



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 99- 21

INFORME : INVESTIGACION Y MANEJO DE PRADERAS
FINAL DE LUGA EN LA X Y XI REGIONES

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL X Y XI REGIONES

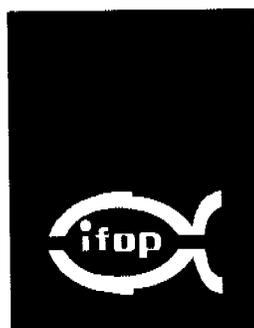
REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA – CIP
Presidente del Consejo : DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO – IFOP
Director Ejecutivo (S) : GUILLERMO MORENO PAREDES

Abril, 2001



JEFE PROYECTO

MARCELA AVILA L.

AUTORES

MARCELA AVILA L.
JULIAN CACERES V.
ARTURO CANDIA P.
HECTOR PLAZA L.
RODRIGO SAN MARTIN
JORGE GONZALEZ Y.
CLAUDIA TORRIJOS K
MARIO NUÑEZ O.
PATRICIO CAMUS C.

Abril, 2001



RESUMEN EJECUTIVO

La luga negra (*Sarcothalia crispata*) es uno de los principales recursos algales productores de carragenanos. Los principales centros de desembarque de este recurso se encuentran en la VIII y X Región, aportando esta última el 55% del desembarque nacional. En estos últimos 10 años, el desembarque nacional de luga negra ha fluctuado entre 9.000 y 26.000 t húmedas, generando retornos en divisas cercanos a los US\$13 millones.

La explotación de luga negra no está regulada por normas específicas y el régimen de acceso a la pesquería es de libertad de pesca. La no-regulación, sumada a la alta demanda existente, tanto para su exportación como para su procesamiento en la industria local de carragenano, ha significado una explotación intensa de los algares o praderas silvestres en los últimos años.

La luga negra posee un ciclo de vida de tres fases reproductivas (gametofito, carposporofito y tetraesporofito), que representan la biomasa cosechable del recurso. Antecedentes fenológicos de estas especies, señalan que las frondas reproductivas están presentes durante todo un ciclo anual con variaciones estacionales de biomasa, densidad de frondas y abundancia de estructuras reproductivas. Uno de los principales mecanismos de propagación de luga negra, en praderas naturales, se basa en la producción y liberación de esporas.

En consideración a lo anterior, el presente informe entrega los resultados de los aspectos reproductivos de esta alga, los cuales contribuirán para



incrementar la información destinada a la administración pesquera de este recurso.

El objetivo general del proyecto es establecer períodos reproductivos y de crecimiento de frondas de luga negra en la X y XI Regiones. Este objetivo se logrará a través de los siguientes objetivos específicos

- Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones.
- Determinación del (los) período (s) de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra en la X y XI Regiones.
- Determinación del (los) período(s) óptimo (s) de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso.

Durante los meses de noviembre y diciembre, se recopiló información sobre extracción de este recurso en SERNAPESCA, de los pescadores artesanales y de las empresas que procesan este recurso, en la X Región. Con la información obtenida se localizaron 2 praderas en la X Región y 2 en la XI Región. Estas praderas fueron prospectadas mediante buceo autónomo se evaluó la biomasa inicial en las cuatro localidades. Posteriormente durante el mes de enero se dio inicio a los muestreos rutinarios que tienen relación con los 3 objetivos específicos del proyecto.

Las localidades seleccionadas para efectuar este estudio son:

En la X región la pradera en Canal Chaiguao (43°08'47" S; 73°29'10" W) e Isla Lagartija (41°49'20" S; 73°16'50" W). En los lugares prospectados se



encontró una abundante densidad de luga negra sobre bolones entre 5 y 12 m y entre 3 y 15m de profundidad respectivamente. Cada pradera se describe y se caracteriza.

En la XI región, se seleccionaron las localidades de Isla Vergara (45°11'50" S; 73°32'15" W) y la segunda, Isla Chaculay (45°18'25" S; 73°34'45" W). Estas praderas se encuentran cercanas a Puerto Aguirre (45° 10 'S; 73°32 W). En ambas praderas se pudo encontrar luga negra sobre sustrato rocoso canto rodado a profundidades entre 1 y 5 m. Cada pradera se describe y se caracteriza.

La distribución y abundancia de estructuras reproductivas en frondas tetraspóricas y cistocárpicas de *Sarcothalia*, mostró un patrón conservativo durante el período de estudio. Se observó diferencias en la densidad de las estructuras reproductivas en cada tipo de fronda, según la distribución latitudinal de las praderas, estación del año y la fase reproductiva. La madurez de las estructuras reproductivas y la producción de esporas en ambas fases, también se mostró como un proceso continuo, que ocurre en la pradera, durante el período estudiado, salvo en aquellos meses en que las frondas redujeron su biomasa a nivel del disco adherente.

Lo anterior, es importante para propósitos de medidas de administración de este recurso natural, en lo que respecta a cosecha y resultaría preferible, determinar un tamaño mínimo, en lugar de recomendar la cosecha de una parte determinada de la fronda.

Al analizar la información sobre el número de estructuras reproductivas por fase y la producción de esporas por soro y cistocarpo, se observa que hay un número más elevado de soros por fronda que de cistocarpos por



fronda, existiendo diferencias a nivel del tamaño de cada tipo de estructura reproductiva, lo que lleva a que la producción de esporas sea mayor en los cistocarpos, que en los soros tetrasporangiales.

En términos globales, el número de cistocarpos y de soros por cm^2 , fue significativamente mayor en la X Región que en la XI Región, y además se registró un número significativamente más alto de soros que de cistocarpos, tendencia que se mantiene de forma consistente entre ambas regiones. El nivel de esporulación de los cistocarpos es aproximadamente el doble de los soros, durante todo el año e independientemente de las fluctuaciones.

La biomasa (standing stock) mostró diferencias significativas entre las regiones X y XI, esta última presenta una mayor biomasa en promedio, globalmente se registraron diferencias entre todas las estaciones. Las praderas de la X Región muestran en promedio un mínimo en primavera y un máximo en verano, mientras las de la XI Región presentan un mínimo en invierno pero manteniendo un máximo en verano aunque mucho mayor, observándose una estacionalidad más acentuada.

Notablemente, la densidad de frondas mostró prácticamente las mismas diferencias estadísticas, niveles y tendencias estacionales que las observadas para biomasa, mayor densidad promedio en la XI Región que en la X Región, con una estacionalidad más marcada en la última.

Las tetrásporas y carpósporas de *Sarcothalia*, se mostraron viables y germinaron, en todas aquellas estaciones donde se encontró esporas maduras. En general, aunque se observaron diferencias al nivel de Región, pradera y estación del año, gran parte de las esporas viables,



germinaron, demostrando con esto que en cada una de las praderas estudiadas de esta especie, existe una alta potencialidad de propagación por esporas.

Lo más relevante, al comparar los patrones de viabilidad y germinación de carpósporas y de tetrásporas, es la diferencia entre las regiones. En praderas de la X Región, se observó un comportamiento similar de tetrásporas y de carpósporas, tanto en niveles cuantitativos como en su tendencia temporal, mientras que en la XI Región, las carpósporas no sólo muestran una mayor viabilidad y germinación, que las tetrásporas, sino que además exhiben una falta de correspondencia entre su viabilidad, que se observó fluctuante y su germinación, que se observó relativamente constante. Las diferencias observadas entre regiones sugieren, que tanto la viabilidad como la germinación de carpósporas y de tetrásporas, pueden ser susceptibles a la variación climática latitudinal, por lo cual el manejo poblacional de *S. crispata*, debería efectuarse, en principio, con una perspectiva regionalizada.

Sin embargo, resulta muy importante y es indudablemente necesario tener un conocimiento adicional sobre la contribución de las esporas en la presencia, mantención y fluctuación poblacional de *Sarcothalia*, con relación a otros mecanismos, como la producción de frondas a partir de los discos de adhesión, a fin de establecer cuanto influye realmente la variación temporal del comportamiento de las esporas en los niveles de biomasa poblacional (standing stock) o cosechable (standing crop).

En general el tamaño de las plantas de *Sarcothalia* muestra diferencias estadísticas entre regiones, con frondas más grandes en la X Región que en la XI Región, y entre las praderas dentro de cada región, la principal



variación esta dada por las praderas de la X Región. En esta última la longitud de las frondas es máxima en verano y decrece progresivamente hasta la primavera, mientras que en la XI Región es máxima tanto en verano como en primavera y exhibe un mínimo claro en invierno, mostrando una clara estacionalidad.

Se realizó un análisis del esfuerzo reproductivo de plantas individuales en función del tamaño (biomasa). Globalmente el esfuerzo, estimado como número de estructuras reproductivas por unidad de masa de fronda, presenta un patrón similar en todas las praderas y a través de todas de las estaciones. Los máximos de esfuerzo reproductivo están generalmente asociados a plantas pequeñas, mientras que las plantas mayores son en general poco variables y con un nivel de esfuerzo bajo. Esto sugiere que para efectos de manejo se debe evitar la extracción de frondas menores de un cierto tamaño, ya que estas son las que pueden efectuar un esfuerzo más alto y se conservaría así el potencial para mantener a la población.

Las diferencias reproductivas entre las regiones estarían indicando que la distribución de las praderas, en sentido latitudinal, condicionaría la potencialidad reproductiva al nivel de fases en *Sarcothalia*, situación que está evidenciando que los efectos latitudinales serían importantes de considerar para propósitos de manejo de esta especie.

De acuerdo a los análisis realizados, se propone como estrategia de manejo general para las praderas de luga negra, que la cosecha se efectúe antes de las podas naturales, iniciando la actividad en el mes de mayor biomasa total (verano), manteniendo una biomasa crítica. Esta estrategia debería compatibilizar la máxima producción en biomasa – con



el desempeño reproductivo de las praderas. De acuerdo a lo anterior, la cosecha óptima se lograría concentrando la actividad desde diciembre a marzo, utilizando tasas de remoción medias (TR 60%), que permitan que se cumpla con la liberación de esporas, con una baja pérdida de potencial explotable.

La estrategia anterior, debiera ir acompañada de una remoción selectiva a la talla de las frondas, estableciendo como talla mínima de cosecha los 20 cm, selectividad que no afecta de forma significativa el rendimiento de las cosechas, considerando su bajo aporte de acuerdo a la relación talla-peso.

La incorporación de una talla mínima, permite no restringir las tasas de remoción, por cuanto medidas como establecer cuotas de captura (niveles de cosecha), no tendrían un efecto práctico, dado que las praderas decrecen en su biomasa de forma natural a los mismos niveles alcanzados bajo un sistema de explotación selectivo; sin restricción de esfuerzo y concentrada en los meses de verano.

Se debe mencionar, que esta propuesta tiende a optimizar el proceso de producción de las cosechas, no integrando información del funcionamiento del sistema extractivo – proceso, por cuanto a priori, el establecer un único mes de cosecha (o veda extractiva), podría no ser conveniente, al no considerar los procesos asociados a la capacidad de remoción de los agentes extractivos, la secuencia de secado, transporte y proceso del recurso, aspectos que debieran ser puntualmente evaluados, a fin de contar con un plan sectorizado e integral de manejo. Lo anterior implica analizar la factibilidad de implementación de medidas, de forma tal que no



genere problemas en el sector de proceso, ya que esto repercutiría indudablemente sobre el sector extractor.

Por último, se debiera destinar esfuerzos para evaluar las capacidades de regeneración a partir de discos y reclutamiento de esporas, para lo cual resulta necesario realizar estudios demográficos generacionales de mediano plazo.

El esquema propuesto debe incorporar a los pescadores y las empresas que explotan el recurso, dentro de un plan de administración general de praderas, con la aplicación de una época de cosecha y tasa de remoción que deberá ser usada por los agentes extractores.



ÍNDICE GENERAL

Resumen Ejecutivo	i
Indice General	ix
Indice de Tablas y Figuras	xiv
1. Objetivos	1
1.1 Objetivo General	1
1.2 Objetivos Específicos	1
2. Antecedentes	1
2.1 Biológicos	1
2.2 Pesqueros	4
3. Metodología de Trabajo	7
3.1 Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones	7
a) Ciclo reproductivo de la luga negra en algares silvestres de la X y XI Regiones (época de maduración y liberación de carpósporas y tetrásporas)	7
a.1) Abundancia y tamaño de frondas reproductivas	8
a.2) Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas maduras	9
a.3) Maduración de estructuras reproductivas y liberación de esporas	11
a.4) Viabilidad y Germinación de esporas	14
a.5) Esfuerzo Reproductivo	15
a.6) Relación entre fecundidad y tamaño (biomasa) de frondas	16
	ix



b) Estimación del crecimiento de frondas secundarias y los períodos de máxima producción de biomasa.	17
b.1) Crecimiento de frondas secundarias	17
b.2) Período de máxima biomasa	18
b.3) Crecimiento vegetativo	20
3.2 Determinación del (los) períodos de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra en la X y XI Regiones.	22
a) Reconocimiento de praderas de importancia comercial	21
b) Caracterización de las praderas	23
c) Evaluación inicial de la biomasa	24
d) Determinación de biomasa reproductiva de luga negra en la X y XI Regiones	27
3.3 Determinación del período óptimo de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso.	29
Enfoque metodológico	29
3.3.1 Dinámica de las praderas	31
3.3.2 Evaluación de estrategias	36
3.3.3 Período de cosechas	37
3.3.4 Estructura de tallas de la actividad extractiva	39
Análisis estadístico	40



4. Resultados.	43
4.1 Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones	43
a) Ciclo reproductivo de la luga negra en algares silvestres de la X y XI Regiones (época de maduración y liberación de carpósporas y tetrásporas)	43
a.1) Abundancia y Tamaño de frondas reproductivas	43
a.2) Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas maduras	44
a.3) Maduración de estructuras reproductivas y liberación de esporas	52
a.4) Viabilidad y Germinación de esporas	55
a.5) Esfuerzo reproductivo	60
a.6) Relación entre fecundidad y tamaño (biomasa) de frondas	61
b) Estimación del crecimiento de frondas secundarias y los períodos de máxima producción de biomasa.	64
b.1) Crecimiento de frondas secundarias	64
b.2) Período de máxima biomasa	65
b.3) Crecimiento vegetativo	66
4.2 Determinación del (los) períodos de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra en la X y XI Regiones.	68
a) Reconocimiento de praderas de importancia comercial	68
b) Caracterización de las praderas	70
b.1) Pradera de Canal Chaiguao (X Región)	70
b.2) Pradera de Isla Lagartija (X Región)	70
b.3) Pradera de Isla Vergara (XI Región)	71



b.4) Pradera de Isla Chaculay (XI Región)	71
c) Evaluación inicial de la biomasa	73
c.1) Pradera de Canal Chaiguao (X Región)	73
c.2) Pradera de Isla Lagartija (X Región)	75
c.3) Pradera de Isla Vergara (XI Región)	77
c.4) Pradera de Isla Chaculay (XI Región)	79
d) Determinación de biomasa reproductiva de luga negra en la X y XI Regiones	81
d.1) Pradera de Isla Lagartija	81
d.2) Pradera de Canal Chaiguao	83
d.3) Pradera de Isla Vergara	86
d.4) Pradera de Isla Chaculay	88
Análisis estadístico global de biomasa	90
Análisis estadístico de biomasa por fase	90
Análisis estadístico global de densidad	92
Análisis estadístico de la densidad por fase	93
Análisis estadístico de longitud	95
Análisis estadístico de las frecuencias de tallas por fase reproductiva	97
4.3 Determinación del (los) período óptimo (s) de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso.	98
a) Antecedentes para la formulación de la propuesta de cosecha	98
b) Consideraciones para el manejo de praderas de Luga	100
c) Dinámica de las praderas	102
c.1) Crecimiento en talla y peso	102



c.2) Tasa de cambio en densidad: mortalidad- generación natural	103
c.3) Proyección poblacional de las praderas	103
d) Evaluación de estrategias	105
d.1) Definición de criterios de explotación e indicadores poblacionales	105
d.2) Estrategias de manejo	106
d.3) Escenarios de manejo	108
d.4) Consideraciones a la evaluación de escenarios	112
e) Propuestas para la implementación de las medidas de manejo	120
f) Período de cosecha	121
g) Estructura de tallas de la actividad extractiva	126
5. Discusión y conclusiones	127
6. Referencias	134

Anexos

- Anexo Figuras
- Anexo 1 "Esfuerzo reproductivo y relación entre fecundidad y tamaño"
- Anexo 2 "Taller: Bases para la implementación de medidas de
protección para la luga negra (*Sarcothalia crispata*).
- Anexo3 " Observaciones al tipo de sustrato y la resistencia de los
discos de *Sarcothalia crispata*".
- Anexo Archivos base de datos



INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Análisis de Varianza (ANDEVA, 5 vías) de los datos de densidad de soros tetrasporangiales y cistocarpos y su distribución en orientación margen-centro-margen en la fronda de *Sarcothalia* (Factores: 1-Región, 2-Pradera, 3-Estación, 4-Fase, 5-Ubicación). 44

Tabla 2. Análisis de Varianza (ANDEVA, 4 vías) de los datos de densidad de soros y cistocarpos y su distribución en orientación ápice a base de la fronda de *Sarcothalia* (Factores: 1-Región, 2- Pradera, 3-Estación, 4-Fase, 5, Posición). 46

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANDEVA, 4 vías) del número de soros tetrasporangiales y de cistocarpos maduros por cm². Modelo fijo de 4 vías con anidamiento (Factores: 1-Región, 2- Pradera, 3-Espora, 4-Estación). 50

Tabla 4. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 5 vías con anidamiento) de los porcentajes de esporulación de cistocarpos y de soros tetrasporangiales, obtenidos en las 4 praderas (Factores: 1-Región, 2-Pradera, 3-Estación, 4-Fase). 51

Tabla 5. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), de la producción de carpósporas y de tetrásporas por ambas fases reproductivas en las 4 praderas (Factores: 1-Región, 2-Pradera, 3-Estación, 4-Fase). 54



- Tabla 6.** Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), de los porcentajes de viabilidad de carpósporas y de tetrásporas de las 4 praderas (Factores: 1-Región, 2- Pradera, 3-Estación, 4-Espora). 56
- Tabla 7.** Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), de los porcentajes de germinación de carpósporas y de tetrásporas de las 4 praderas (Factores: 1-Región, 2- Pradera, 3-Estación, 4-Espora). 58
- Tabla 8.** Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Lagartija, X Región. 61
- Tabla 9.** Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Canal Chaiguao, X Región. 61
- Tabla 10.** Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Vergara, XI Región. 61
- Tabla 11.** Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Chaculay, XI Región. 61
- Tabla 12.** Proyección mensual de biomasa total para cada una de las praderas en estudio. 65
- Tabla 13.** Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 2 vías con anidamiento), de las tasas de crecimiento de las frondas vegetativas para los rangos de talla 5-14 cm; 15-24 cm; 25-35 cm en las cuatro praderas en estudio, en donde $p < 0.05^*$. 66



Tabla 14. Lugares de desembarque de luga negra en la X Región.

Tabla 15. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Canal Chaiguao X Región 71

Tabla 16. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Isla Lagartija, X Región. 73

Tabla 17. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Isla Vergara, XI Región. 75

Tabla 18. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Isla Chaculay, XI Región. 77

Tabla 19. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento), para la biomasa de las praderas de la X y XI Regiones (Factores: 1-Región; 2-Pradera; 3-Estación). 87

Tabla 20. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), para la biomasa de las fases reproductivas de las praderas estudiadas en la X y XI Regiones (Factores: 1-Región; 2-Pradera; 3-Estación; 4-Fase). 89

Tabla 21. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento), para la densidad de las praderas de la X y XI Regiones (Factores: 1-Región; 2-Pradera; 3-Estación). 90

Tabla 22. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), para la densidad de las fases reproductivas de las praderas



estudiadas en la X y XI Regiones (Factores: 1-Región; 2-Pradera; 3-Estación; 4-Fase). 92

Tabla 23. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento), para la longitud de las frondas de las praderas estudiadas en la X y XI Regiones (Factores: 1-Región; 2-Pradera; 3-Estación). 93

Tabla 24. Proyección poblacional relativa en número de frondas de luga negra para la pradera de Isla Chaculay; m (tasa de cambio), k (tasa de crecimiento), a y b (parámetros gravimétricos). 111

Tabla 25. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente (%) para la localidad de Isla Chaculay, bajo tasa y tallas de remoción e inicio de cosechas variables. 113

Tabla 26. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente (%) para la localidad de Isla Vergara, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosecha variable. 114

Tabla 27. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente (%) para la localidad de Isla Lagartija, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables. 115

Tabla 28. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente (%) para la localidad de Canal Chaiguao, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables. 116



Tabla 29. Biomasa promedio (g/m^2) estacional de frondas podadas a 5 cm del estipe del disco de *Sarcothalia crispata*, para las 4 localidades en estudio. 120

Tabla 30. Biomasa promedio (g/m^2) estacional de frondas podadas en la base del estipe del disco de *Sarcothalia crispata*, para las 4 localidades en estudio. 120

Tabla 31. Recuperación de biomasa (largo de la fronda, cm) para las cosechas realizadas en verano. 121

Tabla 32. Recuperación de biomasa (largo de la fronda, cm) para las cosechas realizadas en otoño. 121

Tabla 33. Recuperación de biomasa (largo de la fronda, cm) para las cosechas realizadas en invierno. 122

Tabla 34. Recuperación de biomasa (largo de la fronda, cm) para las cosechas realizadas en primavera. 122

Tabla 35. Número promedio de reclutas encontrados en los resultados instalados para cada localidad. 123

Tabla 36. Número promedio de reclutas por cm^2 para cada localidad. 123



FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Lagartija, X Región.

Figura 2. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Canal Chaiguao, X Región.

Figura 3. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Vergara, XI Región.

Figura 4. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Chaculay, XI Región.

Figura 5. Promedio mensual ($\pm ee$) entre enero y noviembre del 2000, de estructuras reproductivas, peso y área de frondas cistocárpicas, en cuatro praderas de *S. crispata*: a. Isla Lagartija, b. Canal Chaiguao, c. Isla Vergara, d. Isla Chaculay.

Figura 6. Promedio mensual ($\pm ee$) entre enero y noviembre del 2000, de estructuras reproductivas, peso y área de frondas tetraspóricas, en cuatro praderas de *S. crispata*: a. Isla Lagartija, b. Canal Chaiguao, c. Isla Vergara, d. Isla Chaculay.

Figura 7. Variación de la densidad de estructuras reproductivas, como datos agrupados, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en sentido longitudinal y de orientación margen-centro-margen, en las praderas de la X Región (a) y de las praderas de la XI Región (b).



Figura 8. Variación de la densidad de soros (a) y de cistocarpos (b), como datos agrupados de todas las praderas, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en sentido longitudinal y de orientación margen-centro-margen.

Figura 9. Variación de la densidad de soros (a) y de cistocarpos (b), como datos agrupados de todas las praderas, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en orientación ápice a base de la fronda.

Figura 10. Variación de la densidad de estructuras reproductivas, como datos agrupados y en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en orientación ápice a base de la fronda, en las praderas de la X Región (a) y en las praderas de la XI Región (b).

Figura 11. Fluctuaciones mensuales (\pm ee) entre enero y noviembre del 2000, de los promedios de abundancia de cistocarpos en frondas de *S. crispata*, en las praderas de Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

Figura 12. Fluctuaciones mensuales (\pm ee) entre enero y noviembre del 2000, de los promedios de abundancia de soros tetrasporangiales en frondas de *S. crispata*, en las praderas de Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

Figura 13. Fluctuaciones estacionales durante el año 2000, del número de soros y de cistocarpos de *S. crispata* con datos agrupados de praderas de la X Región (a) y de la XI Región (b).



Figura 14. Tendencia en el número de soros y cistocarpos en la X y XI Región. Interacción entre tipo de esporas y Región.

Figura 15. Porcentaje promedio de cistocarpos y de soros tetrasporangiales esporulados por estación en praderas de la X Región (a) y en praderas de la XI Región (b).

Figura 16. Número promedio de esporas producidas por cistocarpos y soros tetrasporangiales esporulados por estación en praderas de la X Región (a) y en praderas de la XI Región (b).

Figura 17. Porcentajes promedios de la viabilidad de tetrásporas y carpósporas, en diferentes estaciones del año 2000, en Isla Lagartija (a); Canal Chaiguao (b); Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

Figura 18. Porcentajes promedios (\pm ee.) de la germinación de tetrásporas y carpósporas, en diferentes estaciones del año, en Isla Lagartija (a); Canal Chaiguao (b); Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

Figura 19. Variación estacional en la tasa de crecimiento ($\text{cm d}^{-1} \pm \text{ee}$) de frondas secundarias en Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

Figura. 20. Variación estacional de la tasa de crecimiento promedio ($\text{cm d}^{-1} \pm \text{ee}$), en las praderas de Isla Lagartija y Canal Chaiguao, X Región.

Figura 21. Variación estacional de la tasa de crecimiento promedio ($\text{cm d}^{-1} \pm \text{ee}$), en las praderas de Isla Vergara e Isla Chaculay, XI Región.



Figura 22. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000 en la pradera de Isla Lagartija. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

Figura 23. Variación de la densidad mensual ($\text{ind/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Lagartija. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo

Figura 24. Variación mensual de la biomasa (%) en la pradera ubicada en la Isla Lagartija, X Región.

Figura 25. Variaciones mensuales (%) de las fases gametofítica y esporofítica, correspondientes a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en la Isla Lagartija. Después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

Figura 26. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata* separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera de Isla Lagartija, X Región.

Figura 27. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y diciembre del 2000, en la pradera de Canal Chaiguao. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

Figura 28. Variación de la densidad mensual ($\text{ind/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y diciembre del 2000, en la pradera de Canal Chaiguao. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo



Figura 29. Variación mensual de la biomasa (%) en la pradera ubicada en canal Chaiguao, X Región.

Figura 30. Variaciones mensuales (%) de las fases gametofítica y esporofítica, correspondientes a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Canal Chaiguao. Después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

Figura 31. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata* separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera de Canal Chaiguao, X Región.

Figura 32. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Vergara. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

Figura 33. Variación de la densidad mensual ($\text{ind/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Vergara. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo

Figura 34. Variación mensual de la biomasa (%) en la pradera ubicada en Isla Vergara, XI Región.

Figura 35. Variaciones mensuales (%) de las fases gametofítica y esporofítica, correspondientes a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Isla Vergara. Después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.



Figura 36. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata* separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera de Isla Vergara, XI Región.

Figura 37. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Chaculay. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

Figura 38. Variación de la densidad mensual ($\text{ind/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Chaculay. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo

Figura 39. Variación mensual de la biomasa (%) en la pradera ubicada en Isla Chaculay, XI Región.

Figura 40. Variaciones mensuales (%) de las fases gametofítica y esporofítica, correspondientes a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Isla Chaculay. Después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

Figura 41. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata* separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera de Isla Chaculay, XI Región.

Figura 42. Variación de la biomasa húmeda (g m^{-2}) como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI Región.



Figura 43. Variación de la biomasa por fase reproductiva, como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X Región (a) y XI Región (b).

Figura 44. Variación de la densidad (fronda m^{-2}), como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI Región.

Figura 45. Variación de la densidad de frondas por fase reproductiva, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X Región (a) y XI Región (b).

Figura 46. Variación de la longitud de plantas como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI Región.

Figura 47. Variación mensual en biomasa y densidad observada de las praderas de luga negra de Lagartija y Chaiguao, y su ajuste en biomasa estimada.

Figura 48. Variación mensual en biomasa y densidad observada de las praderas de luga negra de Isla Vergara, Lagartija y Chaculay, y su ajuste en biomasa estimada.

Figura 49. Crecimiento de frondas vegetativas por rango de tallas, para las localidades de Isla Vergara e Isla Chaculay, XI Región.

Figura 50. Tasas de crecimiento en longitud de tallas, para la pradera de Isla Chaculay.



Figura 51. Tasas de crecimiento en peso por rango de tallas, para la pradera de Isla Chaculay.

Figura 52. Relación longitud total – peso total de frondas de luga negra para Isla Chaculay.

Figura 53. Tasas de cambio mensual en densidad global. Mortalidad, generación de frondas en Isla Chaculay.

Figura 54. Evaluación del efecto del mes de inicio, tasa de remoción y selectividad a la talla sobre las cosechas, biomاسas y densidad remanente, para la pradera de Isla Chaculay.

Figura 55. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Chaculay. S/e= Sin extracción; Tr. opt= Maximización de cosechas y Tr. 60%= Tasa de remoción 60%.

Figura 56. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Vergara. S/e= Sin extracción; Tr. opt= Maximización de cosechas y Tr. 60%= Tasa de remoción 60%.

Figura 57. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Lagartija. S/e= Sin extracción; Tr. opt= Maximización de cosechas y Tr. 60%= Tasa de remoción 60%.

Figura 58. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Chaiguao. S/e= Sin extracción; Tr. opt= Maximización de cosechas y Tr. 60%= Tasa de remoción 60%.



Figura 59. Discos remanentes de luga negra (*Sarcotalia crispata*), adheridos a bolones, en pradera de Chaiguao, X Región. Muestreo de junio. a). Talos de pequeño tamaño, inferiores a 1 cm ($\hat{\uparrow}$). B). Inicio de talos de luga negra ($\hat{\uparrow}$).

Figura 60. Biomasa promedio de *S. crispata* (g/m^2) cosechada estacionalmente empleando los dos tipos de poda: a 5 cm y en la base del estipe, para las cuatro praderas en estudio.

Figura 61. Talos pequeños de *S. crispata*, que permanecen adheridos al sustrato durante la época de biomasa mínima.

Figura 62. Distribución de frecuencia (%) por categoría de talla (cm) en *S. crispata* provenientes de las localidades de Quemchi (a) y Canal Chaiguao (b), X Región.



1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Establecer períodos reproductivos y de crecimiento de frondas de luga negra en la X y XI Regiones.

1.2 Objetivos específicos

1.2.1 Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones.

1.2.2 Determinación del (los) período (s) de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra en la X y XI Regiones.

1.2.3 Determinación del (los) período(s) óptimo (s) de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso.

2. ANTECEDENTES

2.1 BIOLÓGICOS

Sarcothalia crispata (Bory) Leister, junto a *Gigartina skottsbergii* Setchell & Gardner, son las algas rojas de mayor importancia económica en la producción de carrageninas, conocidas comúnmente como "lugas" ("luga negra" y "luga roja") respectivamente (Ávila & Seguel, 1993; Norambuena, 1996; Bixler, 1996).



La especie *Sarcothalia crispata* (ex *Iridaea ciliata*) es un alga roja laminar que puede alcanzar un tamaño de hasta 1,5 m de longitud, se distribuye desde el intermareal inferior hasta el submareal, a profundidades de 10 m, y crece sobre sustratos rocosos. La planta es de color rojo púrpura a pardo rojizo, también se encuentran ejemplares en los canales de la XI Región de color pardo amarillento, esta constituida por una o dos láminas con un estipe carnoso y se adhiere al sustrato por un disco pequeño. En la base posee pequeñas proliferaciones que semejan cilios. Las frondas adultas presentan bordes irregulares y en algunos casos muestran perforaciones.

El género *Iridaea* se distribuye principalmente en regiones templado-frías del Pacífico americano, y se extiende por el norte hacia Japón; también está presente en el sur este del Atlántico y la Zona Antártica, Australia y Nueva Zelanda (Hannach & Waaland, 1986). En Chile, de las doce especies descritas sólo tres son de importancia económica: *Mazzaella laminarioides* (ex *Iridaea laminarioides*) "luga cuchara o yapín", ocurre en el intermareal desde Valparaíso hasta Tierra del Fuego. *Sarcothalia crispata* (ex *Iridaea ciliata*), "luga negra" ocurre desde el intermareal hasta el submareal formando praderas extensas, tiene una distribución endémica en las costas templado-frías del centro-sur de Chile y de acuerdo a la literatura distribuye desde Valparaíso hasta el Estrecho de Magallanes (Ramírez & Santelices, 1991; Hoffmann & Santelices, 1997). *Mazzaella membranaceae* (ex *Iridaea membranaceae*), "luga", que se encuentra en la zona intermareal desde Valparaíso hasta Canal de Chacao (Red Algas Marinas 1990; Ramírez y Santelices 1991, Hommersand et al, 1993).

El ciclo de vida de *Sarcothalia crispata* es isomórfico (Candia y Poblete 1981; Candia, 1983), es decir las fases tetrasporofítica, gametofítica y cistocárpica son morfológicamente similares. Sin embargo existen diferencias importantes en el tipo de compuestos químicos que almacenan estas fases. La fase haploide



(gametofitos) de esta especie produce principalmente carragenanos del tipo kappa y la fase diploide (esporofitos) produce principalmente carragenanos del tipo lambda, los cuales tienen diferentes aplicaciones en la industria.

Estudios poblacionales indican que la abundancia es regulada principalmente por dos mecanismos: capacidad de regeneración de los discos y recolonización a partir de esporas (Santelices 1989b; Ávila et al. , 1994). Las poblaciones tienen un patrón de comportamiento similar en abundancia. La biomasa se incrementa durante la primavera y el verano y luego decae iniciado el otoño e invierno. Algunos estudios realizados en praderas naturales de este recurso han aportado antecedentes de las variaciones estacionales de biomasa y de los cambios fenológicos de las poblaciones en la zona central de Chile (en Bahía Concepción, y Ensenada Reque) y en la X Región (Calbuco, Guapilinao) ubicado en el mar interior en el Golfo de Ancud (Hannach & Santelices, 1985; Poblete et al., 1985; SERPLAC, 1985; Westermeier & Chávez, 1996; Ávila et al. , 1994).

La distribución y abundancia local de este recurso puede limitarse por herbívoros (SERPLAC 1985; Buschmann et al., 1991) y por la disponibilidad de sustrato (SERPLAC 1985; Santelices, 1989) principalmente. Los herbívoros son capaces de reducir drásticamente la abundancia de discos de fijación de luga negra en ambientes intermareales y por otra parte la falta de sustrato limita la distribución espacial lo que no permitiría una expansión del tamaño de las praderas.

Estudios sobre la fenología reproductiva de este recurso realizados en la X Región, Guapilinao (Golfo de Ancud) indican que el comportamiento de las fases reproductivas es estacional, donde los máximos valores de densidad precedieron a los máximos de biomasa. Se encontraron altas densidades de frondas pequeñas bajo el dosel de las frondas mayores. Se demostró además que, existe



un desfase en la maduración de las frondas: las frondas esporofíticas maduran antes que las cistocárpicas. Esto difiere a los resultados encontrados en praderas de la VIII Región donde la mayor abundancia de la fase cistocárpica ocurre en verano, mientras las frondas tetraspóricas fueron más abundantes desde el verano al otoño.

Estudios realizados sobre reclutamiento natural de praderas de este recurso (Ávila et al., 1996) indican que este se inicia en verano y se extiende hasta el invierno. Durante los meses de otoño e invierno coincide con una mayor frecuencia de frondas reproductivas.

Estudios efectuados sobre la caracterización de praderas de este recurso indican que se encuentran ejemplares de tamaños mayores (sobre 80 cm) hacia la zona sur de la Isla de Chiloé, en localidades como Lemuy, Tabón y Melinka (Westermeyer et al. , 1996). Mientras que en la zona norte de la misma, en la localidad de paso Corvino (Calbuco), se encuentran abundantes ejemplares de tamaño inferior a 1cm y los ejemplares de mayor tamaño no sobrepasan los 90 cm (Datos no publicados).

Los antecedentes que existentes sobre estudios realizados en diferentes localidades de la X Región en este recurso se usaron de base para este estudio.

