



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

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 96 - 44

INFORME : ESTUDIO REPRODUCTIVO DEL ERIZO
FINAL EN LAS REGIONES I A VIII

UNIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
EJECUTORA

COMPOSICION Y ORGANIZACION DEL EQUIPO PROFESIONAL Y TECNICO

PROFESIONALES

1. CHITA GUISADO A.
2. ENRIQUE ARIAS R.
3. EDUARDO PEREZ E.

TECNICOS

- FRANCISCO GALLEGUILLOS F.
MARCELO VALDEBENITO O.

RESUMEN EJECUTIVO

Los antecedentes acerca del ciclo reproductivo del erizo blanco, *Loxechinus albus*, señalan que es una especie que presenta un gradiente latitudinal en su reproducción, existiendo una relación con la temperatura, ya que varios autores señalan que los desoves se producirían luego de las más bajas temperaturas del año. Información sobre la fecundidad del recurso no han sido reportados y acerca de la talla de primera madurez sólo existen reportes puntuales que informan de animales más pequeños encontrados maduros.

En el presente estudio se realizaron muestreos en ocho Regiones del país (I a VIII) (Tabla 1), en áreas de fácil acceso y con zonas cercanas a lugares de desembarque del recurso. Dada las condiciones de clima y estado del mar, no se pudieron muestrear mensualmente cada zona.

Los ejemplares recolectados por buceo se procesaron en los Laboratorios de la Universidad Católica del Norte.

Para el estudio del ciclo de madurez sexual se utilizaron diversas metodologías :

- 1) Macroscópica cuantitativa
 - Índice Gonádico
- 2) Microscópica cualitativa
 - Escala microscópica de madurez sexual
 - Variación del Índice de Madurez Gonadal
- 3) Microscópica cuantitativa
 - Estimación de la población de ovocitos
 - Estimación del Coeficiente Gamético
 - Estimación de la variación del área ocupada por la columna espermatogénica y por espermatozoides.

La estimación de la talla media de madurez sexual se utilizó el algoritmo Monte Carlo Matisim y para calcular la fecundidad a la talla del recurso se utilizó la Técnica microscópica esterométrica de Weibel.

En este Proyecto además se realizó un análisis del reclutamiento, crecimiento y mortalidad del recurso en las diversas zonas de muestreo ajustándose curvas de crecimiento mediante el método ELEFAN I.

Los resultados permiten concluir que :

- Existe un gradiente latitudinal en el ciclo reproductivo y también en el mes de reclutamiento de la especie (Fig. 1)
- Los resultados obtenidos para caracterizar el ciclo reproductivo de la especie en las distintas regiones estudiadas, no necesariamente coinciden con lo reportado en la literatura. Se concluye que el Fenómeno del Niño fue un factor que directamente o indirectamente alteró el ciclo reproductivo del recurso.
- La fecundidad varía de acuerdo a la talla. Animales mayores de 60 mm de diámetro poseen una fecundidad superior a los 6 millones de ovocitos maduros pudiendo llegar a tener 25 millones aquellos de más de 90 mm de diámetro.

- Los resultados de la talla de primera madurez para la especie permiten concluir que no existe diferencia en la maduración entre machos y hembras, no difiere entre regiones y que esta se encuentra entre los 15 y 45 mm con un valor central de 37 mm
- En términos generales se aprecia una tendencia a una disminución del valor de L_{∞} hacia el sur. Así mientras en Iquique el valor de este parámetro fue de 150 mm de diámetro, en Los Vilos (zona central del rango geográfico estudiado) fue de 140 mm y en el extremo sur estudiado (Loanco) su valor fue de 120 mm.

TABLA 1. Zonas de muestreo

REGION	LUGAR DE MUESTREO	LATITUD SUR
I	CALETA LOS VERDES	(21°20')
II	TOCOPILLA	(22°05')
III	HUASCO	(28°30')
IV	CALETA LOS VILOS	(30°17')
V	QUINTAY	(33°11')
VI	CTA. LOANCO	(35°20')
VII	CTA. LARAQUETE	(37°10')

INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	1
INDICE DE ANEXOS.....	3
OBJETIVOS.....	9
CONTENIDOS DEL INFORME FINAL.....	10
INTRODUCCION.....	11
MATERIALES Y METODOS.....	14
RESULTADOS.....	31
DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	64
ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA - FIGURA	Página
Tabla I. Epoca de desove en diferentes zonas de Chile.....	12
Tabla II. Zonas de muestreo entre la I y VIII Región de Chile	15
Tabla III. Coeficiente Gamético. Significancia de las diferencias observadas en muestreos de cada Región en erizos machos.	32
Tabla IV. Índice Gonádico. Significancia estadística del análisis de ANOVA para determinar diferencias en los valores observados	40
Tabla V. Fecundidad por talla de erizos recolectados entre la I y VIII Regiones.....	44
Tabla VI. Resultados de los ajustes de madurez sexual utilizando el modelo logístico....	46
Fig. 1. Variación de la Fecundidad promedio del erizo según el tamaño....	43
Fig. 2. Madurez sexual a la talla por Región para cada sexo	47
Fig. 3. Talla de 50% de madurez en función de la Región	49
Fig. 4. Datos crudos y modelo de madurez sexual ajustado para todas las regiones y ambos sexos....	50
Fig. 5. Distribución de frecuencia de los cuartiles de la talla de 50% de madurez	51

Fig. 6. Esquema comparativo del ciclo reproductivo de *L. albus*
entre las regiones primera y octava....59

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	Página
ANEXO I. DISTRIBUCION DE TALLAS ERIZOS.....	68
Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de <i>L. albus</i> .	
I Región	Figs. 1-3.....69-71
II Región	Figs. 4.....72
III Región	Figs 6-7.....73-74
IV Región	Figs..8-9.....75-76
V Región	Figs..10-11.....77-78
VI Región	Figs...12-13.....79-80
VII Región	Figs...14-16.....81-83
VIII Región	Figs....17-18.....84-85
ANEXO II. CICLO REPRODUCTIVO. RELACION TALLA-PESO HÚMEDO	
TOTAL.....	86
Relación Talla-Peso Total de erizos machos y hembras	
I Región	Figs....1-687-89
II Región	Figs...7-13.....93-94
III Región	Figs....14-19.....100-105
IV Región	Figs.....20-27.....106-113
V Región	Figs.....28-34.....114-119

VI Región	Figs..... 35-38.....	120-123
VII Región	Figs..... 39-47.....	124-132
VIII Región	Figs..... 48-49.....	133-134

ANEXO III. CICLO REPRODUCTIVO. RELACION TALLA-PESO HÚMEDO GONADAS.....135

Relación Talla-Peso gónadas de erizos machos y hembras

I Región	Figa... 1-6.....	136-141
II Región	Figs... 7-12.....	142-147
III Región	Figs..... 13-16.....	148-151
IV Región	Figs..... 17-23.....	152-158
V Región	Figs..... 24-30.....	159-165
VI Región	Figs..... 31-34.....	166-169
VII Región	Figs..... 35-43.....	170-178
VIII Región	Figs..... 44.....	179-190

ANEXO IV. CICLO REPRODUCTIVO. ESTADOS DE MADUREZ

GONADAL. INDICE DE MADUREZ GONADAL.....191

Fig. 1 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la I Región.....	192
Fig. 2 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la I Región.....	192
Fig. 3 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la II Región.....	193

Fig. 4 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la II Región.....	193
Fig. 5 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la III Región.....	194
Fig. 6 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la III Región.....	194
Fig. 7 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la IV Región.....	195
Fig. 8 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la IV Región.....	195
Fig. 9 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la V Región.....	196
Fig. 10 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la V Región.....	196
Fig. 11 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la VI Región.....	197
Fig. 12 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la VI Región.....	197
Fig. 13 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la VII Región.....	198
Fig. 14 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la VII Región.....	198

Fig. 15 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos machos en el tiempo en la VIII Región.....	199
Fig. 16 Variación del estado de madurez gonadal (I a V) en erizos hembras en el tiempo en la VIII Región.....	199
Fig. 17. Variación del IMG en erizos machos por localidad por mes	200
Fig. 18. Variación del IMG en erizos hembras por localidad por mes	201

ANEXO V. CICLO REPRODUCTIVO. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TAMAÑOS OVOCITOS.....202

Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

I Región	Figs.1-2.....	203-204
II Región	Figs.3.....	205
III Región	Figs..4-5.....	206-207
IV Región	Figs...6-7.....	208-209
V Región	Figs...8-9.....	210-211
VI Región	Figs....10.....	212
VII Región	Figs....11.....	213
VIII Región	Figs..12-13.....	214-215

ANEXO VI. CICLO REPRODUCTIVO. VARIACIÓN COEFICIENTE GAMÉTICO. VARIACIÓN CAPA GERMINATIVA.....216

Fig. 1 Variación del coeficiente gamético en erizos hembras entre las regiones I a la VIII.....	217
Fig. 2 Variación del coeficiente gamético promedio de erizos machos entre las	

regiones I a la VIII.....218

Fig. 3 Variación del porcentaje del área del acino ocupada por la capa germinativa

en erizos machos entre las regiones I a la VIII.....219

ANEXO VI. VARIACION DEL INDICE GONADICO220.

Fig.1 Indice Gonádico I Región , erizos menores de 60 mm.....221

Fig.2. Indice Gonádico I Región , erizos mayores de 60 mm.....221

Fig.3ndice Gonádico II Región , erizos menores de 60 mm.....222

Fig.4 Indice Gonádico II Región , erizos mayores de 60 mm.....222

Fig.5Indice Gonádico III Región , erizos menores de 60 mm.....223

Fig.6 Indice Gonádico III Región , erizos mayores de 60 mm.....223

Fig.7 Indice Gonádico IV Región , erizos menores de 60 mm.....224

Fig.8. Indice Gonádico IV Región , erizos mayores de 60 mm.....224

Fig.9 Indice Gonádico V Región , erizos menores de 60 mm.....225

Fig.10. Indice Gonádico V Región , erizos mayores de 60 mm.....225

Fig.11.Indice Gonádico VI Región , erizos menores de 60 mm.....226

Fig..12 Indice Gonádico VI Región , erizos mayores de 60 mm.....226

Fig.13. Indice Gonádico VII Región , erizos menores de 60 mm.....227

Fig.14 Indice Gonádico VII Región , erizos mayores de 60 mm.....227

Fig.15 Indice Gonádico VIII Región , erizos menores de 60 mm.....228

Fig.16. Indice Gonádico VIII Región , erizos mayores de 60 mm.....228

ANEXO VIII. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD229.

Tabla 1. Distribución de frecuencias de los muestreos poblacionales230

Tabla 2. Estimadores de crecimiento de *L. albus*231

Fig. 1. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

L. albus en Caleta Los Verdes- Iquique obtenidos a través del programa

ELEFAN 1.....232

Fig. 2. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

L. albus en Caleta Punta Arenas- Tocopilla obtenidos a través del programa

ELEFAN 1.....232

Fig. 3. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

L. albus en Huasco obtenidos a través del programa ELEFAN 1.....232

Fig. 4. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

albus en Los Vilos obtenidos a través del programa ELEFAN 1.....233

Fig. 5. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

L. albus en Quintay obtenidos a través del programa ELEFAN 1.....233

Fig. 6. Distribución de frecuencia de talla y estimadores de la curva de crecimiento de

albus en Loanco obtenidos a través del programa ELEFAN 1.....233

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el ciclo reproductivo del recurso erizo *Loxechinus albus* entre la I y VIII Regiones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

(4.1) Determinar y caracterizar el ciclo reproductivo del erizo entre la I y VIII Regiones.

(4.2) Determinar la talla de primera madurez sexual del erizo entre la I y VIII Regiones.

(4.3) Determinar la fecundidad a la talla del erizo.

CONTENIDO INFORME FINAL

De los datos obtenidos en los meses de muestreo para satisfacer los objetivos 4.1 - 4.2 y 4.3 se entrega:

1. Distribución de frecuencias de tamaño de los animales analizados para determinar el ciclo reproductivo
2. Variación del valor del Índice Gónadosomático en las localidades muestreadas
3. Relación talla/peso total y talla / peso gónada por mes y localidad muestreada
4. Determinación de los estados de madurez de los erizos machos y hembras por mes y localidad muestreada
5. Variación del CG de machos y hembras en los meses y localidades muestreadas
6. Variación de la población de ovocitos, columna espermatogénica y área de espermatozoides en los folículos gónadas en los meses y áreas muestreadas
7. Estimación de la fecundidad a la talla del recurso
8. Estimación del crecimiento, mortalidad y reclutamiento de la especie en las zonas muestreadas
9. Estimación de la talla de primera madurez del recurso

INTRODUCCION

El erizo comestible chileno, *Loxechinus albus* (Molina 1782), es un invertebrado iteróparo, gonocórico bentónico, herbívoro de ciclo de vida mixto y con elevada longevidad. Varios autores han estimado la longevidad de la especie entre otros, Gutierrez & Otsú, (1975) ; Bückle *et al.* (1977) ; Zegers *et al.*(1983) ; Arias (1990) y Gebauer & Moreno (1995). Estos autores han estimado un L_{∞} máximo de 142,2 mm de diámetro de testa y la edad calculada por el último autor citado, varía entre 6-7 años para animales que alcanzan la talla comercial (70 mm) ; señalan además que este recurso podría vivir hasta 14 años.

Reportes sobre la estructura de tamaño de las poblaciones de *L. albus* han sido realizados por Gebauer & Moreno (1995), utilizando análisis de modas, concluyendo que en un año los erizos de 15 mm alcanzan una talla máxima de aproximadamente 24 mm, los cuales tienen un crecimiento anual de 10-14 mm. Los erizos mayores (50-80 mm), según estos autores crecerían entre 8 y 10 mm al año.

Con los antecedentes de varios autores (González *et al.* 1990 ; Gutiérrez & Otsú, 1975 ; Zegers *et al.* 1983) más los reportados por Gebauer & Moreno (1995) permitieron determinar la talla comercial de la especie (7 cm de diámetro de testa), que alcanzarían aproximadamente a los 3-5 años.

Estudios realizados en diversas zonas del país Bückle *et al.* (1978) Bay-Schmith *et al.* (1981) han señalado que se presentan evidencias de actividad gametogénica en animales entre 3,8 y 4,7 cm, tallas que estarían contribuyendo en la reproducción poblacional de la especie.

Estimaciones sobre la actividad reproductiva de *L. albus* en diversas regiones del país han sido realizadas con diversas metodologías y por diversos autores (Guisado & Rojas, 1972 ; Gutierrez & Otsú, 1975 ; Bückle *et al.* 1978 ; Bay-Schmith *et al.*,1981 ; Zamora & Stotz, 1992). Estos antecedentes permiten concluir que la ocurrencia del principal período reproductivo de *L. albus* en nuestro país varía según la latitud Zamora & Stoz (1992) (Tabla I).

En la información presentada en la Tabla I, es importante destacar para los efectos del presente proyecto, que la zona de Mejillones sería una de las dos zonas en donde la

Tabla I. Variación latitudinal del período de desove de *L. albus* en Chile

ZONA	LATITUD	EPOCA DESOVE
II REGION CTA. COLOSO	23°	JUNIO
II REGION MEJILLONES	23°	NOVIEMBRE- DICIEMBRE
IV REGION LAGUNILLAS	30°	JUNIO- AGOSTO
V REGION VALPARAISO-EL QUISCO	32°-33°	AGOSTO-NOVIEMBRE
CHILOE ISLAS GUAITECAS	42°-45°	NOVIEMBRE-DICIEMBRE
PUNTA ARENAS	53°	SEPTIEMBRE-OCTUBRE

ocurrencia del desove no sigue la tendencia latitudinal, ya que si existe tal tendencia debería de ocurrir entre junio y agosto. Este hecho puede ser explicado de varias maneras, entre ellas :

- a) por la ocurrencia de factores ecológicos especiales en la zona, lo cual podría traducirse en un desarrollo gonadal en la época señalada.
- b) por el método utilizado por los autores, ya que sólo utilizaron el valor de IG y de un análisis macroscópico de la gónada, para explicar el ciclo reproductivo de la especie. A este respecto es conocido que, uno de los órganos con mayor importancia en la reserva de nutrientes en los echinoideos es la gónada (Booolotian, 1966).

Cabe destacar además que la evacuación de gametos en *L. albus*, al parecer es regulada por la temperatura, por la longitud del período diurno o nocturno, los cuales además se encuentran relacionados con la alimentación. Este último factor de vital importancia en el desarrollo gonadal de los echinoideos.(Lawrence *et al.*, 1997).

MATERIALES Y METODOS

I. METODOLOGÍA PARA LOS ESTUDIOS REPRODUCTIVOS

I.1. PLAN DE MUESTREO

El plan de muestreo se diseñó con el fin de :

- determinar el ciclo de madurez sexual (objetivo específico 4.1)
- determinar la talla de primera madurez (objetivo específico 4.2)
- determinar la fecundidad a la talla del erizo (objetivo específico 4.3)

Las muestras para el estudio del ciclo reproductivo del recurso se recolectaron mensual o bimensualmente (dependiendo de las condiciones climáticas) en ocho zonas de muestreo entre la I y VIII regiones, zonas que fueron asignadas dadas las características del lugar (facilidad de acceso) y actividad de desembarque del recurso (Tabla I).

Como se aprecia en la Tabla II los lugares de muestreo considerados en este estudio se encuentran espaciados *ca* 2-3 ° de latitud, excepto entre la zona II y III (segunda y tercera regiones) en donde hay cerca de 5°, esto se debe la longitud de costa que poseen ambas regiones. Dado que según la literatura (ej. Zamora & Stotz 1992) entre zonas bastante distantes (II y IV; IV y V; V y X) con condiciones oceanográficas distintas, existe desfase en el comienzo de la época de madurez de no más allá de 1-2 meses (planteado en la Introducción), consideramos que los zonas de muestreo elegidas para este trabajo nos permitirá dar cuenta de cada objetivo en su totalidad para cada Región.

TABLA II. Zonas de muestreo entre la I y VIII Región de Chile

REGIÓN	ZONA	LATITUD SUR
I	CTA. LOS VERDES	21° 20'
II	TOCOPILLA	22° 05'
III	PTO.HUASCO	28° 27'
IV	CTA.LOS VILOS	30° 17'
V	CTA.QUINTAY	33 °11'
VI	CTA.LA BOCA	33° 35'
VII	CTA.LOANCO	35° 20'
VIII	CTA. LARAQUETE	37° 10'

De cada zona de muestreo se recolectaron 10 ejemplares por cada rango de talla de 10 mm, desde individuos de 30 mm.

Para la determinación y caracterizar el ciclo de madurez del erizo entre la I y VIII Regiones (objetivo 4.1) se utilizaron todas las muestras recolectadas a lo largo de 12 meses en las 8 zonas de muestreo.

Para la determinación de la talla de primera madurez (objetivo 4.2) se utilizaron ejemplares provenientes de los muestreos de los meses de madurez máxima en las todas las zonas de muestreo .

Para la determinación de la fecundidad a la talla del erizo se realizó el análisis histológico correspondiente (detallado más adelante) (objetivo 4.3) se realizó también durante el período de madurez máxima en los meses y zonas en que se hizo histología de la gónada

1.2. OBTENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EJEMPLARES

Los ejemplares recolectados por buceo apnea y autónomo en las distintas zonas de muestreo se procesaron en los Laboratorios de la Universidad Católica del Norte (Coquimbo). Para este efecto, se trasladaron vía terrestre y aérea en recipientes especiales a baja temperatura.

De cada ejemplar se obtuvieron los siguientes datos:

- diámetro de testa (precisión 0,1 mm)
- peso húmedo total (precisión 0,1 g)
- sexo, determinado mediante frotis y/o muestra histológica de tejido gonadal

Se extrajeron las gónadas de cada erizo, a través de los ambulacros I y III, zona en que no se encuentra interiormente ninguna gónada. Cada gónada se pesó (precisión 0,1 g), previa eliminación del exceso de agua, mediante papel absorbente.

1.2.1. Análisis histológico

De cada ejemplar se extrajo la gónada ubicada en el interambulacro 2 (Larraín 1975) y la porción media de ella se fijó en Bouin acuoso (agua de mar filtrada a 1 μ m). Se siguió el procedimiento de la técnica histológica corriente (Martoja & Martoja-Pierson

1967); se deshidrató la muestra en una batería de alcohol creciente (70°-100°), se aclaró en xilol y fue incluida en parafina (punto de fusión 57°-60°). De cada bloque se obtuvieron dos cortes paralelos al eje de la gónada de 6 µm de espesor cada uno, espaciados 400 µm uno del otro con el propósito de asegurarse de no incluir en el segundo corte aquellos ovocitos (con vesícula germinativa) y óvulos presentes en el primer corte. Los cortes se tiñeron con Hematoxilina férrica de Harris y Eosina acuosa amarillenta.

I.3. CICLO DE MADUREZ SEXUAL

El estudio del ciclo de madurez sexual se determinó utilizando distintas metodologías:

a) Macroscópica cuantitativa

- Índice Gonádico

b) Microscópicas cualitativas

- Escala microscópica de madurez sexual

c) Microscópicas cuantitativas

c.1. Hembras:

c.1.1. Estimación de la población de ovocitos

c.1.2. Estimación del coeficiente gamético

c.2. Machos

c.2.1. Estimación de la variación del área ocupada por la columna espermatogénica y por espermatozoides

c.2.2. Estimación del coeficiente gamético

a) Cálculo del Índice Gonádico (IG)

El Índice Gonádico (IG) se estimó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{IG} = \frac{\text{Peso húmedo de las cinco gónadas} \times 100}{\text{Peso húmedo total del ejemplar}}$$

Se estimó el índice gonádico promedio para individuos menores de 59,9 mm y para aquellos iguales o mayores a 60 mm, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{IGS}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \text{IGS}_{ih}}{n_h}$$

donde:

IGS_{ih} = Índice Gonádico del individuo i-ésimo en el grupo de tallas h-ésimo

n_h = número de ejemplares en el grupo de tallas h-ésimo

La varianza del IGS_h se estimó:

$$V(\text{IGS}_h) = \frac{1}{n_h} (1-f_h) \left[\frac{\sum (\text{IGS}_{ih} - \text{IGS}_h)^2}{n_h - 1} \right]$$

donde:

$f_h = n_h / N_h$ = fracción de muestreo del grupo de tallas h-ésimo

La estimación del índice gonádico promedio de la población se realizó :

$$\text{IGS} = \frac{\sum_{h=1}^L W_h \text{IGS}_h}{L}$$

donde:

$W_h = N_h / N$ peso del grupo de tallas h-ésimo en la población

Estimador de la varianza de IGS :

$$V (IGS) = \sum_{h=1}^L W^2_h V (IGS h)$$

b). Análisis cualitativo de las preparaciones histológicas.

b.1. Determinación del estado de madurez

Se examinaron placas correspondientes a 3 ejemplares de cada sexo por cada clase de talla provenientes de las diversas zonas de muestreo (estudio del ciclo reproductivo) .

Cada preparación se clasificó en el estado de desarrollo gonadal correspondiente, de acuerdo al criterio descrito por Fuji (1960), Guisado & Rojas (1972) , Zamora & Stotz (1992) y Lozada & Bustos (1984) tanto para hembras como para machos. Estos estados son los siguientes:

JUVENILES:

O INMADUROS:

- Ausencia de acinos en al tejido gonadal
- Abundante tejido conectivo

Ob PREADULTEZ:

- Formación de acinos
- primeros signos de gametogénesis, con gonios y citos I (pudiéndose distinguir sexos)

ADULTOS

HEMBRAS

Estado I (Desovado o post evacuado):

- Fagocitos nutritivos abundantes en el lumen del acino
- Ovocitos maduros en reabsorción
- Grupos de ovogonias y ovocitos previtalogénicos en la pared interna del acino

Estado II (Recuperación):

- Presencia de ovocitos previtalogénicos en la periferia del acino
- Algunos fagocitos nutritivos

Estado III (Crecimiento o madurez progresiva inicial)

- Presencia de ovocitos previtalogénicos y fagocitos nutritivos
- Capa basal del acino cubierto con ovocitos vitalogénicos

Estado IV (Premaduro o madurez progresiva media)

- Pocos ovocitos previtalogénicos
- Numerosos ovocitos vitalogénicos en la pared del acino (adeheridos y pedunculados)

Estado V (Maduro):

- Óvocitos maduros se encuentran en todo el lumen del acino, tomando una forma poligonal
- Tejido germinal y fagocitos nutritivos restringidos a la periferia del acino

MACHOS

Estado I (Vacío o post-evacuado):

- Lumen del acino ocupado totalmente por fagocitos nutritivos
- Escasos espermatozoides en el lumen en proceso de reabsorción

Estado II (Recuperación):

- Columna espermatogénica delgada conteniendo espermatogonias y espermatocitos
- Lumen aún con algunos fagocitos nutritivos

Estado III (Crecimiento o madurez progresiva inicial):

- Grosor de la columna espermatogénica mayor

- Presencia de algunas espermátidas en proceso de desprendimiento hacia el centro del acino
- Algunos fagocitos nutritivos en el lumen del acino

Estado IV (Premaduro o madurez progresiva media):

- Se observa columna espermatogénica completa
- Espermatozoides en el lumen del acino
- Espermátidas en proceso de desprendimiento

Estado V (Maduro):

- Lumen del acino ocupado totalmente por espermatozoides
- Tejido espermatogénico y fagocitos nutritivos reducidos a una delgada banda periférica

b.2. Índice de madurez gonadal

Los estados definidos a partir del análisis histológico de las muestras (descritos en el punto 1.3.b, de la Propuesta Técnica) serán empleados para el cálculo del Índice de Madurez Gonadal (IMG), de acuerdo a Yoshida (1952):

$$\text{IMG} = \frac{\sum (n \times F)}{N}$$

donde:

- IMG = Índice de Madurez Gonadal
 F = Estado de desarrollo gametogénico (I-V)
 n = Número de animales en estado F
 N = Número de animales en la muestra

c. Análisis cuantitativo de las preparaciones histológicas

c.1.1. Estimación de la población de ovocitos

Se empleó la metodología descrita por Pearse (1969), para lo cual se midió el diámetro de todos los ovocitos presentes, en acinos gonadales circulares, en uno o más transectos de la preparación histológica, hasta completar a lo menos 150 ovocitos medidos.

c.1.2. Estimación del coeficiente gamético (CG)

Se estimó contabilizando los ovocitos maduros contenidos en el lumen del acino ovárico seccionado transversalmente y promediando el recuento de 3 lóbulos por hembra:

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

c.2. Machos

c.2.1. Estimación de la variación del área ocupada por la columna espermatogénica y la capa de espermatozoides.

Se empleó la metodología descrita por Holland & Holland (1969). Se midió el grosor de la columna espermatogénica y el diámetro de la masa de espermatozoides en el lumen de 10 acinos de cada muestra histológica circulares cuyo radio fuese igual o superior a 160 μm .

c.2.2. Estimación del Coeficiente Gamético (CG)

Para calcular este coeficiente se midieron los diámetros máximos y mínimos de la sección del acino y de la masa de espermatozoides que se encontraban en el lumen de este en 10 acinos de cada muestra histológica de gónada masculina.

d) Análisis estadístico.

Con el fin de realizar las comparaciones estadísticas de la ubicación temporal de las diferentes etapas del ciclo reproductivo entre las regiones estudiadas, se realizaron Análisis de ANOVA de dos factores (Meses y Región). Previo el análisis se determinó homoscedasticidad de varianzas (Test de Bartlett) y la normalidad de los datos. En caso de que no se cumplan estos requisitos básicos para realizar el Test de ANOVA, se realizaron test no paramétricos (Test de Kruskal-Wallis, Mann Whitney, P=95%).

1.4. TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

Para la determinar de la talla de primera madurez sexual , se agruparon junto a los juveniles, a aquellos individuos, que maduraban por primera vez y que no hayan alcanzado aún su máxima madurez gonadal .

Los ejemplares se agruparon en ejemplares inmaduros (estados O, Ob y I, por primera vez) y ejemplares maduros. Para este análisis se consideraron en conjunto las hembras y los machos de las diversas zonas de muestreo y análisis histológico.

Se utilizó la regresión logística (Hosmer y Lemeshow, 1989) análisis que consiste en el ajuste de la función logística:

$$P(1) = \beta_1 / 1 + e^{\beta_2 + \beta_3 1}$$

donde:

p(1): proporción sexualmente madura a la talla 1

β_1 , β_2 y β_3 = parámetros de la asíntota, posición y pendiente respectivamente.

Se utilizó este modelo ya que es apropiado para variables dicotómica como es la madurez sexual en función de una variable continua (talla). Los errores del modelo se distribuyen en forma binomial, por lo cual los parámetros serán estimados utilizando la estimación de máxima verosimilitud:

$$\sum (\beta_1 \beta_2 \beta_3) = -C \sum [h \ln(p(l)) + (1-h) (\ln(1 - P(l)))]$$

C : constante

donde

h : variable dicotómica (h=0, inmaduro; h=1, maduro)

P(l) ecuación logística y la suma de todas las observaciones

Para la estimación de la talla media de madurez sexual ($l_{50\%}$) se utilizó el algoritmo Monte Carlo MATSIM (Roa 1995; *comp pers* E. Arias), el cual consiste en remuestrear desde una función de distribución normal los estimados de los parámetros β_2 y β_3 en repetidas ocasiones y calcular para cada ensayo la $l_{50\%}$ obtenida, cuando

$$P(l) = 50\% \quad (l_{50\%} = -\beta_2 / \beta_3)$$

El algoritmo toma en cuenta la correlación entre ambos parámetros. Se obtuvo una función empírica de probabilidad para $l_{50\%}$, quedando su intervalo de confianza del 95% definido por el cuantil del 2,5 y 97,5% en los ensayos ordenados de mayor a menor. El $l_{50\%}$ correspondió al cuantil del 50% de los ensayos ordenados

1.5. ESTIMACIÓN DE LA FECUNDIDAD A LA TALLA DEL RECURSO

1.5.a) Técnica microscópica esterométrica de Weibel (1969)

Se seleccionaron las preparaciones histológicas de individuos hembras en estado de madurez máxima de cada grupo de tamaño (a lo menos 3 de cada una) que presentaron acinos (folículos) que invadían el tejido gonadal.

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

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

donde:

N_v : número de ovocitos contenidos en el volumen unitario

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

β : coeficiente relacionado con la forma de los ovocitos

N_a : densidad areal en la superficie unitaria

V_v : densidad volumétrica en el volumen unitario

Para obtener el valor de β se calculó:

- el promedio del eje mayor y menor de 100 ovocitos mediante un micrómetro ocular (1 mm/100)

- el valor de $\lambda = b/a$

Luego se interpoló β en la ordenada de un gráfico para formas ovocitarias (elipsoides) (Weibel 1969)

Para el cálculo de N_a se contaron los ovocitos que quedaron dentro del retículo de Karl Zeiss I:25, en donde se incluyeron las células cuyo centro de gravedad cayeron tanto en el margen superior como en el izquierdo.

Para el cálculo de V_v se contabilizaron las células que impactaban en los puntos del retículo. Para este cálculo como para el de N_a se contabilizaron cinco campos microscópicos de cada muestra .

Se determinó además el volumen unitario con un micrometro objetivo Zeiss 5 +100/100, extrapolando luego la superficie medida.

La fecundidad potencial (FP) se calculó:

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

donde:

VG = volumen gónada

V_u = volumen unitario

1.5.b. Con el fin de determinar si las diferencias observadas en la fecundidad promedio del erizo menor y mayor de 60 mm de diámetro de testa, eran significativamente diferentes ($P=95\%$), se realizó un análisis de ANOVA (Kruskal-Wallis)

II. Metodología para las Actividades Complementarias

1. Evaluación del Crecimiento Individual de *Loxechinus albus* en Diferentes Localidades entre la I y la VIII Región

1.1 Crecimiento en longitud

Información básica requerida: distribuciones de frecuencia de longitudes (dfl) por localidad de estudio.

Enfoque Metodológico: La metodología para estimar los parámetros de crecimiento para cada localidad estudiada está basada en un único muestreo poblacional, efectuado durante la época de reclutamiento, en la cual se pudo tener el rango total de tamaños representados en la población muestreada. La razón para trabajar con una única muestra es el de no incurrir en gastos adicionales a los objetivos específicos del proyecto y utilizar para ello algún método lo suficientemente robusto como para estimar adecuadamente los parámetros de crecimiento.

Un método no paramétrico basado en dfl potencialmente utilizable podría ser ELEFAN I. De hecho Wolff (1989) usó este método para estimar el crecimiento de Concholepas concholepas en la localidad de Huasco a partir de una única gran muestra de conchas de loco. A pesar de que el ajuste obtenido por Wolff (op. cit.) fue el máximo posible ($ESP/ASP=1$) ELEFAN I posee los siguientes inconvenientes:

- a) Subutiliza la información contenida en la muestra ya que usa sólo la información referida a las modas que le es posible distinguir, por lo tanto, depende de la detección de "modas y

valles" lo que lo hace depender radicalmente de la cantidad de clases de tamaño incluidas en el promedio móvil

- b) El método discrimina modas usando aquellas **dfi** por sobre un valor de frecuencia calculado en base a un promedio móvil calculado arbitrariamente abarcando 5 clases de tamaño
- c) Es incapaz de trabajar eficientemente con reclutamientos múltiples durante el año
- d) No proporciona estimadores de varianza para los parámetros calculados

Los inconvenientes anteriores pueden ser resueltos mediante el empleo de algún modelo que pueda usar toda la información contenida en la **dfi**. Con este fin el modelo a emplear será el Análisis de la Composición de Longitudes de Shepherd (ACLS, Shepherd, 1987; Basson *et al.*, 1988).

El método compara las **dfi** observadas con una función de prueba construida a partir de ciertas combinaciones de parámetros de crecimiento, la cual tiene signo positivo si éstos predicen una moda y negativa si predicen una longitud intermodal. La función tiene la forma

$$T(i) = \left\{ \sin \pi(t_{\max} - t_{\min}) / (t_{\max} - t_{\min}) \right\} \cos 2\pi(t_{\text{bar}} - t_s)$$

donde t_{\max} y t_{\min} son las edades-longitudes que corresponden a los límites superior e inferior del intervalo de longitud i ; y t_{bar} es el promedio de t_{\max} y t_{\min} . El parámetro t_s indica el tiempo en el año en que se tomó la muestra expresada como una fracción del ciclo anual. La función de prueba es una función periódica continua, lo que significa que toda la información contenida en la muestra de **dfi** se usa en el proceso de estimación y no sólo las modas como en ELEFAN I. Esto le da mayor robustez a la estimación de los parámetros de crecimiento a partir de una única muestra representativa del rango total de tamaños presentes en la población.

La función score o criterio de bondad de ajuste está dada por la relación

$$S = \sum T(i)N(i)^{1/2}$$

donde el subíndice i representa a los grupos de longitudes, $N(i)$ es el número de observaciones en el grupo i y $T(i)$ es el valor de la función de prueba para el intervalo de tamaño i . En este caso, la transformación a raíz cuadrada en $N(i)$ se utiliza para estabilizar la varianza de S

(Shepherd, 1987). El valor de S tiene un máximo para aquellos parámetros de crecimiento que mejor ajusta a la función de prueba con los datos observados. Por otra parte, se pueden mapear los resultados de S para todas las combinaciones de parámetros a través de una superficie de ajustes, lo cual implica que de existir múltiples máximos puede estimarse el tamaño y la forma de la región de confianza. Este último procedimiento se utilizó para entregar los intervalos de confianza para la estimación de los parámetros de crecimiento.

El crecimiento en longitud¹ se expresó a través de la conocida fórmula de von Bertalanffy

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

1.2 Crecimiento en peso

Información básica necesaria: L_∞ , parámetros a y b de la relación longitud peso.

Enfoque Metodológico: Se determinó la relación longitud-peso en cada localidad. Para ello se tomó una muestra de 250 individuos, cubriendo todo el rango de tamaños, los que fueron pesados y medidos, calculándose los valores de a y b de la ecuación que describe esta relación. Los valores de L_∞ y b sirvieron para expresar el crecimiento en peso a través de la ecuación

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

donde b es el valor de la pendiente de la relación longitud-peso previamente establecida.

2. Estimaciones de mortalidad natural, por pesca y total por localidad

2.1 Mortalidad Natural

¹ Diámetro de la testa

Información básica requerida: L_{∞} , K , t_0 , λ (longevidad), edad de primera madurez sexual

Enfoque Metodológico: El coeficiente de mortalidad natural es uno de las principales fuentes de incertidumbre en la ciencia pesquera (Caddy, 1991). Sin embargo, a partir de los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y t_0 se puede obtener una primera aproximación a un valor de mortalidad natural a partir de la ecuación de von Bertalanffy. Esta información fue proporcionada por los resultados obtenidos en el análisis del crecimiento.

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

y sabiendo que $t_{\text{máx}}$ es la edad máxima o longevidad (λ) y $L_{\text{máx}}$ es la longitud a $t_{\text{máx}}$, entonces de acuerdo a Taylor (1958)

$$L_{\text{máx}}/L_{\infty} = 0.95$$

al despejar la ecuación de von Bertalanffy en función de $t_{\text{máx}}$ se obtiene finalmente (Pauly, 1984)

$$t_{\text{máx}} = \lambda = 3/k + t_0$$

conocida λ es posible obtener M mediante la expresión

$$M = -\ln(0.01)/\lambda$$

donde 0.01 representa el momento en que el 99% de una cohorte ha desaparecido² (Sparre *et al.*, 1989). Dado que existirán varias estimaciones de los parámetros de crecimiento, se pudo identificar un intervalo de confianza para el parámetro M estimado a partir de la ecuación precedente.

Una estimación adicional de M se realizó mediante el método propuesto por Rickhter y Efanov (1976). Este relaciona la mortalidad natural con la edad a la cual el 50% del stock alcanza la edad de "desove masivo" t_{mass} mediante la función

$$M = ((1.52/t_{\text{mass}})*0.72) - 0.16$$

Los datos de t_{mass} se obtuvieron en las actividades principales del proyecto.

2.2 Mortalidad por Total y Mortalidad por Pesca

Información básica requerida: Muestras de **dfI**, L_{∞} , K

² Otros valores para este porcentaje pueden introducirse fácilmente en el análisis

Enfoque Metodológico: El coeficiente de mortalidad F puede calcularse conociendo Z y M . Los valores del coeficiente M estarán disponibles del punto anterior. Entonces F puede conocerse mediante

$$F = Z - M$$

Para el cálculo de Z existe una diversidad de métodos de evaluación, siendo el más utilizado el de la curva de captura que será el método a ser empleado en esta propuesta (Pauly, 1984; Sparre et al, 1989; Gayanilo *et al.*, 1993). Este procedimiento se basa en la siguiente relación

$$\ln C(t_1, t+\Delta t) = a - Z*t$$

donde $\ln C(t_1, t+\Delta t)$ es el número de individuos en la muestra de edad entre t y $t+\Delta t$. El procesamiento de esta información será apoyada por medio del programa FISAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools, Gayanilo *et al.*, 1993) en donde el procedimiento está automatizado.

El resultado final de esta actividad fue la estimación del coeficiente de mortalidad por pesca para el banco más importante en cada una de las regiones de estudio. Se llama la atención en dos aspectos relevantes de este valor:

- a) Es específico para el principal banco de erizos en cada región estudiada, es decir, no significa un valor regional global y
- b) Se considera como un valor conservador, dado los supuestos del método de cálculo (principalmente referida a la distribución homogénea del recurso). Como ha sido demostrado recientemente (Seijo *et al.*, 1996) los modelos basados en este supuesto tienden a subestimar el valor de la mortalidad por pesca.

RESULTADOS

1.- Ciclo Reproductivo .

En el Anexo I (Figs. 1-18) se presentan los resultados sobre distribución de frecuencia de talla de los erizos recolectados en cada Región y en cada muestreo, que fueron considerados en el análisis del ciclo reproductivo. Los animales de menor tamaño (< 10 mm de diámetro de testa) se encontraron en la IV y V Región (agosto, Fig. 8 y Fig. 11, respectivamente). Los animales de mayor tamaño (> de 110 mm) fueron recolectados en la tercera Región (marzo y mayo, Fig. 7) y en la V Región (marzo y mayo, Fig. 10 ; agosto y septiembre, Fig. 11). La mayoría de los erizos recolectados medían más de 40 mm de diámetro de testa.

La relación talla-peso húmedo total de los erizos machos y hembras analizados para el estudio de madurez, se presentan en el Anexo II (Figs. 1-). La correlación entre estas variables morfológicas fue altamente positiva, la mayoría presentaron un R^2 mayor a 0,9. Se aprecia si que en algunos meses esta relación tiende a ser exponencial positiva, mientras que en otros es lineal (Figs. 3 y 4), especialmente esta última se presenta en machos.

1.1. PRIMERA REGIÓN.

1.1.1. Machos

En los meses de enero, agosto-septiembre y diciembre, se presentaron una gran cantidad de animales machos en estado de madurez máxima (V, >50%) (Anexo IV, Fig.1). Estos valores coinciden con la frecuencia bastante elevada de animales en estado IV (en proceso de maduración) en el mismo mes o en el anterior. La mayor cantidad de animales machos desovados se presentó en el mes de marzo (100%). La cantidad de erizos maduros o en proceso de madurez coincide con el alto valor del Coeficiente Gamético (CG), que se presenta en enero, septiembre y diciembre (Anexo VI, Fig. 2).

En el mes de junio, en donde se presentan la gran cantidad de animales comenzando el proceso de madurez gamética (estado III), se apreció el menor valor del CG, diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$, Tabla III) con respecto a lo

Tabla III Coeficiente Gamético. Significancia de las diferencias observadas entre muestreos en cada Región en erizos machos

I REGION			III REGION			IV REGION			VII REGION				
MESES	ENERO	FEBRERO	DICIEMBRE	MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	JULIO
ENERO	-	-	*	ENERO	*	*	*	-	ENERO	-	-	-	*
FEBRERO	*	-	*	FEBRERO	-	-	-	-	FEBRERO	-	-	-	-
MARZO	-	-	-	MARZO	*	*	*	-	MARZO	-	-	-	*
ABRIL	*	*	*	ABRIL	*	*	*	-	ABRIL	-	-	-	-
MAYO	-	-	-	MAYO	*	*	*	*	MAYO	*	*	*	*
JUNIO	*	-	*	JUNIO	-	-	-	-	JUNIO	-	-	-	-
JULIO	-	-	-	JULIO	-	-	-	-	JULIO	-	-	-	-
AGOSTO	-	-	-	AGOSTO	-	-	-	-	AGOSTO	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	-	-	-	SEPTIEMBRE	-	-	-	-	SEPTIEMBRE	-	-	-	-
OCTUBRE	-	-	-	OCTUBRE	-	-	-	-	OCTUBRE	-	-	-	-
NOVIEMBRE	-	-	-	NOVIEMBRE	-	-	-	-	NOVIEMBRE	-	-	-	-
DICIEMBRE	-	-	-	DICIEMBRE	-	-	-	-	DICIEMBRE	-	-	-	-

*: P < 0,05

V REGION			VI REGION			VII REGION			VIII REGION																
MESES	MARZO	AGOSTO	OCTUBRE	MESES	ENERO	JULIO	SEPTIEMBRE	MESES	ENERO	MAYO	JULIO	NOVIEMBRE	MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
ENERO	-	*	*	ENERO	-	-	-	ENERO	-	-	-	-	ENERO	-	-	-	-	-	-	-	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
FEBRERO	-	-	-	FEBRERO	-	-	-	FEBRERO	-	-	-	-	FEBRERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MARZO	-	-	-	MARZO	*	*	*	MARZO	*	*	*	*	MARZO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABRIL	-	-	-	ABRIL	-	-	-	ABRIL	-	-	-	-	ABRIL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAYO	*	*	*	MAYO	*	*	*	MAYO	*	*	*	*	MAYO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
JUNIO	-	-	-	JUNIO	-	-	-	JUNIO	-	-	-	-	JUNIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JULIO	-	-	-	JULIO	-	-	-	JULIO	*	*	*	*	JULIO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AGOSTO	-	-	-	AGOSTO	-	-	-	AGOSTO	-	-	-	-	AGOSTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	-	-	-	SEPTIEMBRE	-	-	-	SEPTIEMBRE	-	-	-	-	SEPTIEMBRE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OCTUBRE	-	-	-	OCTUBRE	-	-	-	OCTUBRE	-	-	-	-	OCTUBRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOVIEMBRE	-	-	-	NOVIEMBRE	-	-	-	NOVIEMBRE	-	-	-	-	NOVIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DICIEMBRE	-	-	-	DICIEMBRE	-	-	-	DICIEMBRE	-	-	-	-	DICIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*: P < 0,05

observado en los meses de enero y diciembre. El Índice de Madurez Gonadal (IMG) también es mayor en enero, septiembre y diciembre (Anexo IV, Fig. 17)

El mayor porcentaje del área ocupada por la capa germinativa en esta Región se observó en los animales analizados en el mes de febrero (Anexo VI, Fig3), coincidiendo con la presencia de animales en estados III y IV de madurez (en maduración).

1.1.2. Hembras

A pesar que en enero se presentó una gran frecuencia de hembras maduras (Anexo IV, Fig. 2), el valor del CG en este mes es el menor (Anexo VI, Fig. 1), y es significativamente diferente del estimado para el mes de marzo, septiembre y noviembre ($p < 0,05$, Tabla III). En cambio en el mes de septiembre donde el porcentaje de hembras en estado de madurez máxima (V) es de aprox. 40%, el CG también es mayor como se observa en la misma figura anterior (diferencias no significativas con respecto a los restantes meses, excepto enero, Tabla III). Comparando con lo que sucede en machos, también en el mes de diciembre se presenta una gran cantidad de hembras en estado de máxima madurez y valores elevados del CG (Anexo IV Fig.2 y Anexo VI Fig. 1).

El IMG en hembras (Anexo IV, Fig. 18), también al igual que en machos. Se presenta en los meses de enero, septiembre y diciembre.

Los ovocitos de mayor tamaño (sobre 90 μm de diámetro) se encontraron en frecuencia más elevada a partir del mes de agosto, coincidiendo con la presencia hembras en estado V (sobre el 40%) (anexo V, Figs. 1 y 2). También se observa una concordancia en la frecuencia de ovocitos de menor tamaño (mediana 50 μm) en el mes de junio (Anexo V, Fig1) y la ausencia de estados de madurez máxima (Anexo IV, Fig.2).

1.2.SEGUNDA REGIÓN

1.2.1.Machos.

Con los datos obtenidos hasta la fecha, sólo es posible determinar algunos eventos del ciclo reproductivo de los erizos en esta Región.

En enero, la mayor cantidad de erizos machos (80%) se encontraban en madurez máxima y a mediados de año (junio), se presentaron erizos que iniciaban el período de

madurez (estados II y III) (Anexo IV, Fig. 4). A fines de 1997 y comienzo de 1998, se presentaron mayores frecuencias de animales desovados. En los dos meses en donde se presentaron animales en proceso de madurez (enero y junio) el valor del CG es importante (40) (Anexo VI, Fig. 2), como también el % de área del acino ocupada por el tejido germinal (Anexo VI, Fig. 3).

1.2.2. Hembras

La frecuencia de hembras en los distintos estados de madurez, sigue la misma tendencia que en machos, observándose un 100% de erizos hembras maduras en enero y diciembre de 1997; animales en maduración en junio y desovados en enero de 1998 (Anexo IV, Fig. 4).

Los procesos, de eliminación de gametos en enero de 1998, maduración en junio y de madurez máxima en enero de 1997, también se evidencian en la población de ovocitos (Anexo V, Fig. 3). Tal es así que en enero y diciembre de 1997 se observó un amplio rango de tamaño de gametos y se encuentra una gran proporción de gametos de mayor tamaño ($>90\mu\text{m}$). En junio el rango de talla es menor, ya que la mayoría de ellos midieron $50\mu\text{m}$ de diámetro. Por último en enero de 1998, en donde los animales se encontraban desovados, la mayoría de los ovocitos encontrados medían $30\mu\text{m}$ y los de mayor tamaño alcanzaron sólo las $60\mu\text{m}$ de diámetro.

1.3 TERCERA REGIÓN

1.3.1. Machos

La mayor parte de los erizos machos que se recolectaron en enero, se encontraban iniciando el proceso de madurez (estados II y III) (Anexo IV, Fig. 5) observándose en los meses subsiguientes (febrero-marzo) estados de desarrollo mayor (IV y V) y luego en el mes de mayo la mayor cantidad de animales desovados (estado I). El proceso de maduración en este mes en los machos, también se evidencia en la variación del CG (Anexo VI, Fig. 2), ya que se aprecia un aumento progresivo de este estimador desde enero hasta marzo, para luego descender en los meses subsiguientes. El menor valor

observado en enero y en abril es significativamente diferente con respecto a los observados en mayo y marzo ($p < 0,05$, Tabla II). En marzo también se observó el mayor porcentaje del acino ocupada por la capa germinativa, corroborando el proceso de maduración de la gónada masculina (Anexo VI, Fig.3). Este proceso culmina en el mes de mayo en donde la mayor parte de los animales se encontraron desovados (Anexo IV, Fig.5), el valor del CG es bajo (Anexo VI, Fig.2) y la capa germinativa es delgada (Anexo VI, Fig.3)

1.3.2. Hembras

Al igual que en los machos el proceso de maduración de las gónadas femeninas se observa en enero (estados III y IV) (Anexo IV, Fig. 6) y luego, en los meses siguientes, se evidencian animales en máxima madurez y desovados (febrero, marzo). La mayor cantidad de hembras desovadas (estado I), se presentan en el mes de mayo (>80%) y en el mes de enero de 1998. La presencia de erizos hembras en estado V, se hace evidente en la variación del CG (Anexo VI, Fig. 1), relativamente grandes (>15), no siendo significativas las diferencias observadas ($p < 0,05$).

También se puede apreciar el proceso de madurez gonádica, en la distribución de frecuencia de tamaño de los ovocitos (Anexo V, Fig. 4), ya que es justamente en el mes de febrero y marzo donde se encuentra gran cantidad de ovocitos mayores de $90\mu\text{m}$ de diámetro promedio.

1.4. CUARTA REGIÓN

1.4.1. Machos

Durante la primera parte del año de muestreo (enero-mayo) se aprecia un proceso de maduración de las gónadas, observándose estados I al III (desovados y en maduración) (Anexo IV, Fig. 7). Luego de este período comienzan a observarse animales en madurez máxima en el mes de julio, aumentando la frecuencia hasta aprox. 45% en agosto. En octubre el 100% de los machos estaban desovados, en enero de 1998 nuevamente se observan animales iniciando su maduración gonádica. Este proceso se refleja también en el IMG, en donde el mayor valor se presenta en agosto (Anexo IV, Fig. 17).

La mayor cantidad de machos que presentaban espermatozoides en sus acinos (estados IV y V) se encontraron en el mes de julio (CG >80) (Anexo VI, Fig. 2). Este valor del CG es significativamente superior al observado en los meses de febrero y marzo ($p < 0,05$). En este último mes (marzo) es cuando se presentó la mayor cantidad de tejido germinativo (30% del área total del folículo) (Anexo VI, Fig. 3).

1.4.2. Hembras

En los erizos hembras, al igual que en los machos, desde enero hasta mayo se encontraron animales en los primeros estados de madurez (Anexo IV, Fig. 8), sin embargo en marzo y mayo hay un porcentaje mayor de erizos maduros (estado IV) (80 y 35%). Animales desovados se presentaron en gran cantidad a partir del mes de julio hasta octubre, en donde al igual que en el otro sexo, el 100% de los erizos se encontraban desovados.

La variación del CG por su parte refleja la presencia de estados de madurez máxima en enero y agosto de 1997 y enero de 1998 (Anexo VI, Fig 1).

La distribución poblacional de ovocitos en las hembras, en los meses muestreados, también refleja el proceso de maduración señalado anteriormente. Tal es así que en los meses de enero a mayo, la mayoría de los gametos medían menos de $60\mu\text{m}$, mientras que en los restantes meses, la mayor frecuencia es de aquellos que medía más de $70\mu\text{m}$, con un número importante de ovocitos sobre $110\mu\text{m}$ (Anexo V, Figs, 6 y 7).

1.5. QUINTA REGIÓN

1.5.1. Machos.

En marzo la mayoría de los machos se encontraban maduros (estados IV y V) (>60%), mientras que en mayo sobre el 90% de ellos se encontraban desovados. En agosto el 100% de los erizos machos estaban en maduración (estado IV) (Anexo IV, Fig. 9); en los meses siguientes hubieron animales que se encontraban desovados y una gran cantidad maduros, indicando que existió evacuación de gametos y también proceso de maduración.

El IMG en este sexo presenta tres máximos en el período de estudio : marzo, agosto y octubre-noviembre (Anexo IV, Fig.17).

La variación del valor del CG, también refleja este ciclo reproductivo, ya que los valores son máximos en agosto, octubre-noviembre y menor en mayo (diferencia significativa, $p < 0,05$) (Anexo VI, Fig. 2). El proceso de maduración también se expresa en la proporción del acino gonadal ocupada por tejido germinativo, ya que en los meses de agosto y octubre ocupa sobre el 30 % del área total. (Anexo VI, Fig. 3).

1.5.2. Hembras

La variación de los distintos estadios de maduración en el año en las hembras, es muy similar a la de los machos, con la salvedad de que en agosto, se encuentra la mayoría de los animales desovados (50%) (Anexo IV, Fig. 10) o en estado de madurez máxima, indicando también un proceso de desove en este período. El IMG, a diferencia de los machos, sólo presenta dos máximos, en agosto y octubre-noviembre (Anexo IV, Fig. 18).

Tal como en las otras regiones, se ha reflejado el proceso de madurez gonádica de las hembras en la distribución de frecuencia de tamaño de los ovocitos presentes en la gónada, en esta Región sucede algo similar. En los meses de agosto y noviembre, la mayor cantidad de ovocitos presentes en los folículos tenían una talla mayor de 90 μm (Anexo V, Figs. 8 y 9).

1.6. SEXTA REGIÓN

1.6.1. Machos

A comienzo del Otoño (marzo), habían animales que se encontraban en distintos estados de madurez (Anexo IV, Fig. 11). Lo mismo sucedió en mayo, aunque en este mes predominaron los machos evacuados (60%). En julio la condición cambia, apreciándose que más del 80% de los erizos machos estaba en maduración y dos meses más adelante la misma frecuencia, está en estado de madurez máxima, evidenciándose claramente un período de madurez. El IMG, también en esta Región se presenta más elevado en el período en el cual los animales están maduros (julio - septiembre). El estado de madurez de los erizos en noviembre, también se expresa en alto valor del CG (80) (Anexo VI, Fig.2), diferencia significativa con respecto a los meses anteriores ($p < 0,05$). Otro estimador que

refleja el proceso, es la variación de la cantidad de tejido germinal en el acino. Los valores en los meses de mayo, agosto y septiembre es elevado (entre 20 y 40%) en los meses donde se encontraron erizos machos en maduración (mayo, agosto y septiembre).

1.6.2. Hembras

En hembras se aprecia un período continuo de madurez máxima entre mayo y septiembre (Anexo IV, Fig.12), previo al mes de mayo, que al igual que en machos la mayoría de los erizos estaban desovados y algunos iniciando su maduración. Esta etapa que se observa entre mayo y septiembre se visualiza también en el valor ascendente del CG (20-40; Anexo VI, Fig. 1). Por su parte, la mayoría de los gametos presentes en el acino de las hembras superaron las 90 μ m de diámetro en julio y septiembre.

1.7. SÉPTIMA REGIÓN

1.7.1. Machos

Prácticamente en todos los meses muestreados se evidenció la presencia de machos en madurez máxima, sin embargo, sólo en febrero, marzo y mayo habían animales en etapas tempranas de madurez (Anexo IV, Fig.13). También se encontraron animales desovados en todos los meses muestreados, aunque la mayor cantidad de ellos se presentaron en septiembre. Se puede apreciar, en la figura antes señalada, que el proceso de maduración y eliminación de gametos es continuo en el año. Coincidiendo con la ocurrencia de estados tempranos de maduración gonádica, el IMG es elevado en ese período (febrero-mayo y septiembre, Anexo IV, Fig. 17) al igual que el valor del CG. (Anexo, VI, Fig.2) es significativamente superior a noviembre y julio ($p < 0,05$). En estos meses en donde muchos de los machos se encuentran en proceso de maduración, la proporción del acino ocupada por la capa germinativa es alta (>25%) (Anexo VI, Fig. 3).

1.7.2. Hembras

En este sexo también se presentaron animales en máxima madurez en prácticamente todo el año (Anexo IV, Fig. 14), con máximos en abril, lo cual también se expresa en el valor del IMG (Anexo IV, Fig.18). Por su parte el CG (Anexo VI, Fig3) se mantiene elevado en los mismos meses que en los machos (febrero- abril), además de julio y noviembre.

Con respecto a la población de ovocitos, los de mayor tamaño se presentan en julio, corroborando lo visualizado anteriormente (Anexo V, Fig. 11).

1.8. OCTAVA REGIÓN

1.8.1. Machos

En los pocos meses que pudieron ser muestreados por las condiciones climáticas y el estado del mar, se puede observar que en febrero existe un período de madurez (Anexo IV, Fig. 15) ya que habían animales en maduración y animales desovados en baja frecuencia. A mediados del año (julio), también se presentaron erizos en proceso de maduración ya en diciembre estos se encuentran en máxima madurez y en el mes siguiente (enero 1998), la mayoría de los animales se encuentran evacuados (80%). Este proceso se refleja también en el IMG (Anexo IV, Fig. 17).

De los muestreos efectuados en esta región, sólo se observaron espermatozoides en los acinos en el mes de febrero dada la presencia de animales en estado IV y V; en este mes se observó una gran proporción de tejido gonadal en los folículos (Anexo VI, Fig. 3)

18.2. Hembras.

En hembras también se observa la presencia de animales maduros y desovados en todos los meses sin embargo hay un máximo de animales prontos a desovar (100%) en abril (Anexo IV, Fig. 16). El IMG, fue elevado en julio y enero de 1998, dada la presencia de animales con gametos maduros (estado V) (Anexo IV, Fig 18). Es también en estos meses en donde se encuentran ovocitos de más de 90 μ m de diámetro en mayor cantidad (Anexo V, Figs. 12 y 13). Por último el CG en esta región en hembras es bastante elevado en diciembre y en enero de 1998, dada la presencia de erizos con gametos maduros en los acinos (Anexo VI Fig. 3).

2. INDICE GONÁDICO (IG)

En el Anexo VII (Figs. 1-16), se presenta la variación estacional del IG en cada región, para animales menores y mayores a 60 mm de diámetro y en la Tabla IV, la significancia de las diferencias observadas ($p < 0,05$).

Continuación Tabla

TEST: KRUSKAL-WALLIS

V REGION	MARZO	MAYO	AGOSTO	OCTUBRE	NOVIEMBRE
MARZO	-				
MAYO	NS	-			
AGOSTO	NS	NS	-		
OCTUBRE	*	*	*	-	
NOVIEMBRE	*	*	*	NS	-

TEST ANOVA UNA VIA

VI REGION	MARZO	MAYO	JULIO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
MARZO	-				
MAYO	*	-			
JULIO	*	*	-		
SEPTIEMBRE	*	NS	*	-	
NOVIEMBRE	*	*	NS	*	-

TEST :KRUSKAL-WALLIS

VII REGION	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	MARZO
MARZO	-								
ABRIL	NS	-							
MAYO	NS	NS	-						
JULIO	NS	NS	NS	-					
AGOSTO	*	*	NS	NS	-				
SEPTIEMBRE	NS	NS	NS	NS	NS	-			
OCTUBRE	*	*	*	*	NS	NS	-		
NOVIEMBRE	*	*	*	*	NS	NS	NS	-	
MARZO	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

TEST: KRUSKAL-WALLIS

VIII REGION	FEBRERO	JULIO	DICIEMBRE	ENERO
FEBRERO	-			
JULIO	*	-		
DICIEMBRE	*	*	-	
ENERO	*	*	NS	-

Tabla I:V. Índice Gonádico. Significancia estadística del análisis de ANOVA, para determinar diferencias en los valores observados entre los diferentes meses. *: $P < 0,05$; NS: diferencia no significativa

I a II TEST: KRUSKAL-WALLIS

I REGION	1	2	4	6	8	9	12
1	-						
2	NS	-					
4	NS	NS	-				
6	NS	NS	NS	-			
8	*	*	*	*	-		
9	NS	NS	NS	NS	NS	-	
12	NS	NS	*	NS	*	NS	-

TEST: KRUSKAL-WALLIS

II REGION	ENERO	JUNIO	DICIEMBRE	ENERO
ENERO	-	NS	*	*
JUNIO		-	*	*
DICIEMBRE			-	*

TEST: KRUSKAL-WALLIS

III REGION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	ENERO
ENERO	-					
FEBRERO	*	-				
MARZO	*	NS	-			
ABRIL	*	NS	NS	-		
MAYO	*	NS	NS	NS	-	
ENERO	*	NS	NS	NS	NS	-

TEST: KRUSKAL-WALLIS

IV REGION	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
ENERO	-								
MARZO	NS	-							
MAYO	*	*	-						
JULIO	*	NS	*	-					
AGOSTO	NS	*	*	*	-				
SEPTIEMBRE	*	*	*	*	*	-			
OCTUBRE	*	*	*	*	*	*	-		
NOVIEMBRE	*	*	*	*	*	*	NS	-	
ENERO	*	*	*	*	*	NS	*	NS	-

En la I Región (Fig.1 y 2) en los meses de agosto y enero se presentaron los mayores valores de este esímador que difirieron significativamente de los observados en los meses restantes. En la II Región, también se observan diferencias significativas entre los valores máximos observados en enero y junio con respecto a aquellos de los meses de diciembre enero 98 (Fig. 2).

Los valores del IG en la III Región , no son significativamente diferentes entre si, a excepción del mes de enero de 1997 con respecto al resto de los meses, el cual es bastante elevado (ca. 12, en animales mayores de 60 mm) (Fig. 3).

En la IV Región, los mayores valores se observaron entre enero y agosto (>7), los cuales difieren significativamente con los estimados en los meses de octubre- noviembre (<4) ($p<0,05$). En la V Región sucede algo similar, los valores más altos observados en mayo y agosto difieren significativamente de los observados en octubre y noviembre ($p<0,05$)(Fig. 5).

En la VI Región los valores más altos del IG suceden en julio y noviembre (>15) significativamente diferentes a los restantes meses muestreados ($p<0,05$) (Fig.6). En la Región VII, los menores valores del IG se presentaron en octubre y noviembre (<8) (Fig. 7), diferentes significativamente de aquellos de marzo, abril, mayo y julio en donde todos alcanzaron valores mayores a 9 ($p<0,05$).

Por último en la VIII Región en febrero y julio el valor del IG es elevado (>12) (Fig. 8) y los menores se encuentran en diciembre y enero de 1998, diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$).

3. FECUNDIDAD

En la Fig.1 se presenta la variación de los valores promedios de fecundidad potencial con respecto a la talla (diámetro de testa), obtenidos de las hembras en estado de madurez máxima (estado V), durante el período de estudio, analizados histologicamente. Este valor varió entre aproximadamente 140.000 gametos en animales menores de 40 mm a 160 millones de ovocitos maduros en animales de hasta 120 mm de diámetro, aumentando exponencialmente con la talla.

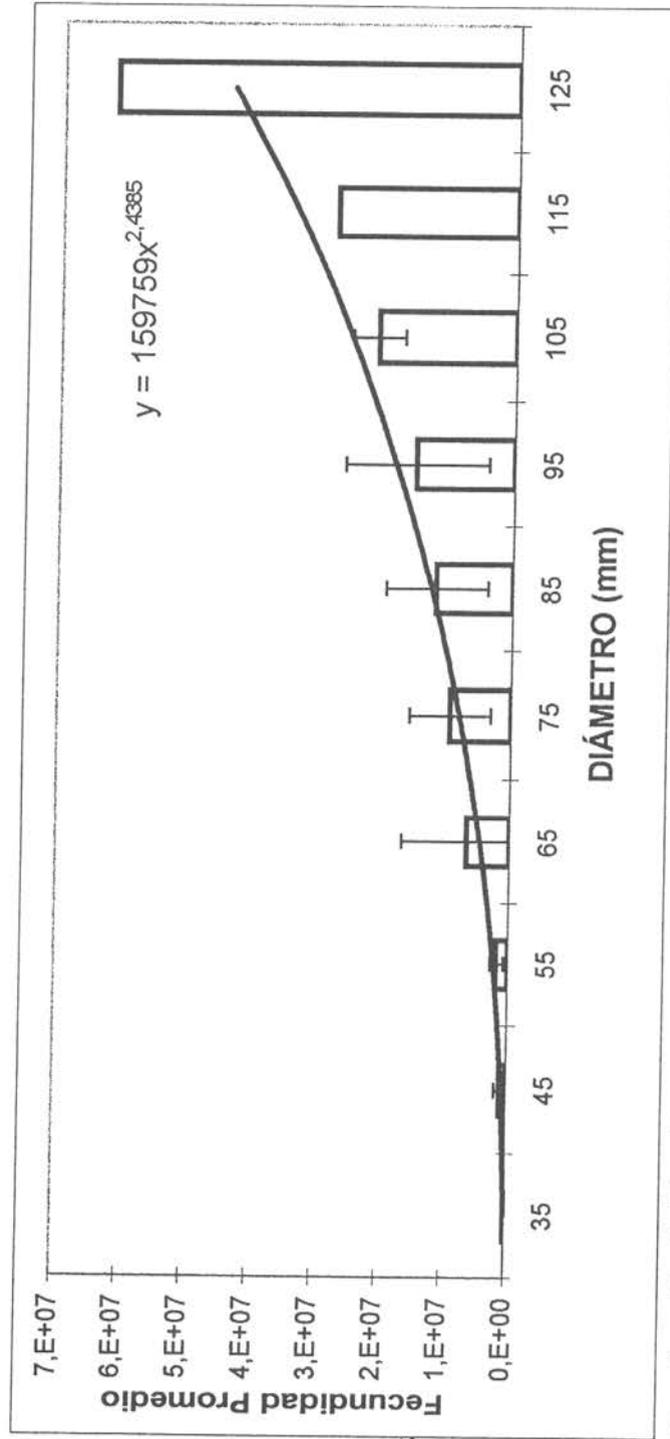


Fig. 1 Variación de la Fecundidad Promedio del erizo según el tamaño. Barras=SD.

Tabla : VFecundidad por talla de erizos recolectados entre la I y VIII Regiones.

TALLA	FECUNDIDAD			
	PROMEDIO	SD	N	
< 60 MM	1388452,5	1068912,2	24	
> 60 MM	10586709,0	10179922	125	

4. TALLA PRIMERA MADUREZ

Resultados (del ajuste de madurez y MATSIM para la talla de 50% de madurez)

El tamaño de muestra en cada región y total permitió ajustar la función de madurez en saltos de 5 mm de talla, con lo que se obtuvo una buena resolución del proceso de maduración a la talla sin tener intervalos de talla vacíos (sin muestra). Saltos menores, por ejemplo de 2 mm, hubieran permitido una mejor resolución pero fueron inviables debido a que muchos intervalos aparecían vacíos en la mayoría de las regiones, lo que afecta negativamente la estimación de los parámetros.

Con esta resolución, se aprecia que no existe ninguna diferencia en la maduración a la talla entre hembras y machos (Fig. 2), por lo que los datos para ambos sexos fueron agrupados para cada región, procediendo entonces a ajustar el modelo logístico de madurez sexual mediante estimación de máxima verosimilitud (Roa 1993), utilizando el módulo NONLIN de SYSTAT (Wilkinson, 1988). Los resultados se muestran en la Tabla VI. Como se puede apreciar, el tamaño de muestra impidió estimar los errores estándar de los parámetros del modelo logístico en las Regiones I, II, III, V, VI, y VIII, por lo que para esa información no fue posible estimar un intervalo de confianza para la talla de 50% de madurez. En todo caso, se aprecia en la Tabla IV y en la Fig. 3 que el estimado central de talla de 50% de madurez no difiere entre regiones, ni presenta ningún tipo de patrón latitudinal. Esto nos permite agrupar todos los datos para estimar una única función de madurez válida para todas las regiones, y de esta manera obtener un resultado sólido para la talla de 50% de madurez a nivel global, desde la I a la VIII Regiones. El ajuste de este modelo combinado se muestra en la Tabla IV bajo el encabezado "Combinadas", y en la Fig. 5, donde se muestra tanto la proporción de madurez muestral a la talla como la proporción de madurez ajustada por el modelo. Este ajuste final indica que la talla de 50% de madurez tiene un valor central de 37 mm. Por otro lado, en la Fig. 4 se observa que el proceso de madurez es a la talla es bastante gradual, lo que se aprecia en los datos aislados de las Regiones I, II, III, V, VI, y VIII, por bajo tamaño de muestra. Al analizar la Fig. 4, debe tenerse claro que la curva ajustada por el método de máxima verosimilitud empleado, resulta de ponderar cada punto (cada intervalo de 5 mm) por el tamaño de muestra, por lo que la curva ajustada puede diferir de la curva observada. En este caso, los datos de las tallas mayores fueron mucho más abundantes que los datos de las tallas

Tabla VI- Resultados de los ajustes de madurez sexual utilizando el modelo logístico proporción de madurez= $1/(1+\exp(\alpha_1+\alpha_2*\text{talla}))$, donde α_1 y α_2 son parámetros, y el negativo del log de la función de verosimilitud binomial $L=-\text{número}*(h*\ln(\text{estimado})+(1-h)*\ln(1-\text{estimado}))$, donde número es el número de individuos, h es una variable dicotómica que representa inmadurez (h=0) o madurez (h=1), y estimado es el modelo logístico, como función objetivo a minimizar.

Región	Tamaño de muestra (número de individuos)	α_1 (error estándar)	α_2 (error estándar)	Correlación ($r_{\alpha_1\alpha_2}$)	Talla (mm) de 50% de madurez sexual ($=-\alpha_1/\alpha_2$)
I	502	16.941 (indeterminado)	-0.413 (indeterminado)	Indeterminado	41.0
II	175	13.766 (indeterminado)	-0.388 (indeterminado)	Indeterminado	35.5
III	430	13.806 (indeterminado)	-0.389 (indeterminado)	Indeterminado	35.5
IV	499	2.362 (1.840)	-0.052 (0.029)	-0.981	45.4
V	340	12.601 (indeterminado)	-0.380 (indeterminado)	Indeterminado	33.2
VI	306	13.503 (indeterminado)	-0.386 (indeterminado)	Indeterminado	35.0
VII	959	16.289 (3.668)	-0.392 (0.087)	-0.995	41.6
VIII	225	16.606 (indeterminado)	-0.410 (indeterminado)	Indeterminado	40.5
Combinadas	3436	4.106 (1.651)	-0.111 (0.031)	-0.973	37.0

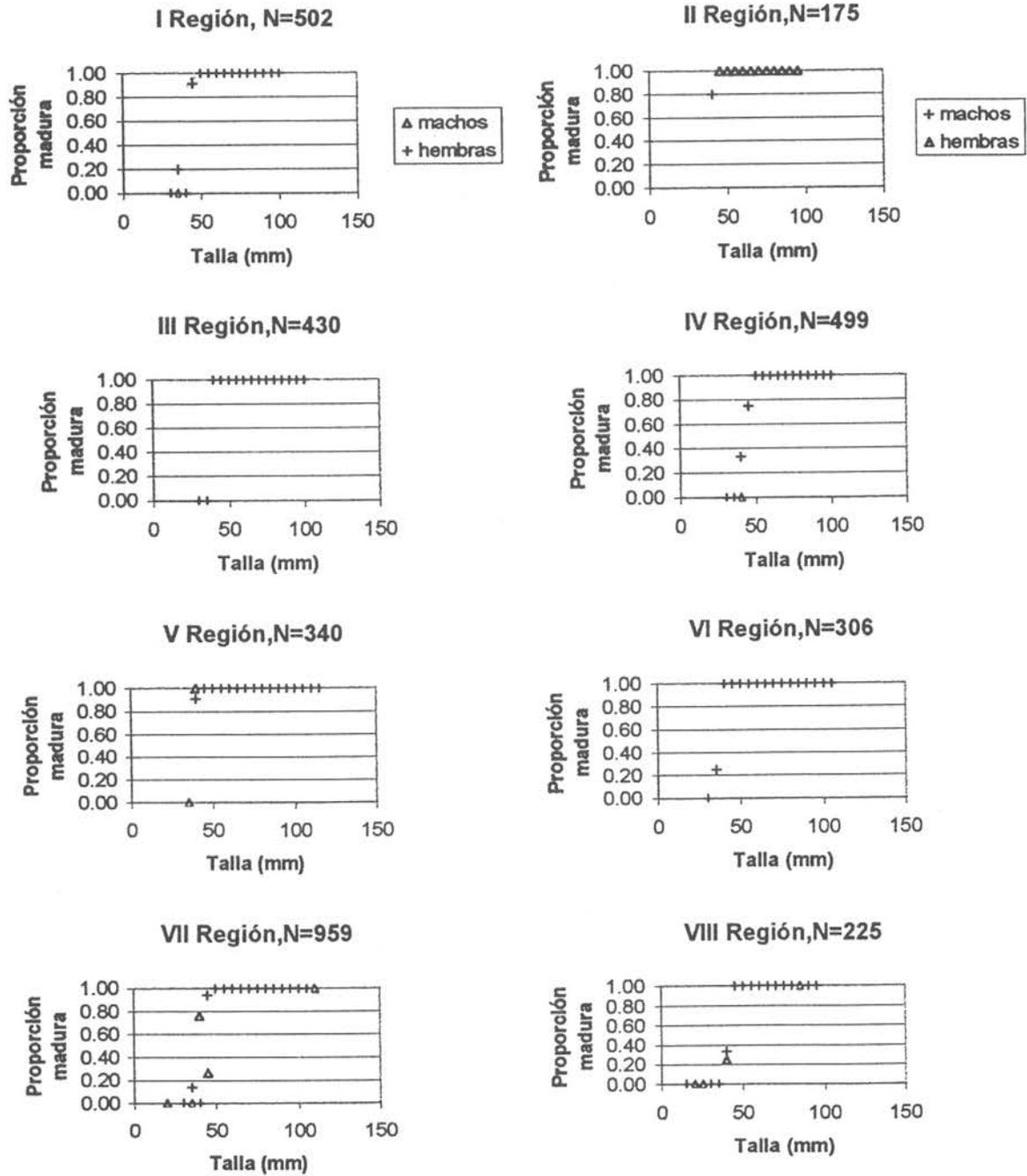


Fig. 2- Madurez sexual a la talla por región para cada sexo.

menores, por lo que el método de ajuste fuerza a la curva a ajustarse mejor a los datos de tallas mayores que a los de tallas menores.

Los resultados de la aplicación del algoritmo MATSIM para obtener el intervalo de confianza de la talla de 50% de madurez, se muestran en la Fig. 5. Allí está representada la distribución de frecuencia de los cuantiles generados por el proceso de remuestreo Monte Carlo. La variabilidad no es poca a pesar del tamaño de muestra cercano a los 3500 individuos. Sin embargo es posible concluir que la talla de 50% de madurez sexual está entre 15 y 45 mm, con un valor central de 37 mm.

