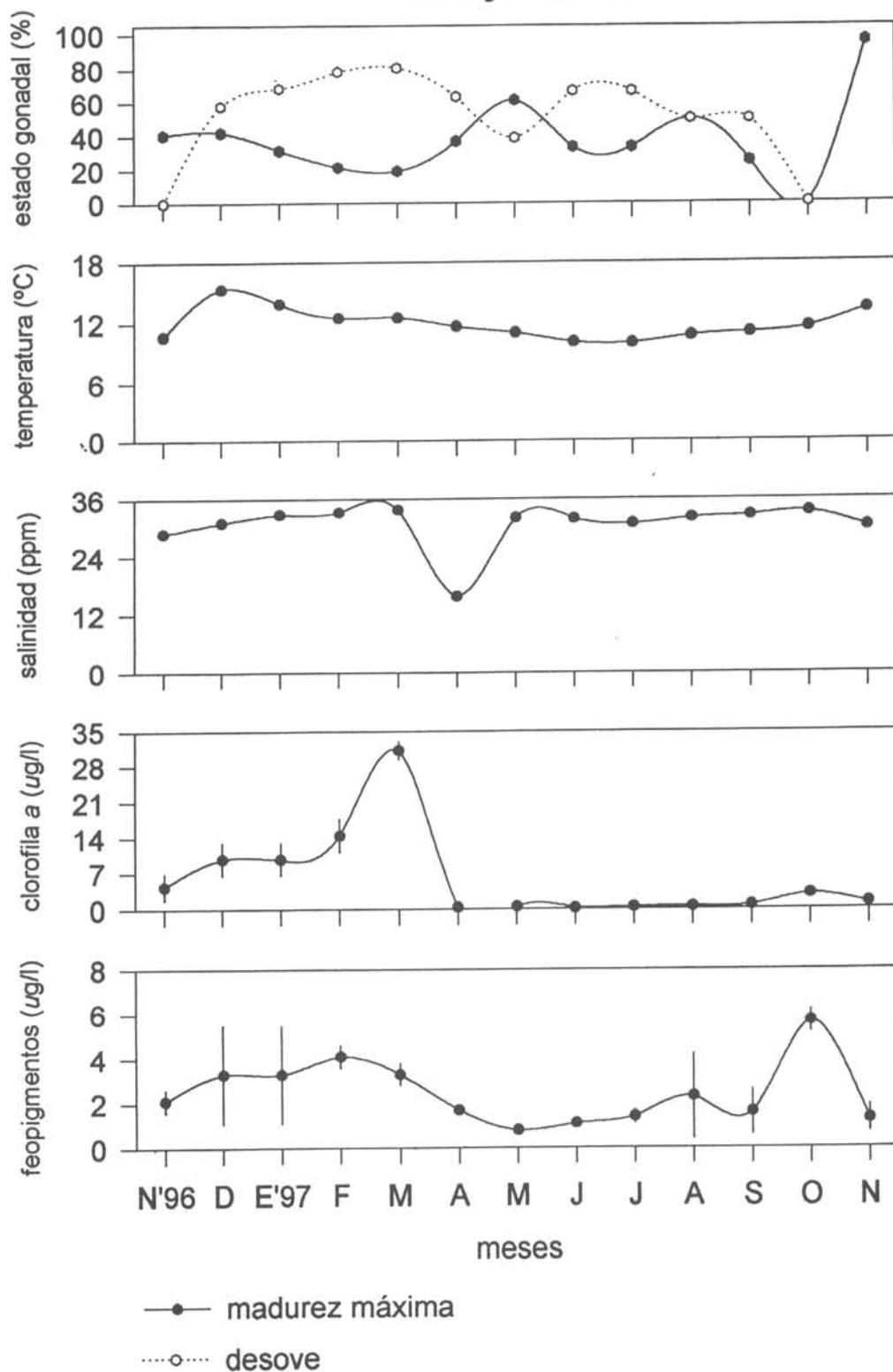
**Figura 40.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de navajuelas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Coihuin (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