2.2 PESQUEROS

De acuerdo a las estadísticas de desembarque del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA, 1999), la especie *Sarcothalia crispata*, comenzó a ser explotada desde 1975 y desde este año a la fecha los desembarques denominados como "luga" han involucrado a más de una especie, durante 1999 fueron de 23.099 t húmedas.



En las estadísticas de desembarque esta especie se denomina como *Iridaea* spp., involucrándose con este nombre además a otras especies de Gigartinaceae que se explotan comercialmente, como *Mazzaella laminarioides* (= *Iridaea laminarioides*) y *Mazzaella membranacea* (= *Iridaea membranacea*), todas ellas conocidas con el nombre vernacular de "lugas". Al no existir una referencia clara en la producción y desembarques de cada una de estas especies, existe gran dificultad para conocer con exactitud el volumen de desembarque y el exportado, de los distintos recursos involucradas bajo el nombre de "lugas".

Las principales áreas de explotación y desembarques de *Sarcothalia*, se localizan en la X Región (66%) y en la VIII Región (28%). El precio por kilo de alga en playa varía desde \$20 a \$60 y el valor de la tonelada para exportación es de aproximadamente U\$ 1000/t promedio. El mayor volumen de desembarque nacional de luga negra se concentra en la X Región (SERNAPESCA, 1999). El método de cosecha de esta alga es manual en el intermareal durante las mareas bajas y mediante buceo "hooka" en el submareal.

El destino de los desembarques de luga es exportación como materia prima a plantas de proceso extranjeras y parte del desembarque es procesado en Chile por las plantas de proceso nacionales. Existen en Chile 4 plantas que procesan algas carragenófitas: Extractos Naturales GELMAR, DANISCO CULTOR Chile S.A., Algas Marinas ALGAMAR y Industrias Com. COBRA S.A. con una capacidad instalada de 3.000 t. Existe una demanda creciente por la materia prima *Sarcothalia crispata*, por parte de las plantas de proceso nacional, así también por las empresas exportadoras, lo que se refleja en el incremento de los desembarques en ambas regiones, en el tiempo. Esta situación parece estar afectando las áreas de explotación o cosecha habituales, disminuyendo su



producción, situación que no se refleja en los desembarques, debido a que se está sumando nuevas áreas de extracción, con mayor énfasis en la X Región, cabe destacar que el desembarque no refleja la extracción de luga negra en la XI Región puesto que es desembarcada en el Puerto de Quellón.

La cosecha de *S. crispata*, si bien puede ocurrir durante todo el año, es estacional, en la VIII y X Región se inicia en el mes de Octubre y finaliza aproximadamente en Abril de cada año, ocurriendo variaciones de acuerdo a las condiciones climáticas.

Las plantas de proceso productoras de carrageninas tienen 9 años de existencia. Su producción se ha incrementado desde 26 t en 1986 hasta 2.921 t de carrageninas en el 2000, lo que significó un ingreso de divisas para el país de US\$ 22 millones, además se exportó un volumen de 1.142 t de alga seca, obteniendo ingresos por un total de MUS\$ 1.024.



3. METODOLOGIA DE TRABAJO

3.1. Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones

Para caracterizar el comportamiento reproductivo de luga negra en la X y XI Regiones se iniciaron los muestreos regulares en el mes de enero del 2000 en 2 praderas de la X Región y 2 praderas de la XI Región. Para la selección de las praderas se recopiló información de pescadores artesanales, de las industrias que están explotando este recurso y se utilizó información de desembarque del IFOP. Además se consideró el acceso a fin de poder obtener muestras durante todo el período de estudio. Estos muestreos se efectuaron mensualmente.

Las praderas seleccionadas corresponden a:

- ◆ Pradera Isla Lagartija (41° 49' 20" S; 73° 16' 50" W)
- ◆ Pradera Canal Chaiguao (43° 08' 47" S; 73° 29' 10" W)
- ◆ Pradera Isla Vergara (45° 11' 50" S; 73° 32' 15" W)
- ◆ Pradera Isla Chaculay (45° 18' 25" S; 73° 34' 45" W)

a) Ciclo reproductivo de la luga negra en algares silvestres de la X y XI Regiones (época de maduración y liberación de carpósporas y tetrásporas).

Para establecer el ciclo reproductivo de la luga negra y evaluar la época de maduración de carpósporas y tetrásporas en *Sarcothalia crispata*, se midieron los siguientes parámetros:



- a.1) abundancia y tamaño de frondas con estructuras reproductivas (cistocarpos y tetraesporangios).
- a.2) distribución y abundancia de estructuras reproductivas.
- a.3) grado de maduración de estas estructuras reproductivas mensualmente a lo largo de un año.
- a.4) viabilidad y tasa de germinación de esporas (carpósporas y tetrásporas) estacionalmente.

Posteriormente, al finalizar el proyecto la información obtenida se asoció con otros parámetros para evaluar aspectos adicionales relativos a reproducción poblacional, entre los que se incluyeron:

- a.5) esfuerzo reproductivo.
- a.6) relación entre fecundidad y tamaño (biomasa) de frondas.

a.1) Abundancia y tamaño de frondas reproductivas

En las praderas seleccionadas, se estimó el número mínimo de cuadrantes y transectos, así como el tamaño mínimo de los cuadrantes a usar. El número de cuadrantes a muestrear se estableció, mediante la siguiente metodología, se graficó el error estándar (2 ee) de la biomasa promedio de los cuadrantes versus el número de cuadrantes, de tal forma de poder determinar el número de cuadrantes donde el error tiende a homogeneizarse. Una vez establecido, este número de cuadrantes este representó el número mínimo escogido, para realizar los muestreos en cada una de las praderas. Este método confiere un intervalo de confianza del 95%. Para cada pradera se determinó el número mínimo de cuadrantes.



Una vez establecidos estos criterios, se efectuaron muestreos destructivos mensuales. Los muestreos se iniciaron en el mes de enero del año 2000 y finalizaron en noviembre del año 2000, en las 4 praderas. Las muestras fueron separadas en frondas cistocárpicas, tetraspóricas y no reproductivas. Las frondas que presentaron estructuras reproductivas en diferentes estados de desarrollo fueron contadas, medidas (largo y ancho) y pesadas, se procedió de la misma forma con las frondas no reproductivas, para establecer una relación entre tamaño y densidad. Solamente se consideraron frondas mayores a 1cm de longitud. Dado que, en *Sarcothalia crispata* se encuentra más de una fronda en un mismo disco, se consideró como criterio para efecto de análisis de datos, en variables como abundancia, densidad y frecuencia de tallas, que cada fronda corresponde a un individuo, de esta especie.

a.2) Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas maduras

La abundancia y distribución de estructuras reproductivas en luga negra se determinó en 20 frondas cistocárpicas y en 20 frondas tetraspóricas, que se recolectaron mensualmente en cada una de las praderas de la X y XI Región. Estas frondas fueron trasladadas de los lugares de muestreo al Laboratorio de algas en Puerto Montt, en cajas refrigeradas a baja temperatura, para ser analizadas. A cada fronda se estimó la biomasa húmeda (g), y área total (cm²) utilizando para ello un planímetro marca PLACOM Modelo KP-90 N.

La distribución de cistocarpos en las 20 frondas cistocárpicas y de los soros tetrasporangiales en las 20 frondas tetraspóricas, fueron determinadas mediante un muestreo sistemático por transecto, realizada en cada fronda reproductiva. En cada una de estas 40 frondas se ubicaron tres transectos, dos transectos delimitados en ambos márgenes de la fronda y un transecto ubicado en el centro



de la fronda. A lo largo de cada transecto se obtuvo con un sacabocados, 10 trozos circulares, equidistantes uno de otro y con orientación ápice-base, de esta forma de cada fronda se obtuvieron 30 trozos. Cada uno de estos trozos se observaron bajo lupa y se procedió a muestrear 1 cm^2 , en esta área se contó el número total de cistocarpos o de soros tetrasporangiales, dependiendo de la fase reproductiva correspondiente. Con estos datos se obtuvo la distribución de estructuras reproductivas en las frondas tanto cistocárpicas como tetraspóricas, diferenciando 3 áreas en el sentido ápice-base y 3 en sentido longitudinal correspondientes a la posición de los transectos (marginal-central-marginal). Los resultados generales se expresaron como número total de estructuras reproductivas mensuales, divididos en dos tipos de acuerdo a los análisis estadísticos realizados: a) patrones de abundancia de estructuras reproductivas intra fronda, tanto en sentido longitudinal como en sentido ápice-base, y b) densidad de estructuras reproductivas al nivel de la fronda completa. En el primer caso se evaluó el patrón de desarrollo reproductivo de la fronda con objeto de determinar posibles diferencias que fueran relevantes para considerar en la técnica de cosecha, a fin de optimizar el manejo del alga.

Para estimar la abundancia de cistocarpos y de soros tetrasporangiales, en cada una de las frondas, se utilizó la información obtenida en los transectos. Los resultados se expresaron como número de estructuras reproductivas por área (cm^2) de la fronda. Con estos datos posteriormente se obtuvieron los promedios de abundancia de cada tipo de estructura reproductiva por cm^2 y luego se extrapoló al área de la fronda.



a.3) Maduración de estructuras reproductivas y liberación de esporas

El estado de madurez de los cistocarpos y de los soros tetrasporangiales en "luga negra", se observó en las muestras obtenidas en cada una de las 20 frondas cistocárpicas y 20 frondas tetraspóricas, utilizadas en las observaciones de abundancia y distribución de estructuras reproductivas. Para ello se consideraron 3 categorías:

- ◆ maduros, cistocarpos o soros que presentaron un color café o marrón con o sin presencia de ostíolo (el ostíolo es una abertura que se distingue generalmente en la parte central del cistocarpo o soro y es por donde ocurre la liberación de las carpospóras y de las tetraspóras, respectivamente);
- ◆ inmaduro, cistocarpos o soros de color amarillo tenue; y
- ◆ esporulado, cistocarpos o soros que presentaron un color blanco, como consecuencia del espacio vacío que queda al evacuarse las células reproductivas.

En cada una de los trozos obtenidos mediante un sacabocados, tanto en las frondas cistocárpicas como en las frondas tetraspóricas, se estimó el estado de madurez de los cistocarpos y de los soros tetrasporangiales, basándose en el criterio señalado anteriormente. Para ello, cada trozo se observó bajo lupa estereoscópica y se procedió a contar los cistocarpos o soros, maduros, inmaduros y esporulados en un área de 1 cm². Con estos datos se estimó el número total y el promedio de cistocarpos o soros maduros, inmaduros y esporulados por área muestreada y área de la fronda.

Para evaluar los procesos reproductivos de las praderas en estudio a través del tiempo se consideraron básicamente las estructuras esporangiales maduras, que



son las que están contribuyendo efectivamente a la producción de esporas en un momento dado. No obstante se analizó de forma gráfica la evolución de la maduración de las estructuras en el tiempo para cada pradera, considerando el cambio en importancia relativa (%) de las estructuras inmaduras, maduras y esporuladas.

Para determinar la época de mayor liberación de esporas de las fases reproductivas en cada pradera en estudio, se realizaron esporulaciones de carpósporas y de tetrásporas en el laboratorio. En cada pradera se obtienen 6 frondas cistocárpicas y 6 frondas tetráspóricas, de cada una de estas frondas se cortó un trozo de 6 cm², los cuales fueron lavados cuidadosamente con agua de mar filtrada. Para tener una mejor observación del estado de madurez y estimación de la densidad de las estructuras reproductivas en estos trozos, bajo lupa, se procedió a cortar cada trozo de 6 cm², en 6 trozos de 1 cm², de tal forma que para cada fase se instalaron 6 cápsulas petri de 14x 90 mm, cada una con 6 trozos de 1 cm² en 40 ml de agua de mar filtrada y enriquecida con nutrientes.

Para estimar el número de cistocarpos o de soros esporulados en cada área de cada fase, se procedió a observar bajo lupa las cápsulas una a una. Se contó el número de cistocarpos o soros maduros y esporulados, según correspondiera en cada una de las 6 áreas de 1 cm² durante, dos días consecutivos, determinados como primera y segunda esporulación.

Posteriormente, las cápsulas fueron instaladas en las siguientes condiciones de cultivo 10°C, fotoperíodo de 12 horas luz, 12 horas oscuridad y en una irradiación de 25 $\mu\text{moles m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ocurrida la primera esporulación, después de 16 horas en las condiciones de cultivo mencionadas, se procedió a instalar cada cápsula en la lupa para evaluar el número de estructuras esporuladas. Para ello se contó los



grupos de esporas depositadas en el fondo de la cápsula y los grupos de esporas depositados sobre los trozos de frondas incubados. Una vez realizado este conteo, se procedió a lavar los trozos en su cápsula respectiva, luego se extraen, se secan en papel absorbente y se depositaron en una nueva cápsula con 40 ml de agua de mar filtrada enriquecida y se instalaron nuevamente en las mismas condiciones de cultivo, para obtener información de una segunda esporulación. Luego de permanecer por un lapso de 16 horas en cultivo se procedió a revisar cada una de las cápsulas, para estimar el número de cistocarpos y de soros que esporularon en este segundo período de incubación. El número de estructuras esporuladas se estima de la misma forma que para la primera esporulación.

Para evaluar la densidad de esporulación para carpósporas y tetrásporas liberadas en la primera y segunda esporulación, se procedió a extraer una alícuota de 2 ml en cada una de las 6 cápsulas con cistocarpos y de las 6 cápsulas con soros tetrasporangiales. Se procedió de la siguiente forma, una vez removidos los trozos de cada cápsula, se homogeneizó la solución de carpósporas y de tetrásporas obtenidos en cada cápsula y se muestrearon 2 ml de cada una de las soluciones de esporas, estas alícuotas fueron fijadas con lugol, para preservar las esporas y posteriormente determinar el número de esporas en cada alícuota, depositándola en una cámara de conteo Sedgewick-Rafter y observando al microscopio invertido. Se realizó una estimación del número total de esporas liberadas en cada esporulación, extrapolarlo el promedio de esporas obtenido en el volumen de 2 ml, al volumen total de 40 ml.

En el análisis estadístico de esta información, la primera y segunda esporulación fueron consideradas en conjunto para reflejar de manera apropiada el proceso de liberación de esporas en un tiempo dado.



a.4) Viabilidad y Germinación de esporas

Las experiencias de viabilidad y germinación de carpósporas y de tetrásporas de "luga negra" se desarrollaron en el laboratorio de algas en Puerto Montt. Se recolectaron frondas maduras durante las 4 estaciones del año de las 4 praderas en estudio. Los resultados de dichas experiencias se incluyen en el presente informe.

Las frondas después de colectadas fueron transportadas al laboratorio, en cajas de material aislante sin agua, para prevenir sobre cambios drásticos de temperatura. Una vez en el laboratorio, se procedió a lavarlas con agua de mar filtrada, para eliminar impurezas y epífitos. Se cortaron 6 a 8 trozos de frondas cistocárpicas y el mismo número de trozos de frondas tetrasporofíticas. Estos trozos se instalan según fase, en cápsulas Petri con agua de mar filtrada y enriquecida con nutrientes, para la liberación de carpósporas y de tetrásporas. Una vez liberadas las esporas, se eliminaron los trozos de las cápsulas y se obtuvo una solución de carpósporas y de tetrásporas. De la solución de esporas se extrajo un volumen de 1 mL para cada cápsula Petri (3 réplicas) de 14x90mm y a este volumen se le agregó agua de mar filtrada y enriquecida con medio de cultivo Provasoli. Se procede de la misma forma, por separado, con la solución de tetrásporas y de carpósporas. Las cápsulas fueron incubadas en las siguientes condiciones de cultivo: 10°C, fotoperíodo de 12 horas luz, 12 horas oscuridad y en una irradiación de $40 \mu\text{moles m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Para determinar la viabilidad de esporas, se contó el número de carpósporas o de tetrásporas, en 5 campos oculares, con aumento definido (200x), al azar y en sentido horario, al día siguiente de instalada la solución de esporas en cada cápsula. Después de 5 días de mantenidas las cápsulas en las condiciones de



cultivo señaladas en el párrafo precedente, se procedió a contar el mismo número de campos oculares en cada una de las cápsulas, determinando en cada campo ocular esporas vivas y esporas muertas. Cada uno de estos muestreos se realiza observando las esporas al microscopio invertido. Con estos valores y el número inicial de esporas inoculadas en cada cápsula se estimó el porcentaje de sobrevivencia para carpósporas y tetrásporas.

Se consideró el criterio de espora viva a aquellas que presentaban un color rosado, pared celular definida y citoplasma homogéneo, en cambio las esporas muertas presentan pared celular no definida y citoplasma con gran cantidad de granulos además de falta de pigmentación.

La germinación de carpósporas y de tetrásporas se evaluó en las mismas esporas cultivadas en la experiencia de viabilidad, utilizando la misma metodología de conteo de esporas al microscopio invertido, y con 3 réplicas de campos oculares (200x). El criterio usado para determinar si una espora está germinada fue que, presentara un borde bien definido y se observara división celular. Los promedios de germinación de esporas fueron expresados como porcentaje de germinación.

a.5) Esfuerzo Reproductivo.

Con la información obtenida sobre densidad de estructuras reproductivas maduras e inmaduras en el tiempo, se evaluó para cada pradera el esfuerzo reproductivo de las frondas de *Sarcothalia crispata* como el número de estructuras reproductivas por unidad de masa de fronda con relación a la biomasa de cada fronda individual. El esfuerzo se analizó en forma gráfica para determinar en primer lugar cuánto invierten las frondas de distinto tamaño en la producción de estructuras durante cada estación del año en una pradera determinada, a fin de



inferir el patrón de esfuerzo reproductivo asociado a la estructura de tamaño poblacional. En segundo lugar se analizaron las posibles diferencias en el patrón de esfuerzo reproductivo versus tamaño de cada fase reproductiva (carposporofitos y tetraesporofitos). El objetivo de este análisis fue establecer cómo las actuales técnicas de cosecha podían afectar a una pradera al extraer preferencialmente las frondas de mayor tamaño, en términos de la capacidad de producción de estructuras reproductivas de las frondas que no son cosechadas y quedan como la base de sustentación de una pradera para un tiempo posterior.

a.6) Relación entre fecundidad y tamaño (biomasa) de frondas.

Como un complemento del esfuerzo reproductivo, se evaluó la correlación entre la fecundidad (N° total de estructuras producidas) y el tamaño (biomasa) de las frondas individuales en cada pradera. Este análisis tuvo por objeto obtener una aproximación a la posible existencia de compromisos ("trade-offs") de historia de vida para cada pradera de estudio, teniendo en cuenta que la remoción selectiva de plantas por cosecha eventualmente podría imponer restricciones a la reproducción poblacional, si es que las plantas remanentes de una cosecha no tienen el potencial de generar nuevos individuos en cantidad suficiente. Una correlación negativa indicaría que las plantas de mayor tamaño aportarían comparativamente poco a la reproducción de la población, mientras que una correlación positiva implicaría que las plantas grandes llevan el peso de la reproducción. Para efectos prácticos, se considerará como situación favorable el que exista una correlación negativa o que no haya correlación, dado que la cosecha sólo remueve las plantas de mayor tamaño.



b) Estimación del crecimiento de frondas secundarias y los períodos de máxima producción de biomasa.

Para estimar el crecimiento de frondas secundarias y los períodos de máxima biomasa se utilizó la siguiente metodología.

b.1) Crecimiento de frondas secundarias

En una zona de cada una de las praderas seleccionadas (4), donde se observó una alta densidad de frondas, se seleccionaron 6 áreas, y en cada una de ellas se distribuyeron los niveles del tratamiento: control y fronda principal removida. Cada uno de estos tratamientos se instaló en forma interdispersa utilizando cuadrantes de 25 x 25cm, en el mes de enero del 2000.

En el tratamiento fronda principal removida, se procedió a cortar la fronda principal de todos los individuos de *Sarcothalia* que se encontraban en cada uno de los cuadrantes, en las 6 áreas dentro de la pradera, dejando como remanente el disco y las frondas secundarias. El tratamiento control se dejó intacto. En todos los cuadrantes tanto de fronda principal removida y de los controles, se procedió a medir el largo de todas las frondas involucradas.

Para determinar la tasa de crecimiento de las frondas secundarias se utilizó el incremento en tamaño el cual se expresa como tasa de crecimiento diario basándose en el siguiente algoritmo:

$$A = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{t_2 - t_1} \cdot 100$$



donde:

A= tasa de crecimiento diario (%)

S₁=longitud en cm al tiempo t₁

S₂=longitud en cm al tiempo t₂

t₂ = tiempo final (30 días)

t₁ = tiempo inicial (1 día)

Las experiencias se iniciaron en el mes de enero, para todas las praderas por separado.

Debido a que en un período de varios meses pueden haber numerosos factores incidiendo en el crecimiento de una fronda, ya sea aumentándolo o disminuyéndolo, es factible que el dato del tamaño que alcance al tiempo final de un experimento pueda no reflejar los niveles reales de crecimiento ocurridos durante ese tiempo, generando un valor único que sub-estima o sobre-estima las tasas producidas a intervalos más cortos. Por ello se evaluó la tasa de crecimiento diario a intervalos mensuales dentro de cada período de experimentación, a fin de obtener una estimación promedio y su rango de variabilidad en el período.

b.2) Período de máxima biomasa

Para el desarrollo de esta actividad, se reemplazó la metodología establecida en la propuesta técnica por la sugerida por el evaluador del proyecto, esto es, se utilizó un muestreo destructivo para la estimación de máxima biomasa manteniendo el criterio de establecer transectos permanentes. El número de



transectos dependió del tamaño de la pradera seleccionada. La metodología utilizada para cada pradera se explica en 4.2 c.

Posteriormente, se extrapolaron los datos de biomasa al área total de cada pradera y se obtuvo el período de máxima producción de biomasa para cada una de las praderas.

Relación entre tamaño de frondas individuales y tamaño poblacional

Como un aspecto complementario de la evaluación de biomasa, la información obtenida se utilizó para evaluar estacionalmente en cada pradera la relación entre el tamaño de las frondas individuales y el tamaño de la población, con objeto de detectar la posible existencia de efectos intraespecíficos en algún momento del año. La evaluación se efectuó mediante un análisis de regresión lineal entre las dos variables descritas, como una aproximación a la detección de procesos de auto raleo ("self-thinning"). La existencia de una relación negativa entre ambas variables implicaría que a medida que el tamaño poblacional aumenta se producen efectos negativos per capita (eventualmente competencia intra-específica) capaces de limitar el crecimiento individual. La existencia de este fenómeno implica que una pradera no explotada no podrá expresar el máximo potencial de crecimiento de sus individuos, si la densidad poblacional aumenta demasiado en uno o más momentos del año. Si ocurriese auto raleo, se considerará que en términos prácticos la remoción de plantas por cosecha, al tener el efecto de bajar la densidad y relajar los procesos intra-específicos, podría incidir favorablemente en que las frondas individuales remanentes expresen un mayor crecimiento en el siguiente período.



b.3) Crecimiento vegetativo

Esta actividad comenzó en el mes de enero del 2000. En cada una de las 4 praderas, se individualizaron con marcas hechas con masilla epóxica sobre sustrato, 10 frondas vegetativas por categoría de talla, éstas fueron entre 5 y 14 cm; 15 y 24 cm y entre 25 y 35 cm para evaluar el crecimiento en un período anual. Se midió la longitud de cada una de las plantas individualizadas y se siguió mensualmente el incremento en longitud. Con estos datos y utilizando la relación funcional establecida para la pradera y para la época del año que corresponda, entre biomasa húmeda y longitud, se estimó la biomasa y a su vez el incremento en biomasa mensual para la pradera. Sólo se utilizaron frondas no reproductivas, porque antecedentes previos obtenidos en terreno por este equipo de trabajo, demuestran que, las frondas reproductivas al madurar y liberar las esporas, degeneran y mueren.

En los muestreos realizados mensualmente en las 4 praderas en estudio, quedó en evidencia que algunas de las frondas individualizadas para este experimento, se pierden. Las causas posibles de estas pérdidas pueden estar relacionadas con herbivoría, remoción de sustrato, y efecto de marejadas, entre otros. Dado que, para el desarrollo de esta experiencia fue importante conservar el número inicial de individuos, se procedió a reemplazar aquellos individuos perdidos por individuos que tuvieran una longitud equivalente al promedio del tamaño. De esta forma, se mantuvo el número inicial de individuos de cada categoría. El reemplazo de individuos, con tamaños que se encuentran en el promedio mensual de cada categoría, nos permitió tener una estimación de la tasa de crecimiento mensual real.



Al igual que en la estimación de crecimiento de frondas secundarias, en este caso también se procedió a la obtención de valores de tasa de crecimiento promedio junto a su error respectivo durante cada período de evaluación.



3.2 Determinación del (los) períodos de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra en la X y XI Regiones.

a) Reconocimiento de praderas de importancia comercial

Durante los dos primeros meses de proyecto se efectuó un reconocimiento de las principales praderas de importancia económica de lugas en la X y XI regiones, en base a la información obtenida sobre biomasa e importancia de las praderas desde el punto de vista extractivo. Previo a la evaluación de cada pradera se llevó a cabo la selección de ellas, para ello se reunió información con empresas y pescadores artesanales que explotan este recurso y además se recurrió a información recopilada por el Instituto de Fomento Pesquero sobre los desembarques de luga en la X Región. Una de las praderas seleccionadas en la X Región quedó ubicada en el sector denominado Canal Chaiguao cercano a la localidad de Quellón, esta comuna constituye un importante punto de desembarque de lugas, incluso, es aquí donde se desembarca la totalidad de luga negra recolectada en la XI Región.

La segunda pradera seleccionada se localizó en Isla Lagartija, comuna de Calbuco, esta zona es un área importante de extracción de luga negra en la región y también constituye un punto de desembarque de este recurso.

Para seleccionar las praderas de luga en la XI Región se recurrió a las oficinas de SERNAPESCA en Puerto Aysén, pero no existe información sobre la extracción de este recurso en esta región, por lo tanto, se obtuvo información directamente de los pescadores artesanales de la zona, de tal forma que, una de las praderas se localizó en Isla Vergara, cercana a Puerto Aguirre y la otra pradera se localizó



en Isla Chaculay distante unas 8 millas al sur de Puerto Aguirre. De acuerdo a la información proporcionada por pescadores artesanales, este recurso no se extrae con fines comerciales, sin embargo, como se indicó la luga negra que se extrae en la XI Región se desembarca en Quellón.

Posteriormente se realizó un reconocimiento en terreno de cada pradera elegida; para la selección de cada pradera se tomó en cuenta aspectos como: accesibilidad, extensión de la pradera, costos involucrados en traslado y evaluación.

b) Caracterización de las praderas

Una vez elegidas las praderas se procedió a delimitar su extensión para obtener el área total, para ello se utilizó buceo "hooka", en donde el buzo delimitó el ancho y largo de la pradera mediante boyarines en superficie anclados en el fondo. Cada punto se registro con GPS (Garmin 12), posteriormente la distancia entre cada punto se calculó con el mismo instrumento. Finalmente con esta información se pudo obtener el área de cada pradera en m². En la propuesta inicial se indicó que se utilizaría un telémetro, pero se consideró que el GPS, es un instrumento de mayor precisión en distancia y que además entrega las coordenadas.

Mediante buceo hooka se efectuó un reconocimiento en las praderas, para determinar el tipo de sustrato en donde se encuentra *Sarcothalia*, y profundidad de la pradera mediante profundímetro. También se midió la visibilidad de la columna de agua mediante disco Secchi, este disco es de color blanco y está unido a un cabo graduado en metros, se hace descender por medio de un lastre, y se registra la profundidad en que ya no es posible ver dicho disco. La temperatura superficial y de fondo se midió con un termómetro digital de marca



Hanna Instruments modelo HI 92000 el cual posee una sonda de 15 m. Para determinar la salinidad se tomaron 3 muestras de superficie y de fondo con una botella Niskin modelo 1010 non-metallic. Las muestras de agua fueron depositadas en frascos de vidrio debidamente etiquetados y trasladadas al laboratorio donde se determinó mediante conductivímetro marca Shott Handylab LF1, la salinidad de cada muestra. Los 3 valores para cada punto fueron promediados. También se caracterizó cada pradera, considerando el movimiento de agua y el régimen de mareas a la cual están sometidas.

c) Evaluación inicial de biomasa

Para la evaluación inicial de biomasa en las cuatro praderas seleccionadas para este estudio se utilizó la metodología que se describe a continuación. En la evaluación de biomasa vegetativa y reproductiva a realizar en las praderas de luga negra seleccionadas (2 praderas en la X Región y 2 praderas en la XI Región), se utilizó un muestreo sistemático, en donde se establecieron transectos perpendiculares a la costa, cada transecto se subdividió en cuadrantes de 1 m².

En las praderas de la X Región, en Canal Chaiguao se hicieron 5 transectos separados cada 85 m en los cuales se muestrearon 20 cuadrantes por transecto separados entre sí cada 5 m aproximadamente. En la pradera de Isla Lagartija se hicieron 5 transectos separados cada 100 m en los cuales se muestrearon 20 cuadrantes por transecto separados entre sí cada 10 m aproximadamente.

En la XI Región, tanto en Isla Vergara como en Isla Chaculay se hizo una mayor cantidad de transectos dado que, las praderas se localizan en la costa de las islas y son de mayor extensión (1.500 m de largo), constituyendo una franja costera paralela a la línea de costa. En cada pradera se hicieron 25 transectos separados cada 50 m en los cuales se muestrearon 2 cuadrantes por transecto. Todas las



muestras fueron depositadas en bolsas de malla cebollera Marienberg previamente etiquetadas según cuadrante y estación de muestreo. Posteriormente el material fue separado según fase reproductiva y se registró biomasa húmeda (g/m^2), longitud y ancho de las frondas (cm) y número de talos por fase reproductiva (n° talos/ m^2).

Para determinar la biomasa total de la pradera se procedió de la siguiente manera: primero se calculó la biomasa promedio por cuadrante sin considerar uno de ellos, este valor de biomasa promedio se extrapoló al área total de la pradera de tal forma, que se obtiene un primer valor de biomasa total relativa de la pradera. Posteriormente, se repone el valor del cuadrante eliminado y se elimina otro, nuevamente se calcula un valor de biomasa promedio y se extrapola al área total de la pradera, de esta forma, se obtiene un nuevo valor de biomasa total relativa. Así se obtienen n valores de biomasa total relativa como número de cuadrantes exista. Finalmente estos valores se promedian y se obtiene la biomasa total promedio de la pradera con su respectivo error estándar. Esta misma metodología se empleó para calcular la biomasa total por fase reproductiva y vegetativa.

En cada unidad de muestreo se estimó la variable biomasa y densidad de luga, que se expresaron como gramos de peso húmedo y número de frondas por m^2 . Los parámetros poblacionales a estimar fueron la biomasa media (b) y la biomasa total (B) de la población muestral y sus varianzas asociadas $Var(b)$ y $Var(B)$. Además se estimó la biomasa media por fase reproductiva (gametofito, tetrasporofito y carposporofito).

En el caso de los talos vegetativos de luga, se procedió a determinar su fase mediante el test del Resorcinol (Garbary & De Wreede, 1988), el cual consistió en



una reacción colorimétrica en donde el kappa-carregenano de las frondas gametofíticas reacciona dando una coloración roja, en cambio el lambda-carragenano de las frondas esporofíticas no reacciona y se obtiene una coloración anaranjada pálida o transparente. El margen de error del método oscila entre un 0 a 5%. Se determinó la densidad de cada fase, contabilizando el número de talos en cada unidad muestral y se expresó como número de talos de cada fase reproductiva por m².

En el muestreo sistemático, a realizar mediante transectos perpendiculares a la costa, la selección de las muestras quedó a consideración del investigador, que considerará área total, longitud de los transectos, distancia entre transectos, distancia entre unidad muestral, etc. Los estimadores en este tipo de muestreo se basan en el supuesto que la biomasa esté en un orden aleatorio respecto a las unidades muestrales, lo que hace que se comporten como una muestra aleatoria simple, a pesar del ordenamiento arbitrario que se les da en la orientación y distancia de los transectos.

Biomasa media:

$$b = \sum_j^n b_{ij}/n$$

Varianza de biomasa media:

$$\text{Var } b = k-1/nk \cdot \sum_j^n (b_{ij}-b)^2/n-1$$

En donde:

n = tamaño de la muestra



k = período de elección de la unidad dentro de la población (número de metros entre 2 vértices de un retículo de transectos)

b_{ij} = biomasa observada en la unidad de muestreo i en el transecto j

Para la determinación del número de muestras a extraer en cada pradera seleccionada, se decidió utilizar la metodología que se describe. Una vez realizado el primer muestreo se promedió los datos de cada cuadrante y se procedió representar en una gráfica el error estándar (2 ee) de la biomasa promedio de los cuadrantes, versus el número de cuadrantes, de tal forma de poder determinar el número de cuadrantes donde el error tiende a homogeneizarse. Una vez obtenido el valor del número mínimo de cuadrantes se utilizó en los siguientes muestreos. Este método confiere un intervalo de confianza del 95%.

Esta fórmula fue aplicada a los datos de evaluación inicial de cada pradera, para determinar el número de muestras mensuales, por un lapso de 12 meses, en cada pradera. El límite del número de muestras dependió, además del grado de variación de la biomasa por m^2 (exactitud de la estimación), de la extensión de la pradera, operatividad y costos involucrados en cada muestreo.

d) Determinación de biomasa reproductiva de luga negra en la X y XI Regiones

Para la evaluación de biomasa total y de abundancia de fases reproductivas se iniciaron los muestreos mensuales en las 4 praderas seleccionadas, durante los meses de noviembre y diciembre de 1999, utilizando el tipo de muestreo descrito en el punto anterior.



Como se describió anteriormente las muestras fueron trasladadas al laboratorio y las frondas fueron separadas en diferentes categorías:

- ✓ cistocárpicas
- ✓ tetraspóricas
- ✓ sin estructuras reproductivas evidentes.

La categoría sin estructuras reproductivas evidentes incluye gametofitos masculinos, gametofitos femeninos y frondas tetraspóricas inmaduras. La fase reproductiva correspondiente de la categoría sin estructuras reproductivas evidentes se determinó con el método del resorcinol descrito anteriormente.



3.3 Determinación del (los) período(s) óptimo de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso.

ENFOQUE METODOLOGICO

El enfoque metodológico para la evaluación de estrategias de explotación de las praderas de luga, consideró la adaptación de un modelo estructurado a la talla de la población del recurso luga, en función del estado inicial de las praderas (standing stock), el cual como salida predice las abundancias poblacionales temporales (mensuales) y los rendimientos (cosechas), considerando los principales aspectos poblacionales (crecimiento, mortalidad y generación de frondas) y el proceso asociado a la producción (extracción directa). Este enfoque correspondió a una aproximación tendiente a modelar los principales parámetros de la dinámica poblacional del recurso, dejando establecido que en la literatura tradicional de manejo de recursos algales, no se cuenta con acercamientos modelísticos que permitan el análisis de estrategias alternativas de explotación en función de la capacidad de recuperación del recurso.

El modelo propuesto se basa en la estimación de la población total del recurso, obtenidas a partir de las evaluaciones directas de las praderas seleccionadas para el estudio, definiendo la población en términos de intervalos mensuales, en función del crecimiento – decrecimiento en longitud (tallas). El análisis requiere como entrada estimaciones por estrato de talla de:

- Estimación de la abundancia a la talla de población para el tiempo 0 (mes 1).
- Determinación de una relación funcional talla - peso mensual.
- Arreglo de referencia de la tasa de crecimiento mensual en longitud y peso.