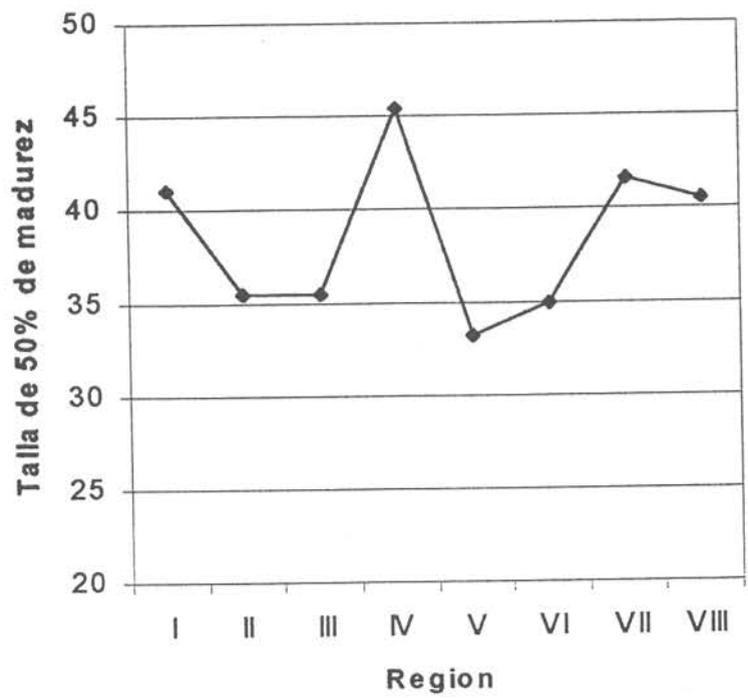


Figura 3.- Talla de 50% de madurez en función de la Región.

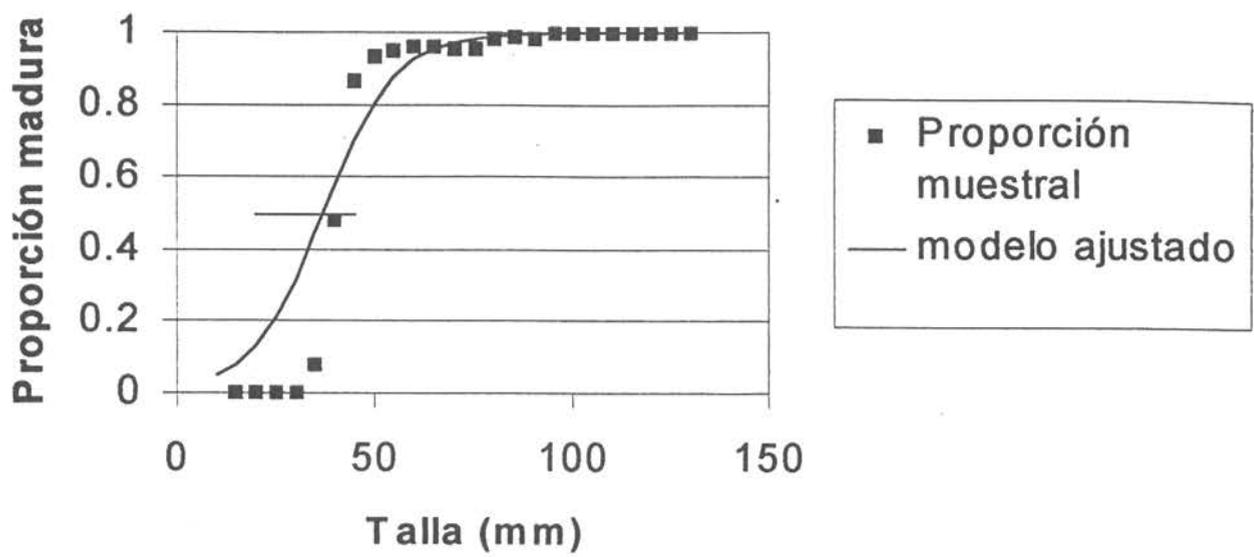


Figura 4.- Datos crudos y modelo de madurez sexual ajustado para todas las regiones y ambos sexos combinados. La barra representa el intervalo de confianza del 90% para la talla de 50% de madurez.

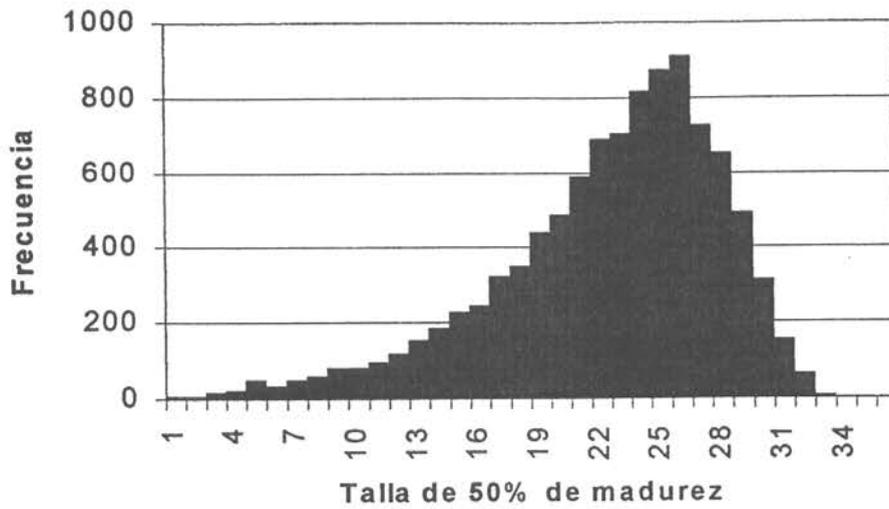


Figura 5.- Distribución de frecuencia remuestreada de los cuantiles de la talla de 50% de madurez.

5. CRECIMIENTO Y MORTALIDAD

Las distribuciones de frecuencia (Tabla 1), permitieron ajustar curvas de crecimiento para cada una de las localidades estudiadas. En términos generales, el método de ELEFAN I mostró una tendencia hacia valores más altos de L_{∞} , y consecuentemente menores valores de K, que el método de Shepherd (Tabla 2). Por esta razón, los valores de mortalidad natural anual son mayores con el segundo método, consecuentemente, los valores de mortalidad por pesca (Tabla 2) estimados mediante el método de Shepherd son inferiores a aquellos calculados usando ELEFAN I. Del mismo modo, la tasa de explotación aparece mayor al ser determinada utilizando los valores de crecimiento y mortalidad basados en el método de ELEFAN I.

También en términos generales se aprecia una tendencia a una disminución del valor de L_{∞} hacia el sur (Tabla 2). Así, mientras en Iquique (zona norte de distribución) el valor de L_{∞} fue de 150 mm de diámetro, en Los Vilos (zona central del rango geográfico estudiado) fue de 140 mm y en el extremo sur estudiado (Loanco) su valor fue de 120 mm de diámetro.

En cuanto a la información entregada por la estimación de crecimiento, los resultados sugieren un patrón latitudinal en el reclutamiento a la población bentónica. En efecto, el mes de inicio de la curva de crecimiento en cada una de las localidades (Tabla 2) sugiere un reclutamiento más temprano (octubre) en la zona norte y un reclutamiento más tardío (diciembre) conforme se avanza hacia el sur de la distribución.

Los resultados por localidad se entregan a continuación.

1. Caleta Los Verdes-Iquique

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 150 * (1 - \exp^{-0.20*(t+0.072)})$$

y

$$P_t = 1123 * (1 - \exp^{-0.20*(t+0.072)})^{2.92}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd las ecuaciones resultan ser

$$L_t = 102 * (1 - \exp^{-0.31*(t+0.050)})$$

y

$$P_t = 364 * (1 - \exp^{-0.31*(t+0.050)})^{2.92}$$

Reclutamiento al bentos

Los resultados sugieren un reclutamiento en esta localidad a inicios de primavera (octubre, Figura 1).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en 2.36 (año⁻¹) y la mortalidad por pesca en 2.05 (año⁻¹), lo que equivale a una tasa de explotación de 0.79.

2. Caleta Punta Arenas-Tocopilla

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 145 * (1 - \exp^{-0.20*(t+0.026)})$$

y

$$P_t = 1011 * (1 - \exp^{-0.20*(t+0.026)})^{2.96}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd las ecuaciones resultan ser

$$L_t = 92.2 * (1 - \exp^{-0.30*(t+0.090)})$$

y

$$P_t = 264 * (1 - \exp^{-0.30*(t+0.090)})^{2.96}$$

Reclutamiento al bentos

Al igual que le Iquique, los resultados sugieren un reclutamiento en esta localidad a inicios de primavera (octubre, Figura 2).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en 4.46 (año⁻¹) y la mortalidad por pesca en 4.15 (año⁻¹), lo que equivale a una tasa de explotación de 0.92.

3. Huasco

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 145 * (1 - \exp^{-0.29*(t)})$$

y

$$P_t = 985 * (1 - \exp^{-0.29*(t)})^{2.82}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd no se obtuvo convergencia

Reclutamiento al bentos

A diferencia de las localidades anteriores, aquí la evidencia disponible indica un reclutamiento en la época de fines de primavera y comienzo de verano (diciembre, Figura 3).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en 5.18 (año⁻¹) y la mortalidad por pesca en 4.73 (año⁻¹), lo que equivale a una tasa de explotación de 0.91

4. Los Vilos

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 140 * (1 - \exp^{-0.22*(t+0.083)})$$

y

$$P_t = 1118 * (1 - \exp^{-0.22*(t+0.083)})^{2.96}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd las ecuaciones resultan ser

$$L_t = 134 * (1 - \exp^{-0.28*(t+0.060)})$$

y

$$P_t = 982 * (1 - \exp^{-0.28*(t+0.060)})^{2.96}$$

Reclutamiento al bentos

Los resultados sugieren un reclutamiento al bentos en la misma época que la encontrada en Huasco, es decir, a fines de primavera y comienzos de verano (diciembre, Figura 4).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en 2.19 (año⁻¹) y la mortalidad por pesca en 1.85 (año⁻¹), lo que equivale a una tasa de explotación de 0.75

5. Quintay

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 136 * (1 - \exp^{-0.30*(t+0.084)})$$

y

$$P_t = 879 * (1 - \exp^{-0.30*(t+0.084)})^{2.97}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd no se encontraron valores de convergencia.

Reclutamiento al bentos

Los resultados sugieren un reclutamiento al bentos a comienzos de verano (enero, Figura 5).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en 0.61 (año⁻¹) y la mortalidad por pesca en 0.15 (año⁻¹), lo que equivale a una tasa de explotación de 0.11

6. Loanco

Crecimiento

Las ecuaciones de crecimiento en longitud (mm) y en peso (gr.) ajustadas a través de ELEFAN I fueron las siguientes:

$$L_t = 120 * (1 - \exp^{-0.25*(t+0.090)})$$

y

$$P_t = 447 * (1 - \exp^{-0.25*(t+0.090)})^{2.97}$$

respectivamente, en tanto que mediante el método de Shepherd no se encontraron valores de convergencia

Reclutamiento al bentos

Los resultados sugieren un reclutamiento al bentos fines de primavera (noviembre, Figura 6).

Mortalidad y Tasa de Explotación

La mortalidad total (Z) para esta localidad fue calculada en $1.12 \text{ (año}^{-1}\text{)}$ y la mortalidad por pesca en $0.73 \text{ (año}^{-1}\text{)}$, lo que equivale a una tasa de explotación de 0.44

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación se analizará por región la información emanada de este estudio, tomando en consideración el análisis previo realizado en el capítulo de Resultados, con el fin de establecer el ciclo reproductivo de la especie en cada zona.

Es importante hacer notar que durante el año 1997, se desarrolló en las costas de Chile el fenómeno de Niño, que hizo variar las temperaturas de toda la zona de estudio. Este fenómeno, además produjo una serie de efectos en el clima, como lluvias torrenciales, y nevadas en la cordillera, con el consecuente aumento de los caudales de los ríos, produciendo desbordes, producto de deshielos y lluvias y por lo tanto, transporte de gran cantidad de sedimento, escombros y desechos hacia el mar. Estos eventos hicieron, por una parte que se produjeran marejadas y marejadillas, impidiendo el trabajo de los mariscadores para la extracción del recurso en gran parte del tiempo de estudio, y por otro lado, una serie de embancamientos con arena en grandes extensiones de la costa, haciendo prácticamente desaparecer poblaciones de erizo o impidiendo el acceso a ellas.

El Fenómeno de El Niño al elevar las temperaturas del mar, produce además una serie de alteraciones y comportamientos anómalos en el ciclo reproductivo de aquellos invertebrados, cuya eliminación de gametos está controlada directa o indirectamente por la temperatura. Tal es el caso del erizo comestible, ya que se ha reportado que el desove se produce luego de las más bajas temperaturas (Bückle *et al.* 1978 ; Zamora y Stotz, 1992). Tal es así que muchos de los resultados encontrados en este estudio no concuerdan con lo que ha sido descrito para la especie.

Otro evento que también tuvo incidencia con la no extracción de muestras en la III y IV Región , fue el terremoto ocurrido en octubre, mes en el cual quedaron caminos cortados, que impidieron el traslado de personas y muestras ; incluso hubo pérdida de algunos de ellos por demora en el transporte.

En la Figura 6, se presenta un cuadro resumen en el cual se establece el ciclo reproductivo de *L. albus* en cada Región.

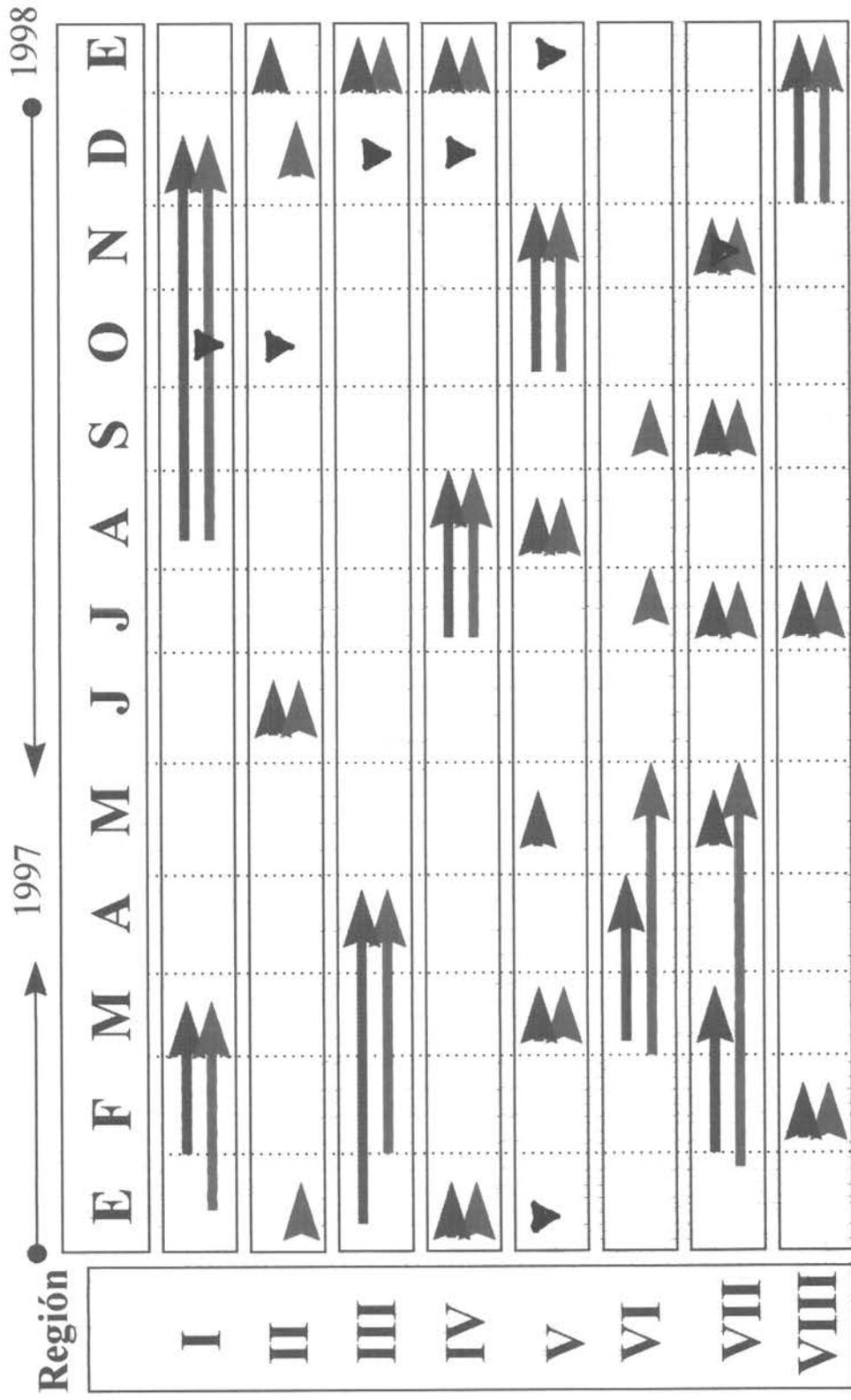


Fig. 6. Esquema comparativo del ciclo reproductivo de *L. albus* entre las regiones primera y octava. Flechas azules : animales desovados ; flechas rojas : animales en máxima madurez ; punta de flecha negra : estimación del mes de reclutamiento.

PRIMERA REGIÓN

Considerando todas las variables analizadas para el estudio del ciclo reproductivo, se puede concluir que existe un período de maduración desde fines de verano a primavera culminando a comienzos de diciembre, en donde se encuentran un gran porcentaje de animales maduros, lo cual está respaldado, por una parte el que a medida que la talla aumenta, proporcionalmente el peso de la gónada es mayor que en otros meses, como se observa en el mes de junio, donde los animales no presentan un desarrollo gonadal intenso. Se puede concluir que el desove de los animales se produce en dos períodos uno a fines de la época de verano (marzo) y otro más prolongado, a partir de agosto con máximos en noviembre-diciembre, dada la presencia de gran cantidad de animales en madurez máxima.

Los resultados sobre reclutamiento en la zona de Iquique permiten predecir que se produce en octubre, si esto fuese efectivo, debería haberse producido el desove en agosto, lo cual si es posible de acuerdo a nuestros resultados.

SEGUNDA REGIÓN

A pesar que se presentan los resultados de pocos meses, es posible concluir que los erizos, tanto machos como hembras estaban maduros en enero 97 y luego en junio iniciando un nuevo período de maduración, concordando en parte con lo que ocurrió en la Primera Región. El desove de este período de maduración, se produjo en los meses siguientes ya que en enero había gran cantidad de animales con sus gametos evacuados. En esta Región también se observó otro período de madurez máxima a comienzo de verano, produciéndose un desove masivo en enero 98. Estos eventos están respaldados principalmente por los resultados de variación de Coeficiente Gamético e IG, población de ovocitos e IMG. Al comparar estos resultados con los aportados por Gutierrez & Otsú (1975), para la misma zona, es posible concluir que con los datos de este estudio que el desove reportado en esa región en junio no es evidente, sí lo sería aquel de noviembre-diciembre, dada la presencia de animales maduros en diciembre. Por otro lado nuestros análisis de reclutamiento predicen que este se produce en octubre, lo que significaría que el desove debería producirse en agosto a más tardar.

TERCERA REGIÓN

En esta Región se denota un cambio en el desarrollo de los eventos reproductivos. Existió un largo período en el cual la proporción de animales desovados era elevada (febrero a mayo), sin embargo se puede concluir que existe un proceso de maduración en enero 97 que culmina en marzo- abril, produciéndose el desove en mayo. Probablemente existió un segundo período de madurez a fines del invierno, ya que en enero 98 había una gran cantidad de animales desovados. Esta posibilidad, puede ser respaldada por el hecho que ya en mayo, comenzaban a aparecer los primeros estados de recuperación gonadal.. Dada la posibilidad de que el reclutamiento de juveniles suceda en diciembre, es posible predecir un desove en noviembre, tal como se expresó más arriba. Antecedentes acerca de la reproducción del erizo en esta zona no existen.

CUARTA REGIÓN

Se evidenció un proceso de maduración bastante evidente entre enero 97 y mayo, encontrándose los animales en madurez máxima en julio - agosto, meses en los cuales comenzaron algunos animales a desovar. Es en esta Región en la cual es posible apreciar con mayor claridad el ciclo reproductivo, aunque la cantidad de animales en madurez máxima es relativamente poco frecuente. El desove en esta Región comenzaría en el mes de julio prolongándose hasta enero del año siguiente. Es importante destacar que justamente en agosto la madurez máxima se refleja en la relación talla - peso gónadas.

Estos resultados concuerdan con los resultados reportados por Zamora & Stotz (1992) en la misma región y también concuerdan con los resultados y la predicción del reclutamiento en diciembre.

QUINTA REGIÓN

Se puede concluir que las gónadas de los erizos comienzan su maduración en abril ?-mayo, probablemente estas alcanzan su madurez máxima en los meses siguientes, ya que se encontraron gran cantidad de erizo desovados en agosto, época en la cual se ha descrito como la época de desove para la especie en literatura (Bückle *et al.*, 1978). Un segundo proceso de maduración debería ocurrir a fines de verano, ya que en marzo hay gran proporción de animales maduros y en mayo la mayor cantidad esta desovada. Este segundo evento reproductivo, también ha sido reportado con anterioridad por los mismos autores. En la V Región, el reclutamiento de la especie se produciría en enero, esto significa que debería haber un desove en octubre- noviembre, lo cual es efectivo de acuerdo a los antecedentes reportados por la literatura y nuestros resultados.

SEXTA REGIÓN

Se puede concluir que un período de maduración gonadal ocurrió a comienzos de año y un desove masivo en marzo-abril. En esta región se observa algo inusual, dado que existió una gran cantidad de erizos maduros desde mayo a septiembre. Este hecho también se reflejó en la proporción de la gónada con respecto a la talla, en donde no se observaron diferencias y el IG fue relativamente alto justamente desde mayo. La no explicación de este hecho puede deberse a que como no se pudo muestrear desde octubre por embancamiento de la zona , no se observó si existió un desove posterior.

Por el hecho descrito anteriormente, no se pudo hacer el muestreo poblacional para analizar crecimiento y mortalñiudad. Si se observa la secuencia del ciclo reproductivo en forma latitudinal (Fig. 6), la escasa información que tenemos en esta zona, es respaldada por el hecho que el desfase es evidente, y debería coincidir (y así sucede), con los eventos reproductivos en las regiones aledañas, dada la cercanía entre ellas.

SEPTIMA REGION

En esta zona también se observó que los erizos se mantuvieron maduros gran parte del año, con un máximo en abril, luego de un período de madurez desde comienzo de año. Producto de este proceso de madurez se produce un desove entre febrero y mayo. También se puede concluir que en invierno hay otro período de maduración,

produciéndose otro desove en noviembre. Antecedentes sobre estudios en esta zona no existen en literatura. El posible reclutamiento predicho en noviembre, da pie para plantear la posibilidad de un desove en agosto septiembre (Fig. 6).

OCTAVA REGIÓN

Por condiciones climáticas, en esta zona tampoco se pudo tener el ciclo completo. En todos los meses muestreados se encontraron animales maduros, sin embargo la presencia de animales desovados en diciembre de 1997 y enero de 1998, hace posible concluir que existió un período de maduración entre julio y noviembre. En esta zona tampoco existe información previa en literatura.

Esta Región como también la Séptima, presentan una característica común en cuanto a la época de reproducción, en ambas áreas existe la tendencia a que el recurso presente actividad reproductiva a lo largo de todo el año. Probablemente, esto sea efecto del Fenómeno del Niño, dado el aumento de la temperatura en el mar, ya que no es característico de la especie.

La fecundidad estimada en el erizo en este estudio, permite concluir que a medida que aumenta a medida que aumenta la talla. Animales mayores de 60 mm de diámetro poseen una fecundidad superior a los 6 millones de ovocitos maduros. Antecedentes sobre fecundidad en esta especie no existen en literatura, sin embargo el jefe de proyecto tiene datos no publicados de erizos de la Zona de Mehuin (X región) estos indican que animales de aprox. 60 mm de diámetro, emiten ca. 6 millones de gametos al ser inducidos a desovar con KCL. Antecedentes comunicados por E. Arias (com. pers.) indican que animales sobre la talla comercial, presentan una fecundidad promedio de cerca de 12 millones de gametos maduros. Ambos reportes indican que el rango de variación es bastante grande.

Los resultados de la talla de primera madurez para la especie permiten concluir que no existe diferencia en la maduración entre machos y hembras, no difiere entre regiones y que esta se encuentra entre los 15 y 45 mm con un valor central de 37 mm. Estos resultados no difieren de aquellos reportados por Bückle *et al.* (1978) (38-47 mm) y por Bay-Schmith *et al.* (1981) (35-40 mm).

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, E. 1990. Determinación de la edad y el crecimiento del erizo *Loxechinus albus* (Molina 1782). Libro de Resúmenes X Jornadas de Ciencias del Mar, Santiago, Chile.

BASSON, M., A.A. ROSENBERG Y J.R. BEDDINGTON. 1988. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length frequency data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 44:277-285.

BAY-SCHMITH, E., C. WERLINGER & J. SILVA. 1981. Ciclo reproductivo anual del recurso erizo *Loxechinus albus* entre la X y XII regiones. Informe Final Proyecto de Investigación Convenio Subsecretaría de Pesca- U. De Concepción. 68 pp.

BÜCKLE, F., C. GUIADO, E. TARIFEÑO, A. ZULETA, L. CÓRDOBA & c. SERRANO. 1978. Biological studies on the chilean sea urchin *Loxechinus albus* (Molina) (Echinodermata : Echinoidea) IV. Maturity cycle and seasonal biochemical changes in the gonad. *Ciencias Marinas, México* 5 (1): 1-18.

CADDY, J.F. 1991. Death rates and time intervals: is there an alternative to the constant natural mortality axiom? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1:109-138.

FUJI, A. 1960. Studies on the biology of the sea urchin II. Size at first maturity of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. Intermedius*. *Bull. Fac. Fisheries Hokkaido Univ.* 11(2): 43-48.

GAYANILO, F.C., P. SPARRE Y D. PAULY. 1993. The FiSAT user's guide. *FAO Comp. Inform. Ser. Fisheries.* 99. Rome, 1993.

GEBAUER, P & C. MORENO. 1995. Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea). *Fisheries Research* 21: 423-435.

ROA, R. 1995. A monte Carlo algorithm for size at maturity and its asymptotic confidence interval. Mar. Ecol. Prrogress Series (in press).

RIKHTER, V.A. Y V.N. EFANOV. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. I.C.N.A.F. Res. Doc. 79/VI/8, 12 pp.

SEIJO, J.C., E.P. PÉREZ, M.A. CABRERA Y D. HERNÁNDEZ. 1996. Risk and uncertainty in modelling and management of sedentary resources: a precautionary bioeconomic approach. Taller sobre Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental. Concepción, Chile. Abril de 1996.

SHEPHERD, J.G. 1987. A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data. En: D. Pauly, and G.P. Morgan (eds.): Length-based methods in fisheries research. pp. 113-119. ICLARM Conf. Proc. 13. Manila.

SPARRE, P., E. URSIN Y S. VENEMA. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual FAO Fish. Tech. Pap. 306/1:337 pp.

TAYLOR, C.G. 1958. A note on Lee's phenomenon in George's Bank haddock. I.C.N.A.F. Spec. Publ. 1:243-251.

WEIBEL, E.R. 1969. Stereological principles of Morphometry in electron microscopic cytology. Intern. Rev. Cytol. 26: 235-302. Academic Press. N. York, London.

WOLFF, M. 1989. Estimates el growth, mortality and recruitment of the loco Concholepas concholepäs (Bruguiere,1789) derived from a shell mound in northern Chile. Studies on Neotropical

ZAMORA, S. & W. STOTZ. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata : Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Rev. Chilena Hist. Natural 65: 121-133.

GONZÁLEZ, L., J.C. CASTILLA & C. GUIADO. 1987. Effect of larval diet and rearing temperature on metamorphosis and juvenile survival of the sea urchin *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinoidea: Echinidae) Jour. Shellfish Res. 6(2): 109-115.

GUIADO, C. & J.C. CASTILLA. 1987. Historia de vida, reproducción y avances en el cultivo del erizo comestible chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinoida : Echinidae) En Arana P. (Ed). Manejo y Desarrollo Pesquero : 55-68. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

GUTIERREZ, J. & M. OTSU. 1975. Periodicidad de las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* Molina. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. 15 (2): 179-199.

HERRERA, G. & A. ALVIAL. 1983. Talla mínima de madurez gonádica en poblaciones de *Concholepas concholepas* (Brugière, 1789, Mollusca : Gastropoda : Muricidae) en Iquique, Chile. Mems. Asoc. Latinoam. Acuicultura, 5(2): 289-293.

HOLLAND, N.D. & L.Z. HOLLAND. 1969. Annual cycle in germinal and nongerminal cell population in the gonads of the sea urchin *Psammechinus microtuberculatus*. Publishing Staz. Zoology Napoly 37: 394-404.

LOZADA, E. y E. BUSTOS. 1984. Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* Knig & Broderip, 1835 en la Bahía de Ancud (Mollusca : Bivalvia : Veneridae). Rev. Biol. Mar. Valparaíso 20 (2) : 91-112.

MARTOJA, R. & M. MARTOJA-PIERSON., 1967. Inition aux techniques de l'histologie animale. Masson et Cie (ed), Paris, 345 pp.

PAULY, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with with programmable calculators. ICLARM Stud. Rev. (8):325 pp.

PEARSE, J.S. 1969. Reproductive periodicities of IndoPacific invertebrates in the Gulf of Suez. II. The echinoid *Echinometra matheii*. Bull. Mar. Science. 19: 580-613.

ZEGERS, J., MOLINA, C., HIDALGO & L. RODRÍGUEZ. 1983. Crecimiento de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en sistemas de jaulas suspendidas a media agua. Memorias de la asociación Latinoamericana de Acuicultura. 5: 369-378.

ANEXO I

CICLO REPRODUCTIVO

DISTRIBUCIÓN DE TALLAS ERIZOS

PRIMERA REGION

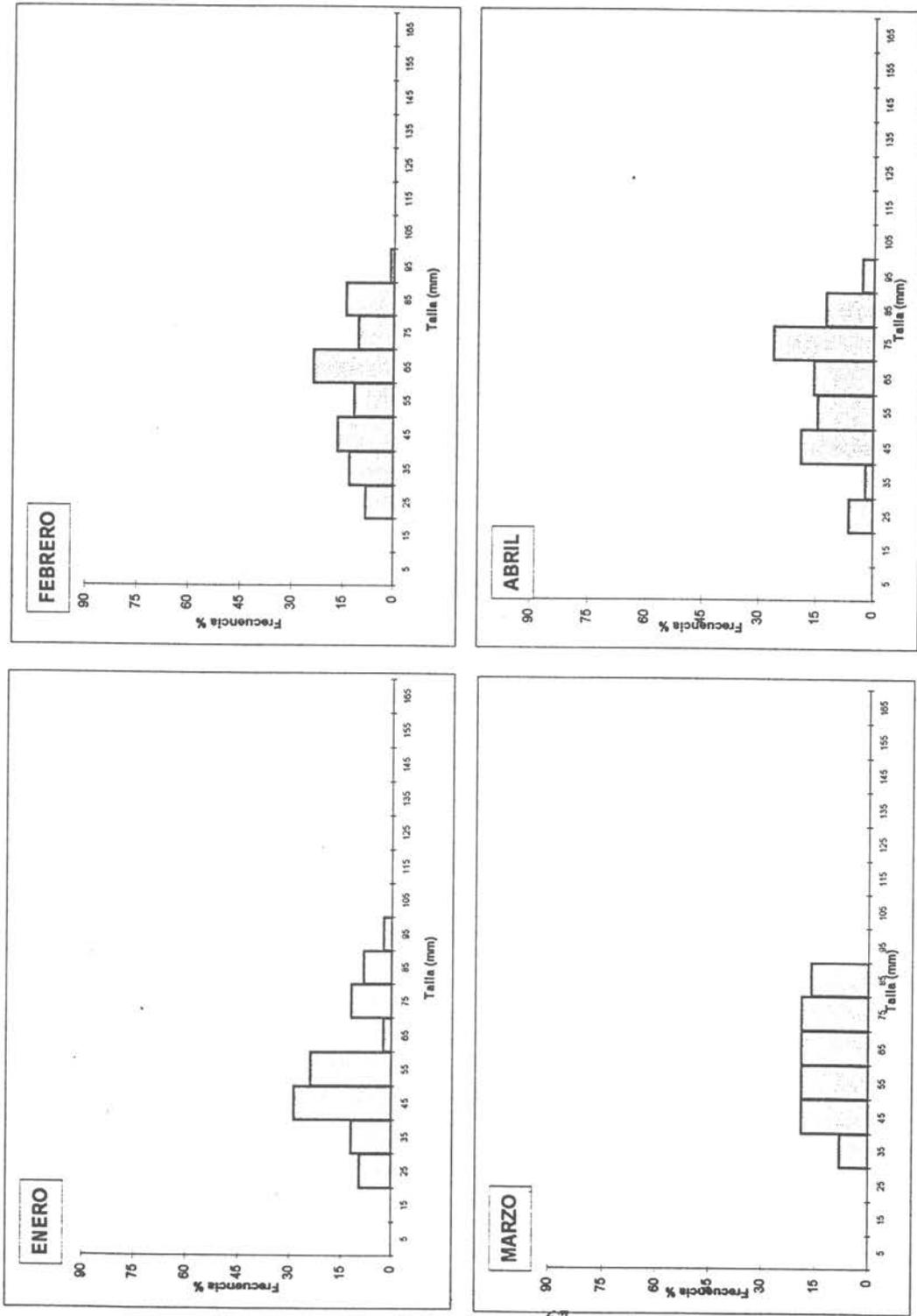


Fig. 1 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

PRIMERA REGION

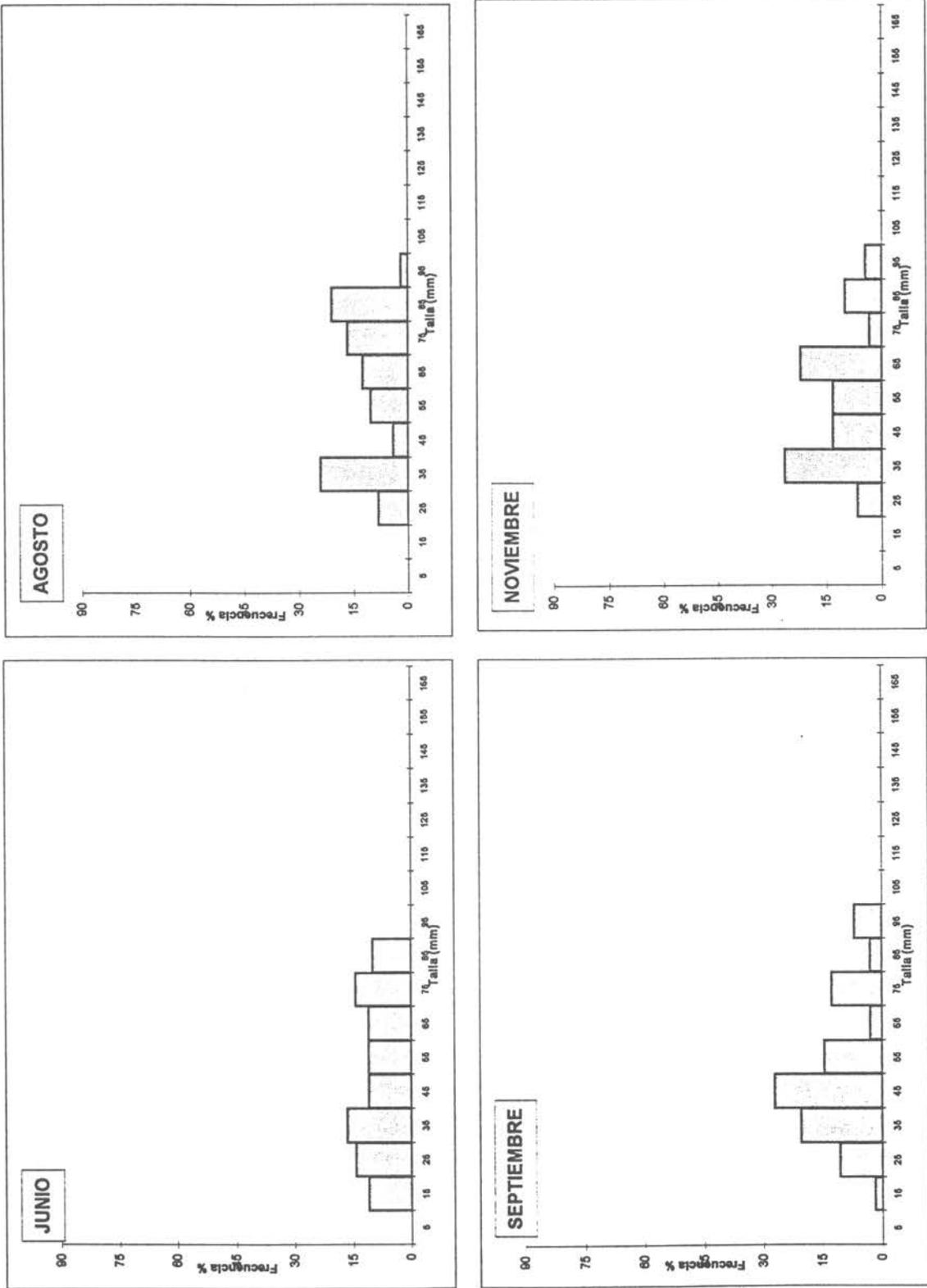


Fig. 2 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

PRIMERA REGION

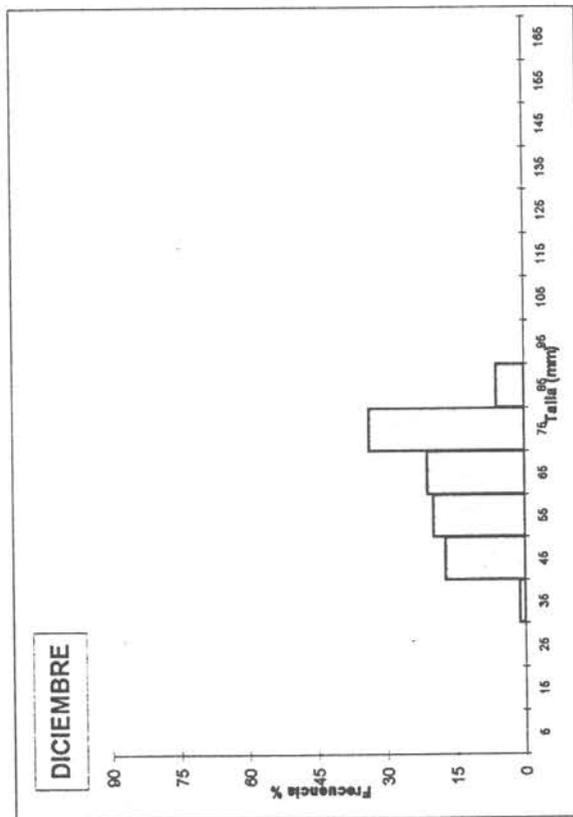
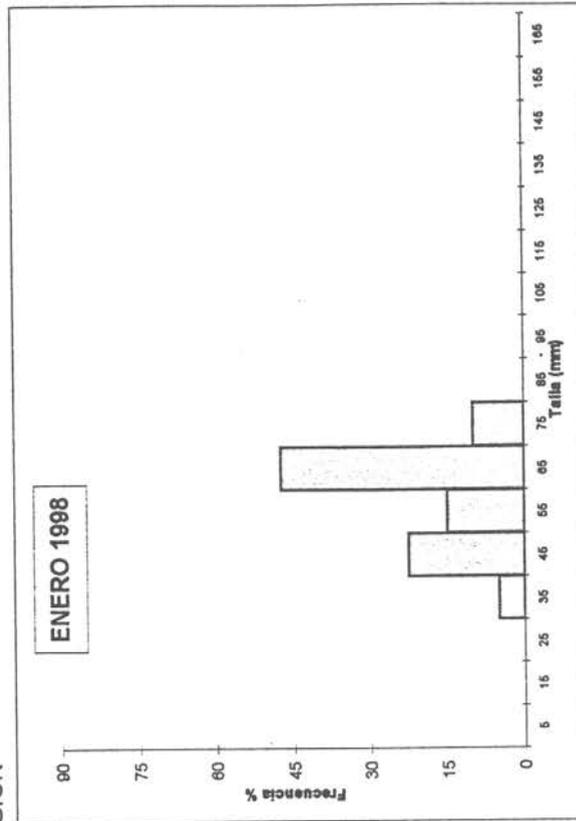


Fig.3 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEGUNDA REGIÓN

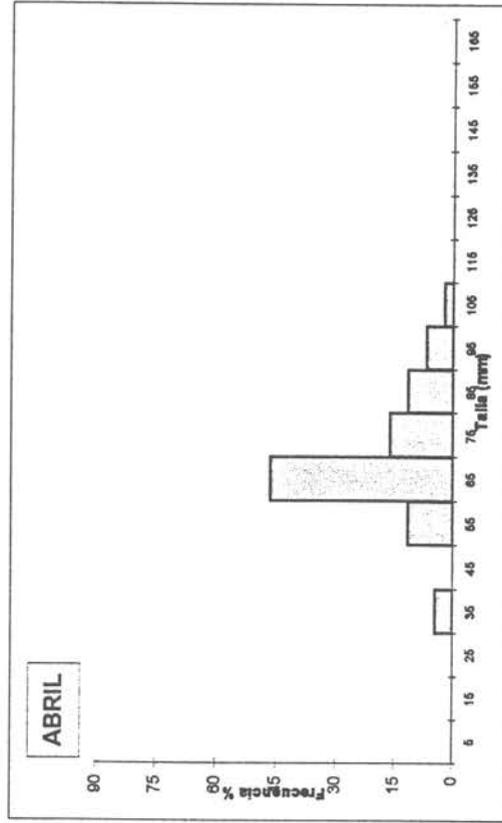
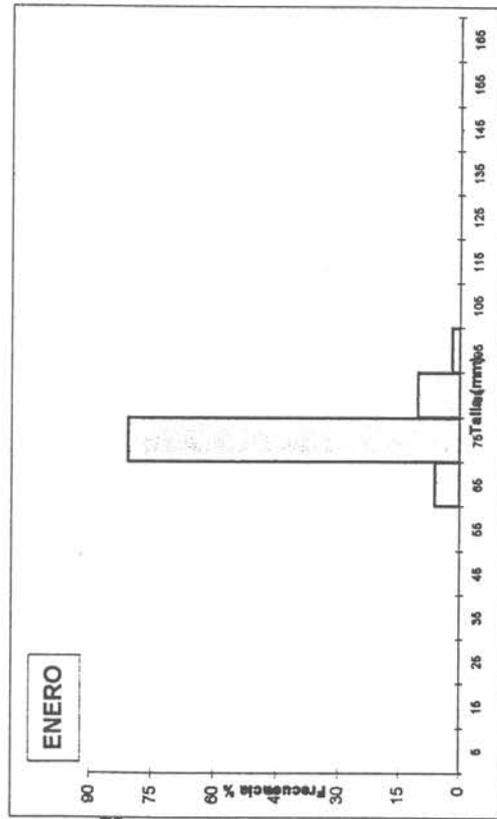
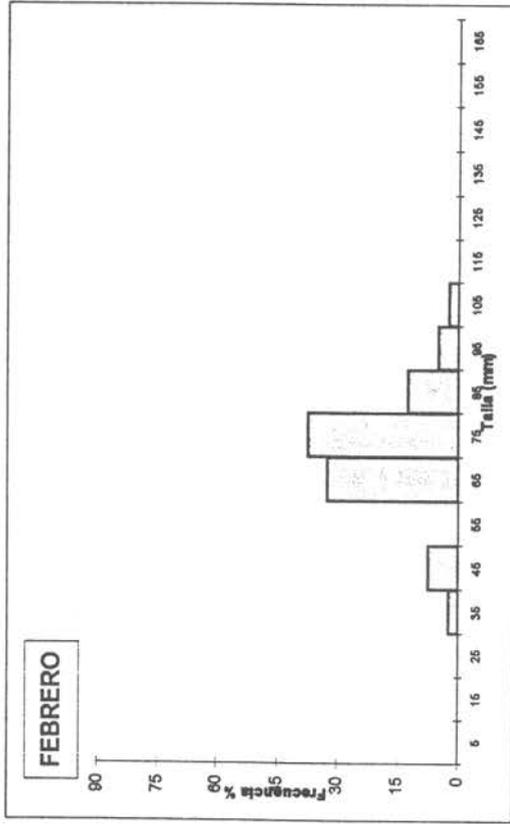
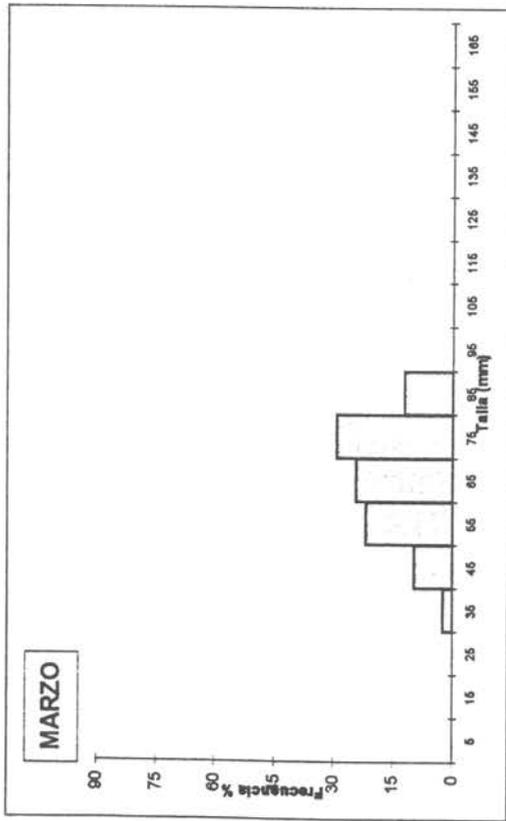


Fig 4. Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

TERCERA REGION

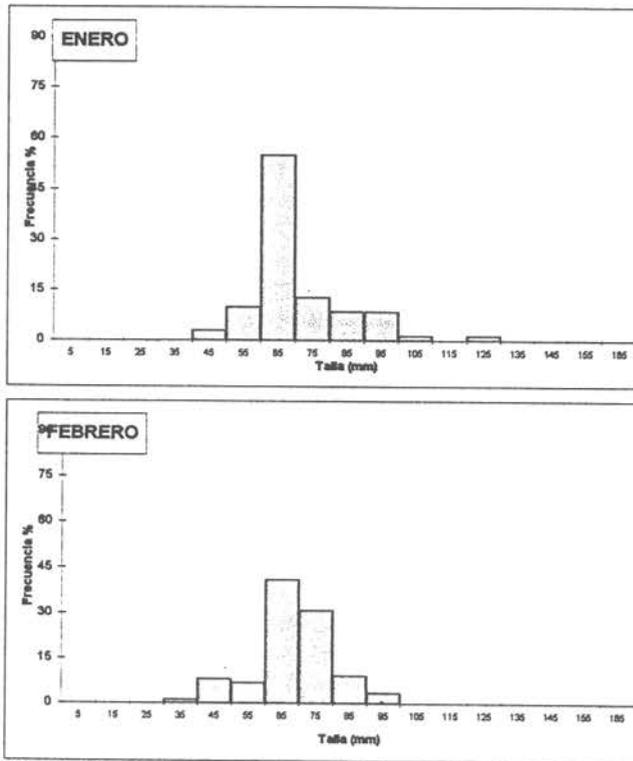


Fig. 6 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

TERCERA REGION

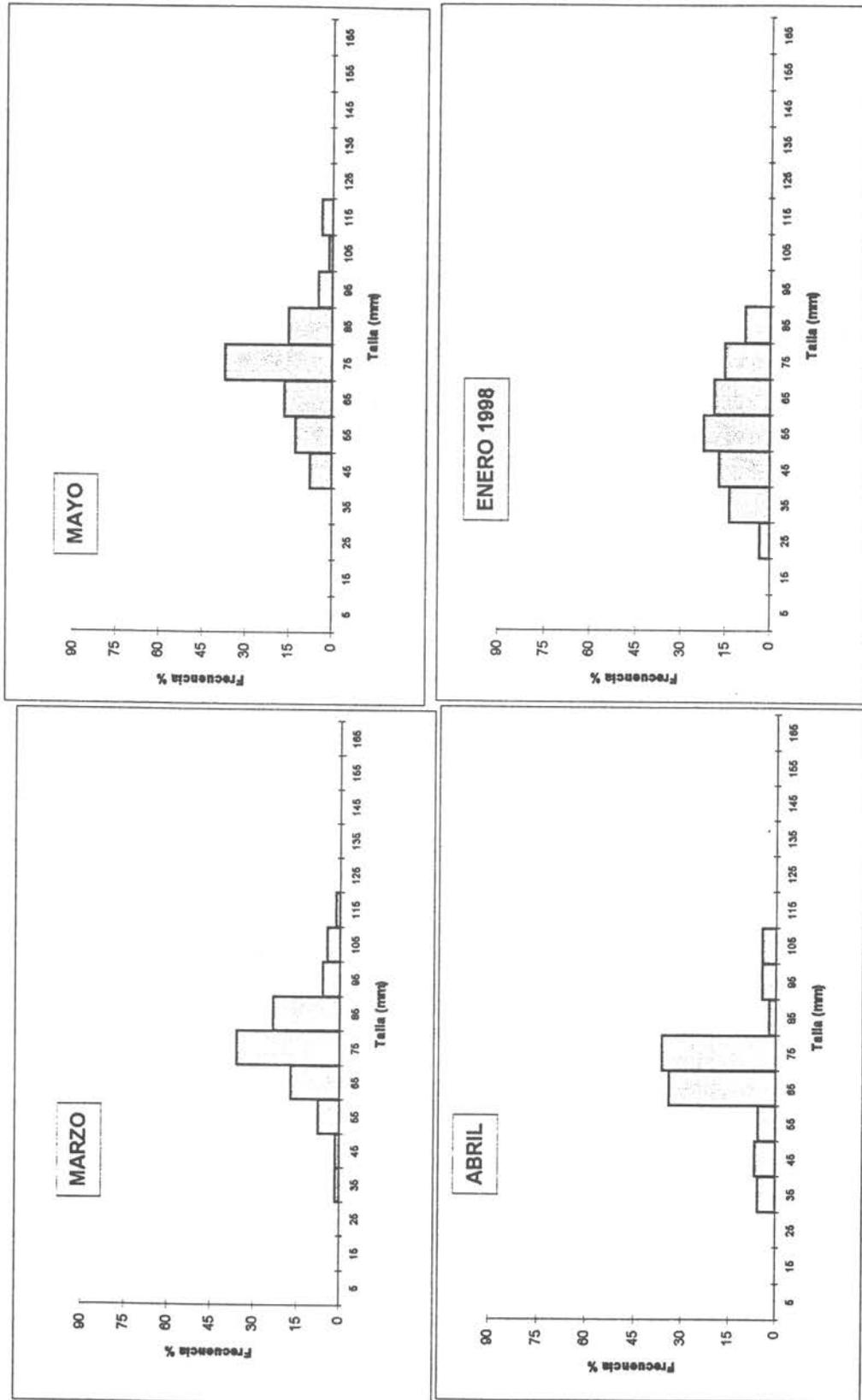


Fig.7 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

CUARTA REGION

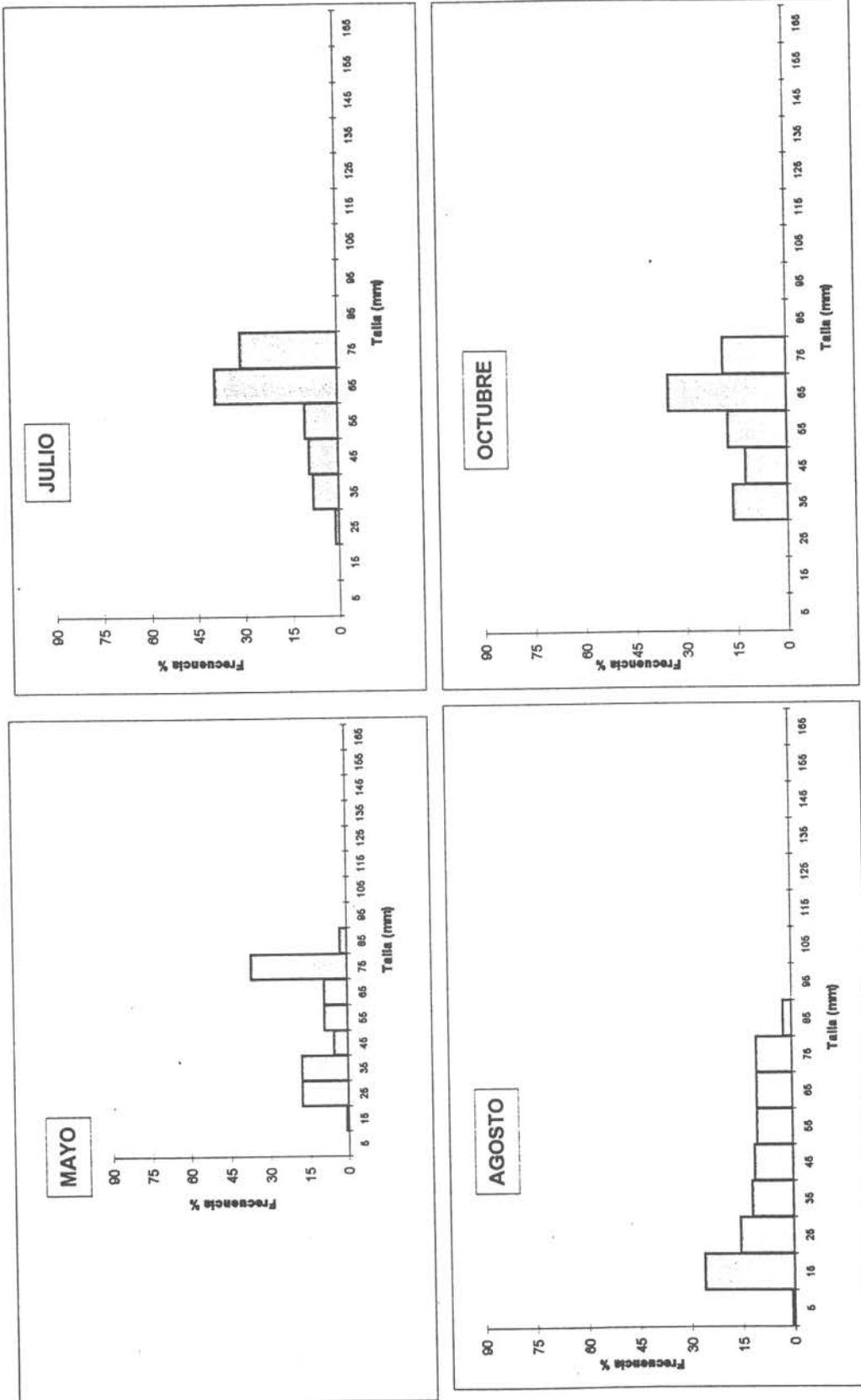


Fig. 8 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

CUARTA REGION

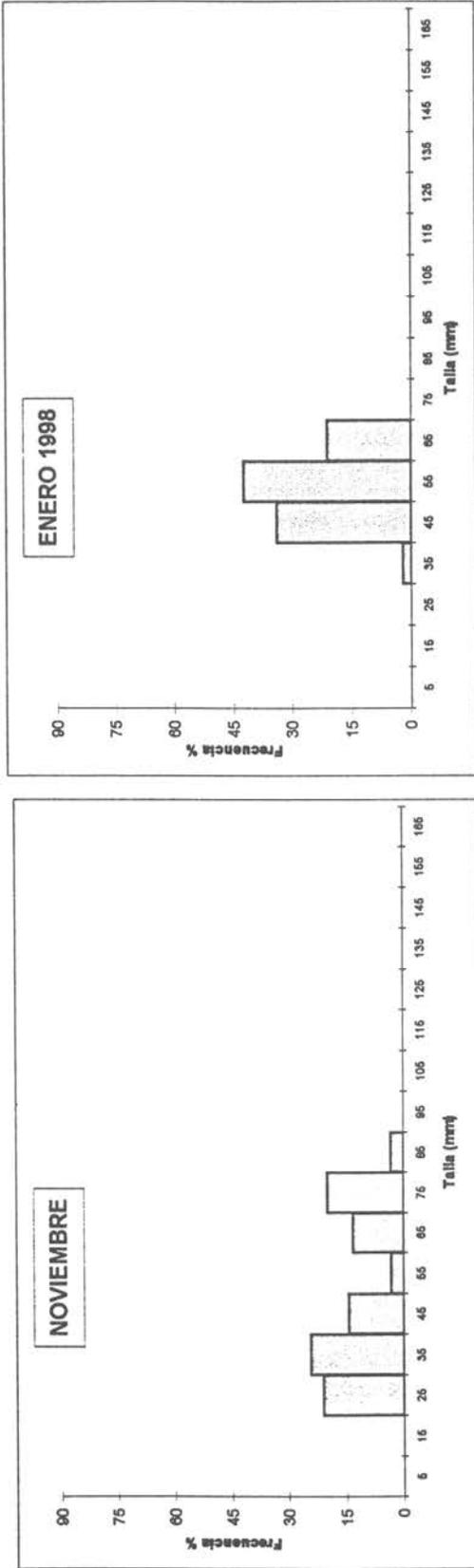


Fig. 9 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

QUINTA REGION

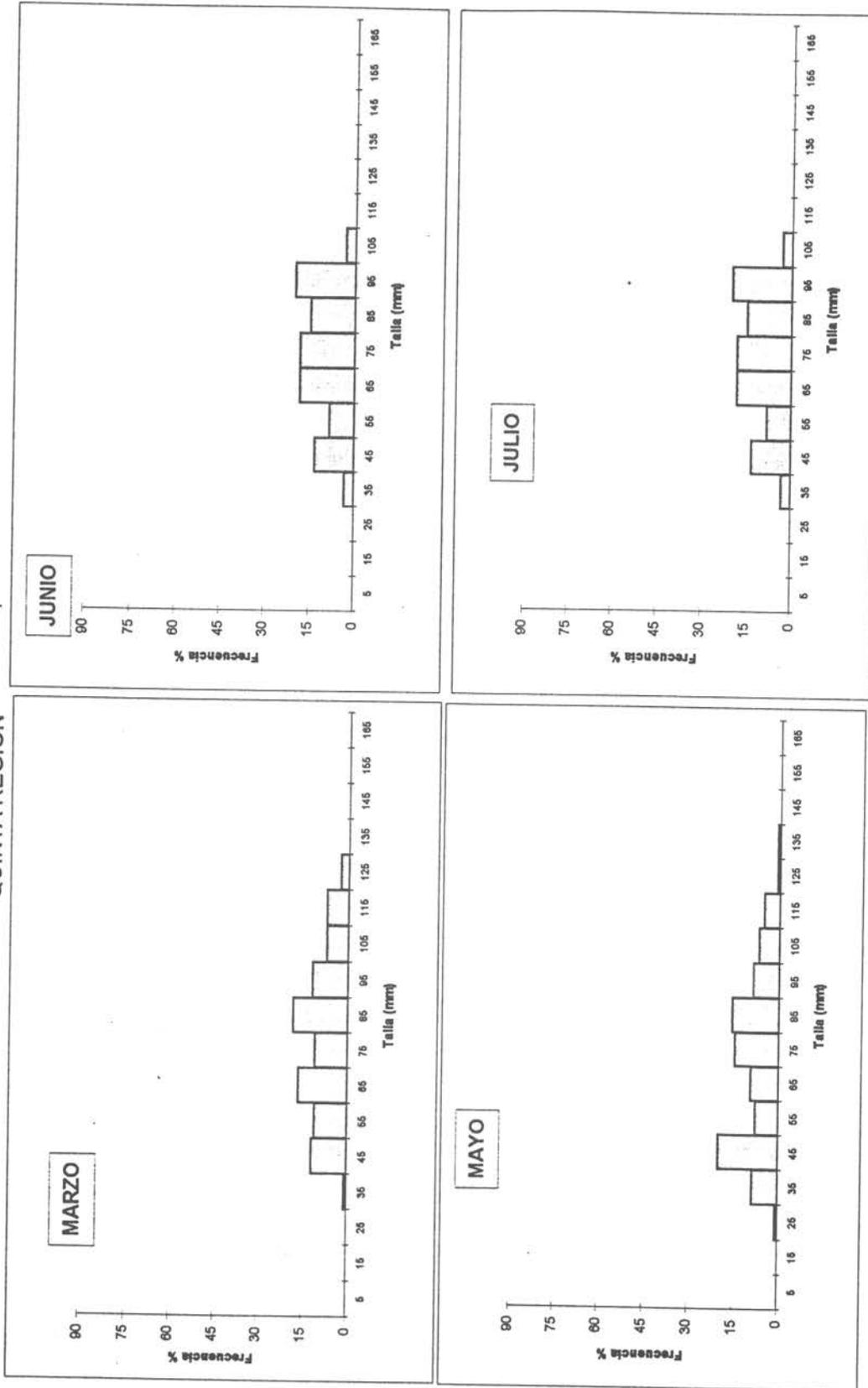


Fig.10 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

QUINTA REGION

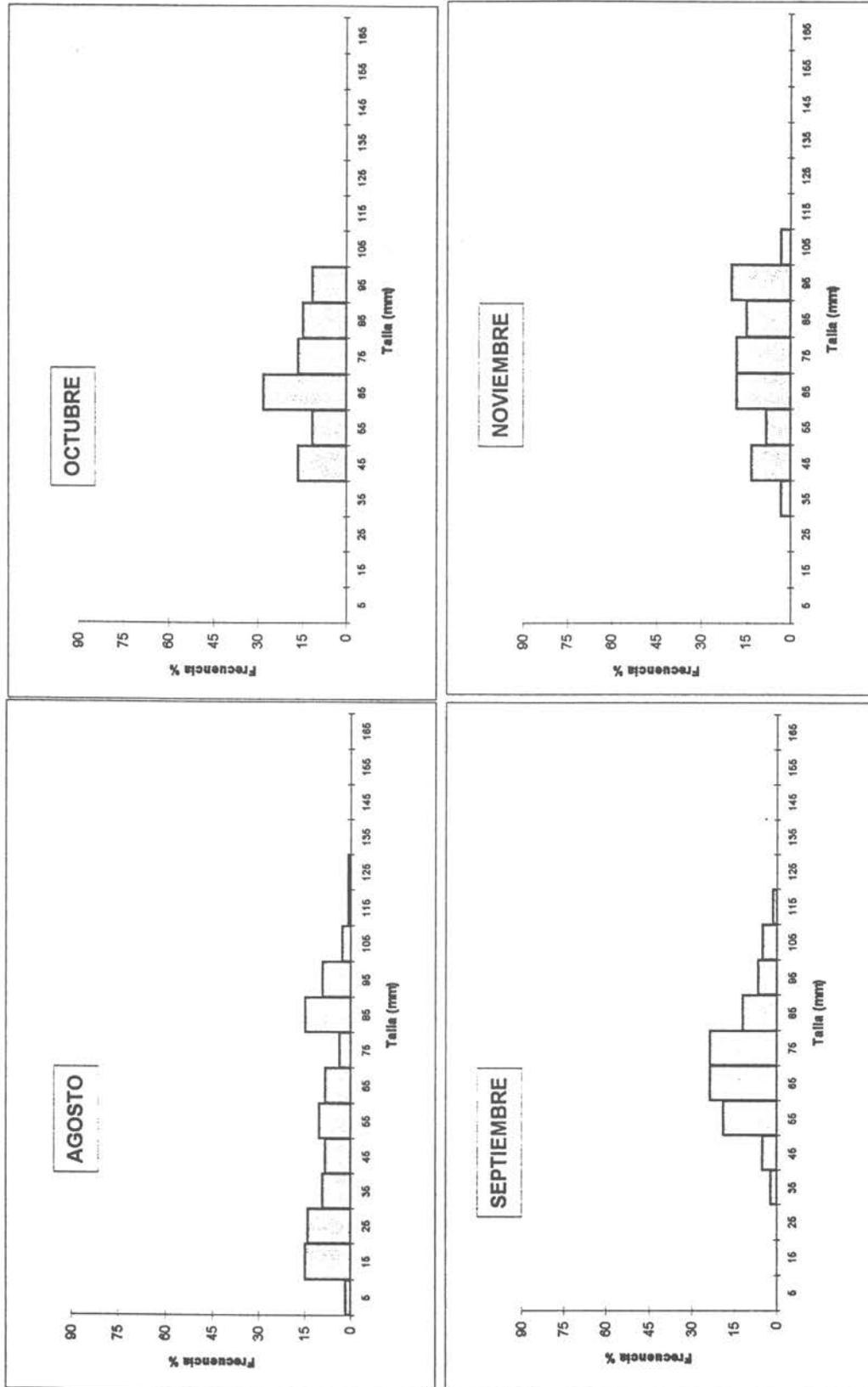


Fig. 11 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEXTA REGION

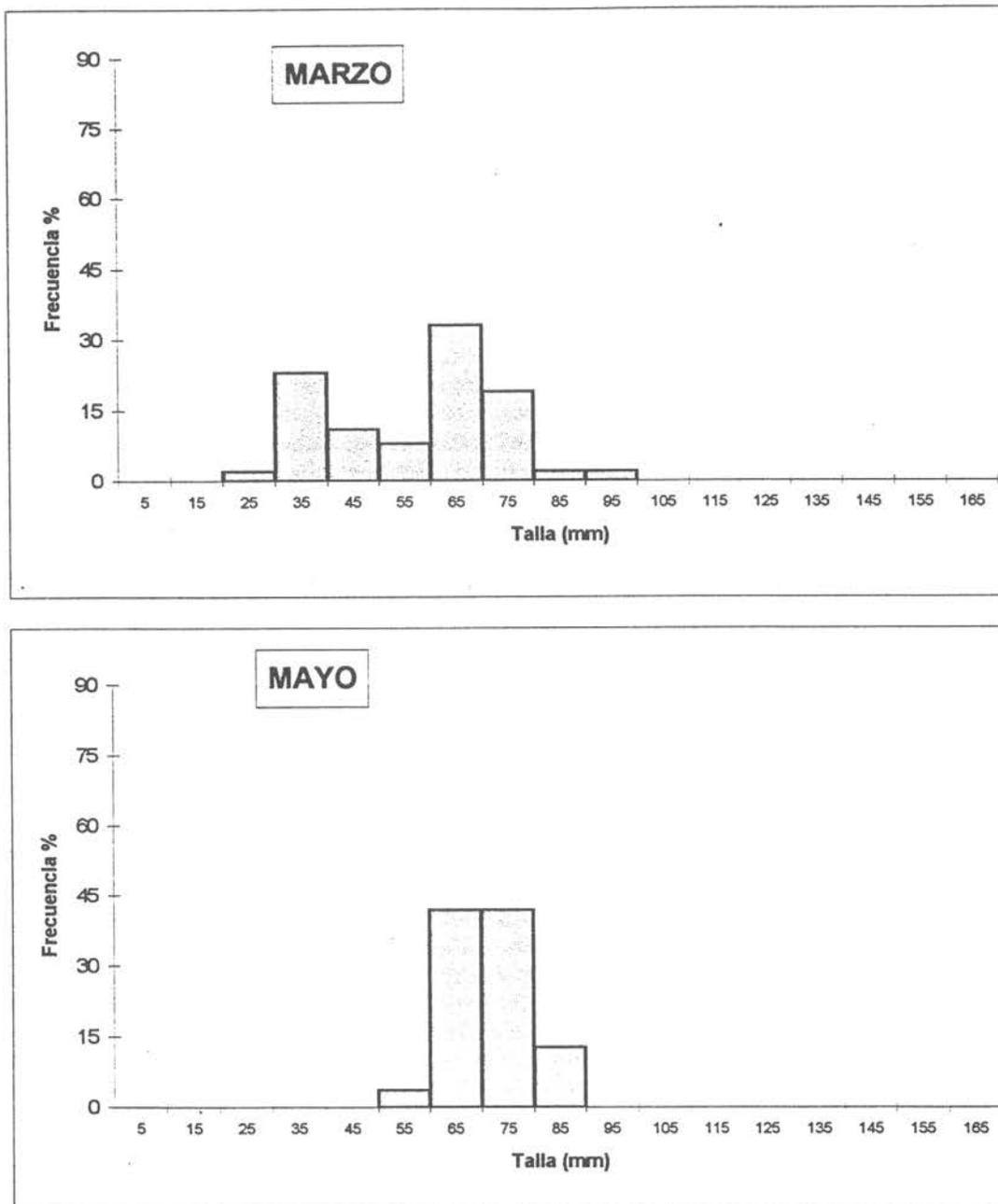


Fig. 12 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEXTA REGION

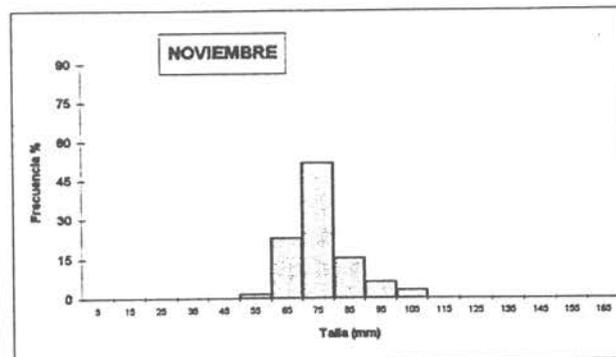
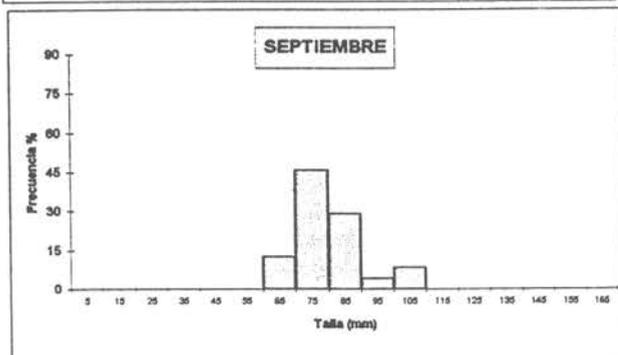
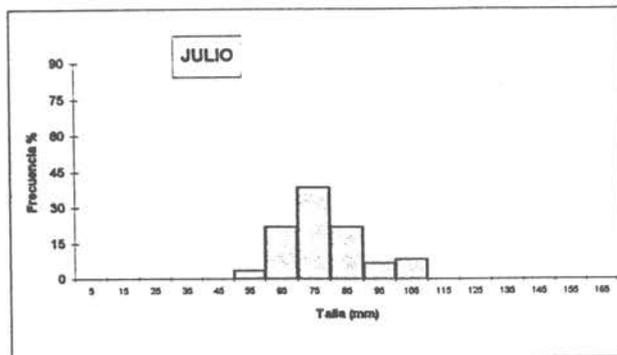