## Huepo Ancud

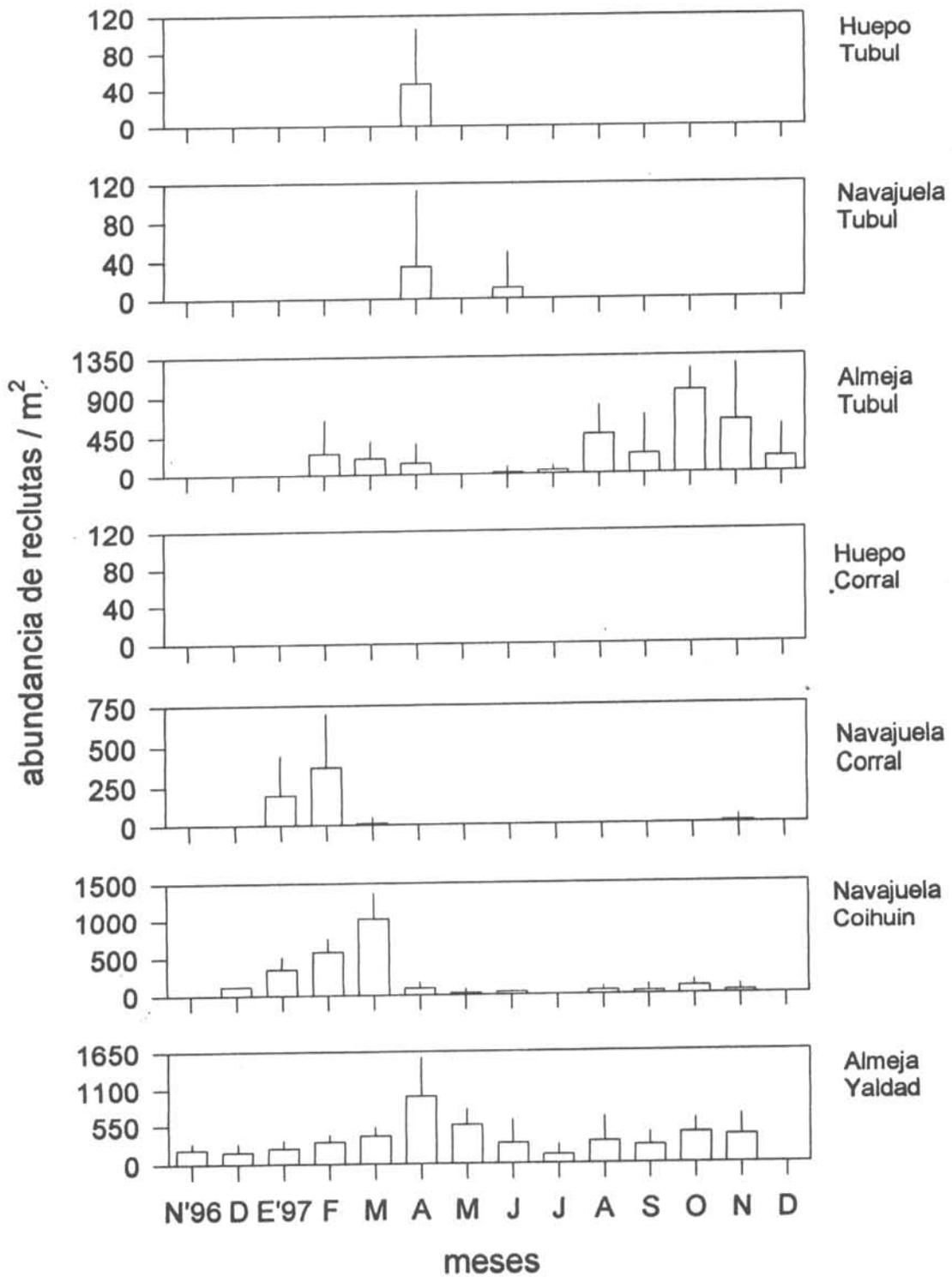


**Figura 41.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de huepos en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Ancud (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estandar.