- Matriz de mortalidad natural instantánea por estrato de talla (perdidas de frondas mensuales).

La fuente de información para obtener los parámetros, integra los antecedentes generados en las actividades;

- Seguimiento directo mensual de la dinámica poblacional en densidad y biomasa por fase.
- Crecimiento de frondas vegetativas y secundarias.
- Experiencias de marcaje de frondas.
- Estimación de parámetros gravimétricos de las frondas.

Las proyecciones de producción (cosecha y poblacional), se estimaron a partir de la estructura poblacional inicial (tiempo 0), bajo escenarios temporales de extracción directa de las praderas en estudio. El modelo permite integrar las capacidades de producción en densidad y biomasa, en base a la remoción natural y generación de nuevas frondas, de las praderas, bajo diferentes estrategias de explotación considerando; niveles variables de extracción, mes de inicio de las cosechas, y selectividad extractiva a la talla.

Los supuestos metodológicos del modelo, consideran;

- Las praderas son unidades poblacional discretas, limitándose el análisis a cada pradera en estudio.
- La unidad poblacional corresponde a la fronda, sin considerar que estas forman parte de una planta.



- La mortalidad natural del alga, se representa a través de una tasa remoción de frondas en función del tiempo, la cual varía en relación con los estratos de tallas.
- El reclutamiento, está dado por la capacidad de generación de nuevas frondas, sin distinción del origen de estas (vía esporas y/o regeneración de frondas a partir de discos remanentes).
- El crecimiento en peso del recurso está descrito por medio de una función diferencial en el tiempo (mensual), por medio de una relación longitud - peso.

3.3.1 Dinámica de las praderas.

- **Estructuración de la abundancia en número a la talla (Ni).**

Para el análisis estructurado a la talla-peso, se procedió al agrupamiento de la abundancia de los individuos de la población en intervalos de longitudes iguales $N(L)$, que describen la unidad temporal (mensual) en el crecimiento entre uno y otro rango de tallas.

La tasa de crecimiento por grupo de tallas y peso fue estimada de acuerdo a:

$$K_l = \frac{\ln(L_{i+t} / L_i)}{\delta t} \quad \text{y} \quad K_w = \frac{\ln(W_{i+t} / W_i)}{\delta t}$$

Donde:

K = tasa de crecimiento específico en el estrato de talla (l) y peso (w), expresados por unidad de tiempo.



L_i = longitud inicial de las frondas en el estrato de tallas i en el tiempo 0.

W_i = peso total húmedo inicial.

L_{i+t} = longitud de las frondas del estrato de talla i después del tiempo t .

W_{i+t} = peso total húmedo después del tiempo t .

La abundancia total en número y biomasa por estrato de tallas al inicio (t) fue obtenida por:

$$N_t = \sum_{L_i}^{L_\lambda} N(L_i)$$

$$B_t = \sum_{L_i}^{L_\lambda} N(L_i) * W(L_i)$$

Donde: L_λ representa a los individuos de longitud máxima observada y, $W(L_i)$ esta dado por la conversión de la talla media del rango L a peso por la función gravimétrica del tipo;

$$W(L_i) = a * (L_i; L_i + \delta L)^b$$

Esta función fue evaluada a fin de determinar el tipo de relación de mejor ajuste a los datos observados de longitud - peso.

La evaluación poblacional consideró la densidad y biomasa del estado vegetativo de las frondas (gametófitos y esporófitos), y los dos estados reproductivos cistocárpico y tetraesporofítico, los cuales fueron diferenciados de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia observada dentro de la muestra total;



$$P_{k,e} = \left(\frac{n_{k,e}}{N} \right)$$

$$B_{i,e} = \sum_i^k P_{k,e} * N(L_i) * \bar{W}_i(L_i)$$

Donde $P_{k,e}$ corresponde a la probabilidad k del estado e en la talla i, y N el numero total de individuos observado. Las estimaciones de densidad y biomasa, fueron tratados en función de una superficie estandar de 1m².

- **Proyección de la abundancia y tasa de cambio de frondas (mortalidad – generación)**

La proyección de la abundancia por intervalos de tallas (L) y tiempo (t), se desarrollo mediante la siguiente expresión:

$$N_{i,t+1} = N_i e^{-m_i}$$

Para estimar la mortalidad (mi) de la población, se construyó una tabla de vida, a partir de las observaciones de densidad talla - especifico por fase de vida mensuales, tabla que permitió proyectar tasas de cambio poblacional en función de las mortalidades observadas de acuerdo a;

$$m_i = -[\log(N_{i,t+1}) - \log(N_{i,t})]$$

Donde $N_{i,t+1}$ corresponde a los individuos observados (en términos de densidad), en el tiempo antecesor de talla especifica i.



Para evaluar las dinámicas de la población en condiciones de explotación, se utilizó el siguiente algoritmo;

$$N(L_i + \delta L, t+1) = N(L_{i,t}) * e^{S_i}$$

$$\text{con } S_i = 1 - (m_i + TR * r_i)$$

Donde: S_i = tasa de sobrevivencia en el estrato de talla i en una unidad de tiempo, compuesta por una tasa de mortalidad natural instantánea y una tasa de remoción directa (TR) talla – específico (r_i). La tasa de remoción fue expresada como una tasa porcentual (0 a 100%), derivada de una relación logarítmica.

Desempeño productivo de las praderas

A partir de las proyecciones determinísticas realizadas sobre la base de las observaciones de las evaluaciones directas, se procedió a simular la trayectoria de la población incorporando tasas de remoción directa a la talla específica para los distintos meses de inicio de la actividad extractiva, la cual se evaluó por medio de los volúmenes de cosecha por superficie (1 m^2);

$$Cosecha_{t,e} = \sum_i^k (P_{k,e} * N_{i,t} * W_{i,t}) * \left(\frac{TR_t * r_i}{S_i}\right) * (1 - e^{-S_i})$$



La distintas estrategias fueron evaluadas por medio de un indicador estándar de eficiencia productiva de las cosechas intra - anuales; considerando el estimado de cosecha máxima no sujeta a restricciones de manejo.

$$Eficiencia..Pr oductiva = \left(\frac{Cosecha(Mes, TR, Talla)}{Cosecha.maxima} \right)$$

Como indicadores poblacionales asociados, se utilizaron índices de biomasa y densidad remanentes (IBR - IDR), evaluados en el mes de mayo y abril para las praderas de la X (Lagartija y Chaiguao) y XI (Vergara y Chaculay) respectivamente. Los índices se describen de acuerdo a;

$$IBR(\%) = \frac{BR(e)}{BR(sq)} \quad y \quad IDR(\%) = \frac{DR(e)}{DR(sq)}$$

Donde; e = bajo explotación y sq = sin intervención

Procedimiento de ajuste y validación del método

Se evaluó la condición de status quo de las praderas (sin intervención), como producto de la validación del modelo, la cual permite definir los niveles mensuales de densidad y biomasa observados.



A cada población inicial evaluada desde diciembre de 1999 (XI Región) o enero de 2000 (X Región), según la pradera seleccionada, se le aplicó la tabla de vida observada durante el período de estudio, incorporando la función de cambio en talla (crecimiento- decrecimiento). La abundancia en peso (biomasa) se estimó a través de la función talla - peso mensual. Se proyectó la población (datos estimados), validando las respuestas (estimaciones), por medio de contrastación de los datos observados, para lo cual se realizaron ajustes de optimización entre ambas variables.

3.3.2 Evaluación de estrategias

Para la evaluación se estimó, de forma temporal (estación de cosecha), el rendimiento máximo de la pradera dentro de un ciclo anual, considerando las distintas fases del ciclo de vida. Los períodos óptimos de cosecha, son establecidos en consideración a la máxima biomasa cosechable bajo un criterio de sustentación interanual de la pradera, bajo criterios de biomasa y densidad remanente post – cosecha e inicial para la siguiente época de crecimiento (noviembre 2000).

Dentro de los aspectos evaluados se encuentran;

- 1.- Situación base correspondiente a la situación sin extracción.
- 2.- Evaluación del mes de inicio de las cosechas.
- 3.- Evaluación de la tasa de remoción.
- 4.- Evaluación de selectividad a la talla.
- 5.- Determinación del escenario óptimo; maximización de cosechas y regeneración de la pradera.



La evaluación de escenarios alternativos de cosecha, se realizó por medio de la inclusión de una tasa de remoción a la talla, considerando diferentes meses de inicio de la actividad. A través de optimización no - lineal se evaluó la combinación óptima entre el mes de inicio, la tasa de remoción y la talla de cosecha. Para los distintos escenarios se utilizaron tasas de remoción de 30, 60 y 90%, para tallas mínimas de 20, 30 cm y sin talla, concentrando los meses de cosecha desde diciembre a marzo.

A través de optimización de factores evaluados, se exploró la mejor combinación para cada pradera, por medio de análisis continuo de tasas de remoción, a una talla de cosecha 20 cm, considerando los meses de mayor adecuación entre eficiencia productiva y desempeño poblacional de la pradera.

3.3.3 Período de Cosecha

La actividad de cosecha de luga negra en la X y XI Regiones, generalmente se inicia en octubre y termina en el mes de abril, de cada año, no existiendo normas sobre formas de cosecha y frecuencia de cosechas de este recurso.

La permanencia de una población natural de luga negra en el tiempo es mediante actividad vegetativa de regeneración y crecimiento de talos a partir de un disco basal y por reclutamiento de esporas (carpósporas y tetrásporas). Dada la importancia que la actividad vegetativa presenta en la permanencia de la población natural de luga y el escaso conocimiento que se tiene sobre esta actividad frente a interrupciones por cosecha, se realizaron cosechas estacionales de frondas de luga, con la finalidad de obtener información que permita caracterizar la actividad vegetativa y establecer normas sobre formas de cosecha de luga, y período (s) óptimo (s) de cosecha (s), durante un ciclo anual.



Esta experiencia se inició en el mes de febrero en las praderas de la XI Región, y en el mes de marzo en la X Región. En cada una de las praderas se efectuaron tres tratamientos.

En cada una de las 2 praderas de la X y XI Región, estacionalmente, se delimitaron 3 áreas (con sus respectivas réplicas), que fueron señalizadas con puntos de referencias, para su posterior ubicación. En estas áreas se procedió a realizar las siguientes actividades de cosecha:

- Instalación de sustratos para evaluar la colonización por esporas.
- Cosecha manual tirando las frondas cuyo largo sea superior a 10 cm.
- Cosecha con herramienta (cuchillo) de las frondas de largo superior a 10 cm, cortadas aproximadamente a 5 cm de la base.

En la primera área experimental se determinó si la pradera de luga se recupera, mediante reclutamiento de esporas en el lapso de un año. Al realizarse estacionalmente, se tendrá el o los períodos óptimos en que esto ocurra. En estas áreas se cosechó toda la biomasa presente de luga.

En la segunda experiencia se determinó la capacidad de producción de yemas o "brotes", a partir del disco remanente, que queda una vez cosechada la fronda y como esta capacidad se comporta estacionalmente. Además se determinó el crecimiento en longitud de frondas remanentes, después de cosecha. Estos resultados se relacionaron con las experiencias de crecimiento secundario.

En la tercera experiencia, se realizaron podas artificiales de los talos de tamaño comercial, mediante herramienta ("cuchillo"), las frondas fueron identificadas y determinados su peso húmedo, individualmente. Se dejaron como remanentes,



discos con sus frondas podadas y frondas menores a 5 cm. En esta experiencia se determinó el potencial de regeneración de las frondas podadas y su comportamiento estacional, y se comparó con el crecimiento de frondas de 5 cm dejadas como remanentes.

Los muestreos en cada área y experiencia se realizaron mediante buceo "hooka", bimensualmente, en cada pradera. Los datos obtenidos en cada experiencia fueron sometidos a análisis de varianza y significancia, de acuerdo a lo planteado anteriormente, en el análisis estadístico.

3.3.4 Estructura de tallas de la actividad extractiva

Para determinar la estructura de talla de la captura, se visitó los puertos de Quellón y Calbuco, sin embargo, durante esta temporada las faenas de extracción se iniciaron en los meses de diciembre y enero. Para tener datos de desembarque se recurrió a puntos de extracción donde se encontrara el recurso. En la localidad de Quemchi, X Región, se midió la longitud (cm) y peso húmedo (g) de frondas procedentes del desembarque. Se midieron y pesaron 500 frondas para caracterizar la estructura de tallas de la captura. Se obtuvieron frondas procedentes de la localidad de Canal Chaiguao a través de una empresa procesadora de este recurso.



Análisis estadístico

El alto número y los distintos tipos de variables, observaciones y escalas espaciales involucradas en el estudio implican también la aplicación de un gran número y diversidad de análisis estadísticos para evaluarlos. Por ello, y con objeto de maximizar la integración de los resultados, para cada variable se realizó análisis usando pruebas similares y con una estructura similar (ver siguiente párrafo). Por otro lado, y de acuerdo a la naturaleza de los datos, los tipos de pruebas estadísticas aplicados fueron seleccionados al inicio del proyecto, procurando en lo posible usar la misma prueba para un mismo tipo de caso. Esto se planteó para que las conclusiones del estudio fueran obtenidas bajo condiciones estadísticas similares, evitando las ambigüedades de comparar resultados que provienen de dósimas con distintos requerimientos y condiciones. Los criterios de selección y aplicación de análisis se tomaron básicamente de Steel & Torrie (1988), Baird (1991), Keppel et al. (1992) y Wonnacott & Wonnacott (1992).

En todos los objetivos que involucran pruebas estadísticas de hipótesis, los datos fueron evaluados principalmente a través de análisis de varianza, variando el diseño en función del objetivo y el tipo de medidas a obtener (Steel & Torrie 1988). Como diseño base se aplicó un diseño fijo de análisis de varianza multifactorial, variando el número de factores de acuerdo al caso, y con efectos anidados (jerárquico) para permitir evaluar simultáneamente las escalas espaciales involucradas y porque las 4 praderas muestreadas no pueden ser consideradas réplicas unas de otras en términos estadísticos. Específicamente las praderas fueron anidadas dentro de cada región administrativa a fin de poder evaluar tanto las posibles diferencias entre regiones como la variabilidad existente entre las praderas dentro de cada región. Inicialmente se consideraron además



dos variantes para cada análisis, una consistente en la agrupación de los datos en períodos estacionales y otra con medidas repetidas para incorporar valores mensuales. Sin embargo, debido a los resultados obtenidos se optó finalmente por utilizar la variante que incorporaba estacionalidad por dos razones. Primero, porque para este caso el análisis estacional entrega esencialmente el mismo tipo de resultados que teniendo una base mensual, y si bien en estos análisis se podrían perder las diferencias finas éstas últimas forman el grueso de los resultados del proyecto, y para cada análisis estacional se entrega también el complemento gráfico y biológico de la descripción detallada sobre una base mensual. En segundo lugar y más importante, porque los resultados obtenidos revelan que todas las variaciones biológicamente relevantes en las praderas de *Sarcothalia crispata* tienen un comportamiento claramente estacional, y en tal sentido la estacionalidad resultó el fenómeno de mayor significancia porque la especie muestra un funcionamiento de tipo anual bien definido. De hecho, las fluctuaciones estacionales para distintas variables fueron tan marcadas en varias praderas que no habría sido posible realizar análisis mensuales por la ausencia o escasez de datos en uno o más meses, debido a la caída estacional de la biomasa prácticamente hasta cero en las praderas.

De este modo, al diseño basal respectivo se introdujo cuando correspondía uno o más factores fijos adicionales con distintos niveles, tales como la fase (gametofito/tetrasporofito) o estado reproductivo (gametofito/tetrasporofito/talo vegetativo) en las evaluaciones de abundancia, biomasa o tamaño. Por otra parte, cada vez que fue necesario se aplicaron pruebas de comparación de medias post hoc, particularmente la prueba de Scheffé la cual usa un criterio más conservativo al estimar la mínima diferencia significativa (i.e., sólo entrega diferencias estadísticas cuando éstas son realmente importantes), permite reducir el error Tipo I (Keppel et al. 1992), y permite ser aplicada ya sea que exista o no



desbalance de los datos, que es el caso más frecuente para la información proveniente de terreno.

Otros análisis

En casos particulares se analizó la correlación entre diferentes variables por medio del coeficiente paramétrico de Pearson (producto-momento) o se aplicó un análisis de regresión lineal simple con su correspondiente análisis de varianza asociado, puesto que los datos fueron apropiados para estos casos y no existieron problemas de falta de linealidad entre las variables. Para los casos en que se compararon distribuciones de variables, se usó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Estos análisis se aplicaron principalmente para la información obtenida de manera complementaria y relacionada con aspectos reproductivos poblacionales y de historia de vida, estimando que no había necesidad de otros tipos de análisis.



4. RESULTADOS

4.1 Caracterización del comportamiento reproductivo de luga negra en praderas de la X y XI Regiones

a) Ciclo reproductivo de la luga negra en algares silvestres de la X y XI Regiones (época de maduración y liberación de carpósporas y tetrásporas)

Los resultados de cada una de las experiencias desarrolladas en el proyecto se presentan en figuras. En general, los datos sobre el comportamiento reproductivo de "luga negra", corresponden a los muestreos realizados en las cuatro praderas en estudio, entre los meses de diciembre de 1999 y noviembre del 2000, con la excepción de la pradera de canal Chaiguao donde los muestreos son desde enero del 2000 hasta diciembre del 2000.

a.1) Abundancia y tamaño de las frondas reproductivas

La figura 5 muestra la densidad promedio mensual de estructuras reproductivas por cm², además el peso y área de frondas cistocárpicas, para las cuatro praderas en estudio. En forma general se puede observar que el número de estructuras reproductivas no varió en función del peso y área de las frondas, en las cuatro praderas en estudio (Fig. 5a, b, c y d). Los tamaños de las frondas reproductivas son mayores en los meses de verano y disminuyen progresivamente hasta alcanzar tamaños mínimos e incluso desaparecer a fines de la primavera.

Para frondas tetraspóricas (Fig. 6) tampoco se encuentra una relación en el número de estructuras reproductivas en función del tamaño de las frondas, además para las cuatro praderas los mayores tamaños de frondas se apreciaron



en los meses de verano y mediados del otoño, disminuyendo progresivamente hasta alcanzar valores mínimos y desaparecer al comienzo del verano en las praderas de la X Región (Fig. 6a y b) y fines del invierno para las praderas de la XI Región (Fig. 6c y d). Se destaca que en la pradera de canal Chaiguao se encontraron las frondas tetrasporicas de mayor tamaño.

a.2) Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas maduras

La distribución de estructuras reproductivas en las frondas de *Sarcothalia*, es similar en ambas fases, en sentido longitudinal de la fronda desde la orientación margen-centro-margen y desde el ápice hacia la base de la fronda. Además esta distribución es conservativa en el espacio, en las 4 praderas y en el tiempo durante un ciclo anual. Observándose diferencias en la densidad de los soros tetrasporangiales y cistocarpos entre fases reproductivas, Región, praderas y estación.

En la tabla 1, se entregan los resultados del análisis de varianza (ANDEVA, 5 vías), realizados con los promedios de densidad de estructuras reproductivas y se observan diferencias significativas en la densidad de soros y cistocarpos entre Regiones, pradera, estación y tipo de estructura reproductiva, no así en la distribución. En términos globales, el desarrollo de soros y cistocarpos en las frondas de luga negra, mostró diferencias significativas en la densidad de estas estructuras, existiendo siempre una menor densidad en el segmento central que en los márgenes. Sin embargo, pese a que la densidad de estructuras es diferente entre praderas, estaciones del año y entre las fases reproductivas, el patrón de variación margen-centro-margen se mantuvo constante en todos los casos y bajo la influencia de cualquier factor.



Tabla 1. Análisis de Varianza (ANDEVA, 5 vías) de los datos de densidad de soros tetrasporangiales y cistocarpos y su distribución en orientación margen-centro-margen en la fronda de *Sarcothalia* (Factores: 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE, 5-UBICACIÓN).

	gl	CM	gl	CM		
	Efecto	Efecto	Error	Error	F	P
1	1	522511,	3654	1052,409	496,490	<0,000001
2	2	297887,	3654	1052,409	283,053	<0,000001
3	3	342706,	3654	1052,409	325,639	<0,000001
4	1	5966044	3654	1052,409	5668,941	<0,000001
5	2	47064,	3654	1052,409	44,720	<0,000001
13	3	47939,	3654	1052,409	45,552	<0,000001
23	6	7911,	3654	1052,409	7,517	<0,000001
14	1	348076,	3654	1052,409	330,742	<0,000001
24	2	213908,	3654	1052,409	203,256	<0,000001
34	3	377664,	3654	1052,409	358,857	<0,000001
15	2	536,	3654	1052,409	,509	0,601123
25	4	981,	3654	1052,409	,932	0,444310
35	6	646,	3654	1052,409	,614	0,719352
45	2	27528,	3654	1052,409	26,157	<0,000001
134	3	98920,	3654	1052,409	93,994	<0,000001
234	6	10396,	3654	1052,409	9,878	<0,000001
135	6	1099,	3654	1052,409	1,044	0,394336
235	12	188,	3654	1052,409	,179	0,999137
145	2	433,	3654	1052,409	,412	0,662442
245	4	606,	3654	1052,409	,576	0,680187
345	6	899,	3654	1052,409	,854	0,527771
1345	6	733,	3654	1052,409	,696	0,652726
2345	12	210,	3654	1052,409	,200	0,998498

Las figuras 7 y 8; que resultaron de las interacciones de mayor orden, entre los factores analizados, evidenció claramente que las diferencias dentro de la fronda son conservativas, más allá de cualquier variación en densidad. Se observó las mismas tendencias al nivel de praderas de la X y XI Región en todas las estaciones (Figs. 7a y b) y tampoco se evidenció diferencias entre las dos fases reproductivas en las estaciones (Fig. 8a y b). Las diferencias conservativas, permiten asegurar que, respecto al patrón de maduración longitudinal, al



momento de la cosecha no es necesario adoptar precauciones especiales sobre cómo extraer una fronda individual o dónde realizar un corte en el talo.

El análisis de varianza (ANDEVA, 4 vías) (tabla 2), realizado con los mismos promedios de densidad de estructuras reproductivas, para determinar diferencias significativas a nivel de Región, pradera, estación, fase y distribución de soros y cistocarpos, pero en sentido vertical, es decir desde la parte apical, media y basal de las frondas, permitió determinar que existen diferencias significativas para cada uno de los niveles considerados. Este análisis en sentido vertical, mostró diferencias en el desarrollo de estructuras reproductivas, con una disminución progresiva y significativa de la densidad de soros y cistocarpos desde el ápice hacia la base (Scheffé; $P < 0.0001$). Las diferencias entre sectores verticales de la fronda se mantuvo constante en todas las condiciones e independientemente de la variación de los otros factores, como lo muestran las interacciones de mayor orden en las figuras 9 y 10.



Tabla 2. Análisis de Varianza (ANDEVA, 4 vías) de los datos de densidad de soros y cistocarpos y su distribución en orientación ápice a base de la fronda de *Sarcothalia* (Factores:1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE, 5-POSICION).

	gl Efecto	CM Efecto	gl Error	CM Error	F	P
1	1	631591,	3654	1149,537	549,430	0,000000
2	2	367124,	3654	1149,537	319,367	0,000000
3	3	385359,	3654	1149,537	335,230	0,000000
4	1	6805595,	3654	1149,537	5920,291	0,000000
5	2	112291,	3654	1149,537	97,684	0,000000
13	3	51526,	3654	1149,537	44,824	,000000
23	6	9629,	3654	1149,537	8,377	,000000
14	1	425991,	3654	1149,537	370,576	0,000000
24	2	261148,	3654	1149,537	227,177	0,000000
34	3	423882,	3654	1149,537	368,741	0,000000
15	2	16558,	3654	1149,537	14,404	,000001
25	4	7298,	3654	1149,537	6,349	,000044
35	6	6411,	3654	1149,537	5,577	,000009
45	2	76019,	3654	1149,537	66,130	,000000
134	3	106786,	3654	1149,537	92,894	0,000000
234	6	12851,	3654	1149,537	11,179	,000000
135	6	2310,	3654	1149,537	2,010	,060952
235	12	376,	3654	1149,537	,327	,984701
145	2	15272,	3654	1149,537	13,286	,000002
245	4	4862,	3654	1149,537	4,230	,002035
345	6	6167,	3654	1149,537	5,365	,000016
1345	6	1870,	3654	1149,537	1,627	,135387
2345	12	314,	3654	1149,537	,274	,993169

De esta forma, el patrón vertical de desarrollo de soros y cistocarpos indicó que para efectos de cosecha, se estableciera eventualmente alguna longitud mínima sobre la cual cortar frondas de gran tamaño, siempre se perderá la fracción más reproductiva de la fronda y por lo tanto la mayor posibilidad de contribuir a la reproducción de una pradera. De tal forma que para efectos de manejo, es



preferible seleccionar frondas de distinto tamaño (ejemplo: fijar un tamaño mínimo) en lugar de cosechar la parte superior de una fronda.

Las frondas de *Sarcothalia*, de las 4 praderas estudiadas presentaron cistocarpos y soros tetrasporangiales maduros, inmaduros y vacíos durante todo el período de estudio. Sin embargo, durante los meses de primavera en las praderas de la X Región no se recolectó plantas cistocárpicas ni tetraspóricas y en praderas de la XI Región tampoco se encontró plantas tetraspóricas a fines de invierno y primavera. (Fig. 11a, b, c y d; Fig. 12a, b, c y d).

La abundancia de cistocarpos maduros, inmaduros y vacíos, en praderas de la X Región, mostró fluctuaciones características para cada pradera. En Isla Lagartija, los cistocarpos maduros fueron más abundantes en los meses de verano (30%), disminuyendo hacia otoño (2%) y aumentando levemente hacia inicios de primavera (20%). Los cistocarpos inmaduros mostraron una mayor variación entre los meses de otoño (90%) e invierno (10%). Los cistocarpos vacíos también presentaron un incremento en la abundancia entre los meses de otoño e invierno (2%- 80%) respectivamente (Fig. 11a). En la pradera de Canal Chaiguao, también se observó grandes fluctuaciones en los estados de madurez considerados, principalmente entre cistocarpos inmaduros y vacíos, la abundancia de los cistocarpos maduros no superó el 25%, en los meses estudiados, presentando este valor de abundancia en marzo y en los meses de invierno. Los cistocarpos inmaduros fueron abundantes en los meses de verano y otoño (60%-75%), llegando a 0 en primavera, los cistocarpos vacíos fueron abundantes en enero (65%) y en los meses de invierno con un porcentaje similar que el de enero, sin embargo en los meses de fines de verano e inicios de otoño la abundancia no fue mayor a un 15% (Fig. 11b).



En las praderas de la XI Región, la abundancia de cistocarpos mostró grandes fluctuaciones, en Isla Vergara, los cistocarpos maduros fueron más abundantes en verano (febrero 60%) y desde otoño a primavera no superaron el 25% de abundancia, mostrando valores de 0 en octubre. Los cistocarpos inmaduros presentaron abundancia inferior a 55% durante verano-otoño, en invierno no se encontraron, mientras que hacia la primavera se incrementaron bruscamente alcanzando 95% en octubre. Los cistocarpos vacíos presentaron una tendencia a aumentar desde los meses de verano (20%) a los meses de invierno (80%-90%), disminuyendo drásticamente a valores cercanos a 0% en primavera (Fig. 11c). En la pradera de Isla Chaculay, las diferentes categorías de madurez de cistocarpos consideradas, mostraron una tendencia similar a Isla Vergara, en cada una de las estaciones muestreadas, con altos valores de cistocarpos maduros en febrero (50%) e inferiores al 20% de otoño a primavera, los cistocarpos inmaduros mostraron una abundancia que no superó el 30%, en los meses de verano a invierno, mostrando una abundancia de sobre el 90% en los meses de primavera. Los cistocarpos vacíos presentaron abundancias de sobre el 50% en los meses de otoño a inicios de primavera, disminuyendo drásticamente con valores cercanos a 0%, en los meses de primavera (Fig. 11d).

La abundancia de soros tetrasporangiales maduros en las frondas no fue mayor al 50 %, en las 4 praderas (Fig. 12). En las praderas de la X Región (Figs. 12a y b), se observó tendencias similares, los soros maduros fueron más abundantes en los meses de otoño y menor en los meses de verano e invierno (aproximadamente un 25%). Los soros inmaduros disminuyeron desde los meses de verano a inicios de primavera, de 75% en enero a menos del 10% en septiembre en la pradera de Isla Lagartija y de un 65% en enero a un 30% en septiembre en la pradera de Canal Chaiguao. Los soros vacíos presentaron un aumento en los meses de verano alcanzando un máximo en inicios de primavera,



(2% en febrero a 75% en septiembre) en Isla Lagartija y en Canal Chaiguao (5% en enero a un 60% en agosto).

En praderas de la XI Región, la abundancia (%) de soros presentó mayor fluctuación en la pradera de Isla Vergara, que en la pradera de Isla Chaculay. En la primera pradera, la abundancia de los soros maduros fluctuó de un 25% en junio a un 45% en enero y julio, y los soros inmaduros presentaron una abundancia cercana al 50% en los meses de verano y otoño (abril), para disminuir a inicios de invierno a menos del 2%, y los soros vacíos mostraron una tendencia a aumentar desde los meses de verano (5%) a inicios de invierno, cuya abundancia fue de un 75% (Fig. 12c). En la pradera de Isla Chaculay, se observó que los soros maduros fueron más abundantes en los meses de verano, aproximadamente de un 50% y disminuyeron hacia inicios de invierno a un 10%, los soros inmaduros mostraron una tendencia similar a la descrita anteriormente, y los soros vacíos mostraron una tendencia diferente, su abundancia aumentó desde los meses de verano de un 5% a inicios de invierno de aproximadamente un 75% (Fig. 12d).

Estos resultados demostraron que las frondas tetrasporofíticas de *Sarcothalia*, están produciendo de manera continua estructuras reproductivas y que la maduración de estas estructuras se manifiesta durante gran parte del ciclo anual en las 4 praderas en estudio.

De acuerdo a estos resultados, las frondas cistocárpicas de *Sarcothalia*, mostraron una producción y maduración continua en el tiempo de esta estructura reproductiva. Además la producción y liberación de carpósporas estaría ocurriendo, también continuamente en el tiempo.



El análisis de varianza (ANDEVA de 4 vías) (Tabla 3), fue realizado sólo con los promedios del número de estructuras reproductivas maduras por cm², de las praderas de la X y XI Región. Se observó diferencias significativas (P<0.001) entre regiones, praderas, estructuras reproductivas y estación. Al agrupar los datos de las praderas por regiones, se observa un número significativamente más alto de soros que de cistocarpos durante el período de estudio, además esta tendencia se mantuvo entre las regiones, pero con una marcada fluctuación estacional del número de soros, con máximos en otoño e invierno y mínimos en primavera-verano en la X Región (Fig. 13a) y con un máximo en otoño y un mínimo en primavera en las praderas de la XI Región (Fig. 13b). Con relación al número de cistocarpos, prácticamente no varía a lo largo del ciclo anual, mostrando una leve disminución de verano a primavera, no significativa, en las praderas de ambas regiones (Fig. 13a y b). Se demuestra que, en conjunto las regiones exhiben una fluctuación estacional con un máximo en otoño y un mínimo en primavera, en donde las estaciones son diferentes entre sí (Scheffé; P<0.00001), con la excepción del verano y el invierno (Scheffé; P>0.05).

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANDEVA, 4 vías) del número soros tetrasporangiales y de cistocarpos maduros por cm². Modelo fijo de 4 vías con anidamiento (Factores:1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESFORA, 4-ESTACION)

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	9558.4	1459	116.3120	82.179	<0.000001
2	2	5966.0	1459	116.3120	51.293	<0.000001
3	1	125173.5	1459	116.3120	1076.187	<0.000001
4	3	15362.1	1459	116.3120	132.076	<0.000001
13	1	8595.8	1459	116.3120	73.903	<0.000001
23	2	4879.2	1459	116.3120	41.949	<0.000001
14	3	2953.8	1459	116.3120	25.396	<0.000001
24	6	1549.2	1459	116.3120	13.319	<0.000001
34	3	13207.9	1459	116.3120	113.555	<0.000001
134	3	1626.3	1459	116.3120	13.983	<0.000001
234	6	1515.3	1459	116.3120	13.028	<0.000001



En términos globales, el número de cistocarpos y de soros por cm^2 , fue significativamente mayor en la X Región que en la XI Región, y además se registró un número significativamente más alto de soros que de cistocarpos, tendencia que se mantuvo de forma consistente entre ambas regiones (Fig. 14).

a.3) Maduración de estructuras reproductivas y liberación de esporas

La experiencia de liberación de tetrásporas y de carpósporas realizadas mensualmente para las 4 praderas, permitió obtener el número promedio de soros tetrasporangiales y de cistocarpos maduros esporulados. Se observó que en todas las praderas analizadas, hubo liberación de carpósporas y de tetrásporas en todo el período de estudio y el mayor número de cistocarpos y de soros tetrasporangiales esporularon en los meses de otoño. Además, se observó mayor número de cistocarpos esporulados que de soros, con relación al número inicial de estructuras reproductivas maduras.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANDEVA, modelo fijo de 5 vías con anidamiento), de los porcentajes de esporulación de cistocarpos y de soros tetrasporangiales, obtenidos en las 4 praderas (Factores: 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE).

	gl Efecto	CM Efecto	gl Error	CM Error	F	P
1	1	1876,59	484	507,3842	3,6986	0,055046
2	2	7721,39	484	507,3842	15,2180	<0,000001
3	3	10918,68	484	507,3842	21,5196	0,000000
4	1	59442,39	484	507,3842	117,1546	0,000000
13	3	4115,18	484	507,3842	8,1106	0,000028
23	6	2551,20	484	507,3842	5,0281	0,000051
14	1	0,19	484	507,3842	0,0004	0,984430
24	2	3413,93	484	507,3842	6,7285	0,001311
34	3	4828,24	484	507,3842	9,5160	0,000004
134	3	1357,55	484	507,3842	2,6756	0,046654
234	6	958,10	484	507,3842	1,8883	0,081081



Los resultados del análisis de varianza (ANDEVA, fijo de 5 vías). En la tabla 4 se indica que hay variación significativa ($P < 0.01$), en los porcentajes de esporulación a nivel de praderas, estación y fase. Al agrupar los datos por Región, se observó que las estructuras reproductivas de ambas fases mostraron porcentajes de esporulación con una variación estacional significativa. En ambas regiones hay una mayor esporulación de cistocarpos, pero la X Región mostró valores máximos en invierno y mínimos en verano y primavera, mientras que en la XI Región, se observó valores máximos en otoño e invierno y mínimos en primavera-verano (Fig. 15a y b). Los soros tetrasporangiales, presentaron una menor esporulación, con máximos porcentajes de soros esporulados en otoño en ambas regiones, y valores mínimos en verano para la X Región, mientras que en la XI Región los valores mínimos se presentaron en invierno y primavera (Fig. 15a y b).

El test a posteriori Scheffé, mostró máximos valores significativos ($P < 0.01$) en otoño e invierno, si bien globalmente la esporulación fue significativamente mayor en la X Región, que en la XI. En las praderas de ambas regiones, aún cuando existen diferencias entre las praderas individuales, dentro de cada Región, asociadas a las interacciones que se detectan con relación a la estación del año y el tipo de estructura reproductiva, el patrón clave es el nivel claramente diferencial de la esporulación entre cistocarpos y soros tetrasporangiales (Fig. 15a y b). El nivel de esporulación de los cistocarpos es aproximadamente el doble de los soros, durante todo el año e independientemente de las fluctuaciones.