Fig.13 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEPTIMA REGION

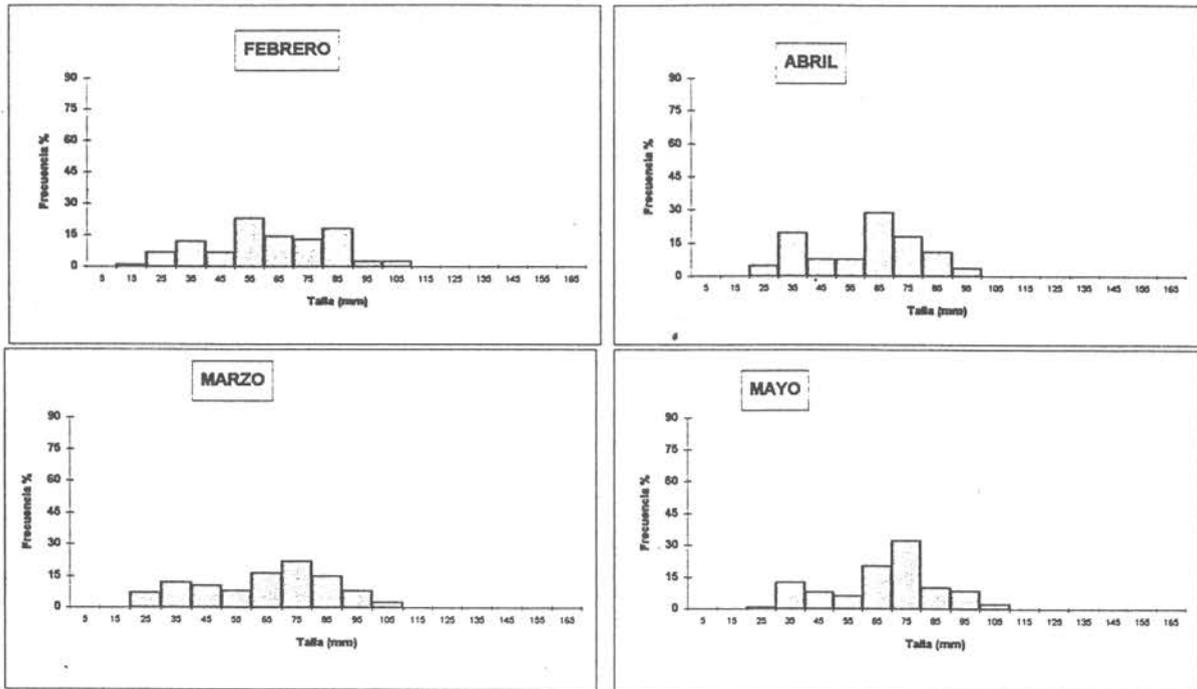


Fig.14 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEPTIMA REGION

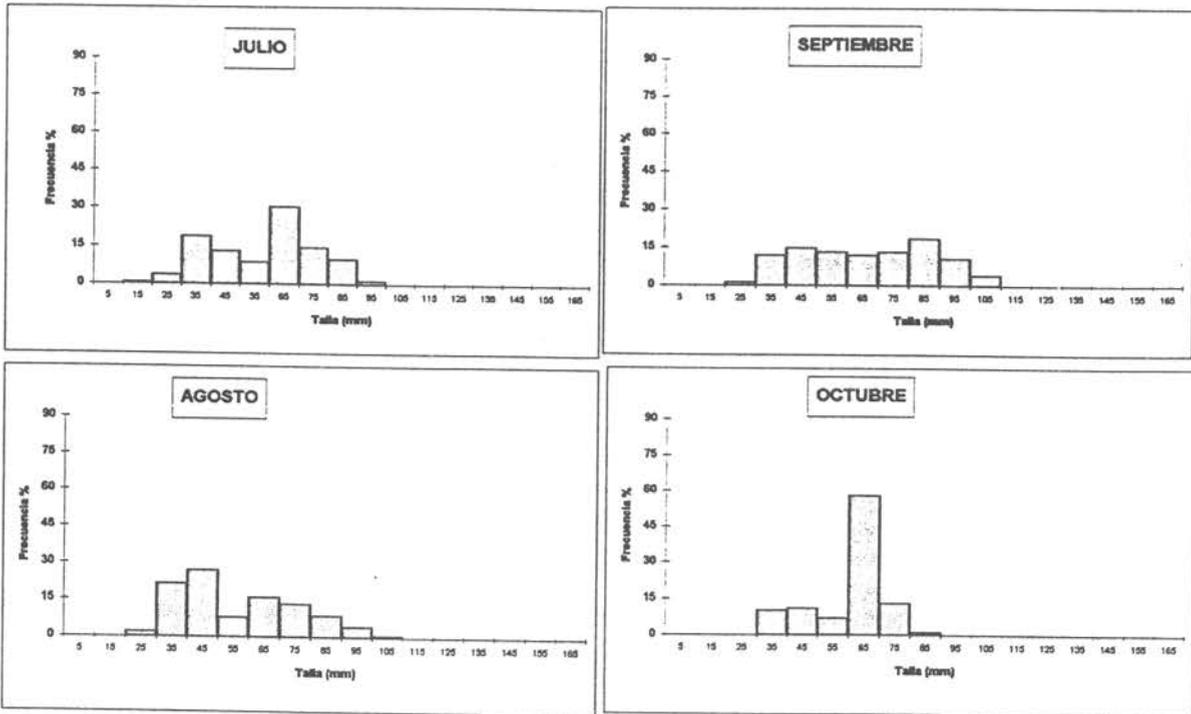


Fig. 15 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

SEPTIMA REGION

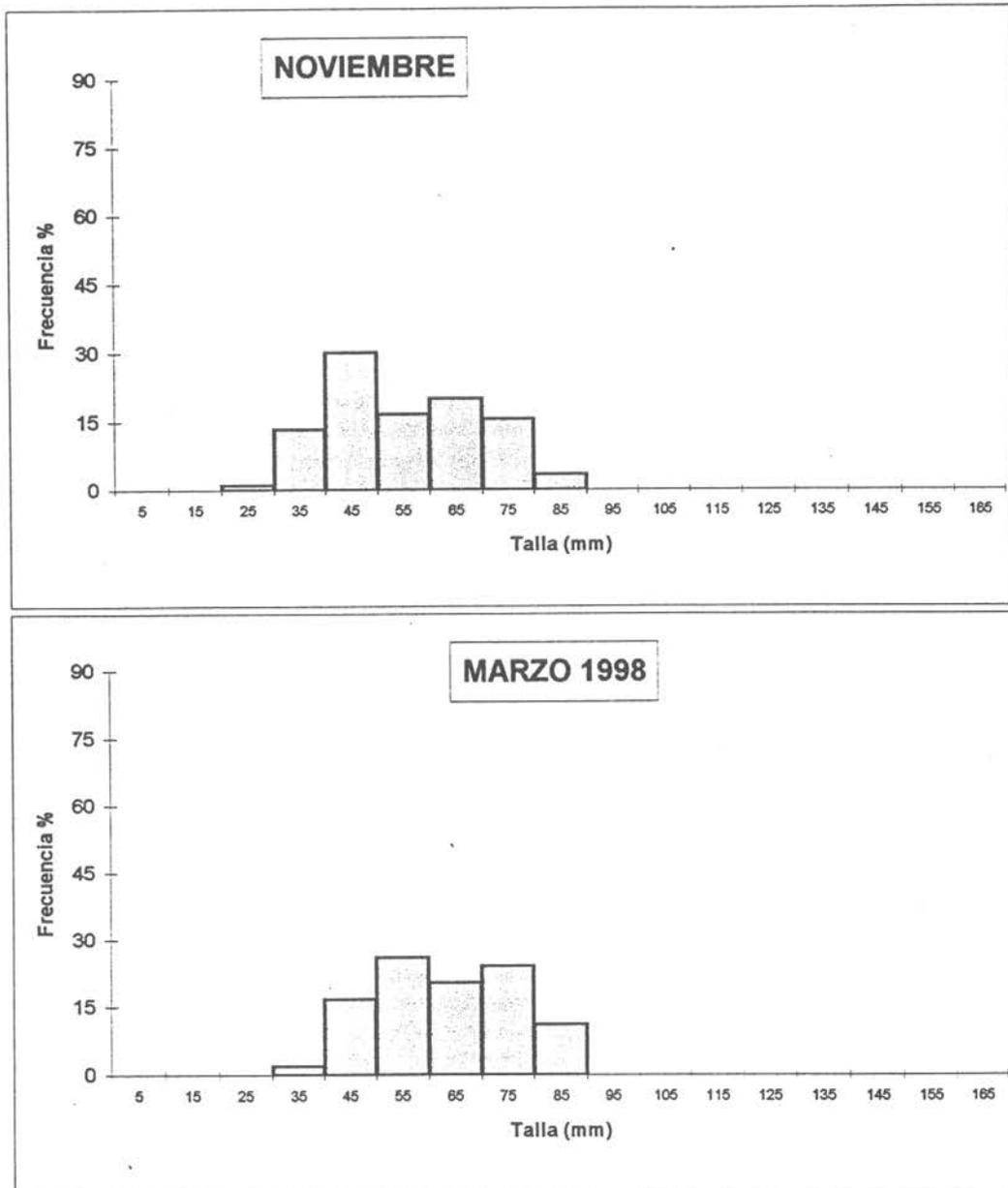


Fig.16 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

OCTAVA REGION

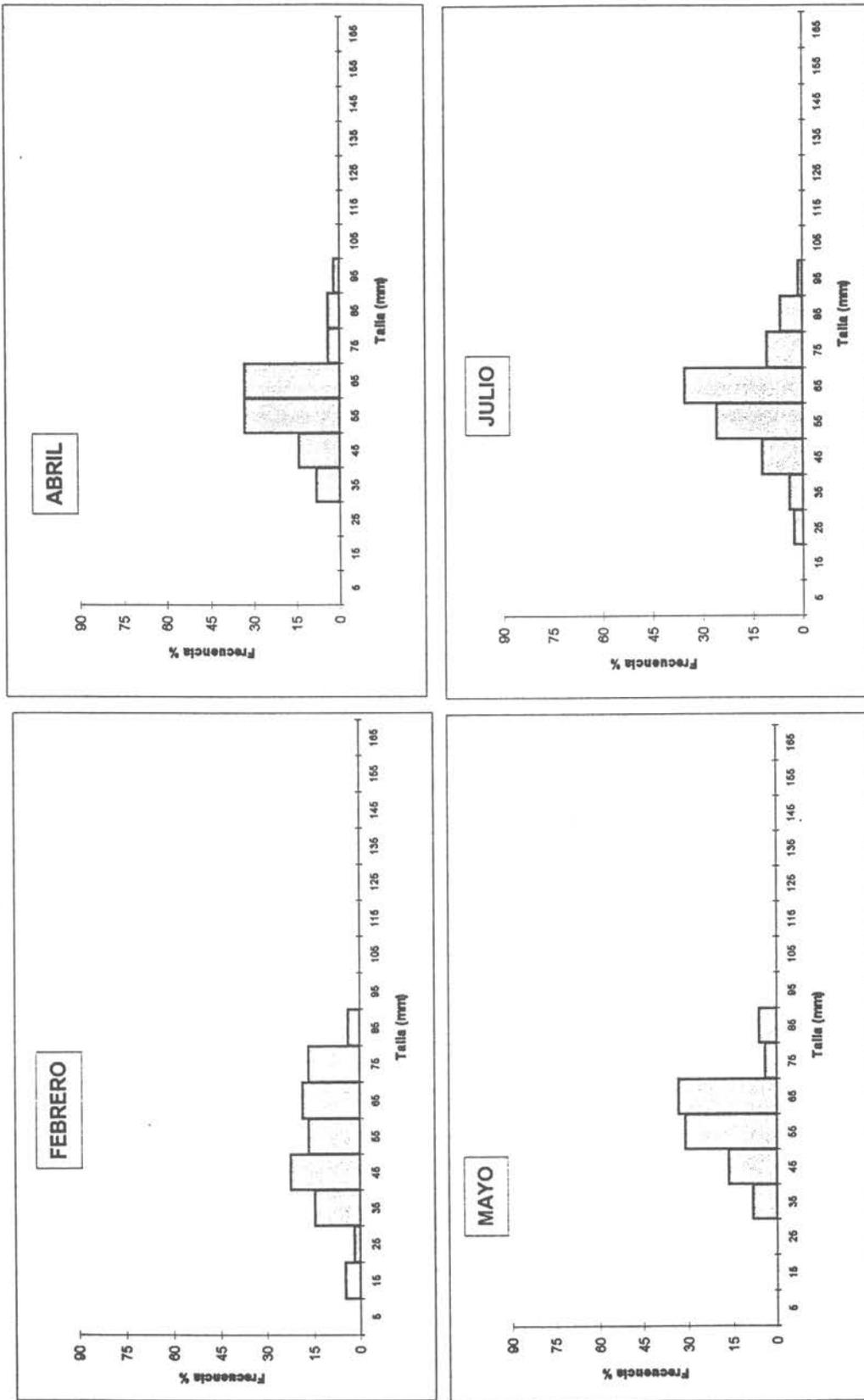


Fig. 17 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

OCTAVA REGION

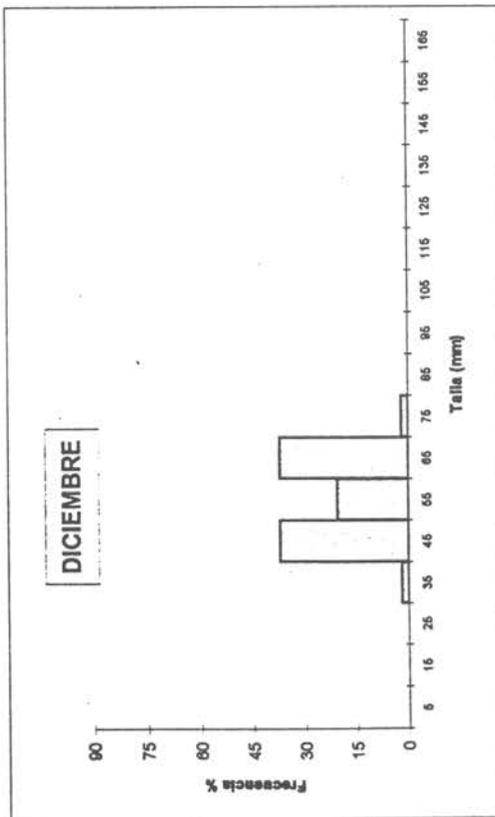
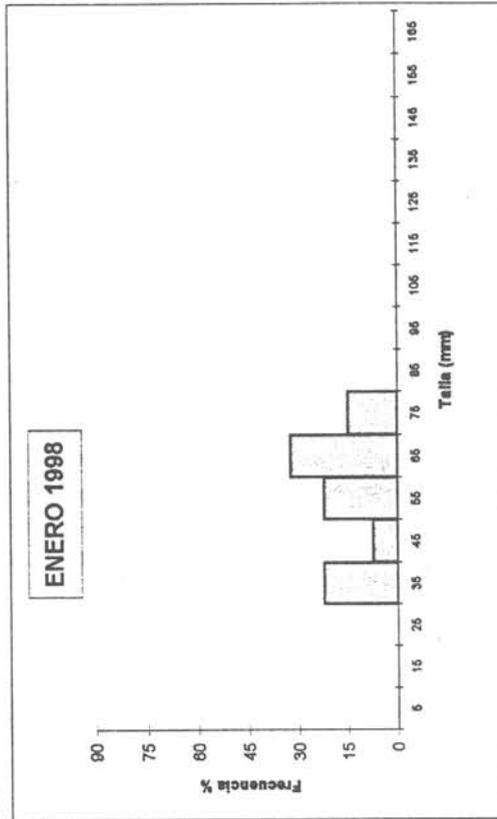


Fig. 18 Distribución de frecuencia porcentual de tallas (mm) de *L. albus*

ANEXO II

CICLO REPRODUCTIVO RELACIÓN TALLA - PESO HÚMEDO TOTAL

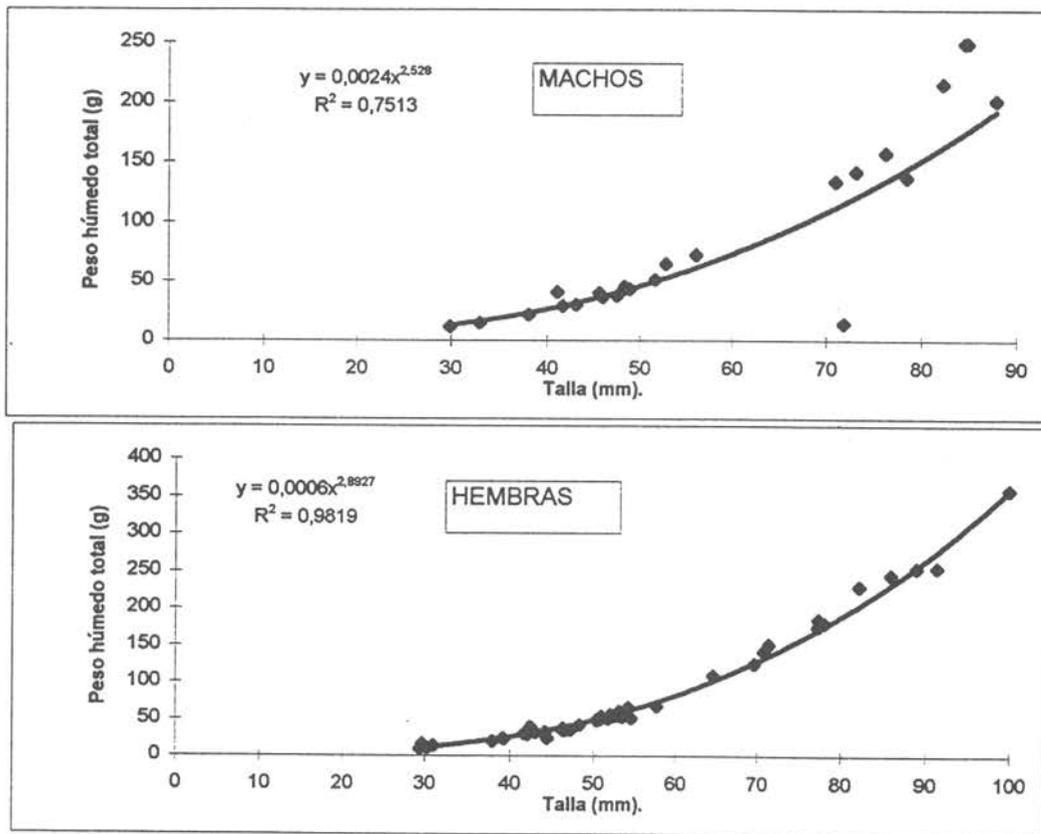


Fig. 1 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.I
 Región, enero.

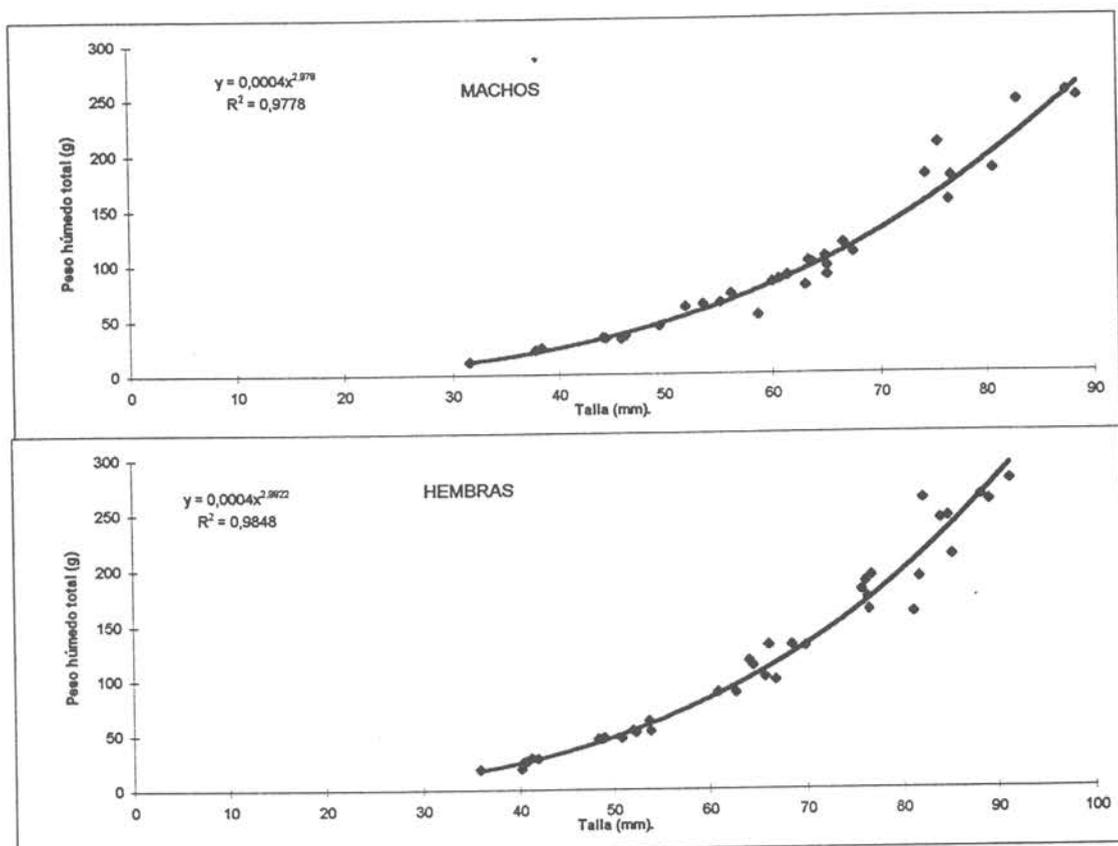


Fig. 2 Relación Talla- Peso húmedo total de erizos machos y hembras. I Región, febrero.

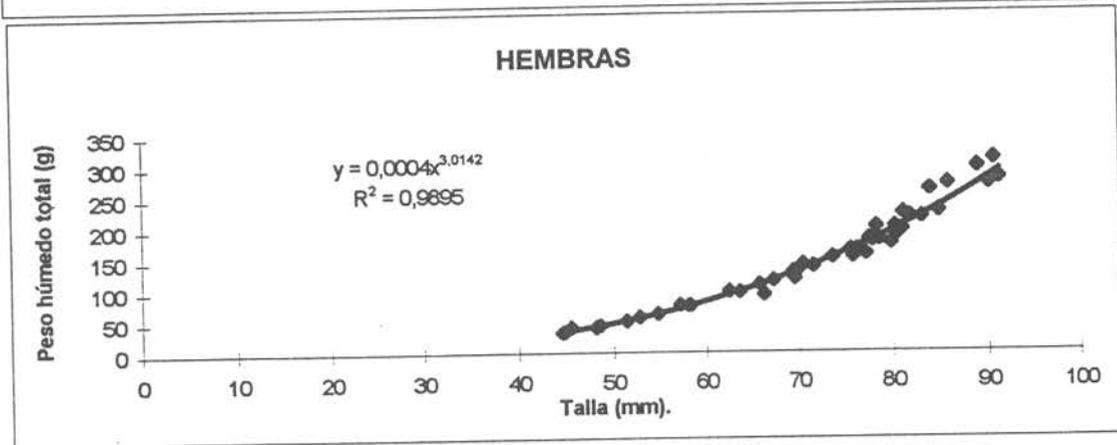
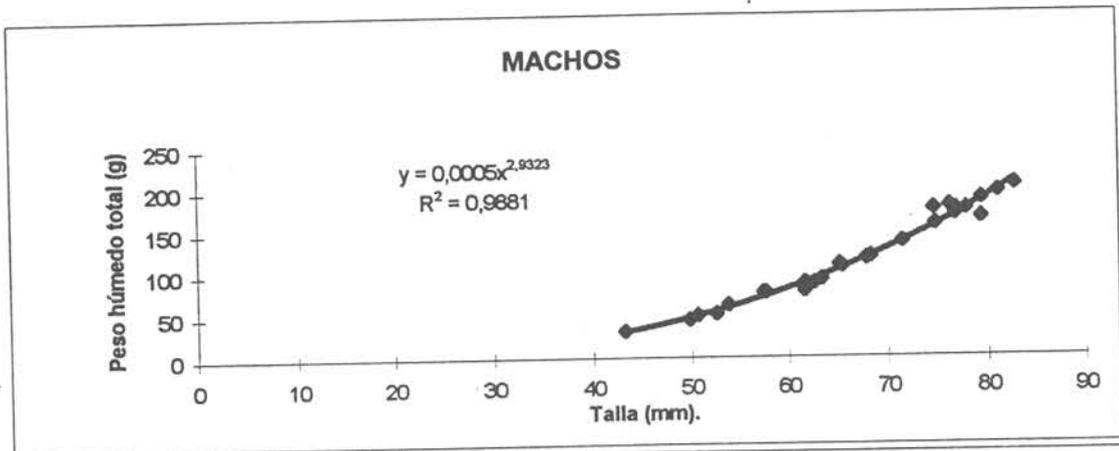


Fig. 3 Relación Talla- Peso húmedo total de erizos. I Región, abril.

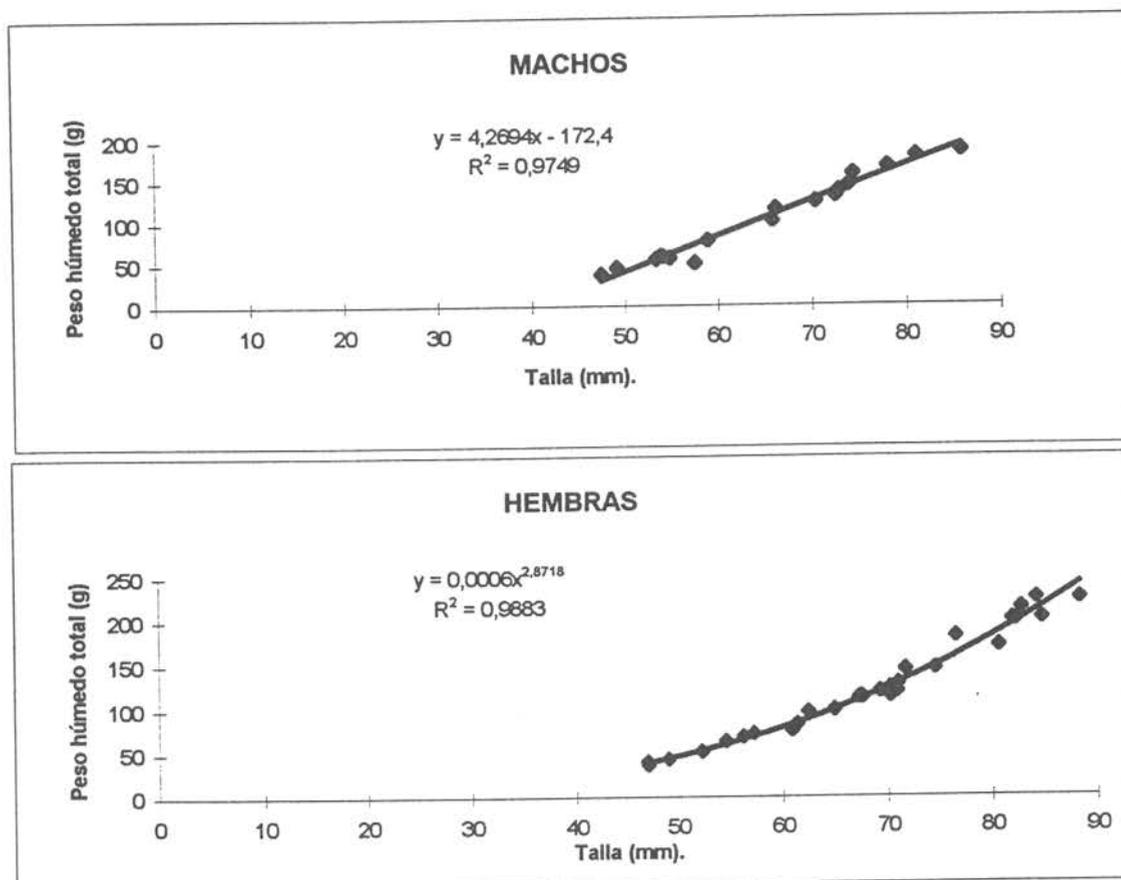


Fig. 4 Relación Talla- Peso húmedo total de erizos. I Región, junio.

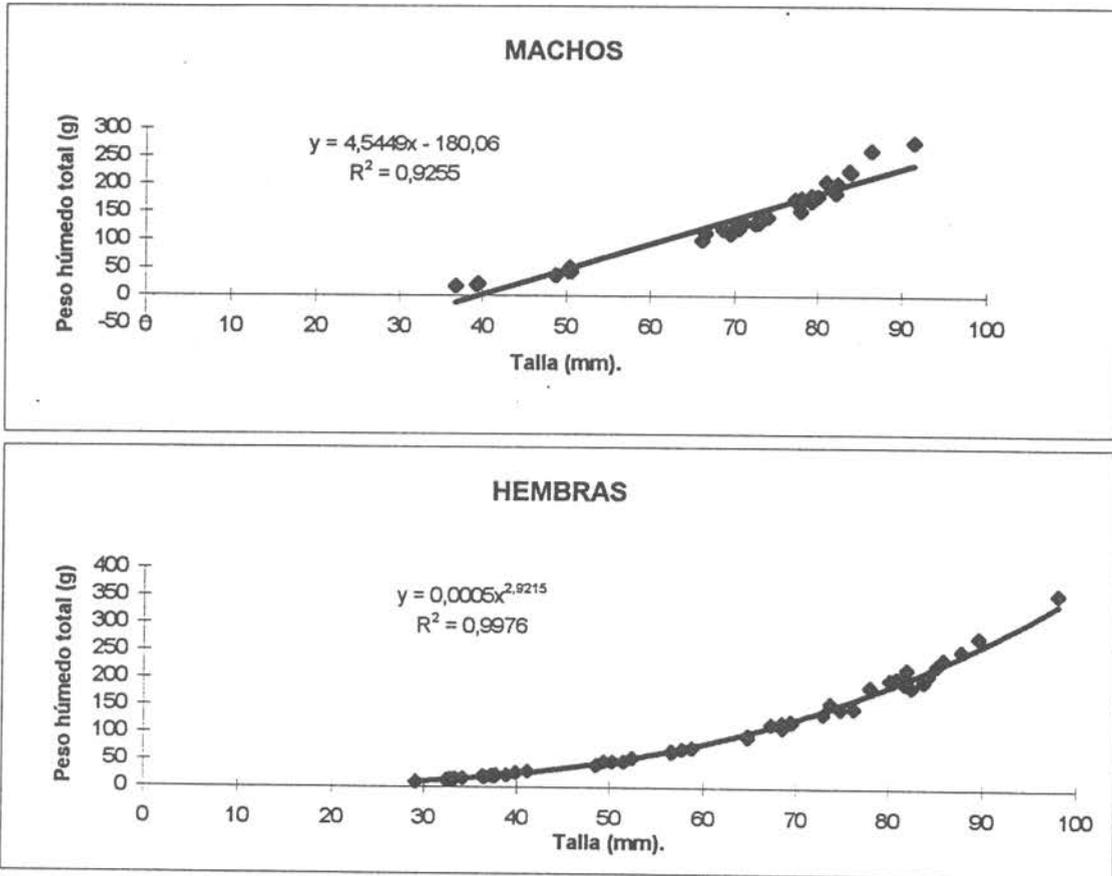


Fig. 5 Relación Talla- Peso húmedo total de erizos. I Región, agosto

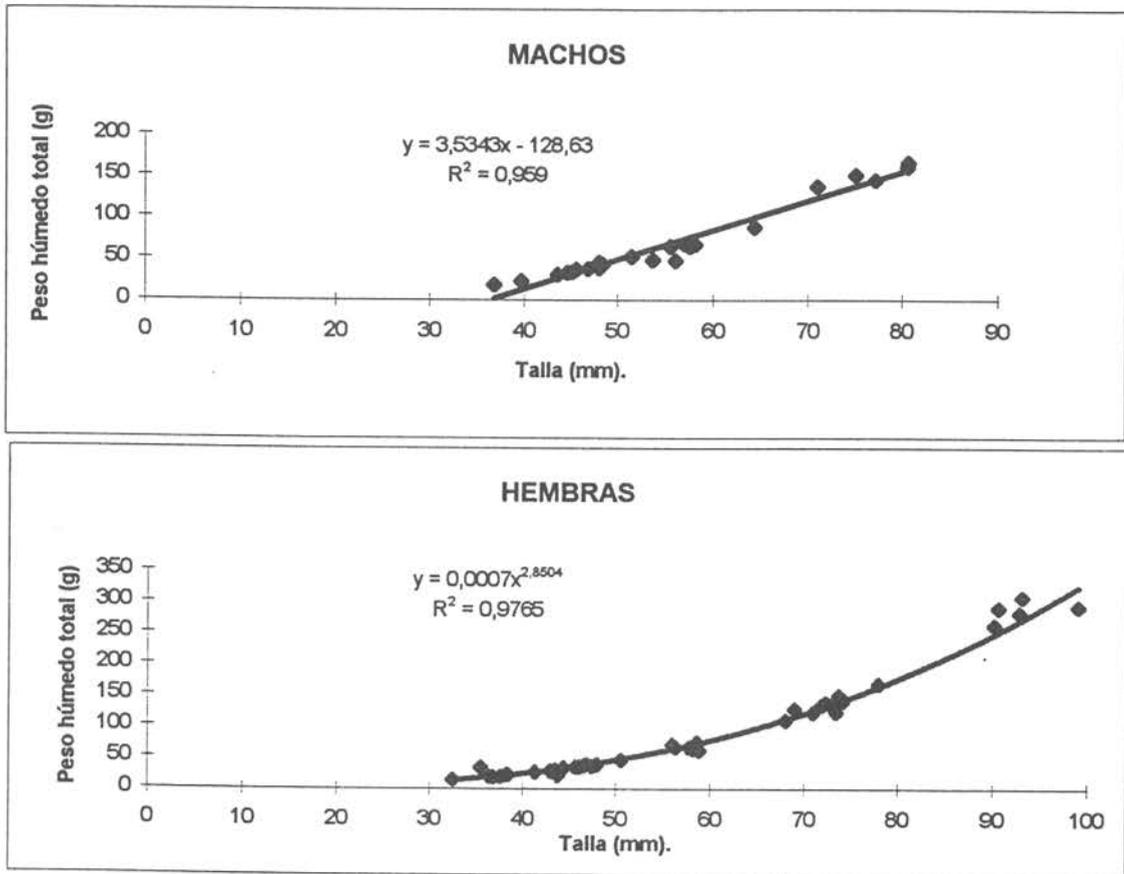


Fig. 6 Relación Talla- Peso húmedo total de erizos. I Región, septiembre.

SEGUNDA

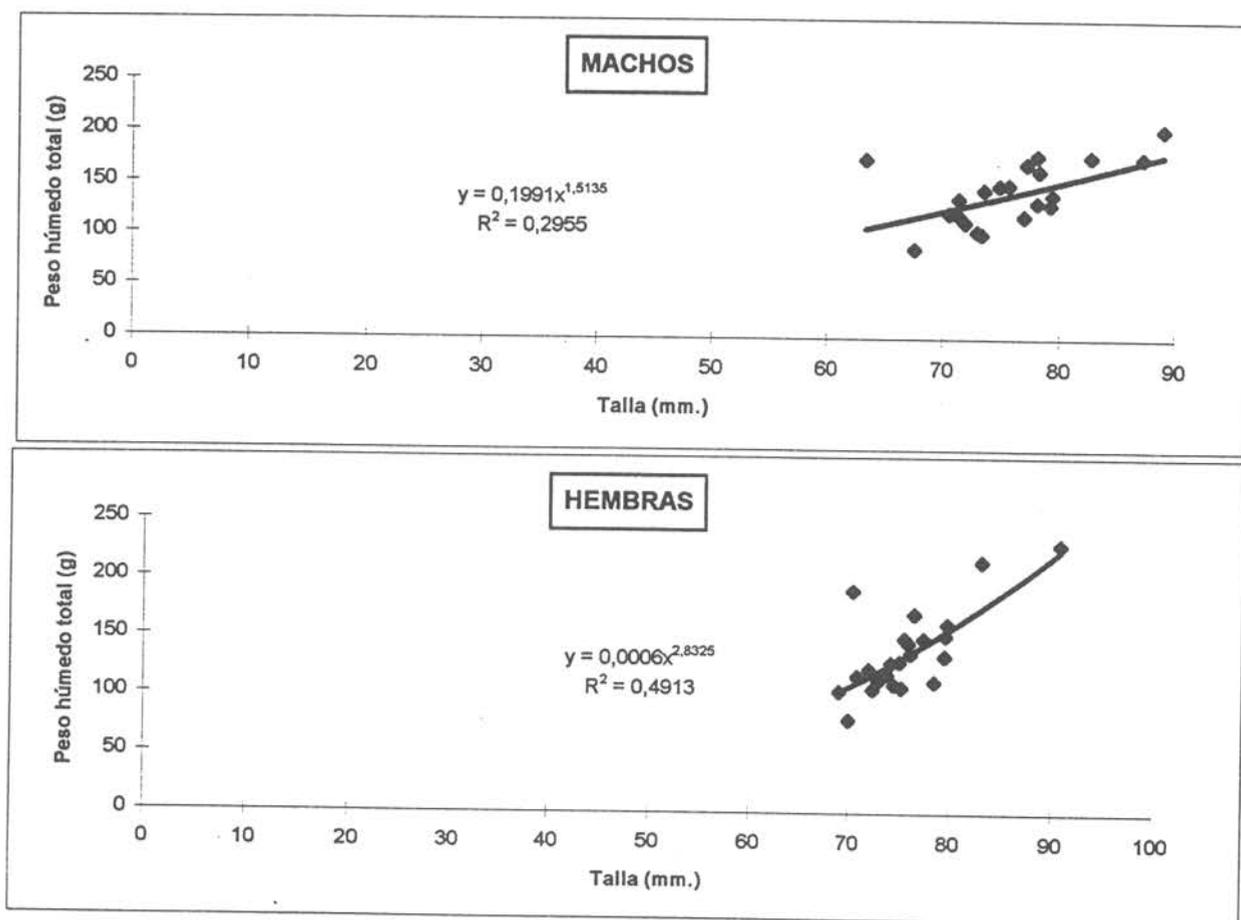


Fig. 7 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, enero.

SEGUNDA

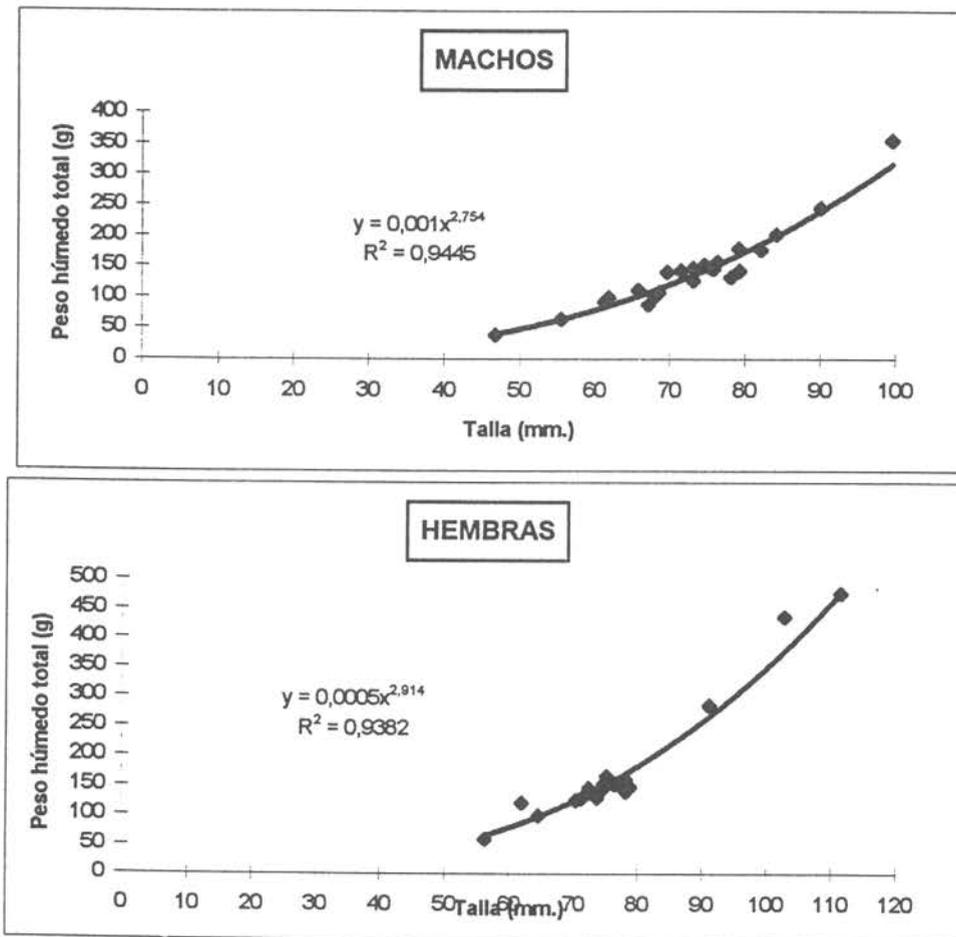


Fig. 8 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras. II Región, mayo.

SEGUNDA

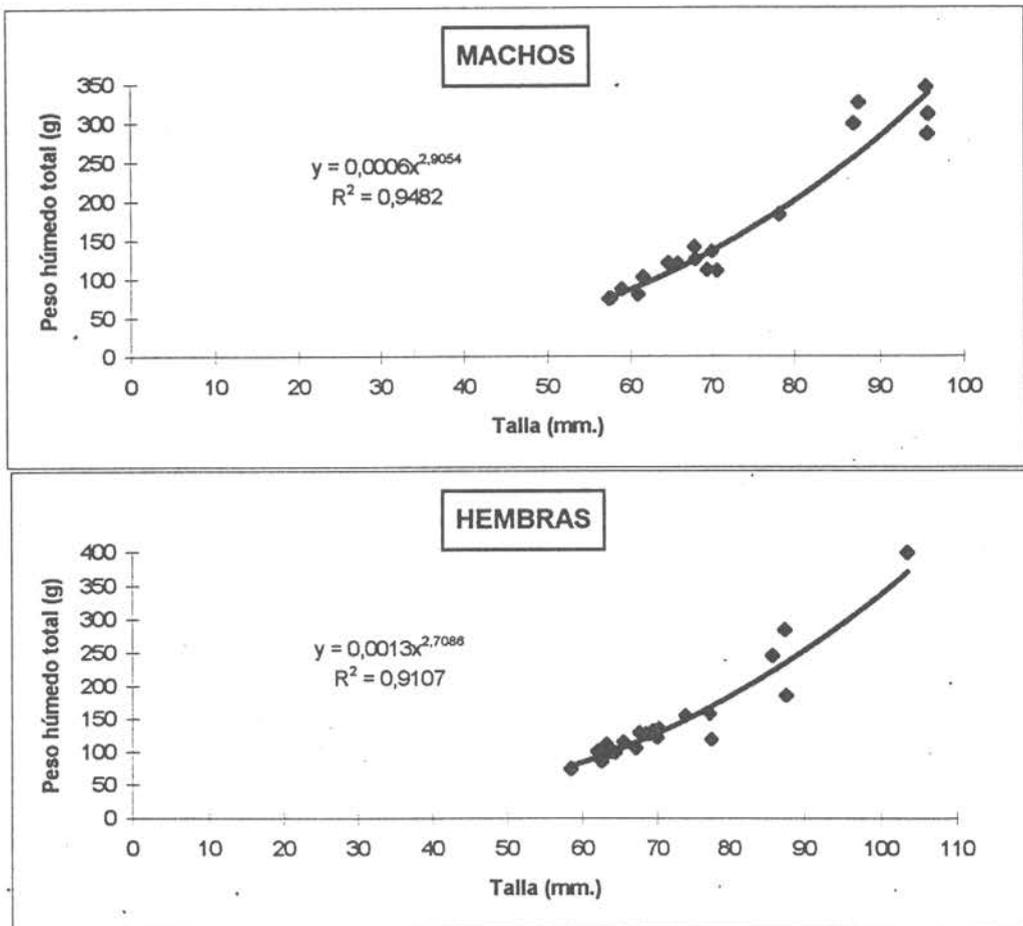


Fig. 9 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, abril.

SEGUNDA

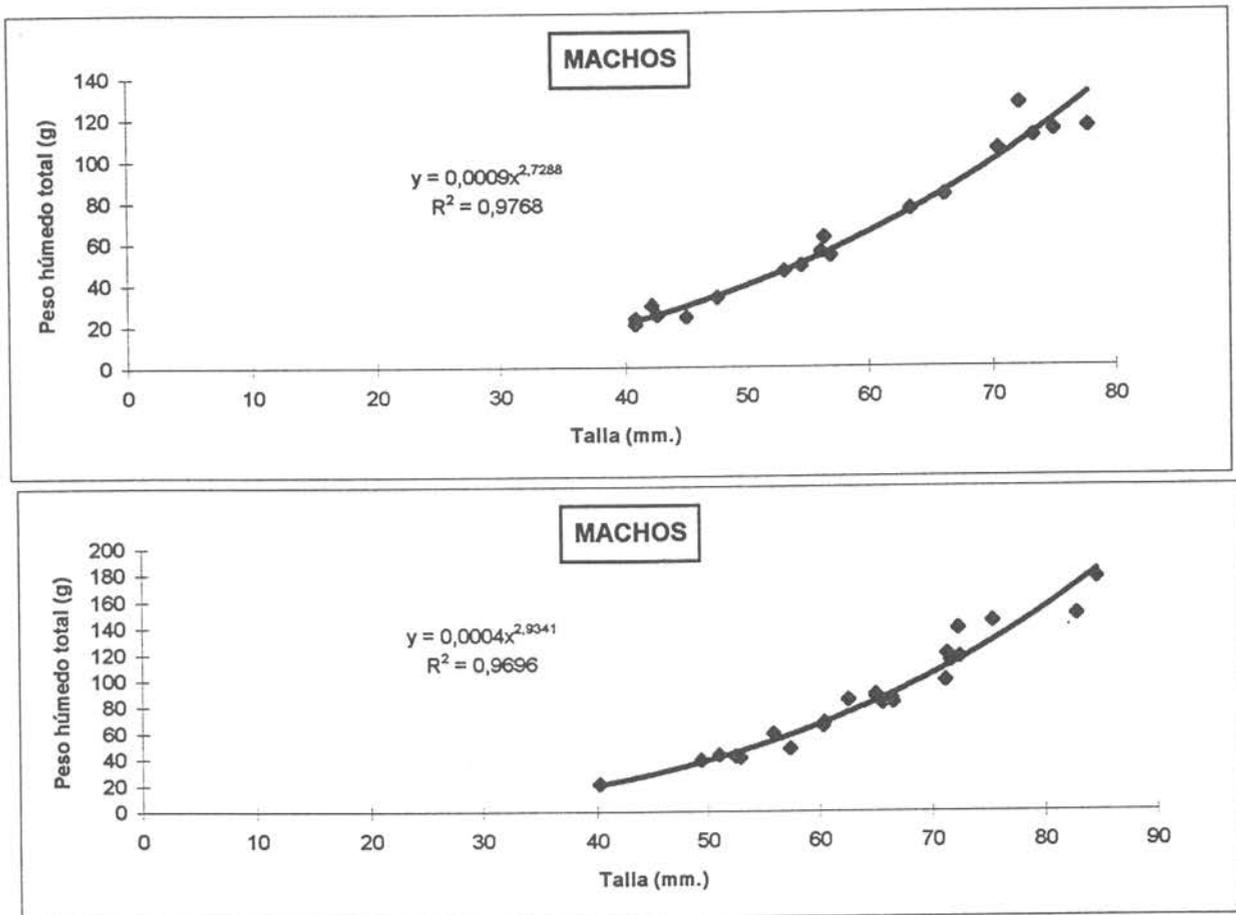


Fig. 10 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, junio.

SEGUNDA

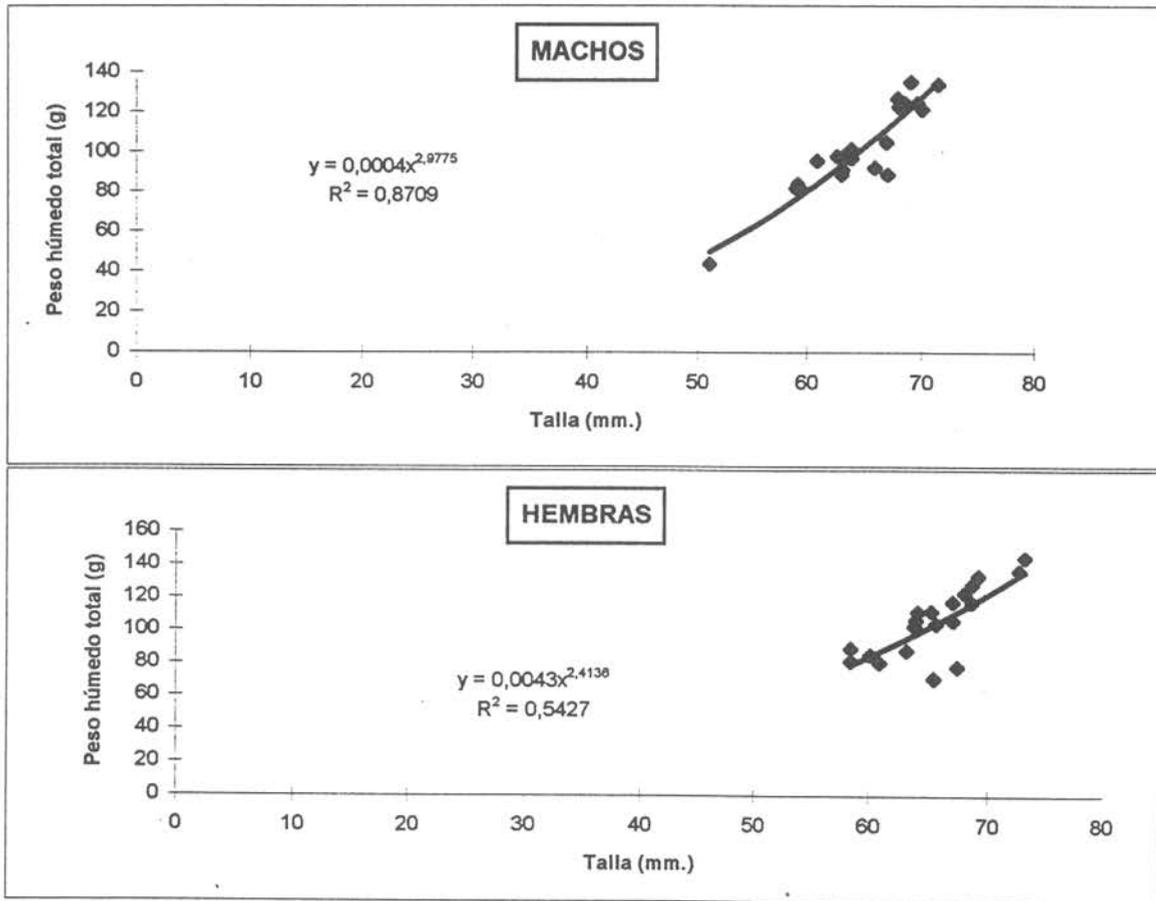


Fig. 11 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, diciembre.

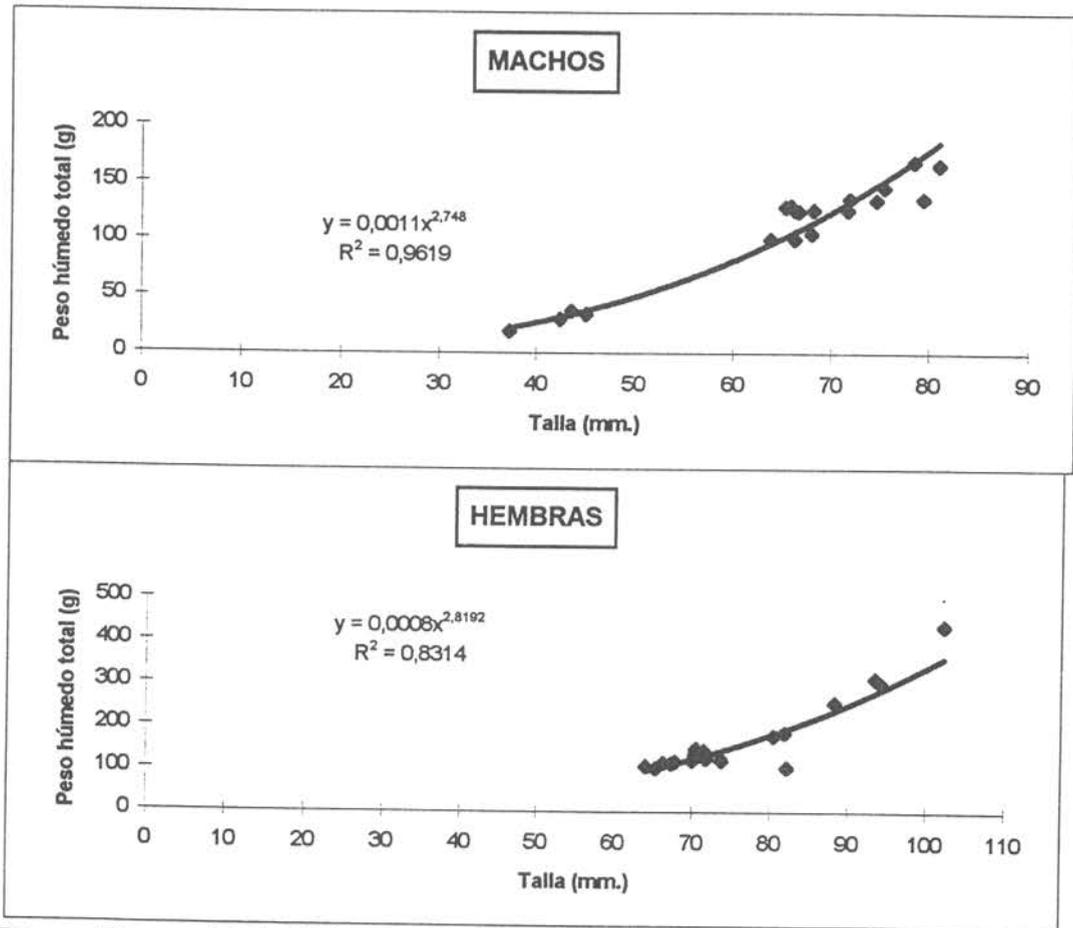


Fig. 12 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, febrero.

SEGUNDA

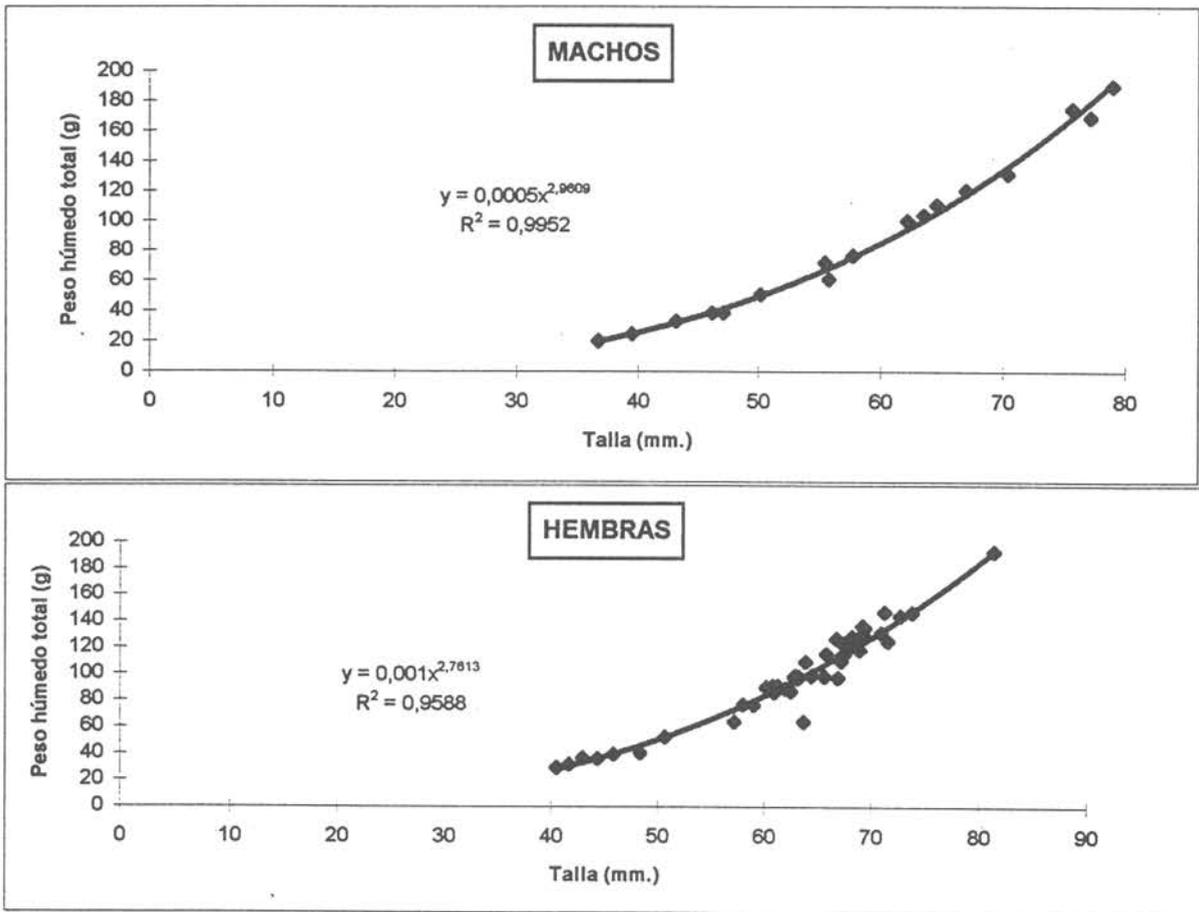


Fig. 13 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.II Región, enero '98.

TERCERA

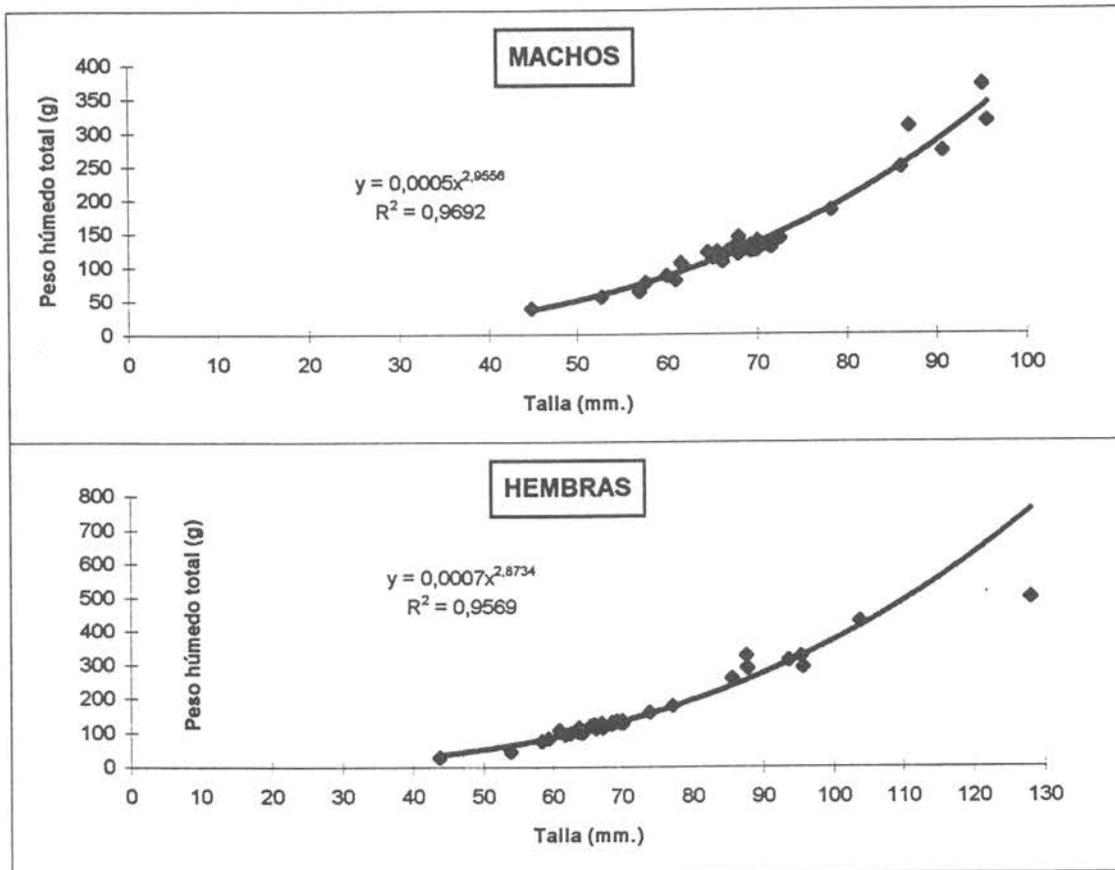


Fig. 14 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, enero.

TERCERA

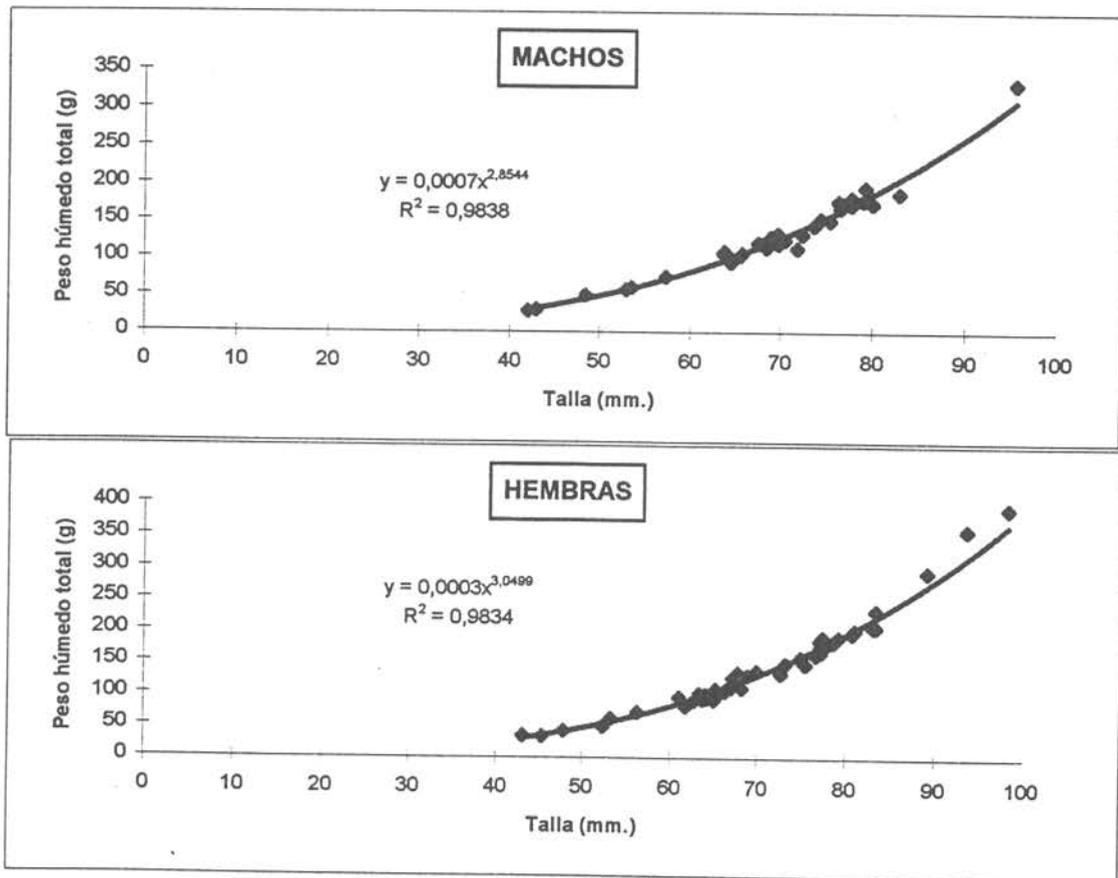


Fig. 15 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, febrero.

TERCERA

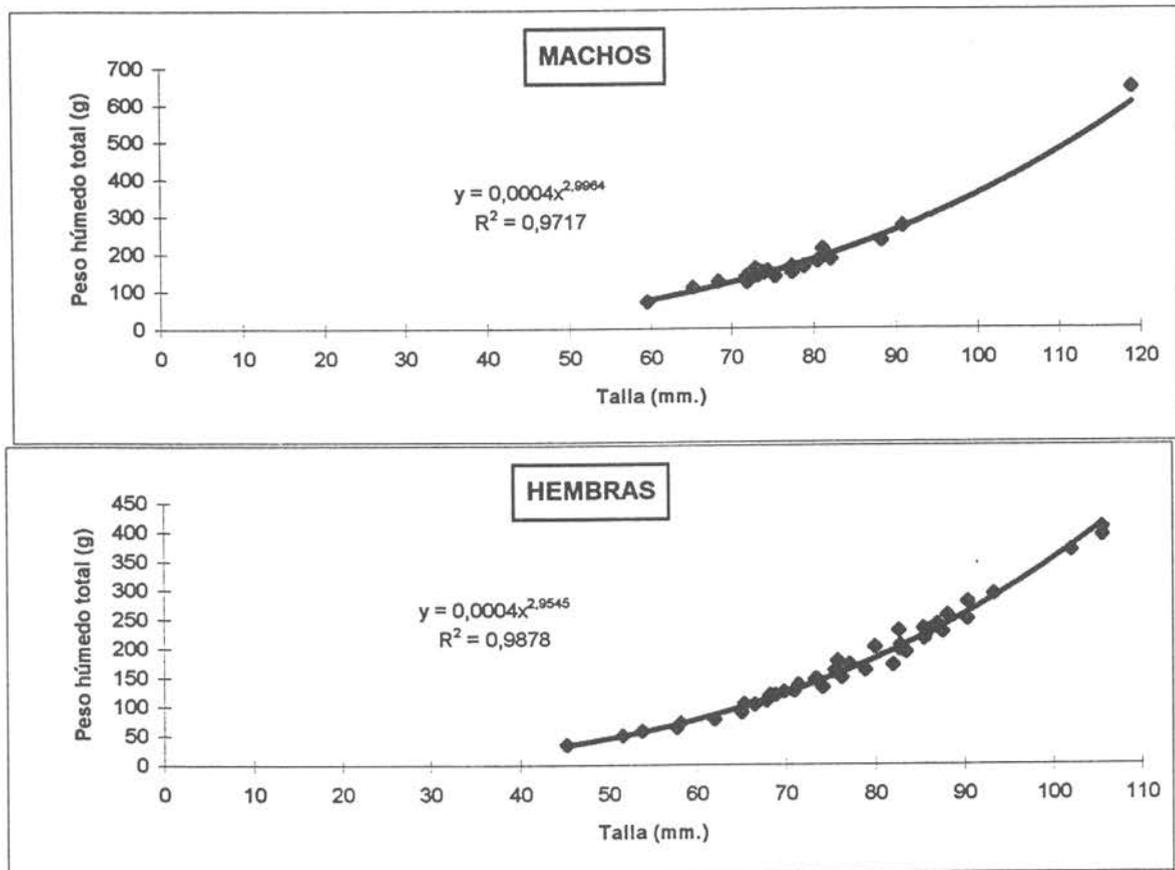


Fig. 16 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, marzo.

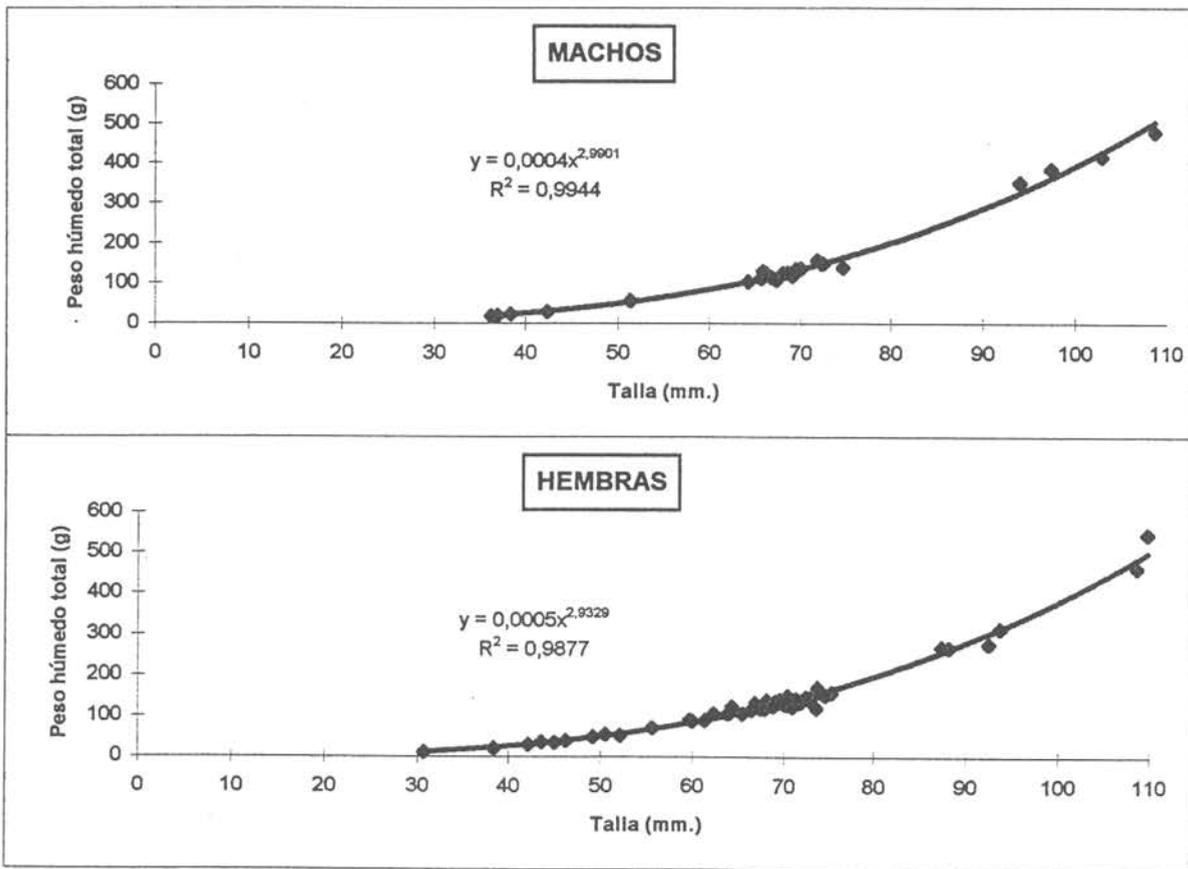


Fig. 17 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, abril.

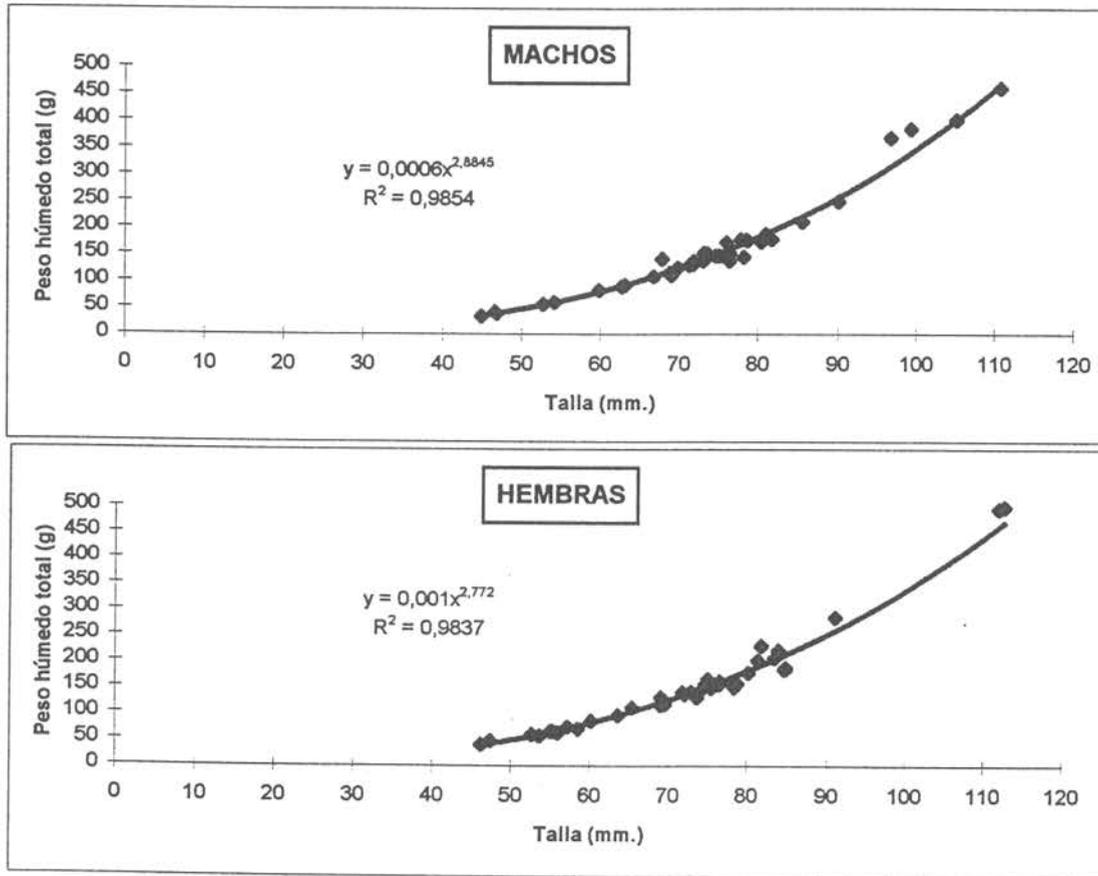


Fig. 18 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, mayo.

TERCERA

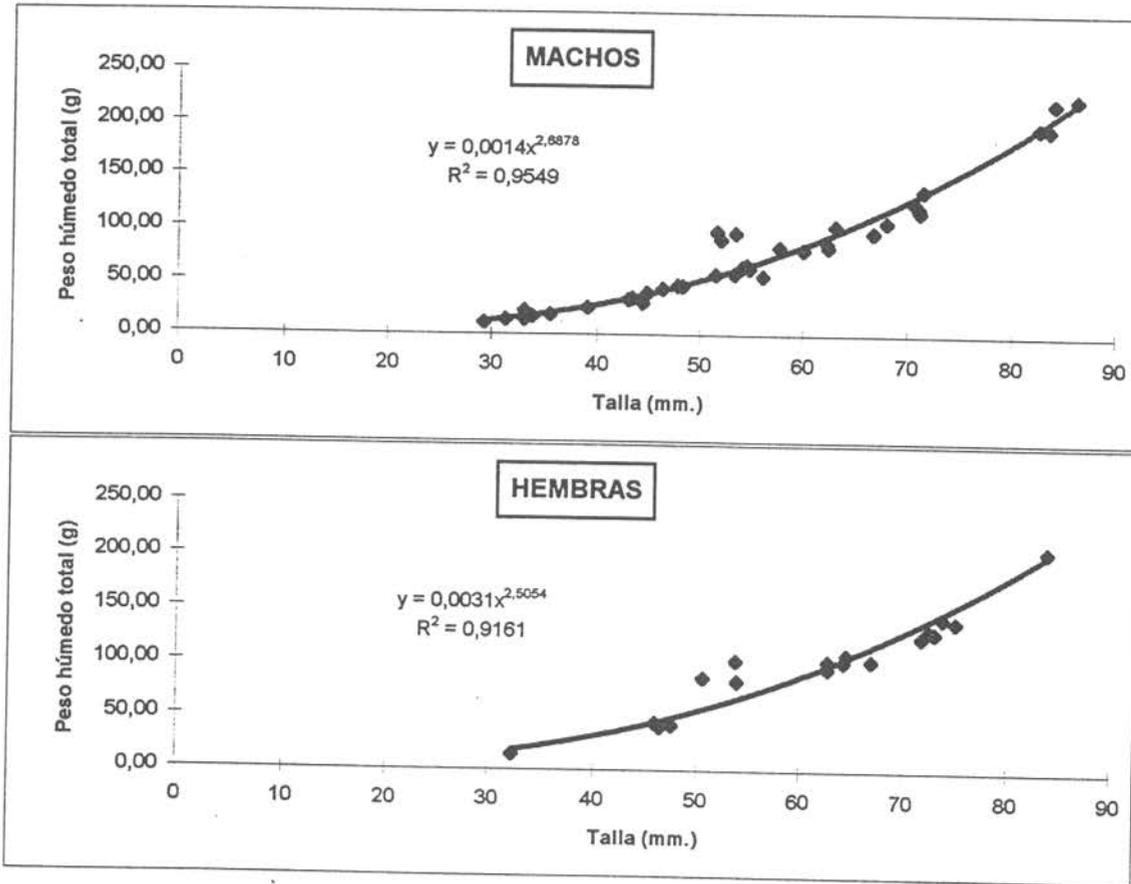


Fig. 19 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.III Región, enero'98.

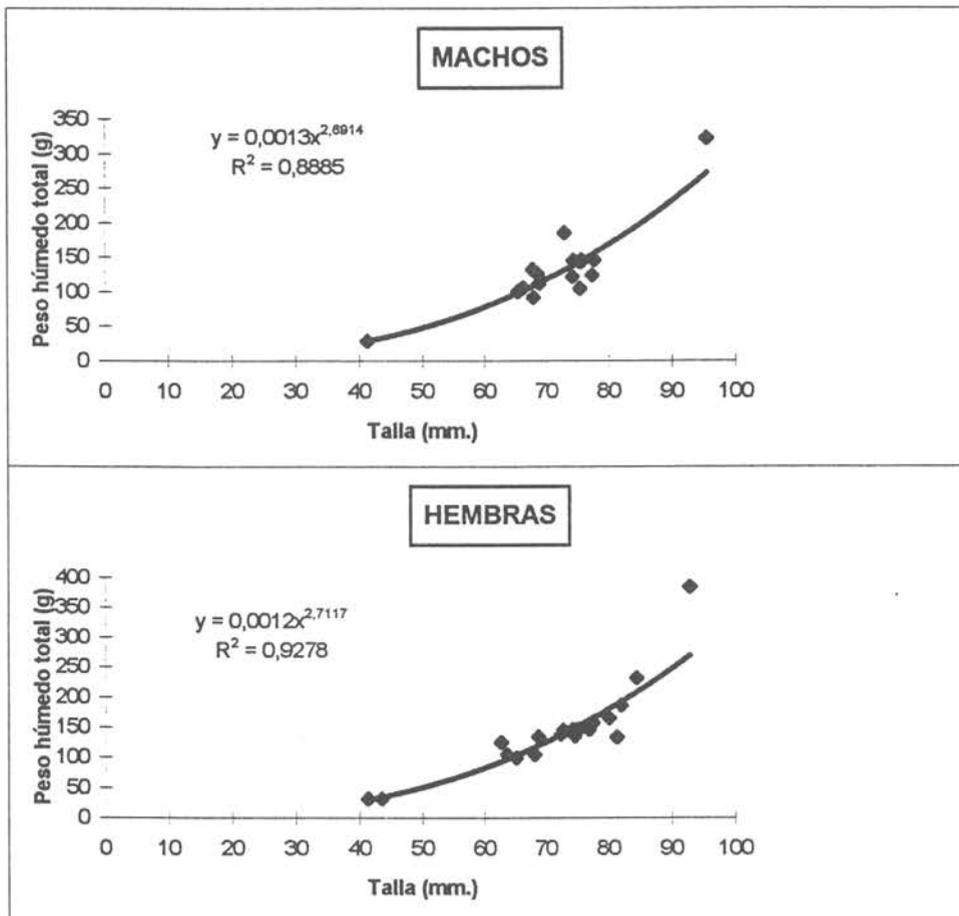


Fig. 20 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, febrero.