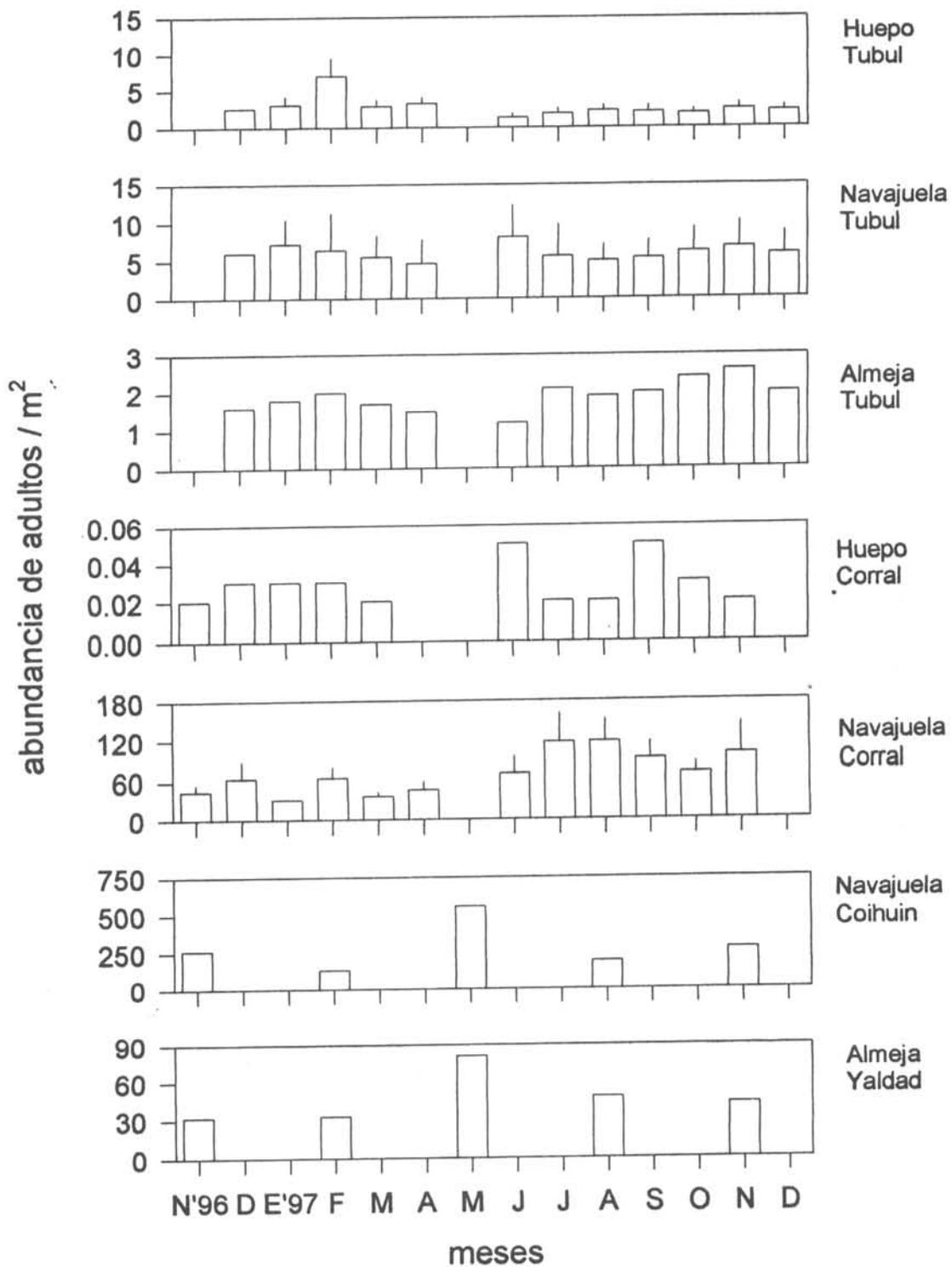
## Almeja Yaldad



**Figura 42.** Variabilidad mensual en la representación porcentual de almejas en los estados de madurez máxima y desove y de las características analizadas en las aguas de fondo en Yaldad (temperatura, salinidad y concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos). En el caso de las últimas dos variables, se incluyen estimaciones de desviación estándar.



**Figura 43.** Variabilidad temporal de la abundancia promedio de individuos reclutas en el fondo de las localidades estudiadas.



**Figura 44.** Variabilidad temporal de la abundancia promedio de individuos adultos en el fondo de las localidades estudiadas.