La liberación de carpósporas y de tetrásporas, expresadas como número de esporas producidas por cistocarpo o soro tetrasporangial, ocurrió en ambas fases reproductivas de cada pradera, durante las estaciones estudiadas. Se observaron fluctuaciones muy marcadas en la liberación de carpósporas por cistocarpo en praderas de la X Región, con un máximo promedio (18.000 carpósporas por



cistocarpo) en otoño y valores mínimos en verano y primavera (6.000 a 8.000 carpósporas por cistocarpo). En la XI Región, se observó que, en las estaciones de verano, otoño e invierno, los cistocarpos mostraron valores de esporulaciones entre 13.000 a 14.000 carpósporas por cistocarpo y una producción muy baja en primavera de aproximadamente 3.000 carpósporas por cistocarpo (Fig. 16a y b). La producción de tetrásporas por soro, también mostró fluctuaciones estacionales y la tendencia de esta producción fue a disminuir de verano a primavera en las praderas de ambas Regiones, las producciones estimadas fueron de 6.000 a 2.000 tetrásporas por soro de verano a primavera, en la X Región y en la XI Región fue de 8.000 a 4.000 tetrásporas por soro, en las mismas estaciones mencionadas (Fig. 16a y b).

En la tabla 5, se entregan los valores de significancia del análisis de varianza (ANDEVA, fijo de 4 vías), sobre la producción de esporas por estructura reproductiva en las 4 praderas. Se observó que no hay diferencias significativas en la producción de esporas por estructura reproductiva, entre regiones, tampoco entre las praderas dentro de cada Región, aunque se observaron diferencias significativas entre estaciones, con un máximo bien definido en otoño y un mínimo en primavera. Además, hubo diferencias significativas muy importantes entre los tipos de estructura reproductiva, en donde los cistocarpos producen en promedio el doble de carpósporas que los soros tetrasporangiales.



Tabla 5. Análisis de varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento), de la producción de carpósporas y de tetrásporas por ambas fases reproductivas en las 4 praderas (Factores: 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE).

	gl Efecto	CM Efecto	gl Error	CM Error	F	P
1	1	149814688	483	56446824	2,65409	0,103936
2	2	59262136	483	56446824	1,04988	0,350779
3	3	1287710464	483	56446824	22,81281	<0,000001
4	1	3544846080	483	56446824	62,79975	<0,000001
13	3	287979360	483	56446824	5,10178	0,001747
23	6	65014416	483	56446824	1,15178	0,331134
14	1	83586936	483	56446824	1,48081	0,224242
24	2	368595648	483	56446824	6,52996	0,001591
34	3	485410656	483	56446824	8,59943	0,000014
134	3	167997104	483	56446824	2,97620	0,031265
234	6	88566008	483	56446824	1,56902	0,154218

Los datos demostraron que existe interacción significativa, entre la producción de esporas por Región y por estación, y además que el comportamiento estacional de las estructuras reproductivas es similar entre la X y XI Región, pero a un nivel muy distinto. Con una moderada variación estacional en la producción de tetrásporas entre verano y primavera, y gran fluctuación en la producción de carpósporas, con máximos en otoño y mínimo en primavera (Fig. 16a y b).

a.4) Viabilidad y Germinación de esporas

La viabilidad y germinación de esporas de *Sarcothalia*, fueron evaluadas estacionalmente en cada una de las praderas en estudio a excepción de la estación de primavera, en praderas de la X Región, en las cuales no se contó con material reproductivo maduro para desarrollar la experiencia. En canal Chaiguao solo se encontró y se recolectó material inmaduro de ambas fases y en Isla



Lagartija, la fase cistocárpica recolectada estaba inmadura. En praderas de la XI Región, ocurrió una situación similar con la fase tetráspórica, en la estación de invierno.

Se observó fluctuaciones estacionales en los promedios de los porcentajes de viabilidad de carpósporas y de tetrásporas, en praderas de una misma región, como entre regiones (Figs. 17a, b, c y d). En la X Región, en la pradera de isla Lagartija, los porcentajes más altos se observaron en verano y fueron de $85\pm 12\%$ y de $77\pm 3\%$ para tetrásporas y carpósporas, respectivamente, y de un $79.8\pm 19\%$ para tetrásporas y de un 100% para carpósporas en Canal Chaiguao (Fig. 17a y b). En las praderas de la XI Región, se observaron los valores más altos en la estación de primavera. En Isla Vergara, los porcentajes fueron de un $83\pm 15.3\%$ en tetrásporas y de un $89.5\pm 17.8\%$ en carpósporas. En cambio en Isla Chaculay en otoño y en primavera se obtuvieron los valores máximos para ambos tipos de esporas (Fig. 17c y d).

El análisis de varianza (ANDEVA, de 4 vías) (Tabla 6), con datos agrupados de los porcentajes de viabilidad de carpósporas y de tetrásporas de ambas praderas por Región, mostró diferencias significativas ($P < 0.01$), de la viabilidad entre regiones, no así entre praderas de una misma Región, debido a que en cada una de las praderas la viabilidad tiende a comportarse de forma similar en el tiempo. En ambas praderas de la X Región, los porcentajes de viabilidad presentan marcada variación estacional y con la misma tendencia para tetrásporas y carpósporas, se observa un máximo en verano y disminuye hacia invierno-primavera. En praderas de la XI Región, no se observa una tendencia similar en el tiempo, se observa una tendencia a aumentar la viabilidad de carpósporas hacia primavera, manteniéndose los porcentajes promedios de viabilidad altos y sin grandes fluctuaciones entre verano a invierno, sin embargo, las tetrásporas en



estas praderas presentan fluctuaciones entre las estaciones, con un mínimo en invierno. Un test a posteriori de Scheffé, mostró en términos de promedios que la viabilidad es diferente entre las estaciones ($P < 0.01$), excepto al comparar primavera e invierno (Schaffé; $P < 0.05$). Considerando los tipos de esporas en su conjunto, los promedios de porcentajes de viabilidad fueron significativamente mayores en las praderas de la XI Región, que en las praderas de la X Región. Por otra parte, la interacción del tipo de esporas por Región, con relación a la viabilidad promedio, mostró un comportamiento diferencial de los tipos de esporas, las tetrásporas exhiben un mismo nivel entre regiones, mientras que las carpósporas presentan una viabilidad mucho más alta en la XI Región que en la X Región. Como tendencia general, el promedio de viabilidad en las praderas fue significativamente más alto en las carpósporas que en las tetrásporas. De acuerdo a esto, *Sarcothalia*, presenta en todas las estaciones una alta potencialidad de propagación por esporas.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías, con anidamiento), de los porcentajes de viabilidad de carpósporas y de tetrásporas de las 4 praderas (Factores: 1-REGIÓN, 2-PRADERA, 3-ESTACIÓN, 4-ESPORA).

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	25507.71	448	250.9152	101.6587	<0.000001
2	2	538.32	448	250.9152	2.1454	0.118219
3	3	15702.95	448	250.9152	62.5827	0.000000
4	1	6079.77	448	250.9152	24.2304	0.000001
13	3	47856.96	448	250.9152	190.7296	<0.000001
23	6	7346.16	448	250.9152	29.2775	<0.000001
14	1	25463.99	448	250.9152	101.4844	<0.000001
24	2	3405.13	448	250.9152	13.5709	0.000002
34	3	10107.14	448	250.9152	40.2811	<0.000001
134	3	1562.49	448	250.9152	6.2271	0.000377
234	6	4720.21	448	250.9152	18.8120	<0.000001



Se observó germinación de carpósporas y de tetrásporas en todas las estaciones y en las 4 praderas estudiadas. En las praderas de la X Región, los valores de porcentaje promedios de germinación más altos, fueron en verano-otoño. En Isla Lagartija, fueron de un $62.7 \pm 12\%$ a un $65.5 \pm 9.8\%$ para tetrásporas y de un $76 \pm 2\%$ a un $67.3 \pm 7.6\%$ para carpósporas, respectivamente. En Canal Chaiguao, estos valores máximos se dieron en verano e invierno y fueron de un $72.8 \pm 26.4\%$ a un $78 \pm 1\%$ para tetrásporas y de un $81.6 \pm 21\%$ a un $75 \pm 11\%$ para carpósporas, respectivamente (Fig. 18a y b).

En la XI Región (Fig. 18c y d) los promedios de germinación fueron bajos. En Isla Vergara estos promedios fluctuaron en un $16.7 \pm 7.8\%$ en verano a un $65 \pm 14\%$ en otoño, para tetrásporas y de un $27 \pm 6\%$ en verano a un $74.6 \pm 2.8\%$ en otoño, para carpósporas, En Isla Chaculay, la germinación de tetrásporas fluctuó en un rango de $47 \pm 16\%$ en verano a un 62.7 ± 8 en otoño y de un $49 \pm 12\%$ en primavera a un $69 \pm 25\%$ en otoño para carpósporas.

En general, en cada una de las praderas, se observó que todas las esporas viables, dentro de los 10 días de observación germinaban, esto fue más notorio en otoño y primavera.

En la tabla 7, se dan los resultados del análisis de varianza (ANDEVA, 4 vías) aplicado a los porcentajes de germinación, nos mostró que a diferencia de lo observado en la viabilidad de esporas, la germinación de esporas no presenta diferencias significativas entre regiones, observándose diferencias entre las praderas dentro de cada Región. En promedio, la germinación de las carpósporas es significativamente más alta que la germinación de tetrásporas y además cuando se analizan las diferencias entre regiones, difieren en su patrón estacional, al observarse una estacionalidad definida en la germinación de



tetrásporas y de carpósporas, con máximos bien definidos en verano y mínimos valores en primavera. En las praderas de la XI Región la germinación de ambos tipos de esporas se mostró más variable, pero con la misma tendencia para tetrásporas y para carpósporas, altos valores en otoño y primavera y bajos valores en verano e invierno para ambos tipos de esporas. Considerando las praderas y tipos de esporas en su conjunto, la germinación de esporas presenta una clara fluctuación estacional, con diferencias significativas entre las estaciones (Scheffé; $P < 0.001$), además de tendencias globales similares entre los tipos de esporas.

Tabla 7. Análisis de varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías, con anidamiento), de los porcentajes de germinación de carpósporas y de tetrásporas de las 4 praderas (Factores: 1-REGIÓN, 2-PRADERA, 3-ESTACIÓN, 4-ESPORA).

	gl Efecto	CM Efecto	gl Error	CM Error	F	P
1	1	480.70	448	236.9354	2.0288	0.155036
2	2	3790.43	448	236.9354	15.9978	<0.000001
3	3	27064.71	448	236.9354	114.2282	<0.000001
4	1	3732.18	448	236.9354	15.7519	0.000084
13	3	45702.23	448	236.9354	192.8890	<0.000001
23	6	7854.44	448	236.9354	33.1501	<0.000001
14	1	5900.67	448	236.9354	24.9041	0.000001
24	2	2973.22	448	236.9354	12.5486	0.000005
34	3	2278.99	448	236.9354	9.6186	0.000004
134	3	1016.00	448	236.9354	4.2881	0.005340
234	6	2647.38	448	236.9354	11.1734	<0.000001

La interacción de Región y tipo de esporas, nos mostró una acentuada diferencia en germinación, existente en términos globales, entre los tipos de esporas en praderas de la XI, a diferencia de lo que se observó en carpósporas y tetrásporas de la X Región, en donde son menos variables.



En general en todas las estaciones, se observó un alto porcentaje de germinación de esporas, en el lapso de tiempo que duró cada experiencia, esta fue más acentuado en otoño. Se observó diferencias en la viabilidad y germinación de las esporas según la Región. En la X Región, ambos tipos de esporas se comportan de manera similar, tanto en niveles cuantitativos como en su tendencia temporal, mientras que en la XI Región, las carpósporas mostraron una viabilidad y germinación más alta que las tetrásporas, además de una falta de correspondencia entre la viabilidad, que se observó fluctuante y la germinación que estuvo relativamente constante. Las tetrásporas presentaron un mayor porcentaje de viabilidad y germinación en las praderas de la X Región y las carpósporas son más viables y germinan en un mayor porcentaje en praderas de la XI Región. Esto estaría indicando que la distribución de las praderas, en sentido latitudinal, condicionaría la potencialidad reproductiva al nivel de fases en *Sarcothalia*, situación que está evidenciando que los efectos latitudinales serían importantes de considerar para propósitos de manejo de esta especie.

a.5) Esfuerzo reproductivo

Con objeto de evaluar la contribución potencial de distintos tamaños de plantas a las poblaciones de *Sarcothalia crispata*, se efectuó un análisis gráfico simple del esfuerzo reproductivo de plantas individuales en función de su tamaño (biomasa). Globalmente, el esfuerzo, estimado como número de estructuras reproductivas por unidad de masa de fronda, presentaron un patrón similar en todas las praderas y a través de las distintas estaciones del año (gráficos en Anexo 1), que es una alta variabilidad en las clases de tamaño menores, provocando que los máximos de esfuerzo reproductivo estén generalmente asociados a plantas más pequeñas, mientras las plantas mayores son en general poco variables y con un nivel de esfuerzo bajo. Una consecuencia importante es que las plantas de mayor



tamaño, que son precisamente las removidas en la cosecha, potencialmente contribuyen en baja proporción a la reproducción poblacional. No obstante, considerando las praderas en conjunto existió una diferencia clara entre las fases reproductivas ya que las plantas tetraspóricas mantienen el patrón general (máximos y alta variación en clases de tamaño menores) pero las plantas cistocárpicas presentaron un bajo esfuerzo y son poco variables a través de todo su rango de tamaños, si bien tienden a mostrar valores más altos en plantas pequeñas.

Como ejemplo de este patrón al nivel de praderas individuales, se grafico separadamente el esfuerzo reproductivo por fase para una pradera de la X Región y otra de la XI Región. Se observó que las diferencias de esfuerzo entre fases tienden a mantenerse en ambas regiones y en diferentes estaciones del año. Esto sugiere que un posible criterio operativo para efectos de cosecha es evitar la extracción de plantas menores de un cierto tamaño, ya que son éstas las que pueden realizar un esfuerzo más alto y conservarían así el potencial para mantener a la población.

a.6) Relación entre fecundidad y tamaño (biomasa) de frondas

Con el propósito de evaluar la relación entre la fecundidad (número de estructuras reproductivas por planta) y el tamaño (biomasa) de las plantas, se examinó la relación de regresión entre ambas variables sobre una base estacional. Los datos usados se obtuvieron de las muestras, para evaluar otros aspectos reproductivos del proyecto, ya que, solo en estos casos la fecundidad pudo ser evaluada en forma directa. No obstante, debe notarse que las regresiones resultantes no necesariamente serán las representativas para cada pradera completa, debido al tamaño reducido de las muestras, si bien cada muestra representa



aproximadamente el espectro del tamaño disponible en cada momento del tiempo. Las tablas 8-11 resumen los resultados por estación para cada pradera.

Tabla 8. Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Lagartija, X Región.

Estación	Pendiente		F	P
Verano	0,63	0,397	35,6 (1,54)	<0,000001
Otoño	0,59	0,354	59,8 (1,11)	<0,000001
Invierno	0,22	0,048	5,85 (1,12)	0,0171
Primavera	0,19	0,038	2,93 (1,75)	0,0907

Tabla 9. Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Canal Chaiguao, X Región.

Estación	Pendiente	R ²	F	P
Verano	0,483	0,233	21,26 (1,70)	0,000018
Otoño	0,343	0,118	15,65 (1,12)	0,000131
Invierno	0,264	0,070	7,20 (1,96)	0,00857
Primavera	0,871	0,759	75,45 (1,24)	<0,000001

Tabla 10. Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Vergara, XI Región.

Estación	Pendiente	R ²	F	P
Verano	0,468	0,219	17,10 (1,61)	0,00011
Otoño	0,443	0,196	21,50 (1,88)	0,000012
Invierno	0,613	0,376	45,81 (1,76)	<0,000001
Primavera	0,755	0,570	87,45 (1,66)	<0,000001

Tabla 11. Relación de regresión entre fecundidad versus tamaño de las frondas para Isla Chaculay, XI Región.

Estación	Pendiente	R ²	F	P
Verano	0,131	0,017	1,08 (1,62)	0,3025
Otoño	0,028	0,0008	0,06 (1,78)	0,8038
Invierno	0,166	0,027	1,946 (1,69)	0,167
Primavera	0,839	0,703	132,90 (1,56)	<0,000001

Se observó que en la mayoría de los casos la pendiente es positiva y significativa, si bien los coeficientes de determinación son bajos debido a que las plantas



cistocárpicas y tetraspóricas presentan un patrón diferencial de variación, como se describe más adelante. Sin embargo, los análisis mostraron que en general la fecundidad no solo está limitada por el tamaño de las plantas, sino que además, la reproducción ocurre y es viable a través de toda la estructura de tamaño de las poblaciones. Aunque la muestra de Chaculay (XI Región) fue una excepción porque las plantas muestreadas no incluyeron a las de mayor tamaño, es esperable que a nivel de las praderas, la relación sea similar a la de otras praderas, ya que otros análisis mostraron que no había diferencias relevantes en tamaño.

Si bien la relación positiva indica que, al cosechar las plantas de mayor tamaño se estarían removiendo la fracción poblacional que más aportaría a la producción, también indica que todas las plantas más pequeñas remanentes de la cosecha tendrán plena capacidad de reproducirse. Por otro lado el análisis complementario del esfuerzo reproductivo reveló a su vez que la mayor inversión de estructuras reproductivas por unidad de superficie y de masa es realizada por plantas de menor tamaño, sugiriendo que la remoción de plantas grandes podría no tener un impacto significativo sobre la reproducción poblacional. No obstante, no se debe considerar hasta conocer el aporte relativo de la fracción poblacional remanente de una cosecha al reclutamiento de la pradera, con relación al aporte potencial de los discos basales a la producción vegetativa de nuevas frondas.

Por otra parte al considerar las plantas en conjunto existió una clara diferencia entre las fases reproductivas (Ver gráfico en Anexo 1), ya que las frondas tetraspóricas producen un número mucho mayor de estructuras reproductivas que las plantas cistocárpicas de igual tamaño y esta diferencia crece a medida que aumenta el tamaño de las frondas reproductivas. Este patrón diferencial se explica por el menor tamaño de los soros tetrasporangiales respecto a los



cistocarpos, por lo cual la mayor fecundidad aparente de plantas cistocárpicas obedecería a un efecto compensatorio por tamaño, compensación que es aparente al analizar otros aspectos de la reproducción.

b) Estimación del crecimiento de frondas secundarias y los períodos de máxima producción de biomasa

b. 1) Crecimiento de frondas secundarias

Los resultados obtenidos en las experiencias de crecimiento de frondas secundarias para las cuatro praderas, demostraron en forma general que en verano y otoño se presenta un decrecimiento en la tasa de crecimiento diario (cm d^{-1}) con valores que se aproximan a $-1 \text{ cm d}^{-1} \pm 0,9\text{ee}$, (Fig 19a, b, c y d). Estos valores se pueden explicar porque dos factores, se produce senescencia y necrosis de la lámina y por otra parte desprendimiento por efectos mecánicos de fricción causados por los temporales, especialmente en la estación de otoño. Además, durante estas estaciones se produjo en las cuatro praderas embancamiento en las áreas elegidas para las experiencias, por lo tanto en algunos meses las frondas secundarias se desprendieron quedando solamente el disco de adhesión.

Los experimentos de invierno y primavera, registraron en general un incremento positivo en la tasa de crecimiento diario con valores para invierno de $1,5 \text{ cm d}^{-1} \pm 0,8$, excepto en Canal Chaiguao, donde no hubo crecimiento. En primavera la tasa de crecimiento diario aumento considerablemente en las cuatro praderas en estudio, con valores de promedio de $3,5 \text{ cm d}^{-1} \pm 1,5$ (Fig. 19a, b, c y d) este incremento fue atribuible a las condiciones ambientales favorables que se presentaron en esa estación, como aumento de temperatura, mayor cantidad de



horas de luz, y mayor intensidad luminosa. Los experimentos controles no sufrieron cambios en ninguna pradera, es decir, las frondas secundarias con fronda principal no crecieron, por lo tanto, el no-crecimiento puede estar relacionado con, que la fronda principal podría estar inhibiendo el crecimiento de las frondas secundarias, especialmente en la época del año donde se produce un incremento de la tasa de crecimiento diario en los experimentos realizados.

b.2) Período de máxima biomasa

En la tabla 12 se muestra que los períodos máximos de biomasa para el área total de cada pradera se presentaron en verano. Sin embargo, estos valores en las praderas de la XI Región son mayores. Por el contrario, en invierno, las praderas de la X Región presentaron las mayores biomásas. En forma individual, Isla Lagartija presentó en el mes de febrero la máxima biomasa con 55.612 Kg; Canal Chaiguao su máxima biomasa la presentó en Marzo con 112.523 Kg, Isla Vergara en diciembre de 1999 presentó la máxima biomasa con 260.575 Kg y en Isla Chaculay en febrero se observó el período de máxima biomasa con 150.816 Kg. Las diferencias en los valores de verano son atribuibles a que las praderas de la X Región son explotadas, mientras que las praderas de la XI Región no son explotadas.



Tabla 12. Proyección mensual de biomasa total para cada una de las praderas en estudio.

Meses	X Región		XI Región	
	Isla Lagartija Kg	Canal Chaiguao Kg	Isla Vergara Kg	Isla Chaculay Kg
Diciembre 1999	31977.9	12615.5	260575.0	102602.6
Enero 2000	55612.4	77254.4	125054.1	150816.6
Febrero 2000	65257.4	103242.6	124984.8	112310.0
Marzo 2000	51278.6	112523.3	53257.9	49630.4
Abril 2000	14263.7	58512.1	45090.2	31223.1
Mayo 2000	40744.8	44485.6	17082.6	3943.3
Junio 2000	34973.9	4598.0	12199.7	3776.2
Julio 2000	37869.8	20833.4	1224.6	577.6
Agosto 2000	14956.9	12769.6	2372.2	551.4
Septiembre 2000	10898.0	2626.3	2094.9	2252.0
Octubre 2000	13524.4	0.0	26702.1	28327.2
Noviembre 2000	37540.1	6598.1	84043.6	99653.6
Diciembre 2000	*	75952.07*	*	*

*sin muestreo

b.3) Crecimiento Vegetativo

Al analizar los resultados de crecimiento vegetativo durante el período de estudio (enero a noviembre del año 2000) se observó que la tendencia de las tasas de crecimiento estacional para las praderas analizadas en cada región es similar (Figs. 20 y 21). Sin embargo al comparar este parámetro entre las dos regiones estudiadas se observó un patrón diferente, dado principalmente por valores positivos en las tasas de crecimiento de los experimentos instalados en la XI Región durante el invierno, a diferencia de los valores negativos registrados para esta época del año en las praderas de la X Región. Por otro lado, ninguna de las praderas estudiadas mostró diferencias significativas en las tasas de crecimiento



de los tres rangos de tallas analizadas ($p < 0.05$) (Tabla 13). Es decir, los tres rangos de tallas, presentaron un comportamiento similar en las tasas de crecimiento durante las cuatro estaciones, sin embargo, entre estaciones existen diferencias significativas ($p < 0.05$). En primavera se obtienen las mayores tasas de crecimiento con valores promedio sobre 2 cm d^{-1} (Figs. 20 y 21).

Tabla 13. Análisis de varianza (ANDEVA, modelo fijo de 2 vías con anidamiento), de las tasas de crecimiento de las frondas vegetativas para los rangos de talla 5-14cm; 15-24cm; 25-35cm en las cuatro praderas en estudio, en donde $p < 0.05$ *.

Praderas	Efecto	gl. Efecto	CM Efecto	gl. Error	CM Error	F	P
Isla Lagartija	estación	3	10.81	24	3.198	3.381	0.034658*
	tallas	2	2.074	24	3.198	0.649	0.53171
Canal Chaiguao	estación	3	61.56	24	4.294	14.34	0.0001*
	tallas	2	1.376	24	4.294	0.32	0.7289
Isla Vergara	estación	3	30.79	24	6.005	5.129	0.006973*
	tallas	2	0.537	24	6.005	0.894	0.914825
Isla Chaculay	estación	3	38.53	24	9.868	3.095	0.02101*
	tallas	2	0.989	24	9.868	0.1	0.904997



4.2 Determinación del (los) período (s) de mayor abundancia y máxima biomasa de las fases reproductivas de luga negra para las praderas de la X y XI Regiones

a) Reconocimiento de pradera de importancia comercial

Se realizó un reconocimiento de praderas de luga negra en diferentes localidades de la X y XI regiones durante los dos primeros meses del estudio (Tabla 14). Este recorrido permitió evidenciar la información obtenida de las empresas y pescadores artesanales involucrados en la explotación y comercialización de luga negra y los datos de desembarque de luga en la X Región, recopilados por el Instituto de Fomento Pesquero. El criterio utilizado para la elección de praderas fue que la biomasa de algas fuera homogénea y que las praderas fueran extensas (al menos de 500 m de longitud). Otro criterio utilizado fue que las praderas estuvieran protegidas de manera que durante el transcurso del proyecto no se tuviera que interrumpir los muestreos o experimentos.

En la X región se realizó un reconocimiento en Isla Lagartija ($41^{\circ}49'20''$ S; $73^{\circ}16'50''$ W) y Canal Chaiguao ($43^{\circ}08'47''$ S; $73^{\circ}29'10''$ W). En los lugares prospectados se encontró una abundante densidad de luga negra sobre bolones entre 3 y 15m y entre 5 y 12 m de profundidad respectivamente. Cada pradera se describe y es caracterizada por separado.

Para seleccionar las praderas de luga en la XI Región se recurrió a las oficinas de SERNAPESCA en Puerto Aysén, pero no existe información oficial de extracción de este recurso en la Región, por lo tanto se obtuvo información directa de los pescadores artesanales de la zona. En la XI Región, se determinó la presencia de praderas en las siguientes localidades, la primera Isla Vergara ($45^{\circ}11'50''$ S; 73°



32'15' W) y la segunda, Isla Chaculay (45°18'25" S; 73°34'45" W). Estas praderas se encuentran cercanas a Puerto Aguirre (45°10' S; 73°32' W). En ambas se pudo constatar la presencia de luga negra sobre sustrato bolones a profundidades entre 1 y 5 m. Cada pradera se describe por separado.

Tabla 14. Lugares de desembarque de luga negra en la X Región.

Lugar de desembarque	Pradera	Acceso
Estaquilla	Estaquilla	Tierra
Ancud	Isla Cochinos Caulin Desem. Río Pudeto Chaumán Cabonero Mutrico	Mar Tierra Tierra Mar Mar Tierra
Calbuco	Punta Lolcura Punta Lenquen Punta San Antonio Punta Chullehua Isla Lagartija Bajo Corvio Bajo Ilto Isla Quenu Rosario Siete Colinas San Agustín Punta Guatral Punta Quicehio Isla Chidguapi	Tierra Mar Tierra Mar Mar Mar Mar Mar Mar y Tierra Mar y Tierra Tierra Mar Mar Mar
Quellón	Achao Cailín Queilen Quellón Canal Chaiguao Laitec Chaitén Tic-Toc	Tierra Mar Tierra Tierra Mar Mar Tierra Mar



b) Caracterización de las praderas

b.1) Pradera de Canal Chaiguao (X Región)

La pradera de *Sarcothalia crispata* ubicada en la parte norte del sector costero del Canal Chaiguao distante a 5 millas de Quellón ($43^{\circ}07' S$; $73^{\circ}37' W$) tiene una superficie de $30.973 m^2$, las frondas se desarrollan sobre bolones a profundidades entre 5 y 12 m, la salinidad superficial del agua fue en promedio de 33,1‰ y a 6 m de profundidad de 33,3 ‰, la temperatura superficial fue de $12.5^{\circ}C$ y de fondo fue de $12^{\circ}C$, la transparencia fue de 3.5 m para el día 8 de noviembre de 1999. La longitud de la pradera es de 397 m y el ancho 78 m. La pradera está expuesta a los vientos del sur. El régimen de mareas se caracteriza por un rango de 5 m en mareas de sicigia, el movimiento de agua en esta zona esta principalmente influido por el cambio de mareas lo que produce una corriente de velocidad moderada por las características del lugar, ya que corresponde a una bahía semiprotegida.

b.2) Pradera de Isla Lagartija (X Región)

Esta pradera está ubicada a 8 millas al suroeste de Calbuco ($41^{\circ}46' S$; $73^{\circ}07' W$). La pradera evaluada se encuentra al sector este de la isla y tiene un área de $77.018 m^2$. Las algas crecen sobre bolones a profundidades entre 3 y 15 m, la salinidad superficial promedio fue de 31,5‰ y de a 6 m de 31,2‰, la temperatura superficial del agua fue de $12,8^{\circ}C$ y de fondo fue de $12,6^{\circ}C$, la transparencia fue 6 m. Las dimensiones de esta pradera son 463 m de longitud y 194 m de ancho. La pradera está expuesta a los vientos del sur y el régimen de mareas se caracteriza por un rango de 5 m en mareas de sicigia. El movimiento



de agua esta principalmente influenciado por las mareas, la velocidad promedio de corrientes entre la baja y la pleamar es de 9,8 m/seg.

b.3) Pradera de Isla Vergara (XI Región)

Se ubica a 2 millas al sur de Puerto Aguirre (45°10' S; 73°32' W) , XI Región, la pradera evaluada se ubica en sector costero suroeste de la isla con un área de 6.000 m². Las frondas se desarrollan principalmente sobre sustrato rocoso tipo canto rodado, la pradera se distribuye a profundidades entre 1 y 5 m, la salinidad superficial promedio fue de 28,5‰ y de fondo fue de 29,6‰, la temperatura superficial fue 13,3°C y de fondo fue de 13,1°C, la transparencia fue de 4 m en diciembre de 1999. Las dimensiones de esta pradera son 1.500 m de longitud por 4 m de ancho. La pradera está expuesta a los vientos del suroeste y el régimen de mareas se caracteriza por un rango de marea de 2,15 m en mareas de sicigia. El movimiento de agua que afecta a esta pradera esta relacionado principalmente con el cambio de mareas y el oleaje que se genere por efecto de vientos ya que, esta pradera constituye un cinturón costero paralelo a la línea de costa.

b.4) Pradera de Isla Chaculay (XI región)

Se encuentra ubicada a 8 millas de Puerto Aguirre (45°10' S; 73°32' W) al lado sur de la isla en el sector costero, el área de la pradera es de 6.000 m², las frondas se encuentran de preferencia sobre sustratos rocosos del tipo canto rodado. La profundidad en que se encuentra oscila entre 1 y 4 m, la salinidad superficial del agua fue de 30,2‰ al igual que de fondo, la temperatura superficial del agua fue de 12,7°C y de 12,6 en el fondo, la transparencia del agua fue de 4 m en diciembre de 1999. La pradera está expuesta a los vientos del sur y el régimen de mareas se caracteriza por un rango de 2,15 m en mareas de sicigia. Esta pradera



tiene una longitud de 1.500 m de longitud y de ancho 4 m. El movimiento de agua que afecta a esta pradera, al igual que en Isla Vergara esta influenciado principalmente con el cambio de mareas y el oleaje que se genere por efecto de vientos ya que, esta pradera constituye un cinturón costero paralelo a la línea de costa.



c) Evaluación inicial de biomasa

c.1) Pradera de Canal Chaiguao (X Región)

Utilizando la metodología antes descrita, se obtuvo una biomasa total proyectada al área de $4.116,3 \pm 23,6$ Kg, correspondiente a $1.777,8 \pm 8,9$ Kg de biomasa vegetativa, $257 \pm 4,3$ Kg de biomasa tetraspórica y a $2.078,2 \pm 19,3$ Kg de biomasa cistocárpica (tabla 14). Expresado en unidad de área, la biomasa promedio de esta pradera fue de $132,9 \pm 22,3$ g/m², que correspondió a $57,4 \pm 9$ g/m² de biomasa vegetativa, $8,3 \pm 4,3$ g/m² de biomasa tetraspórica y a $67,1 \pm 19,3$ de biomasa cistocárpica.

La densidad promedio de frondas para esta pradera fue de $9,6 \pm 5$ ind/m², lo que correspondió a $2,1 \pm 0,4$ ind/m² de frondas vegetativas, $0,08 \pm 0,04$ ind/m² de frondas tetraspóricas y $7,3 \pm 4,9$ ind/m² de frondas cistocárpicas.

Del total de la biomasa recolectada en el muestreo, el 43,1% correspondió a frondas vegetativas, el 6,2% a frondas tetraspóricas y el 50,5% correspondió a frondas cistocárpicas.



Tabla 15. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Canal Chaiguao.

Biomasa (g/m^2) \pm ee			
Vegetativa	Tetraspórica	Cistocárpica	Total
57,4 \pm 9	8,3 \pm 4,3	67,1 \pm 19,3	132,9 \pm 22,3
Biomasa (Kg) \pm ee proyectada al área total			
1.777,8 \pm 8,9	257 \pm 4,3	2.078,2 \pm 19,3	4116,3 \pm 23,6
Densidad (ind/m^2) \pm ee			
2,1 \pm 0,4	0,08 \pm 0,04	7,3 \pm 4,9	9,6 \pm 5

La distribución de frecuencia de tallas en frondas vegetativas indicó que las clases más representadas fueron las de 1-10 cm con un 70,8% y las de 11-20 cm con un 23,4%. El resto de las tallas estuvieron representadas en un porcentaje menor al 5%.

Para las frondas tetraspóricas se observó que las clases más frecuentes fueron las de 1-10 y las de 21-30 cm ambas con un 37,5%. Secundariamente, los intervalos entre 11-20 y 41-50 cm representaron el 12,5%.

En las frondas cistocárpicas, se observó que el intervalo de tallas más frecuente correspondió al de 11-20 cm con un 43,6%, seguido por el de 21-30 cm con un 23,1%. El resto de las tallas no sobrepasó el 10%.

En esta pradera no se pudo analizar las frondas vegetativas en el mes de diciembre (1999) con el test del resorcinol debido a que no se encontraban en el mercado nacional los reactivos necesarios para realizar el test mencionado.



c.2) Pradera de Isla Lagartija (X Región)

Para esta pradera, la biomasa total proyectada al área fue de $31.997,8 \pm 53,5$ Kg, esto correspondió a $28.550,5 \pm 44,9$ Kg de alga vegetativa, $2.241,2 \pm 6,6$ Kg de alga tetraspórica y $1.178,3 \pm 7,8$ Kg de alga cistocárpica. Expresado por unidad de área, la biomasa promedio fue de $415,2 \pm 53,5$ g/m², lo cual correspondió a $370,7 \pm 44,9$ g/m² de frondas vegetativas, $29,1 \pm 6,6$ g/m² de frondas tetraspóricas y $15,3 \pm 7,8$ g/m² de frondas cistocárpicas (Tabla15).

La densidad promedio de frondas para esta pradera fue de $28,2 \pm 3,2$ ind/m², lo que correspondió a $27,6 \pm 3,1$ ind/m² de frondas vegetativas, $0,7 \pm 0,2$ ind/m² de frondas tetraspóricas y $0,36 \pm 0,2$ ind/m² de frondas cistocárpicas.

Del total de biomasa recolectada en el muestreo, el 89,2% correspondió a frondas vegetativas, el 7% a frondas tetraspóricas y el 3,6% correspondió a frondas cistocárpicas.

Al aplicar el test de resorcinol a las muestras vegetativas, se obtuvo un 16,2% de frondas pertenecientes a la fase esporofítica y un 83,8% de frondas pertenecientes a la fase gametofítica.

Considerando las frondas tetraspóricas y cistocárpicas junto con las esporofíticas y gametofíticas reconocidas con el test del resorcinol, se obtuvo que un 18,2% de las frondas correspondió a la fase esporofítica y un 81,8% correspondió a la fase gametofítica.