CUARTA

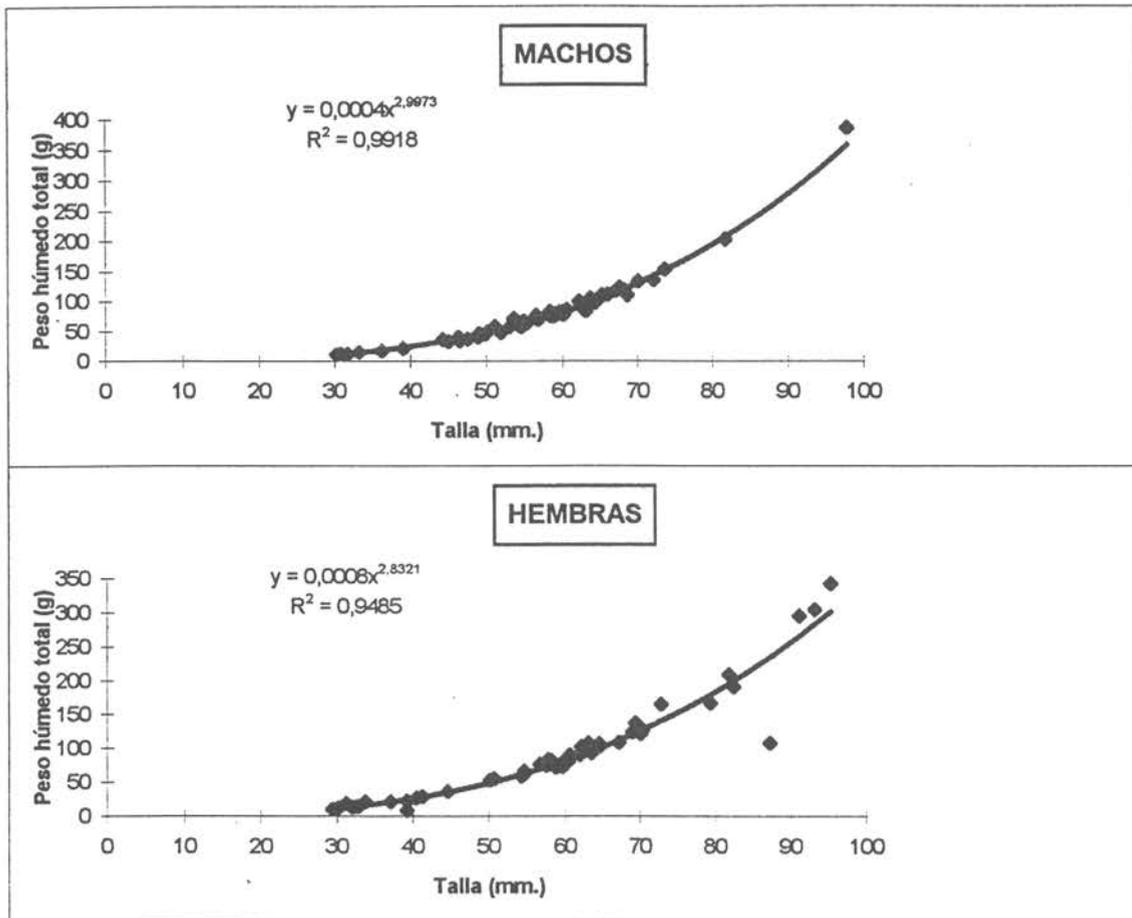


Fig. 21 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, marzo.

CUARTA

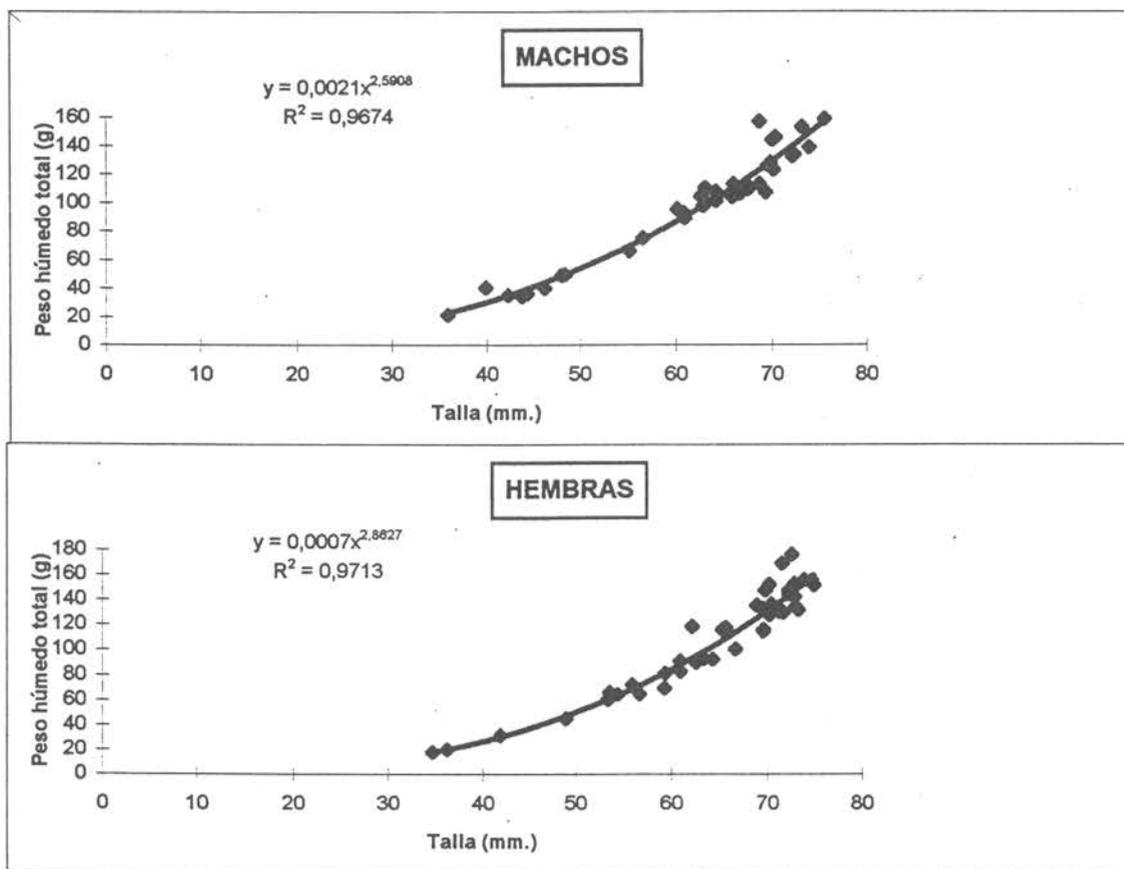


Fig. 22 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, julio.

CUARTA

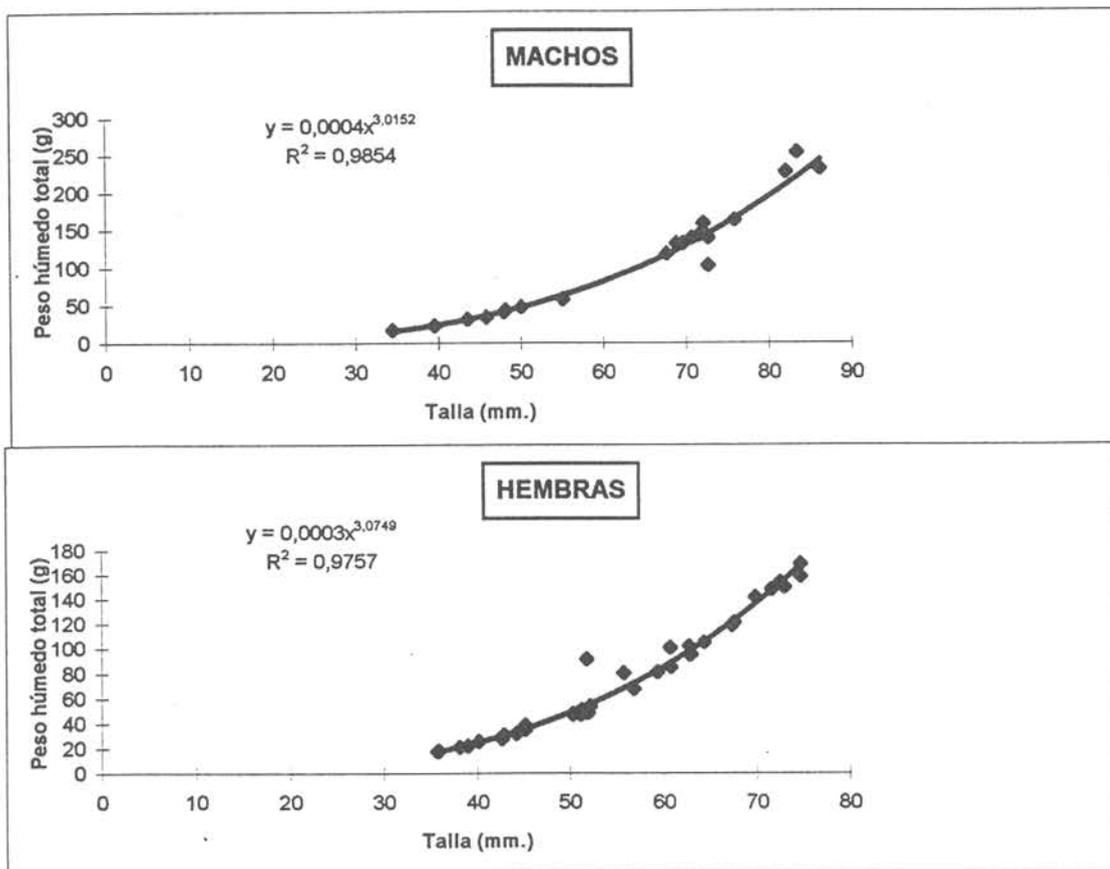


Fig. 23 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, agosto.

CUARTA

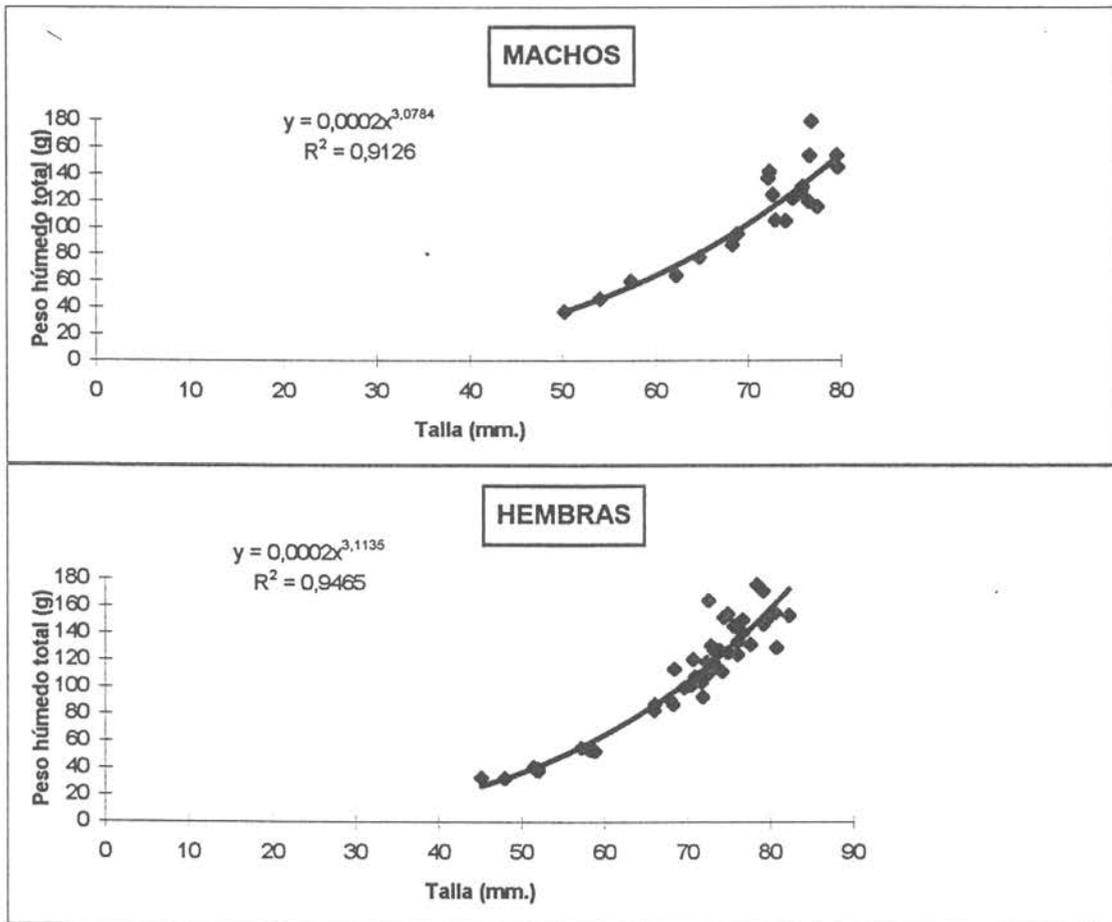


Fig. 24 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, mayo.

CUARTA

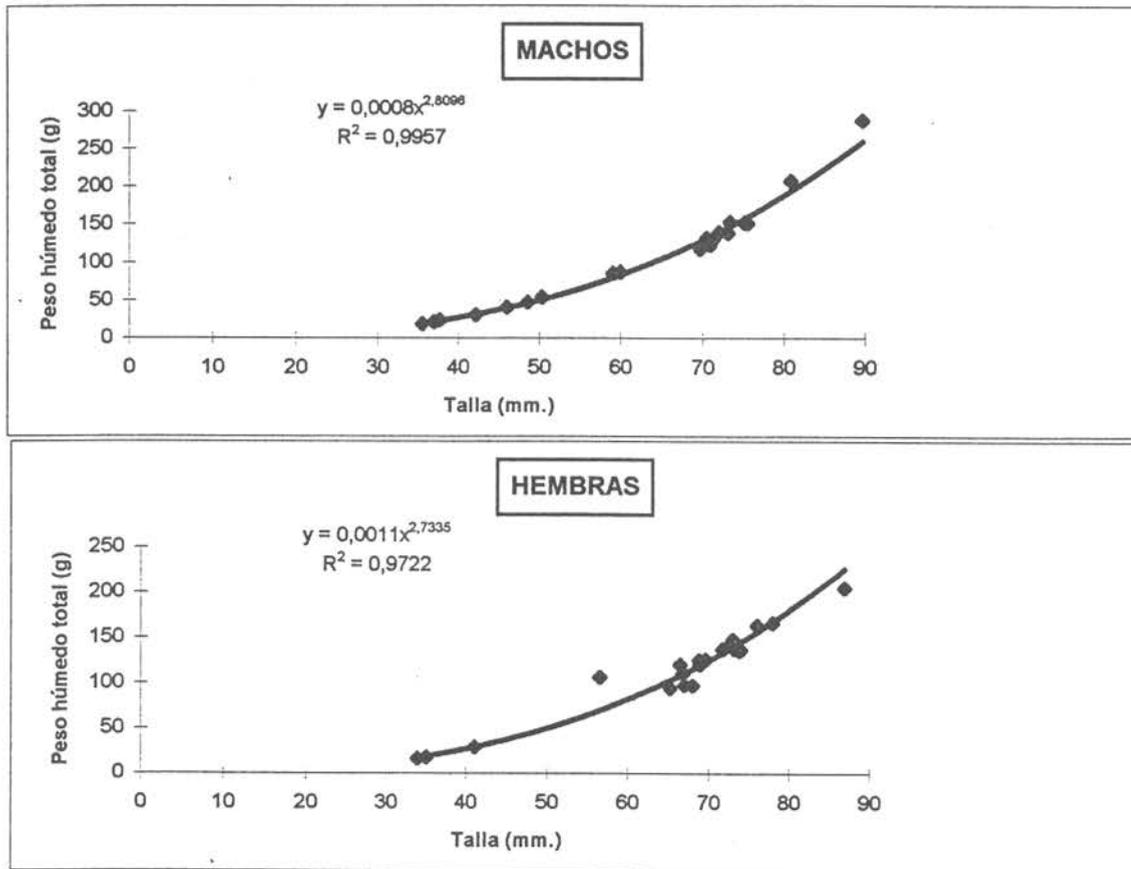


Fig. 25 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, noviembre.

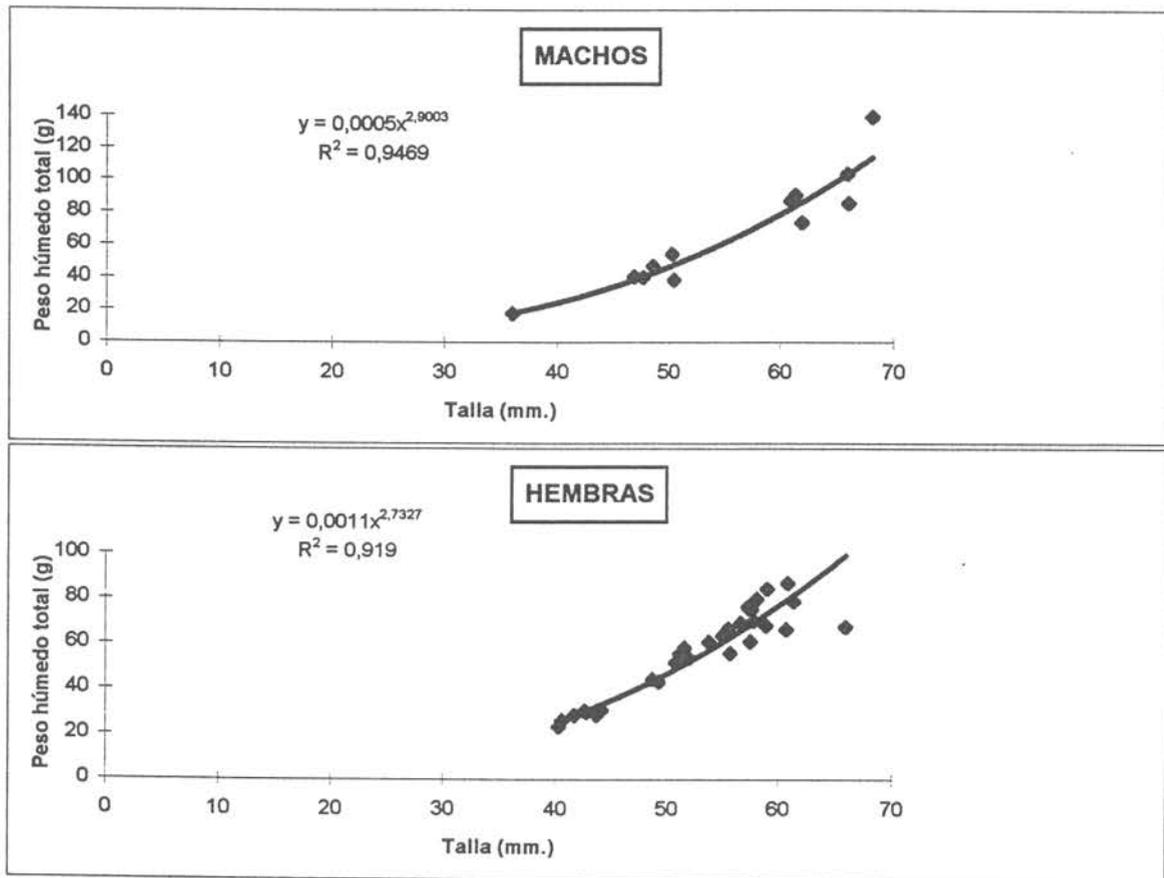


Fig. 26 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, enero'98.

CUARTA

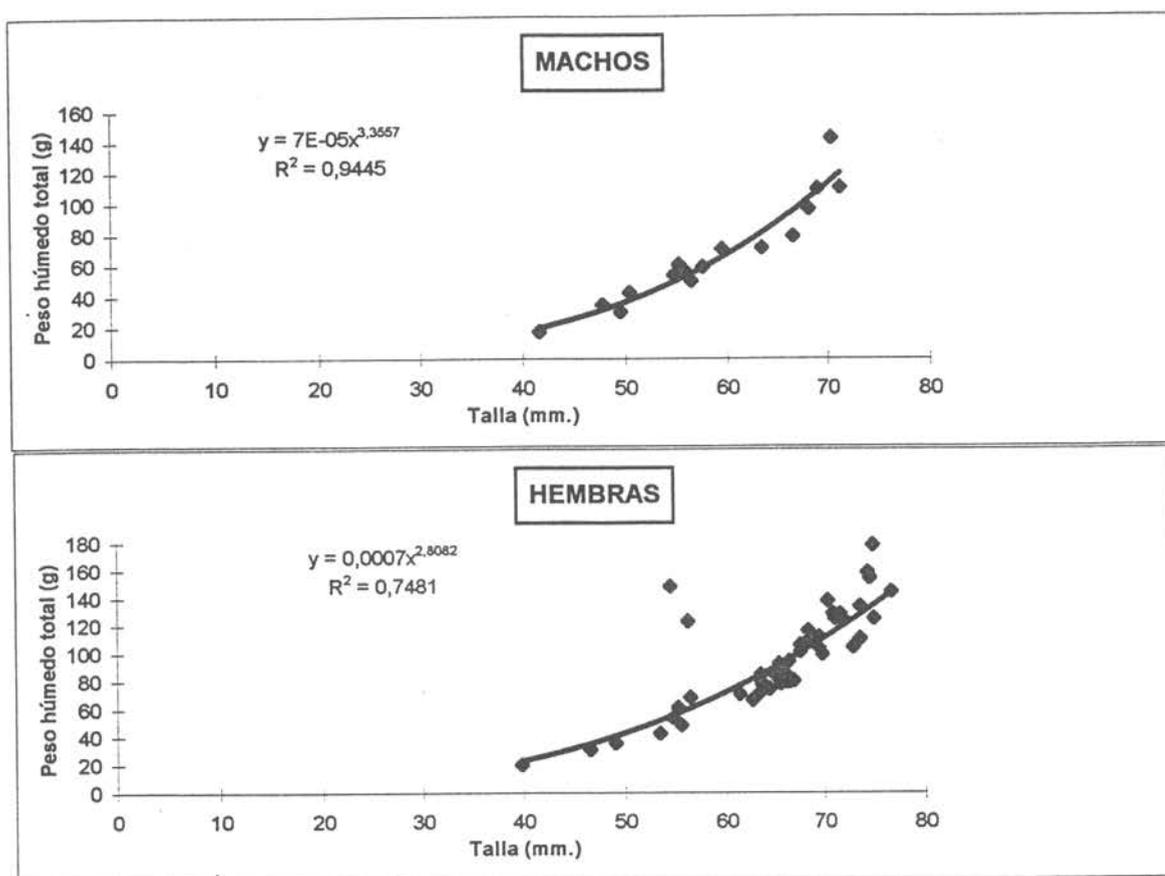


Fig. 27 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.IV Región, octubre.

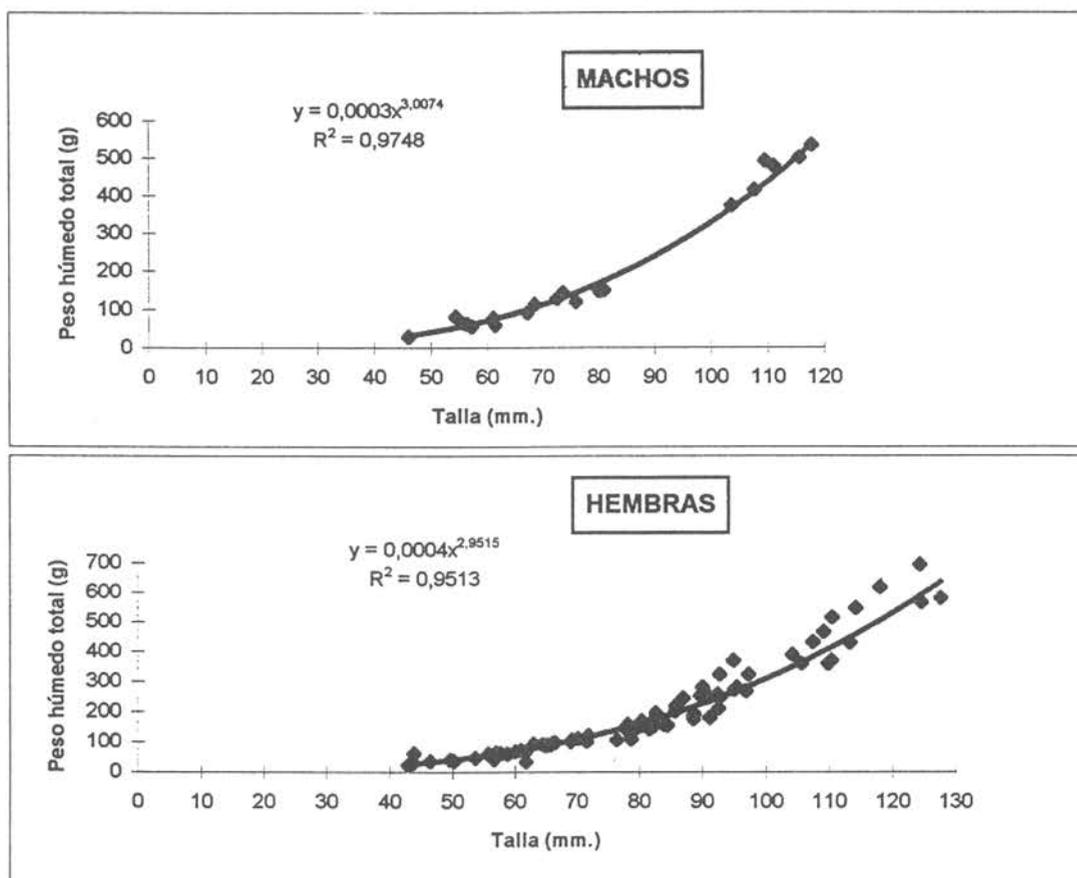


Fig. 28 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, marzo.

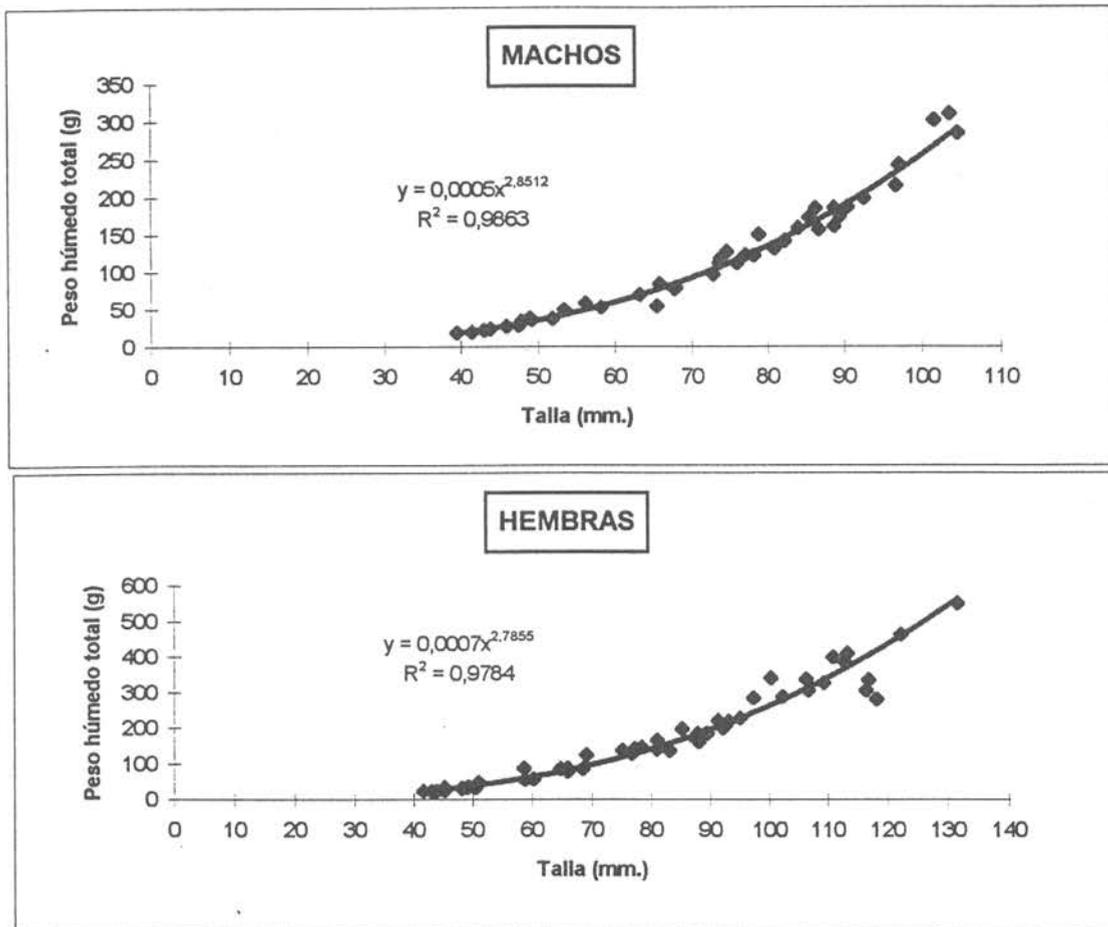


Fig .29 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, mayo.

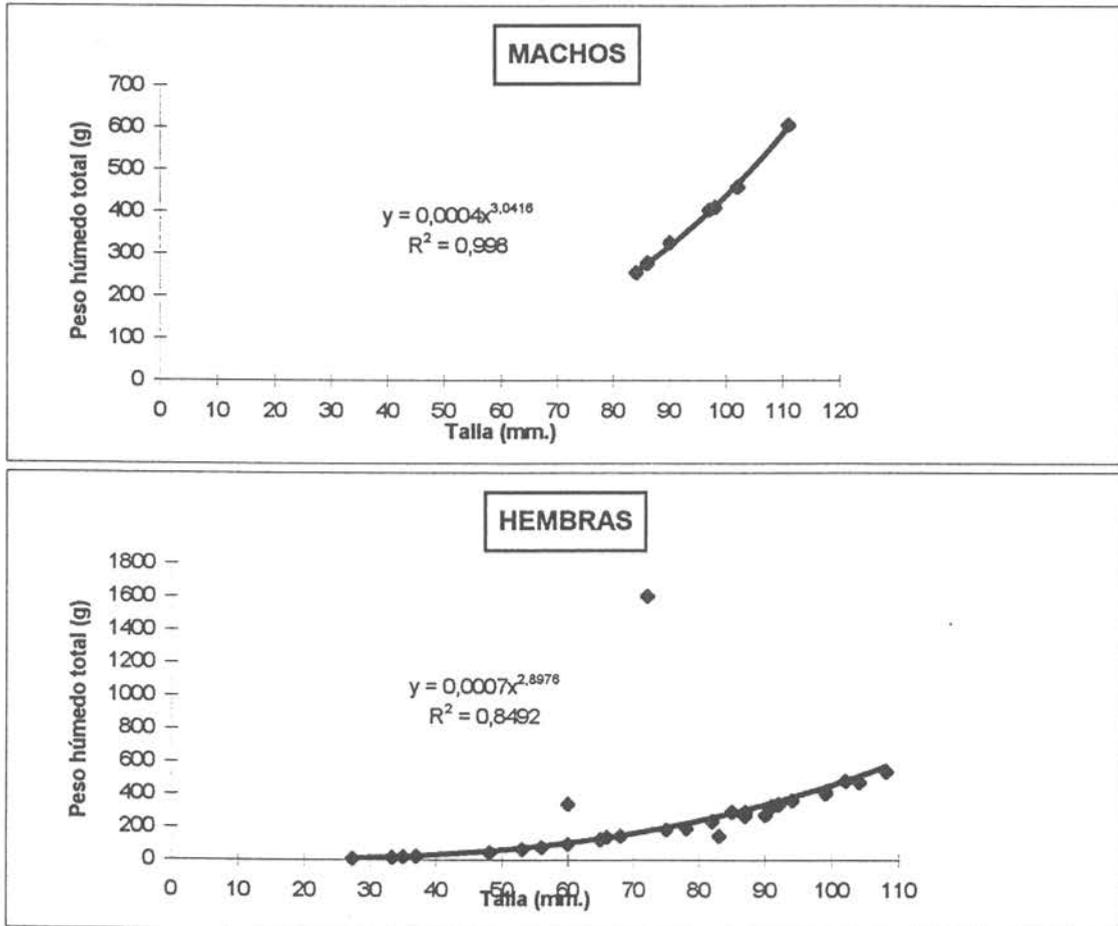


Fig. 30 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, junio.

QUINTA

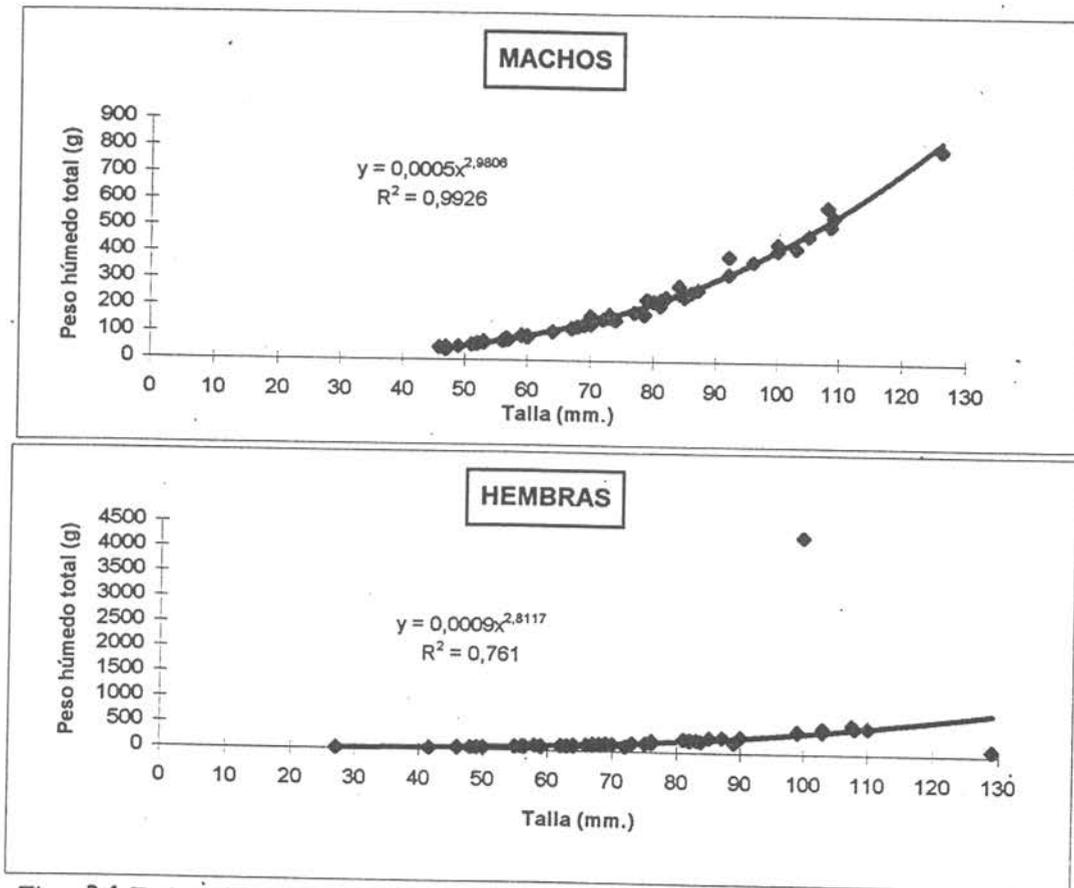


Fig. 3'1 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, julio.

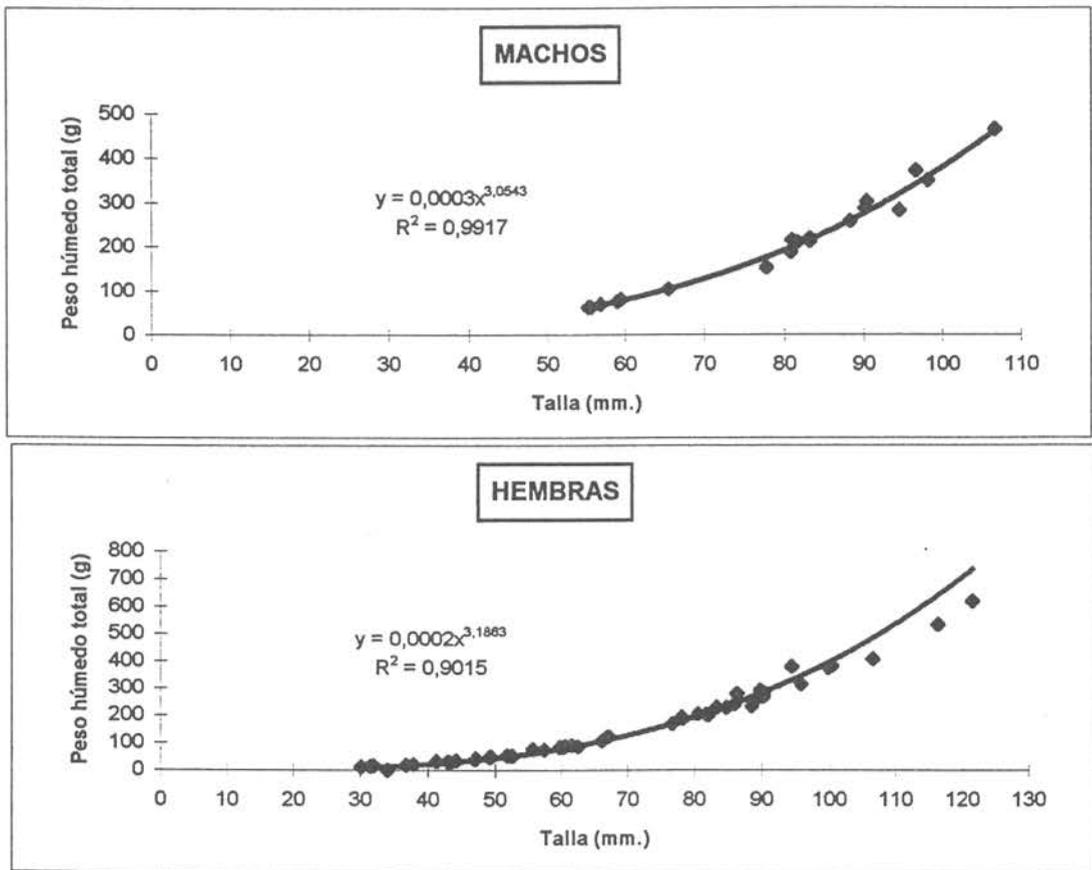


Fig. 32 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, agosto.

QUINTA

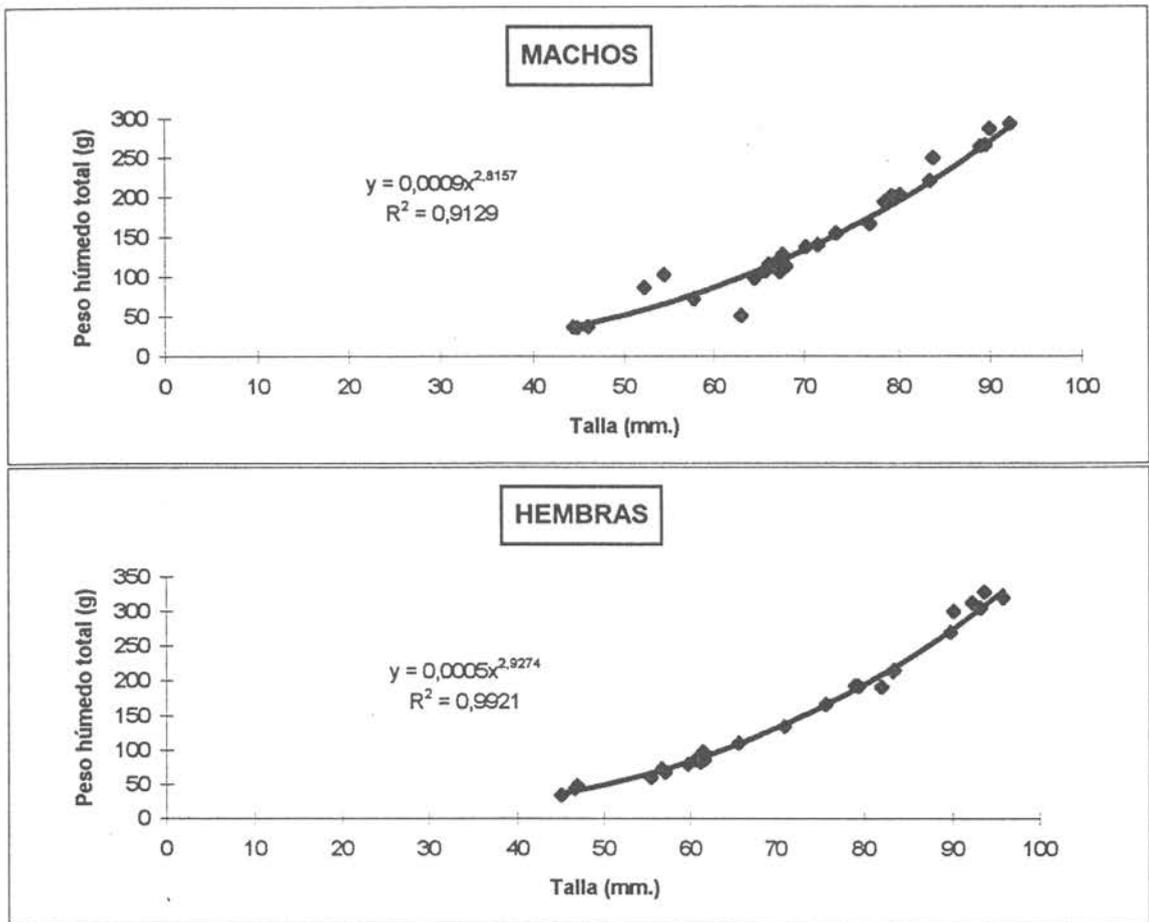


Fig.33 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, septiembre.

QUINTA

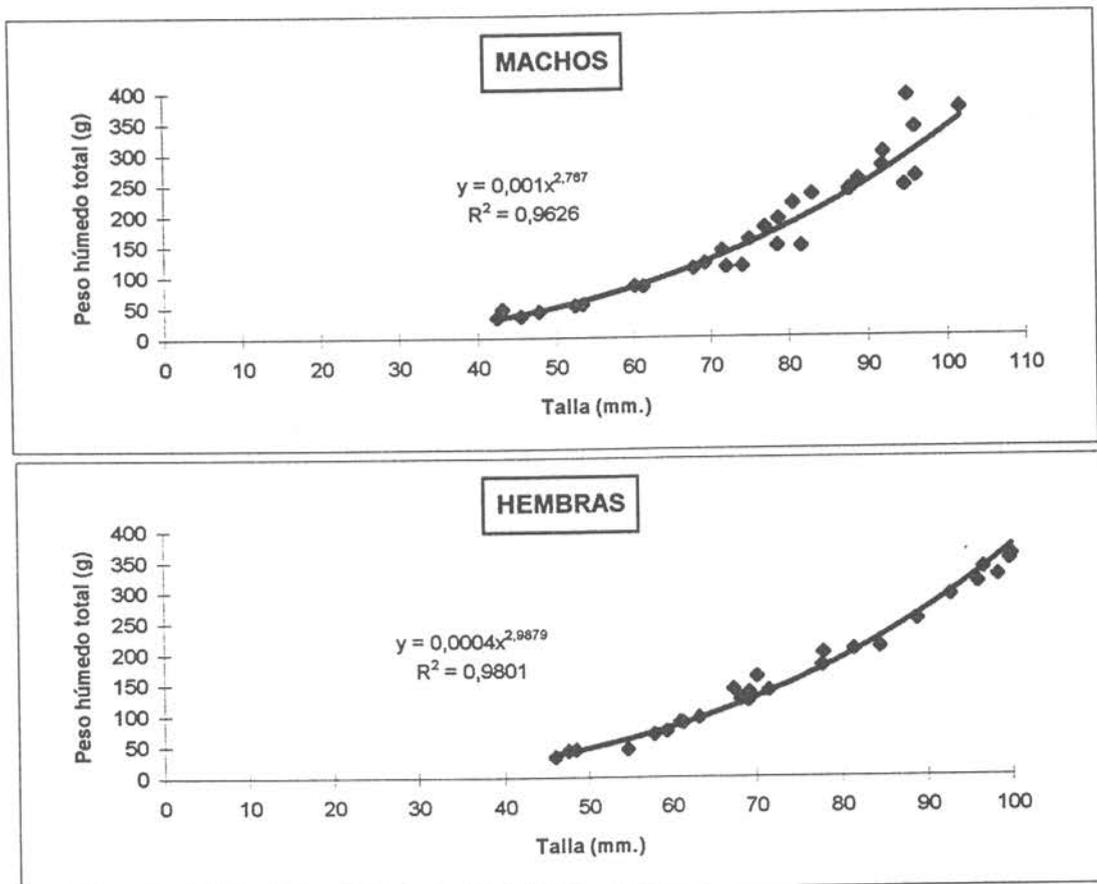


Fig. 34 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.V Región, noviembre.

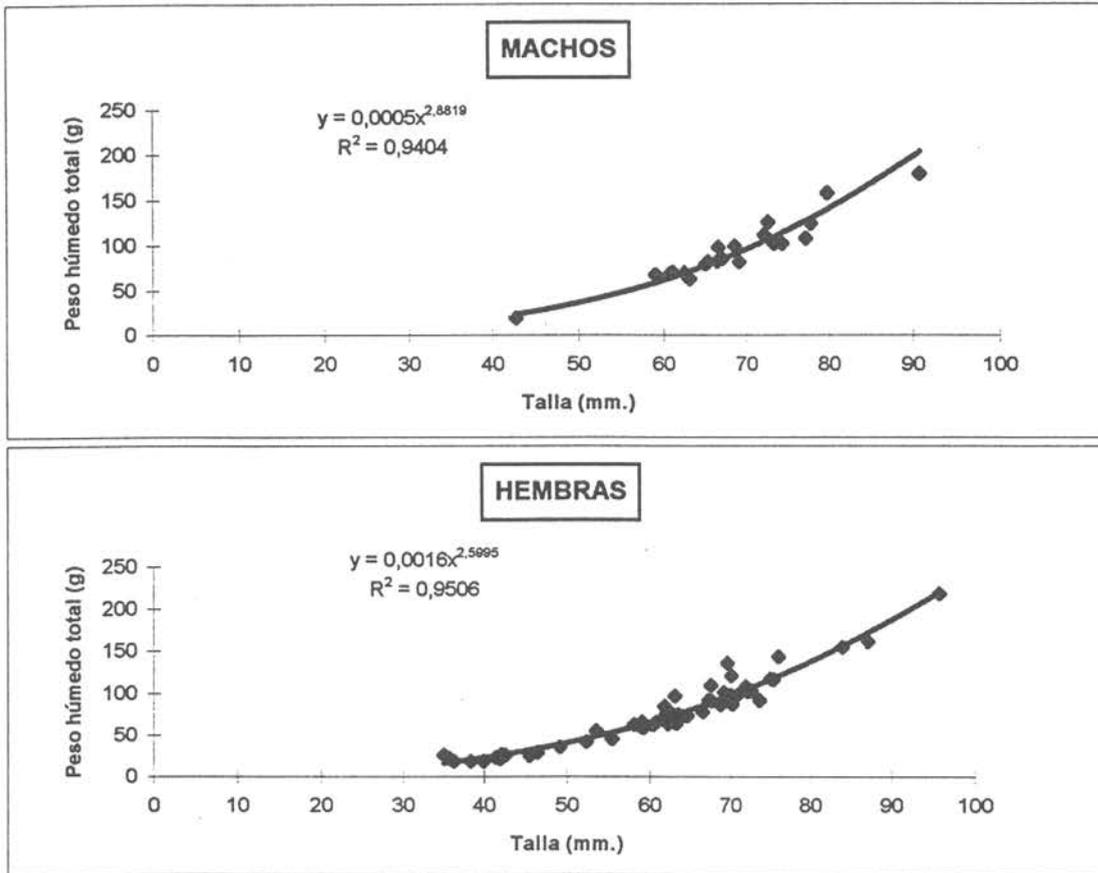


Fig. 35 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VI Región, marzo.

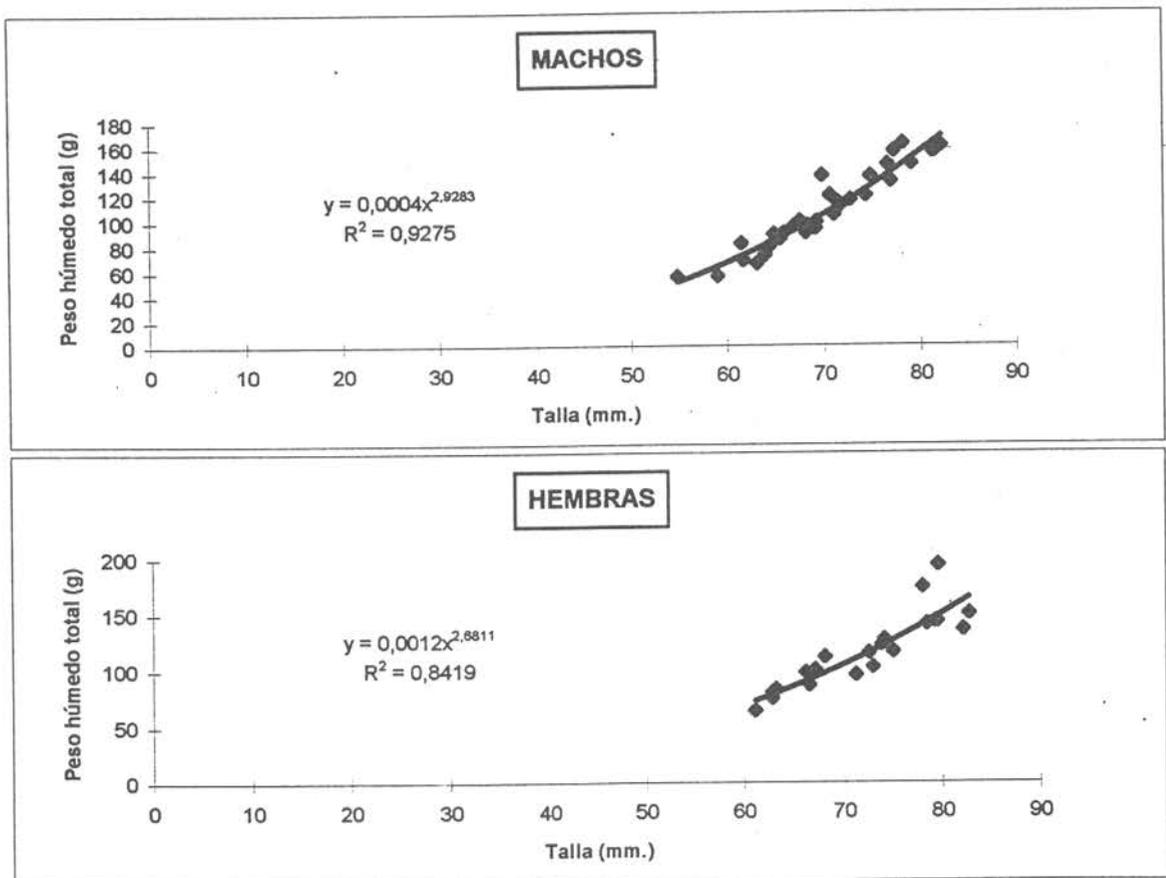


Fig. 36 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VI Región, mayo.

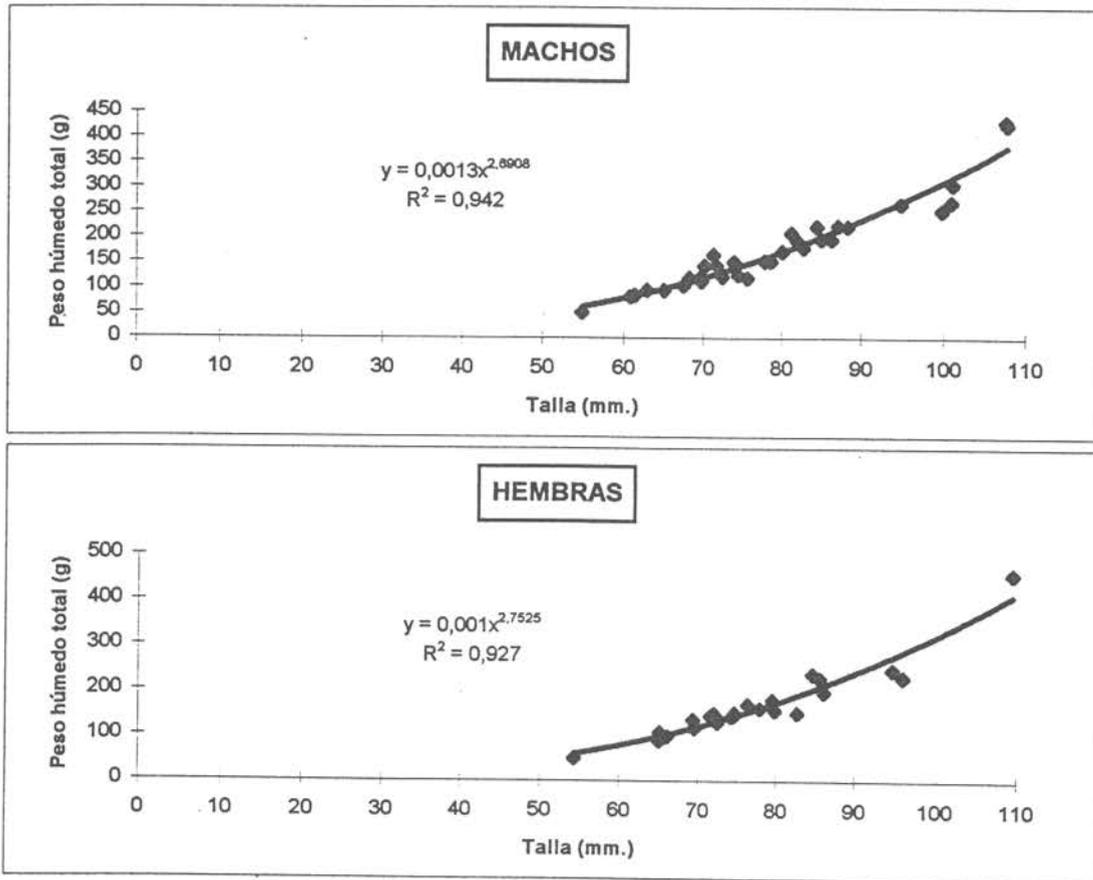


Fig. 3 7 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VI Región, julio.

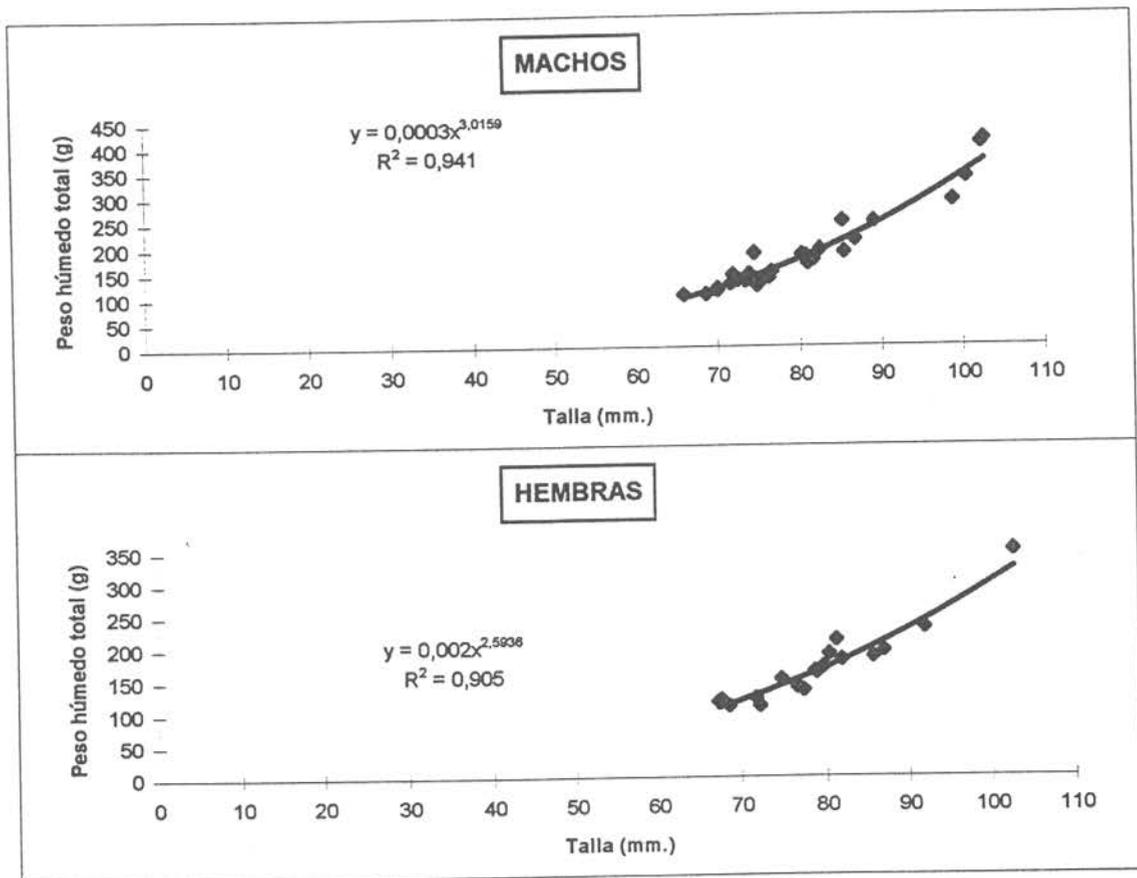


Fig. 38 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VI Región, septiembre.

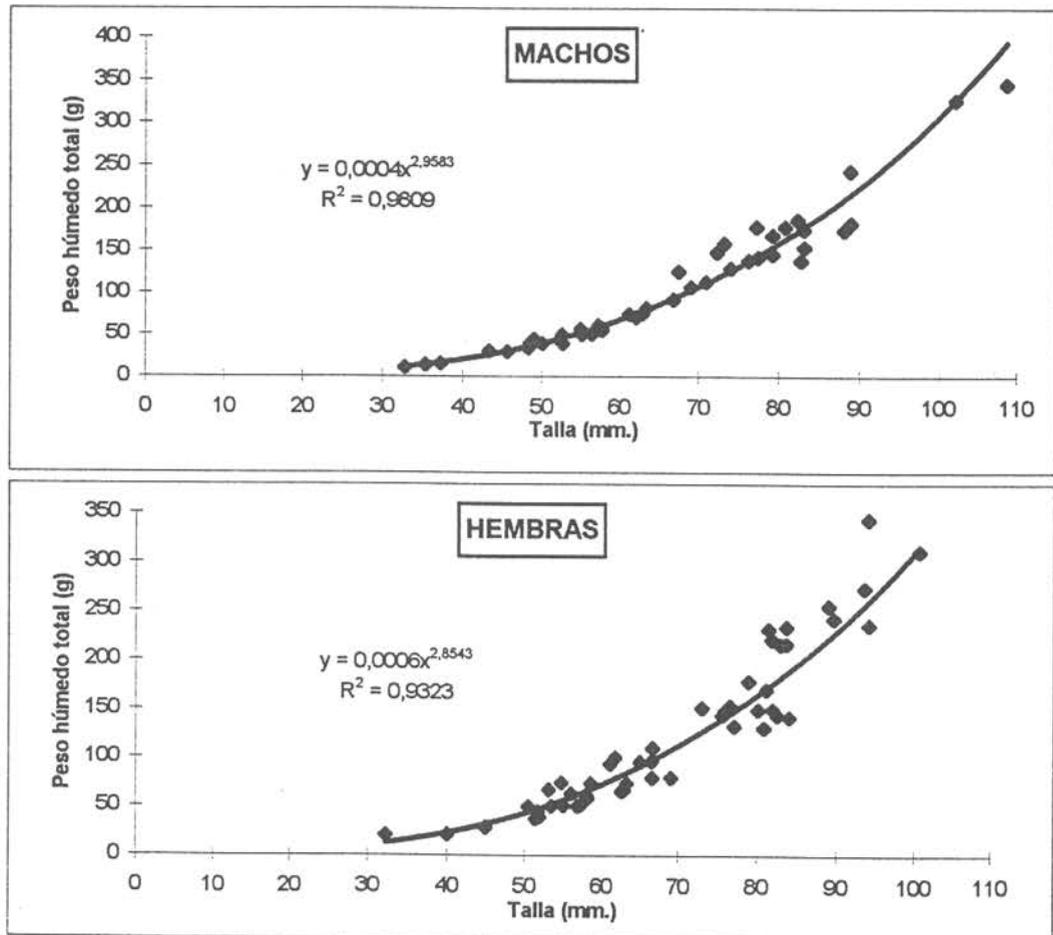


Fig. 39. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, febrero.

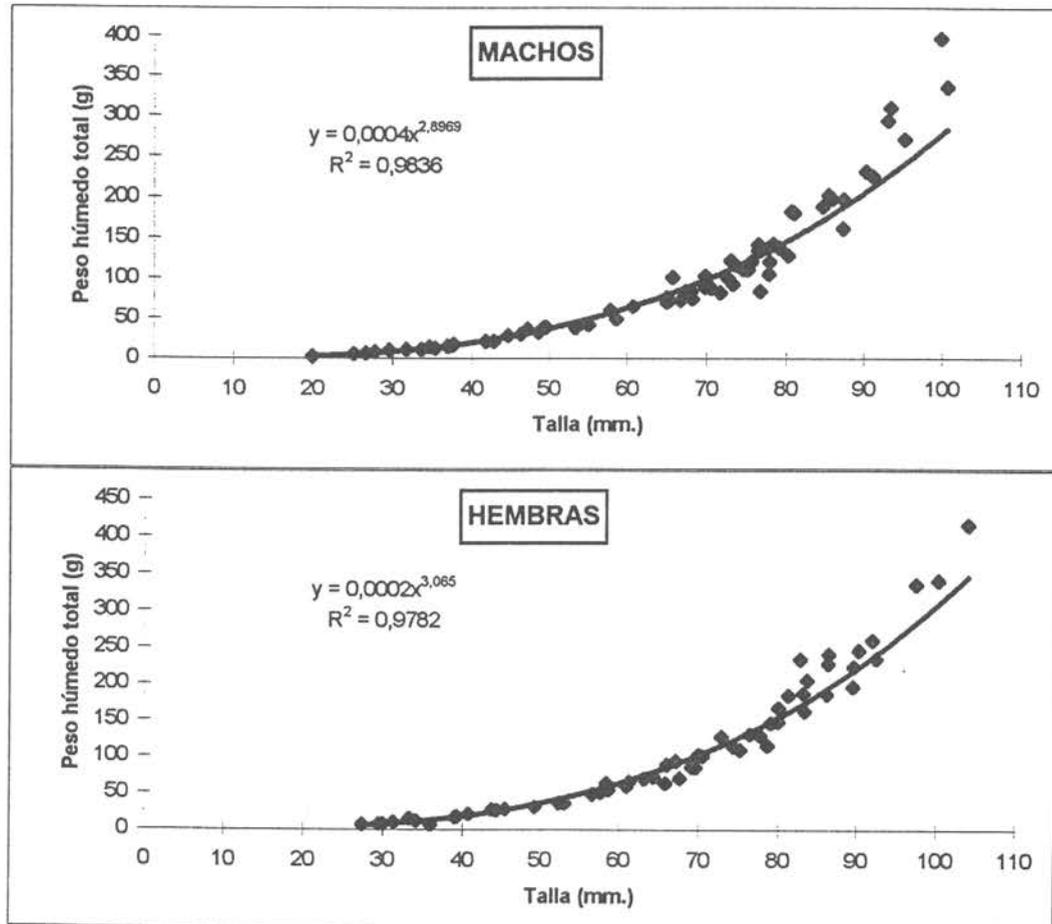


Fig.40 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, marzo.

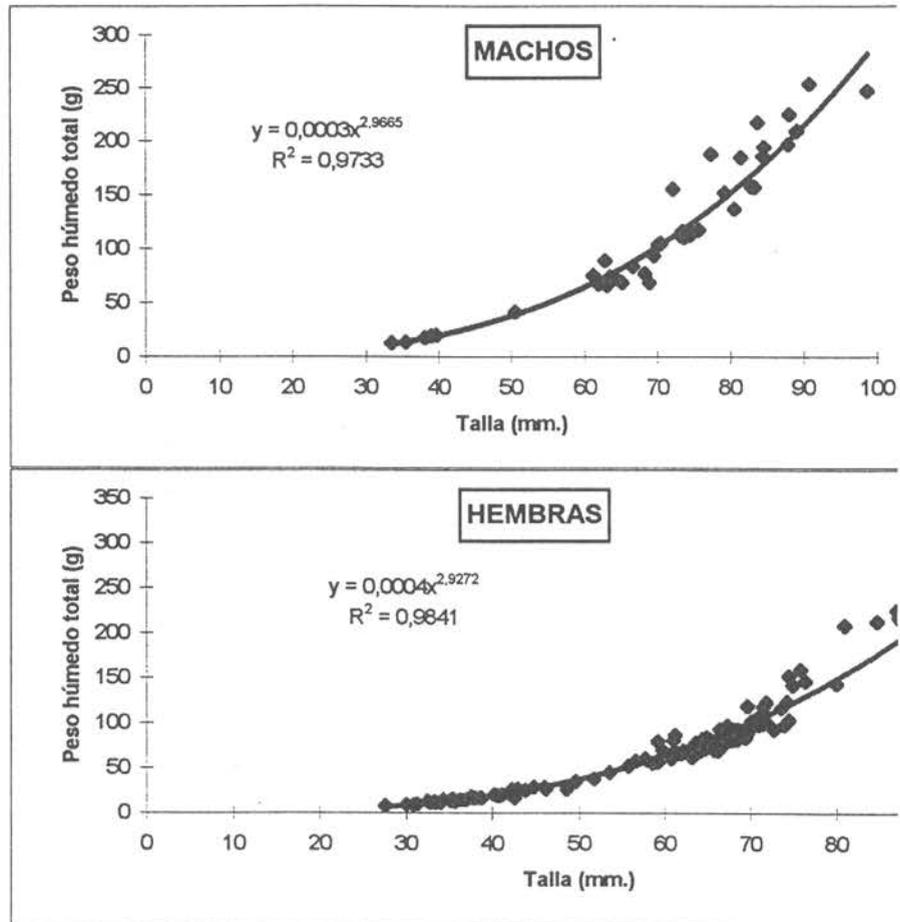


Fig. 41. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hem Region, abril.

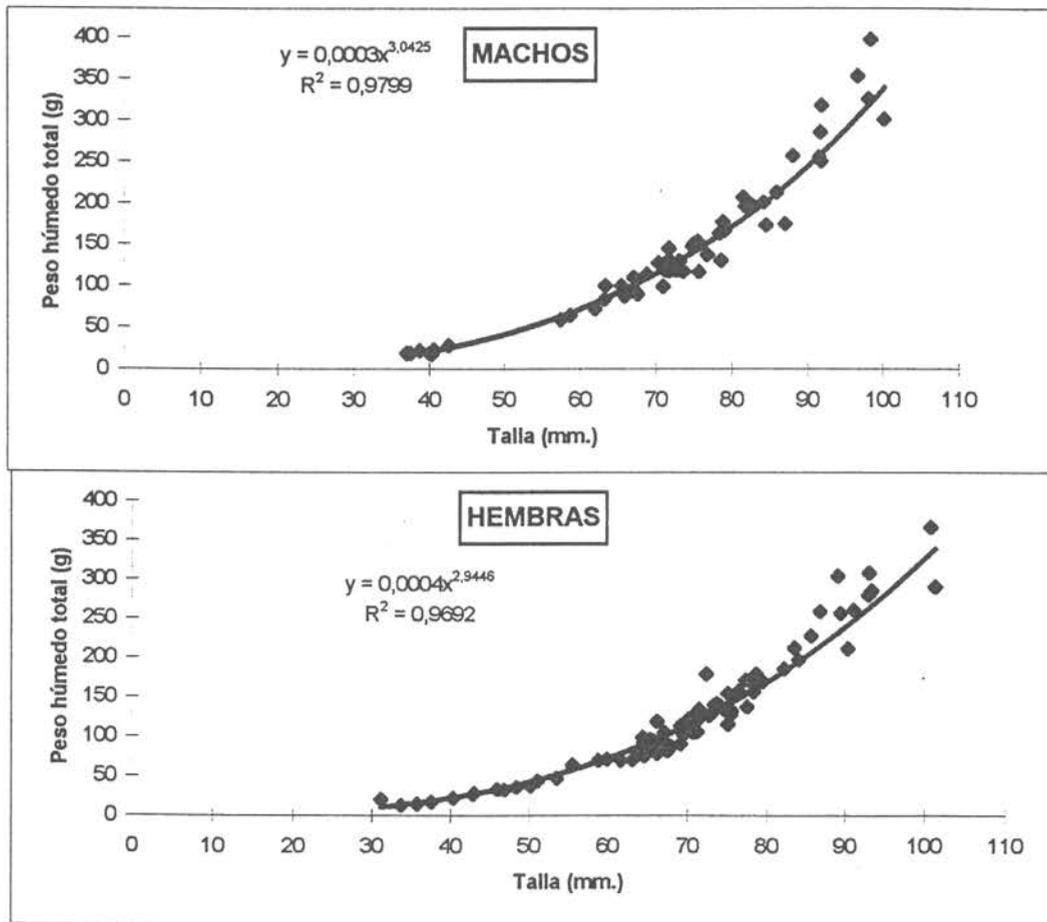


Fig. 4 2. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, mayo.

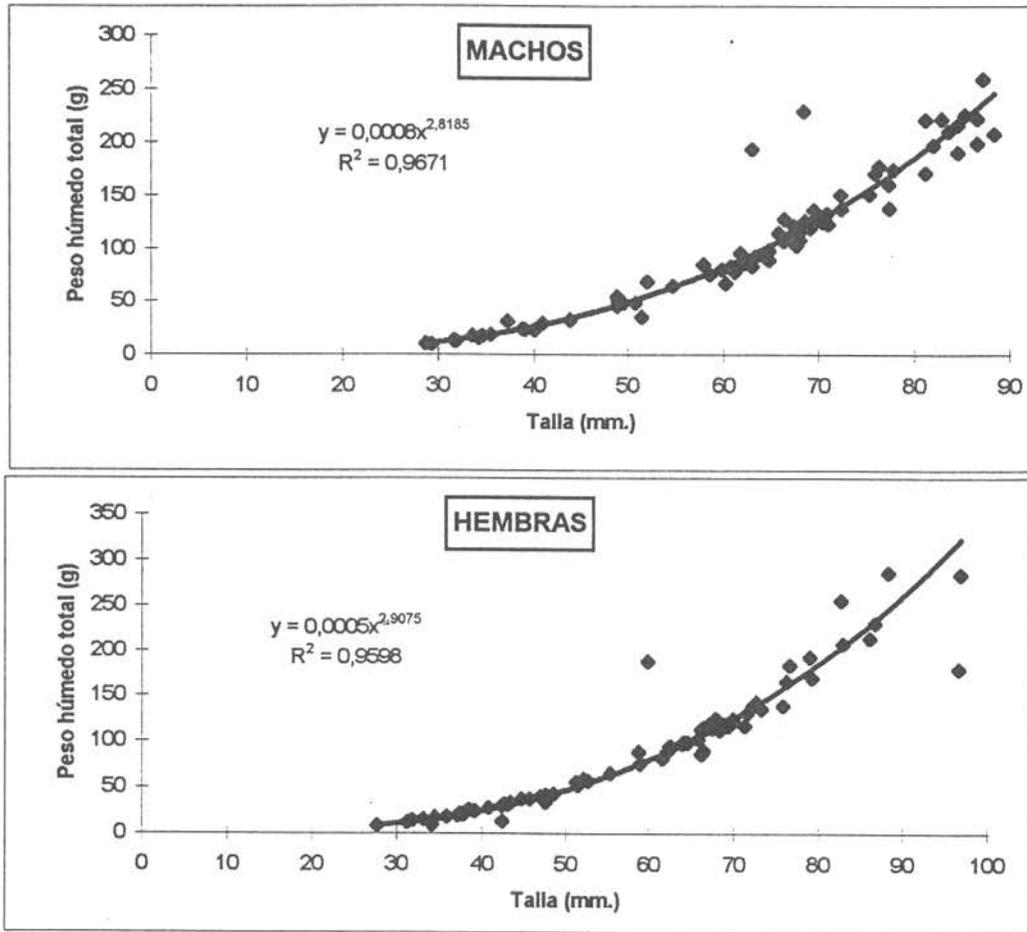


Fig. 4 3. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, julio.

SEPTIMA

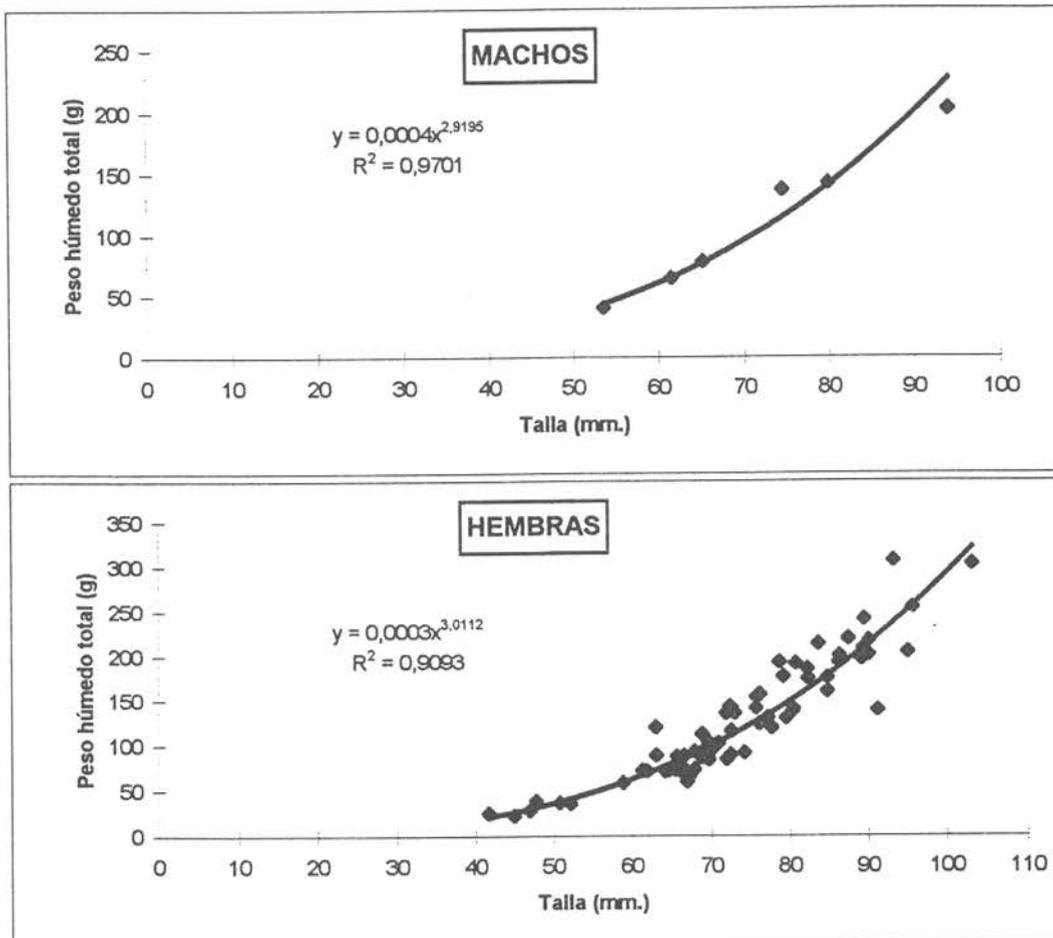


Fig. 44. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, agosto.