Tabla 16. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) del área de la pradera de Isla Lagartija, X Región.

Biomasa (g/m^2) \pm ee			
Vegetativa	Tetraspórica	Cistocárpica	Total
370,7 \pm 44,9	29,1 \pm 6,6	15,3 \pm 7,8	415,2 \pm 53,5
Biomasa (Kg) \pm ee proyectada al área total			
28.550,5 \pm 44,9	2.241,2 \pm 6,6	1.178,3 \pm 7,8	31.977,8 \pm 53,5
Densidad (ind/m^2) \pm ee			
27,6 \pm 3,1	0,7 \pm 0,2	0,36 \pm 0,2	28,2 \pm 3,2

La distribución de frecuencia de tallas en frondas vegetativas indicó que las clases más representadas fueron las de 10,1-20 cm y las de 1-10 con un 34,5% y un 29,8% respectivamente. Secundariamente están representadas las frondas entre 20,1-30 con un 19,2%. El resto de las tallas estuvieron representadas en un porcentaje menor al 10%.

Para las frondas tetraspóricas se observó que las clases más frecuentes fueron las de 30,1-40, 20,1-30 y 10,1-20 cm con un 27,5; 23,2 y 20,3% respectivamente. Secundariamente, el intervalo entre 40,1- 50 cm estuvo representado por un 15,4%. El resto de las tallas estuvieron representadas en un porcentaje menor al 10%.

En las frondas cistocárpicas, se observó que el intervalo de tallas más frecuente correspondió al de 10,1-20 cm con un 41,7%, seguido por el de 30,1-40 y por el de 20,1-30 cm con un 19,4 y un 16,7% respectivamente. El resto de las tallas no sobrepasó el 12%.



c.3) Pradera de Isla Vergara (XI Región)

Para esta pradera, la biomasa total extrapolada al área fue de $20.299,8 \pm 376$ Kg correspondiente a $8.827,8 \pm 251,1$ Kg de frondas vegetativas, $3.124,8 \pm 71,6$ Kg de frondas tetraspóricas y $8.346,6 \pm 160,4$ Kg de frondas cistocárpicas. Expresado por unidad de área, la biomasa promedio fue de $3.383,3 \pm 376$ g/m² constituida por $1.471,3 \pm 251,1$ g/m² de frondas vegetativas, $520,8 \pm 71,6$ g/m² de frondas tetraspóricas y $1.391,1 \pm 160,4$ g/m² de frondas cistocárpicas (Tabla 16).

La densidad promedio de frondas para esta pradera fue de $132,2 \pm 11$ ind/m², lo que correspondió a $75,2 \pm 8$ ind/m² de frondas vegetativas, $19,2 \pm 2,5$ ind/m² de frondas tetraspóricas y $37,6 \pm 4,6$ ind/m² de frondas cistocárpicas.

Del total de biomasa recolectada en el muestreo, el 43,4% correspondió a frondas vegetativas, el 15,3% a frondas tetraspóricas y el 41,1% correspondió a frondas cistocárpicas.

Al aplicar el test de resorcinol a las muestras vegetativas, se obtuvo un 10% de frondas pertenecientes a la fase esporofítica y un 90% de frondas pertenecientes a la fase gametofítica.

Considerando las frondas tetraspóricas y cistocárpicas junto con las esporofíticas y gametofíticas reconocidas con el test del resorcinol, se obtuvo que un 21% de las frondas correspondió a la fase esporofítica y un 79% correspondió a la fase gametofítica.



Tabla 17. Biomasa promedio (g/m^2), biomasa total (Kg) y densidad (ind/m^2) de la pradera de Isla Vergara, XI Región.

Biomasa (g/m^2) \pm ee			
Vegetativa	Tetraspórica	Cistocárpica	Total
1.471,3 \pm 251,1	520,8 \pm 7,6	1.391,1 \pm 160,4	3.383,3 \pm 376
Biomasa (Kg) \pm ee proyectada al área total			
8.827,8 \pm 251,1	3.124,8 \pm 71,6	8.846,6 \pm 160,4	20.299,8 \pm 376
Densidad (ind/m^2) \pm ee			
75,2 \pm 8	19,2 \pm 2,5	37,6 \pm 4,6	132,2 \pm 11,9

Con respecto a la distribución de tallas, se observó que en frondas vegetativas las más frecuentes correspondió a las de 11-20 cm con un 43,3%, seguidas de las de 21-30 y 1-10 con un 24,0 y 20,1% respectivamente, el resto de las tallas no sobrepasó el 10%.

En frondas tetraspóricas, la mayor frecuencia correspondió a las tallas entre 11-20 cm con un 47,9%, seguida por las de 21-30 cm con un 30,3%, el resto de los intervalos no sobrepasó el 10%.

En frondas cistocárpicas, los intervalos entre 11-20 y 21-30 presentaron las mayores frecuencias con porcentajes del 34,5 y 33,9% respectivamente, el resto de las tallas no superó el 10%.



c.4) Pradera de Isla Chaculay (XI Región)

La biomasa total calculada para el área de esta pradera correspondió a $7.992,6 \pm 156$ Kg, la biomasa vegetativa estimada para esta pradera fue de $4.296,6 \pm 78,2$ Kg, la tetraspórica fue de $1.369,8 \pm 34,6$ Kg y la cistocárpica de $3.718,8 \pm 84,8$ Kg. Expresado en unidad de área la biomasa promedio fue de $1.332,1 \pm 156$ g/m² correspondiente a $716,1 \pm 78,2$ g/m² de biomasa vegetativa, $228,3 \pm 34,6$ g/m² tetraspórica y $619,8 \pm 84,8$ g/m² cistocárpica (Tabla 17).

La densidad promedio de frondas para esta pradera fue de $71,3 \pm 7,9$ ind/m², lo que correspondió a $51,9 \pm 4,5$ ind/m² de frondas vegetativas $10,5 \pm 1,5$ ind/m² de frondas tetraspóricas y $21,4 \pm 3$ ind/m² de frondas cistocárpicas.

Del total de biomasa recolectada en el muestreo, el 53,7% correspondió a frondas vegetativas, el 17,1% a frondas tetraspóricas y el 46,5% correspondió a frondas cistocárpicas.

Al aplicar el test de resorcinol a las muestras vegetativas, se obtuvo un 11,4% de frondas pertenecientes a la fase esporofítica y un 88,6% de frondas pertenecientes a la fase gametofítica.

Considerando las frondas tetraspóricas y cistocárpicas junto con las esporofíticas y gametofíticas reconocidas con el test del resorcinol, se obtuvo que un 20% de las frondas correspondió a la fase esporofítica y un 80% correspondió a la fase gametofítica.



Tabla 18. Biomasa promedio (g/m^2), densidad ($\text{N}^\circ \text{ind/m}^2$) y biomasa total (Kg) de la pradera de Isla Chaculay, XI Región.

Biomasa (g/m^2) \pm ee			
Vegetativa	Tetraspórica	Cistocárpica	Total
716,1 \pm 78,2	228,3 \pm 34,6	1.619,8 \pm 84,8	1.332,1 \pm 156
Biomasa (Kg) \pm ee proyectada al área total			
4.296,6 \pm 78,2	1.369,8 \pm 34,6	3.718,8 \pm 84,8	7.992,6 \pm 156
Densidad (ind/m^2) \pm ee			
51,9 \pm 4,5	10,5 \pm 1,5	21,4 \pm 3	71,3 \pm 7,9

Las tallas más frecuentes para frondas vegetativas fueron las de 11-20 cm representando el 46,8%, seguidas por las de 21-30 cm con un el 20,5%. Las tallas entre 1-10 cm estuvieron representas por un 17,6% mientras que las tallas mayores a 30 cm estuvieron presentes en un porcentaje menor al 15%.

La distribución de frecuencia para frondas tetraspóricas indicó que la clase más representativa fue la de 11-20 cm con un 39,8%, seguida por el intervalo de 21-30 cm con un 31,8%. Una tercera clase, que correspondió al 16,9% estuvo representa por tallas entre 31-40 cm, el resto de las tallas representó menos del 15%.

Con respecto a las frondas cistocárpicas, se observó que la clase con mayor frecuencia fue la de 11-20 cm, con un 37,1% y la de 21-30 cm con un 34,8%, el resto de las tallas representó menos de un 15%.



d) **Determinación de biomasa reproductiva de luga negra en la X y XI Regiones**

La biomasa total promedio en todas las praderas, mostró un patrón de comportamiento estacional, durante el verano se produce el máximo de biomasa, luego en otoño esta decae hasta alcanzar niveles mínimos en invierno y primavera, posteriormente en los meses de primavera y verano se produce un incremento de la biomasa nuevamente. La disminución de la biomasa a finales del otoño o en la época de invierno, esta asociada a la madurez de frondas reproductivas, esporulación masiva de esporas, necrosamiento de los tejidos y posterior fragmentación de las frondas, como asimismo a cambios en las condiciones climáticas y el efecto de marejadas. Esto indica que la especie es de ocurrencia anual, los resultados de este proyecto mostraron que si bien la biomasa decae a niveles mínimos en invierno en las praderas, permanecen los discos de fijación, los cuales en la próxima temporada de crecimiento son capaces de regenerar o recrecer generando biomasa. Existen diferencias entre las praderas de las regiones en estudio, las cuales se describen *in extenso* en los párrafos siguientes.

d.1) **Isla Lagartija (41°49'20" S; 73°16'50" W)**

En esta pradera el máximo de biomasa se alcanzó en el mes de febrero con $847,3\text{g}/\text{m}^2 \pm 112,3$ posteriormente la biomasa disminuyó paulatinamente hasta alcanzar un mínimo en septiembre con $141,5\text{g}/\text{m}^2 \pm 22,2$ (Fig. 22a).

En la Figura 22b se muestra la biomasa por fase reproductiva. En el mes de enero se alcanzó la mayor biomasa de las frondas vegetativas, las fases reproductivas tanto cistocárpicas como tetraspóricas se encontraron en menor proporción. En



los meses siguientes del verano y otoño se observa una marcada tendencia a disminución de la biomasa vegetativa, alcanzando en el mes de junio un valor mínimo de $4.1 \text{ g/m}^2 \pm 2.5$. La fase tetraspórica en el mes de febrero se incrementa significativamente alcanzando valores de $326,5 \text{ g/m}^2 \pm 71,6$, en los meses siguientes esta disminuye, pero en el mes de mayo se observa un segundo incremento de biomasa reproductiva de la fase tetraspórica, con valores de $180,3 \text{ g/m}^2 \pm 36,8$. En los meses siguientes disminuyó a valores mínimos (octubre) recuperándose en noviembre. La fase cistocárpica en cambio, aparece en diciembre con una biomasa muy pequeña, $15,3 \text{ g/m}^2 \pm 7,8$, y en los meses de verano se incrementa levemente, en los meses de otoño se produjo un incremento alcanzando valores máximos en mayo $334,3 \text{ g/m}^2 \pm 15,7$. En los meses siguientes estos valores disminuyen alcanzando valores mínimos en primavera.

La figura 23a muestra la densidad promedio total y la figura 23b la densidad promedio por fase reproductiva. Los valores máximos de densidad total se observaron en el mes de febrero con $41,2 \text{ ind/m}^2 \pm 4,4$, alcanzando en los meses de invierno valores mínimos de $14,6 \text{ ind/m}^2 \pm 1,7$ en el mes de junio, y aumentando nuevamente en primavera con valores de $31,1 \text{ ind/m}^2 \pm 3$, en el mes de noviembre. Las frondas vegetativas presentaron una alta densidad en los meses de diciembre y enero con valores de $27,7$ y $24,7 \text{ ind/m}^2$ respectivamente, en febrero la densidad disminuyó paulatinamente hasta valores mínimos en junio con $0,6 \text{ ind/m}^2 \pm 0,3$, en los meses siguientes la densidad aumentó alcanzando $24,2 \text{ ind/m}^2 \pm 2,4$, en primavera. La fase tetraspórica alcanzó una densidad máxima en mayo con $7.4 \text{ ind/m}^2 \pm 1.2$ y un mínimo octubre con $0.2 \text{ ind/m}^2 \pm 0,1$.

La fase cistocárpica alcanzó su mayor densidad en febrero con $18 \text{ ind/m}^2 \pm 3,1$, sin embargo en los meses de otoño e invierno disminuyó presentando en el mes de septiembre valores de $4,7 \text{ ind/m}^2 \pm 0.9$.



Del total de biomasa recolectada (Fig. 24) se observó que durante la época de verano más del 70% correspondió a frondas vegetativas, sin embargo, estos valores fueron disminuyendo en otoño, llegando alcanzar valores mínimos en el mes de junio, con un 0,9%. Posteriormente aumentó a fines de la primavera. Por otro parte, tanto las frondas cistocárpicas, como tetrásporicas, en diciembre de año 1999 presentaron valores mínimos de 7 y 3,7% respectivamente. Posteriormente estos valores fueron incrementando hacia otoño e invierno alcanzando la biomasa cistocárpica valores máximos de 66,9% en el mes julio, y las frondas tetraspóricas valores máximos de 48,8% en el mes de abril.

Al realizar el test de resorcinol a las frondas inmaduras (Fig. 25), se observó que gran parte correspondió a frondas gametofíticas, con un porcentaje promedio de 83,9% entre los meses analizados. Por otro lado, se destaca el porcentaje de frondas que correspondieron a la fase esporofítica, con un valor de 16,1%.

Con respecto a la distribución de la frecuencia poblacional de talla para esta pradera (Fig. 26), se observa que predominaron las tallas de 11cm a 30cm durante todo el período del estudio, con un valor medio de 35%. Por otro lado es posible encontrar frondas con tamaños mayores (60 cm), los cuales se acentúan en verano con porcentajes de un 5%.

d.2) Canal Chaiguao (43°08'47" S; 73°29'10" W)

En la pradera de Canal Chaiguao, se observó que el máximo de biomasa total se presentó en el mes de marzo con $1461\text{g/m}^2 \pm 206,6$ (Fig. 27a), decayendo progresivamente en otoño e invierno hasta alcanzar en primavera valor.0 g/m^2 En la figura 27b se presentan los valores de biomasa por fase reproductiva. Se observa que las frondas vegetativas presentaron un máximo de biomasa en



verano con $507,4\text{g/m}^2 \pm 8,9$ el mes de febrero del año 2000, en los meses siguientes ésta disminuye alcanzando valores de 0 g/m^2 en el mes de octubre, aumentando nuevamente a fines de la primavera. Las frondas reproductivas se observaron en forma importante desde el mes de enero. La fase tetraspórica, apareció en forma explosiva en el mes de enero, este valor incrementó a fines de verano, presentando su máxima biomasa en el mes de marzo con valores de $648,1\text{ g/m}^2 \pm 108,9$, sin embargo, ya en otoño la tendencia es a disminuir, alcanzando valores mínimos en invierno y primavera. La fase cistocárpica, en cambio incrementó su biomasa desde el mes de diciembre del año 1999, logrando su máxima biomasa en marzo con $848,3\text{ g/m}^2 \pm 197,8$ posteriormente de forma similar a la fase anterior disminuyó a valores mínimos entre invierno y primavera.

En la figura 28a se muestra la densidad promedio total y por fase reproductiva (Fig. 28b). Los valores máximos de densidad total se alcanzaron en los meses de noviembre y diciembre del 2000 con $24,8\text{ ind/m}^2 \pm 3,2$ y $36,6\text{ ind/m}^2 \pm 3,3$ respectivamente, durante enero a agosto las densidades se mantienen estables con valores promedio de 10 ind/m^2 , luego en septiembre decayó llegando en octubre a 0 ind/m^2 . Las frondas vegetativas presentaron una alta densidad en los meses de noviembre y diciembre del 2000, con $24,8$ y $30,9\text{ ind/m}^2$ respectivamente, sin embargo durante gran parte del año las densidades de estas frondas fueron bajas disminuyendo a 0 ind/m^2 en octubre. La fase tetraspórica presentó un incremento pronunciado en los meses de verano, con máximas densidades en el mes de febrero ($5\text{ ind/m}^2 \pm 0,87$), las cuales se mantienen relativamente constantes hasta mayo. En junio se obtiene la mínima densidad con $0,8\text{ ind/m}^2 \pm 0,3$, luego se observó un leve incremento a fines de invierno para posteriormente caer a 0 ind/m^2 en octubre del 2000. La fase cistocárpica alcanzó valores máximos en el mes de diciembre del año 1999 con $7,3\text{ ind/m}^2 \pm 6,6$, pero van decreciendo a partir del mes de marzo del 2000, mostrando los mínimos



valores en el mes de junio ($1.4 \text{ ind/m}^2 \pm 0.4$), en invierno tardío se produce un leve aumento, sin embargo en primavera disminuye a 0 ind/m^2 (Fig. 28b).

La figura 29 muestra los porcentajes de biomasa total por mes. Se observó que durante gran parte del estudio el aporte de biomasa correspondió a las fases reproductivas. La fase vegetativa, disminuyó progresivamente a partir del mes de febrero, presentando valores mínimos en invierno y comienzos de primavera, luego aumentó en forma explosiva en el mes de noviembre (100%). La fase tetrásporica presentó valores mínimos en el mes de diciembre (5%) de 1999, y aumentó a fines de verano, manteniendo valores constantes durante la época de otoño, los valores máximos (69,9%) ocurrieron en septiembre. La fase cistocárpica presentó porcentajes mínimos en enero y febrero con un 15,5% y valores máximos en junio del 2000, con 72,8%.

Al igual que Isla Lagartija el test de resorcinol aplicado a frondas vegetativas (Fig 30), evidenció que gran parte de las frondas son gametofíticas, con un porcentaje promedio de 67,8%, entre los meses enero a noviembre. Por otro lado, también se destaca un porcentaje de frondas que correspondieron a la fase esporofítica, con un valor de 23%.

Para esta pradera las tallas más frecuentes (40%) durante los meses de diciembre de 1999 y abril del año 2000 fueron frondas de 51cm a 100cm (Fig. 31). Sin embargo, desde mayo a noviembre del 2000 las frecuencias de estas clases de tallas se hacen menores alcanzando valores de 0.5%, por otro lado, en otoño aumentaron la frecuencia de las clases de 1cm a 10cm, llegando a mostrar valores máximos de 58% en junio.



d.3) Isla Vergara (45°11'50" S; 73°32'15" W)

En la pradera de Isla Vergara la biomasa total presentó un patrón similar al descrito anteriormente, presentando un valor máximo de biomasa en verano, en el mes de diciembre $949 \text{ g/m}^2 \pm 211.2$ (Fig. 32a). En los meses siguientes la biomasa disminuyó paulatinamente, alcanzando valores mínimos en invierno, con $15,9 \text{ g/m}^2 \pm 5,5$ en julio de año 2000, para comenzar a aumentar en primavera nuevamente. La biomasa de frondas vegetativas aparecen solo en los meses de diciembre a febrero alcanzando valores máximos en diciembre del año 1999, $1471 \text{ g/m}^2 \pm 251,1$ y valores mínimos en el mes de agosto $0.36 \text{ g/m}^2 \pm 0,2$ aumentando finalmente en noviembre con un valor de $427,4 \text{ g/m}^2 \pm 61,9$ (Fig. 32b). La fase tetraspórica presentó una tendencia similar con valores máximos en diciembre $520,8 \text{ g/m}^2 \pm 71,6$ y decae a valores mínimos (0) en agosto, luego a fines de la primavera se observó un aumento hasta $76,6 \text{ g/m}^2 \pm 21,9$. La fase cistocárpica presentó máxima biomasa en diciembre con $1391 \text{ g/m}^2 \pm 160,4$, luego disminuye en los meses siguientes para alcanzar un mínimo en septiembre del 2000, con $4,2 \text{ g/m}^2 \pm 1,9$ (Fig. 32b). En esta pradera se observó un incremento significativo de la biomasa reproductiva a partir del mes de enero y desde el mes de marzo la biomasa reproductiva madura, claramente domina en la pradera, presentando el mismo patrón que en las praderas de I. Lagartija y Canal Chaiguao, sin embargo esta pradera no presentó un segundo peak de biomasa reproductiva en los meses de otoño.

La densidad total de frondas mostró que es máxima en verano en el mes de diciembre del año 1999, con $132,2 \text{ ind/m}^2 \pm 11,9$ y mínima en julio del 2000 con $3,6 \text{ ind/m}^2 \pm 2$ (Fig. 33a). La densidad por fase reproductiva mostró que, las frondas vegetativas presentaron sus mayores densidades en la época de primavera y a



comienzos de verano, presentando valores máximos en diciembre de 1999 con $75,2 \text{ ind/m}^2 \pm 8$, disminuyendo drásticamente en los meses siguientes alcanzando en julio del 2000 a $0,3 \text{ ind/m}^2 \pm 0,2$ (Fig. 33b). Las frondas tetráspóricas también presentaron un patrón similar, alcanzando densidades máximas en el mes de diciembre de 1999, $19,28 \text{ ind/m}^2 \pm 2,5$ y alcanzando valores mínimos (0) en agosto (Fig. 33b). Las frondas cistocárpicas estuvieron presentes en todos los meses del estudio, mostrando una densidad máxima en diciembre con $37,6 \text{ ind/m}^2 \pm 4,6$ y una mínima en octubre del 2000 de $0,8 \text{ ind/m}^2 \pm 0,2$.

Del total de biomasa recolectada (Fig 34), en los muestreos realizados, se observó un reemplazo de las distintas fases, especialmente entre las fases vegetativa y cistocárpica. La biomasa vegetativa disminuyó paulatinamente a partir del verano llegando a valores mínimos de un 1,1% en agosto, luego en primavera (octubre 2000) se incrementó a 91,8%. Los porcentajes de la fase tetráspórica entre verano e invierno se mantuvieron en valores de 40%, posteriormente en primavera (octubre, 2000) presentaron valores mínimo con 0,5%. Si bien, la fase cistocárpica presentó porcentajes mínimos en octubre del 2000 con un 7,4%, en gran parte del año mostró porcentajes cercanos al 60%, alcanzando en agosto valores máximos de un 96,1%.

La figura 35 muestra los resultados que se obtuvieron al aplicar el test de resorcinol a frondas vegetativas. De igual forma que las praderas anteriores, se observó que la mayoría de las frondas correspondió a la fase gametofítica, con un porcentaje promedio de 89%. Por otra parte, el resto de las frondas vegetativas correspondieron a la fase esporofítica, con un valor de 11%.

La distribución de frecuencia poblacional para esta pradera, muestra que las tallas que predominan son inferiores a 40cm de longitud, durante gran parte del período



del estudio, con valores superiores a 36% (Fig. 36). Por otro lado, entre diciembre de 1999 y junio del 2000 la clase 11-20cm alcanzó las mayores frecuencias, con valores superiores a 35%. Sin embargo, durante los meses de primavera la clase 1-10 cm presentó valores máximos de 77%.

d.4) Isla Chaculay (45°18'25''S; 73°34'45''W)

En la pradera de Isla Chaculay se observó que la biomasa total es máxima en el mes de Enero, con $1958 \text{ g/m}^2 \pm 14,9$, disminuyendo drásticamente en los meses de otoño e invierno, observando valores mínimos en el mes de agosto ($7,1 \text{ g/m}^2 \pm 4$), luego en la primavera estos se incrementan (Fig. 37a). Con relación a la biomasa por fase reproductiva (Fig. 37b) se observó que la fase vegetativa es máxima al comienzo del verano con $716,1 \text{ g/m}^2 \pm 78,2$ (diciembre de 1999), luego en julio del 2000 es mínima (0 g/m^2). La fase tetraspórica presentó un patrón similar alcanzando un máximo en enero ($334,1 \text{ g/m}^2 \pm 52,1$), y a partir de mayo decae a valores menores a 10 g/m^2 , manteniendo este valor durante el resto del año (Fig. 37b). La biomasa de la fase cistocárpica comenzó a incrementar desde el mes diciembre alcanzando un máximo en febrero, con $1288 \text{ g/m}^2 \pm 125,1$, para luego disminuir drásticamente en otoño e invierno, alcanzando en el mes de septiembre valores inferiores a $6,8 \text{ g/m}^2 \pm 3,3$ (Fig. 37b)

La densidad total promedio presentó un patrón estacional con valores máximos en verano (diciembre de 1999) de $71,2 \text{ ind/m}^2 \pm 7,9$ y mínimos a mediados de invierno, con $1,2 \text{ ind/m}^2 \pm 0,5$ (Fig. 38a). Al igual que la pradera anterior las frondas vegetativas presentaron su mayor abundancia en el verano (diciembre de 1999), con densidades de $51,9 \text{ ind/m}^2 \pm 4,5$, para llegar a valores mínimos en invierno (julio) y en los meses de primavera (noviembre del 2000) aumenta a $26,6 \text{ ind/m}^2 \pm 2,4$ (Fig. 37b). Las frondas tetraspóricas presentaron su mayor densidad en el



mes diciembre con valores de $13.4 \text{ ind/m}^2 \pm 1.6$ y valores mínimos en el mes mayo con $0.8 \text{ ind/m}^2 \pm 1.4$, manteniendo esta tendencia en los meses restantes (Fig. 38b). Las frondas cistocárpicas alcanzaron su mayor densidad en el mes de enero ($30.1 \text{ ind/m}^2 \pm 2.9$), en los meses siguientes la densidad disminuye paulatinamente, hasta alcanzar valores mínimos en julio ($1.1 \text{ ind/m}^2 \pm 0.5$), luego a fines de la primavera se observó un incremento de estos valores.

Los porcentajes totales de biomasa recolectada presentaron un comportamiento similar a Isla Vergara (Fig. 39). Las frondas vegetativas presentaron máximos valores en la época de primavera y a comienzo verano, con un valor promedio de 80% y disminuyeron paulatinamente en otoño, para después, en invierno decaer a valores mínimos (julio del 2000). Los porcentajes de la fase tetrásporica son bajos, manteniendo valores estables durante gran parte del año, presentando valores máximos en junio (18.6%) y luego a fines de invierno y comienzos de primavera los valores decaen a 0%. La fase cistocárpica presentó porcentajes máximos en otoño con valores promedio de 99%, posteriormente en primavera disminuyó a valores mínimos.

Los resultados del test del resorcinol (Fig. 40), mostraron que esta pradera tiene un comportamiento similar a Isla Vergara. Gran parte de las frondas vegetativas correspondió a la fase gametofítica, con un porcentaje promedio de 90,2%. El resto de las frondas vegetativas correspondieron a la fase esporofítica, con un valor de 9.8%.

La distribución de frecuencia poblacional de tallas (Fig. 41), en general, se caracteriza por presentar frondas con tamaños inferiores a 30cm de longitud durante al época de otoño, invierno y primavera. En verano las frondas alcanzaron tamaños mayores (60cm). Entre los meses de marzo a septiembre del



año 2000 la clase 1cm a 10cm mostró las máximas frecuencias, con valores promedio de 70%.

Análisis estadístico global de biomasa

La biomasa (standing stock) mostró diferencias significativas entre las Regiones X y XI, esta última presentó una mayor biomasa en promedio, y globalmente se registraron diferencias entre todas las estaciones (Scheffé; $P < 0,01$) (Tabla 18). También hubo diferencias estadísticas entre las praderas dentro de cada región, las cuales además fluctuaron estacionalmente, pero con una tendencia distinta. Las praderas de la X Región mostraron en promedio un mínimo en primavera y un máximo en verano, mientras las de la XI Región presentan un mínimo en invierno pero manteniendo un máximo, aunque mucho mayor, en verano, observándose una estacionalidad más acentuada (Fig. 42).

Tabla 19. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento) para la biomasa de las praderas de la X y XI Regiones (Factores: 1- Región; 2-Pradera; 3- Estación).

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	32248686	2384	764638.5	42.1751	<0.000001
2	2	6789661.	2384	764638.5	8.8796	0.000144
3	3	179874032	2384	764638.5	235.2406	<0.000001
13	3	52411156	2384	764638.5	68.5437	<0.000001
23	6	9303844	2384	764638.5	12.1676	<0.000001

Análisis estadístico de biomasa por fase

En contraste con el análisis para biomasa total, al desglosar la biomasa por fase reproductiva se observó que, considerando todas las praderas en conjunto, las



fases no mostraron diferencias estadísticas significativas entre regiones, entre praderas, ni entre estaciones. No obstante la biomasa de la fase cistocárpica fue significativamente mayor que la de las fases tetraspórica y vegetativa (Scheffé; $P < 0,000001$), aunque no hubo diferencia entre las fases tetraspórica y vegetativa (Scheffé; $P > 0,05$) (Tabla 19).

Sin embargo, se detectó una interacción significativa entre fases reproductivas y regiones, puesto que las plantas cistocárpicas muestran en promedio una mayor biomasa en la XI Región que en la X Región, mientras las plantas vegetativas y tetraspóricas exhiben una tendencia contraria. Por otra parte, las interacciones indican que las fases varían significativamente entre las praderas dentro de cada región, y además que existe un comportamiento estacional diferencial entre las fases (Fig. 43), aunque con tendencias similares en ambas regiones. De hecho, en ambas regiones la fase cistocárpica muestra un máximo en invierno y la tetraspórica un máximo en otoño, mientras la fase vegetativa cambia de manera inversa. La primera explicación de este resultado es trivial, ya que, simplemente la biomasa vegetativa se va convirtiendo a biomasa reproductiva, por lo cual necesariamente existirá una correlación negativa entre ellas. Por otra parte, el gráfico señala que si bien en ambas regiones se encontrarán plantas reproductivas en cada estación del año, las plantas de *Sarcothalia* fructifican con mayor intensidad durante otoño e invierno. Una diferencia adicional es que, en la XI Región las plantas cistocárpicas tienden a ser dominantes durante todo el año con la excepción del invierno, mientras que en la X Región sólo son dominantes durante el invierno.



Tabla 20. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento) para la biomasa de las fases reproductivas de las praderas estudiadas en la X y XI Regiones (Factores 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE)

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	.93	96	351.3284	.00265	0.959041
2	2	325.79	96	351.3284	.92732	0.399129
3	3	401.78	96	351.3284	1.14361	0.335532
4	2	12313.00	96	351.3284	35.04697	<0.000001
13	3	430.60	96	351.3284	1.22563	0.304674
23	6	416.19	96	351.3284	1.18462	0.321038
14	2	4803.07	96	351.3284	13.67118	0.000006
24	4	897.99	96	351.3284	2.55599	0.043659
34	6	7046.64	96	351.3284	20.05712	<0.000001
134	6	1860.97	96	351.3284	5.29696	0.000094
234	12	598.95	96	351.3284	1.70483	0.077484

Análisis estadístico global de densidad

Notablemente, la densidad de frondas mostró prácticamente las mismas diferencias estadísticas, niveles y tendencias estacionales que las observadas para la biomasa: mayor densidad promedio en la XI Región que en la X Región, con una estacionalidad más marcada en la XI Región. No obstante, los máximos y mínimos se registraron en verano e invierno respectivamente para ambas regiones, si bien hubo diferencias muy pequeñas entre otoño, invierno y primavera para la X Región (Fig. 44). Debido a esto último, la densidad promedio



de todas las praderas en conjunto no mostró diferencias significativas entre otoño y primavera (Scheffé; $P > 0,05$), aunque existen diferencias entre las praderas dentro de cada región y a su vez en la fluctuación estacional entre praderas individuales (Tabla 20).

Tabla 21. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento) para la densidad de las praderas de la X y XI Regiones (Factores: 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION)

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	55468.9	2384	803.2737	69.0536	<0.000001
2	2	14874.4	2384	803.2737	18.5172	<0.000001
3	3	127029.5	2384	803.2737	158.1398	<0.000001
13	3	30714.3	2384	803.2737	38.2364	<0.000001
23	6	2155.3	2384	803.2737	2.6831	0.013447

Análisis estadístico de la densidad por fase

En forma similar al caso de la biomasa por fase, la densidad de las fases reproductivas en términos globales no muestra diferencias entre regiones, entre praderas, ni entre estaciones, pero sí son estadísticamente distintos entre sí aunque en este caso son las plantas tetraspóricas quienes muestran una densidad significativamente menor (Scheffé; $P < 0,00001$) que las cistocárpicas y vegetativas, mientras estas últimas no difieren entre sí (Scheffé; $P > 0,05$) (Tabla 21).

También, como en el caso de la biomasa hubo una interacción significativa entre la densidad de las fases y las regiones administrativas, ya que mientras las fases vegetativa y tetraspórica muestran en promedio una mayor densidad en la X



Región que en la XI Región, la fase cistocárpica exhibe la tendencia contraria. No obstante, al considerar la variación estacional en densidad de las fases entre regiones existe un patrón más complejo que para el caso de la biomasa (Fig. 45). Aunque en ambas regiones la densidad de plantas vegetativas muestra un mínimo bien definido en invierno y la densidad de plantas cistocárpicas muestra un máximo claro en invierno, la densidad de plantas tetraspóricas no sólo es en general menor durante todo el año en la XI Región, sino que además exhibe una fluctuación estacional muy pequeña. En esta última situación la densidad vegetativa se convierte principalmente a biomasa cistocárpica a través del año. Por otra parte, en la XI Región las plantas cistocárpicas muestran una mayor densidad que las demás fases durante todo el año con excepción de la primavera, mientras en la X Región presentan un nivel y un patrón estacional similar al de las plantas tetraspóricas. En este caso la densidad vegetativa se convierte tanto en cistocárpica como en tetraspórica en proporciones similares, aunque predominan las plantas vegetativas casi todo el año exceptuando el invierno.



Tabla 22. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 4 vías con anidamiento) para la densidad de las fases reproductivas de las praderas estudiadas en la X y XI Regiones. (Factores:1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION, 4-FASE)

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	370.067	96	283.8782	1.30361	0.256394
2	2	258.707	96	283.8782	.91133	0.405437
3	3	168.315	96	283.8782	.59291	0.621139
4	2	8269.541	96	283.8782	29.13060	<0.000001
13	3	77.598	96	283.8782	.27335	0.844486
23	6	121.997	96	283.8782	.42975	0.857456
14	2	5844.147	96	283.8782	20.58681	<0.000001
24	4	419.042	96	283.8782	1.47613	0.215457
34	6	5280.210	96	283.8782	18.60027	<0.000001
134	6	2153.675	96	283.8782	7.58662	0.000001
234	12	237.858	96	283.8782	.83789	0.611543

Analisis estadístico de longitud

A nivel global, la longitud de las plantas de *Sarcothalia* muestra diferencias estadísticas entre regiones, con frondas más grandes en la X Región que en la XI Región, y entre las praderas dentro de cada región, donde la principal variación está dada por las diferencias entre las praderas de la X Región. Por otra parte, en promedio existen diferencias estadísticas entre todas las estaciones del año (Scheffé; $P < 0,00001$) (Tabla 22), pero en interacción significativa con las regiones ya que el patrón estacional es diferente para cada una (Fig. 46). La longitud de las plantas en la X Región es máxima en verano y decrece progresivamente hasta la primavera, mientras en la XI Región es máxima tanto en verano como en primavera y exhibe un mínimo claro en invierno, mostrando una estacionalidad marcada.



Tabla 23. Análisis de Varianza (ANDEVA, modelo fijo de 3 vías con anidamiento) para la longitud de las frondas de las praderas estudiadas en la X y XI Regiones (Factores: 1-REGION, 2-PRADERA, 3-ESTACION).

	gl	CM	gl	CM	F	P
	Efecto	Efecto	Error	Error		
1	1	9147.72	1786	214.4378	42.65910	<0.000001
2	2	6951.92	1786	214.4378	32.41927	<0.000001
3	3	17077.18	1786	214.4378	79.63698	<0.000001
13	3	18014.74	1786	214.4378	84.00918	<0.000001
23	6	8393.68	1786	214.4378	39.14274	<0.000001

Al comparar los patrones de viabilidad y germinación de esporas, el aspecto más relevante es la diferencia entre las regiones administrativas analizadas. En la X Región existe un comportamiento similar de los dos tipos de esporas tanto en los niveles cuantitativos como en su tendencia temporal, mientras en la XI Región las carpósporas no sólo muestran una viabilidad y germinación más alta que las tetrásporas, sino que además exhiben una falta de correspondencia entre su viabilidad (fluctuante) y su germinación (relativamente constante). Esto indica que el comportamiento de los tipos de esporas en las praderas de la X Región es concordante y marcadamente estacional, lo cual para efectos de manejo sugiere que habría un período potencialmente crítico (el mínimo de primavera), pero que, a la vez las medidas de manejo serían más simples debido a que los procesos biológicos involucrados son predecibles en virtud de la clara correlación entre viabilidad y germinación. Por otra parte, en la XI Región no sólo la germinación no está correlacionada con la viabilidad, sino que, también ambas cambian sin tendencia a través del tiempo y además en forma diferencial entre tipos de esporas, haciendo más difícil predecir los efectos de este comportamiento sobre



la dinámica de las praderas, y sugiriendo que las eventuales medidas de manejo deberían ser necesariamente más complejas y considerar otros actores.

Análisis estadístico de las frecuencias de tallas por fase reproductivas

Al comparar globalmente la distribución de frecuencia de tamaño de las plantas de *Sarcothalia crispata* entre los estados reproductivos para cada una de las praderas de estudio, se obtuvo como patrón general muy alta similitud. De hecho, en las praderas de Chaculay, Lagartija y Vergara no hubo diferencias estadística entre las fases ($X^2=0,182$; g.l.=1; $P=0,6698$ en todos los casos; prueba de la mediana de Kruskal Wallis), y las distribuciones de frecuencia en cada caso fueron prácticamente iguales. La excepción fue la pradera de Chaiguao, donde si bien no hubo diferencias entre las distribuciones de tamaño de plantas cistocárpicas y tetraspóricas ($X^2=0,182$; g.l.=1; $P=0,6698$) y entre vegetativas y tetraspóricas ($X^2=1,636$; g.l.=1; $P=0,2008$), sí hubo entre las plantas cistocárpicas y vegetativas ($X^2=4,545$; g.l.=1; $P=0,0330$).



4.3 Determinación del (los) períodos óptimos (s) de cosecha para las praderas de la X y XI Regiones, que permitan maximizar la biomasa obtenida conservando la capacidad productiva del recurso

a) Antecedentes para la formulación de la propuesta de cosecha

Los antecedentes generados por el seguimiento de las praderas en estudio (Fig. 47a y b), entregan como tendencia general una máxima producción de biomasa de luga, en los meses de verano, para decrecer abruptamente en invierno, presentando una temporalidad anual. Este comportamiento se ve explicado principalmente por la pérdida de las frondas de mayor tamaño, las cuales aportan la mayor fracción de la biomasa de la población. A partir de los meses de primavera se observa un fuerte incremento en la densidad de frondas, las cuales como producto de su aumento en tamaño, generan nuevamente los máximos de biomasa observadas en verano. De acuerdo a lo anterior, los cambios poblacionales en biomasa, son el producto de una pérdida de frondas en verano tardío (poda natural), con la mantención de menores densidades de éstas en invierno, caracterizadas por ser de bajo tamaño, proceso que se presenta para los tres estados de luga negra (vegetativos, cistocárpicos y tetraespóricos).

En general, se observó una sincronía estacional entre las épocas de máxima producción en biomasa y máxima biomasa reproductiva, lo cual indica una fuerte relación entre crecimiento de frondas y su condición reproductiva. En las praderas de la X Región, se observa un retraso mensual de los máximos en biomasa total y reproductiva (febrero - marzo), en comparación a las praderas de la XI Región (diciembre - enero). Sólo en la pradera Lagartija, se presentó un desfase notorio entre las máximas biomasa de los estados cistocárpicos y tetraespóricos, con una mayor incidencia del primero en los meses de invierno.



La evaluación modelística, evaluó básicamente los niveles de producción relativos al crecimiento - decrecimiento de frondas vegetativas y a la mortalidad - generación de frondas pequeñas, las cuales al igual que los remanentes de discos presentarían una longevidad mayor al período de análisis (anual). La generación de nuevas frondas o plantas para restablecer la densidad puede provenir de esporas o regeneración de discos remanentes (Avila et al., 1996); no obstante, este estudio no permite establecer el origen de las frondas.

Las experiencias de oferta de sustrato artificial y/o limpio, han demostrado que las esporas de luga poseen la capacidad de colonización, sin embargo, esta capacidad estaría condicionada a la disponibilidad de sustrato, por lo tanto, es probable que exista interferencia (competencia), entre los discos remanentes y las esporas disponibles. Bajo este marco, surge la interrogante en cuanto a la importancia relativa de cada proceso en la dinámica de corto y mediano plazo (anual e interanual), la cual no puede ser respondida a partir de la información generada. Por tanto, las escalas de tiempo, que se utilizan para el análisis de las fluctuaciones en densidad y biomasa hacen relativos los resultados, al no evaluar la real permanencia de las plantas y/o discos.

Los antecedentes extractivos, indican que la actividad de cosecha se concentra principalmente durante la época de verano (diciembre - abril), lo cual responde a las máximas biomásas observadas en esta época, y coincide con el período más adecuado para el secado del alga. Si bien, esta actividad tradicionalmente se realizaba sólo por medio de la extracción pasiva (recolección de alga varada), el aumento en la demanda del recurso ha generado una actividad de extracción directa (orilla y buceo), con lo cual se espera que crezca la presión sobre las praderas.



Bajo este escenario, debieran establecerse medidas de manejo que tendieran ha optimizar el uso de las praderas de forma sustentable, a fin de asegurar una actividad económica de alta importancia social. La optimización del uso de las praderas, ha sido abordada, en este estudio, desde una perspectiva netamente de producción biológica, a pesar que se reconocen la existencia de procesos de tipo operacional y económicos que condicionan la actividad. Consecuentemente a lo anterior, se ha seguido una estrategia de evaluación de corto plazo (ciclo anual), dado el ciclo anual de producción del recurso luga negra.

A partir de este enfoque, se han establecido los principales aspectos de la dinámica del recurso, evaluando el potencial de las praderas en estudio, bajo la aplicación de estrategias de optimización de la producción.

b) Consideraciones para el manejo de praderas de Luga.

El manejo de stock naturales de algas presenta un bajo nivel de desarrollo modelístico. El uso de modelos de evaluación de stock, debe entenderse como una herramienta de integración de conocimientos que permite predecir cambios y consecuencias derivadas del establecimiento de medidas de manejo y administración.

El uso de modelos, se fundamenta en el estableciendo de la dinámica poblacional en densidad y biomasa, a fin de definir niveles de stock mínimos (nivel de escape), que permitan la regeneración de la pradera post-cosecha, bajo estrategias alternativas de explotación. En este marco, el modelamiento de la dinámica poblacional de las praderas de luga, permite establecer los niveles de producción, y el costo, en términos productivos, asociado a la implementación de las medidas.



El objetivo básico a establecer para un buen manejo biológico de las praderas de luga, es la conservación poblacional de las mismas, a través del uso sustentable de los recursos por parte de sus usuarios. Como objetivo específico se debe tender a maximizar las cosechas, a través del uso de los excedentes de la pradera, manteniendo la capacidad regenerativa de la misma en el largo plazo.

Para el cumplimiento de este objetivo, las acciones de manejo asociadas están relacionadas con el establecimiento de:

- Períodos de cosecha: cuándo se debe extraer y las fechas sensibles a la extracción
- Establecer la frecuencia de cosechas, en relación al número de cosechas a realizar en una temporada anual.
- Establecer la modalidad y/o artes de cosecha en función de la selectividad.
- Definir la magnitud de la cosecha: tasa de remoción asociada.
- Analizar la factibilidad de las medidas, de acuerdo a la relación recurso - extractores - empresa.

Los análisis para evaluar las medidas anteriores requieren de la incorporación de los principales procesos poblacionales y extractivos, para planificar la (s) estrategia (s) más eficientes para cada pradera, las cuales consideran los siguientes aspectos:

- i. Análisis de los procesos poblacionales relevantes
- ii. Definición de criterios de explotación e indicadores poblacionales
- iii. Evaluación de escenarios alternativos de manejo.

El análisis se realizó para las cuatro praderas en estudio: Lagartija y Chaiguao (X Región), y, Vergara y Chaculay (XI Región). Se debe señalar, que en términos comparativos, el desempeño de las poblaciones de Luga, en los distintos sectores,



presentaron una tendencia similar para los escenarios analizados, por tanto se entregan los análisis detallados para el sector Chaculay, incorporando los resultados más relevantes para el caso de las otras praderas en estudio.

c) Dinámica de las praderas

Los parámetros de entrada para las estimaciones de los procesos poblacionales de las praderas en estudio, corresponden a valores obtenidos a partir de la información generada en el presente estudio por medio de las evaluaciones mensuales en densidad, biomasa y estructura de tallas, y las experiencias de marcaje y crecimiento de frondas.

c.1) Crecimiento en talla y peso.

La estimación de crecimiento, corresponde a una estimación de carácter mensual dado los cambios bidireccionales en las tallas medias observadas (crecimiento – decrecimiento), por cuanto la capacidad predictiva de la talla L_{t+1} , está condicionada al intervalo anterior. El crecimiento mensual por rango de talla, para la pradera Chaculay (Fig. 49), presenta tendencias similares para los tres rangos analizados. El cambio en crecimiento fue consistente con las variaciones observadas en longitud de las frondas, donde las mayores tasas se presentan en los meses de verano, registrándose tasas negativas durante los meses de invierno, reflejando un decrecimiento de las frondas (Fig. 50). Las tendencias en crecimiento, estarían explicando las observaciones de mayor biomasa durante el verano.

La tendencia observada en el crecimiento en talla, también se presenta en términos de crecimiento en peso (Fig. 51), respondiendo al buen ajuste predictivo de la relación longitud - peso (Fig. 52). Se debe mencionar, que la función



gravimétrica presenta variaciones mensuales significativas en el parámetro de condición alométrica b , el cual tiende a la isometría durante los meses de invierno (Fig. 52), donde se presentan las frondas de menor tamaño. Estas variaciones en la función de ajuste entre talla – peso, generan diferencias significativas en el rendimiento medio en peso, a una talla estándar (20 cm), en relación al mes analizado.

c.2) Tasa de cambio en densidad: mortalidad – generación natural

En la figura 53, se presenta la gráfica mensual de mortalidad y generación natural global, considerando todas las tallas en su conjunto, para la pradera de Chaculay. El coeficiente m , a nivel talla específico, corresponde a una tasa de cambio, la cual considera la remoción natural de frondas (muerte), y la generación de individuos (función compensatoria), producto de la progresión de tallas a intervalos mayores y menores, derivadas del crecimiento – decrecimiento de las mismas. En general, la tasa de cambio indica una alta remoción desde abril a agosto (representada por valores negativos), y un incremento (generación) de individuos a partir de septiembre, tendencia que es coincidente con la disminución en densidad observada en los meses de otoño e invierno, y la aparición de nuevas frondas a partir de primavera.

c.3) Proyección poblacional de las praderas.

La integración de las tasas de crecimiento y las tasas de cambio en densidad, permitieron simular la progresión en densidad a talla, en función del número de individuos para cada fase (Tabla 23). En términos generales, el modelo predictivo se basa en la progresión de grupos de tallas en intervalos regulares a través de los meses, el reclutamiento se ha incorporado, en forma implícita, por medio de una



tasa de cambio en densidad. El análisis valida el desempeño de la dinámica poblacional estimado por el modelo, el que ajusta adecuadamente las principales tendencias observadas durante el seguimiento directo de la pradera, en particular, las fluctuaciones en densidad y biomasa; estableciendo como indicadores los períodos de máxima y mínima abundancia en peso y número, de los estados vegetativos y reproductivos, y sus estructuras de tallas.

En las figuras 47 y 48, se presentan la situación observada en las cuatro praderas en estudio, y los ajustes de abundancia poblacional en biomasa y densidad, en función del número de frondas a la talla para el recurso luga. En todas ellas, se observó una adecuación predictiva de las biomásas, principalmente para la biomasa total.

Desde el punto de vista de la dinámica natural de las praderas, se presenta una poda natural de las mismas, por cuanto el enfoque de aprovechamiento de este proceso, resulta ser una estrategia sustentable. Sin embargo, aunque la disminución en biomasa se ve explicada por el proceso de poda natural de las frondas, la densidad no presenta una disminución tan drástica, en comparación a las biomásas, manteniendo niveles relativamente constantes durante la época de invierno, situación que se presenta más evidente en el caso de la pradera de la localidad Lagartija. Los resultados, permiten establecer que el incremento en densidad es el resultado de la generación de nuevas frondas, y la mantención de las frondas menores de la estación anterior.

Altos niveles de explotación sobre la pradera, sin la restricción de talla, traerían asociado una disminución del potencial regenerativo de la misma, como producto del decrecimiento de los individuos de menor tamaño en la población, los cuales serían capaces de regenerar gran parte de la biomasa para la estación siguiente. Por otro lado, se aprecia una alta incidencia de frondas reproductivas (sobre el 40%), de



tallas inferiores a los 20 cm de longitud, lo que permite suponer un nivel de aporte de esporas al sistema.

Lo anterior, lleva a considerar dos dinámicas poblacionales, una de corto plazo (anual), la cual responde a un patrón de alta abundancia estacional, y la existencia de una dinámica de mediano plazo, compuesta de los ejemplares de menor talla, y la permanencia de los discos adhesivos, los que responderían a ciclos de vida hasta 3 años (Romo, 2000. com. pers.).

Este escenario, pone de manifiesto, que bajo condiciones de no-explotación, se estaría desaprovechando el potencial vegetativo anual de cada pradera. El ajuste del modelo, permite evaluar estrategias y tácticas de cosecha en función de variables como: período de cosecha (mes), tasa de remoción (presión extractiva) y selectividad a talla (talla mínima de explotación), las cuales son analizadas bajo el criterio de explotación de optimización de proceso de cosecha en biomasa, considerando la coincidencia entre el período de máxima producción en biomasa total y reproductiva.

d) Evaluación de estrategias

d.1) Definición de criterios de explotación e indicadores poblacionales.

En recursos algales, en general, no se ha trabajado en la definición de indicadores y puntos de referencia biopesqueros, sin embargo, se pueden establecer criterios asociados a la maximización de las cosechas y la mantención de niveles mínimos remanentes de densidad y biomasa poblacional post- cosecha, en función a lo observados bajo condiciones de no-intervención.



Las estimaciones de los niveles de cosechas potenciales para el recurso luga, se establecen bajo un esquema de explotación regulada, en función del criterios de remoción porcentual en número de frondas (y su biomasa asociada), el cual se interpreta como el efecto de extracción espacial, en términos de área cosechada.

Los indicadores poblacionales, están restringidos a los antecedentes generados por el estudio, a pesar que es altamente probable que los valores observados, estén condicionados a un estado de no equilibrio de las poblaciones, producto de extracciones en años anteriores.

d.2) Estrategias de manejo

Las estrategias de manejo de las praderas en estudio, persiguen como objetivo principal maximizar la biomasa cosechable de las mismas, asegurando el potencial regenerativo para la próxima temporada de cosecha. En este sentido, un plan para las praderas de luga debe tender a compatibilizar la capacidad de recuperación de las poblaciones post - cosecha (de mediano plazo), con la generación de beneficios directos, haciendo uso del potencial productivo derivado del aumento en peso de las frondas, durante la estación de verano.

El manejo de las praderas, permite plantear diversos escenarios mediante modelamiento de estrategias de manejo, basadas en criterios biológicos de conservación, en función del patrón de productividad anual del recurso. De esta forma, las estrategias de explotación analizadas, se fundamentan en la evaluación del efecto producido por la aplicación de medidas básicas de manejo durante el proceso de explotación (buenas prácticas de cosecha), lo cual resulta más apropiado dado el desconocimiento de procesos poblacionales de mediano plazo.



Las estrategias propuestas pueden ser llevadas a la práctica mediante la táctica de definir un período óptimo de cosecha, en conjunto con tasas de remoción y selectividad en las tallas a cosechar en las temporadas anuales, resultantes de la estimación de la eficiencia productiva de las praderas.

En este contexto, se presentan estimaciones de eficiencia productiva (EP), en función de los niveles máximos de cosecha del recurso, la cual considera todos los grupos de tallas, con una abundancia potencialmente explotable (stock), compuesta de los individuos definidos sobre los límites de tallas mínimas de explotación.

Si bien, el modelo originalmente propuesto incorporaba una función de reclutamiento, componente crítico en la proyección poblacional, éste ha sido considerado en forma determinista, de tal manera que los reclutas son integrados de forma implícita en las tasas de cambio en densidad a la talla de la población. Esta adecuación se justifica sobre la base de la incerteza asociada a una relación stock - recluta para el recurso luga negra, donde no es posible diferenciar, si las nuevas frondas corresponden a reclutantes (a partir de esporas), o bien a frondas generados por discos remanentes.

Cabe mencionar que la propagación vía esporas, es dependiente de la disponibilidad de sustrato, por tanto la permanencia de discos, afectaría el éxito de las esporas por efectos de competencia por sustrato, no obstante, con los antecedentes disponibles no es posible establecer supuestos fundados en cuanto a la incidencia relativa de cada proceso de regeneración de las praderas.



d.3) Escenarios de manejo

Para el análisis de las estrategias de manejo y explotación de las praderas, se realizaron proyecciones de las poblacionales de cada sector en estudio, bajo un patrón de producción anual, aspecto que si bien es útil para los propósitos de evaluación, no lo sería en términos de la dinámica demográfica derivada de la permanencia de discos por más de una temporada anual. Las proyecciones comparan el desempeño de cada pradera en función de las distintas alternativas (medidas) de manejo, comparándola con la situación sin intervención extractiva.

La definición de un escenario óptimo, desde una perspectiva netamente del proceso de cosecha, debe considerar la interrelación de un conjunto de medidas de manejo, que permiten evaluar la mejor decisión de administración de este recurso. Al evaluar el desempeño de las cosechas, y su efecto sobre la dinámica interanual de la pradera de Chaculay, en biomasa y densidad, bajo las distintas tasas de remoción y tallas de selección, aplicadas de forma constante desde el mes de inicio (Fig. 53), se generan respuestas interdependientes, las que guardan el mismo patrón para las distintas praderas analizadas.

Los niveles de producción extractiva para la pradera Chaculay, están fuertemente condicionados, al mes de inicio de las cosechas. Los mayores niveles están dados para el mes de enero, coincidiendo con la máxima biomasa total. En la medida que se incrementa la tasa de remoción y disminuye la talla de selección, se genera un aumento en los niveles de cosecha. Sin embargo, al analizar los indicadores poblacionales, se observa que la disminución o no uso de talla de selección, implica una caída drástica de los niveles de densidad y biomasa remanente, especialmente cuando se incrementa los niveles extractivos.



El inicio de la extracción desde diciembre, genera menores cosechas en relación a si se realizase en los meses siguientes enero – febrero, producto de la ineficiencia que se genera al no hacer uso del potencial de crecimiento vegetativo de la población durante estos meses. Por otra parte, la condición final de la pradera es similar a la generada con el inicio de la actividad en el mes de enero.

Al retrasar la cosecha para marzo, período que permitiría que el proceso de liberación de esporas ocurriera en mayor cantidad, resulta tardío en términos de utilizar el potencial productivo de la población, debido a la caída natural de la abundancia poblacional, derivada del autorraleo de las frondas. Para este mes, en ausencia de talla mínima, sólo es posible mantener los niveles poblacionales remanentes, utilizando bajas tasas de remoción, lo que implica una menor eficiencia productiva (Fig. 53).

El establecimiento de tallas mínimas (20 o 30 cm), si bien genera una disminución en los niveles de cosechas, la pradera presenta un desempeño poblacional en densidad, que no difiere de forma importante con la situación sin extracción (Fig. 53). Se debe notar, que el uso de talla mínima 20 cm, genera un nivel poblacional remanente más bajo en biomasa remanente, en comparación al uso de una mayor talla selectiva. Sin embargo, en términos de densidad, estas no difieren entre sí, permitiendo a la vez un mayor aprovechamiento de la pradera. Al establecer una talla mínima sobre 20 cm, el aumento en los niveles extractivos genera un menor efecto sobre la población, no incidiendo de forma importante en los niveles de cosecha totales.

En la Tabla 24, se tabulan porcentualmente, los índices de Eficiencia Productiva, Biomasa y Densidad remanentes para las variables analizadas en la pradera Chaculay. A analizar el desempeño de las cosechas, bajo los criterios de selectividad



a la talla y tasa de remoción, se observa que si bien las mayores niveles se consiguen sin restricción de talla mínima, a medida que se aumenta la presión extractiva, los niveles remanentes de biomasa y densidad de la pradera se deprimen, llegando con tasas de explotación del 90% a valores que tienden al agotamiento de la pradera.

La ausencia de restricción de talla, sólo permite la sustentabilidad de la pradera a bajos niveles de remoción, en consecuencia resulta más eficiente el uso de una talla mínima de 20 cm, la cual generaría una disminución inferior al 16% del potencial explotable, a tasas medias y altas de remoción. El menor efecto generado por el aumento de la tasa de remoción, con el uso de talla 20 cm, se ve explicado debido a que la tasa de explotación, estaría compensando la mortalidad natural a que estarían sometidas las frondas de mayor tamaño, permitiendo la mantención de las frondas menores en la pradera, en contraste al escenario sin talla mínima.

De acuerdo al análisis anterior, concentrar las cosechas en enero genera las mayores eficiencias productivas para Chaculay, utilizando altas tasas de remoción y una talla mínima de 20 cm (Fig. 54). Este escenario "óptimo" donde se maximiza la cosecha, sin embargo, acelera la caída poblacional. Al considerar que los máximos en biomasa reproductiva se presentan en febrero, bajo una visión precautoria que permitiera un mayor desempeño desde el punto de vista reproductivo, resultaría apropiado el retraso de la actividad extractiva para este mes, o bien la aplicación de una menor tasa de remoción (TR 60%) desde enero a marzo, lo cual permitiría ampliar el período de cosecha (Fig. 54). Este último, escenario implica una disminución de sólo un 12% en eficiencia productiva, permitiendo compatibilizar la actividad extractiva y el desempeño reproductivo de la pradera.



Las estrategias anteriores, permiten hacer uso de los excedentes productivos de las praderas, y aunque traen asociado una disminución inicial de la abundancia a la talla del stock, en comparación a la situación base, no presenta el colapso observado en el escenario sin talla mínima asociada al aumento de la presión extractiva, observándose en la pradera un incremento similar a la situación sin extracción, para la próxima temporada anual (Fig. 54).

Los análisis específicos para las praderas de Chaculay y Vergara (XI), y Lagartija y Chaiguao (X Región), se entregan en las Tablas 24-27. En cada una de ellas, se observa el mismo patrón observado en el análisis de la pradera Chaculay, para la interacción de las variables analizadas, sin embargo, los meses óptimos para el inicio de las cosechas difieren entre ellas. En las praderas de la XI Región, los meses de inicio corresponden a enero (Chaculay; Fig. 55) y febrero (Vergara; Fig. 56) y para la X Región éstos se presentan retrasados para los meses de febrero (Lagartija; Fig. 57) y marzo (Chaiguao; Fig. 58). Las meses óptimos de inicio están directamente relacionados con las fechas donde se alcanzan las máximas abundancias en biomasa. Se debe indicar, que mientras más tarde se inician las cosechas, las tasas de remoción precautorias (TR 60%), generan una menor eficiencia sobre las cosechas, debido al proceso continuo de decaimiento poblacional.

El caso particular, de la pradera Lagartija, donde se observa un desfase entre los máximos de biomasa total (verano) y máxima biomasa cistocárpica (julio), un alto porcentaje de las frondas (64%) se encuentran por bajo los 20 cm en el mes de marzo, por cuanto el uso de la talla mínima (20 cm), permitiría mantener una fracción de esta fase para los meses de invierno, donde se observó más del 50% de las frondas bajo esta talla.



En términos de compatibilizar la mantención poblacional de las praderas, alcanzando altos niveles de cosechas, y permitiendo el desempeño reproductivo (vía esporas), debiera tenderse al uso de tasas de remoción menor aplicables a un mayor número de meses. Sin embargo, la estrategia realmente estará condicionada a la conducta extractiva de los usuarios, en este sentido, para hacer un uso adecuado de las praderas, es necesario una estrategia de manejo regulado por usuarios, que entiendan la utilidad práctica del manejo, de forma tal que acepten el uso de una talla mínima, y la no-remoción de los discos, como una forma de buena práctica de cosecha, es lo más recomendable, más que una medida legal para las mismas.

El establecimiento de un mes de inicio de las cosechas, implicaría un impacto significativo en el régimen de operación de los usuarios, por cuanto, se debe entender que la definición de un período óptimo de cosecha, debe ser el resultado del análisis integrado de la actividad extractiva, ya que de no ser así se podría generar un efecto negativo sobre la actividad extractiva.

d.4) Consideraciones a la evaluación de escenarios

La aplicación de medidas que permitan un uso eficiente de las praderas de luga negra, debe compatibilizar la operación tradicional, con la proposición de buenas prácticas de manejo. Dado que las proyecciones corresponden a una modelación teórica, es necesario hacer algunos alcances, en cuanto a las limitaciones del análisis.

En primer lugar, se debe mencionar, que si bien las praderas presentan tendencias similares bajo los escenarios analizados, la magnitud de las respuestas poblacionales guarda una alta relación con la situación inicial de abundancia de las praderas, dado que las proyecciones consideran niveles de



recuperación bajo un supuesto de praderas que se comportarían como poblaciones cerradas y en equilibrio, lo cual limita la potencialidad de las mismas, ya que es altamente probable que éstas praderas hayan sido sometidas a explotación en años anteriores.

En este marco, bajo un sistema regulado de explotación, las estrategias consideran un nivel de generación de frondas que en la práctica debieran incrementar la densidad y abundancia de estas praderas, debido a la mantención de frondas de pequeño tamaño y el cuidado de los discos adhesivos (Fig. 59). Lo anterior, favorecería la estructuración demográfica de la población en sus niveles de frondas adultas, juveniles, regeneración de discos y reclutamiento de esporas, contribuyendo a la recuperación y mantención de la población.

Actualmente, las praderas de luga negra, se encuentran bajo el régimen de libre acceso. En este sentido, la asignación de sectores regulados (concesiones y/o áreas de manejo), para este recurso crearía condiciones favorables para la aplicación de medidas específicas para cada sector, con el consiguiente uso eficiente del recurso, de acuerdo a las condiciones particulares de cada sector. La experiencia de manejo de la pradera de chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*) de la localidad de Puerto Aldea, IV Región (González et. al., 1997), ha demostrado el sentido práctico de incorporar los conocimientos de la dinámica poblacional para su manejo.



Tabla 24. Proyección poblacional relativa en número de frondas de luga negra para la pradera de Isla Chaculay; m (tasa de cambio en densidad), k (tasa de crecimiento), a y b (parámetros gravimétricos)

Total	Meses												
	Talla	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
[1-10]	15,2	7,3	12,7	56,6	56,6	86,4	68,1	73,3	81,9	83,5	4,8	1,7	
[11-20]	45,3	35,5	29,2	29,0	33,0	11,2	26,7	26,7	16,9	16,1	32,7	16,6	
[21-30]	26,6	28,8	22,9	8,5	6,8	1,8	4,3	0,0	0,0	0,0	39,4	33,0	
[31-40]	9,0	16,8	16,0	3,3	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	27,0	
[41-50]	2,9	7,3	8,7	1,8	1,2	0,0	0,9	0,0	1,2	0,0	3,0	14,8	
[51-60]	0,8	3,2	5,7	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	4,7	
[61-70]	0,0	0,7	3,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,6	
[71-80]	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	
[81-90]	0,0	0,0	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
[91-100]	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
[>100]	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Densidad (frondas/m ²)	85	58	34	48	33	14	9	1	7	21	26	51	
Biomasa (g/m ²)	1564	1958	1721	739	482	66	62	8	68	29	448	1490	
m	-	-0,37	-0,54	0,35	-0,38	-0,89	-0,38	-2,05	1,71	1,15	0,23	0,66	
k	-	-	-1,33	1,19	-0,40	-0,89	-0,55	-0,66	0,84	0,85	1,20	0,41	
a	0,13	0,25	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,02	0,06	0,01	
b	1,57	1,55	2,05	2,22	2,42	2,53	2,43	2,69	2,05	1,80	1,71	2,13	

Cistocárpicas	Meses												
	Talla	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
[1-10]	9,0	6,6	4,5	41,3	41,3	80,9	65,8	71,4	80,5	90,5	0,0	0,0	
[11-20]	37,2	36,1	26,0	36,1	43,8	15,7	30,3	28,6	18,2	9,5	35,7	9,2	
[21-30]	35,0	27,6	24,4	13,2	9,1	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	28,6	34,2	
[31-40]	11,9	15,4	18,2	5,2	2,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	29,4	
[41-50]	5,1	8,8	12,0	3,2	2,1	0,0	1,3	0,0	1,3	0,0	0,0	19,1	
[51-60]	1,4	4,0	7,4	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	6,3	
[61-70]	0,0	0,8	5,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	
[71-80]	0,4	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
[81-90]	0,0	0,0	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
[91-100]	0,0	0,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
[>100]	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Densidad (frondas/m ²)	22	30	19	25	19	9	6	1	6	2	1	22	
Biomasa (g/m ²)	620	1062	1288	579	401	61	46	8	67	7	35	815	



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tetraesporicas	Meses											
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Talla												
[1-10]	10,6	7,3	7,6	48,1	48,3	90,9	33,3	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0
[11-20]	40,2	28,2	29,1	38,7	41,7	9,1	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
[21-30]	31,8	36,3	30,4	6,6	8,3	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3
[31-40]	15,9	20,2	17,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3
[41-50]	1,5	5,6	6,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6
[51-60]	0,0	1,6	7,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
[61-70]	0,0	0,0	1,3	0,9	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
[71-80]	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
[81-90]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
[91-100]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
[>100]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Densidad (frondas/m ²)	11	10	6	8	5	1	1	0	0	0	0	3
Biomasa (g/m ²)	228	307	286	122	68	4	14	0	0	0	0	97



Tabla 25. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente(%) para la localidad de Isla Chaculay, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables.

Eficiencia productiva %	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	53	43	30	66	52	33	59	44	24
Enero	52	45	34	83	72	53	98	84	59
Febrero	31	28	23	57	52	44	79	73	62
Marzo	8	6	4	16	11	8	23	17	12

Biomasa remanente % (Abril)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	24	46	60	3	31	49	0	29	48
Enero	34	54	66	6	34	51	0	29	48
Febrero	49	64	73	16	41	56	1	30	48
Marzo	70	79	84	40	58	69	10	36	53

Densidad remanente % (Abril)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	24	92	97	3	90	96	0	89	96
Enero	34	93	97	6	90	96	0	89	96
Febrero	49	95	98	16	91	97	1	90	96
Marzo	70	97	99	40	94	98	10	90	97



Tabla 26. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente(%) para la localidad de Isla Vergara, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables.

Eficiencia productiva %	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	52	43	29	80	65	41	97	76	44
Enero	31	28	22	48	43	34	54	49	39
Febrero	21	19	15	38	34	27	51	46	36
Marzo	7	6	5	13	12	9	20	17	14

Biomasa remanente % (Abril)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	24	37	59	3	20	47	0	18	46
Enero	34	46	65	6	23	50	0	18	46
Febrero	49	58	72	16	31	55	1	18	47
Marzo	70	75	84	40	50	68	10	26	51

Densidad remanente % (Abril)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Diciembre	24	81	94	3	76	92	0	75	92
Enero	35	84	95	6	77	93	0	75	92
Febrero	49	88	96	16	79	93	1	75	92
Marzo	70	93	98	40	85	95	10	78	93



Tabla 27. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente(%) para la localidad de Isla Lagartija. Bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables.

Eficiencia productiva %	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	57	50	37	75	65	49	75	63	48
Febrero	50	45	33	80	73	55	97	90	68
Marzo	29	25	17	50	43	31	63	62	42
Abril	13	10	5	27	21	11	40	31	16

Biomasa remanente % (Mayo)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	24	42	61	3	26	50	0	24	49
Febrero	34	50	67	6	29	52	0	24	49
Marzo	49	61	74	16	36	57	1	3	50
Abril	70	77	85	40	54	69	10	31	54

Densidad remanente % (Mayo)	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	24	81	92	3	76	90	0	75	90
Febrero	35	84	94	6	77	91	0	75	90
Marzo	49	88	95	16	79	92	1	37	90
Abril	70	93	97	40	85	94	10	78	91



Tabla 28. Índice de eficiencia productiva, biomasa y densidad remanente(%) para la localidad de Canal Chaiguao, bajo tasas y tallas de remoción e inicio de cosechas variables.

Mes	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	50	49	48	59	58	55	53	52	49
Febrero	50	49	48	71	70	68	72	71	69
Marzo	41	41	40	73	72	70	95	94	92
Abril	16	16	15	32	31	30	48	47	45

Biomasa remanente % (Mayo)

Mes	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	24	28	34	3	7	16	0	5	14
Febrero	34	38	43	6	11	19	0	5	14
Marzo	49	52	56	16	20	27	1	6	14
Abril	70	71	74	40	43	48	10	14	22

Densidad remanente % (Mayo)

Mes	Tasa 30%			Tasa 60%			Tasa 90%		
	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm	Talla S/S	Talla 20 cm	Talla 30 cm
Enero	24	71	81	3	63	77	0	63	76
Febrero	34	75	84	6	65	77	0	63	76
Marzo	48	80	87	16	68	80	1	63	76
Abril	69	88	92	39	77	85	10	66	78



e) Propuesta para la implementación de las medidas manejo

La propuesta de medidas de manejo generales para las praderas en estudio, analiza el impacto que estas generarían en el uso del recurso luga negra, incorporando los principales procesos poblacionales de las praderas, enmarcados en los objetivos establecidos para el uso eficiente de los recursos pesqueros, y las estrategias y acciones factibles de ser implementadas.

El análisis de las abundancias poblacionales y niveles de cosecha, hacen recomendable como medida de manejo el establecimiento de una talla mínima de extracción directa (20 cm), que permita la mantención de niveles de densidad que favorezcan la recuperación de las praderas post – cosecha. Esta medida requiere que no se desprendan o arranquen los discos adhesivos al remover las frondas de mayor tamaño. Esto significa que es necesario incorporar buenas prácticas de cosecha, permitiendo el uso de los excedentes productivos de forma regulada.

Conforme a lo anterior, el esquema propuesto debe incorporar a los pescadores dentro de un plan de administración general de las praderas, que integre el uso de esta medida, con la aplicación de una época de cosecha y tasa de remoción que deberá ser usada por los agentes extractores:

1. Desarrollar un programa general de difusión de esta medida en los sectores, con influencia sobre las praderas de luga, incorporando a los actores relevantes (pescadores, empresas, investigadores y entidades normativas y fiscalizadoras). Esta acción debe tener una componente dirigida en forma especial a los pescadores artesanales, estableciendo en forma clara la utilidad y repercusiones de las medidas, las cuales deben ser lo suficientemente flexibles, sobre todo en su fase de implementación, de tal modo que permita



incorporar adecuaciones a fin optimizar el uso de las praderas, a través del entendimiento, aceptación y compromiso de los propios usuarios.