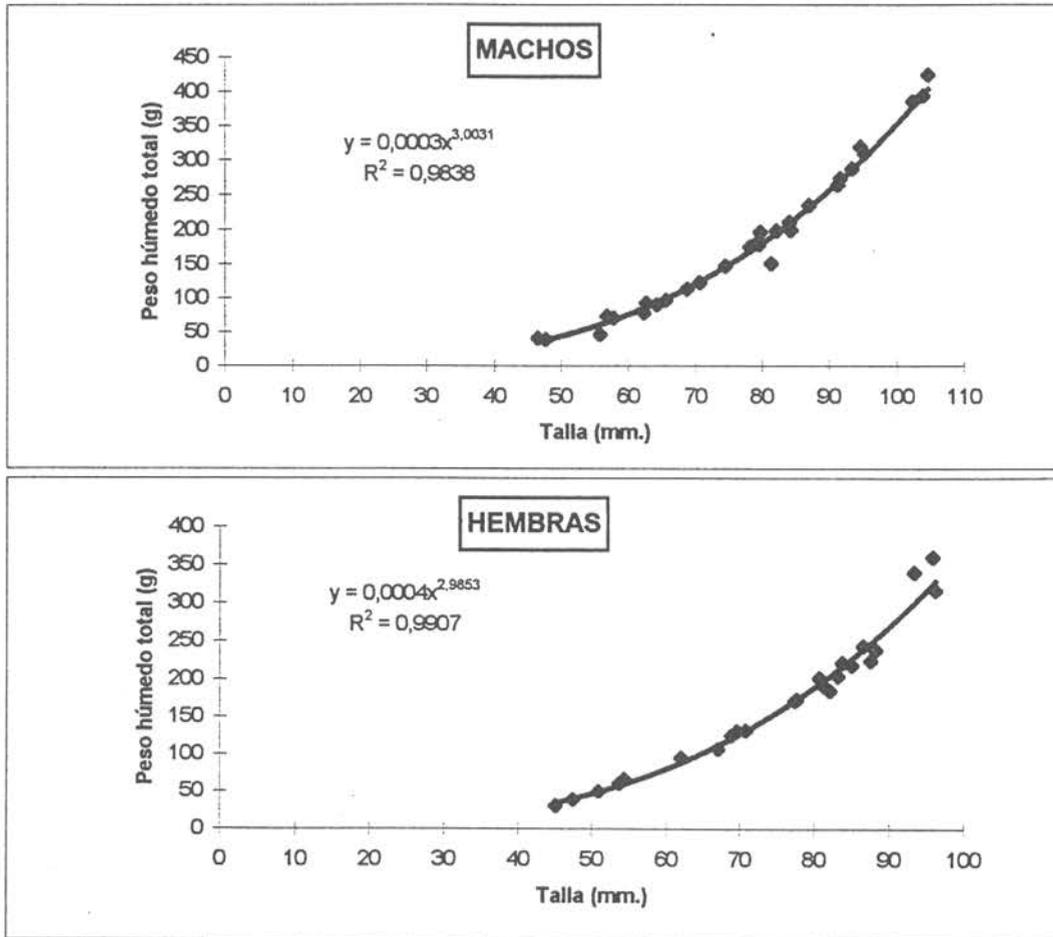


Fig. 45 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, septiembre.

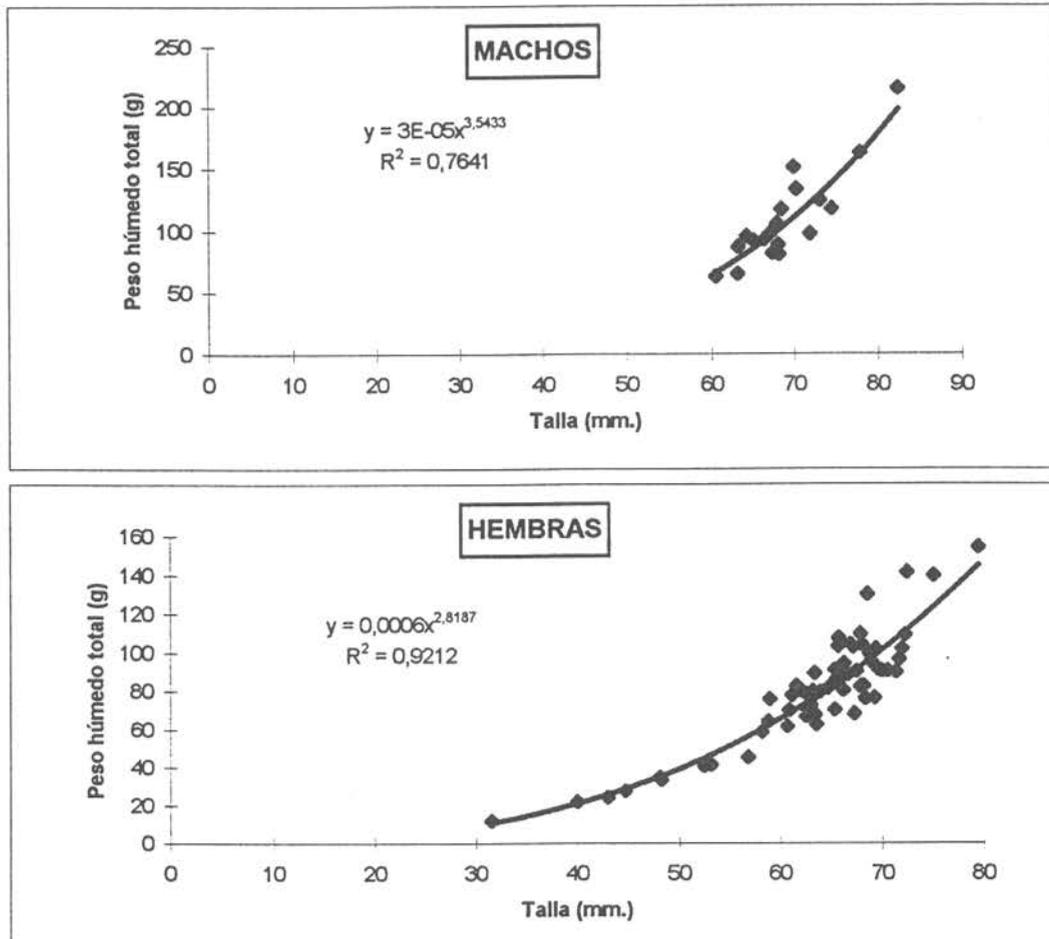


Fig. 46. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, octubre.

SEPTIMA

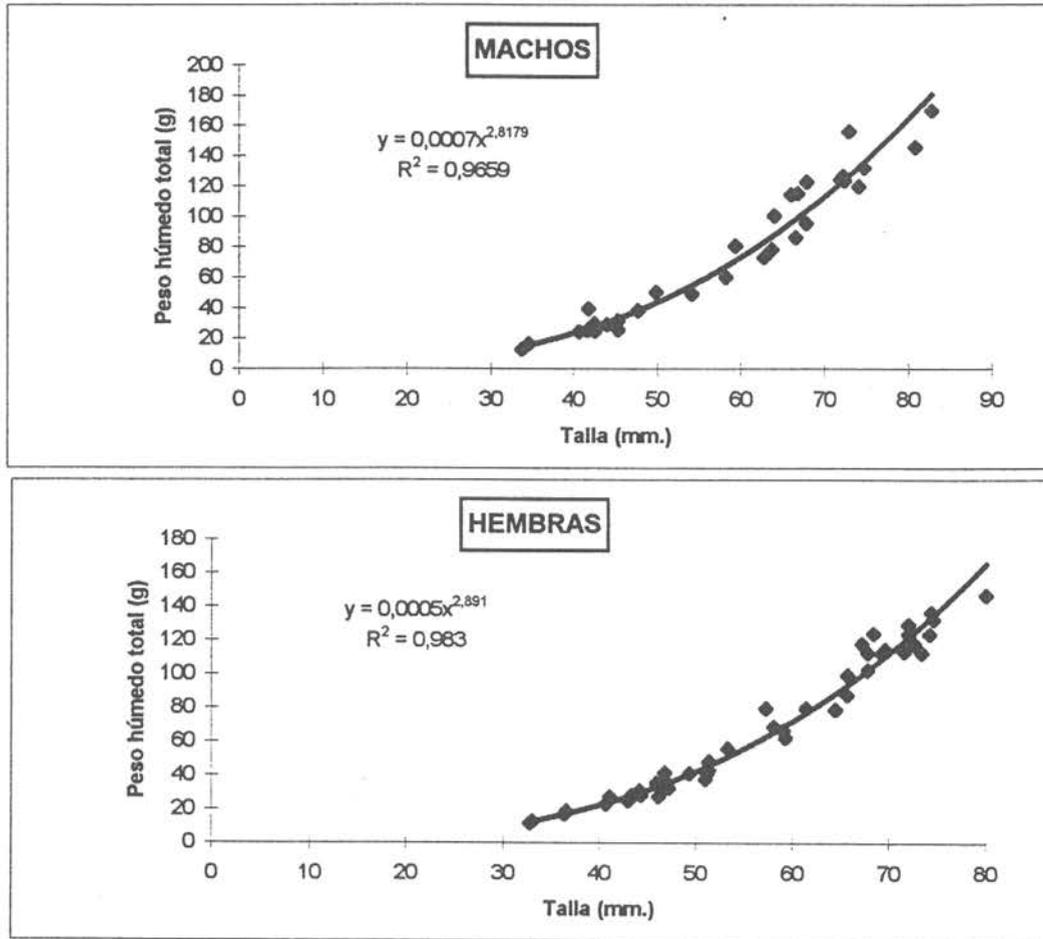


Fig. 47. Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VII Región, noviembre.

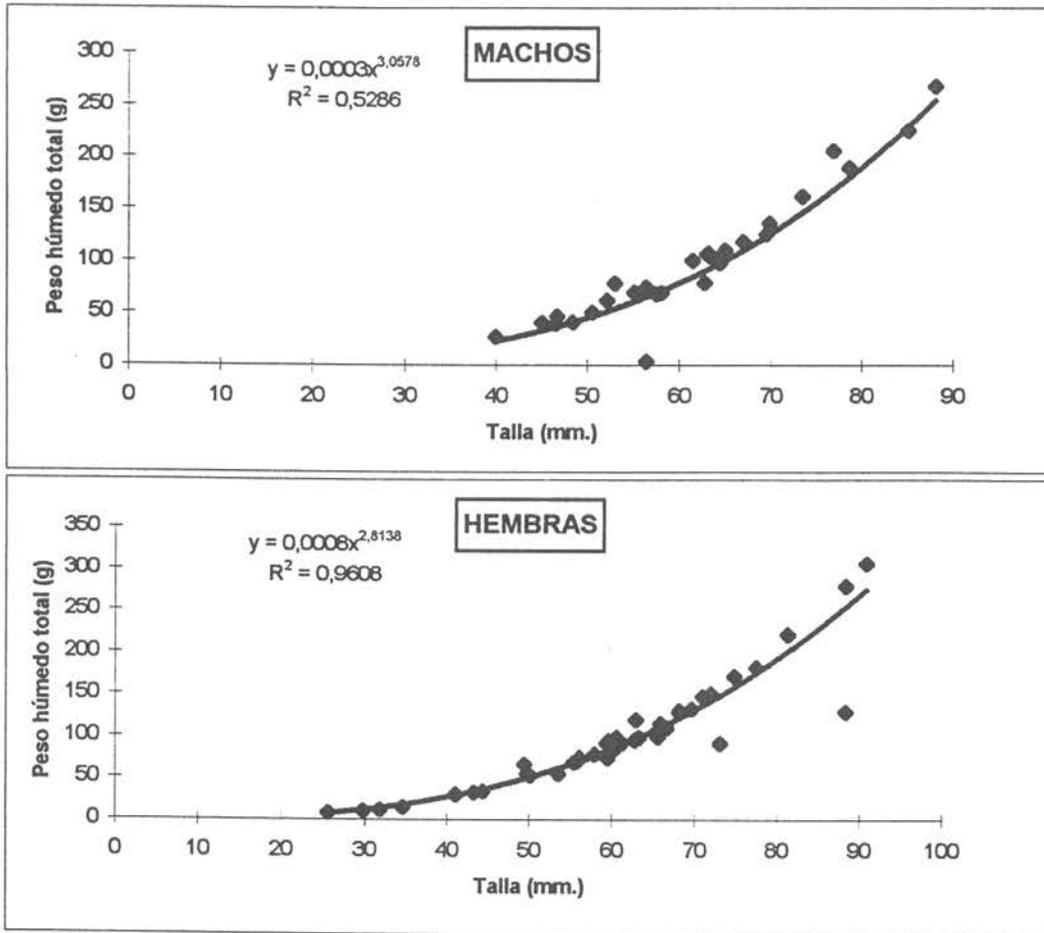


Fig. 48 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, julio.

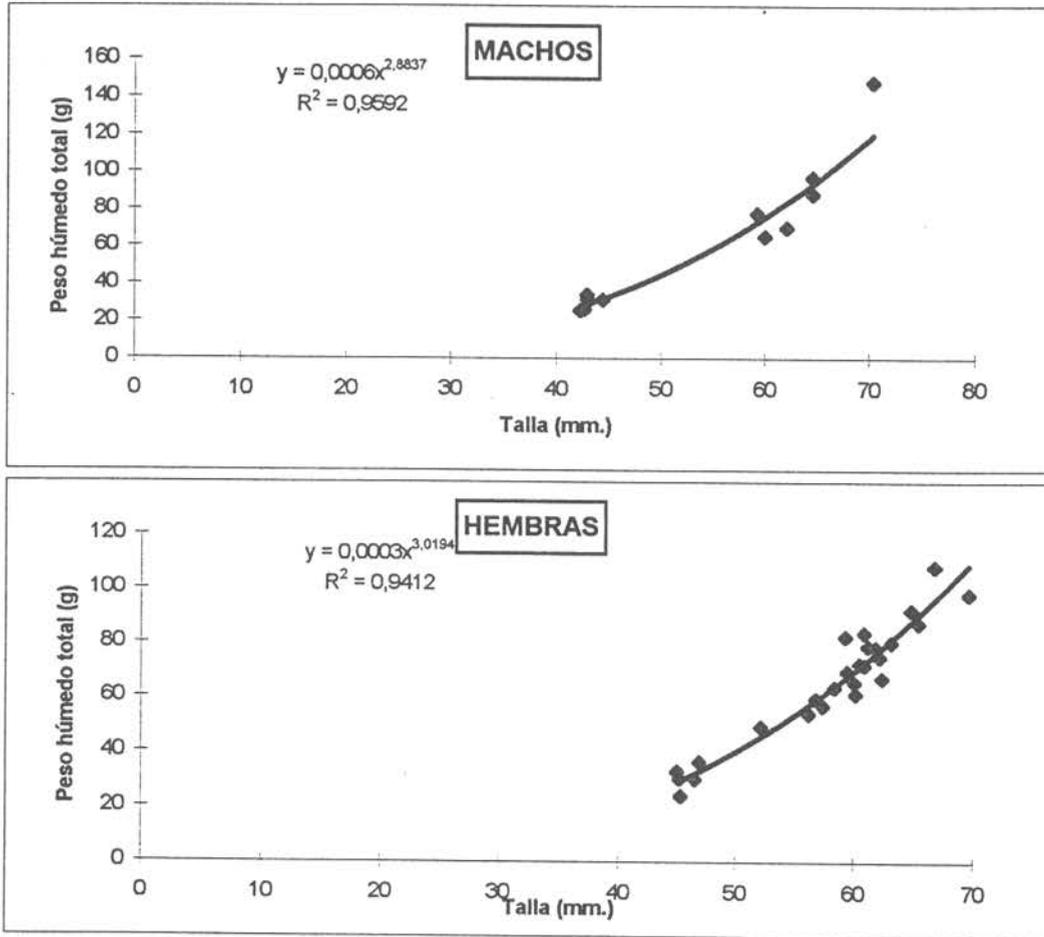


Fig. 49 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, diciembre.

ANEXO III

CICLO REPRODUCTIVO

RELACIÓN TALLA - PESO HÚMEDO GÓNADAS

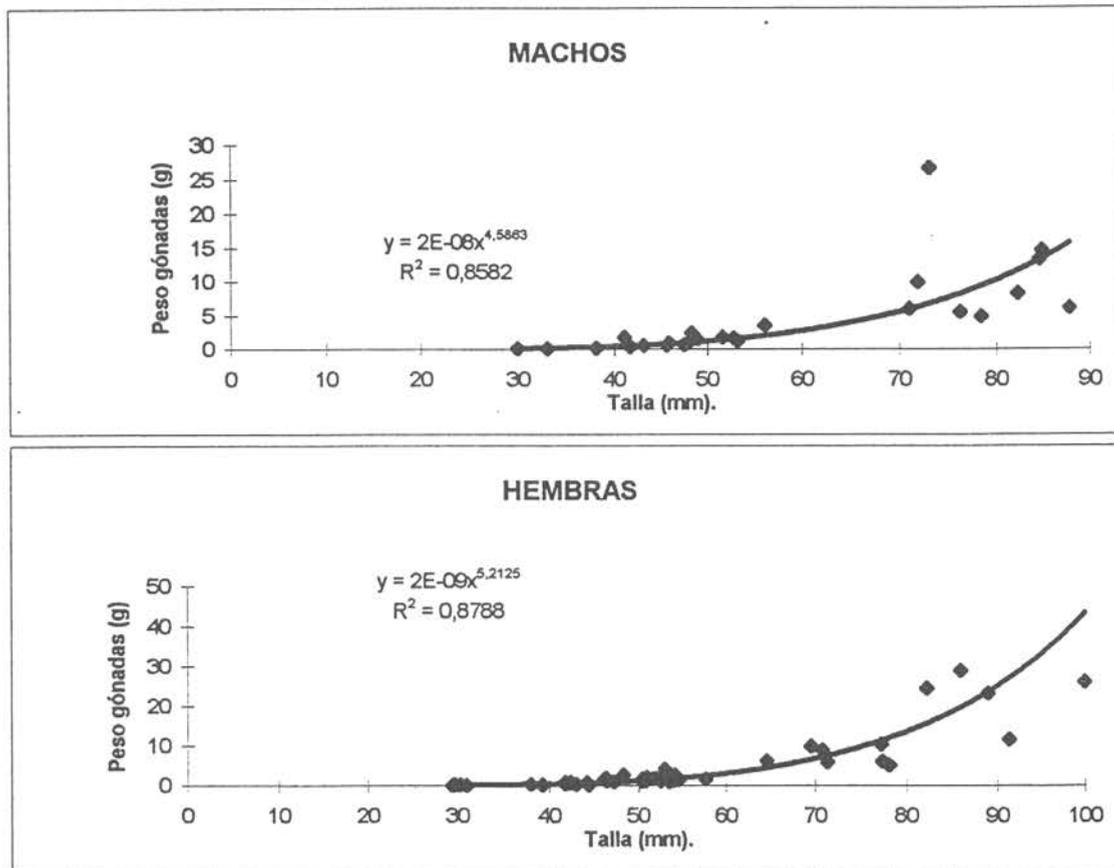


Fig. 1 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.I Región, enero.

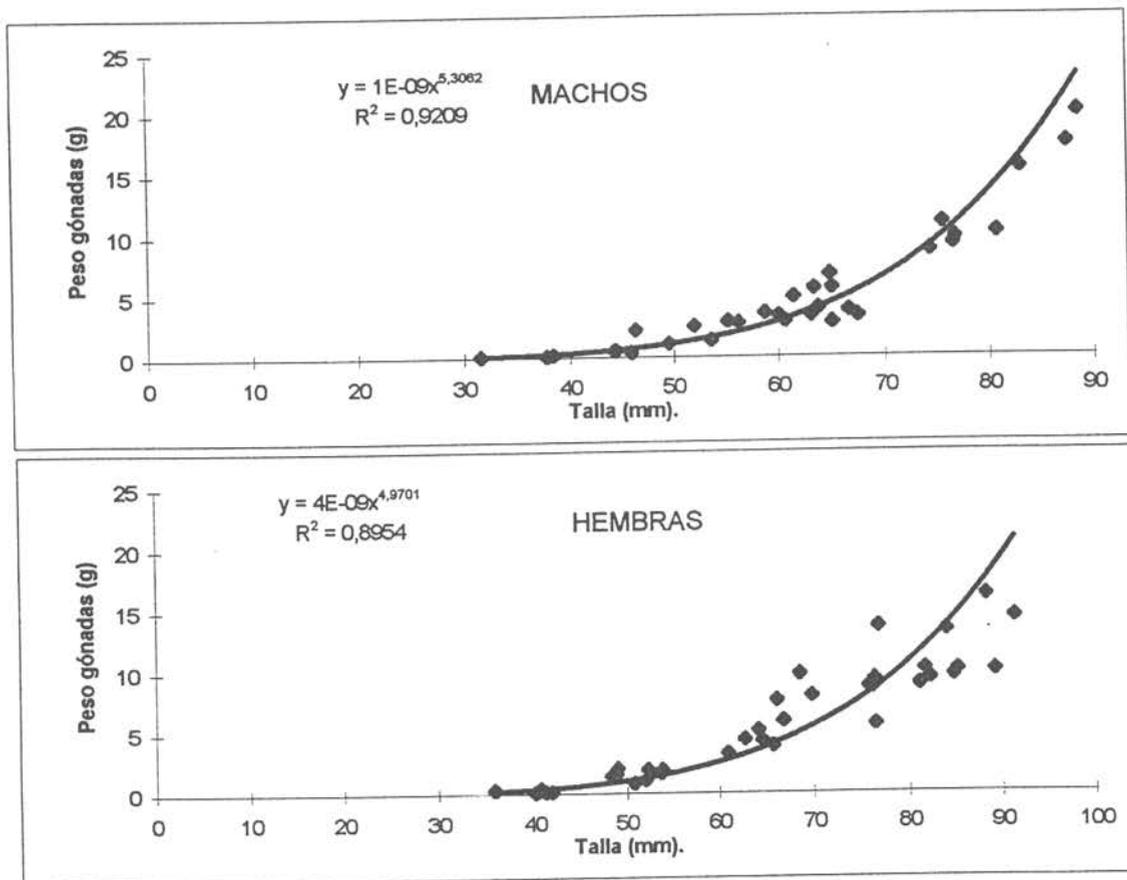


Fig. 2 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. I Región, febrero.

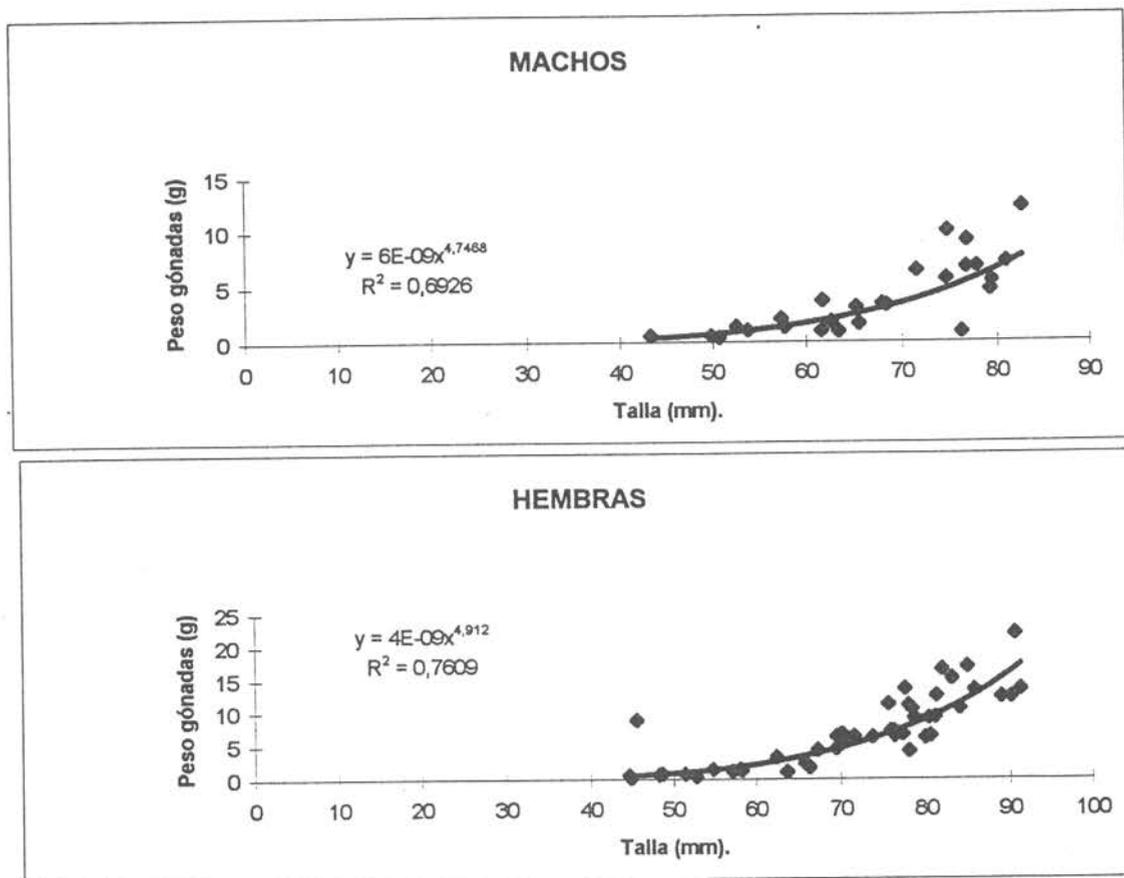


Fig. 3 Relación Talla- Peso gónadas de erizos. I Región, abril.

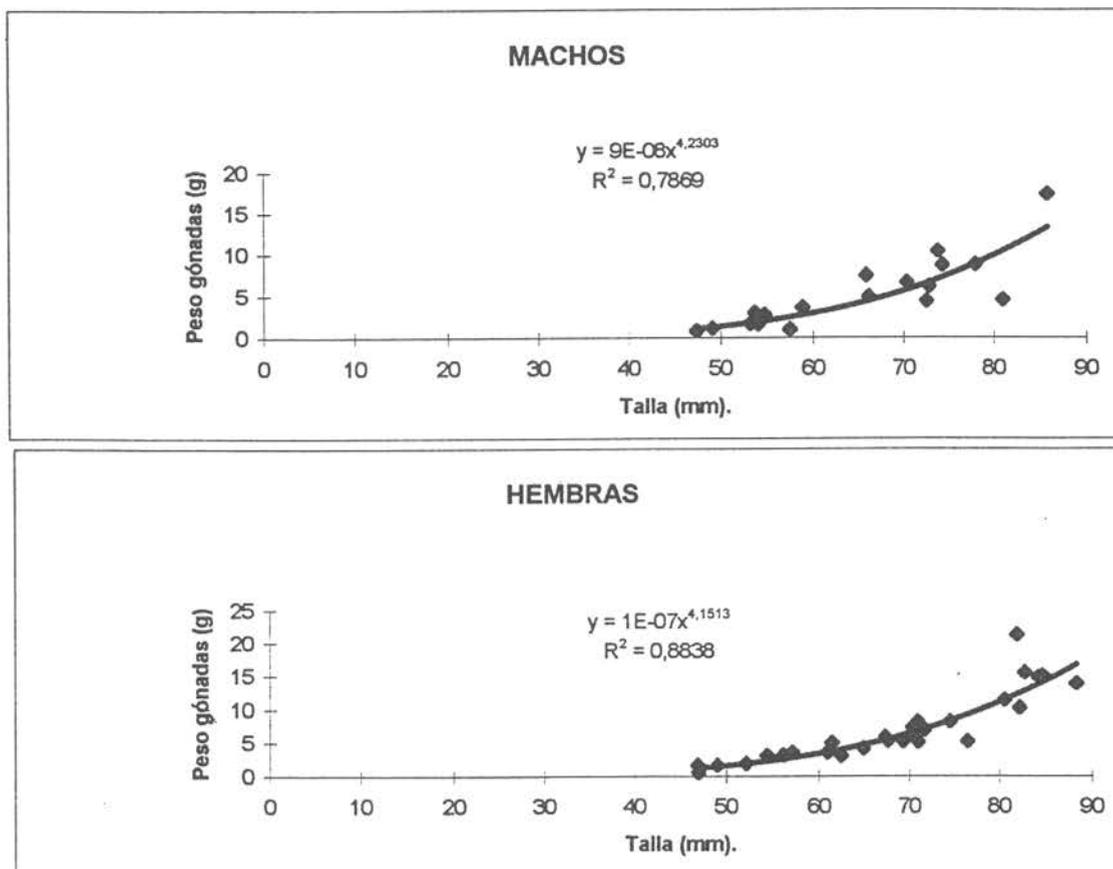


Fig. 4 Relación Talla- Peso gónadas de erizos. I Región, junio.

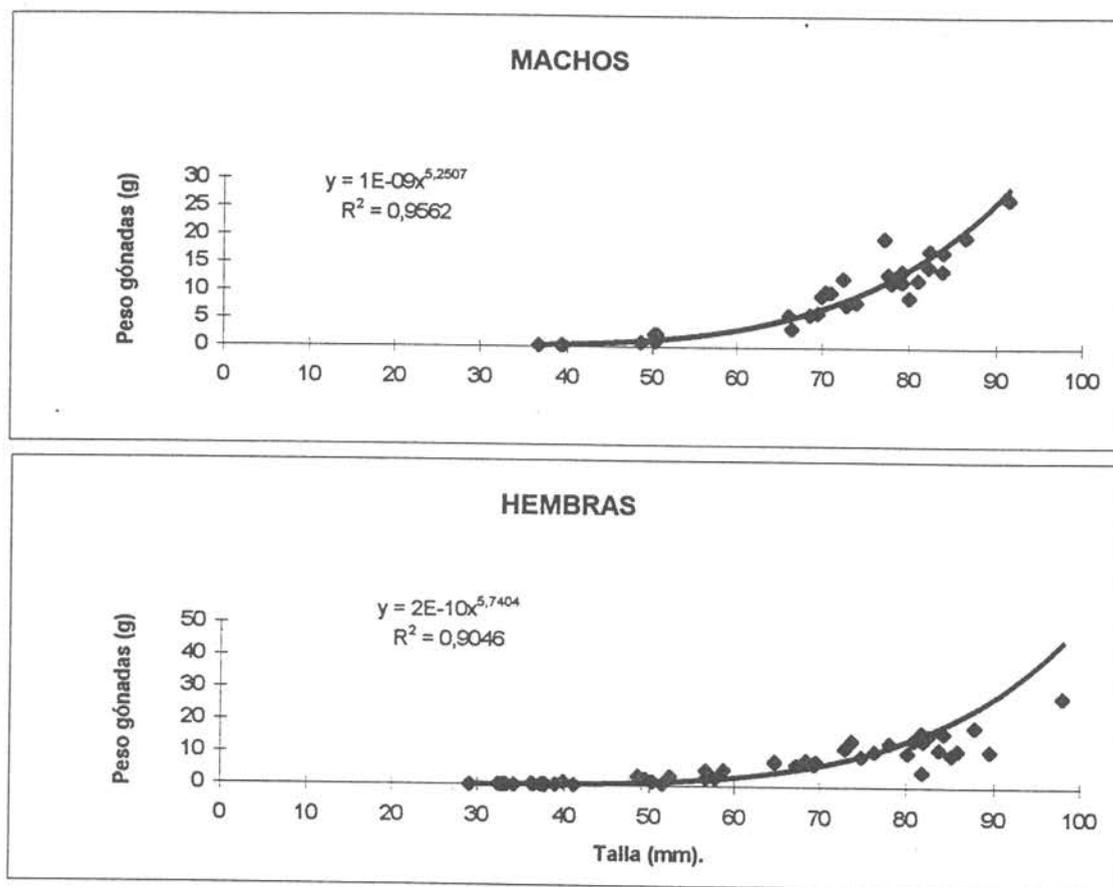


Fig.. 5 Relación Talla- Peso gónadas de erizos. I Región, agosto.

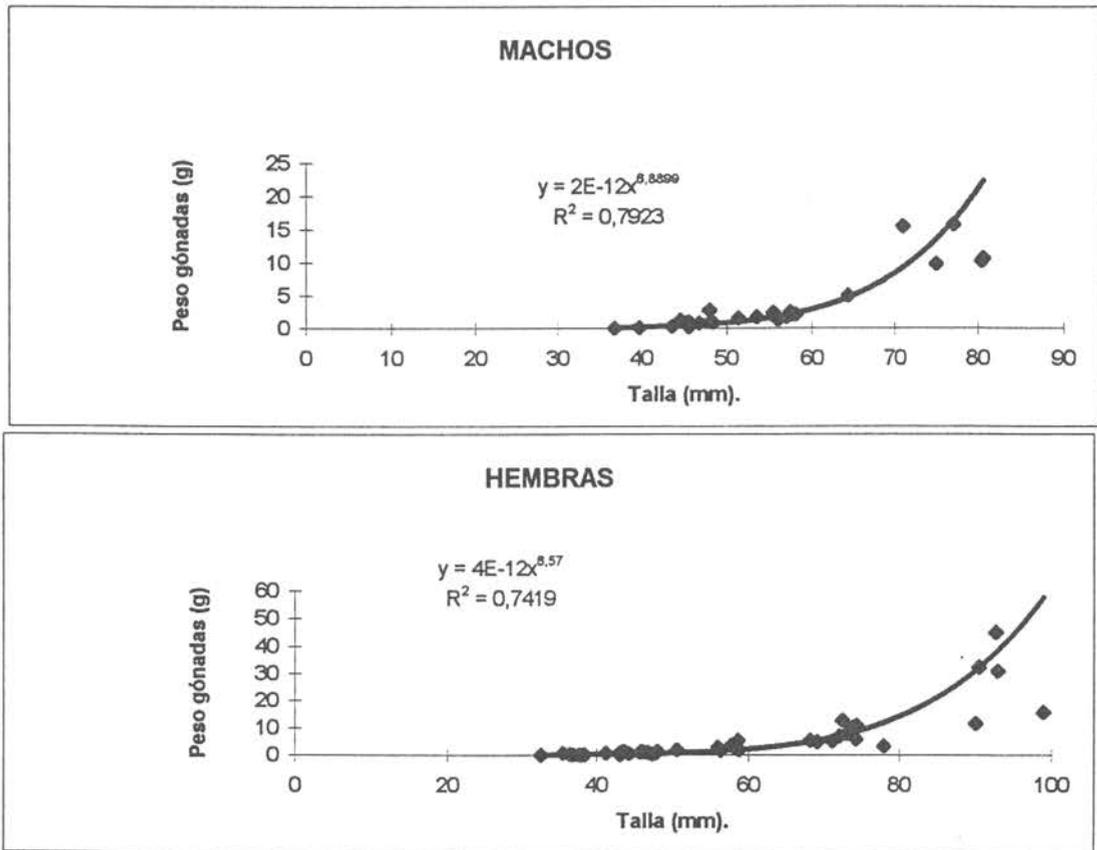


Fig. 6 Relación Talla- Peso gónadas de erizos. I Región, septiembre

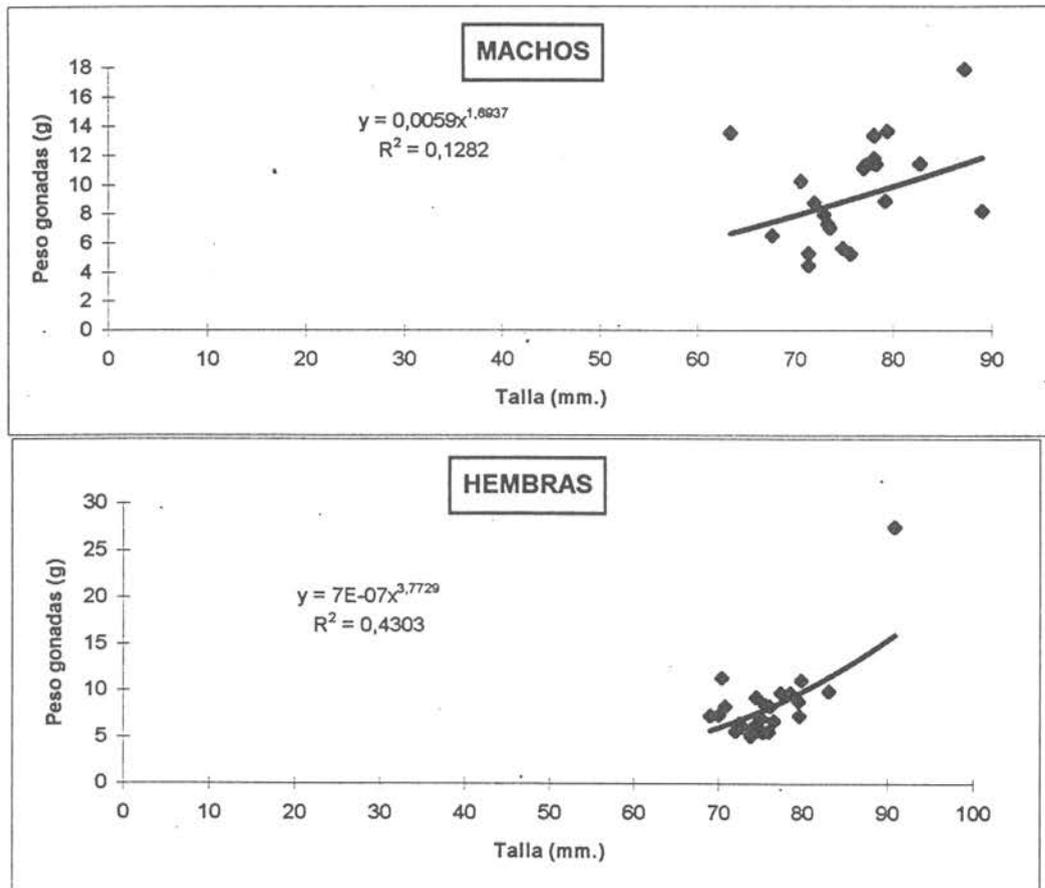


Fig. 7 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. II Región, enero.

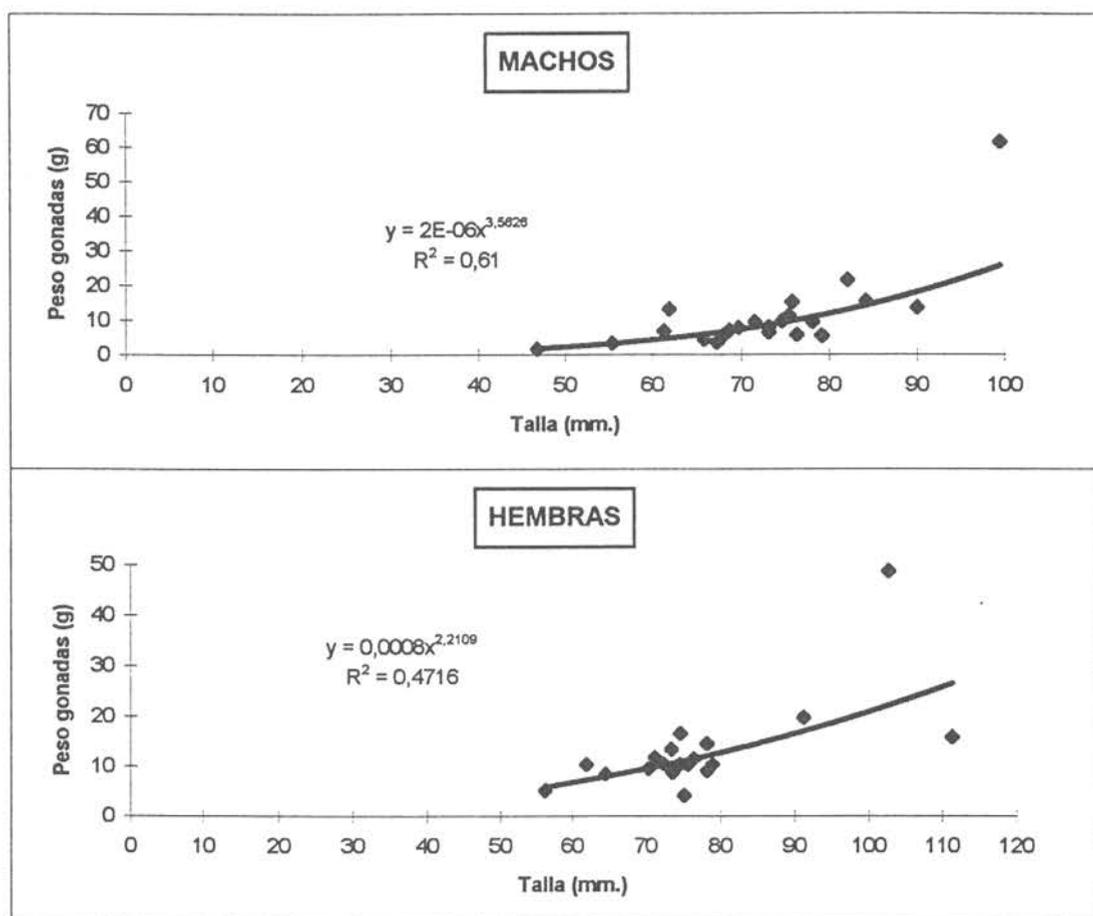


Fig. 8 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.II Región, mayo.

SEGUNDA

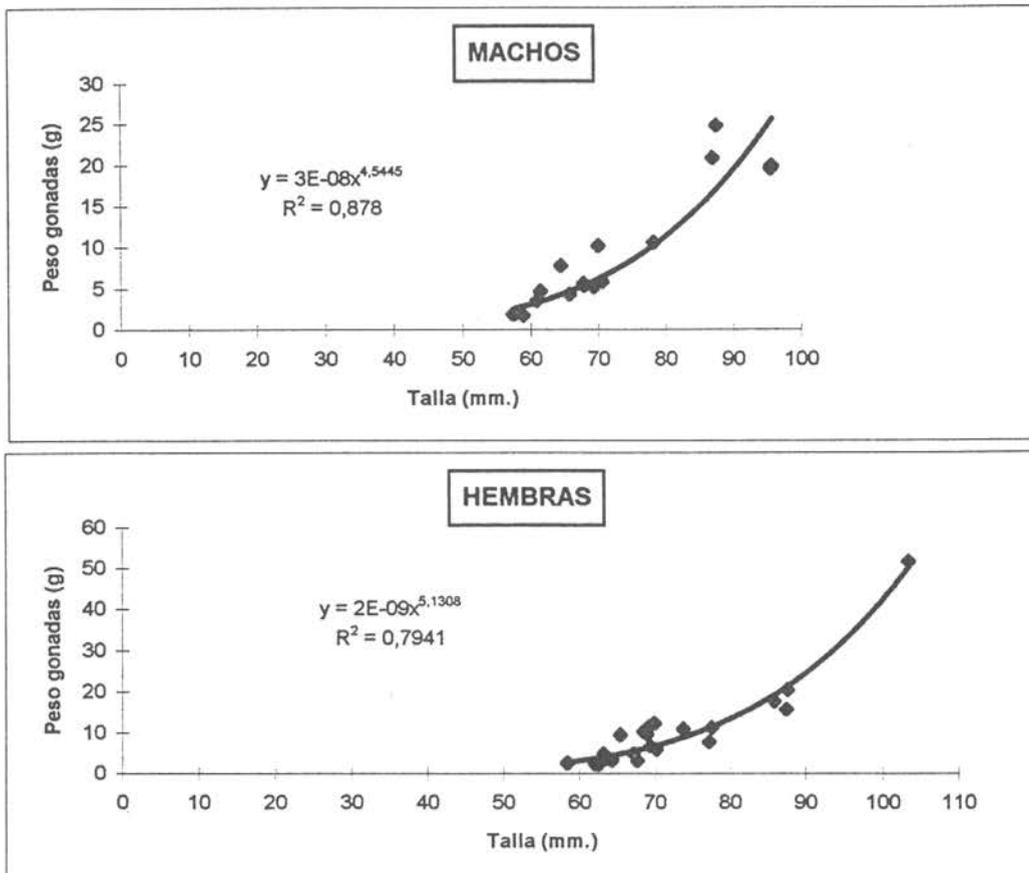


Fig. 9 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.II Región, abril.

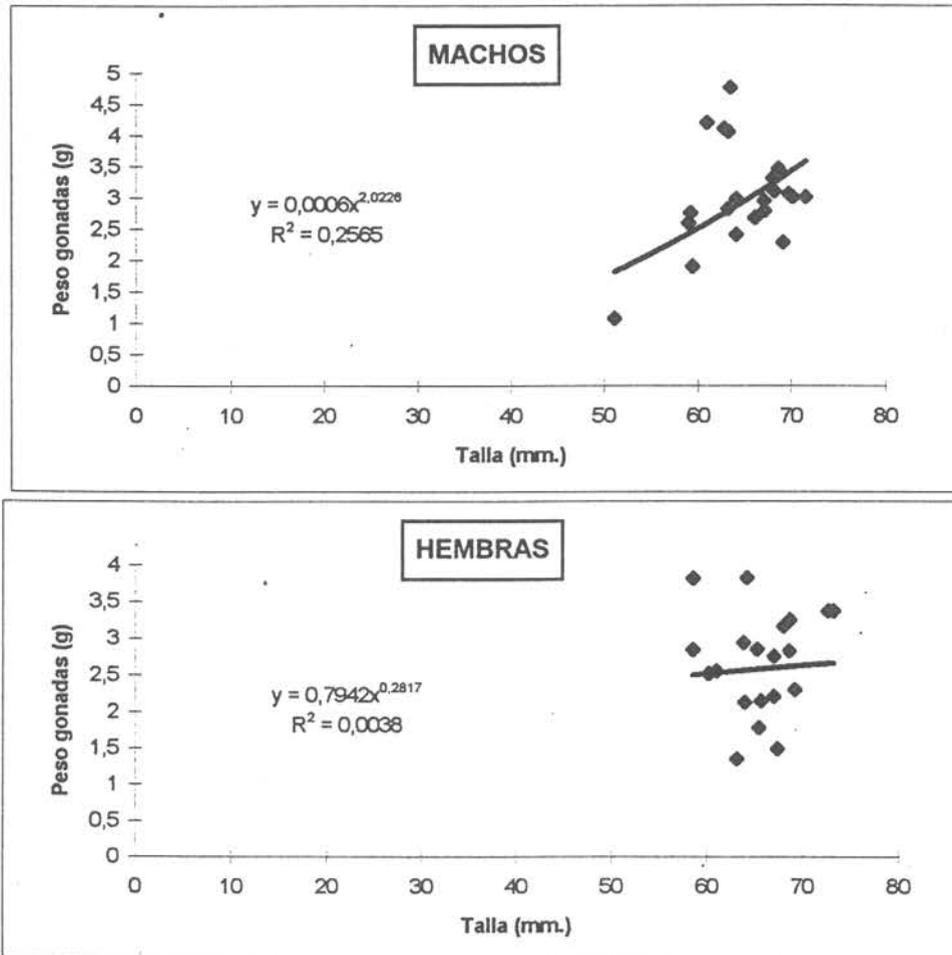


Fig. 10 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.II Región, diciembre.

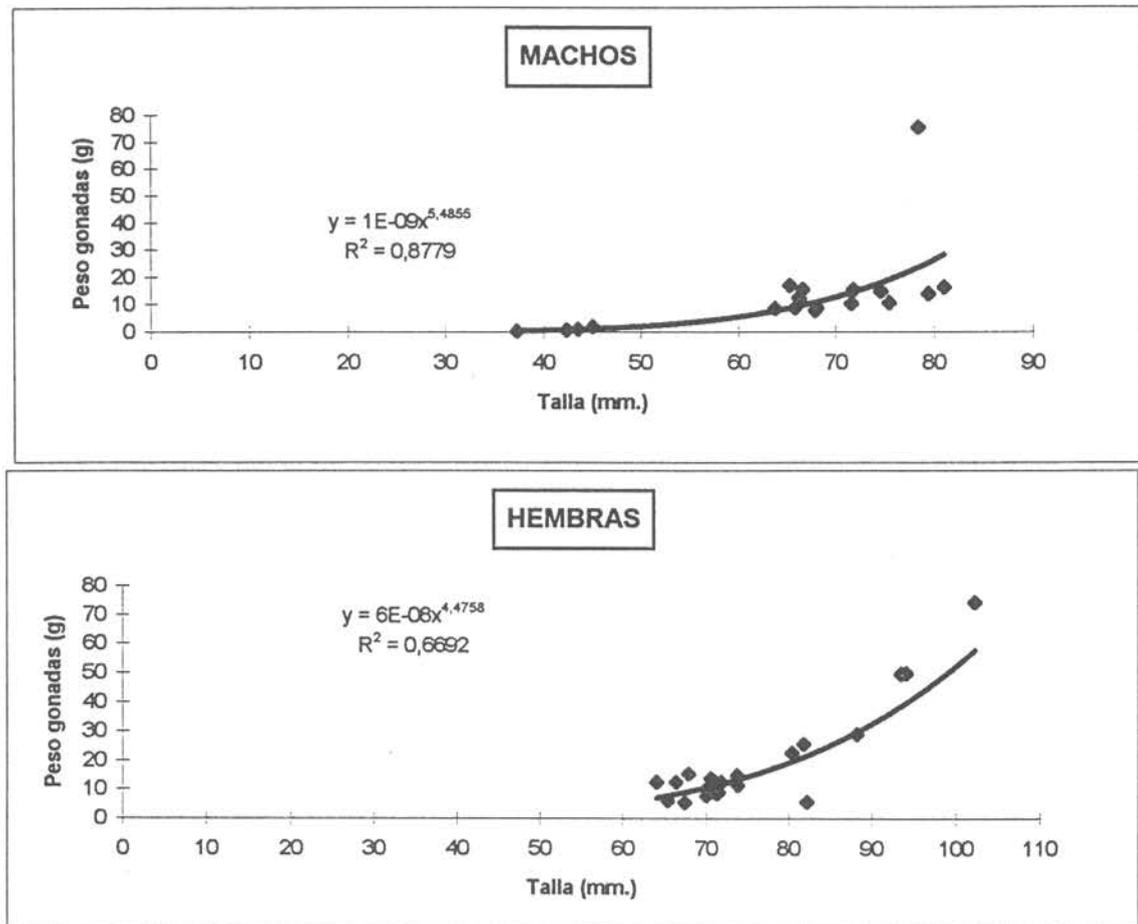


Fig. 11 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. II Región, febrero.

SEGUNDA

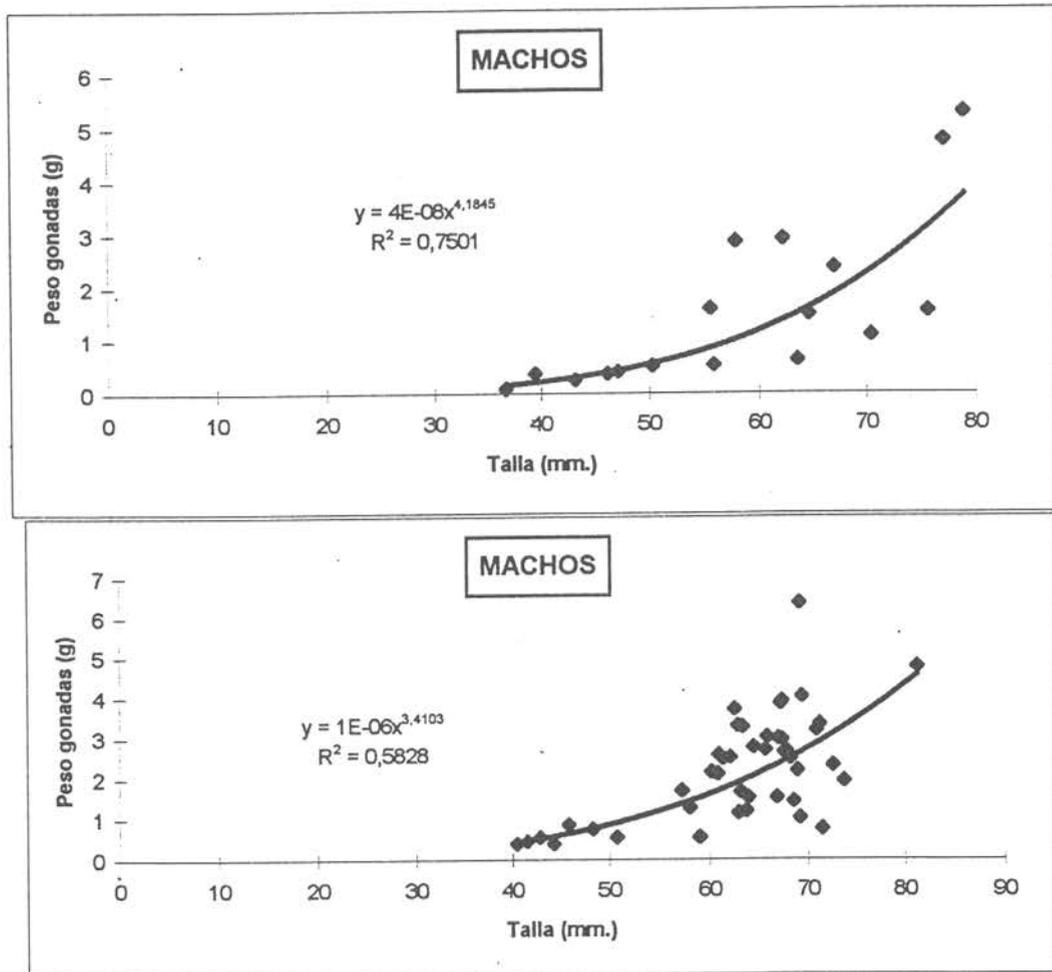


Fig. 12 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. II Región, enero '98.

TERCERA

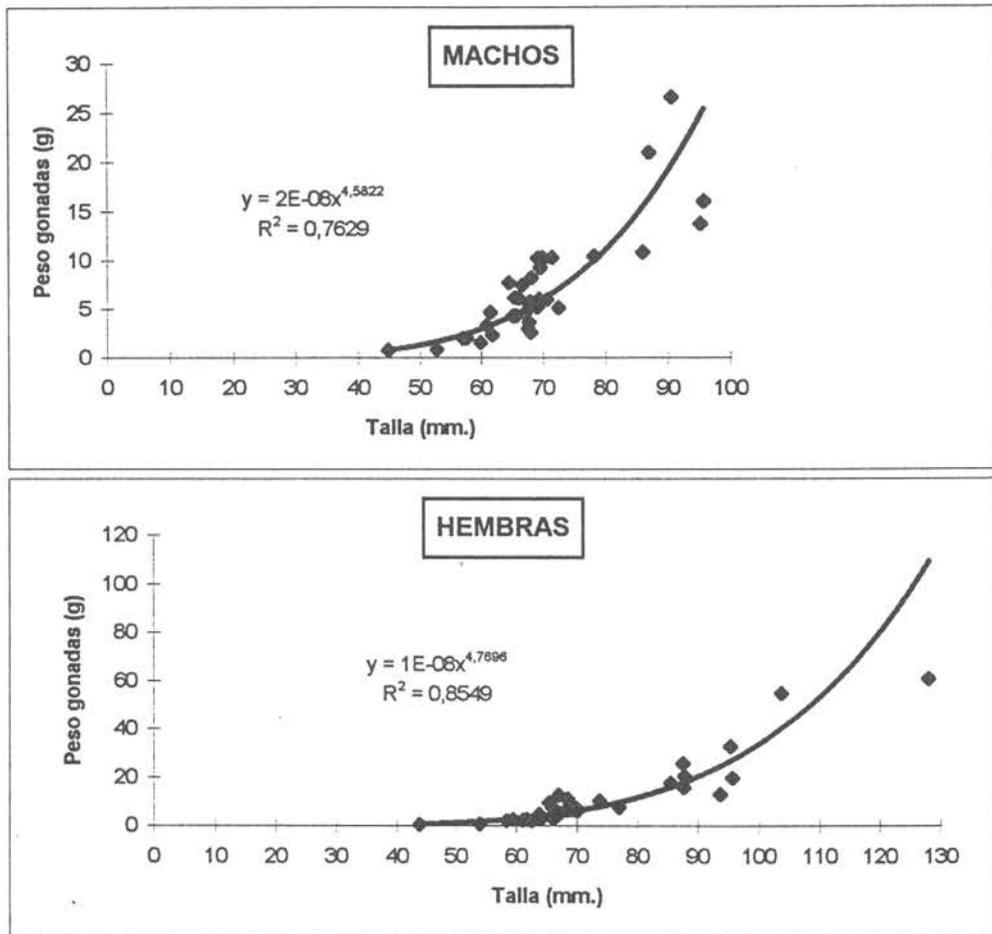


Fig. 13 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.III Región, enero.

TERCERA

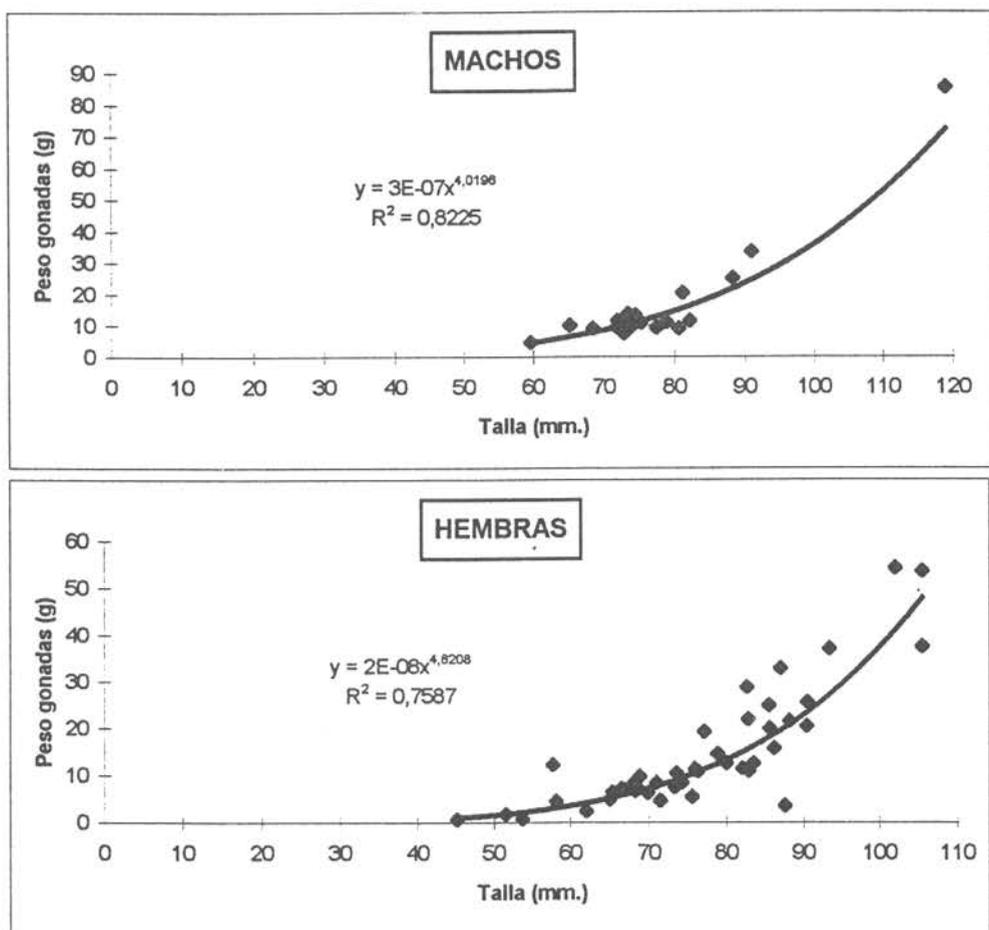


Fig. 14 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.III Región, marzo.

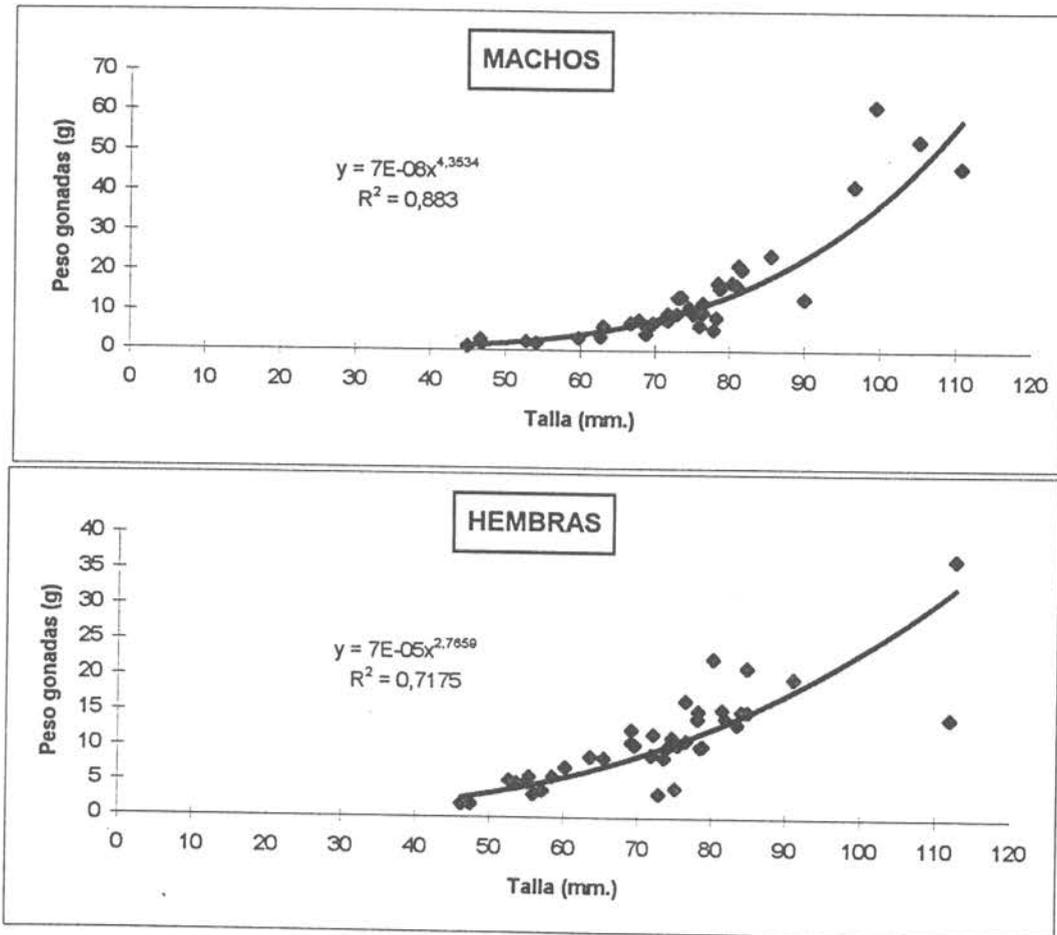


Fig. 15 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.III Región, mayo.

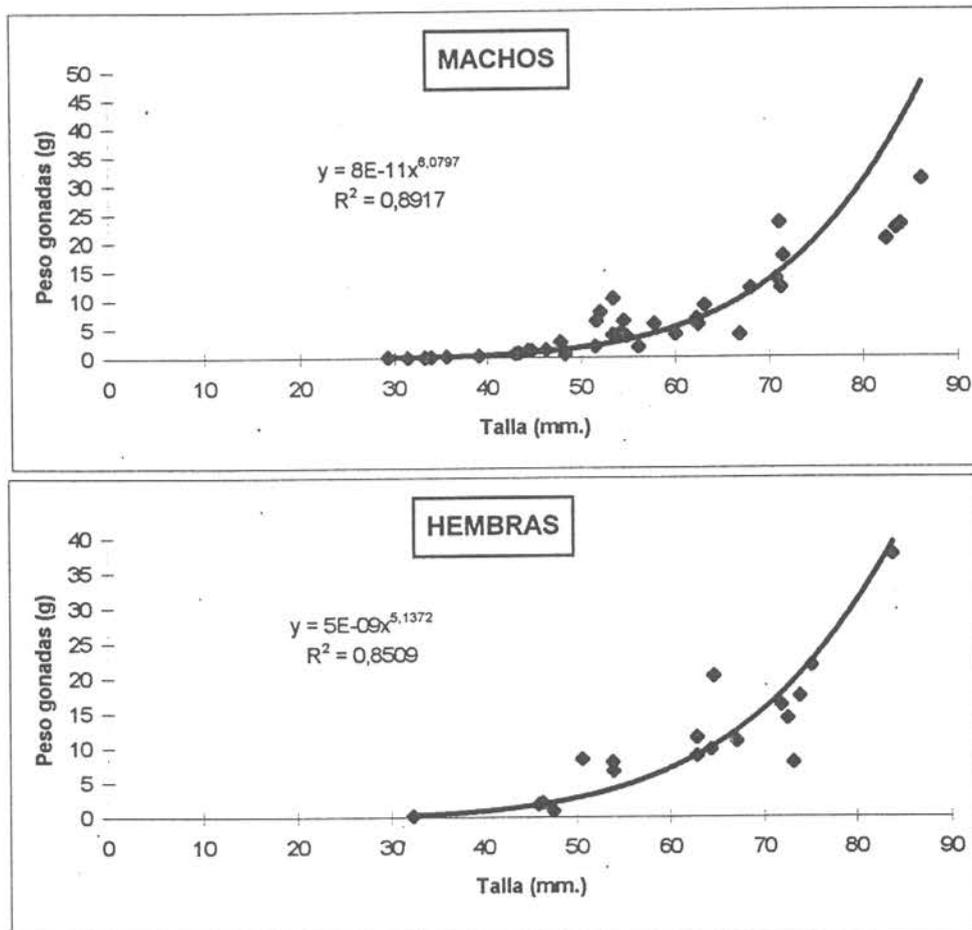


Fig. 16 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.III Región, enero'98.

CUARTA

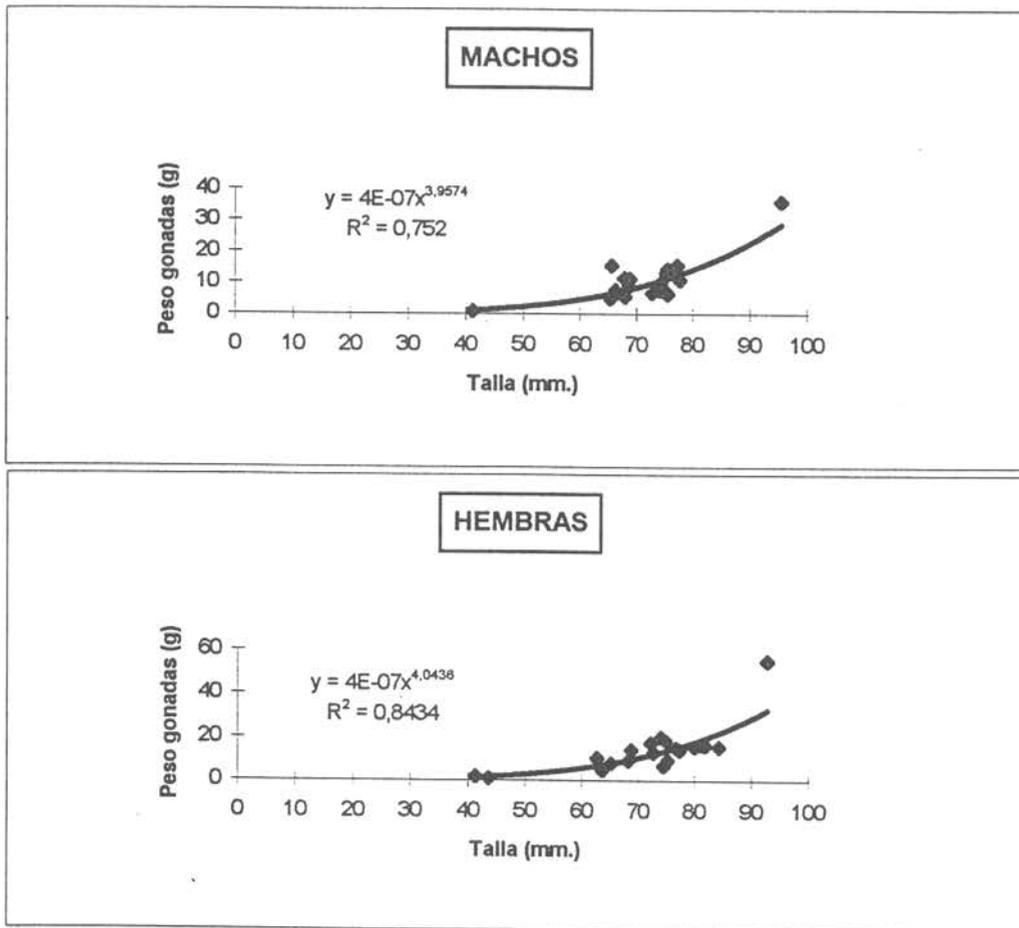


Fig. 17 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, febrero.

CUARTA

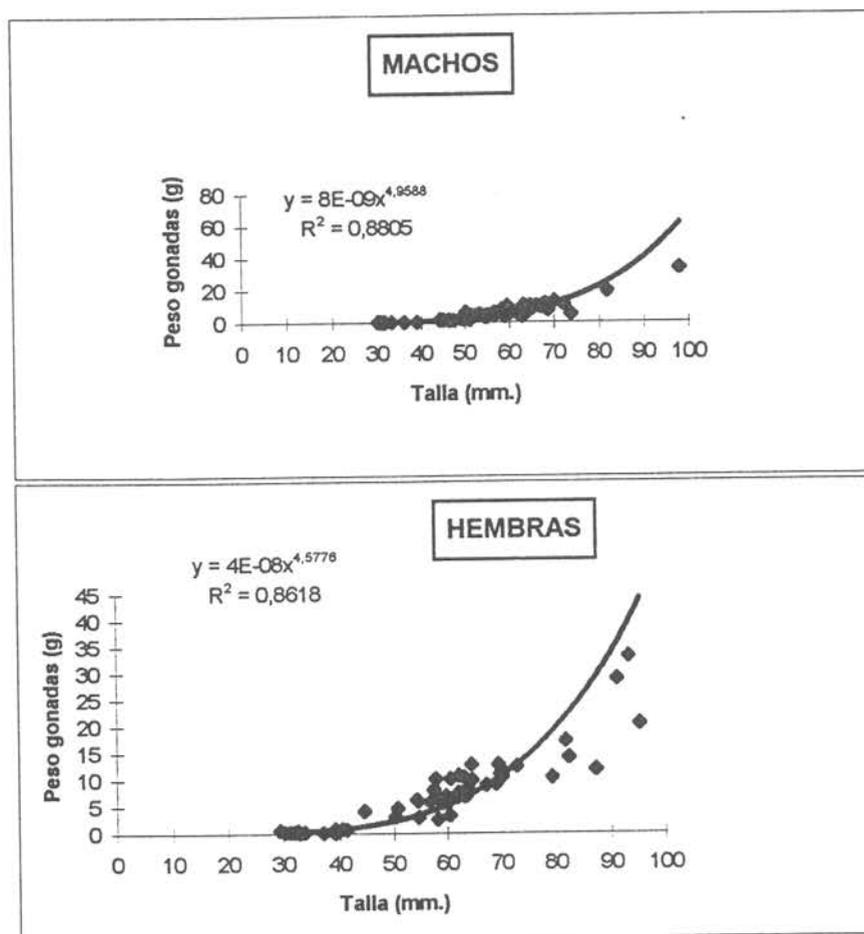


Fig. 18 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, marzo.

CUARTA

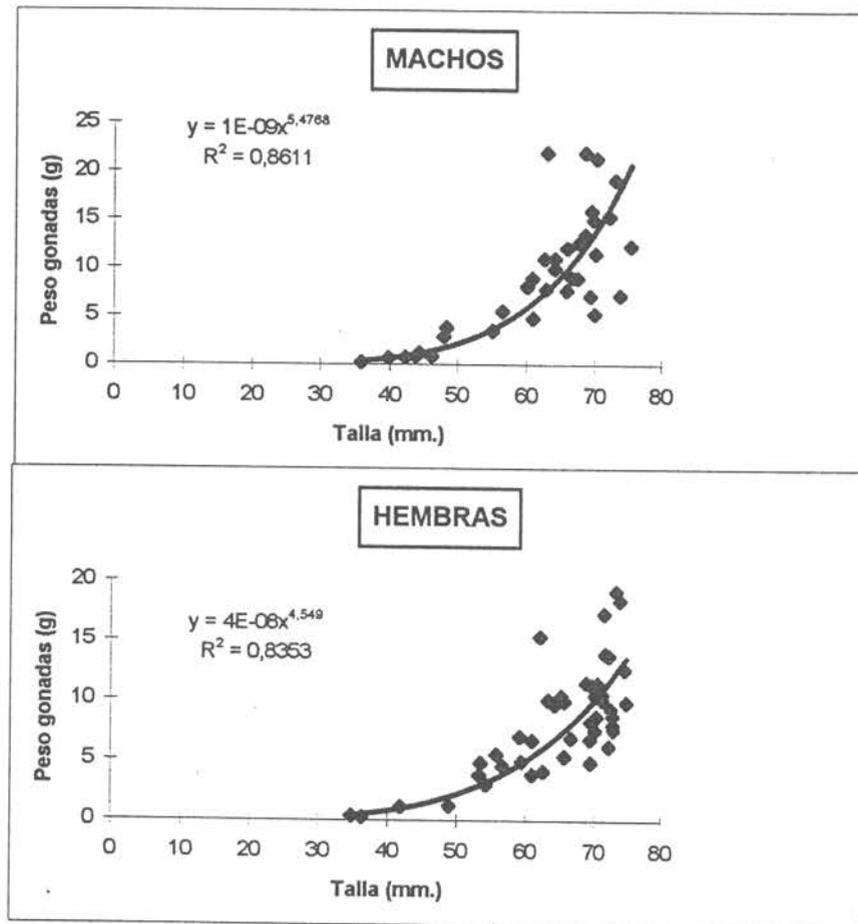


Fig. 19 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos v hembras.IV Reación. julio.

jión, febrero.

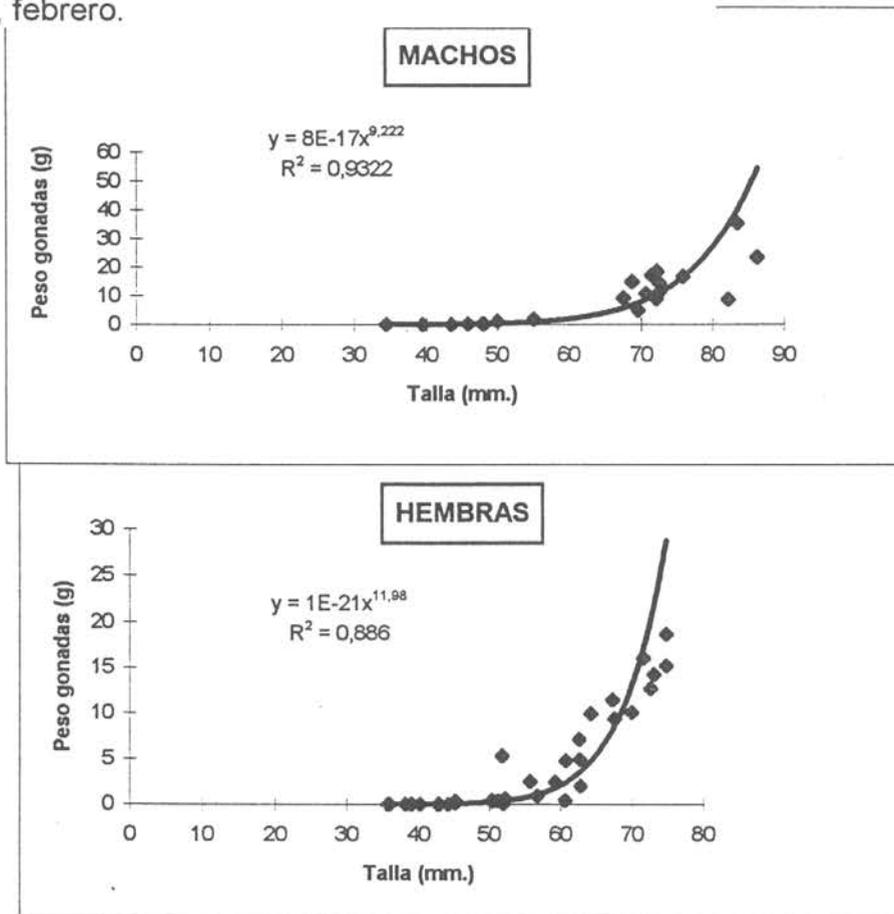


Fig. 20 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, agosto.