2. Elaborar un programa de manejo de praderas, que permita evaluar indicadores de desempeño poblacional de las mismas, y a su vez generar la información necesaria para mejorar el conocimiento del recurso, destinada a lograr la sustentabilidad del mismo.

f) Período de cosecha

Estacionalmente se realizaron las cosechas experimentales en las cuatro praderas en estudio, los mayores volúmenes de biomasa cosechada se obtuvieron en verano en las praderas de la XI región y en otoño en praderas ubicadas en la X región. Se observaron fluctuaciones estacionales en la biomasa cosechada que son coincidentes con las fluctuaciones de biomasa que presenta la pradera según los datos mensuales de evaluación de biomasa por pradera (Tabla 28 y 29).

No se observan diferencias significativas en los volúmenes cosechados con los dos métodos de extracción (podando a 5 cm de la base y podando en la base del estipe) por lo que el hecho de dejar un remanente no afectaría el volumen que un cosechador podría obtener. (Fig. 60).

La recuperación de las áreas cosechadas fue en general escasa, y debido a que la mayor parte del desarrollo de esta actividad fue durante la época de otoño invierno, que coincide con una disminución natural de la biomasa de las praderas estudiadas, los valores de biomasa recuperada fueron bajos (en tamaño las frondas tuvieron menos de 18 cm de largo).



Los experimentos instalados en verano sufrieron embancamiento en las praderas de la X Región, y en la XI se observó una leve recuperación de las plantas podadas con los dos tipos de cosecha (Tabla 30), sin embargo en el segundo muestreo se observaron únicamente discos adheridos al sustrato (Fig. 61).

Para las cosechas realizadas en otoño (Tabla 31), en las praderas de la X región se observó crecimiento especialmente hacia el segundo muestreo, mientras que en la X región hacia el segundo muestreo solamente se observaron los discos adheridos al sustrato.

Las podas de invierno (Tabla 32), en general no evidenciaron crecimiento durante el primer muestreo y luego se embancaron, a excepción de la Isla Lagartija (X Región) que en el segundo muestreo había alcanzado los valores máximos observados en el desarrollo de este experimento. Esta pradera se comporta diferente a las otras en cuanto a abundancia de biomasa, ver 4.3.d

Finalmente se realizó podas de primavera (Tabla 33), en las cuales solo se registró biomasa cosechada, pero no-crecimiento en la XI Región y para las praderas de la X región se realizó una evaluación, en la que se observó que Isla Lagartija presentó recuperación de las plantas podadas.

De los sustratos instalados para evaluar el reclutamiento natural no fue posible recuperar la totalidad de ellos. Sin embargo en todas las muestras recuperadas a excepción de las correspondientes a la Isla Lagartija en la estación de primavera se observaron reclutas, el número promedio de reclutas por piedra fluctúa entre 0.5 y 4 individuos por piedra (Tabla 34), y el número de promedio de reclutas por cm^2 (Tabla 35) es inferior a 0.1.



Tabla 29. Biomasa promedio (g/m^2) estacional de frondas podadas a 5 cm del estipe del disco de *Sarcothalia crispata*, para las cuatro localidades en estudio.

Localidad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Isla Lagartija	241.0 \pm 101.1	683.7 \pm 36.9	214.7 \pm 39.1	309.0 \pm 99.4
Canal Chaiguao	699 \pm 286.0	1270.1 \pm 11.2	110.8 \pm 34.2	61.4 \pm 13.6
Isla Vergara	699.3 \pm 286.5	651.8 \pm 389.0	270.2 \pm 80.8	130.5 \pm 14.8
Isla Chaculay	1707.8 \pm 588.2	197.1 \pm 99.0	253.4 \pm 79.8	47.2 \pm 7.35

Tabla 30. Biomasa promedio (g/m^2) estacional de frondas podadas en la base del estipe del disco de *Sarcothalia crispata*, para las cuatro localidades en estudio.

Localidad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Isla Lagartija	437.2 \pm 291.8	685.9 \pm 181.4	380.8 \pm 163.6	370.7 \pm 78.8
Canal Chaiguao	585.8 \pm 117.5	868.3 \pm 543.0	113.7 \pm 23.8	113.7 \pm 63.8
Isla Vergara	1920.0 \pm 172.8	529.1 \pm 150.1	171.8 \pm 32.5	870.5 \pm 448.7
Isla Chaculay	1753.8 \pm 289.6	318.5 \pm 53.5	276.3 \pm 174.6	315.9 \pm 222.4



Tabla 31. Recuperación de biomasa (largo de la fronda cm) para las cosechas realizadas en verano.

Localidad	1º muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	2º muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	1º muestreo (frondas podadas en la base del estipe)	2º muestreo (frondas podadas en la base del estipe)
Isla Lagartija	Embancado	Embancado	Embancado	Embancado
Canal Chaiguao	< 1 cm	Embancado	Embancado	Embancado
Isla Vergara	6.063±0.088	4.5±1.414	1.468±0.0735	<1 cm
Isla Chaculay	8.95±0.1803	< 1 cm	4.022±0.924	<1cm

Tabla 32. Recuperación de biomasa (largo de la fronda cm) para las cosechas realizadas en otoño.

Localidad	1º muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	2º muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	1º muestreo (frondas podadas en la base del estipe)	2º muestreo (frondas podadas en la base del estipe)
Isla Lagartija	< 1cm	7.25±3.89	< 1 cm	6.06±0.56
Canal Chaiguao	< 1cm	7.168±0.087	2.7705±0.72	12.6±2.55
Isla Vergara	3.322±1.608	< 1 cm	2.0625±0.823	< 1 cm
Isla Chaculay	< 1 cm	< 1 cm	< 1 cm	< 1 cm



Tabla 33. Recuperación de biomasa (largo de la fronda cm) para las cosechas realizadas en invierno.

Localidad	1° muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	2° muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	1° muestreo (frondas podadas en la base del estipe)	2° muestreo (frondas podadas en la base del estipe)
Isla Lagartija	< 1 cm	18.7±1.2	4.55±0.785	17.345±4.9329
Canal Chaiguao	< 1 cm	Embancado	< 1 cm	Embancado
Isla Vergara	< 1 cm	Embancado	< 1 cm	Embancado
Isla Chaculay	< 1 cm	Embancado	< 1 cm	Embancado

Tabla 34. Recuperación de biomasa (largo de la fronda cm) para la cosecha realizadas en primavera.

Localidad	1° muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	2° muestreo (frondas podadas a 5 cm de la base)	1° muestreo (frondas podadas en la base del estipe)	2° muestreo (frondas podadas en la base del estipe)
Isla Lagartija	15.21±4.83		10.54±2.4159	
Canal Chaiguao	< 1 cm		< 1 cm	
Isla Vergara				
Isla Chaculay				



Tabla 35. Número promedio de reclutas encontrados en los sustratos instalados para cada localidad.

Localidad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Isla Lagartija		0,6	1,3	0
Canal Chaiguao			2,6	5,2
Isla Vergara		3	4,2	
Isla Chaculay	2,7			

Tabla 36. Número promedio de reclutas por cm² para cada localidad.

Localidad	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Isla Lagartija		0,009	0,02	0
Canal Chaiguao			0,03	0,08
Isla Vergara		0,03	0,08	
Isla Chaculay	0,02			

g) Estructura de tallas de la actividad extractiva

Basándose en la información obtenida en la localidad de Quemchi (42° 09' S; 73° 29' W) se observó que las tallas de captura más frecuente fluctúan entre los 40 y 80 cm. (Fig. 62a). Las frondas procedentes de la localidad de Chaiguao muestran que la moda esta entre 20-60cm (Fig. 62b). En ambos casos las tallas mencionadas representan casi el 60% de la muestra.



5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La distribución y abundancia de estructuras reproductivas en frondas tetraspóricas y cistocárpicas de *Sarcothalia*, muestra un patrón conservativo durante el período de estudio. Se observaron diferencias en la densidad de las estructuras reproductivas en cada tipo de fronda, según la distribución latitudinal de las praderas, estación del año y la fase reproductiva. La madurez de las estructuras reproductivas y la producción de esporas en ambas fases, también se mostró como un proceso continuo, que ocurre en frondas de cada pradera, durante el período estudiado. De tal forma que si bien, se observaron diferencias, a nivel local o regional, en la manifestación de la abundancia, madurez y producción de ambos tipos de esporas, no se observa una discontinuidad de estos procesos reproductivos, salvo en aquellos meses en que las praderas reducen su biomasa a nivel del disco adherente.

Lo anterior, es importante para propósitos de medidas de administración de este recurso natural, en lo que respecta a momentos de cosecha y como cosechar, en donde, de acuerdo a estos resultados, no es necesario adoptar precauciones especiales de cómo extraer una fronda individual o donde realizar el corte en el talo y resultaría preferible, determinar un tamaño mínimo, en lugar de recomendar la cosecha de una parte determinada de la fronda.

Al analizar la información sobre el número de estructuras reproductivas por fase y la producción de esporas por soro y cistocarpo, se observó que hay un número más elevado de soros por fronda que de cistocarpos por fronda, existiendo diferencias a nivel del tamaño de cada tipo de estructura reproductiva, lo que lleva a que la producción de esporas sea mayor en los cistocarpos, que en los soros tetrasporangiales, esto estaría representando una forma de compensación en el



esfuerzo reproductivo de la fronda de cada fase, como también en la potencialidad de propagación de cada fase.

En términos globales, el número de cistocarpos y de soros por cm^2 , fue significativamente mayor en la X Región que en la XI Región, y además se registró un número significativamente más alto de soros que de cistocarpos, tendencia que se mantiene de forma consistente entre ambas regiones.

El nivel de esporulación de los cistocarpos es aproximadamente el doble de los soros, durante todo el año e independientemente de las fluctuaciones. Se observó que en todas las praderas analizadas, hubo liberación de carpósporas y de tetrásporas en todo el período de estudio y el mayor número de cistocarpos y de soros tetrásporangiales esporularon en los meses de otoño, en donde los cistocarpos producen en promedio el doble de carpósporas que los soros tetrásporangiales.

La biomasa (standing stock) mostró diferencias significativas entre las regiones X y XI, esta última presentando una mayor biomasa en promedio, globalmente se registraron diferencias entre todas las estaciones (Scheffé; $P < 0,01$). También hubo diferencias estadísticas entre las praderas dentro de cada región, las cuales además fluctuaron estacionalmente, pero con una tendencia distinta: las praderas de la X Región muestran en promedio un mínimo en primavera y un máximo en verano, mientras las de la XI Región presentan un mínimo en invierno pero manteniendo un máximo en verano aunque mucho mayor, observándose una estacionalidad más acentuada.

Notablemente, la densidad de frondas mostró prácticamente las mismas diferencias estadísticas, niveles y tendencias estacionales que las observadas



para biomasa, mayor densidad promedio en la XI Región que en la X Región, con una estacionalidad más marcada en la última. No obstante los máximos y mínimos se registraron en verano e invierno respectivamente para ambas regiones, si bien hubo diferencias muy pequeñas entre otoño, invierno y primavera para la X Región. Debido a esto último la densidad promedio de todas las praderas en conjunto no mostró diferencias significativas entre otoño y primavera (Scheffé; $P > 0,05$), aunque existen diferencias, entre las praderas dentro de cada región y a su vez en la fluctuación estacional entre praderas individuales.

Las tetrásporas y carpósporas de *Sarcothalia*, se mostraron viables y germinaron, en todas aquellas estaciones donde se encontró esporas maduras. En general, aunque se observaron diferencias a nivel de Región, pradera y estación del año, gran parte de las esporas viables, germinaron, demostrando con esto que en cada una de las praderas estudiadas de esta especie, existe una alta potencialidad de propagación por esporas.

Lo más relevante, al comparar los patrones de viabilidad y germinación de carpósporas y de tetrásporas, es la diferencia entre las regiones. En praderas de la X Región, se observó un comportamiento similar de tetrásporas y de carpósporas, tanto en niveles cuantitativos como en su tendencia temporal, mientras que en la XI Región, las carpósporas no sólo muestran una mayor viabilidad y germinación, que las tetrásporas, sino que además exhiben una falta de correspondencia entre su viabilidad, que se observó fluctuante y su germinación, que se observó relativamente constante. Esto indica que el comportamiento de los tipos de esporas en las praderas estudiadas de la X Región, es concordante y marcadamente estacional, lo cual para efectos de manejo sugiere que existiría un período potencialmente crítico (el mínimo de



primavera), pero que a la vez, las medidas de manejo serían más simples debido a que los procesos biológicos involucrados son predecibles en virtud de la clara correlación entre viabilidad y germinación.

Por otra parte, en la XI Región no sólo la germinación no está correlacionada con la viabilidad, sino que también ambas cambian sin tendencia en el tiempo y además en forma diferencial entre tipos de esporas, haciendo más difícil predecir los efectos de este comportamiento sobre la dinámica de las praderas y sugiriendo que las eventuales medidas de manejo deberían ser necesariamente más complejas y considerar otros actores. Esto sugiere además, que tanto la viabilidad como la germinación de carpósporas y de tetrásporas, pueden ser susceptibles a la variación climática latitudinal, por lo cual el manejo poblacional de *S. crispata*, debería efectuarse, en principio, con una perspectiva regionalizada.

Sin embargo, resulta muy importante y es indudablemente necesario tener un conocimiento adicional sobre la contribución de las esporas en la presencia, mantención y fluctuación poblacional de *Sarcothalia*, con relación a otros mecanismos, como la producción de frondas a partir de los discos de adhesión, a fin de establecer cuanto influye realmente la variación temporal del comportamiento de las esporas en los niveles de biomasa poblacional (standing stock) o cosechable (standing crop).

En general el tamaño de las plantas de *Sarcothalia* muestra diferencias estadísticas entre regiones, con frondas más grandes en la X Región que en la XI Región, y entre las praderas dentro de cada región, la principal variación esta dada por las praderas de la X Región. En esta última la longitud de las frondas es máxima en verano y decrece progresivamente hasta la primavera, mientras que



en la XI Región es máxima tanto en verano como en primavera y exhibe un mínimo claro en invierno, mostrando una clara estacionalidad.

Se realizó un análisis del esfuerzo reproductivo de plantas individuales en función del tamaño (biomasa). Globalmente el esfuerzo, estimado como número de estructuras reproductivas por unidad de masa de fronda, presenta un patrón similar en todas las praderas y a través de todas de las estaciones. Los máximos de esfuerzo reproductivo están generalmente asociados a plantas pequeñas, mientras que las plantas mayores son en general poco variables y con un nivel de esfuerzo bajo. Esto sugiere que para efectos de manejo se debe evitar la extracción de frondas menores de un cierto tamaño, ya que estas son las que pueden efectuar un esfuerzo más alto y se conservaría así el potencial para mantener a la población.

Las diferencias reproductivas entre las regiones estarían indicando que la distribución de las praderas, en sentido latitudinal, condicionaría la potencialidad reproductiva al nivel de fases en *Sarcothalia*, situación que está evidenciando que los efectos latitudinales serían importantes de considerar para propósitos de manejo de esta especie.

Cabe mencionar que la propagación vía esporas, es dependiente de la disponibilidad de sustrato, por tanto la permanencia de discos, afectaría el éxito de las esporas por efectos de competencia por sustrato, no obstante, con los antecedentes disponibles no es posible establecer supuestos fundados en cuanto a la incidencia relativa de cada proceso de regeneración de las praderas.

De acuerdo a los análisis realizados, se propone como estrategia de manejo general para las praderas de luga negra, cosechar antes que se presenten las



podas naturales, iniciando la actividad en el mes de mayor biomasa total, biomasa que debiera considera un símil de una biomasa crítica poblacional. Esta estrategia debe tender a compatibilizar la máxima producción en biomasa – con el desempeño reproductivo de las praderas. De acuerdo a lo anterior, la cosecha óptima se lograría concentrando la actividad desde diciembre a marzo, utilizando tasas de remoción medias (TR 60%), que permitan que se cumpla con la liberación de esporas, con una baja perdida de potencial explotable.

La estrategia anterior, debiera ir acompañada de una remoción selectiva a la talla de las frondas, estableciendo como talla mínima de cosecha los 20 cm, selectividad que no afecta de forma significativa el rendimiento de las cosechas, considerando su bajo aporte de acuerdo a la relación talla- peso.

La incorporación de una talla mínima, permite no restringir las tasas de remoción, por cuanto medidas como establecer cuotas de captura (niveles de cosecha), no tendrían un efecto práctico, dado que las praderas decrecen en su biomasa de forma natural a los mismos niveles alcanzados bajo un sistema de explotación selectivo; sin restricción de esfuerzo y concentrada en los meses de verano.

Por otra parte, la no-explotación durante los meses de otoño e invierno, donde se presentan frondas de bajo tamaño, permitiría alcanzar mayores rendimientos, producto del aprovechamiento del proceso de crecimiento de las frondas durante los meses precedentes a la época propuesta para las cosechas.

Se debe mencionar, que esta propuesta tiende a optimizar el proceso de producción de las cosechas, no integrando información del funcionamiento del sistema extractivo – proceso, por cuanto a priori, el establecer un único mes de cosecha (o veda extractiva), podría no ser conveniente, al no considerar los



procesos asociados a la capacidad de remoción de los agentes extractivos, el proceso de secado, transporte y proceso del recurso, aspectos que debieran ser puntualmente evaluados, a fin de contar con un plan sectorizado e integral de manejo. Lo anterior implica analizar la factibilidad de implementación de medidas, de forma tal que no genere problemas en el sector de proceso, ya que esto repercutiría indudablemente sobre el sector extractor.

Por último, se debiera destinar esfuerzos para evaluar las capacidades de regeneración a partir de discos y reclutamiento de esporas, para lo cual resulta necesario realizar estudios demográficos generacionales de mediano plazo.

El esquema propuesto debe incorporar a los pescadores y las empresas que explotan el recurso, dentro de un plan de administración general de praderas, con la aplicación de una época de cosecha y tasa de remoción que deberá ser usada por los agentes extractores.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avila, M. & M. Seguel. 1993. An overview of seaweed resources in Chile. *Journal of Applied Phycology*. 5: 133-139.
- Avila, M., M. Nuñez, R. Norambuena & A. Candia. 1996. Investigación para el desarrollo de cultivos de *Gigartina skottsbergii*, X Región. Informe Final Proyecto FNDR-IFOP. 37p.
- Avila, M., R. Otaíza, R. Norambuena, M. Nuñez, A. Candia & A. Poblete. 1994. Desarrollo de tecnología de cultivo y repoblación de luga negra en la X Región. Informe Final Proyecto CORFO-IFOP. SGI 94/9. 97 pp.
- Baird, D. C. 1991. Experimentación. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos. 2ª edición, Prentice – Hall Hispanoamericana S.A., Mexico. 207pp.
- Bixler, J. H. 1996. Recent developments in manufacturing and marketing carrageenan. *Hydrobiologia*. 362/327: 35-57.
- Buschmann, A. H. & A. Bravo. 1990. Intertidal amphipods as intertidal agents of carpospores on *Iridaea laminarioides* (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.*, 26:417-420.
- Candia, A. & A. Poblete, 1981. Estudios sobre el ciclo de vida de *Iridaea ciliata* Kützing, (Rhodophyta, Gigartinaceae), presente en Bahía Concepción, Chile. I Jornadas de Ciencias del Mar, Montemar, Chile. Resumen p.19.
- Candia, A., 1983. Antecedentes reproductivos del género *Iridaea* Bory, Rhodophyta, Gigartinaceae de Bahía Concepción, Chile. *Memorias, Soc. Lat. - Am. Acuic.*, 5:20.
- Garbary, D. J. & R. E. DeWreede. 1988. Life history phases in natural population of Gigartinaceae (Rhodophyta) quantification using resorcinol. In: (C. S. Lobban, D. J. Chapman & B. P. Kremer. Eds.) *Experimental Phycology. A Laboratory Manual*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 174-178.



- Gómez, I. & R. Westermeier. 1991. Frond regrowth from basal discs in *Iridaea laminarioides* (Rhodophyta, Gigartinales) at Mehuin, Southern Chile. Mar. Ecol.Prog. Ser. 73:83-91.
- Hannach, G. & B. Santelices, 1985. Ecological differences between the isomorphic reproductive phases of two species of *Iridaea*. (Rhodophyta, Gigartinales). Mar. Ecol.Prog.Ser., 22: 291-303.
- Hannach, G. & J.R. Waaland, 1986. Environment, distribution and production of *Iridaea*. Aquat. Bot., 26: 51-78.
- Hoffmann, A. & B. Santelices. 1997. Flora marina de Chile central. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. 434 pp.
- Hommersand, M.H., M. Guiry, S. Fredericq & G.L. Leister, 1993. New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). Hydrobiologia, 260/261: 105-120.
- Keppel, G., W. H. Saufley & H. Tocunaga. 1992. Introduction to the design and analysis. 2ª edición, W. H. Freeman & C. O., New York. 626 pp.
- Kim, D. H. 1976. A study of the development of cystocarps and tetrasporangial sori in Gigartinaceae (Rhodophyta, Gigartinales). Nova Hedwigia 27: 1-146, 237 Figs.
- Norambuena, R. 1996. Recent trends of seaweed production in Chile. Hydrobiologia 326/327: 371-379.
- Poblete, A., A. Candia, I. Inostrosa & R. Ugarte, 1985. Crecimiento y fenología reproductiva de *Iridaea ciliata* Kützinger (Rhodophyta, Gigartinales) en una pradera submareal. Biología Pesquera, 14:23-31.
- Ramírez, M. E. & B. Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa templada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas. 5:437 pp.



- Red de Algas Marinas, 1990. Guía de algas marinas chilenas de importancia económica. Red de Algas Marinas-Chile - CIID Canadá. Editorial Anibal Pinto, S.A. 114 pp.
- Santelices, B. & R. Norambuena. 1987. A harvesting strategy for *Iridaea laminarioides* in central Chile. *Hydrobiologia*, 151/152: 329-333.
- Santelices, B. & E. Martínez. 1997. Hierarchical analysis of reproductive potential in *Mazzaella laminarioides* (Gigartinaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 36 (3): 195-207.
- Santelices, B., 1989 a. Algas marinas de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 400 pp.
- Santelices, B., 1989 b. Managing wild crops, propagating and cultivating seaweed in Chile. En: Oliveira, E.C. y N. Kautsky (eds.). *Cultivation of seaweeds in Latin America*. Univ. S. Sao Sebastiao, Sp Brazil. Paulo/Int. Foundation for Science. pp.27-34.
- Scrosati, R. 1998. Population structure and dynamics of the clonal alga *Mazzaella cornucupiae* (Rhodophyta, Gigartinaceae) from Barkley Sound, Pacific Coast of Canada. *Botánica Marina* 41:483-493.
- SERNAPESCA 1999 Anuario estadístico de pesca 1998. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, República de Chile. 291pp.
- SERPLAC, 1985. Manejo de *Iridaea* sp. y la factibilidad de incremento en ambiente natural. Intendencia de la Región del Bío-Bío, Secretaría Regional de Planificación y Coordinación, Concepción. 155 pp
- Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. 1980. *Statistical Methods*. 7th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. 507 pp.
- Steel R. G. D. & J. H. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2^a edición, McGraw Hill, Mexico. 622 pp.



- Vasquez, J. & J. González. 1995 Métodos de evaluación de macroalgas submareales. In: (K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar. Eds.) Editora Aníbal Pinto. Concepción. pp. 643-655.
- Westermeier, R. & P. Chávez. 1996. Bioecología de *Iridaea ciliata* Kützing (Rhodophyta, Gigartinales) en una pradera submareal, Isla San Ramón, Calbuco X Región. VI Symposium de Algas Marinas y IV Encuentro de Microalgólogos. Pto. Montt, Chile. Resumen p. 90.
- Westermeier, R., Morales, J. & D. Patiño. 1996. Caracterización de algas carragenófitas en el mar interior de la X y XI Región, con especial referencia a *Iridaea laminarioides* Kützing y *Gigartina skottsbergii* Setchell et Gardner (Rhodophyta, Gigartinales) VI Symposium de Algas Marinas y IV Encuentro de Microalgólogos. Pto. Montt, Chile. Resumen p. 91.
- Wonnacot, T. H. & R. J. Wonnacot. 1992. Introducción a la estadística. Editorial Limusa, México. 515 pp.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. Third ed. Prentice-Hall, Inc. , Englewood Cliff, New Jersey. 662 pp.



FIGURAS

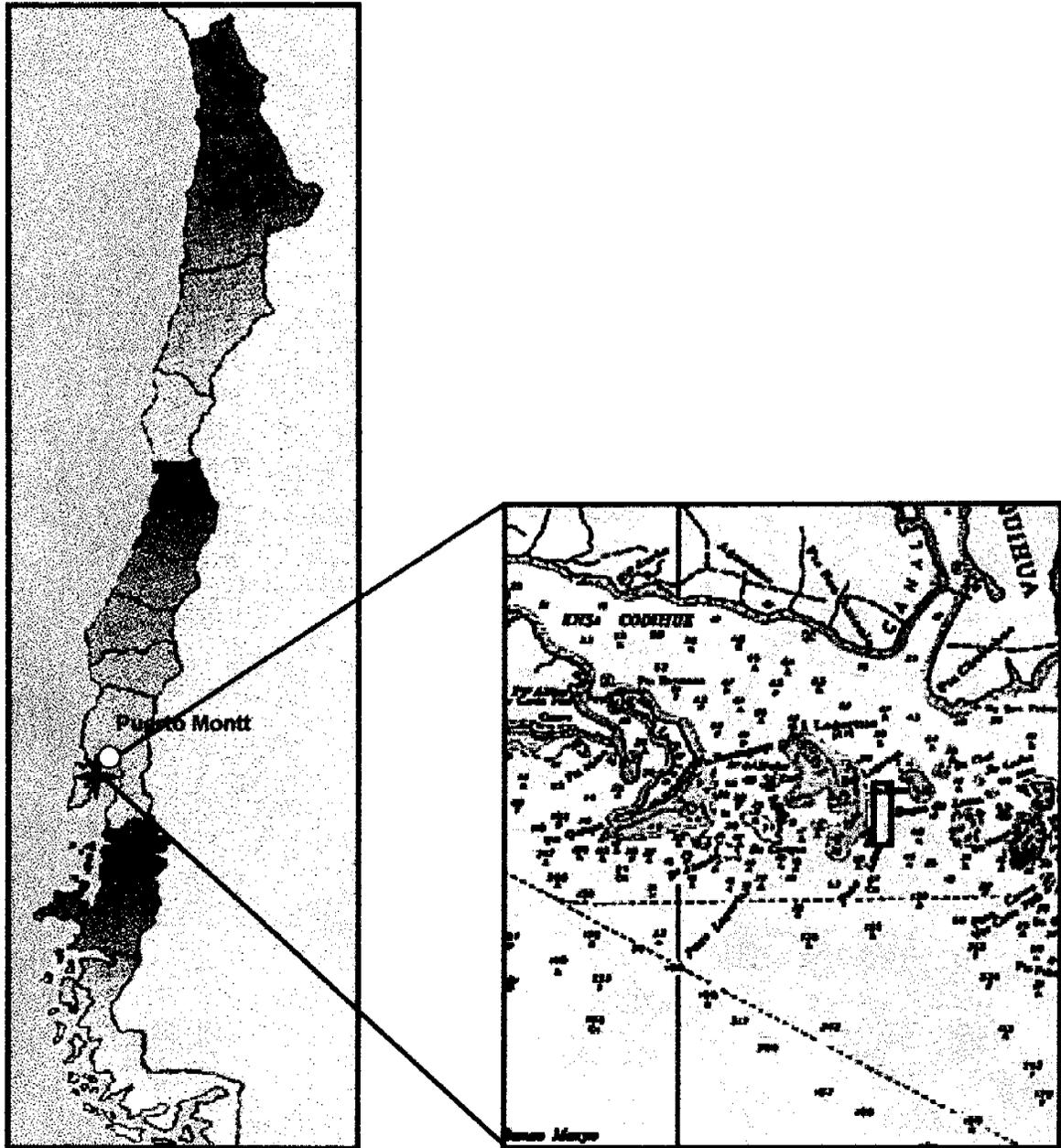


Figura 1. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Lagartija, X Región

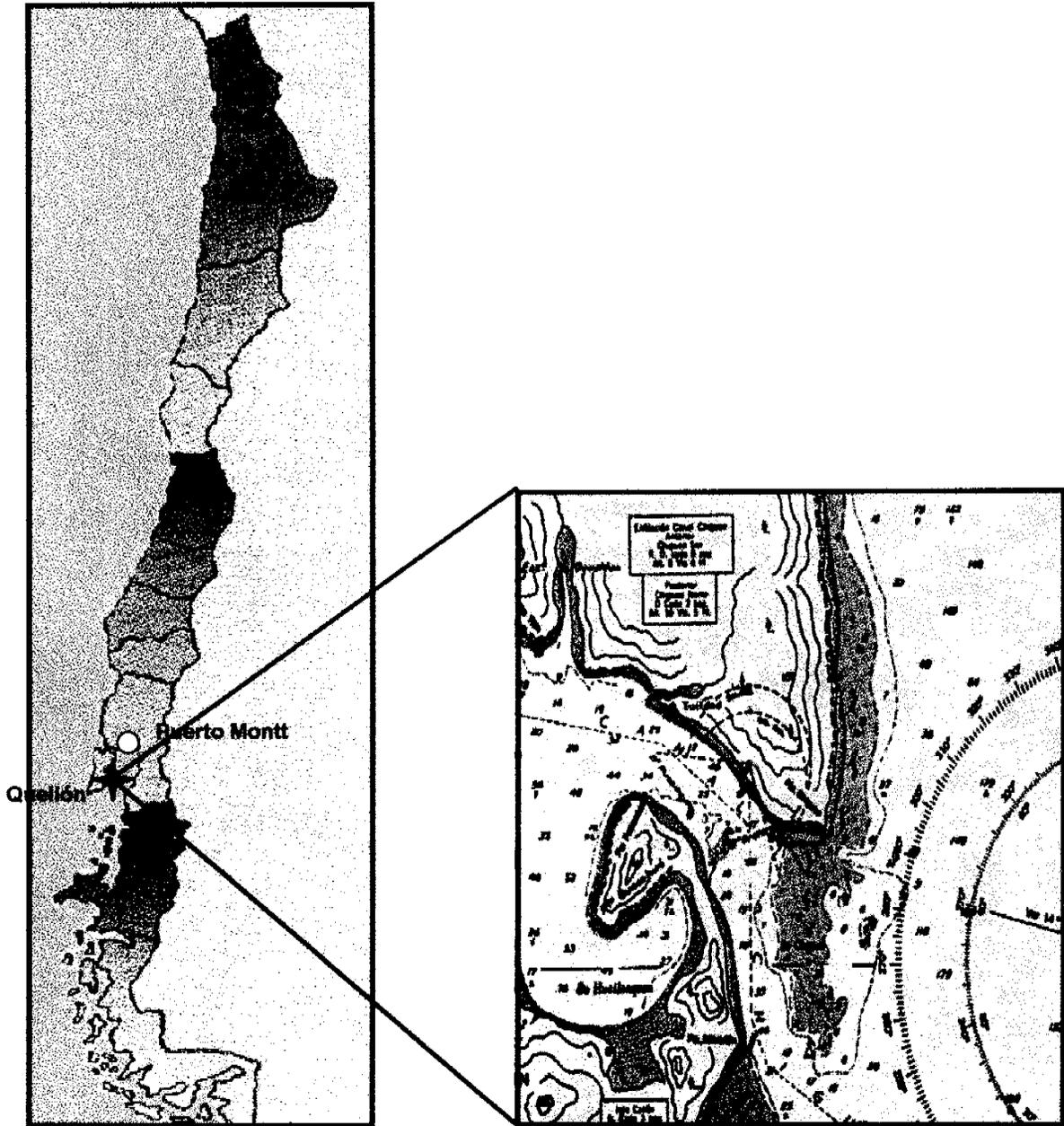


Figura 2. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Canal Chaiguao, X Región