CUARTA

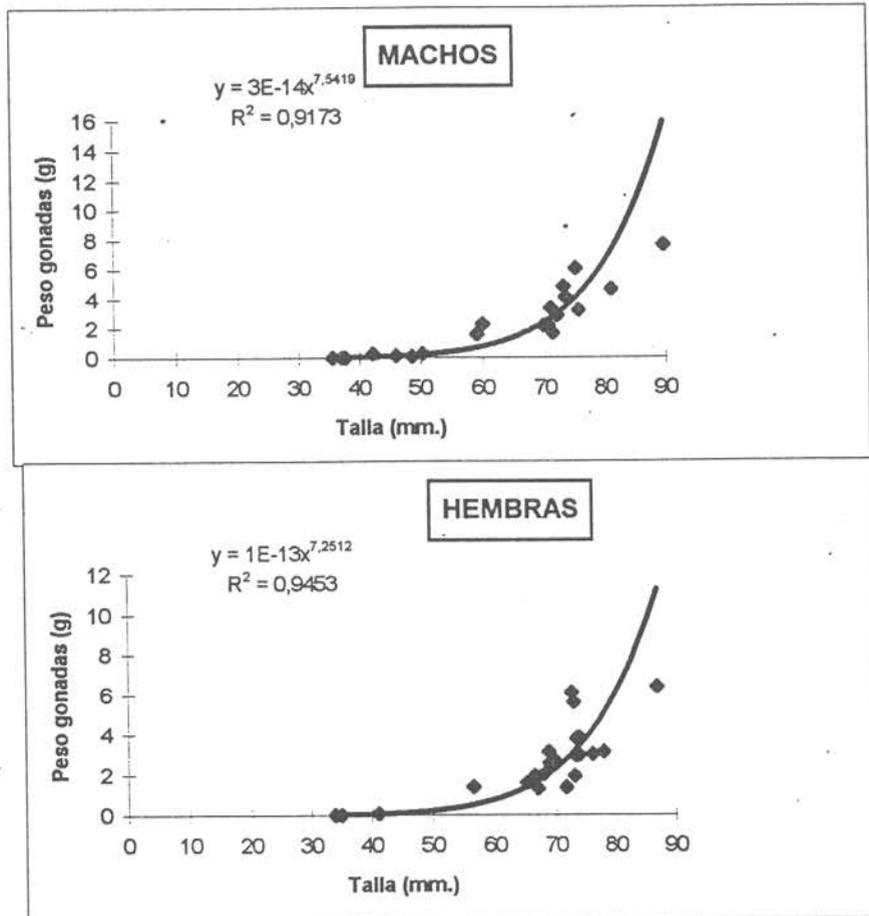


Fig.21 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, noviembre.

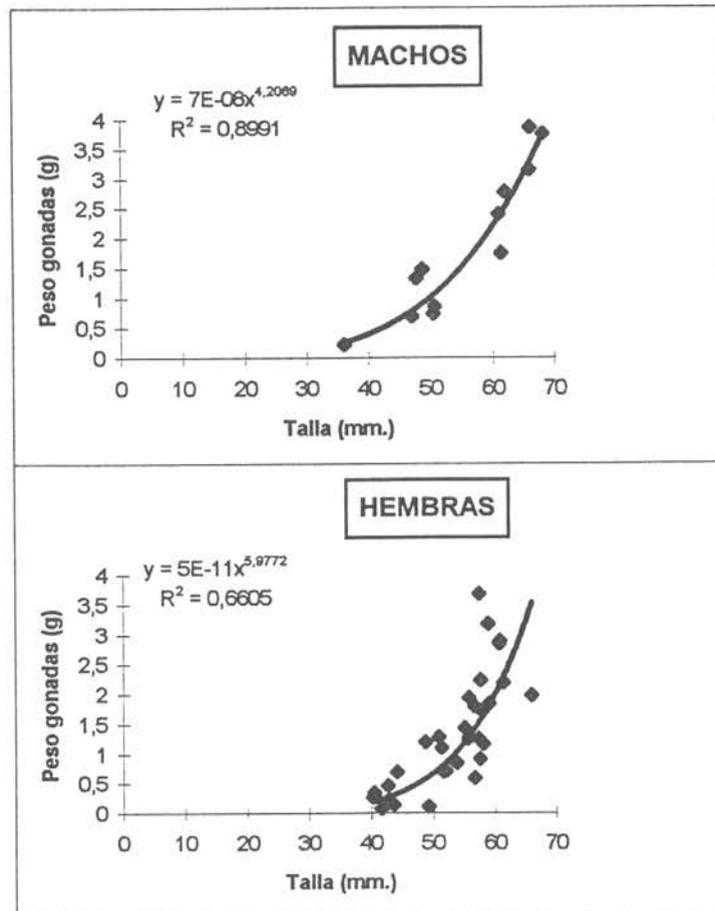


Fig. 22 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, enero'98.

CUARTA

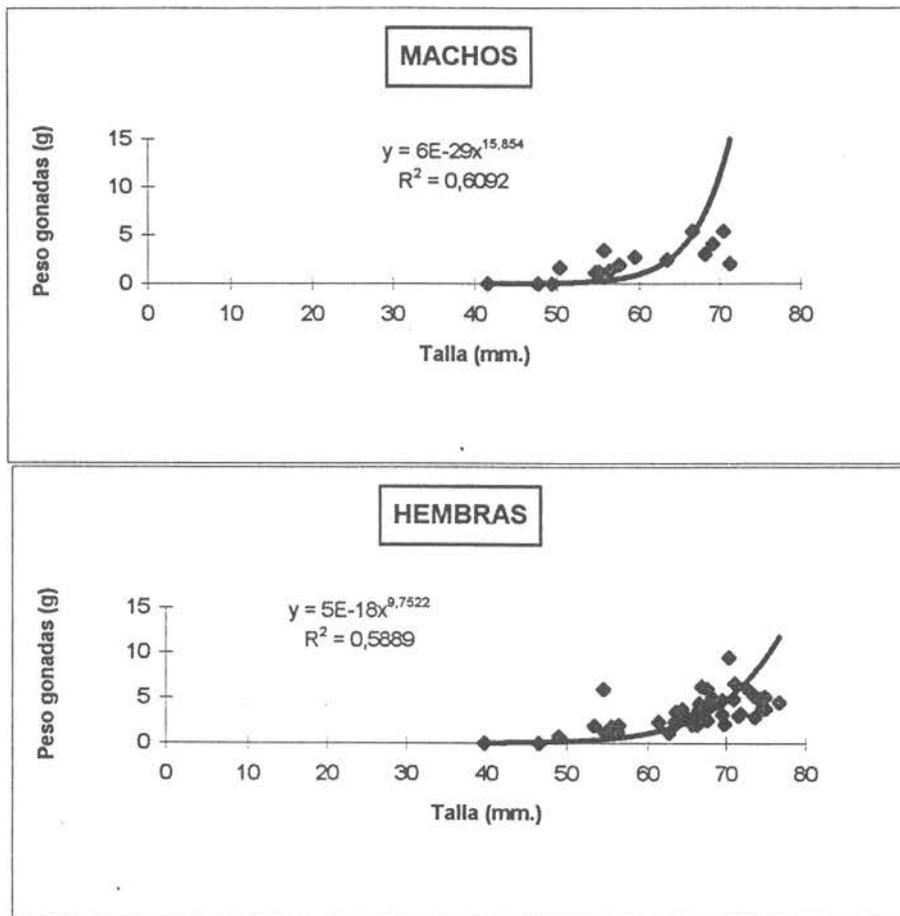


Fig. 23 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, octubre.

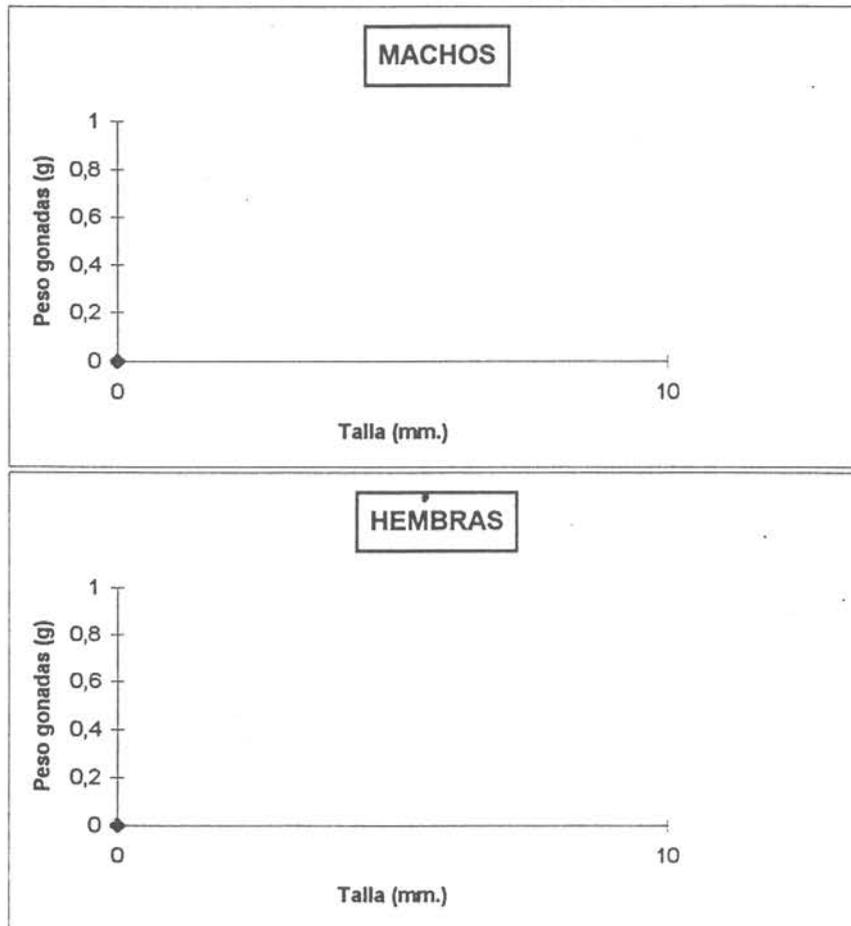


Fig. 24 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, marzo.

QUINTA

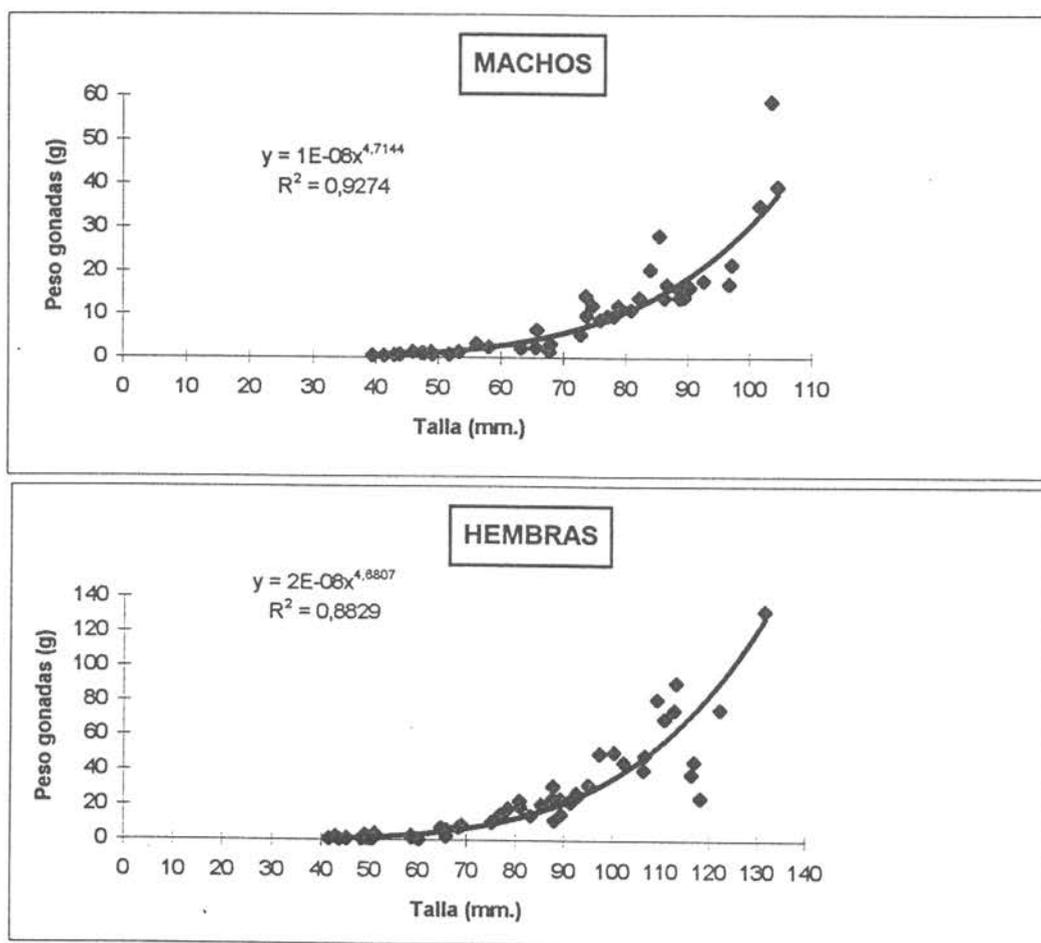


Fig. 25 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, mayo.

QUINTA

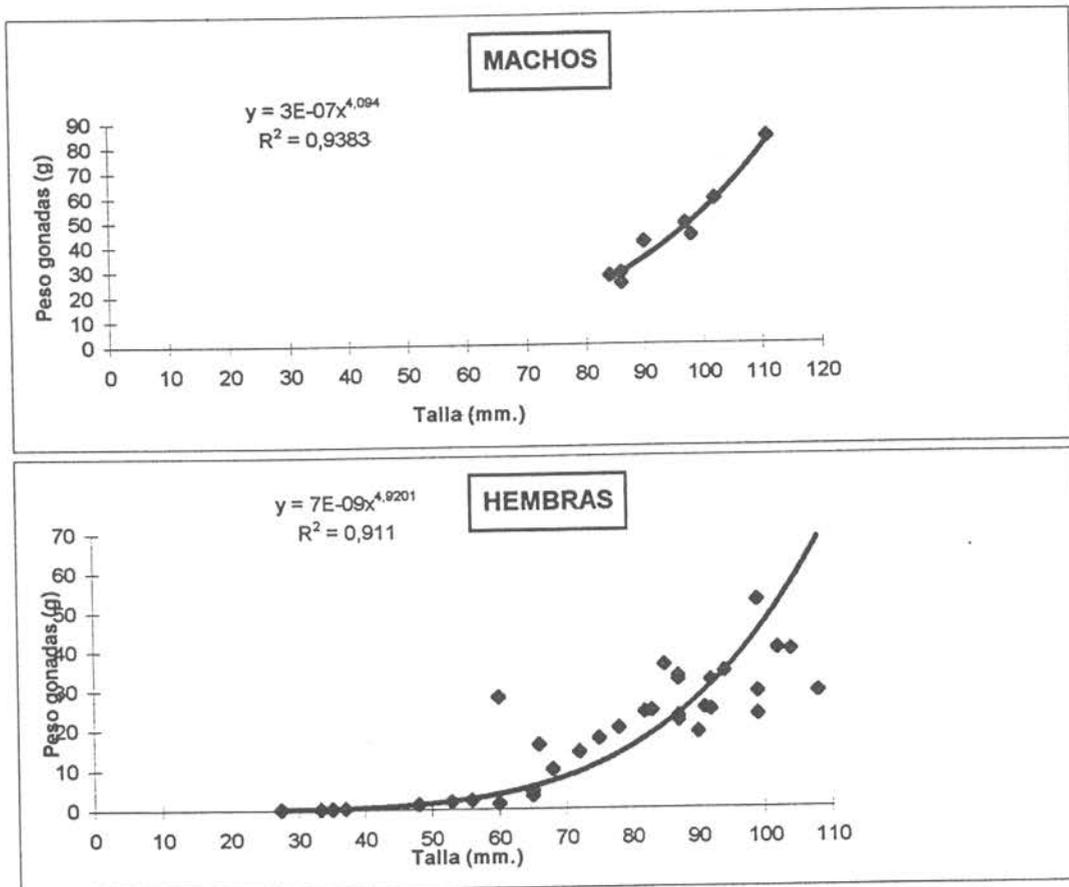


Fig. 26 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, junio.

QUINTA

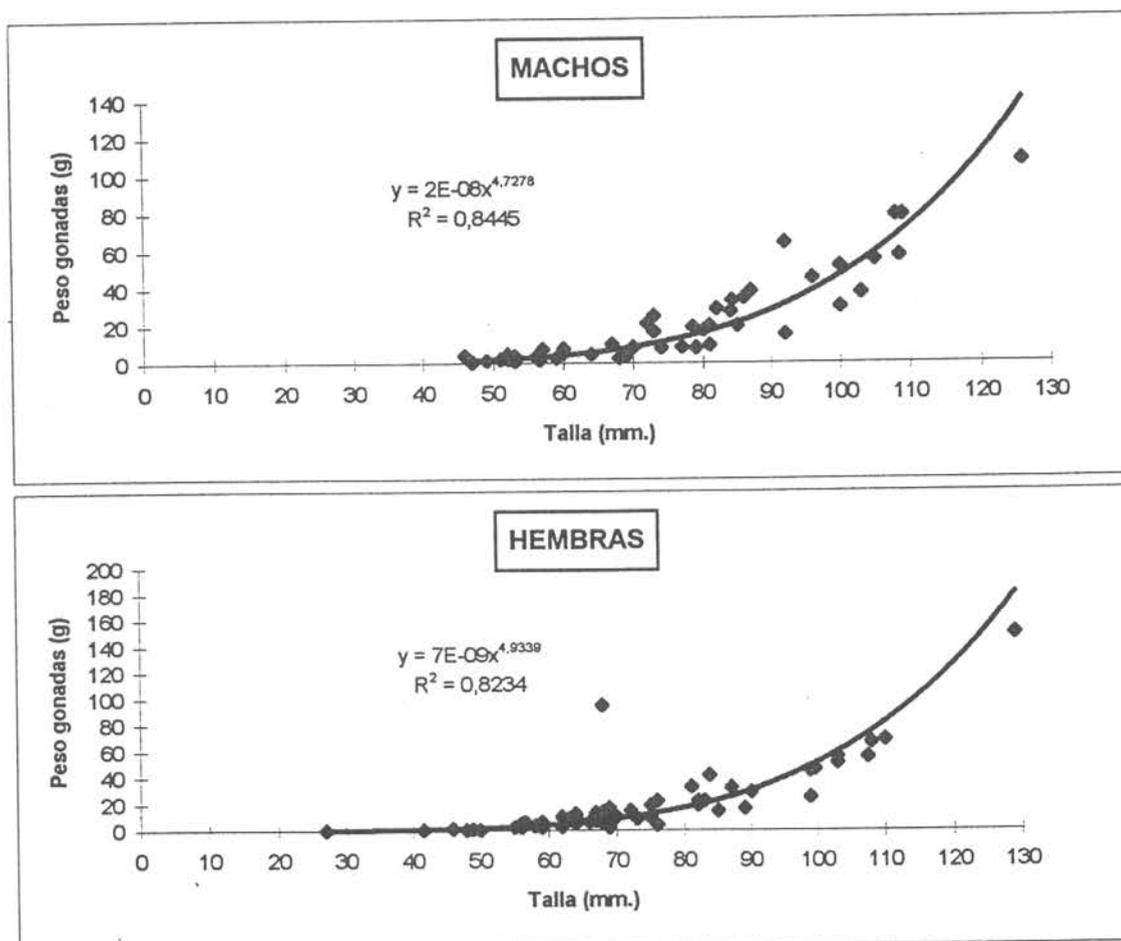


Fig. 27 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, julio.

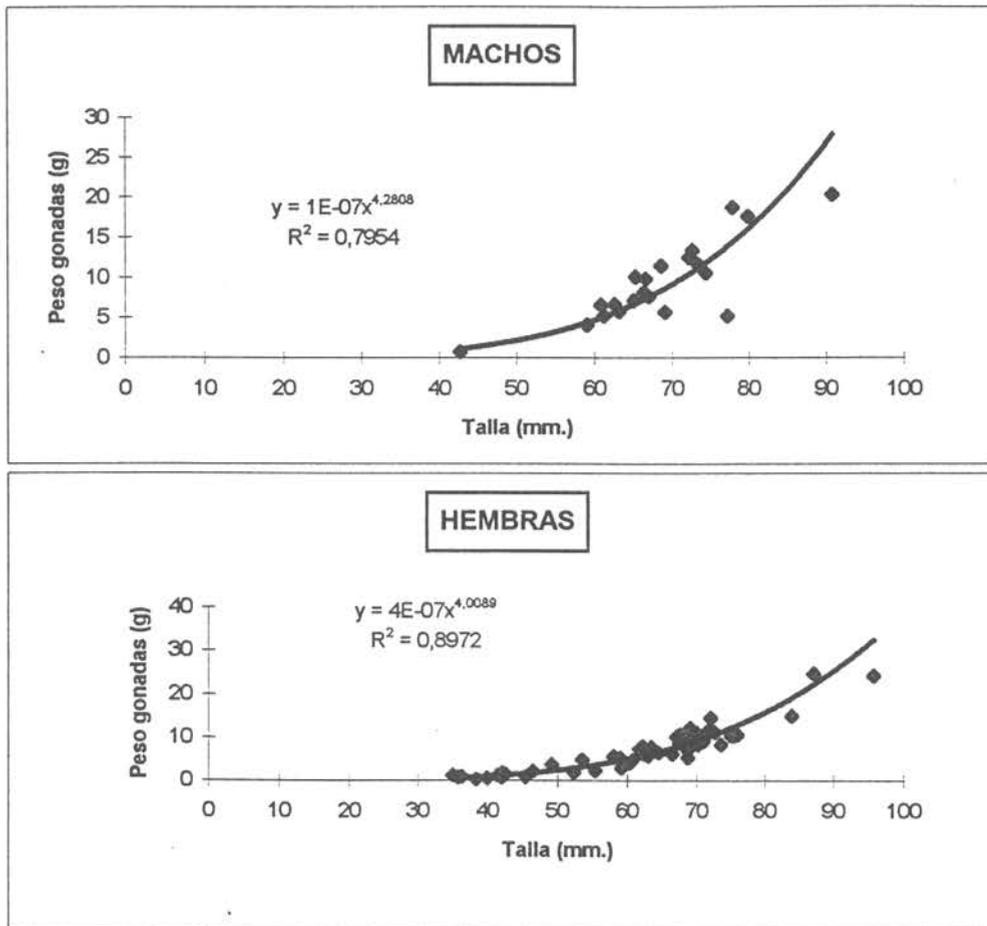


Fig. 31 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VI Región, marzo.

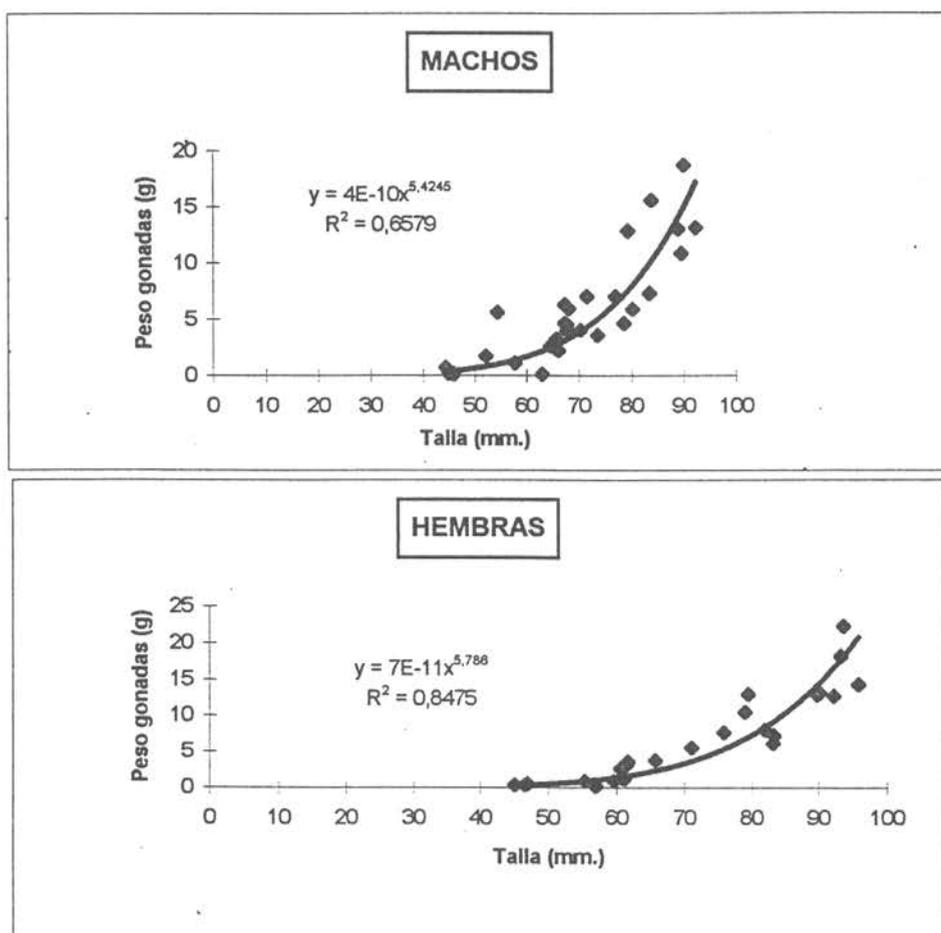


Fig 2.9 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, septiembre.

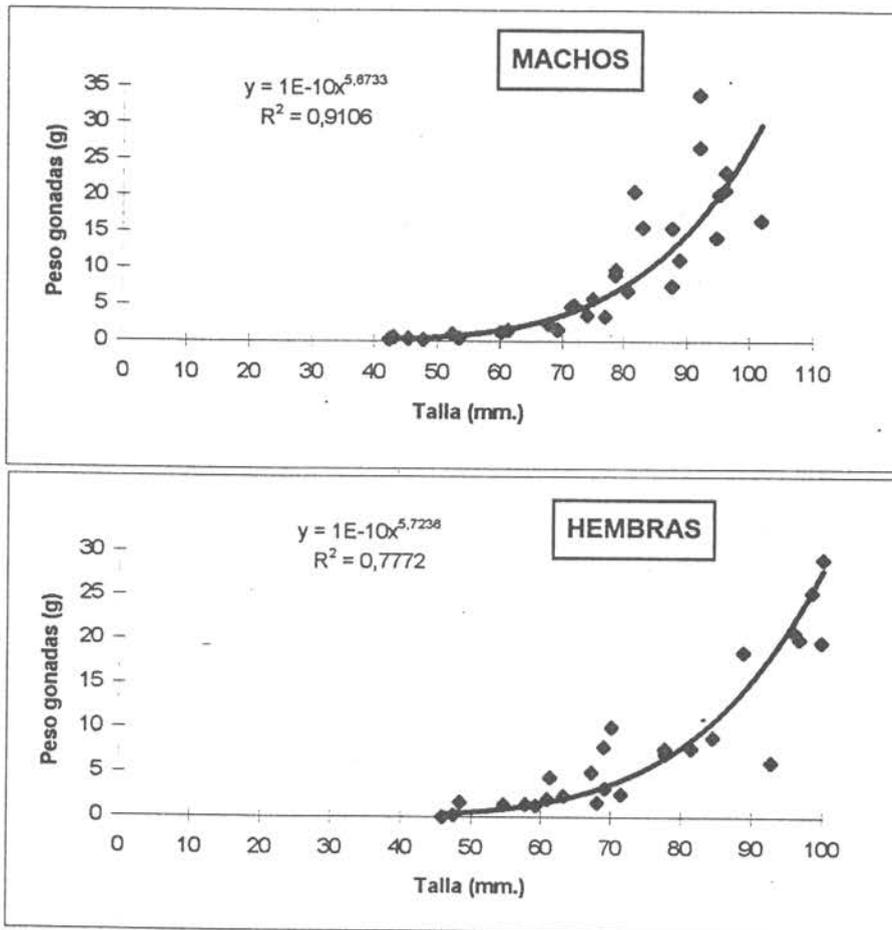


Fig. 3-0 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras. V Región, noviembre.

QUINTA

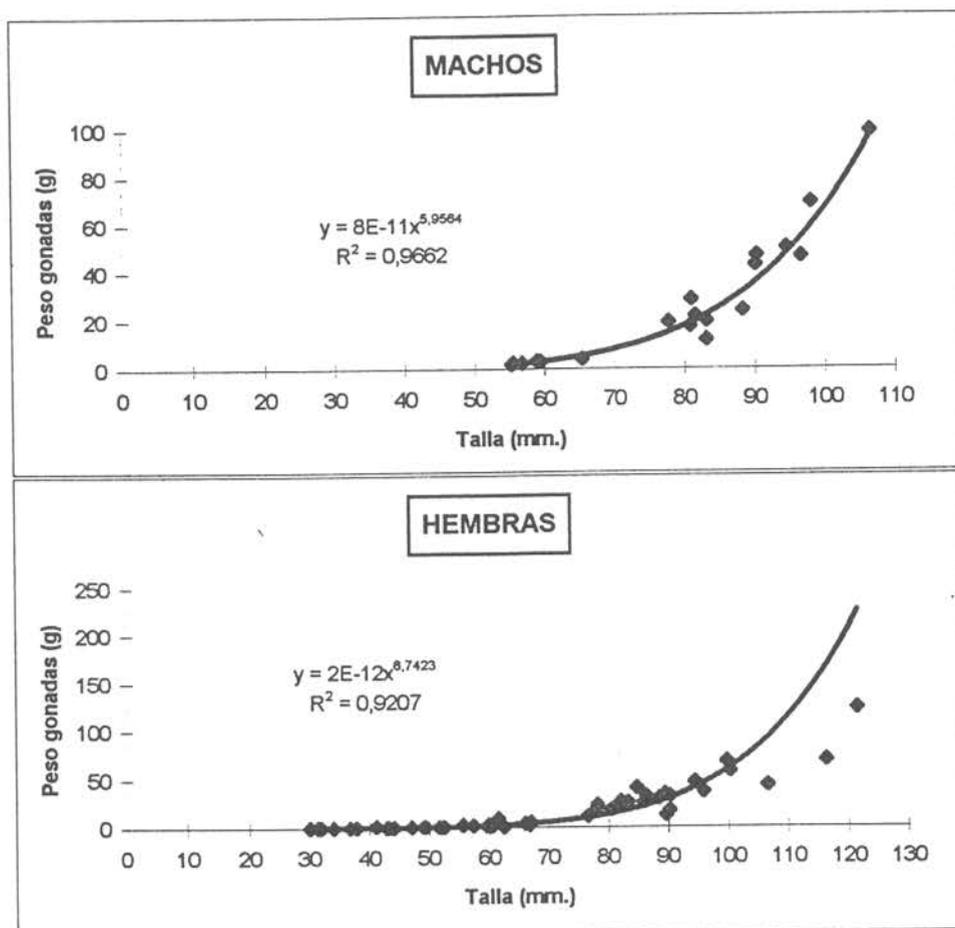


Fig. 28 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.IV Región, agosto.

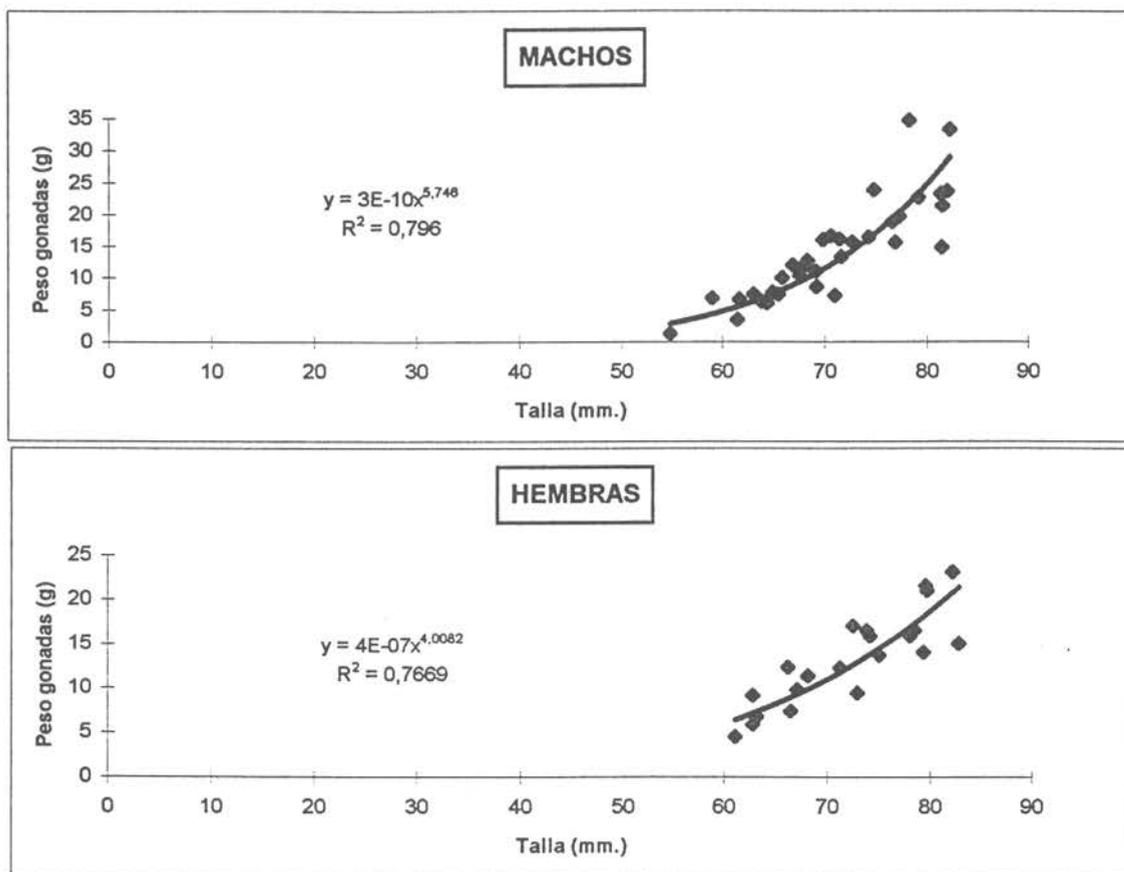


Fig. 32 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VI Región, mayo.

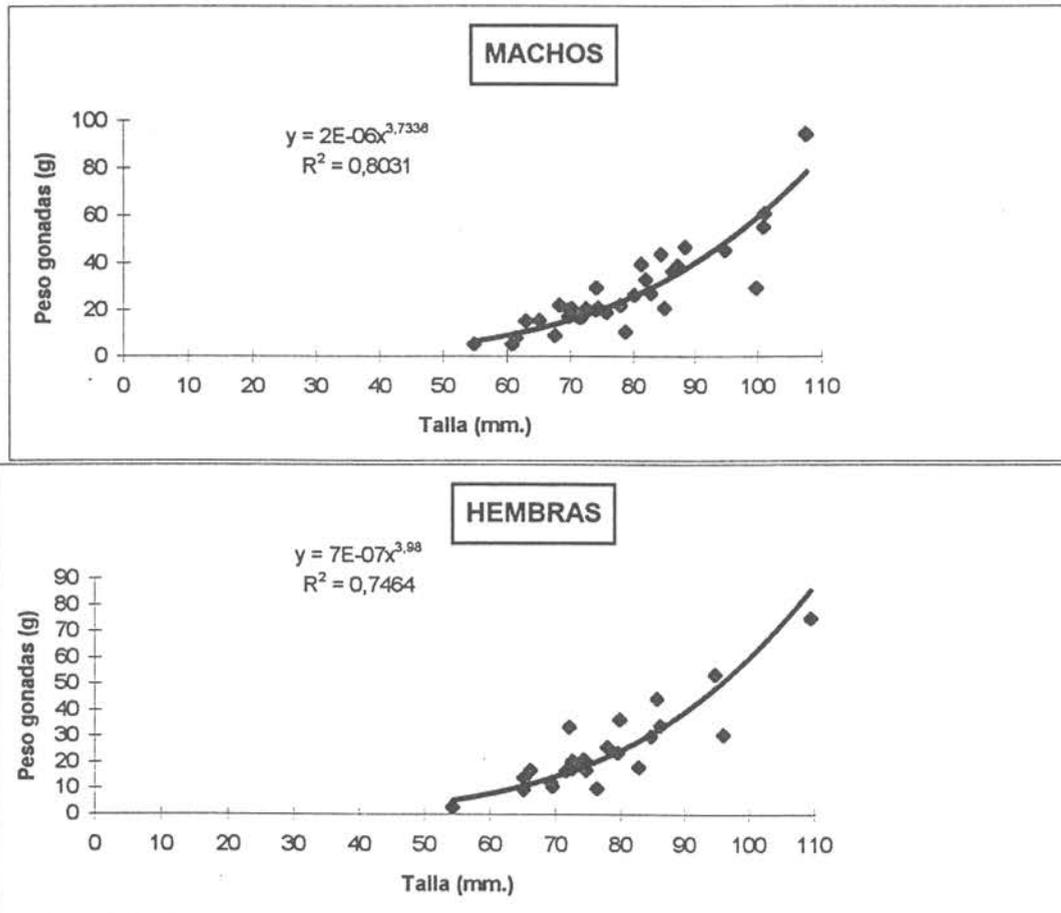


Fig. 33 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VI Región,julio.

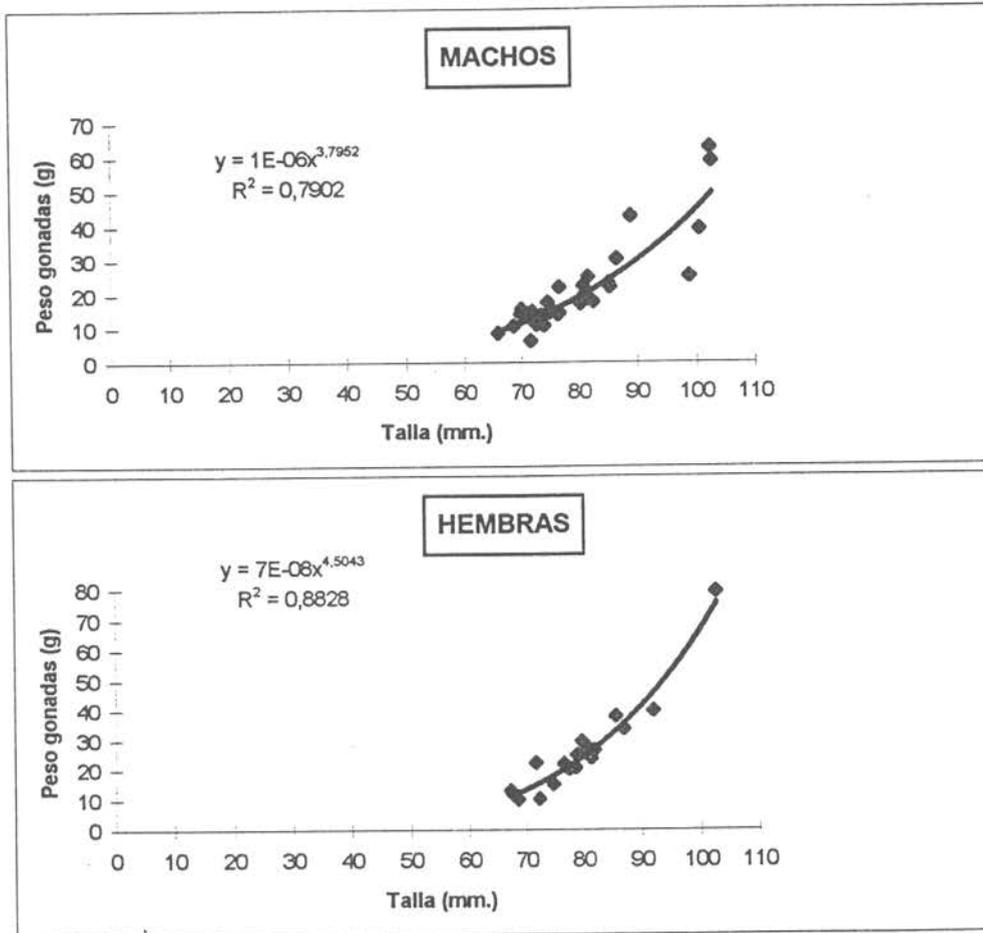


Fig. 34 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VI Región, septiembre.

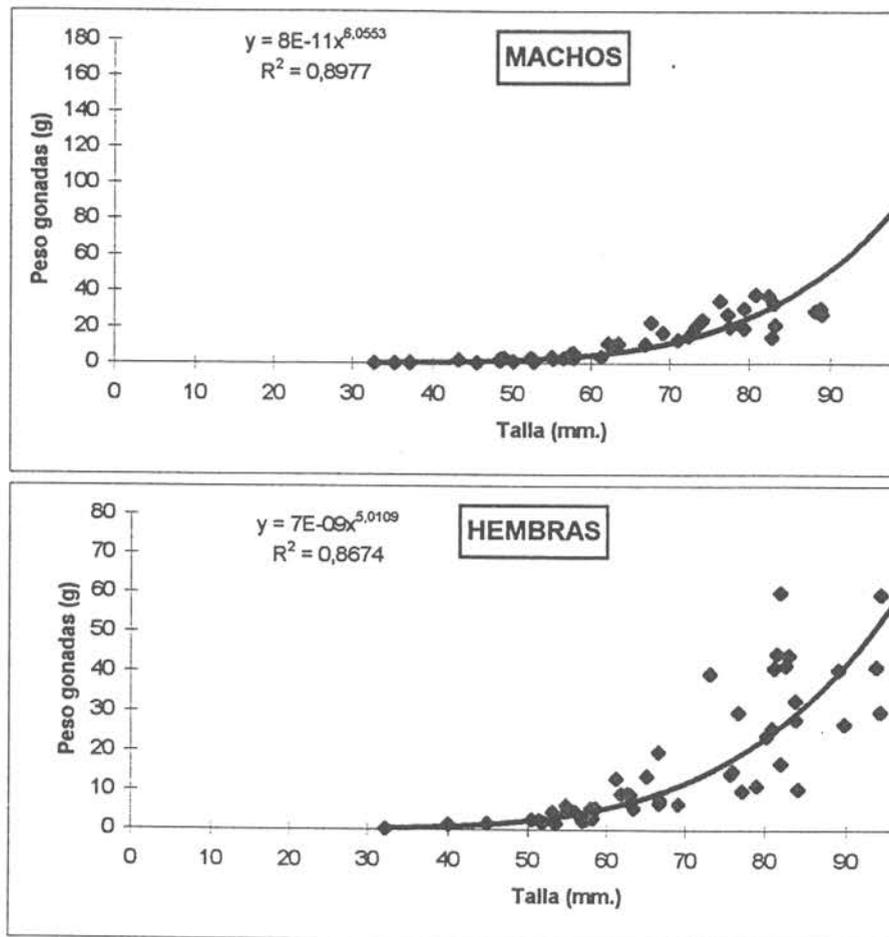


Fig. 35 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región, febrero.

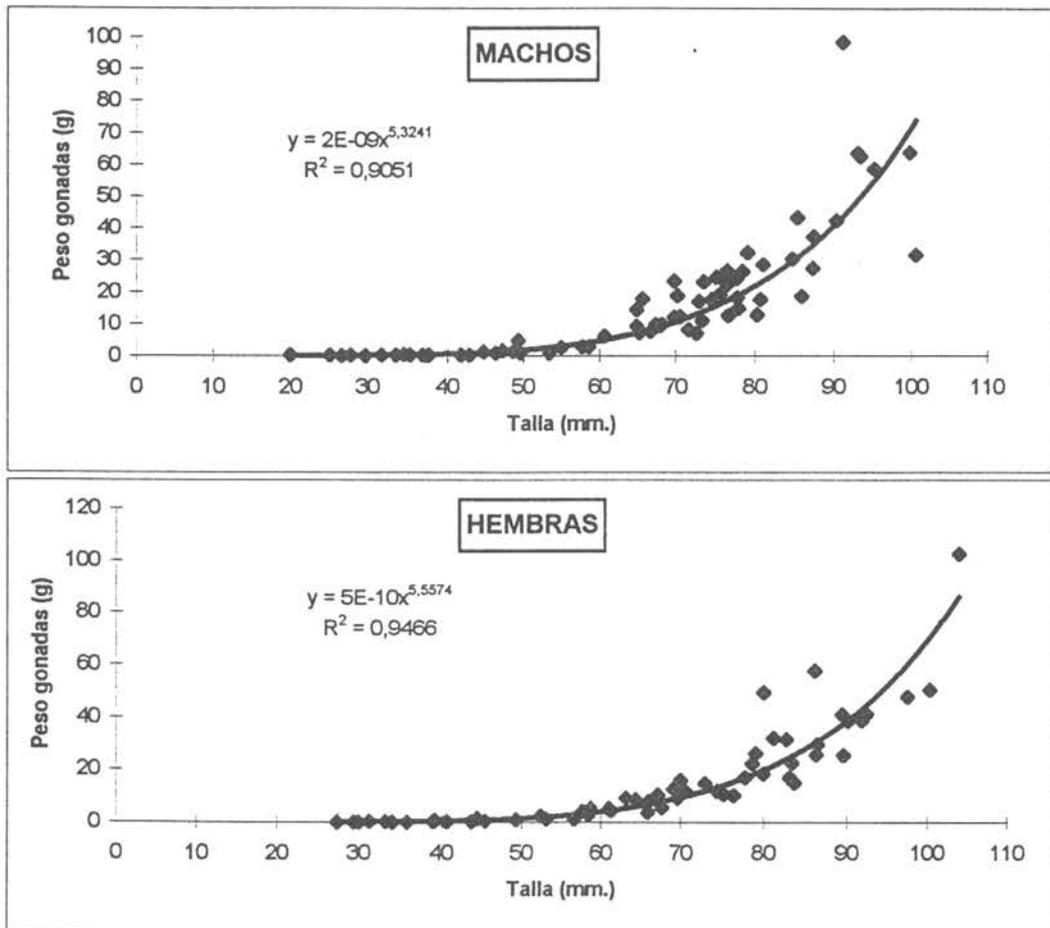


Fig.36 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región, marzo.

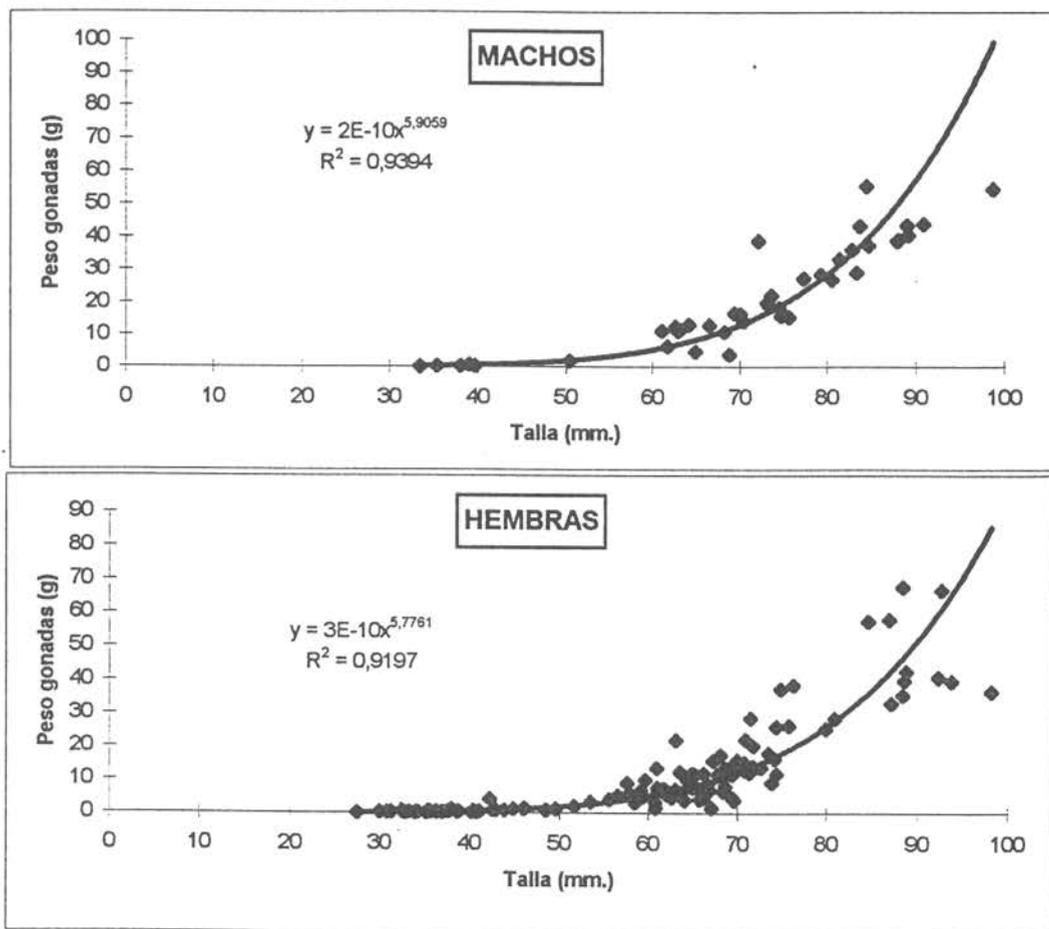


Fig. 37 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII.Región, abril.

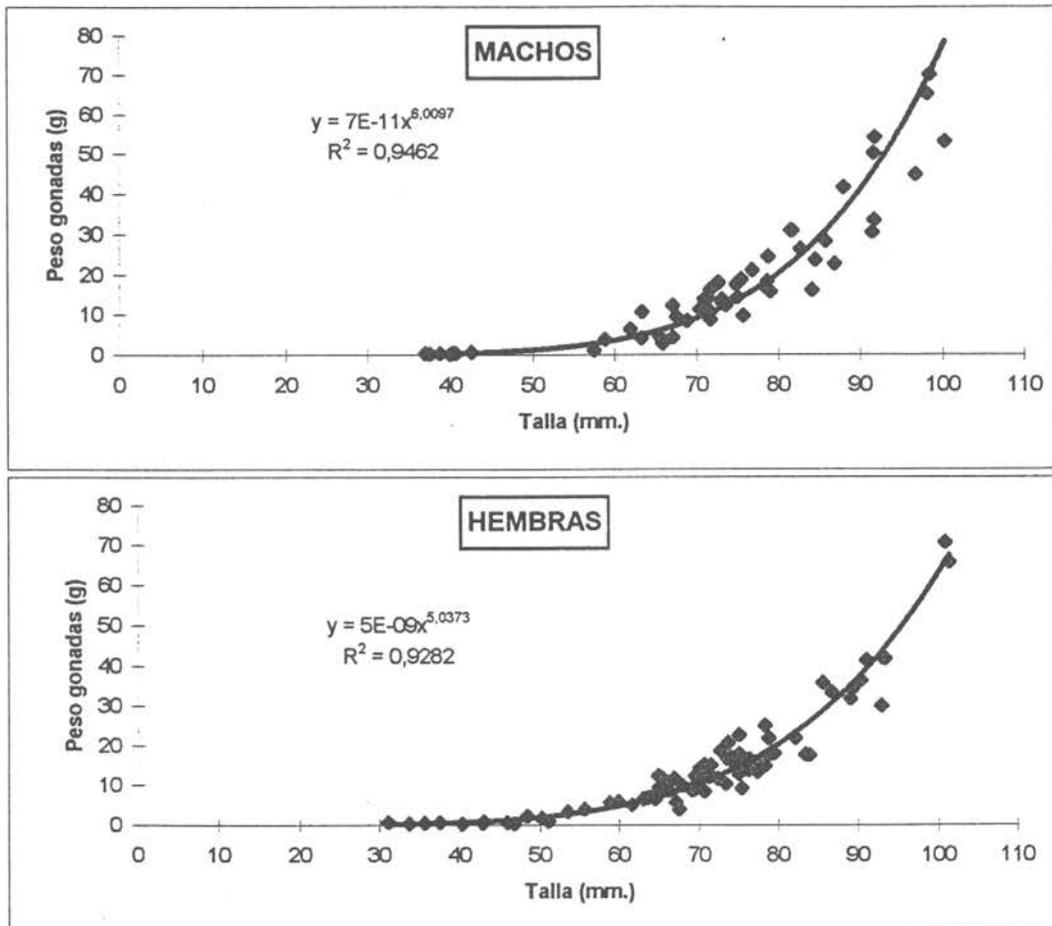


Fig.38 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región, mayo.

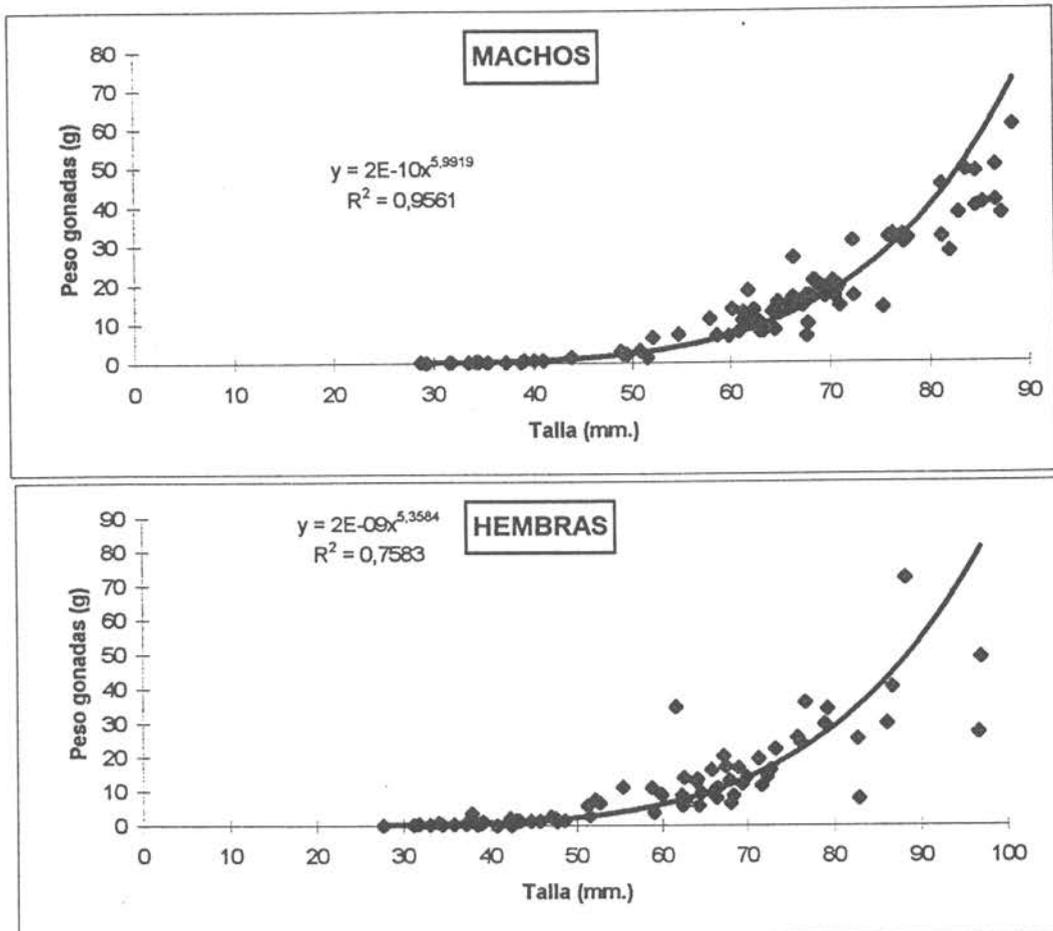


Fig. 39 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región, julio.

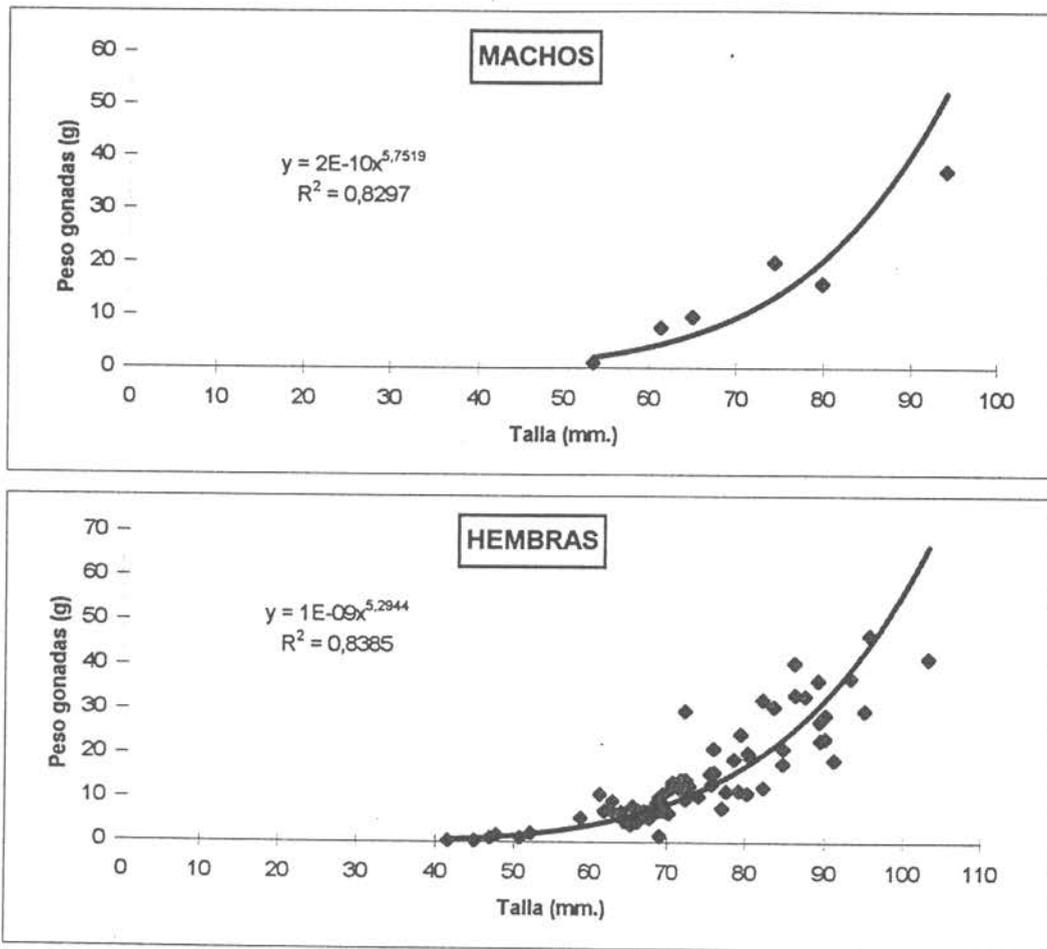


Fig. 40. Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región. agosto.

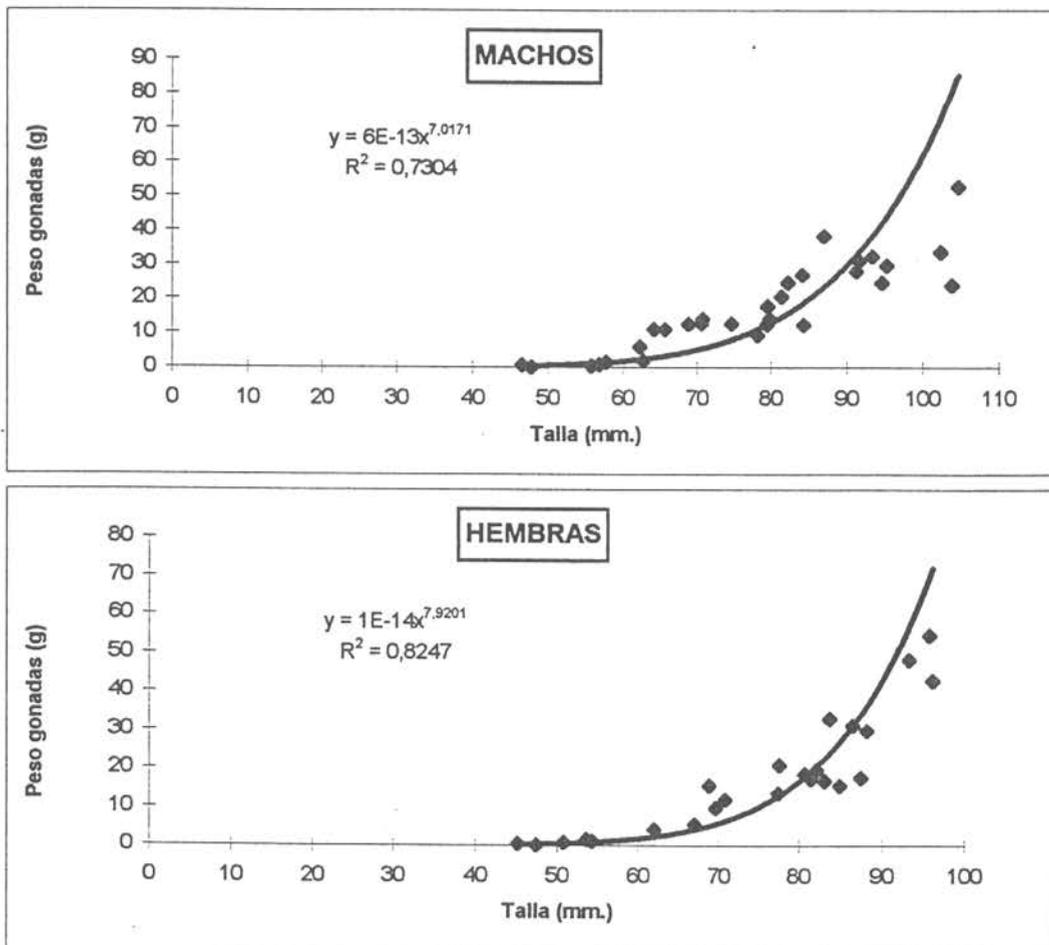


Fig. 41 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región. septiembre.

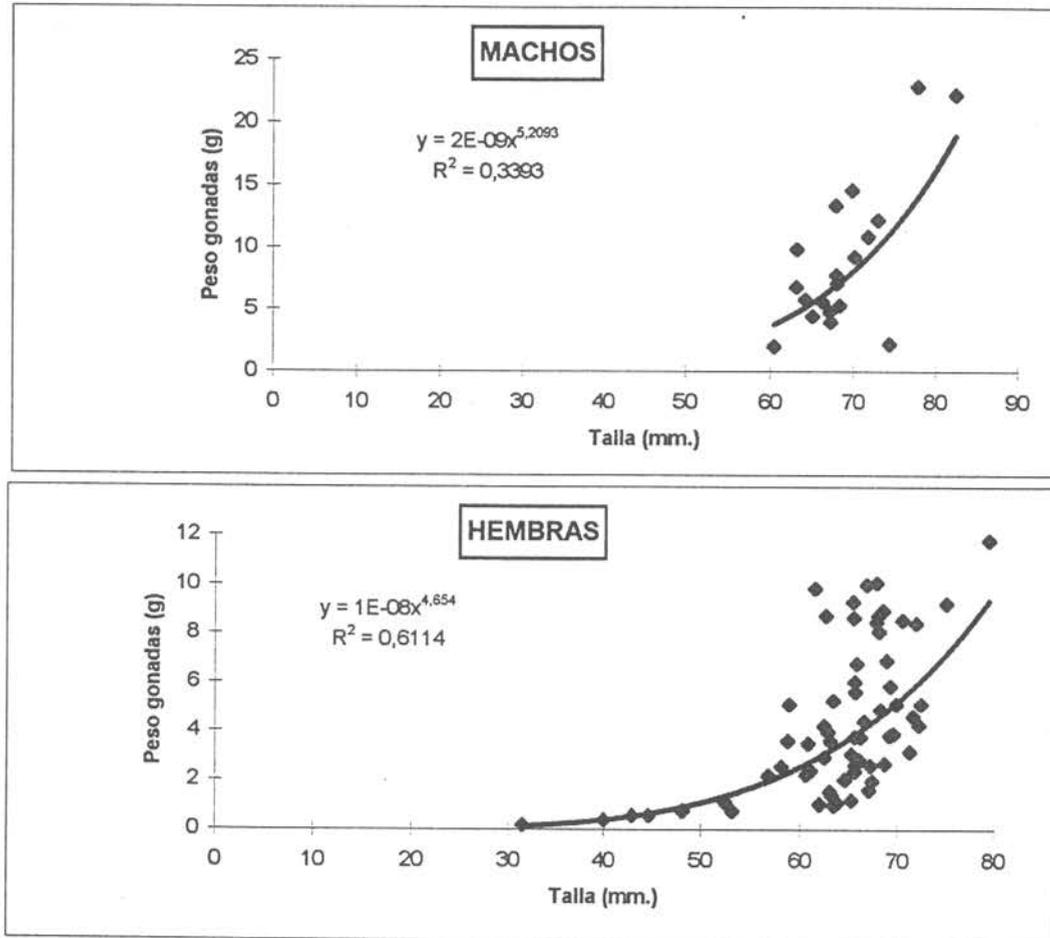


Fig. 42 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región. octubre.

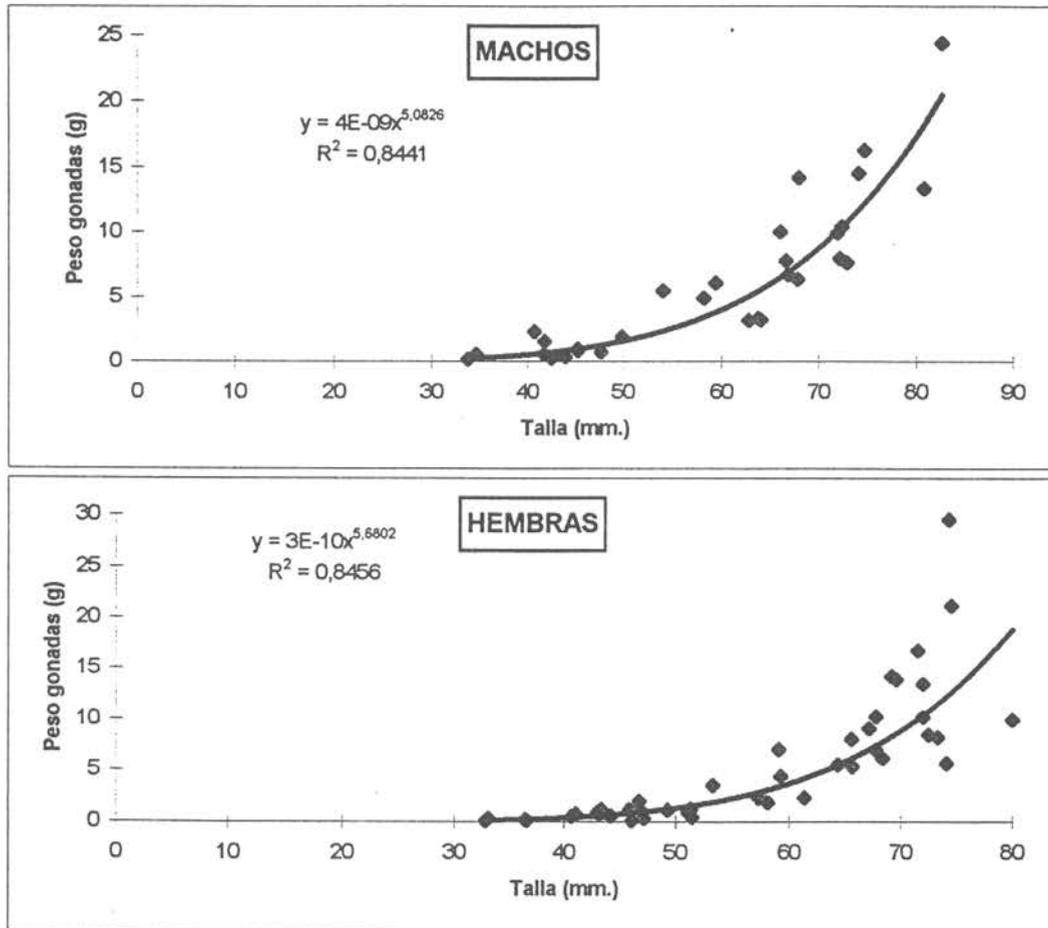


Fig. 43. Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VII Región, noviembre.

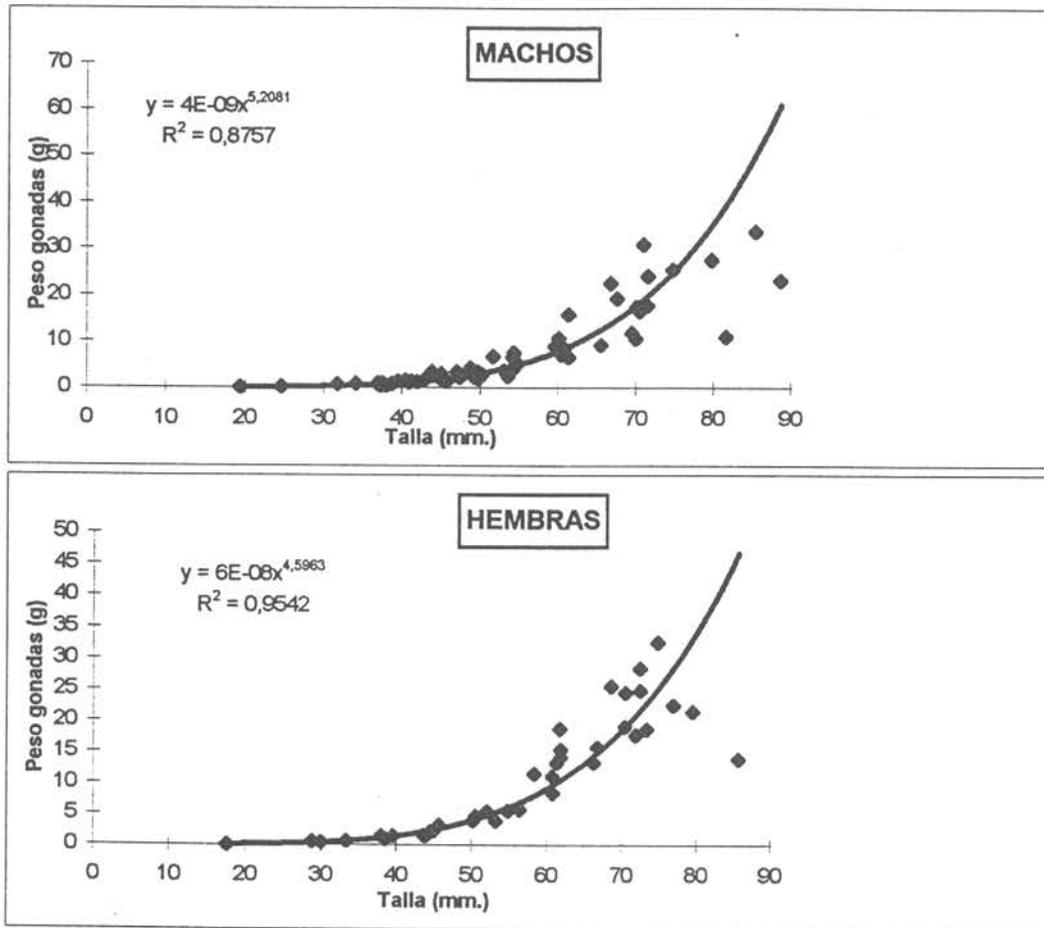


Fig. 44 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región, febrero.

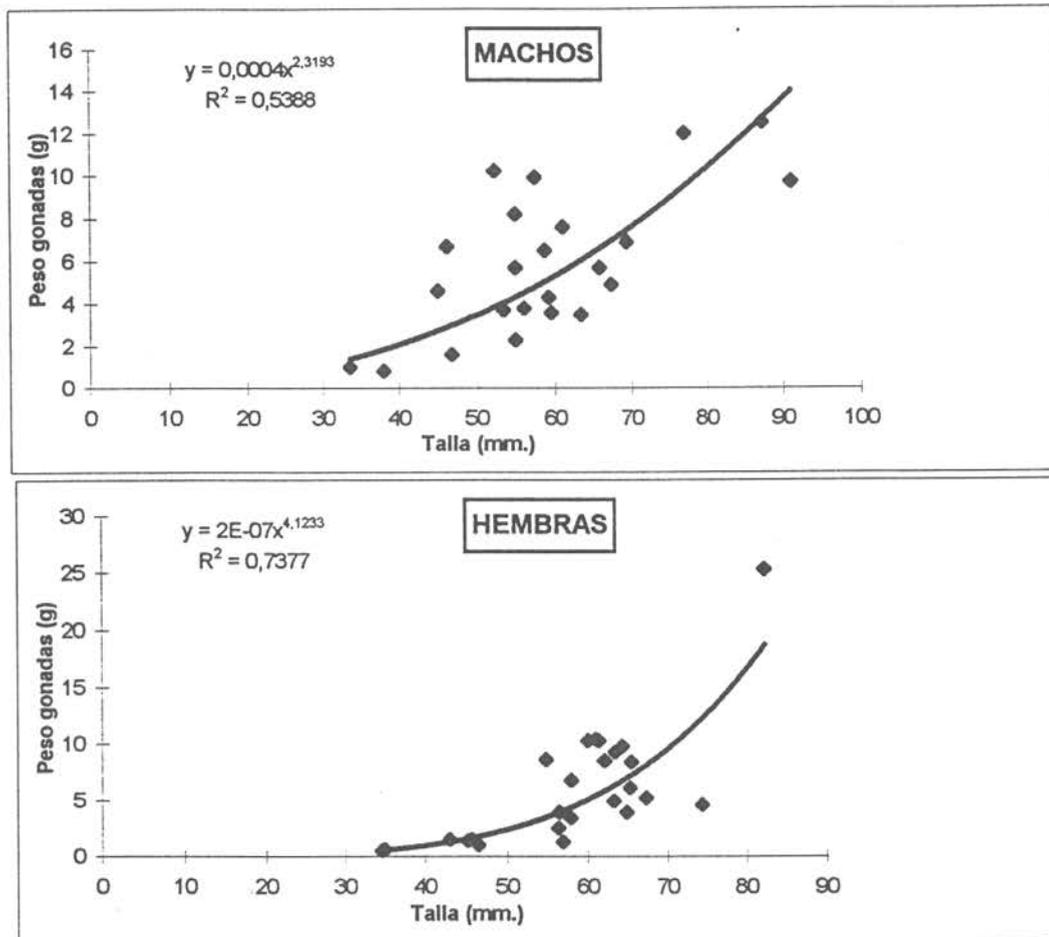


Fig. 45 Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región, abril.

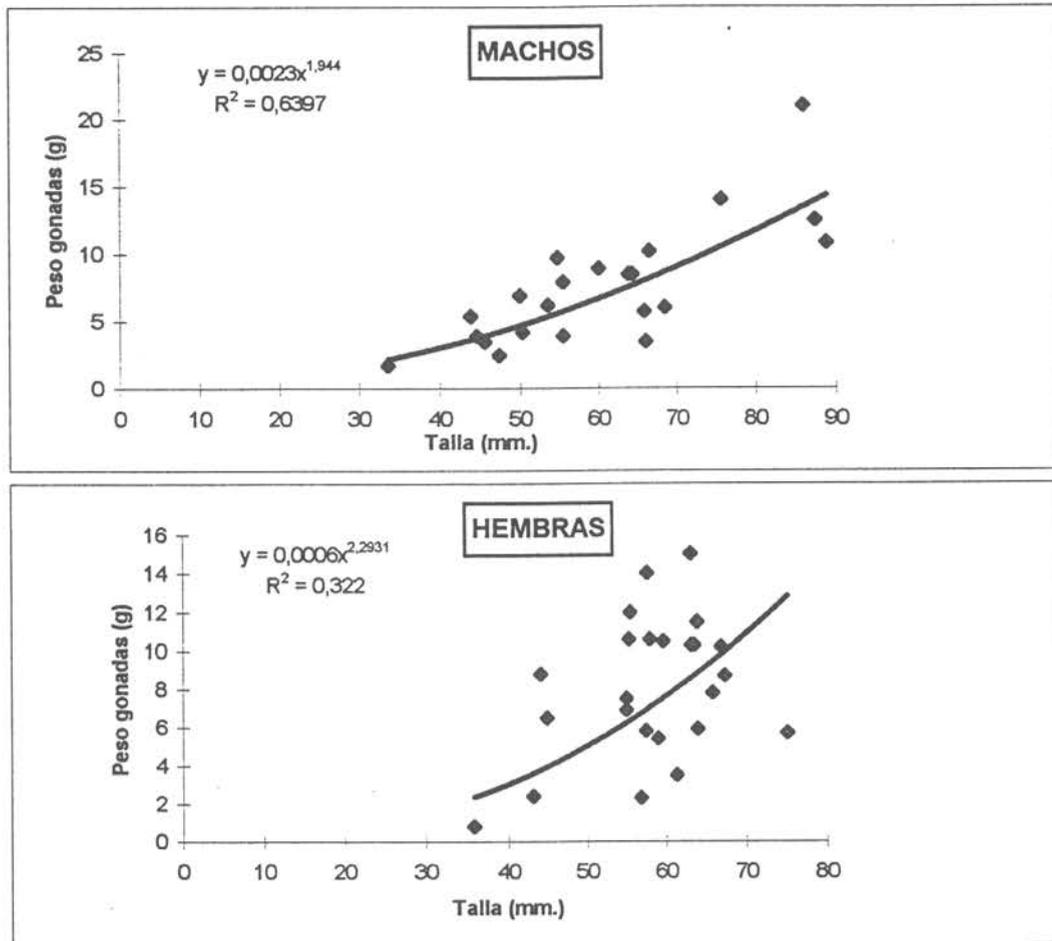


Fig.46 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región, mayo.

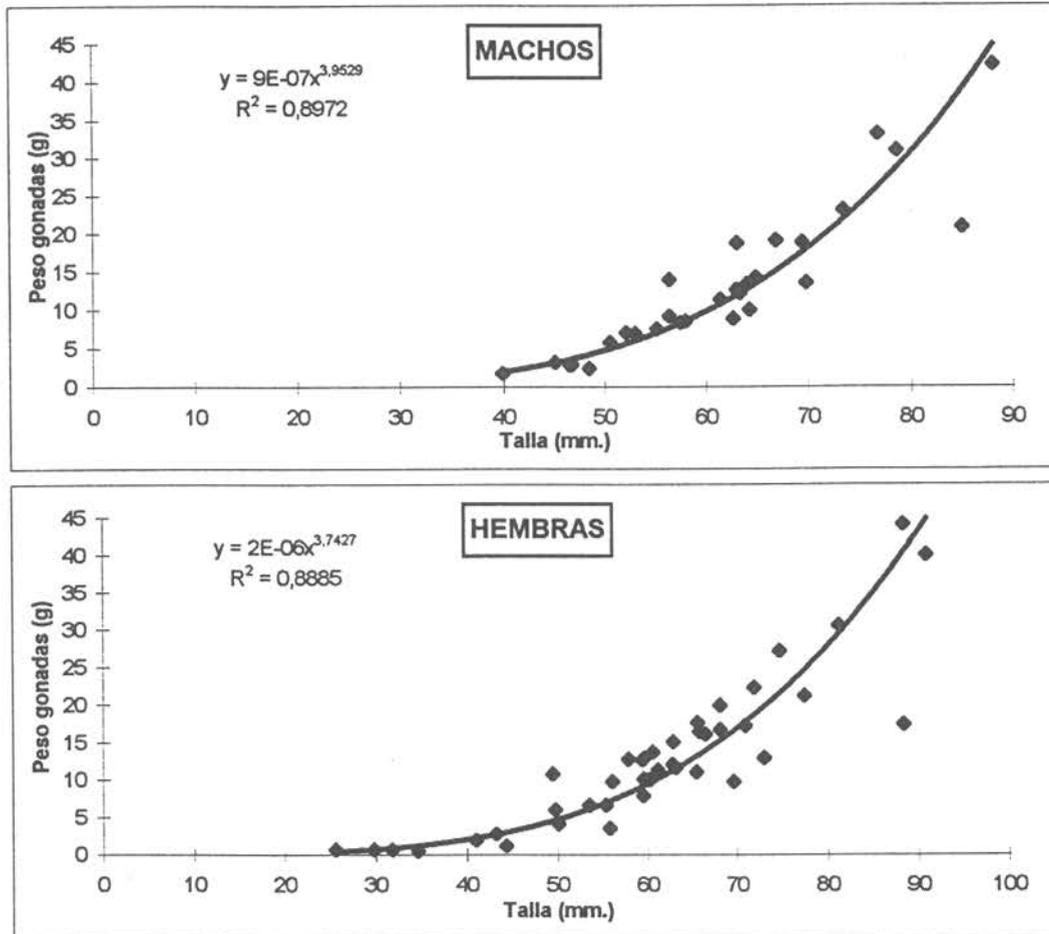


Fig. 47 . Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región. julio.

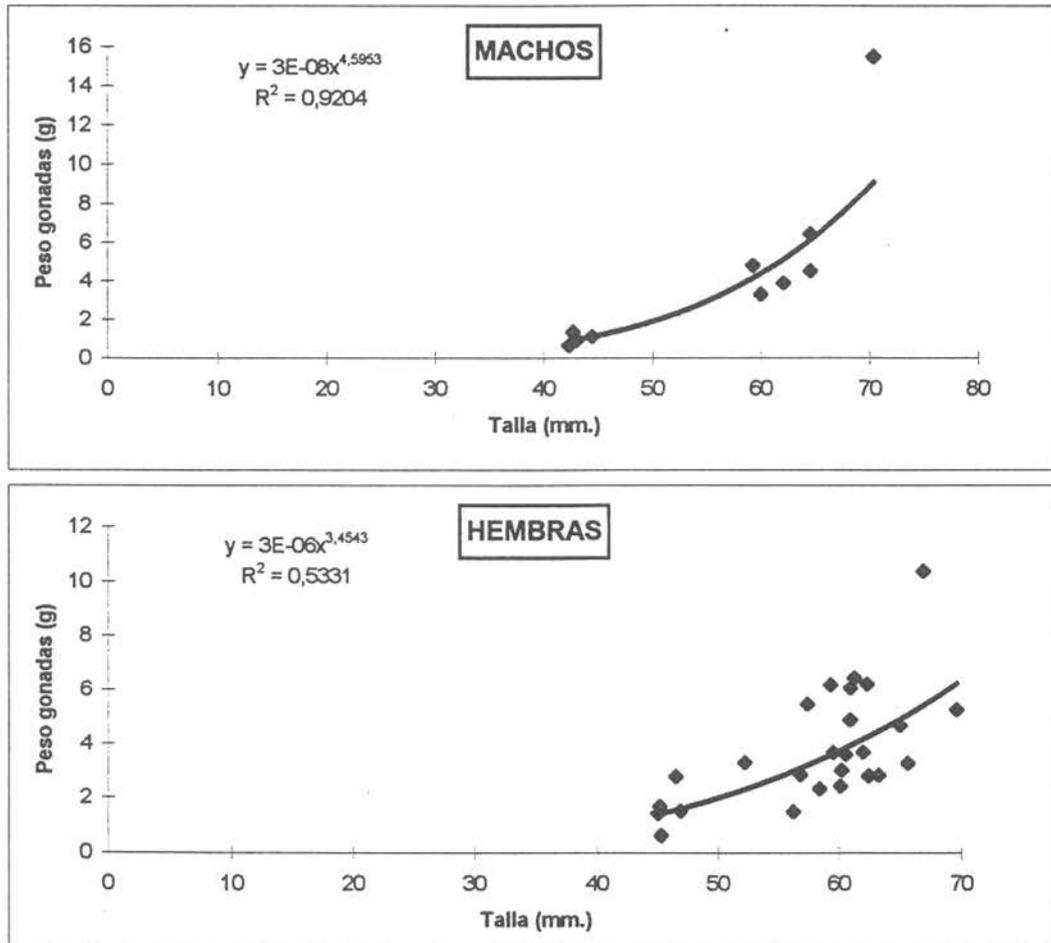


Fig. 48. Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región, diciembre.

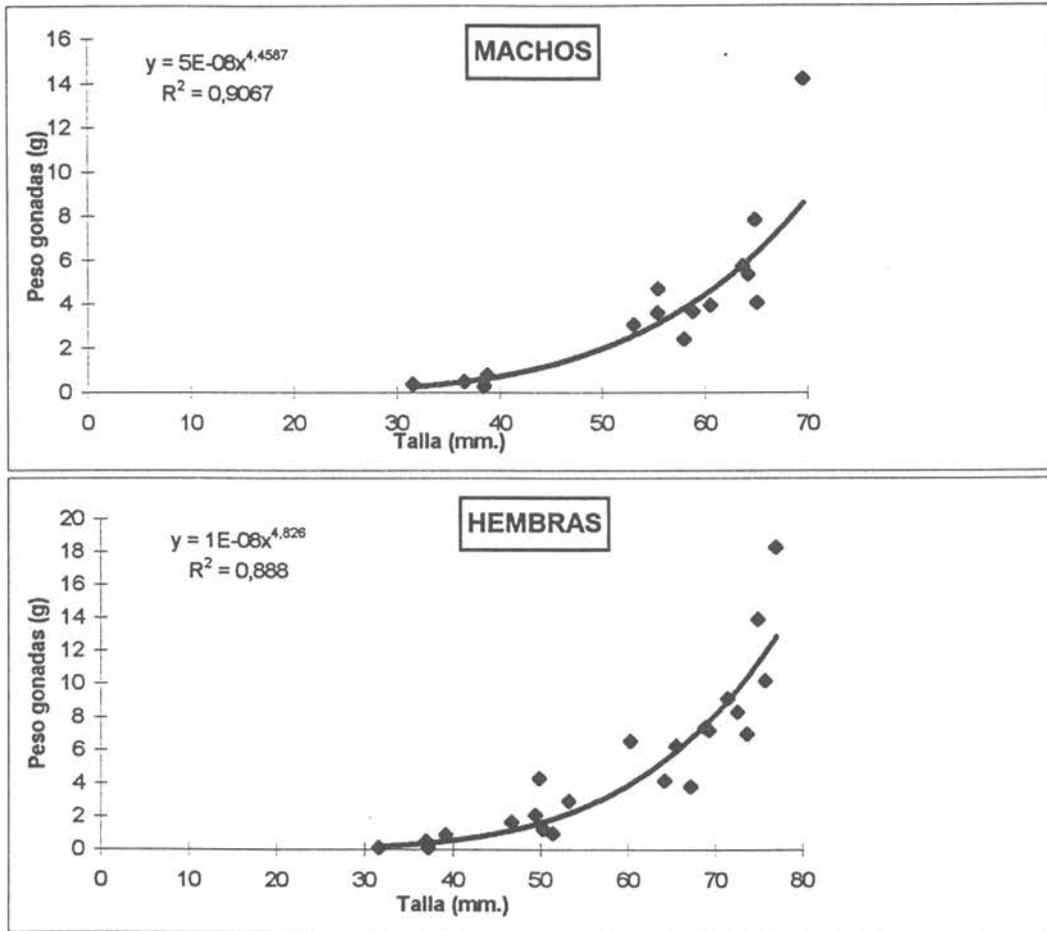


Fig. 4 9. Relación Talla- Peso gónadas de erizos machos y hembras.VIII Región, enero '98.

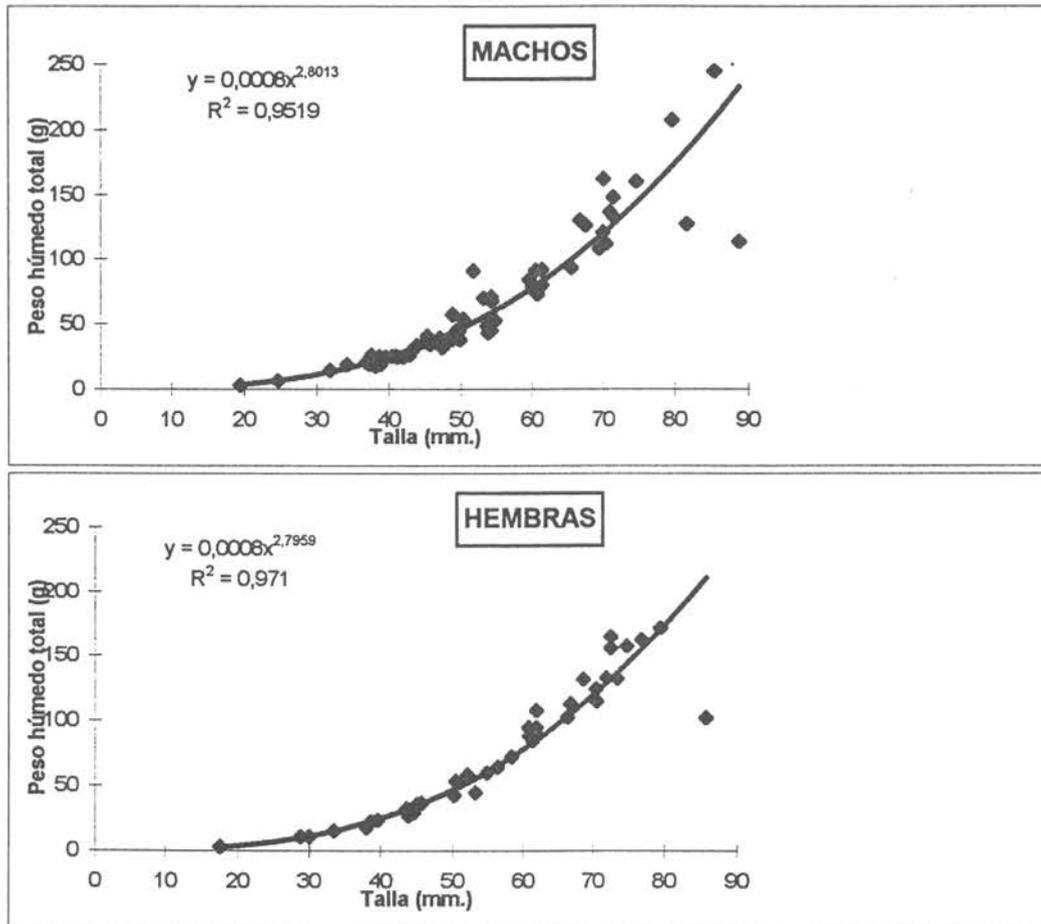


Fig. 50 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, febrero.

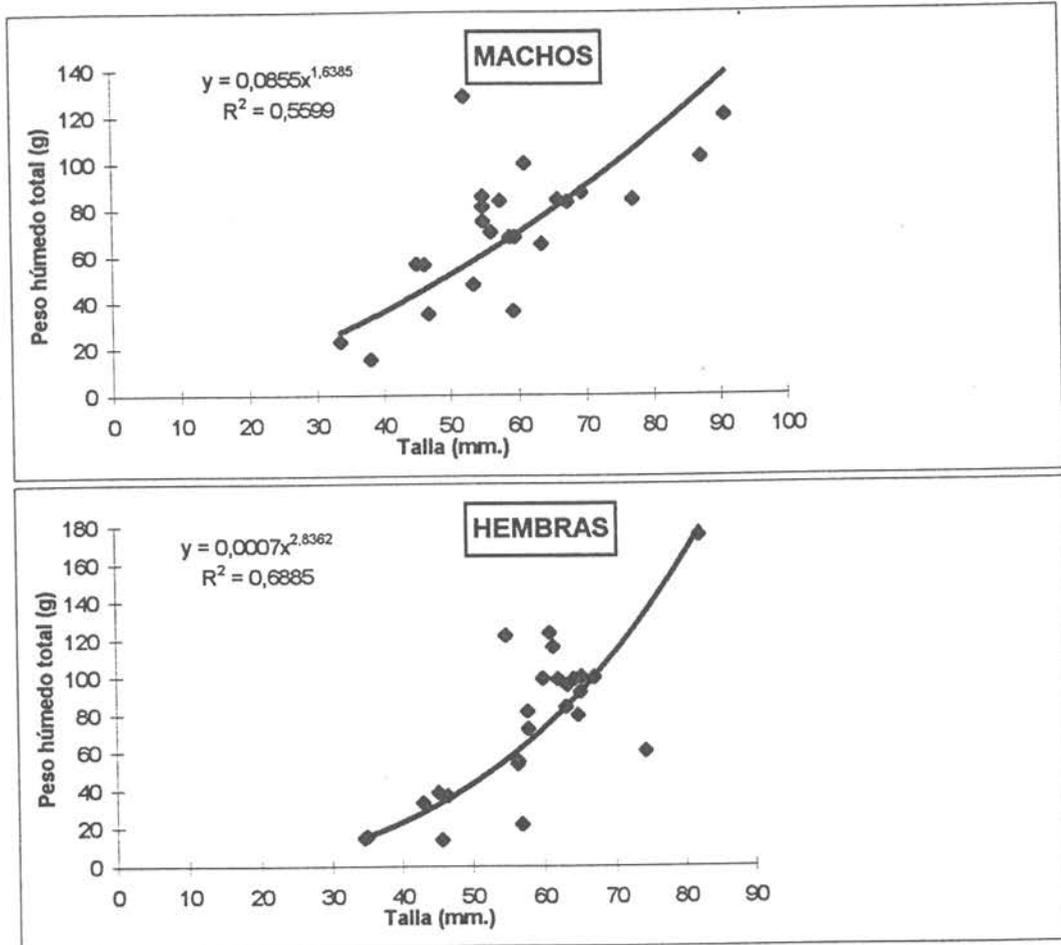


Fig. 51 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, abril.

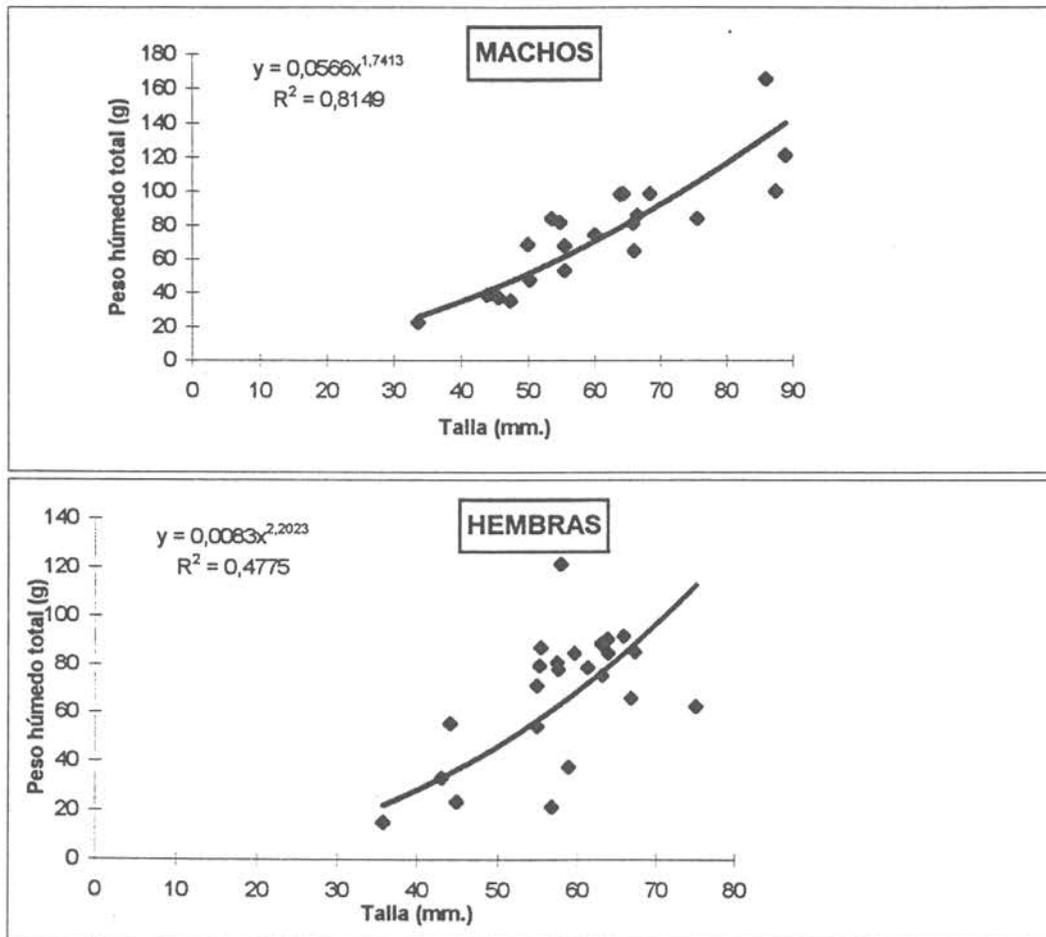


Fig. 52 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, mayo.

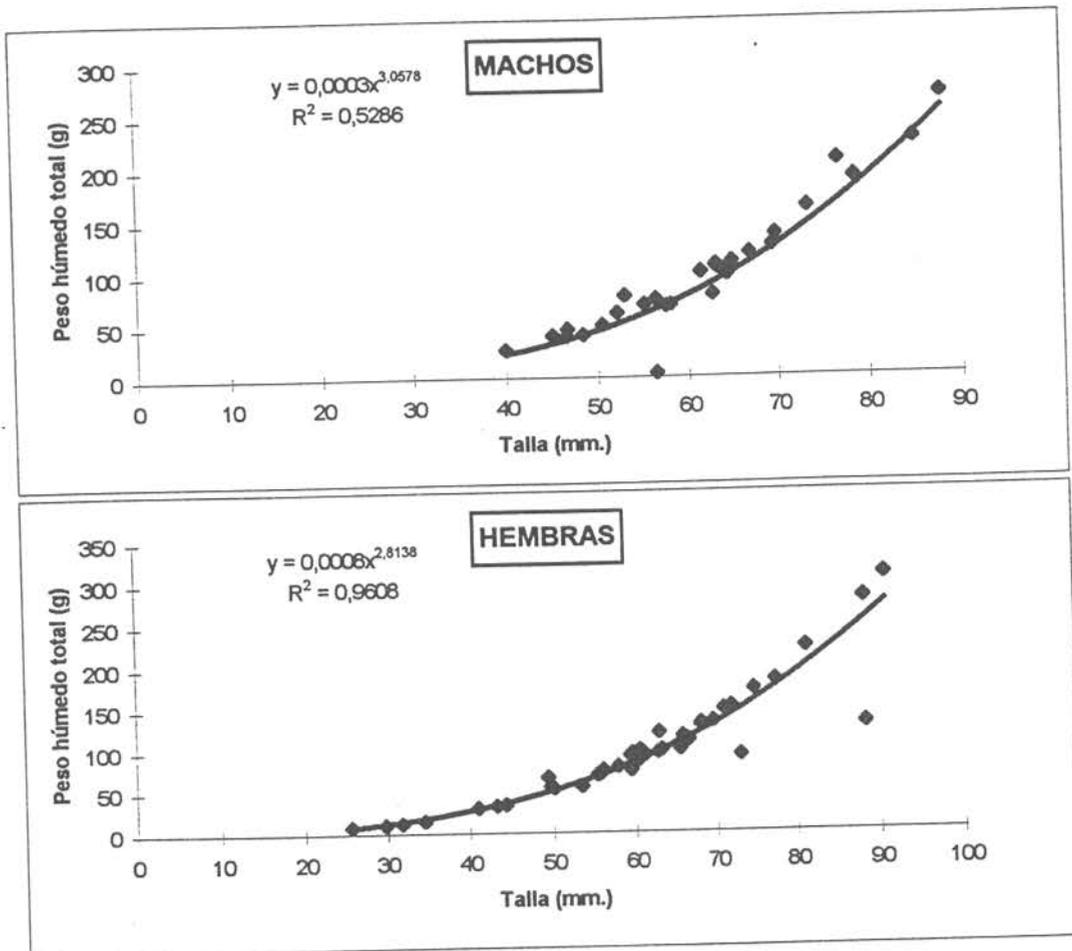


Fig.53 Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, julio.

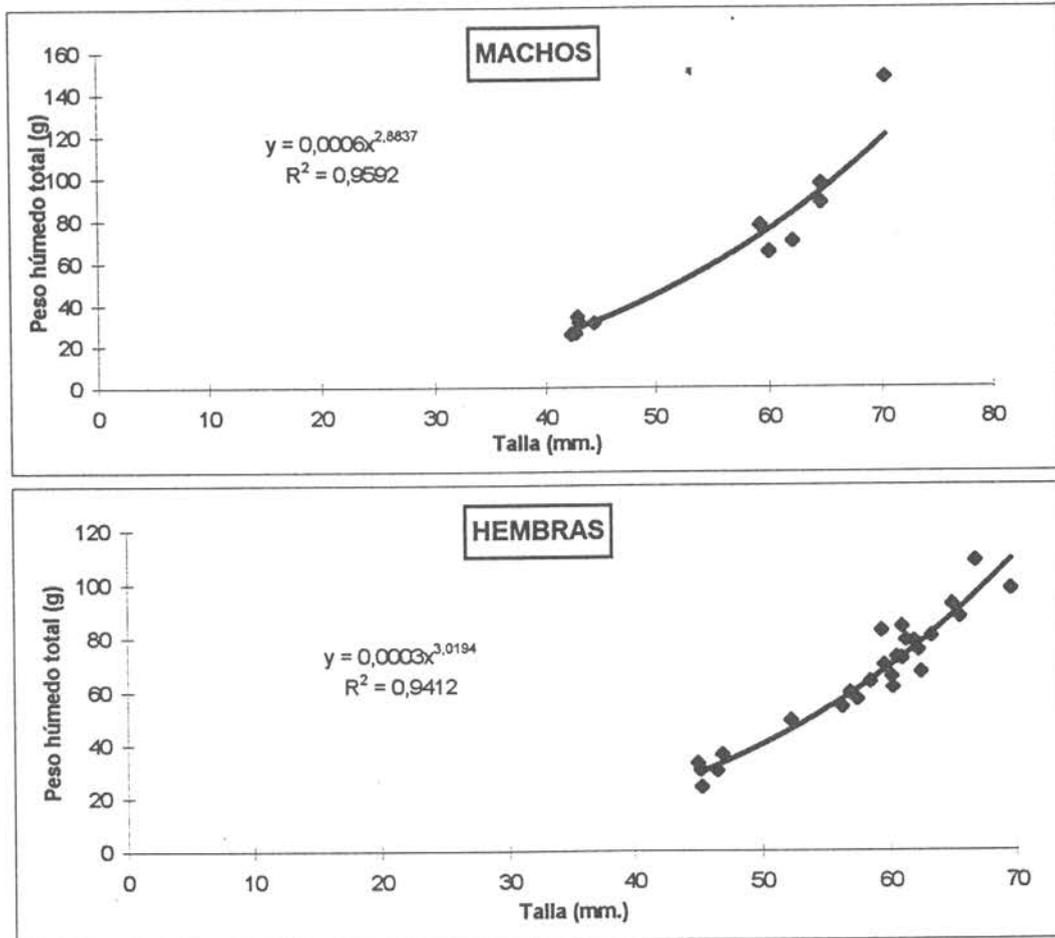


Fig. 54 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, diciembre.

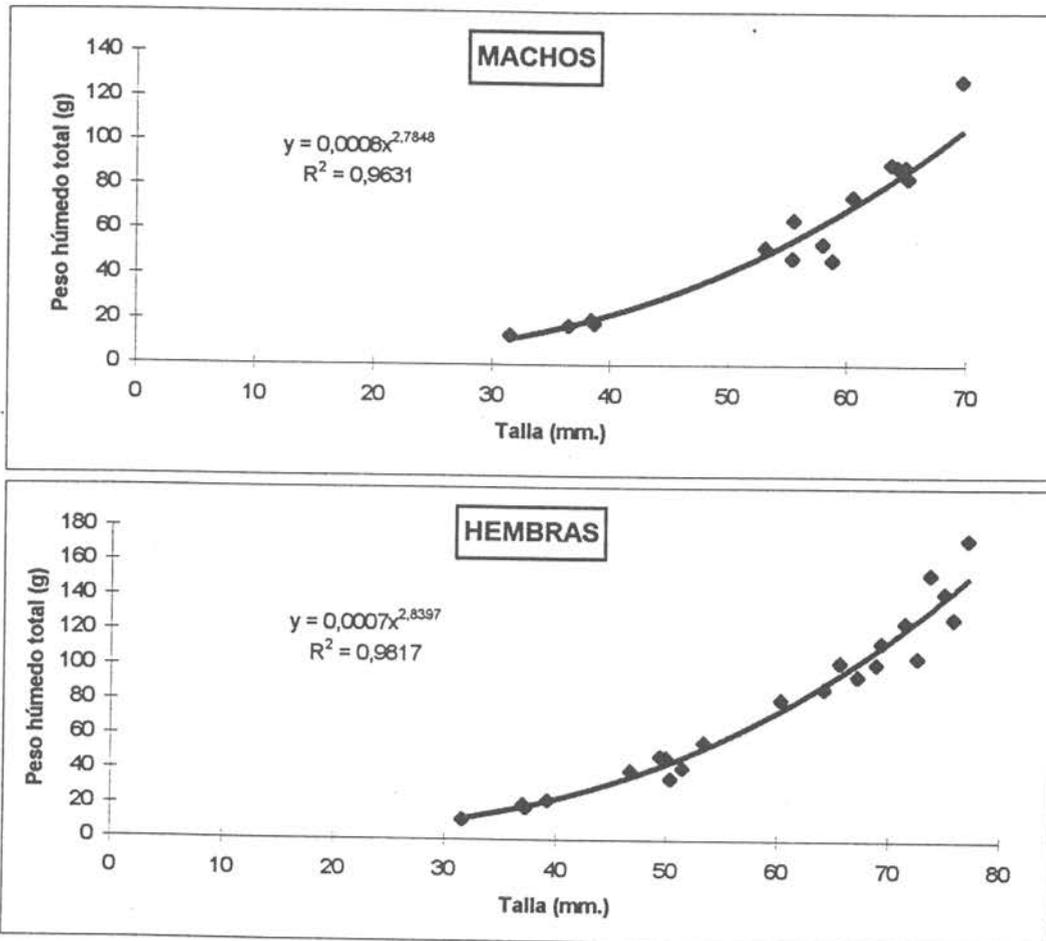


Fig. 5 5 . Relación Talla- Peso Total de erizos machos y hembras.VIII Región, enero '98.

ANEXO IV

CICLO REPRODUCTIVO

ESTADOS DE MADUREZ GONADAL
ÍNDICE DE MADUREZ GONADAL

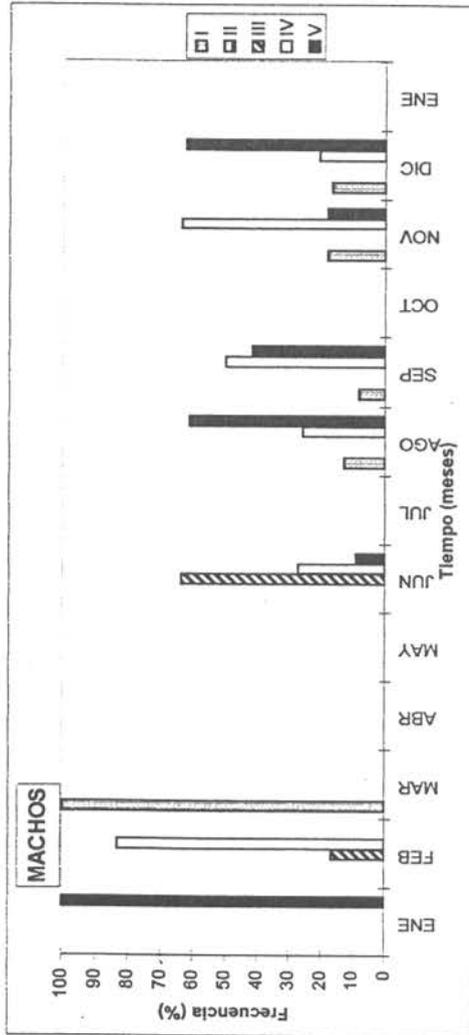


Fig. 1 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la I Región

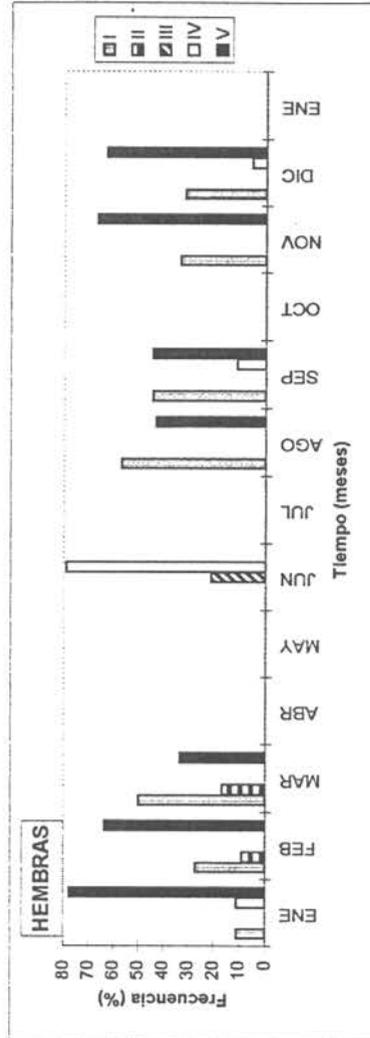


Fig. 2 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la I Región

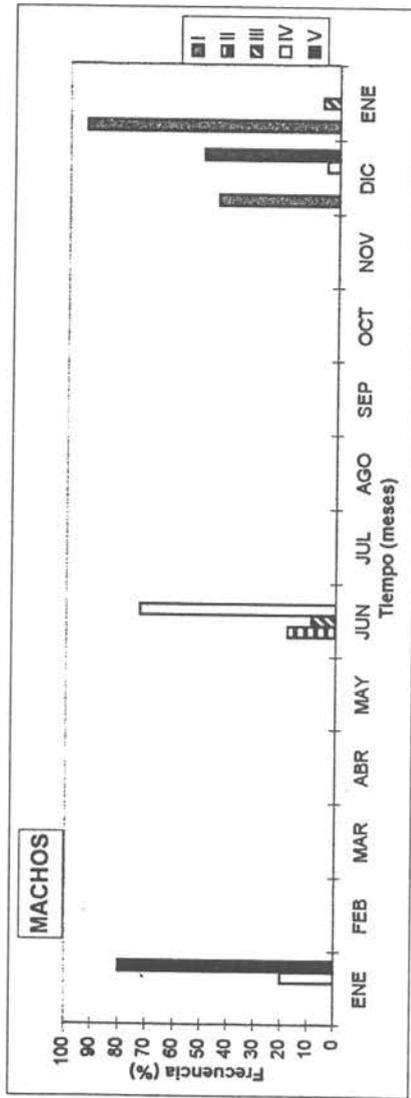


Fig. 3 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la I Región

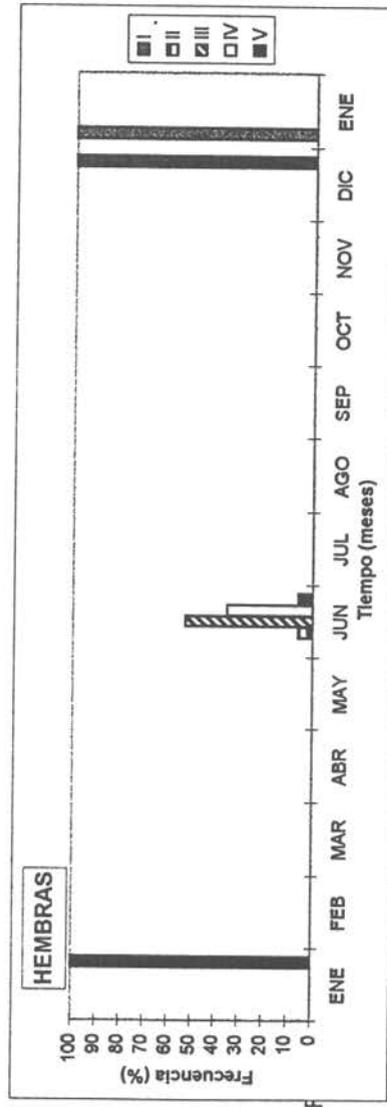


Fig. 4 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la II Región

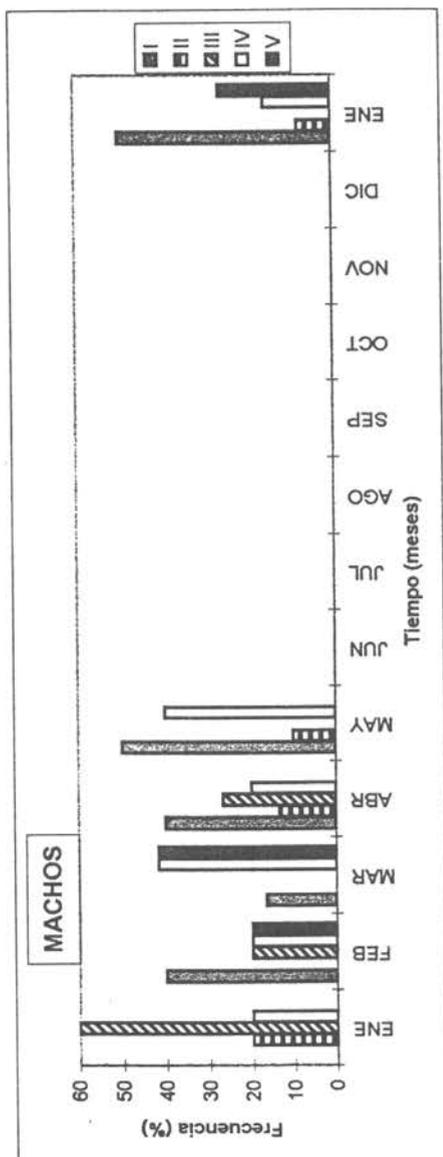


Fig. 5 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la I II Región

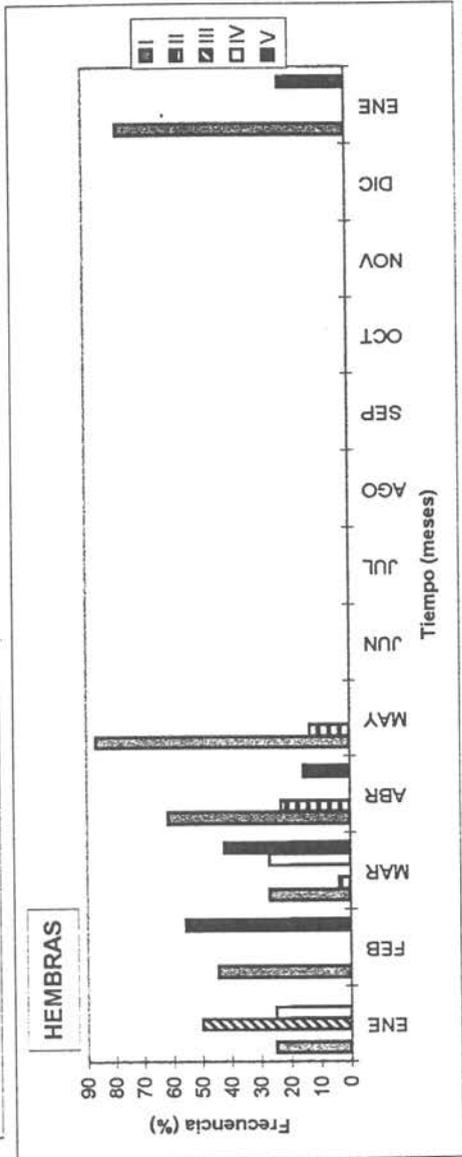


Fig.6 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la III Región

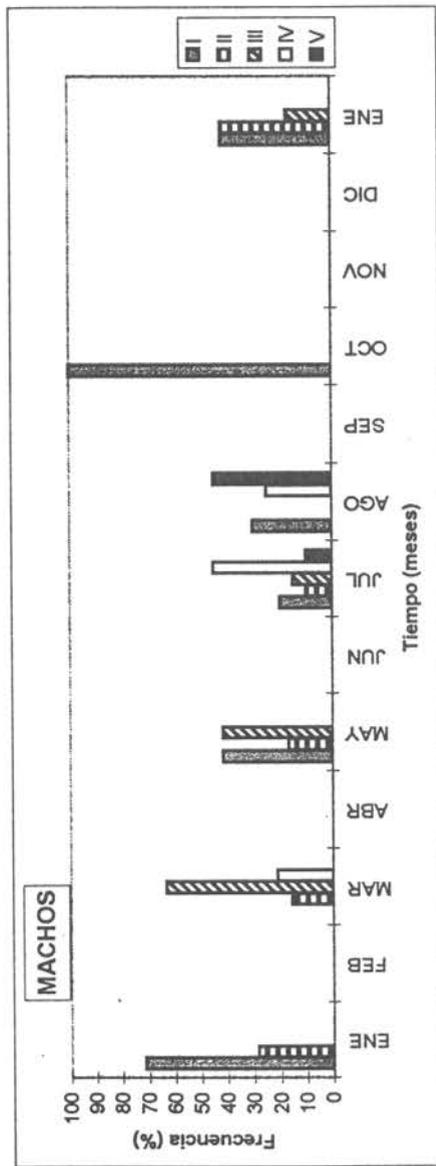


Fig.7 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la IV Región

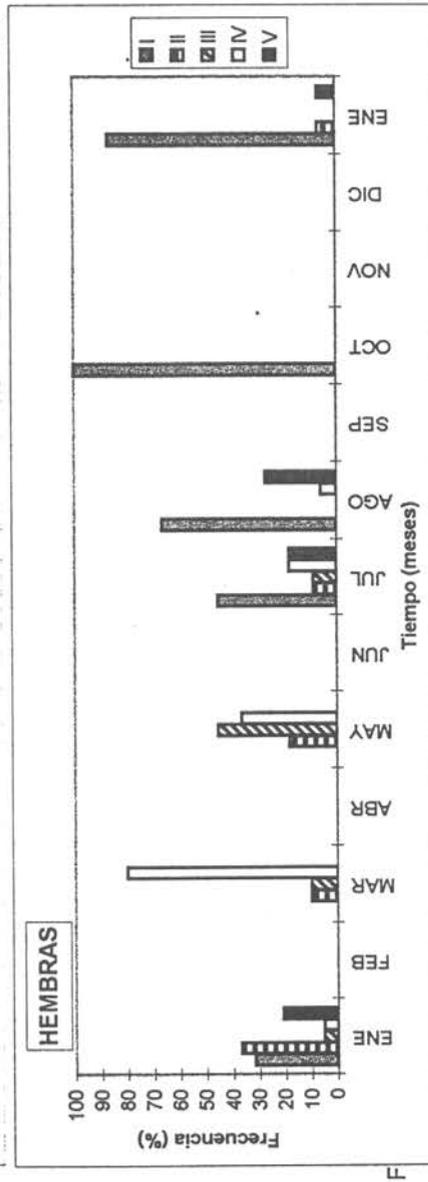


Fig. 8 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la IV Región

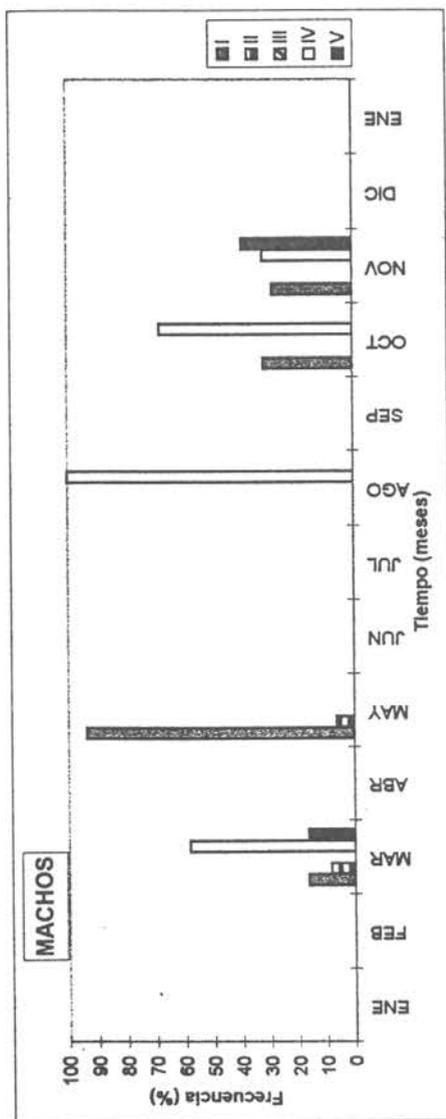


Fig.9 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la V Región

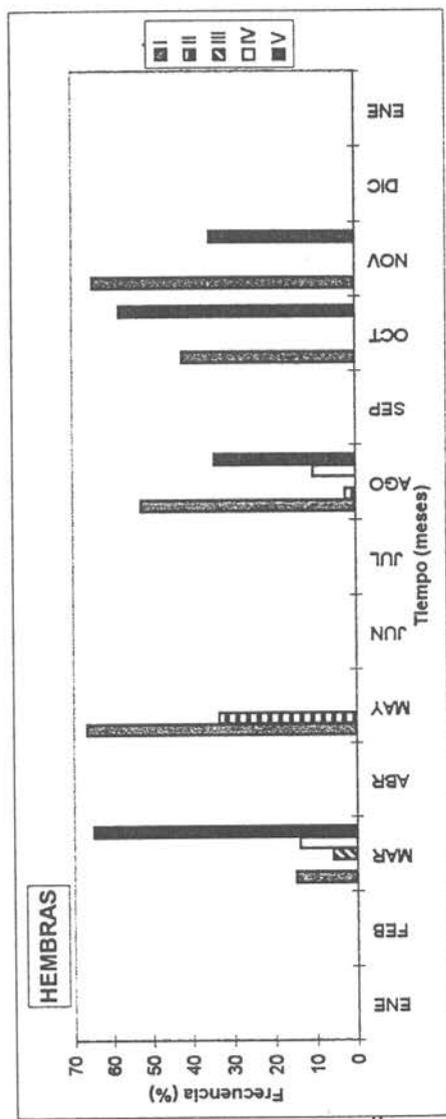


Fig. 10 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la V Región

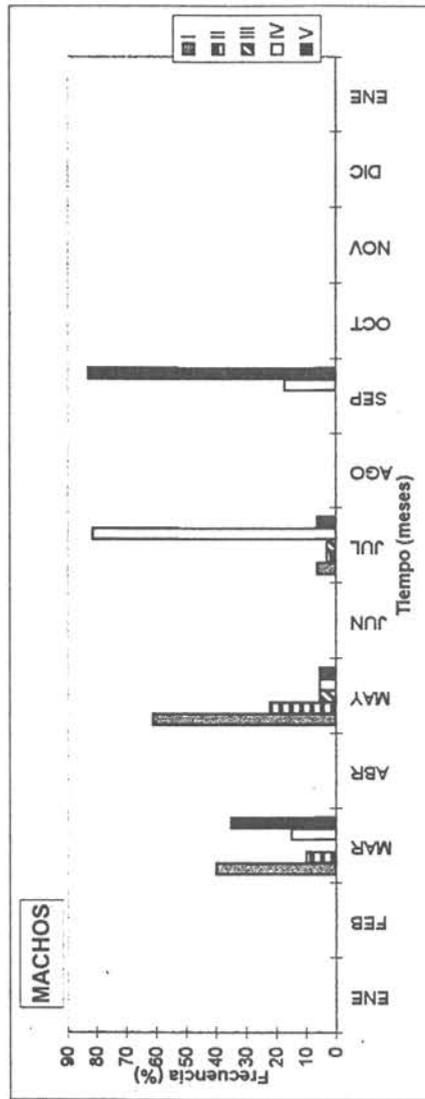


Fig. 11 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la VI Región

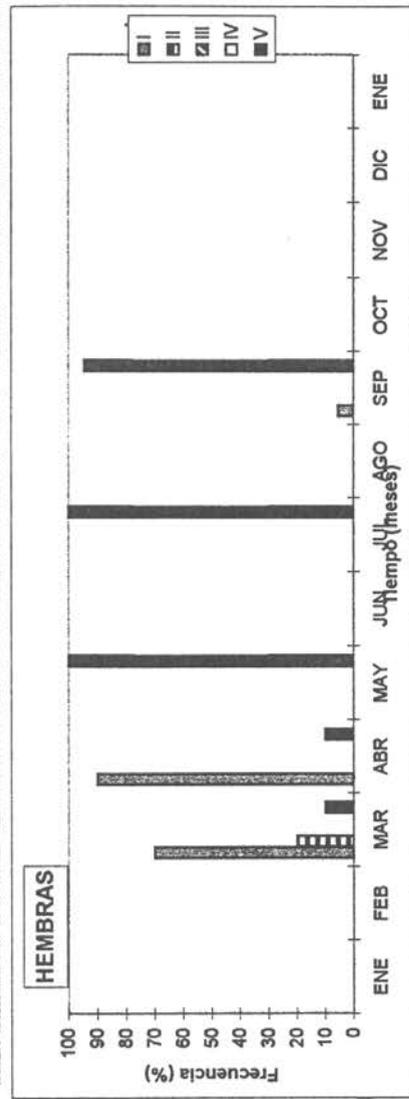


Fig. 12 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la VI Región

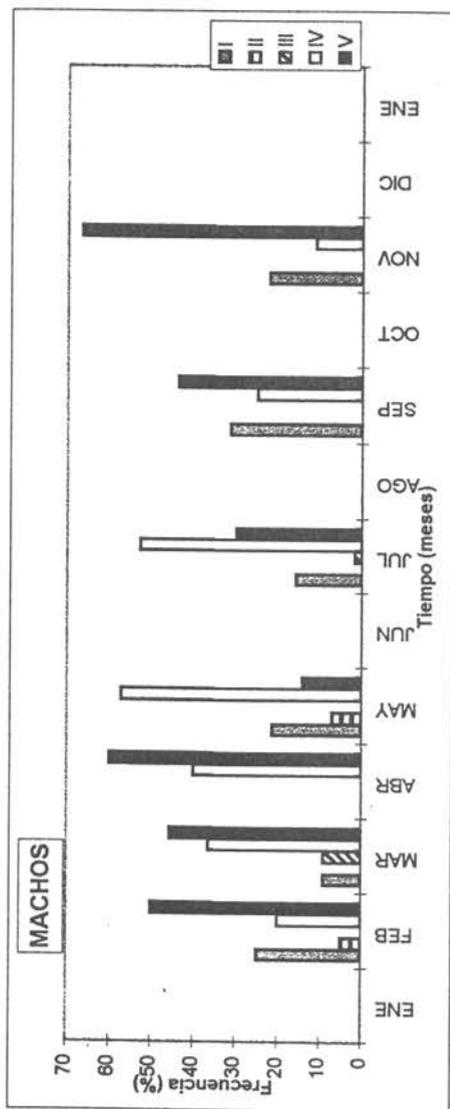


Fig. 13 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la VI Región

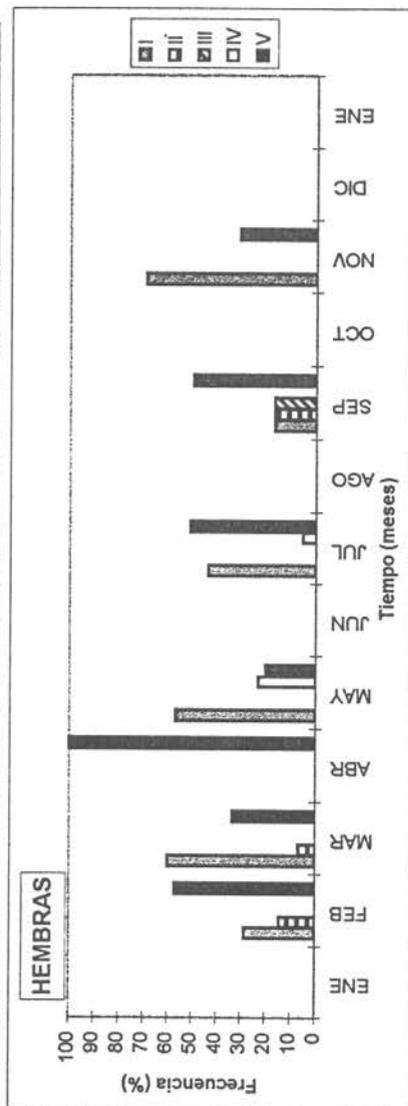


Fig. 14 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la V II Región

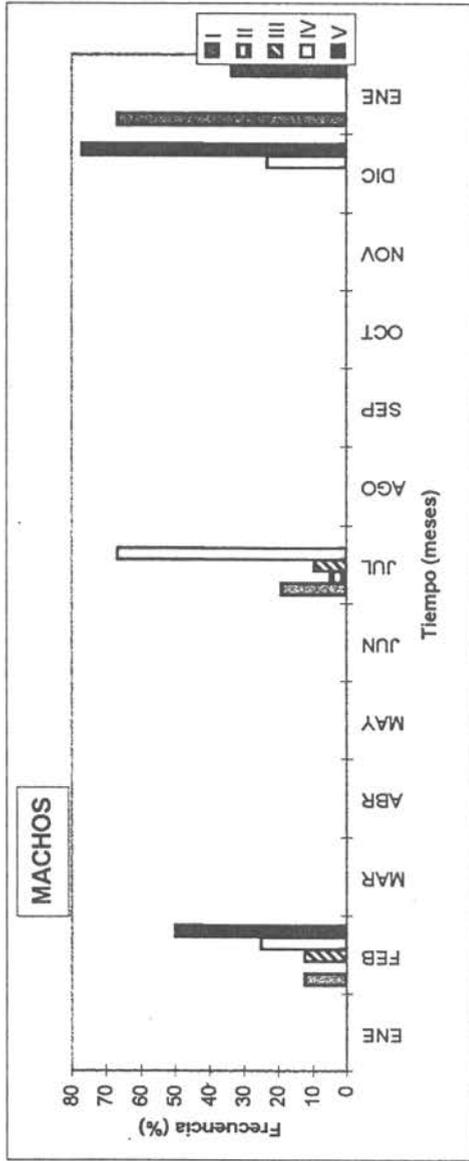


Fig. 15 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos machos en el tiempo en la VI I Región

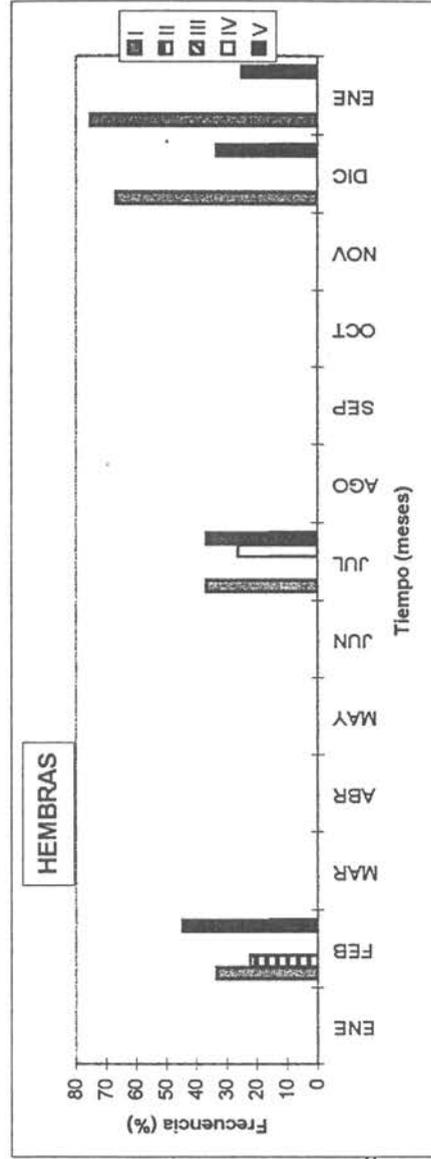


Fig. 16 Variación del estado de madurez gonadal (I al V) en erizos hembras en el tiempo en la V III Región

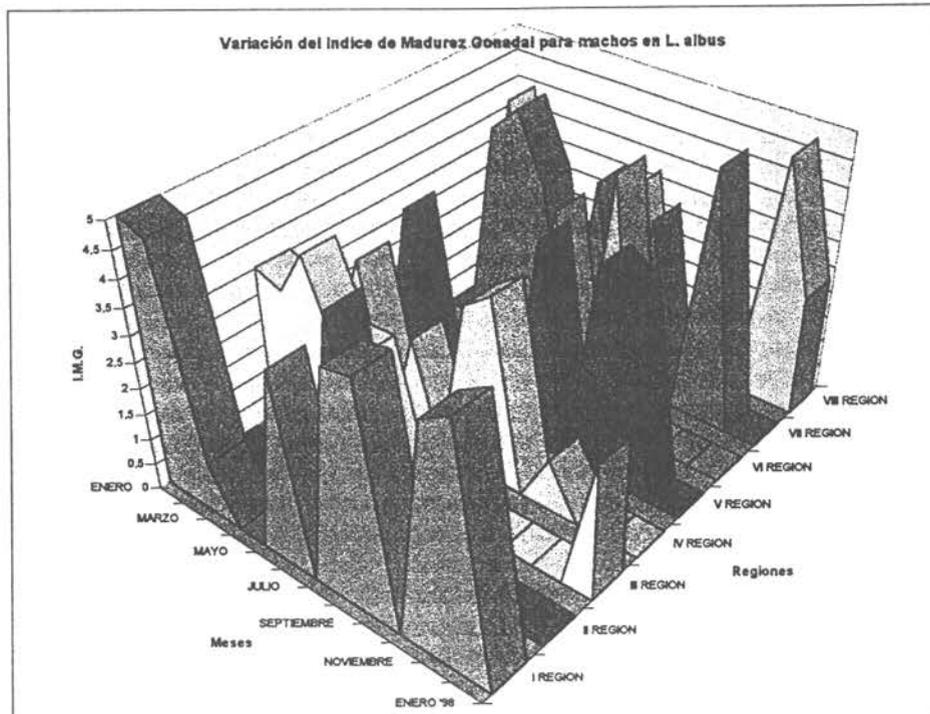


Fig. 17 Variación del Índice de Madurez Gonadal de erizos machos por localidad por mes.

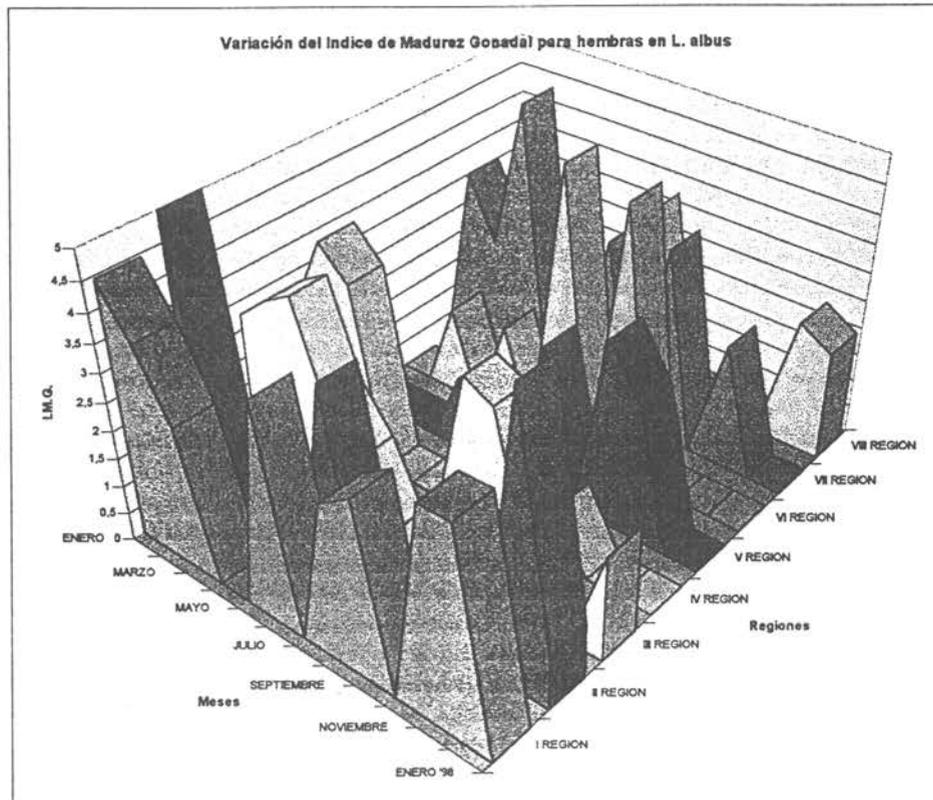


Fig. 18 Variación del Índice de Madurez Gonadal de erizos hembras por localidad por mes.

ANEXO V

CICLO REPRODUCTIVO

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TAMAÑOS OVOCITOS

PRIMERA REGIÓN

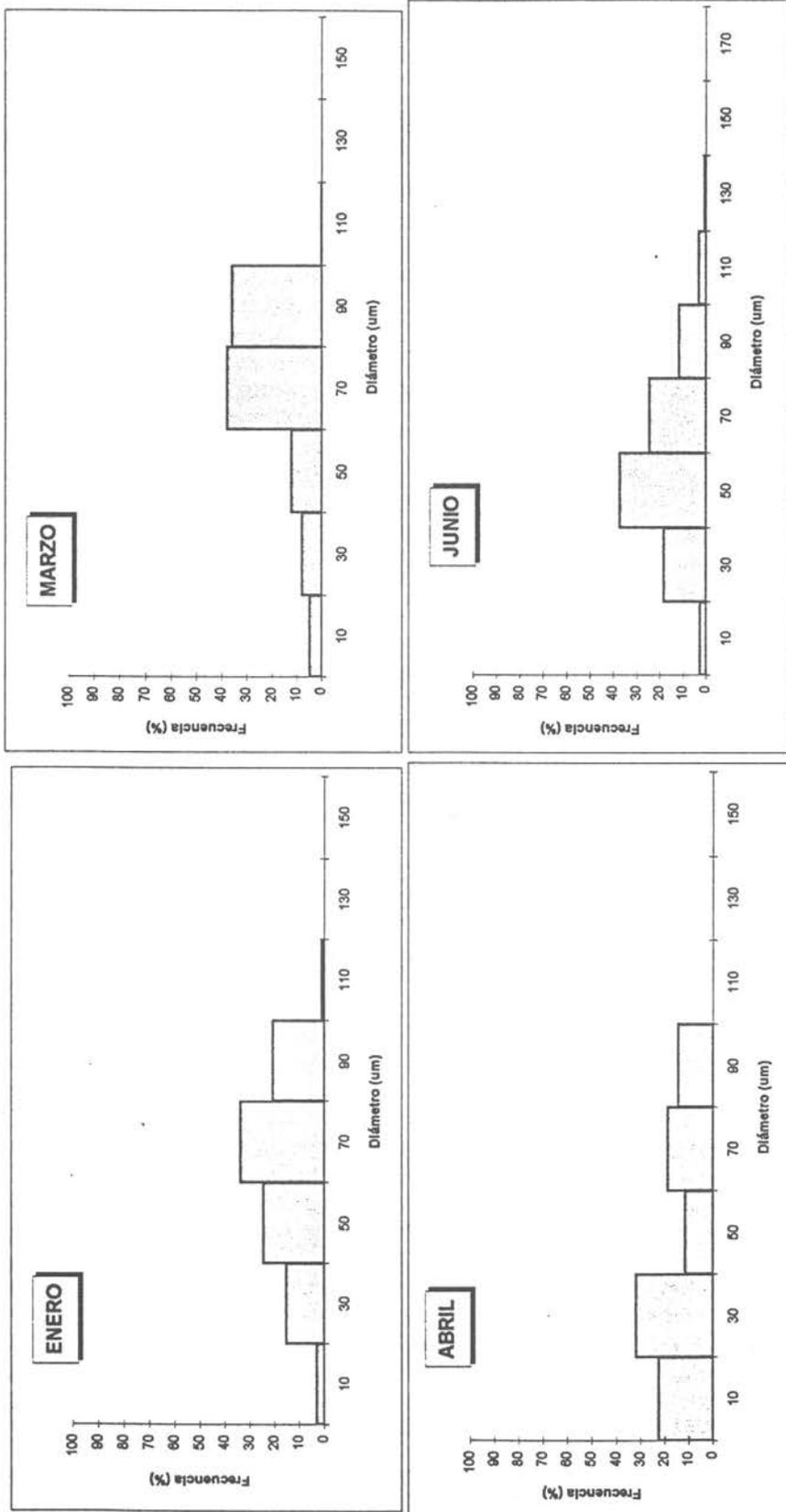


Fig. 1 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

PRIMERA REGIÓN

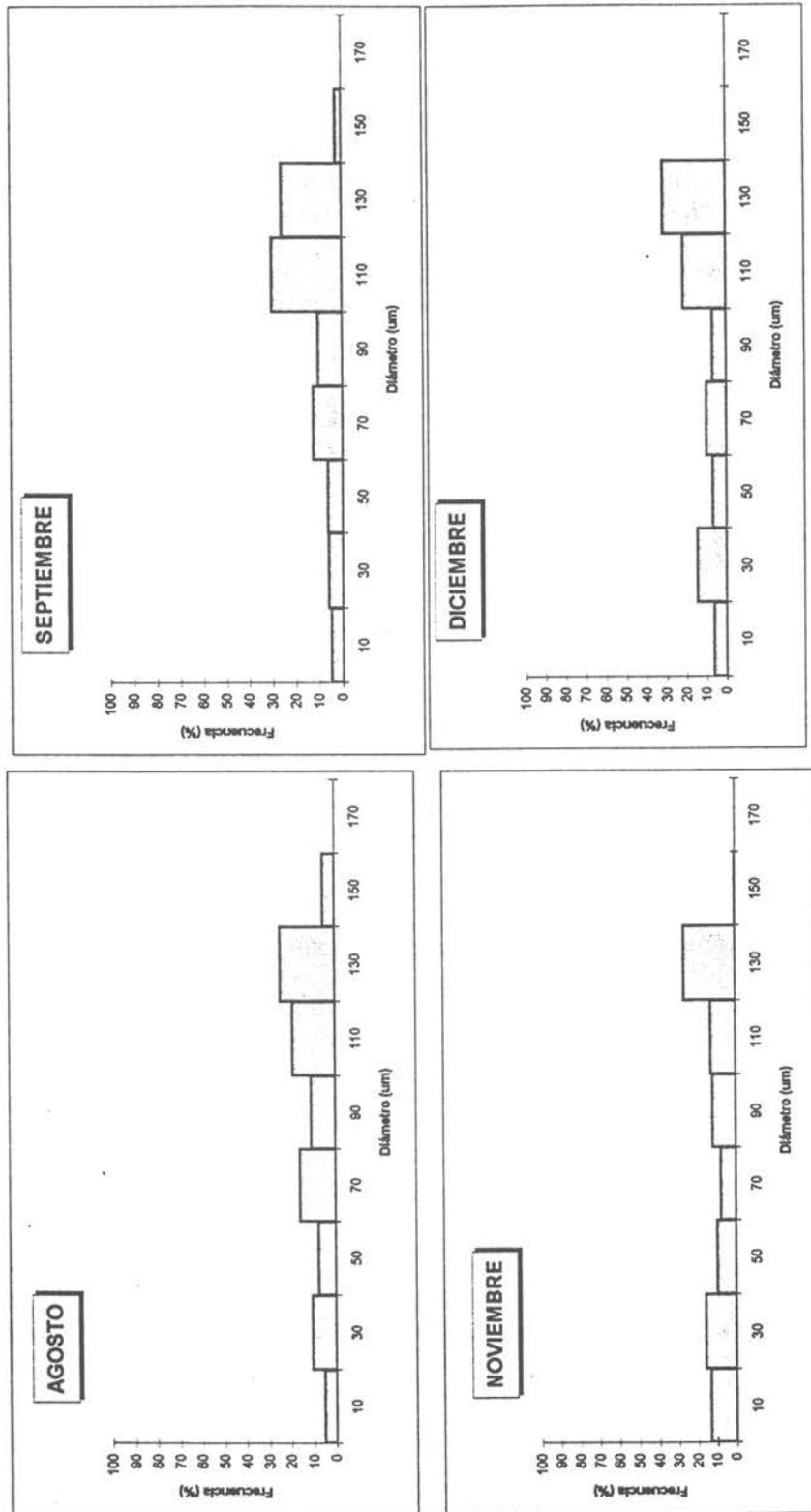


Fig.2 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

SEGUNDA REGIÓN

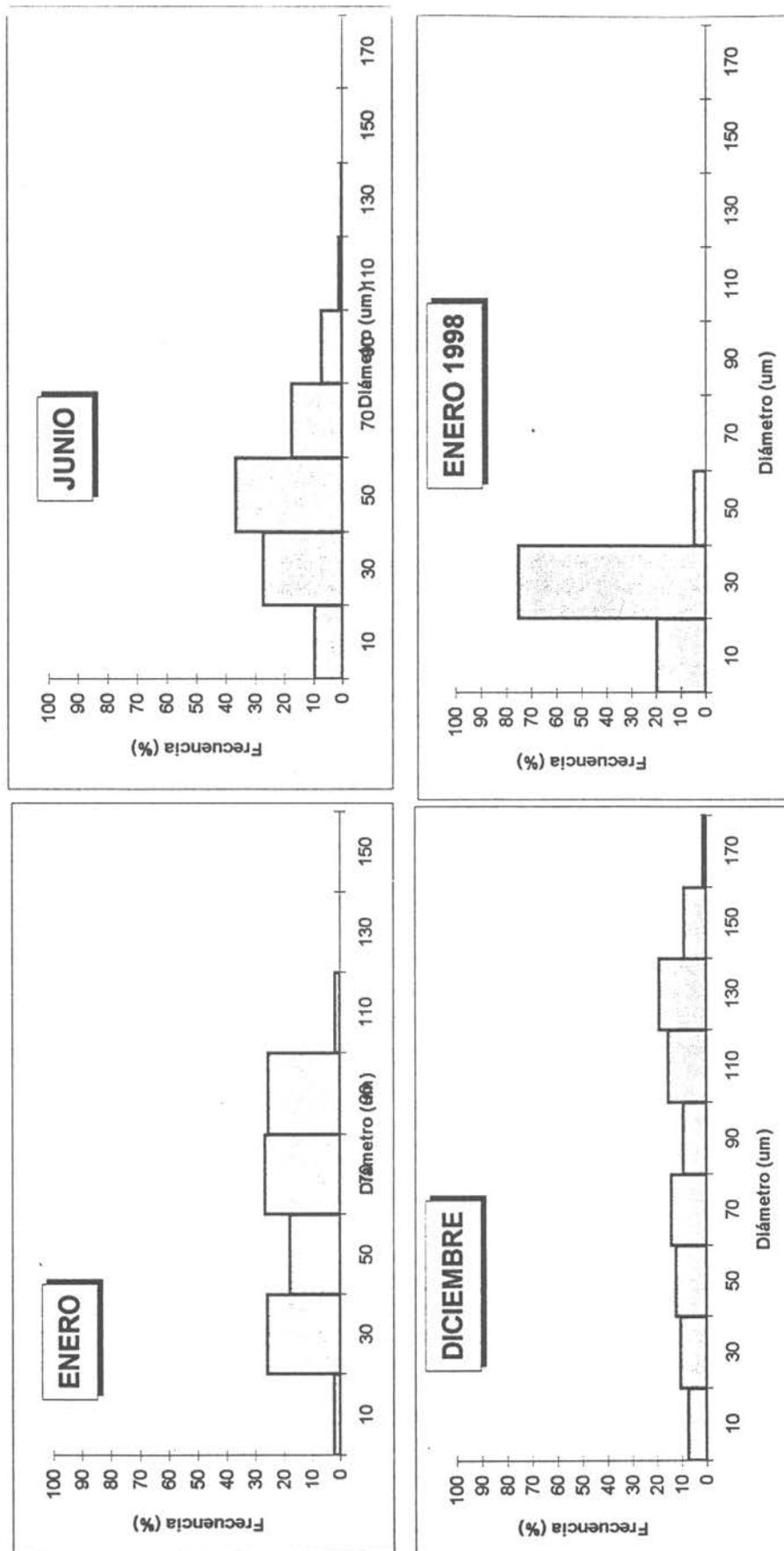


Fig. 3 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

TERCERA REGION

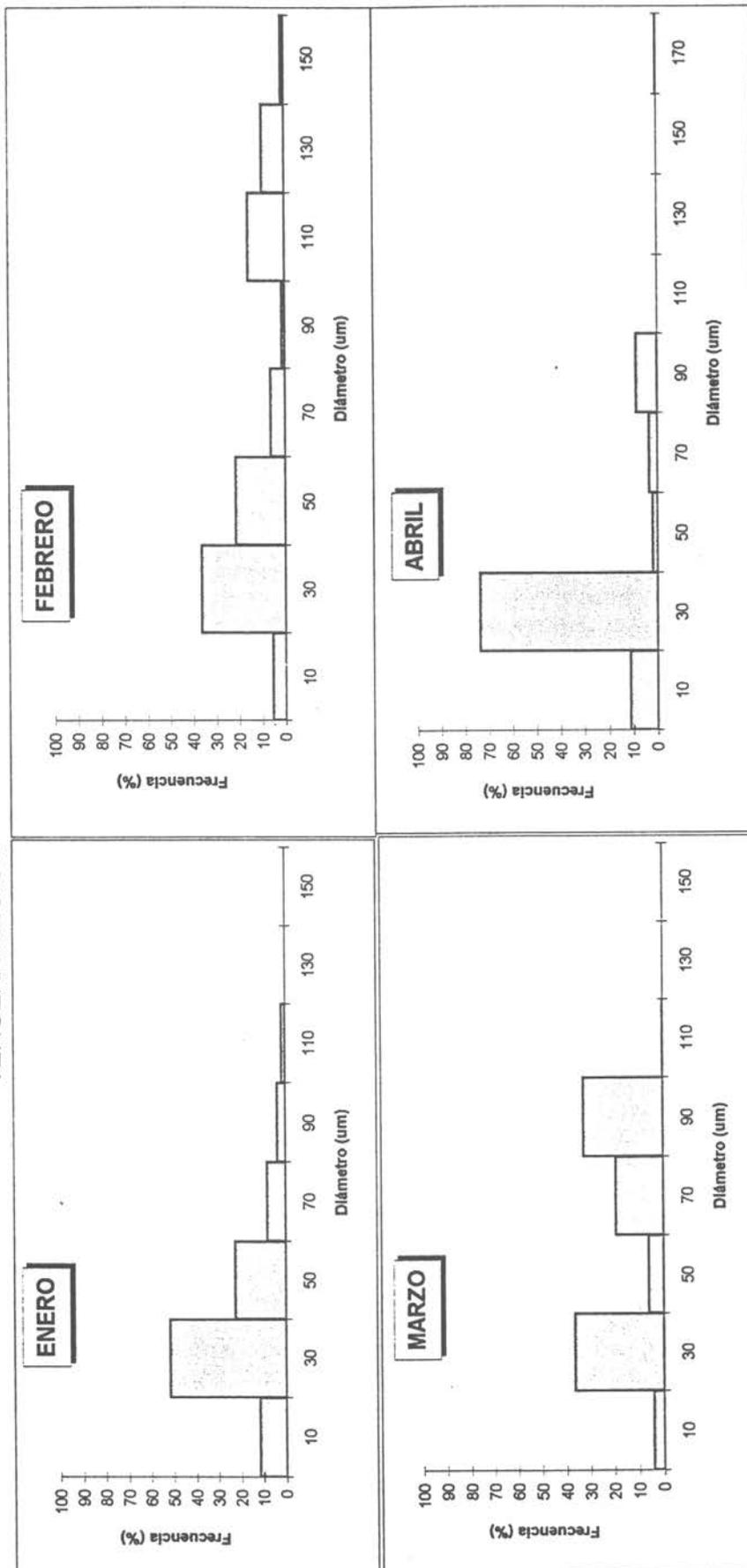


Fig. 4 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

TERCERA REGIÓN

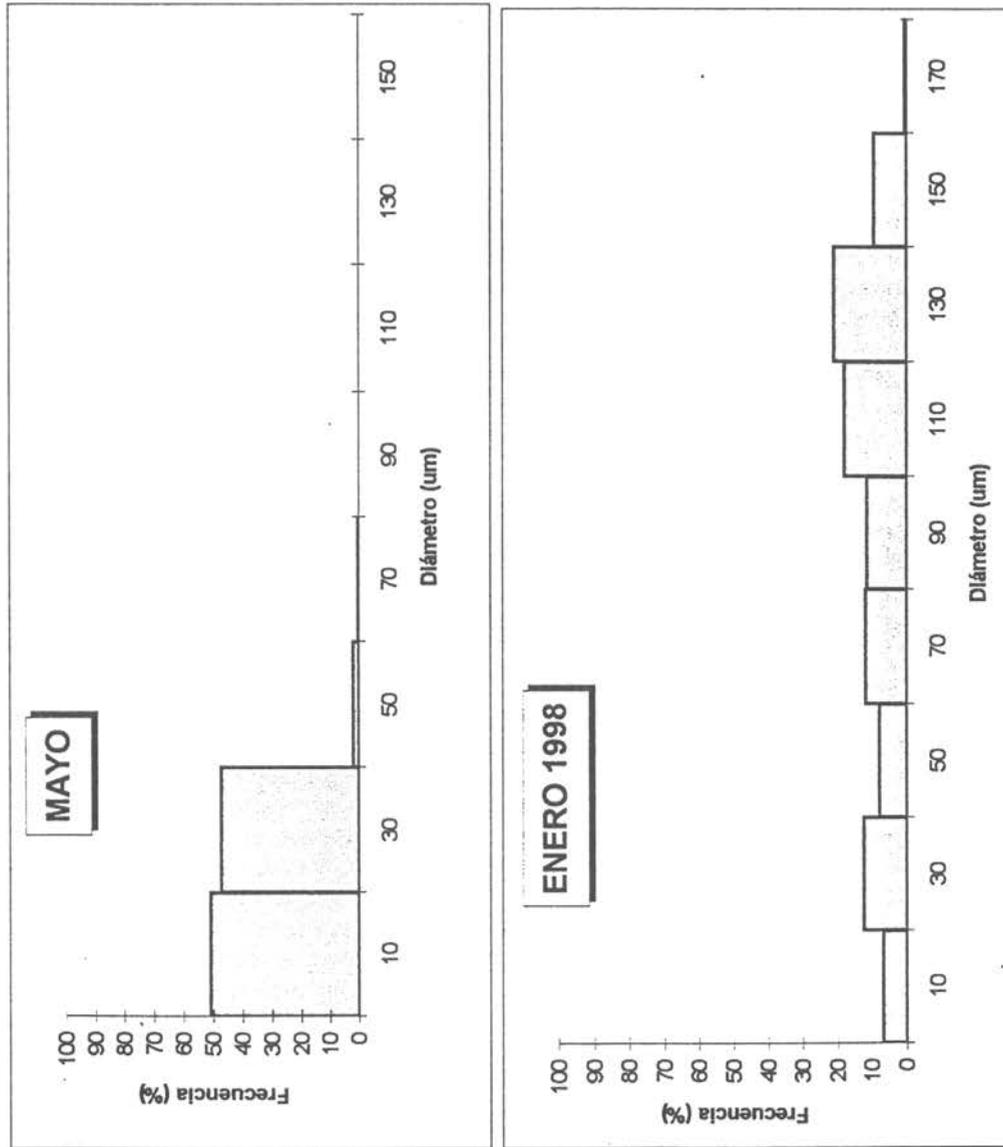


Fig. 5 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

CUARTA

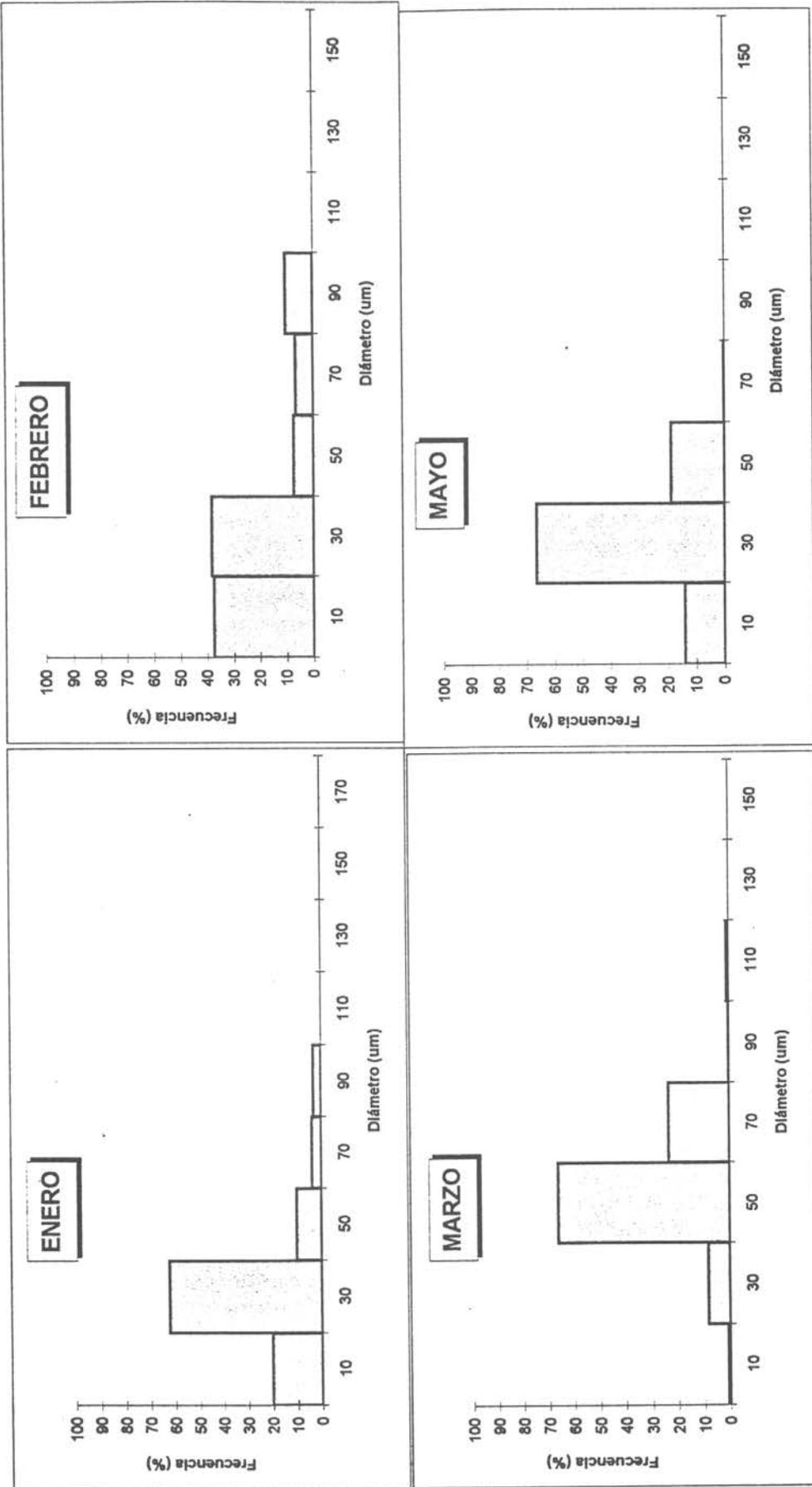


Fig. 6 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

CUARTA

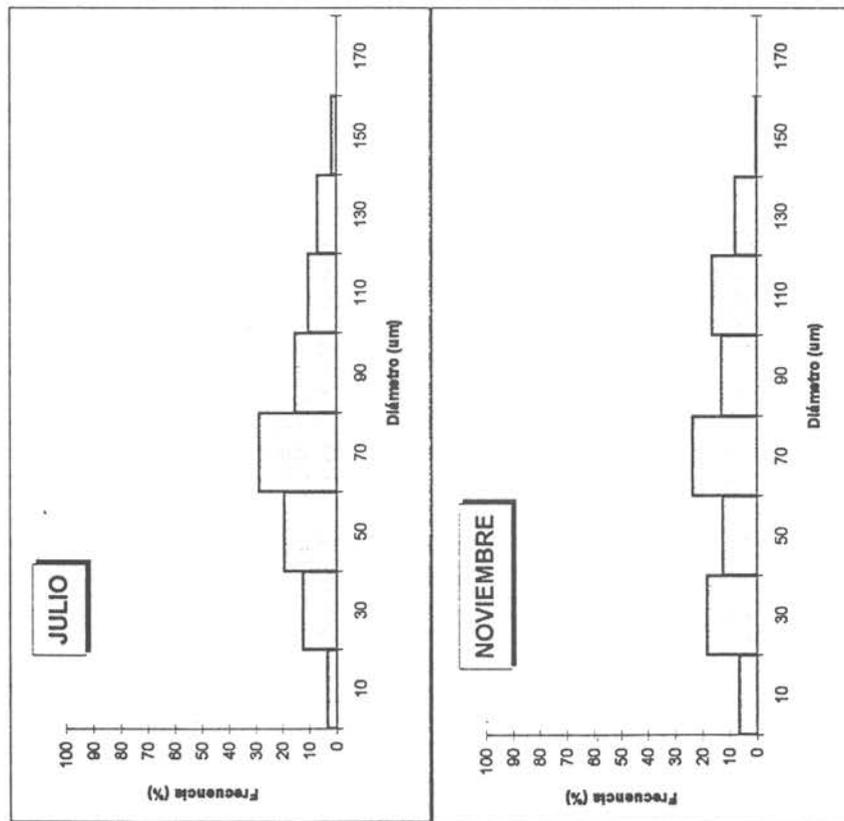


Fig. 7 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

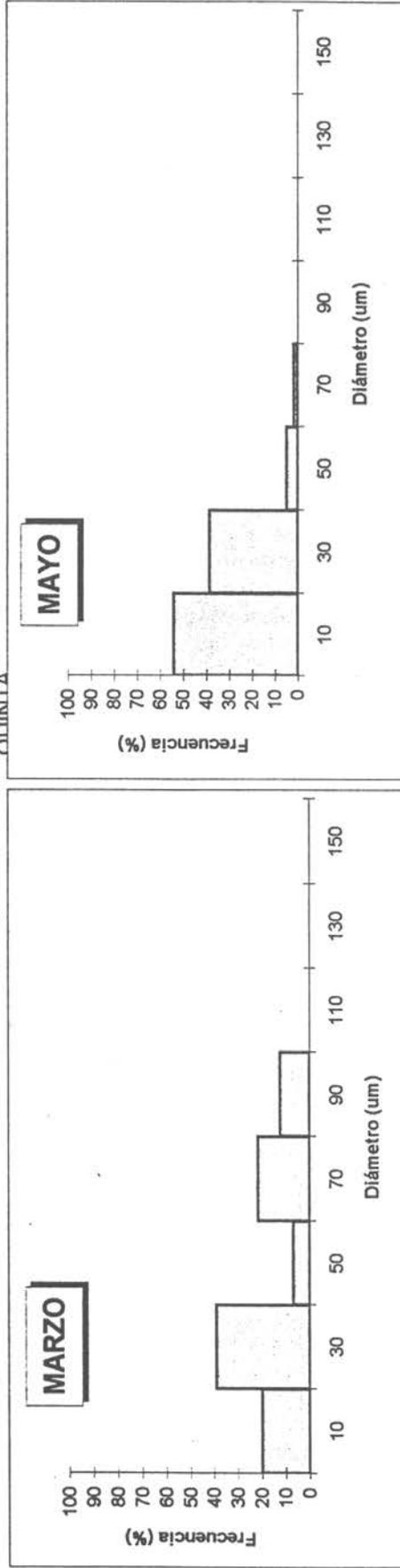


Fig. 8 Distribución de frecuencia de tallas oocitos de *L. albus*

QUINTA

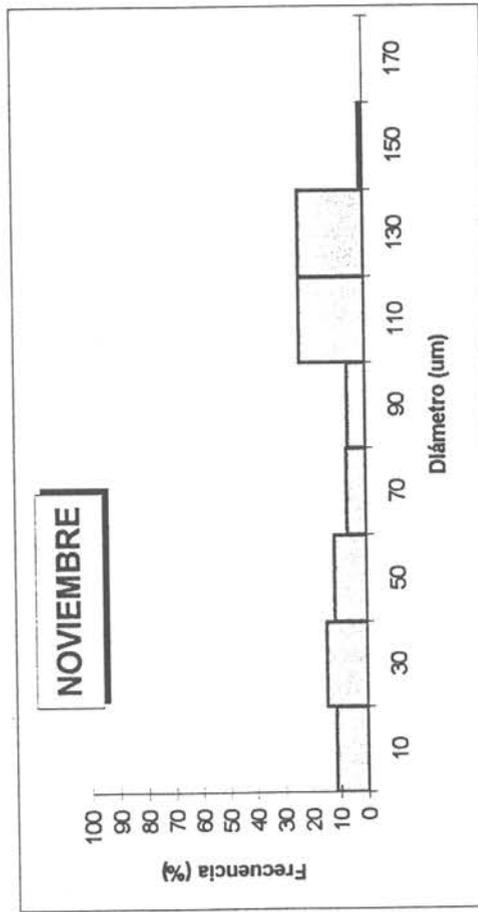


Fig. 9 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

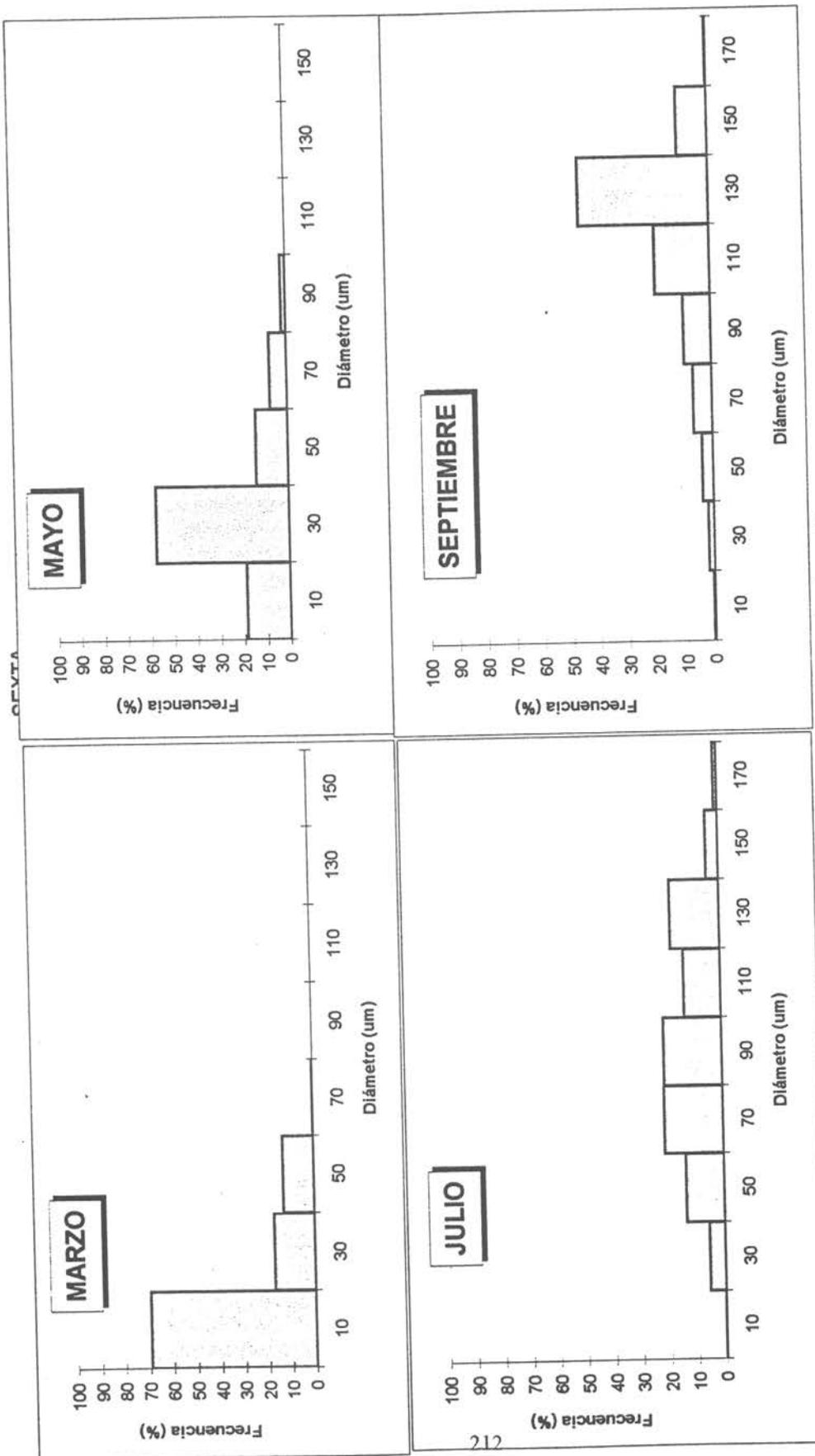


Fig. 10 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

SEPTIMA

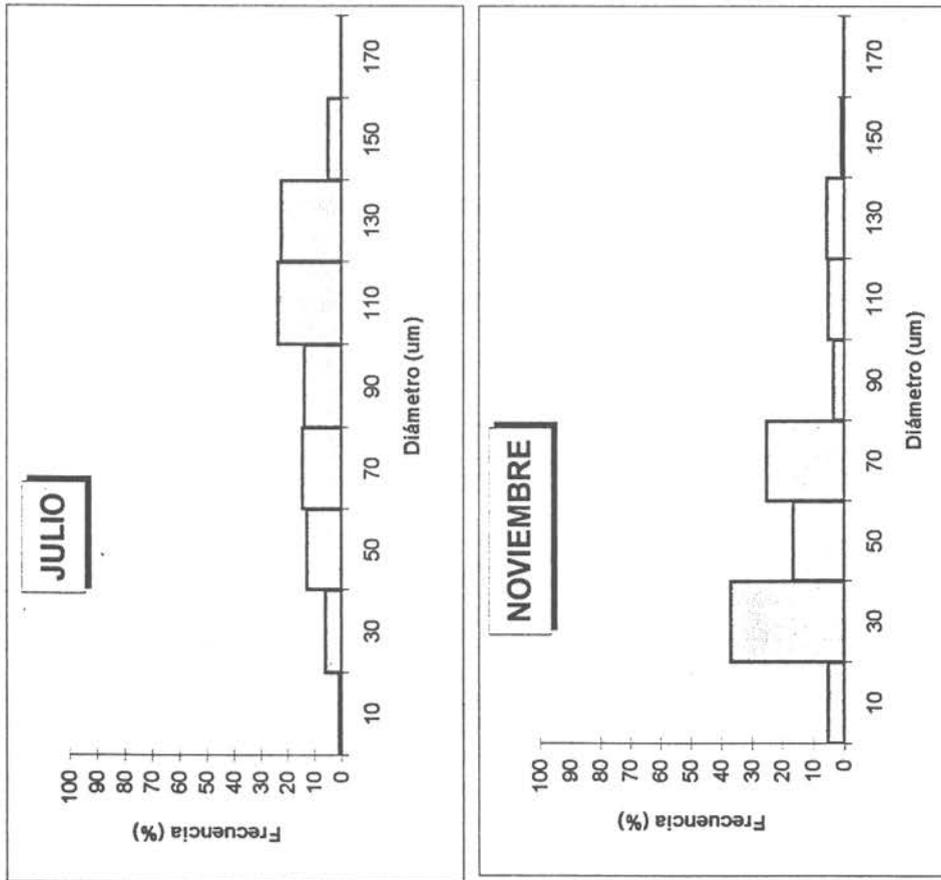


Fig. 11 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

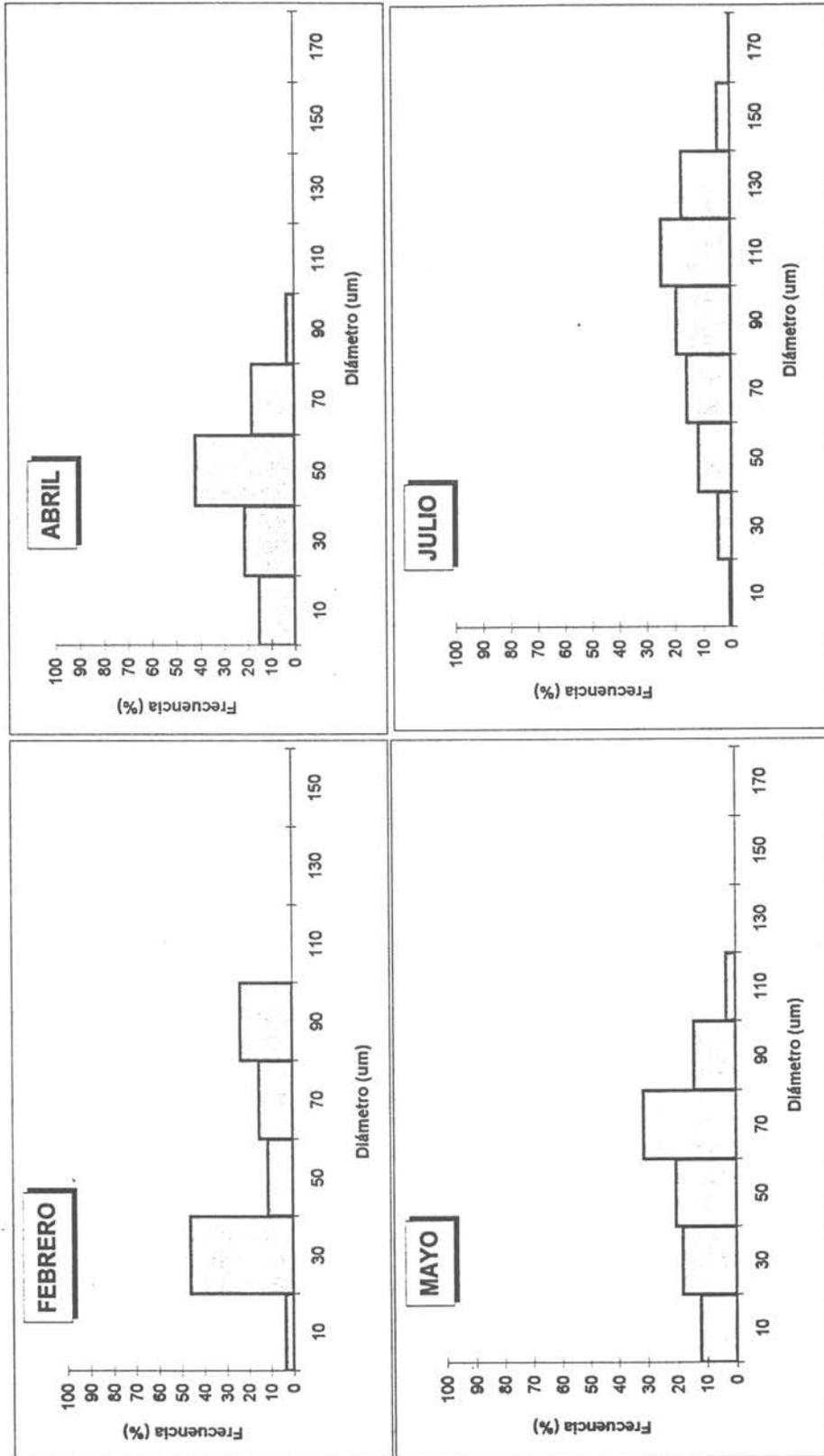


Fig. 12 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

OCTAVA

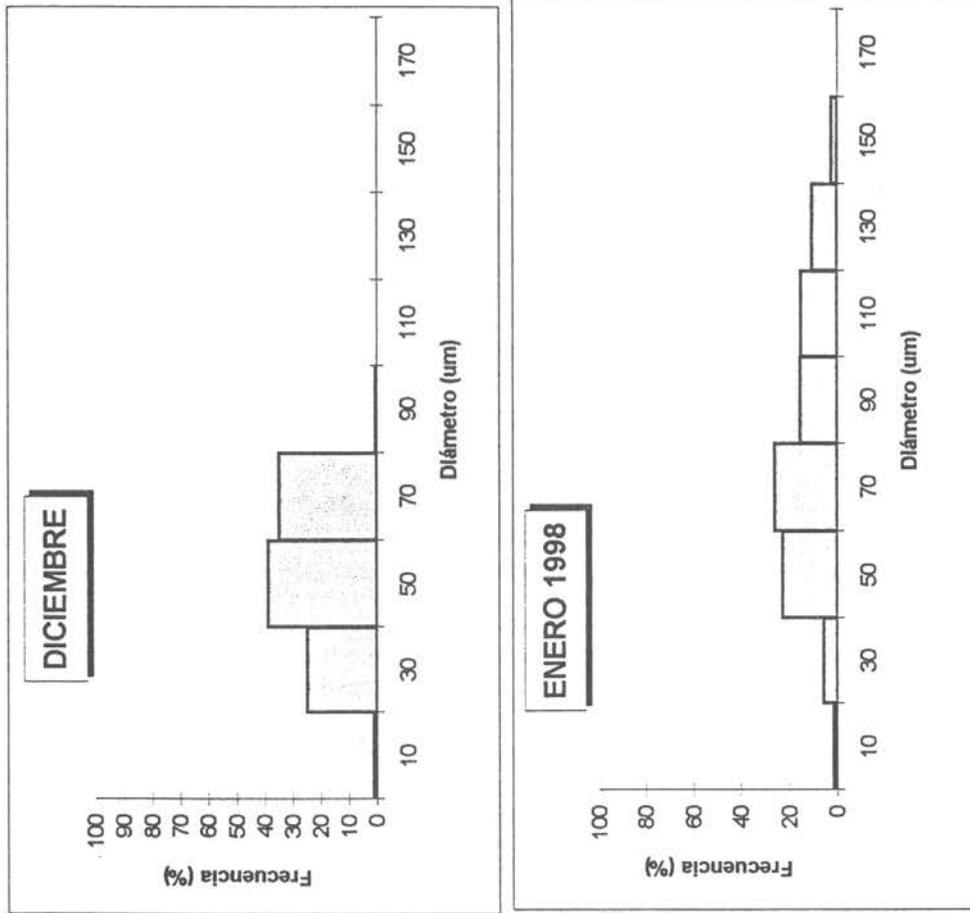


Fig. 13 Distribución de frecuencia de tallas ovocitos de *L. albus*

ANEXO VI

CICLO REPRODUCTIVO

VARIACIÓN COEFICIENTE GAMÉTICO
VARIACIÓN CAPA GERMINATIVA

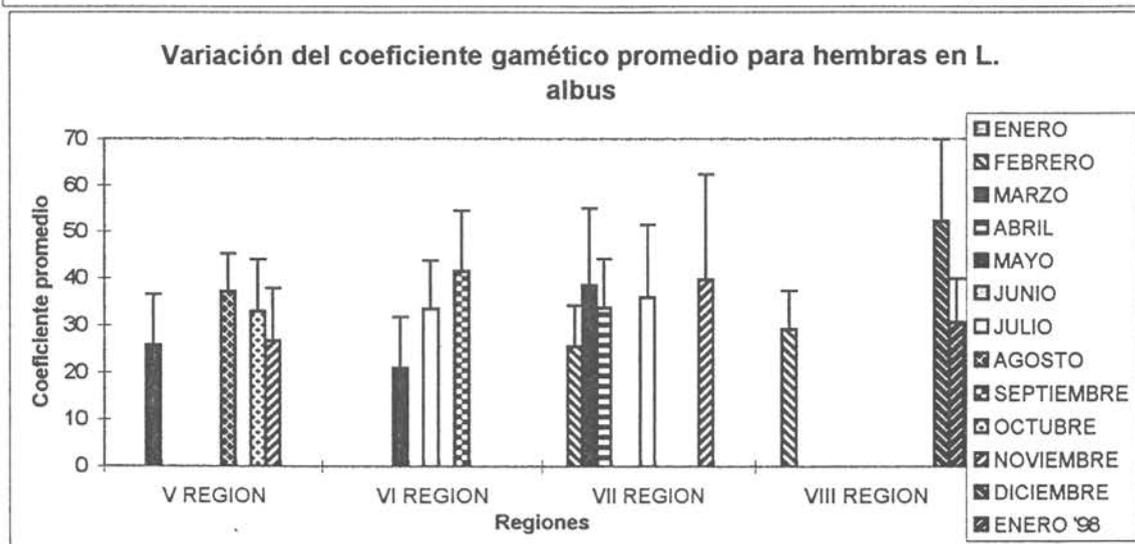
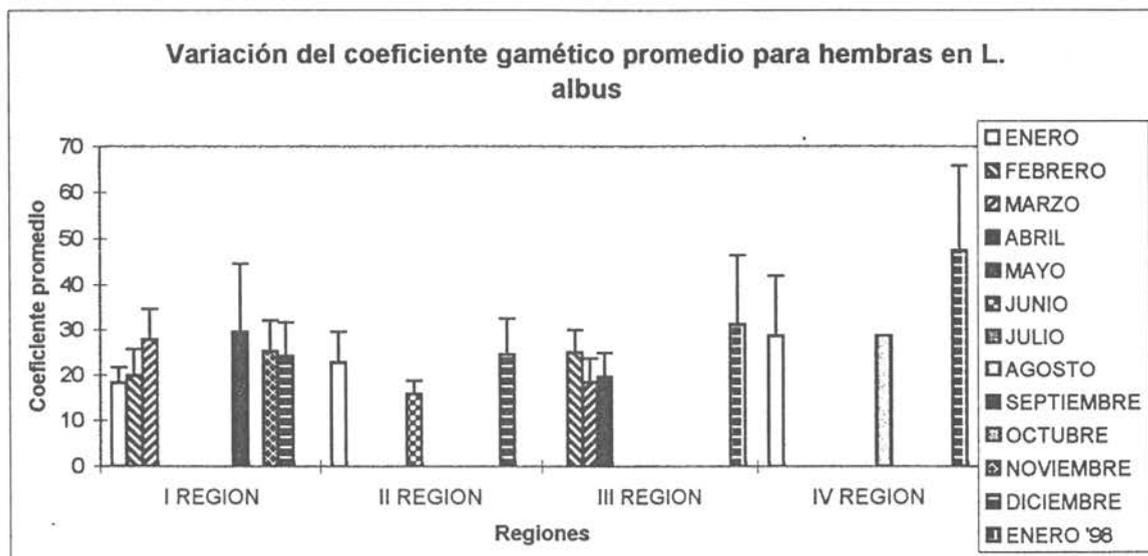


Fig. 1 Variación del coeficiente gamético en erizos hembras entre las regiones I a la VIII

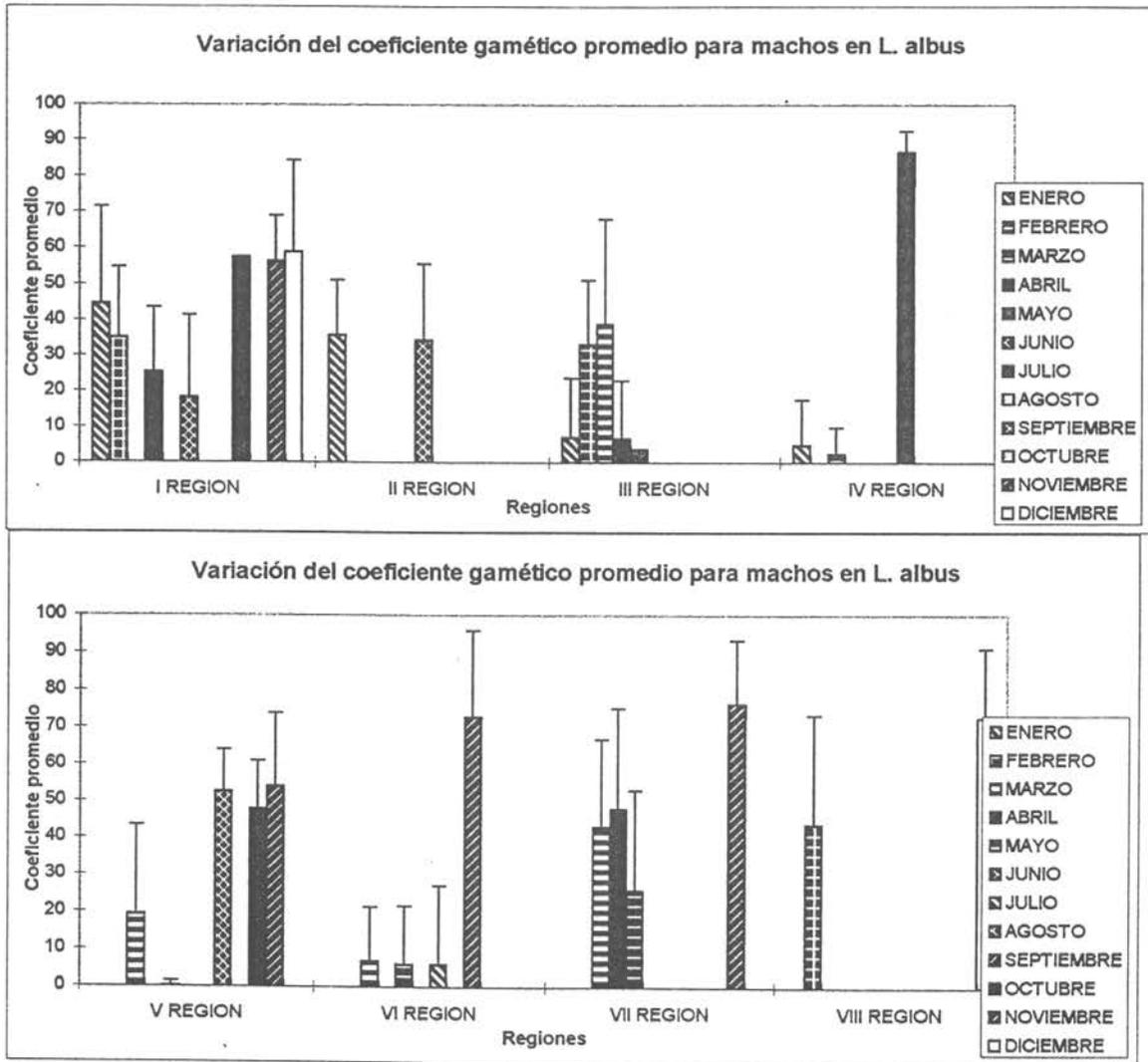


Fig. 2 Variación del Coeficiente Gamético promedio de erizos machos entre las regiones I a la VIII.

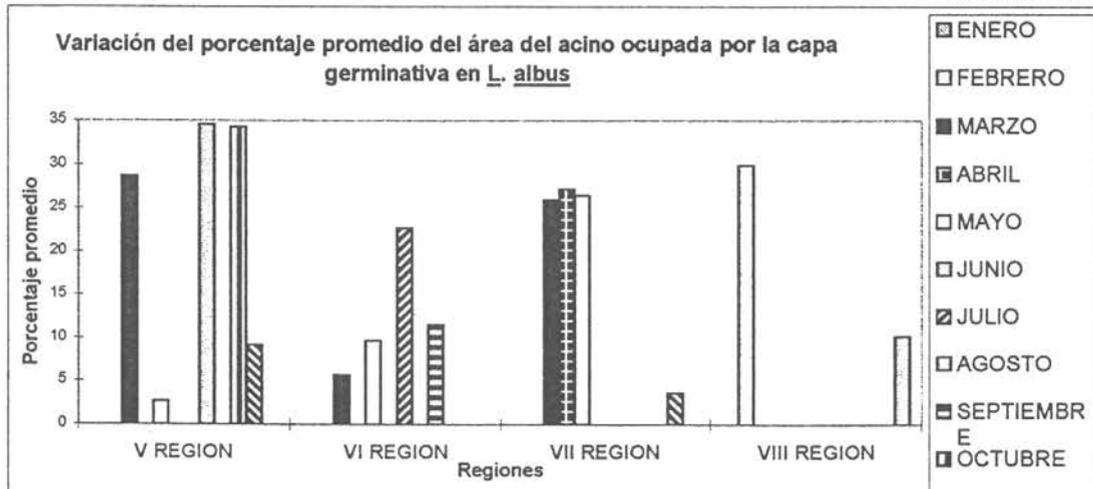
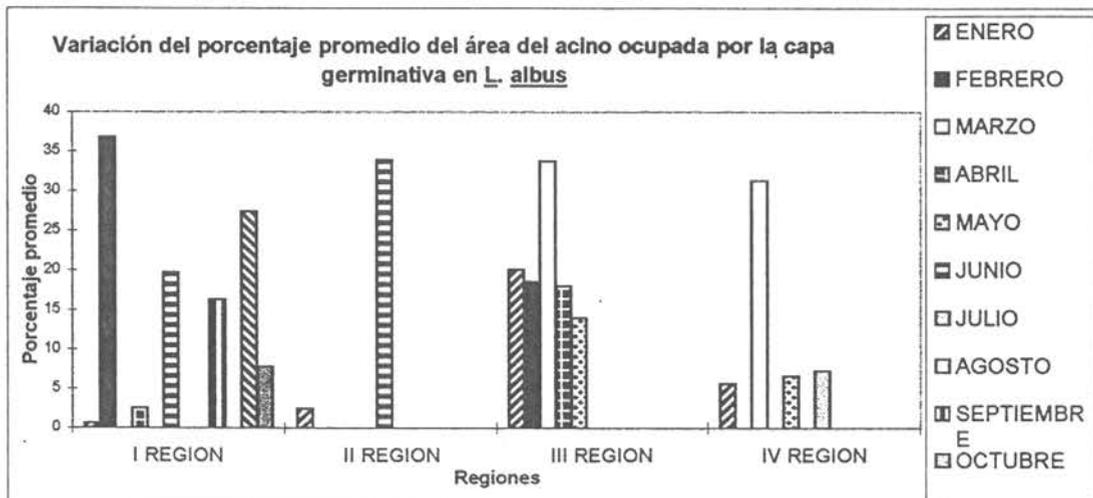


Fig3 Variación del porcentaje del área del acino ocupada por la capa germinativa en erizos machos entre las regiones I a la VIII

ANEXO VII

VARIACIÓN ÍNDICE GONÁDICO

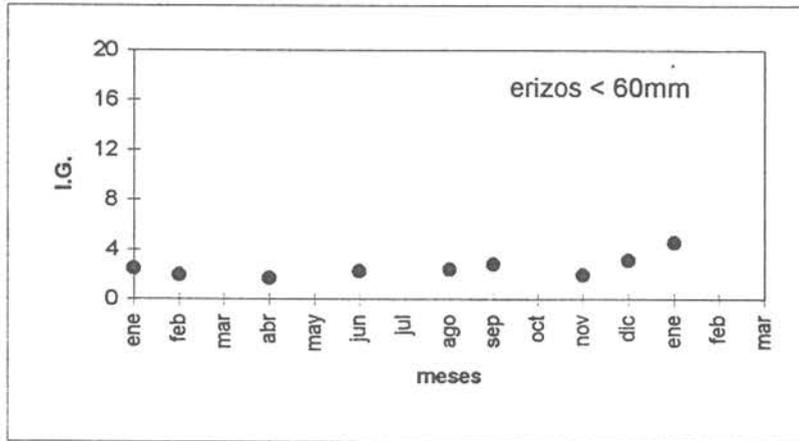


Fig. 1 : Índice Gonádico. I Región
Erizos menores de 60 mm

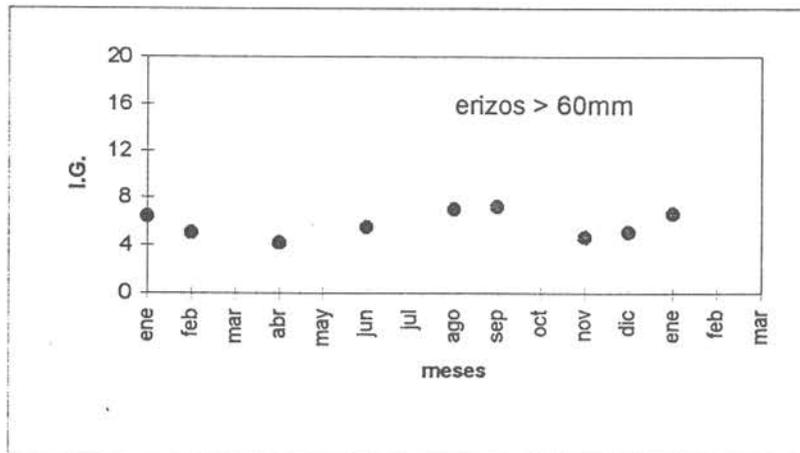


Fig. 2 : Índice Gonádico. I Región
erizos mayores de 60 mm

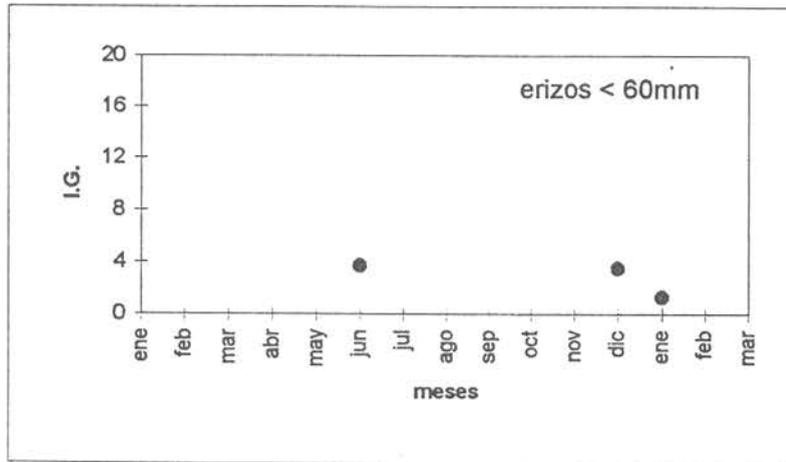


Fig.3 : Índice Gonádico. II Región
Erizos menores de 60 mm

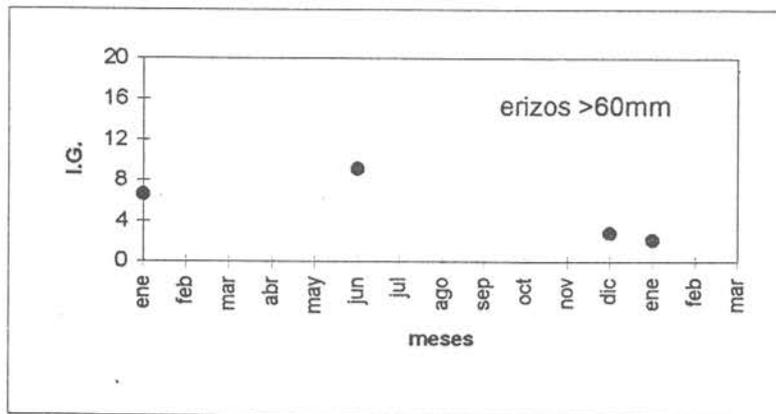


Fig. 4 : Índice Gonádico. II Región
erizos mayores de 60 mm

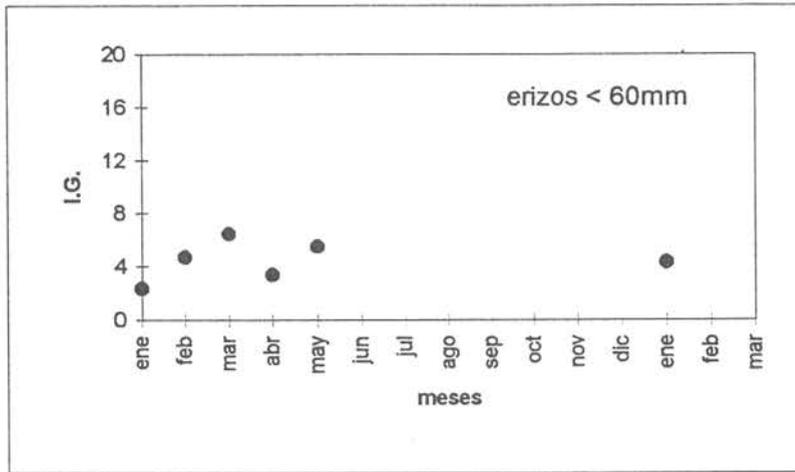


Fig.5 : Índice Gonádico. III Región
Erizos menores de 60 mm

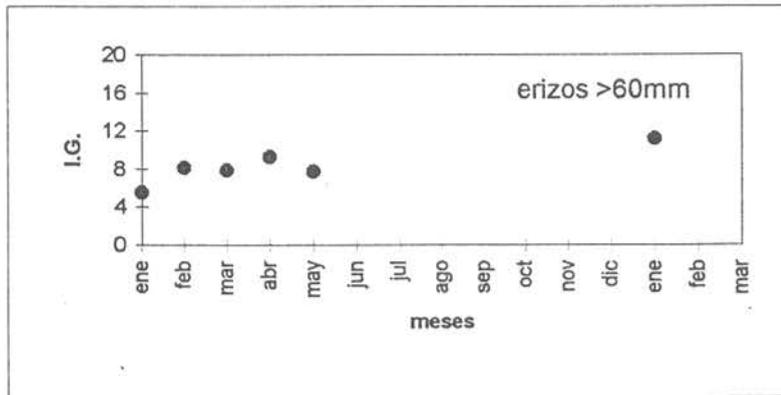


Fig.6 : Índice Gonádico. III Región
erizos mayores de 60 mm

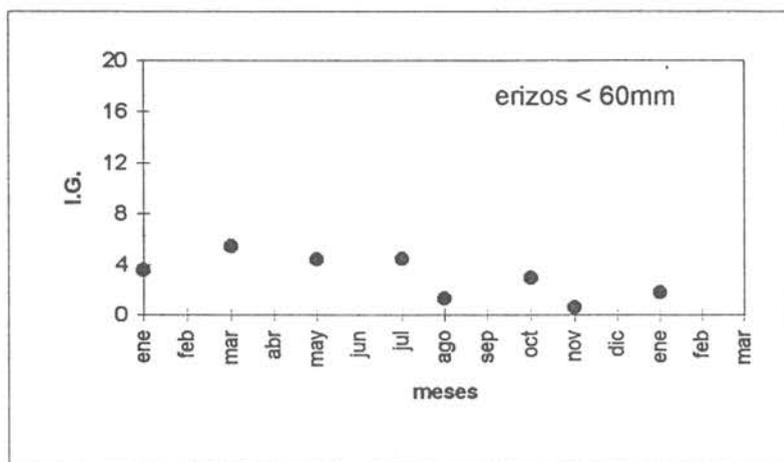


Fig. 7 : Índice Gonádico. IV Región erizos menores de 60 mm

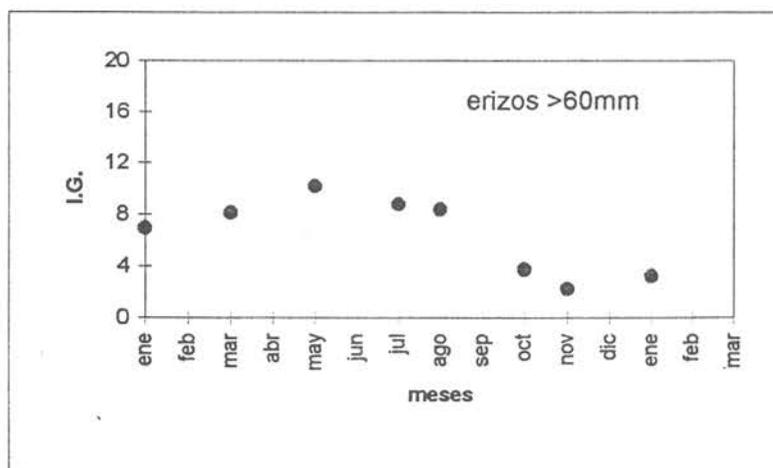


Fig.8 : Índice Gonádico. IV Región erizos mayores de 60 mm

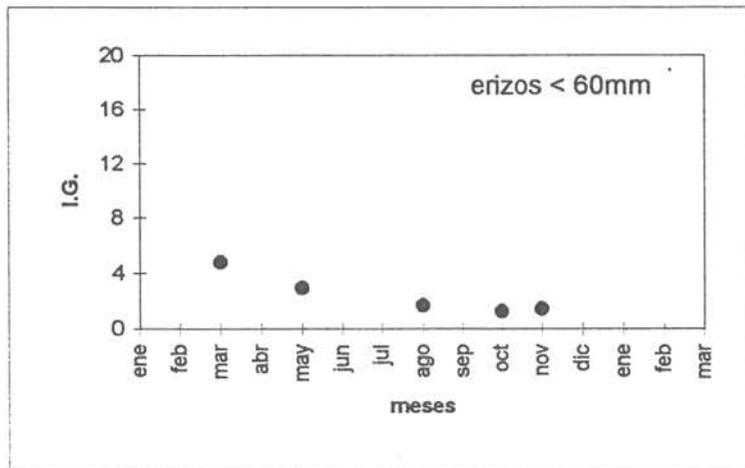


Fig.9 : Índice Gonádico. V Región
erizos menores de 60 mm

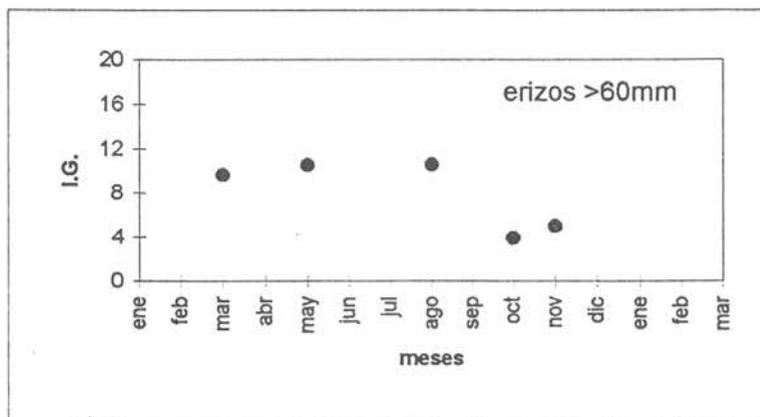


Fig. 10 : Índice Gonádico. V Región
erizos mayores de 60 mm

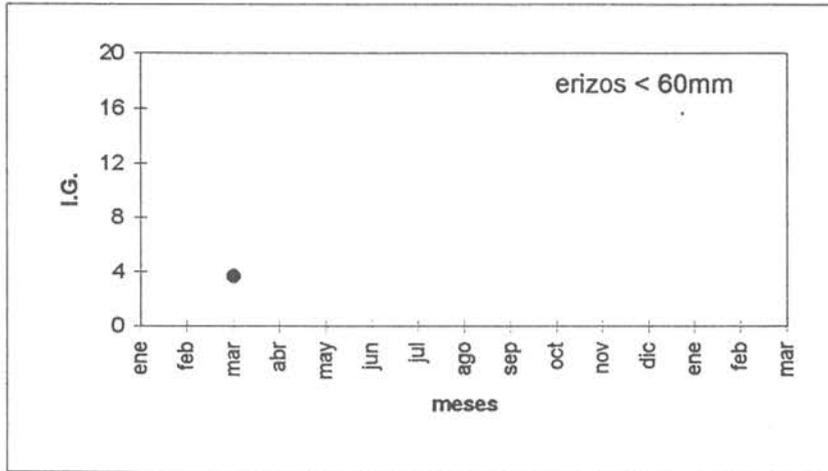


Fig. 11 : Índice Gonádico. VI Región
erizos menores de 60 mm

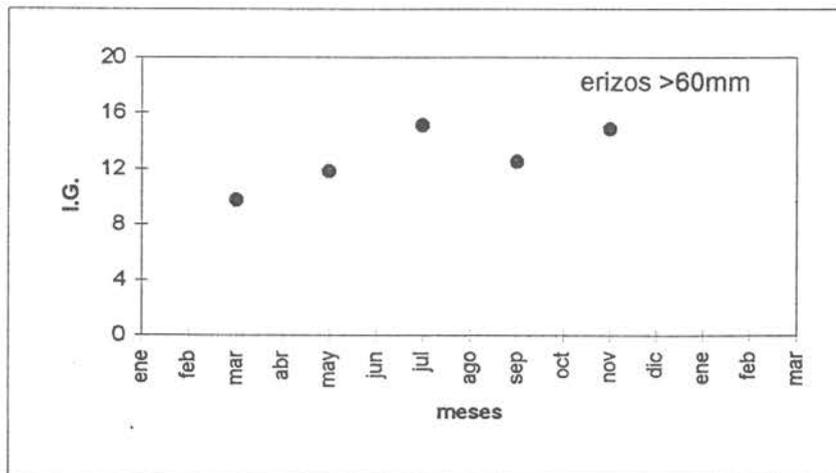


Fig. 12 : Índice Gonádico. VI Región
erizos mayores de 60 mm

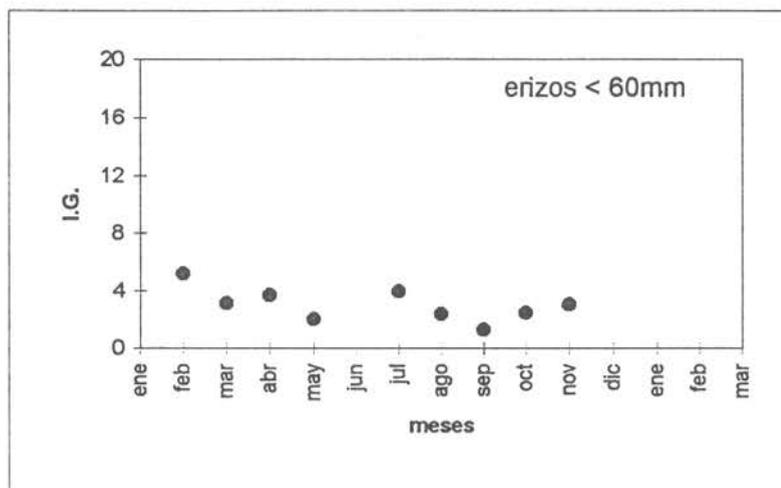


Fig. 13 : Índice Gonádico. VII Región erizos menores de 60 mm

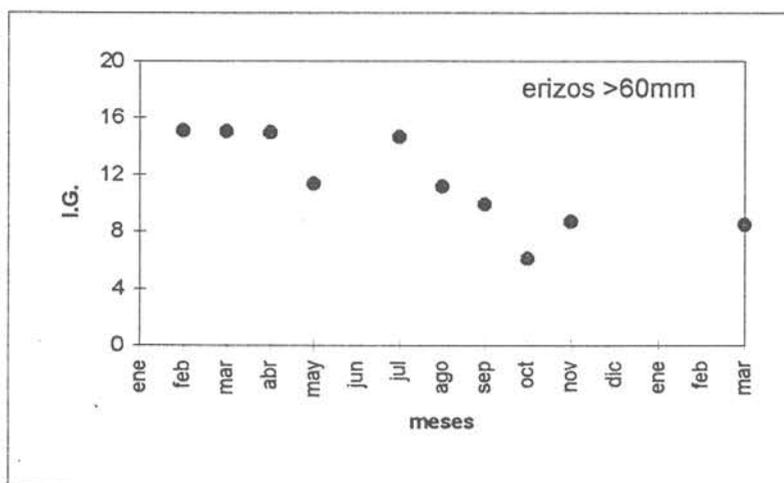


Fig. 14 : Índice Gonádico. VII Región erizos mayores de 60 mm

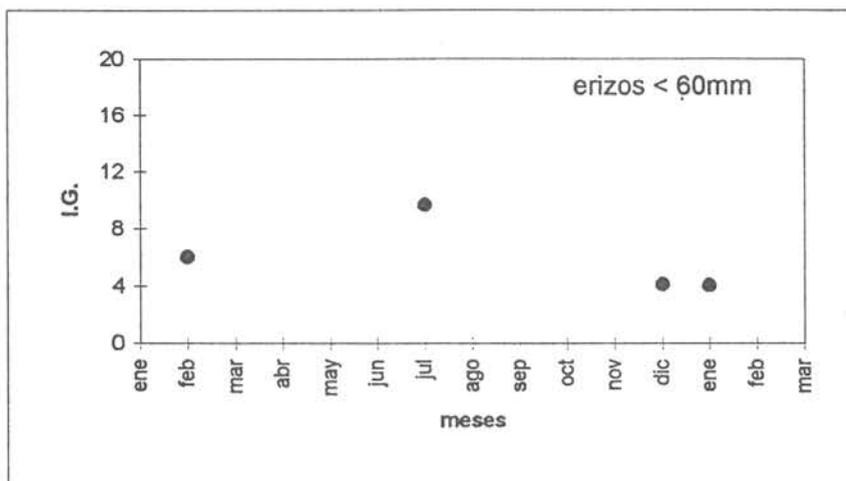


Fig.15 : Índice Gonádico. VIII Región
erizos menores de 60 mm

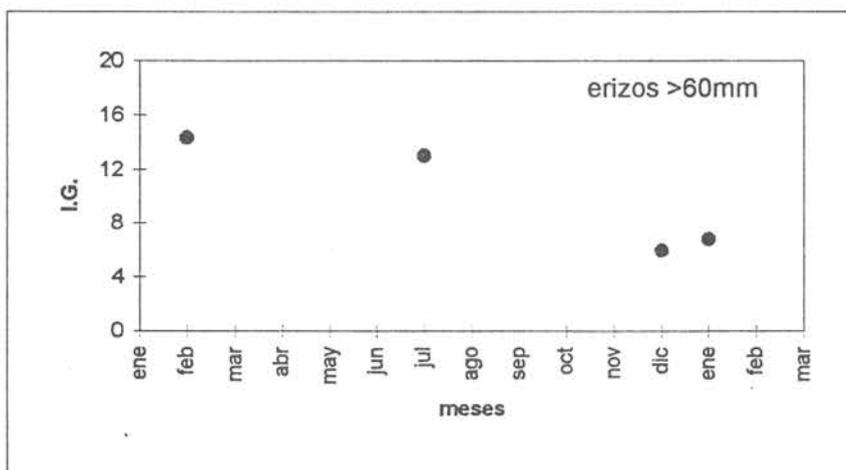


Fig. 16 : Índice Gonádico. VIII Región
erizos mayores de 60 mm

ANEXO VIII

CRECIMIENTO Y MORTALIDAD

Tabla1. Distribución de frecuencias de los muestreos poblacionales

Cta. Los Verdes-Iquique 7/06/97		Cta. Pta. Arenas-Tocopilla 4/06/97		Huasco 9/01/98		Los Vilos 31/07/97		Quintay 25/08/97		Loanco 8/09/97	
MC (mm)	Frecuencia	MC (mm)	Frecuencia	MC (mm)	Frecuencia	MC (mm)	Frecuencia	MC (mm)	Frecuencia	MC (mm)	Frecuencia
8,75	0	8,75	1	8,75	0	8,75	0	8,05	0	7,75	0
10,65	0	10,65	0	10,65	0	10,65	4	9,95	9	9,65	0
12,55	0	12,55	0	12,55	0	12,55	4	11,85	10	11,55	0
14,45	3	14,45	1	14,45	0	14,45	8	13,75	10	13,45	0
16,35	2	16,35	3	16,35	0	16,35	12	15,65	7	15,35	0
18,25	4	18,25	4	18,25	0	18,25	18	17,55	29	17,25	0
20,15	5	20,15	6	20,15	0	20,15	20	19,45	24	19,15	0
22,05	2	22,05	7	22,05	0	22,05	22	21,35	25	21,05	0
23,95	5	23,95	2	23,95	0	23,95	10	23,25	20	22,95	1
25,85	2	25,85	7	25,85	0	25,85	10	25,15	6	24,85	0
27,75	2	27,75	8	27,75	0	27,75	8	27,05	8	26,75	1
29,65	1	29,65	8	29,65	4	29,65	16	28,95	6	28,65	0
31,55	7	31,55	8	31,55	1	31,55	18	30,85	7	30,55	1
33,45	7	33,45	13	33,45	3	33,45	10	32,75	4	32,45	2
35,35	5	35,35	13	35,35	0	35,35	27	34,65	2	34,35	3
37,25	9	37,25	20	37,25	2	37,25	35	36,55	4	36,25	8
39,15	6	39,15	22	39,15	2	39,15	24	38,45	2	38,15	8
41,05	11	41,05	25	41,05	0	41,05	33	40,35	6	40,05	9
42,95	11	42,95	8	42,95	5	42,95	27	42,25	5	41,95	13
44,85	15	44,85	10	44,85	1	44,85	20	44,15	5	43,85	14
46,75	10	46,75	6	46,75	7	46,75	13	46,05	8	45,75	12
48,65	11	48,65	9	48,65	8	48,65	8	47,95	8	47,65	13
50,55	14	50,55	15	50,55	7	50,55	10	49,85	3	49,55	5
52,45	17	52,45	12	52,45	12	52,45	9	51,75	1	51,45	5
54,35	22	54,35	20	54,35	16	54,35	2	53,65	1	53,35	4
56,25	23	56,25	13	56,25	28	56,25	2	55,55	3	55,25	3
58,15	28	58,15	14	58,15	23	58,15	0	57,45	1	57,15	1
60,05	23	60,05	29	60,05	25	60,05	7	59,35	5	59,05	4
61,95	21	61,95	34	61,95	27	61,95	2	61,25	1	60,95	0
63,85	14	63,85	35	63,85	23	63,85	1	63,15	2	62,85	7
65,75	18	65,75	28	65,75	27	65,75	4	65,05	1	64,75	7
67,65	25	67,65	30	67,65	31	67,65	5	66,95	6	66,65	2
69,55	19	69,55	18	69,55	14	69,55	5	68,85	3	68,55	9
71,45	10	71,45	13	71,45	8	71,45	2	70,75	3	70,45	12
73,35	3	73,35	4	73,35	3	73,35	0	72,65	3	72,35	8
75,25	7	75,25	5	75,25	3	75,25	0	74,55	5	74,25	17
77,15	5	77,15	1	77,15	0	77,15	0	76,45	12	76,15	14
79,05	4	79,05	1	79,05	1	79,05	0	78,35	9	78,05	14
80,95	1	80,95	0	80,95	2	80,95	2	80,25	4	79,95	11
82,85	1	82,85	1	82,85	1	82,85	1	82,15	4	81,85	7
84,75	0	84,75	0	84,75	0	84,75	0	84,05	5	83,75	11
86,65	0	86,65	0	86,65	0	86,65	0	85,95	5	85,65	13
88,55	0	88,55	0	88,55	0	88,55	0	87,85	6	87,55	5
90,45	0	90,45	0	90,45	0	90,45	0	89,75	1	89,45	4
92,35	0	92,35	0	92,35	0	92,35	0	91,65	2	91,35	3
94,25	0	94,25	0	94,25	0	94,25	0	93,55	4	93,25	2
96,15	0	96,15	0	96,15	0	96,15	0	95,45	2	95,15	1
98,05	0	98,05	0	98,05	0	98,05	0	97,35	2	97,05	2
99,95	0	99,95	0	99,95	0	99,95	0	99,25	1	98,95	2
101,85	0	101,85	0	101,85	0	101,85	0	101,15	0	100,85	1
n =	373	454	284	399	300	259					

Tabla 2. Estimadores de crecimiento de *Loxechinus albus*

Localidad Método	Cta. Los Verdes-Iquique		Cta. Pta. Arenas-Tocopilla		Huasco		Los Vilos		Quintay		Loanco	
	ELEFANI	Shepherd	ELEFANI	Shepherd	ELEFANI	Shepherd	ELEFANI	Shepherd	ELEFANI	Shepherd	ELEFANI	Shepherd
Parámetro	150	102	145	92,2	145	S.C.	140	134	136	S.C.	120	S.C.
L_{inf}	0,20	0,31	0,20	0,30	0,29	S.C.	0,22	0,28	0,30	S.C.	0,25	S.C.
K	-0,072	-0,050	-0,026	-0,090	0,000	S.C.	-0,083	-0,060	-0,084	S.C.	-0,090	S.C.
to	3,65	3,51	3,62	3,41	3,79	S.C.	3,63	3,70	3,74	S.C.	3,56	S.C.
Φ_{H^i}	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0008	0,0008	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
a	2,92	2,92	2,96	2,96	2,82	2,82	2,96	2,96	2,97	2,97	2,97	2,97
b	1123,43	364,48	1010,84	264,35	984,90	S.C.	1118,16	982,25	879,46	S.C.	447,11	S.C.
W_{inf}	octubre	octubre	octubre		diciembre		diciembre		enero	S.C.	noviembre	S.C.
Mes reclut.	15	10	15	10	10	S.C.	14	11	10	S.C.	12	S.C.
Longevidad	0,31	0,48	0,31	0,46	0,45	S.C.	0,34	0,43	0,46	S.C.	0,39	S.C.
M	2,36	1,59	4,46	1,77	5,18	S.C.	2,19	2,78	0,61	S.C.	1,12	S.C.
Z	2,05	1,11	4,15	1,31	4,73	S.C.	1,85	2,35	0,15	S.C.	0,73	S.C.
F	0,79	0,56	0,92	0,61	0,91	S.C.	0,75	0,79	0,11	S.C.	0,44	S.C.
Tasa explot.												

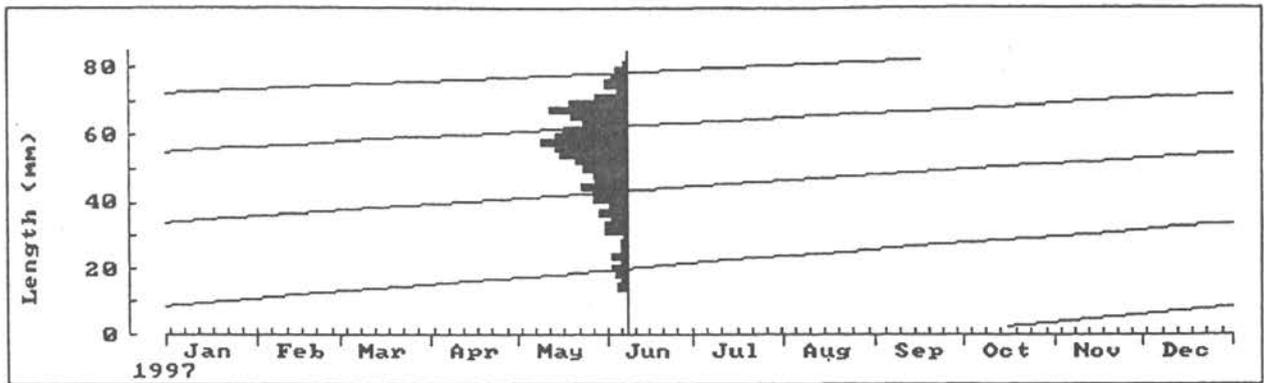


Figura 1. Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Caleta Los Verdes-Iquique obtenida a través del programa ELEFAN I.

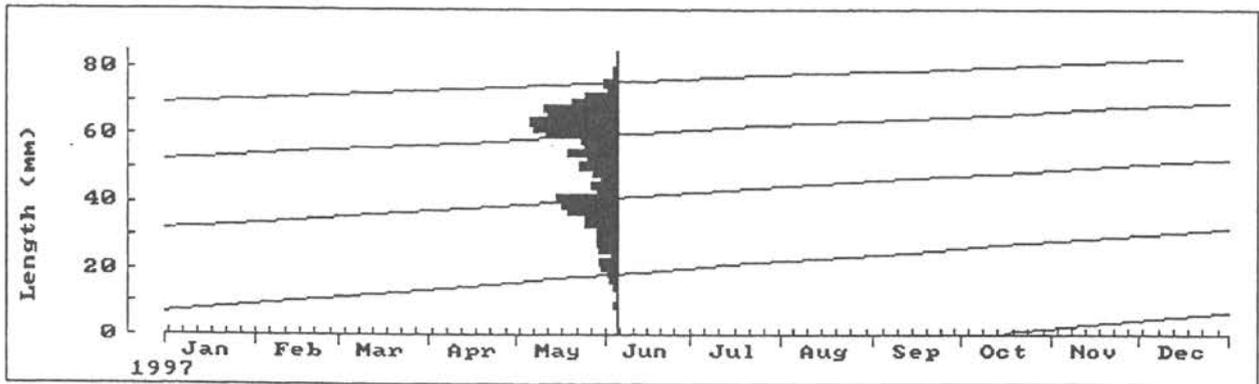


Figura 2 Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Caleta Punta Arenas-Tocopilla obtenida a través del programa ELEFAN I.

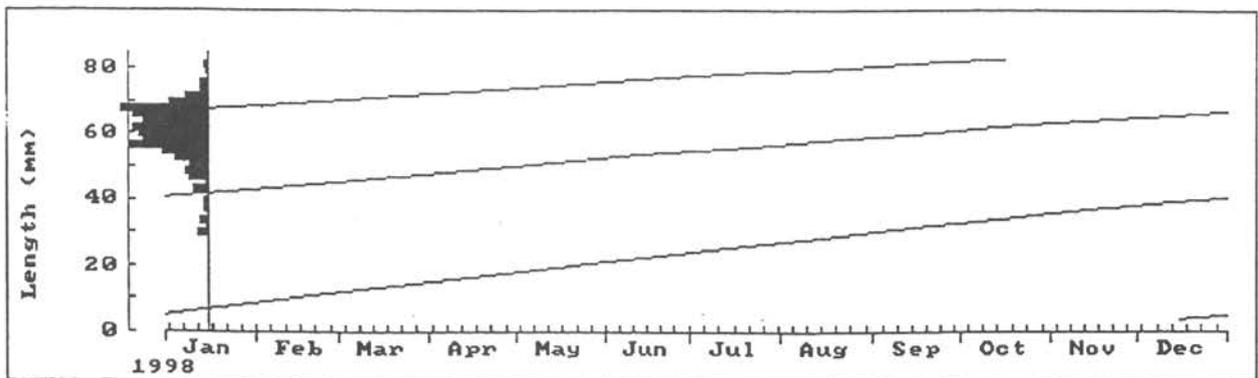


Figura 3. Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Huasco obtenida a través del programa ELEFAN I.

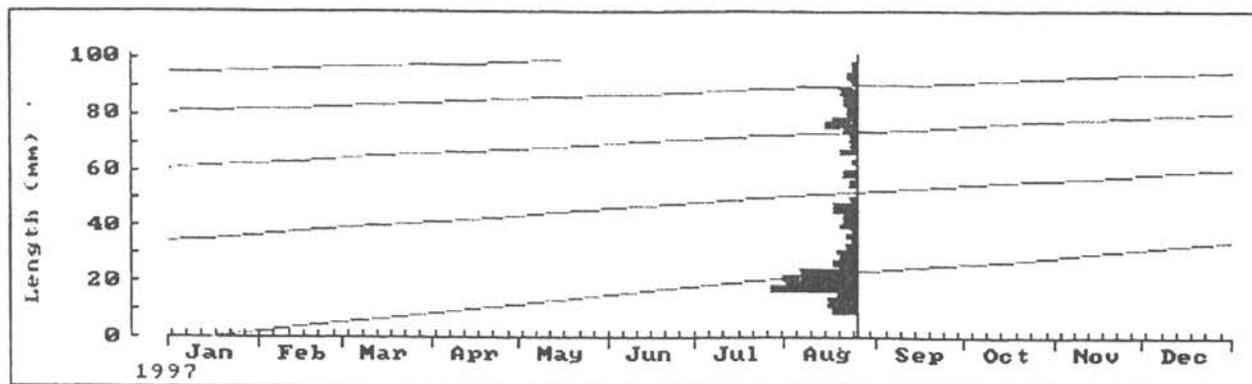


Figura 4. Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Los Vilos obtenida a través del programa ELEFAN I.

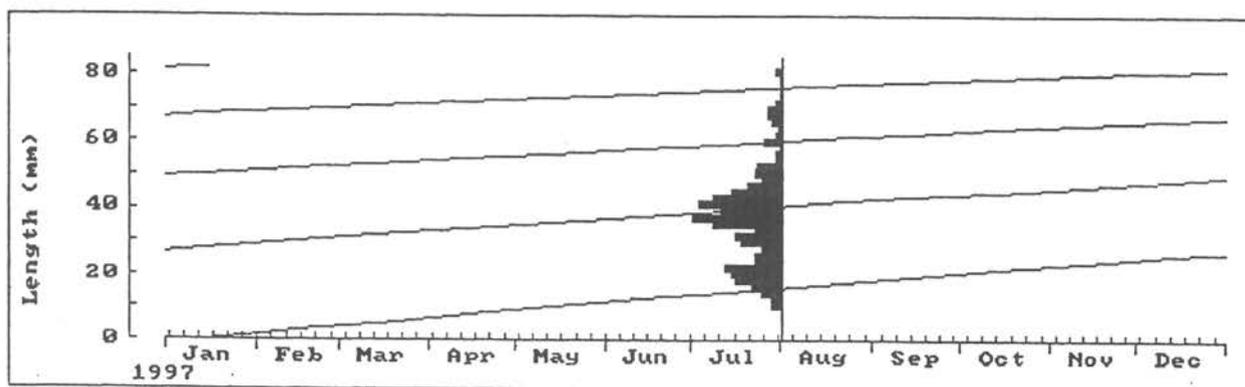


Figura 5. Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Quintay obtenida a través del programa ELEFAN I.

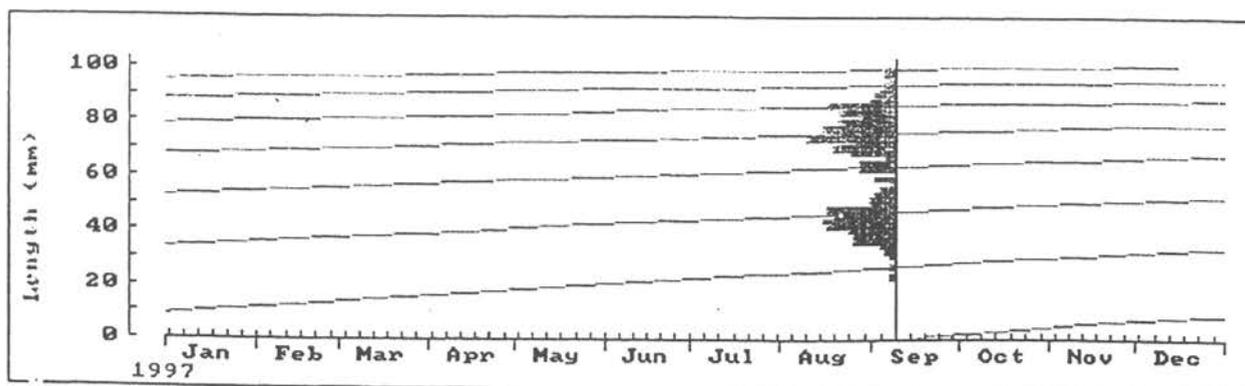


Figura 6 Distribución de frecuencia de talla y estimación de la curva de crecimiento de *L. albus* en Loanco obtenida a través del programa ELEFAN I.