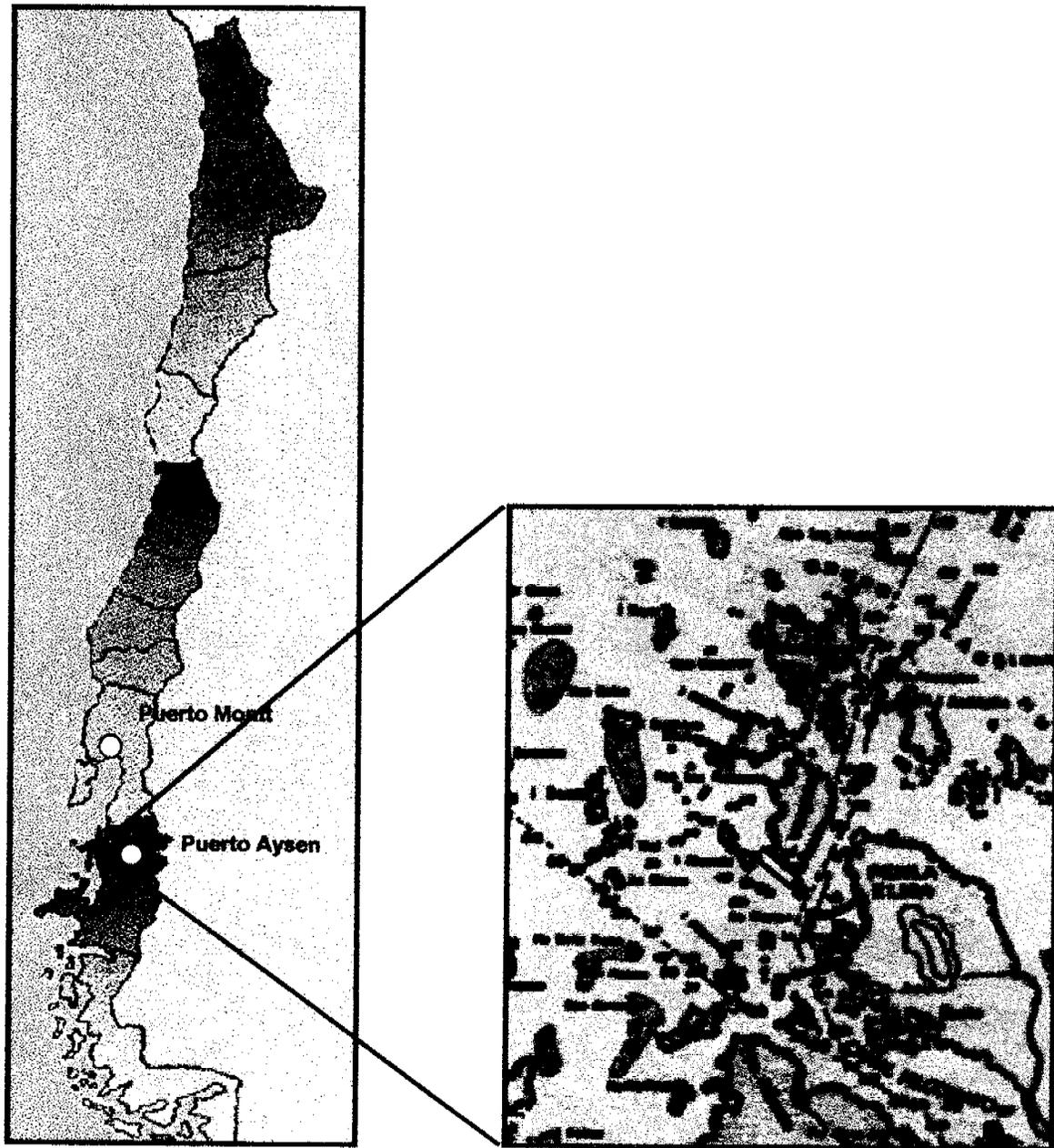


Figura 3. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Vergara, XI Región

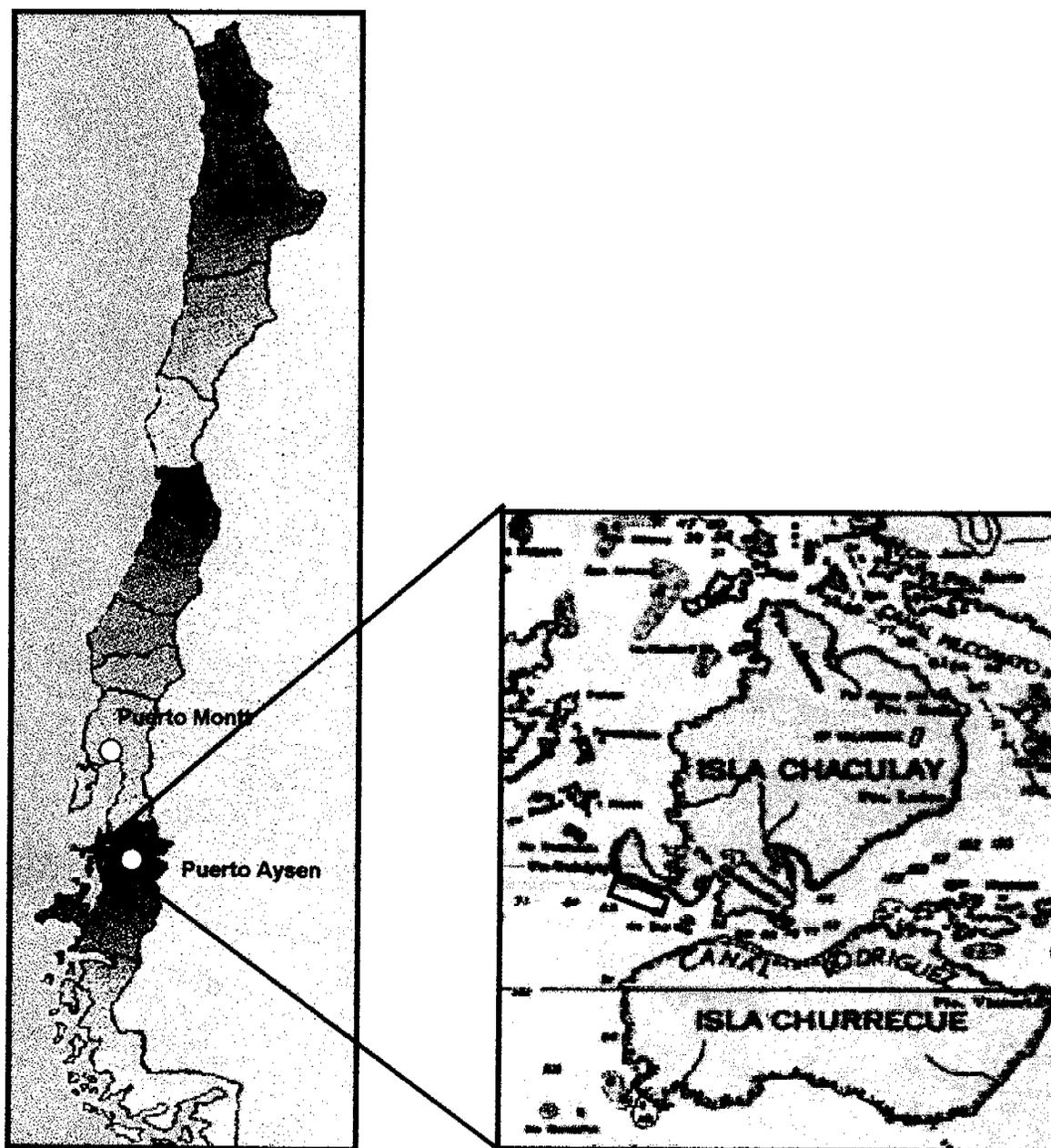


Figura 4. Ubicación geográfica de la pradera en estudio de *Sarcothalia crispata* en Isla Chaculay, XI Región

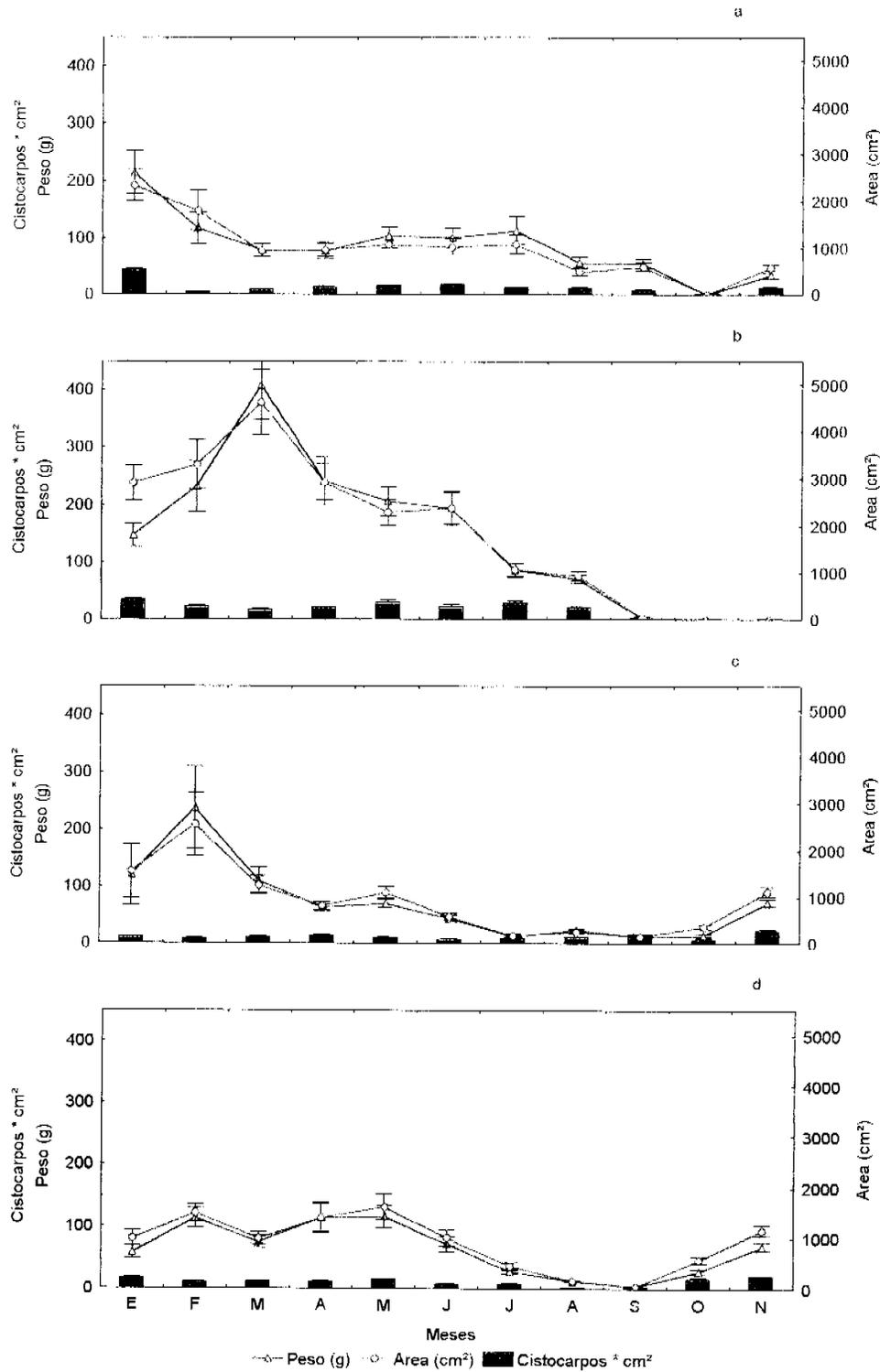


Figura 5. Promedio mensual (\pm e.e.) entre enero y noviembre del 2000, de estructuras reproductivas, peso y área de frondas cistocárpicas, en cuatro praderas de *S. crispata*: Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay(d).

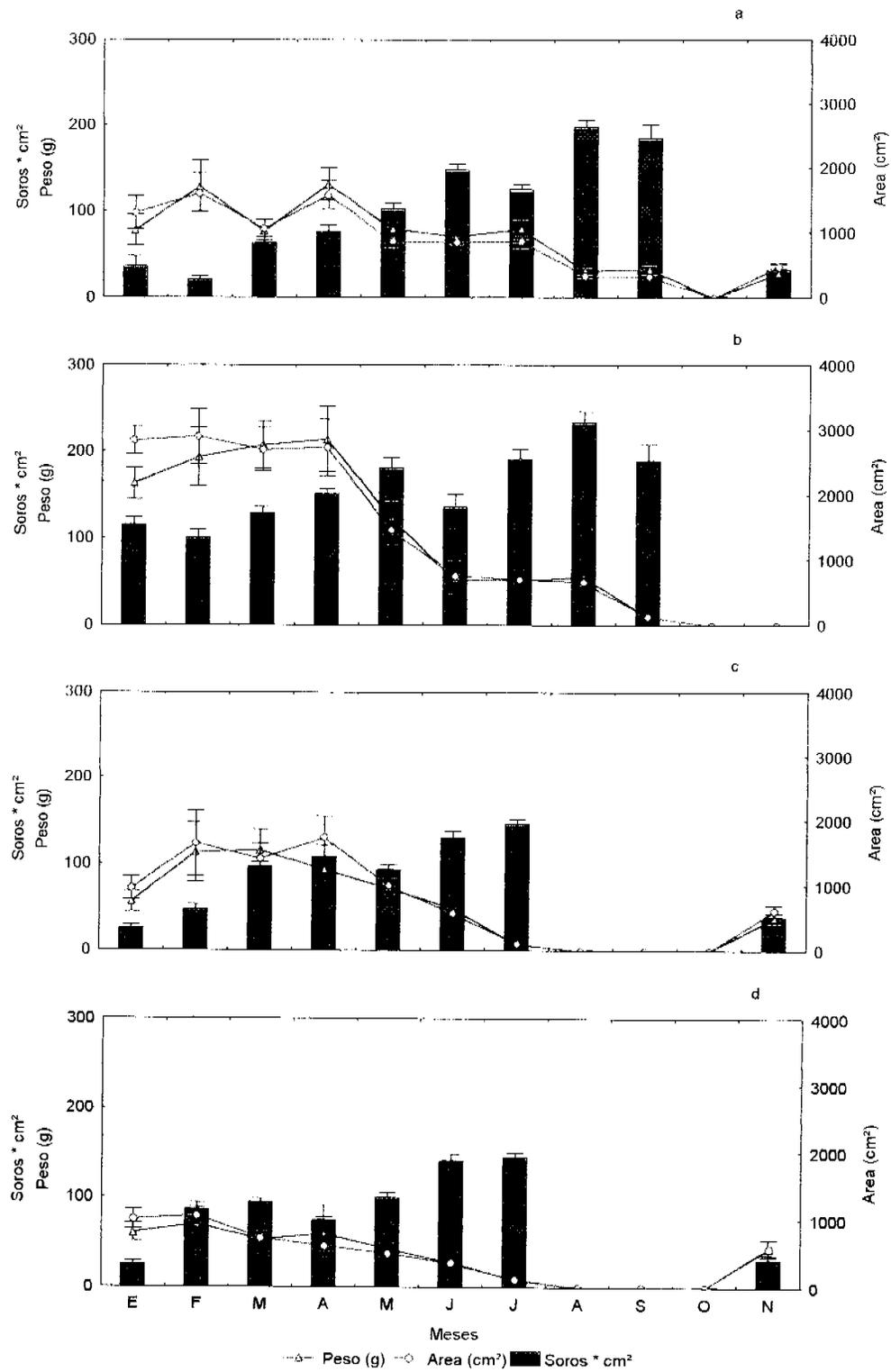


Figura 6. Promedio mensual (\pm e.e.) entre enero y noviembre del 2000, de estructuras reproductivas, peso y área de frondas tetraspóricas, en cuatro praderas de *S. crispata*: Isla lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

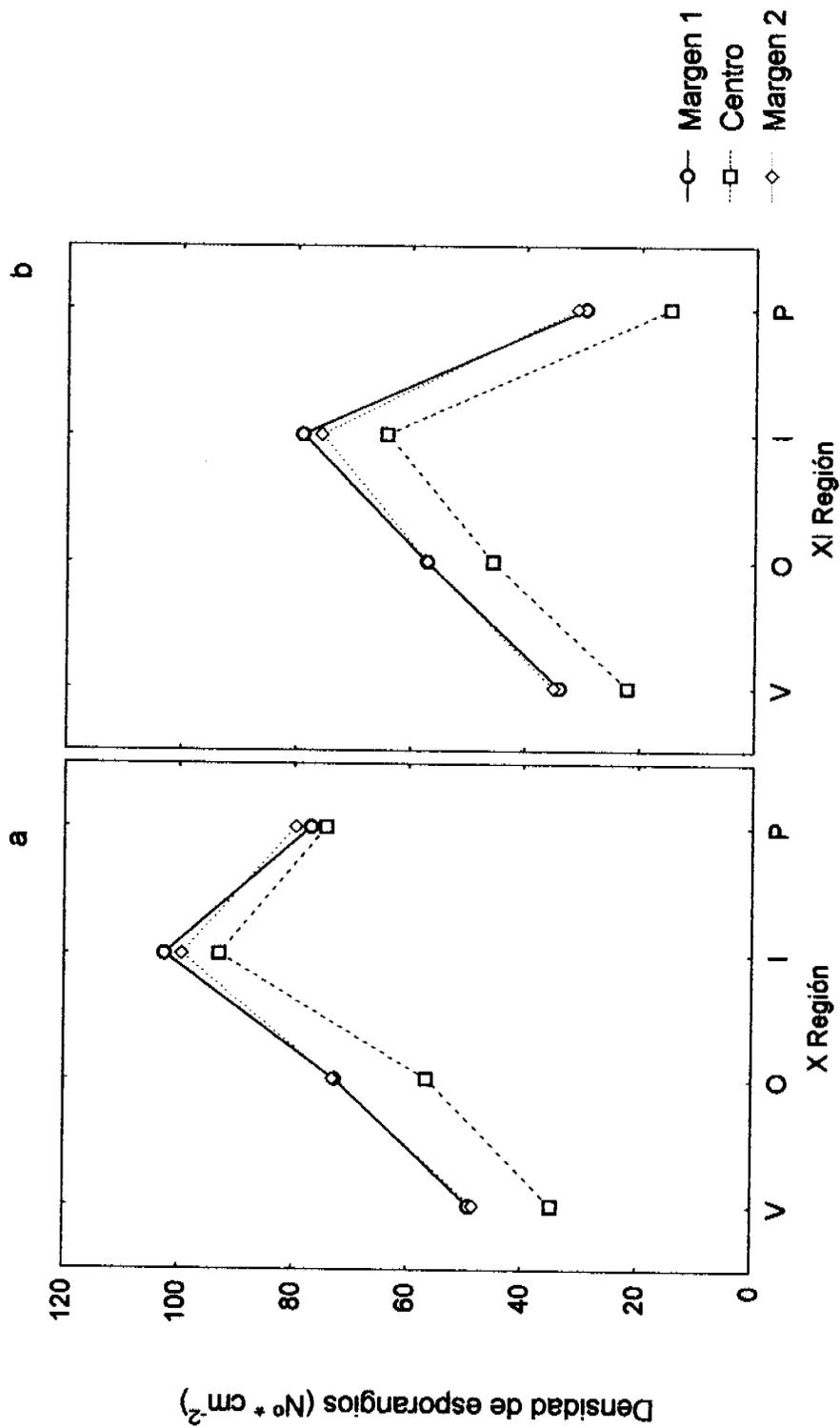


Figura 7. Variación de la densidad de estructuras reproductivas, como datos agrupados, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en sentido longitudinal y de orientación margen-centro-margen, en las praderas de la X Región (a) y de las praderas de la XI Región (b).

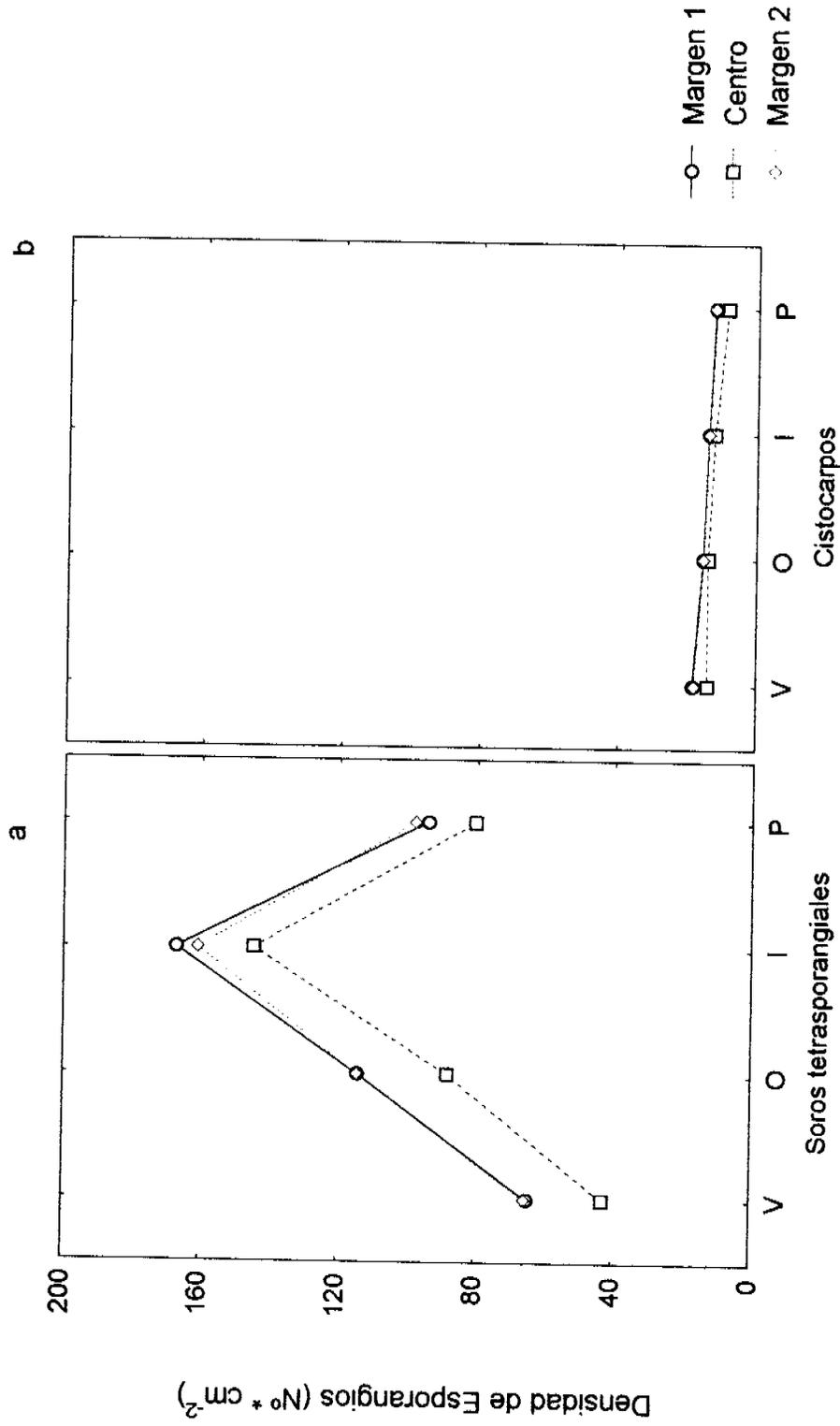


Figura 8. Variación de la densidad de soros (a) y de cistocarpos (b), como datos agrupados de todas las praderas, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en sentido longitudinal y de orientación margen-centro-margen.

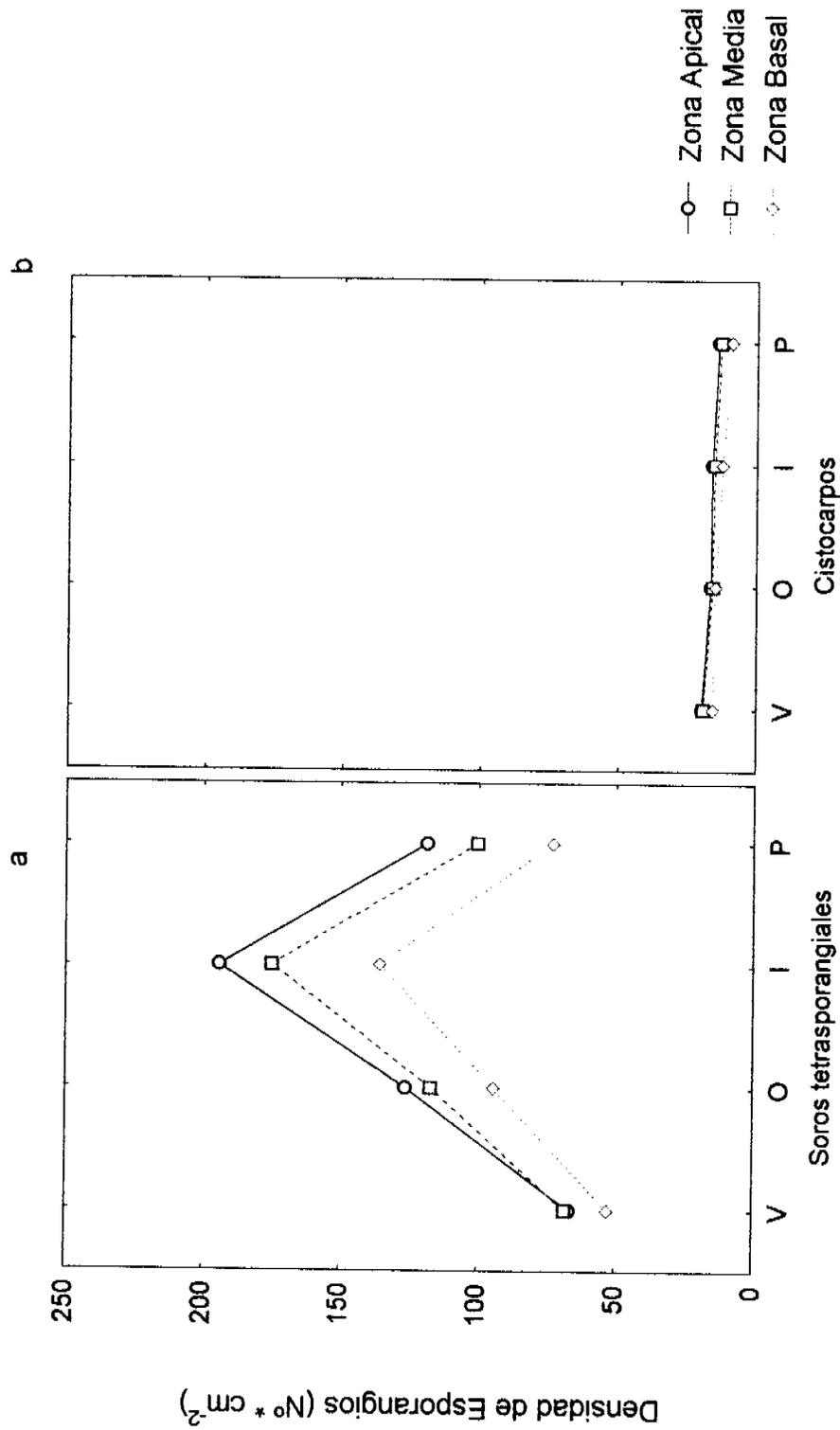


Figura 9. Variación de la densidad de soros (a) y de cistocarpos (b), como datos agrupados de todas las praderas, en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en orientación ápice a base de la fronda.

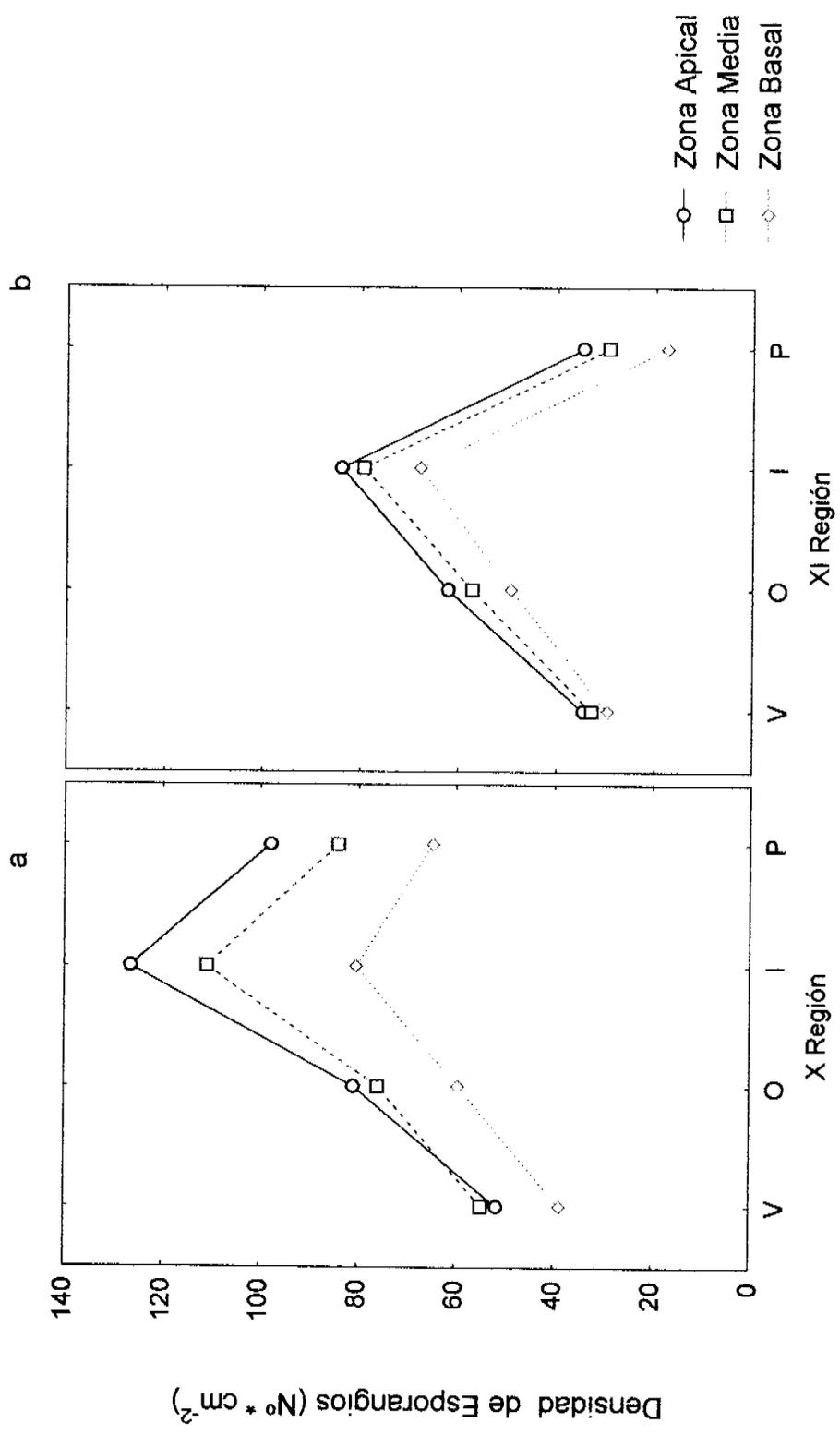


Figura 10. Variación de la densidad de estructuras reproductivas, como datos agrupados y en interacción de mayor orden, durante un ciclo anual (2000), en orientación ápice a base de la fronda, en las praderas de la X Región (a) y de las praderas de la XI Región (b).

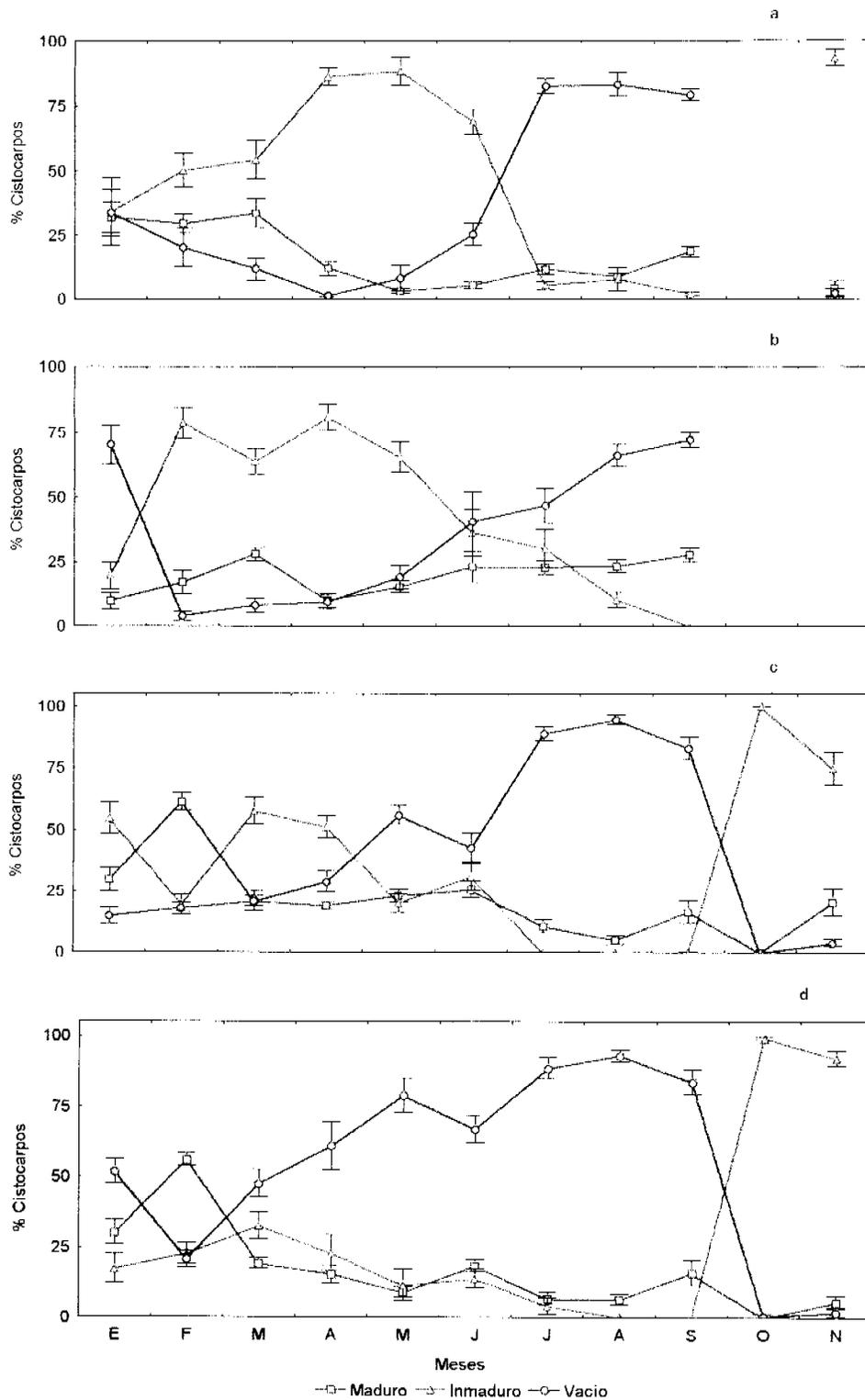


Figura 11. Fluctuaciones mensuales ($\pm e$) entre enero y noviembre del 2000, de los porcentajes de abundancia de cisticarpos en frondas de *S. crispata*, en las praderas de Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

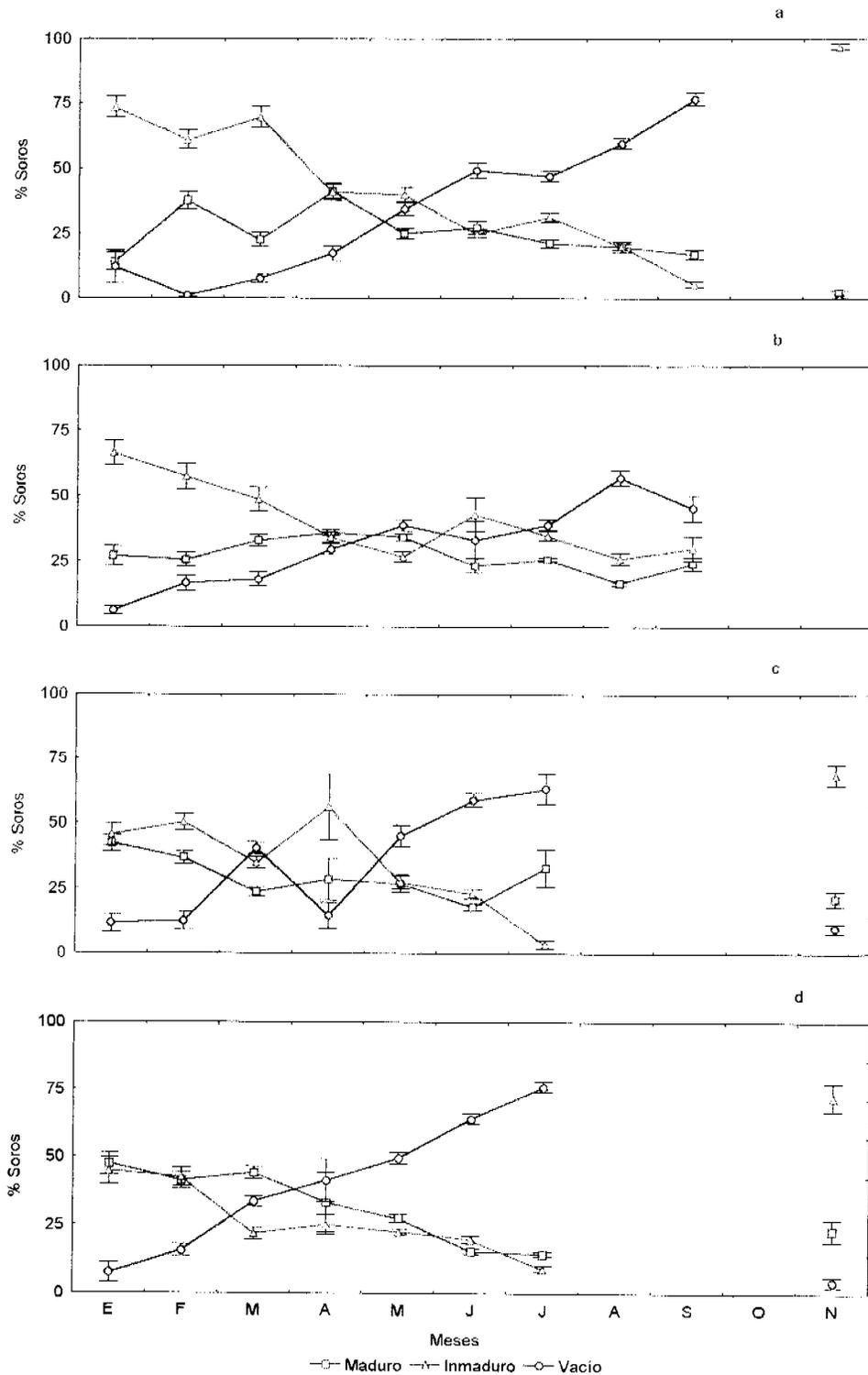


Figura 12. Fluctuaciones mensuales (\pm e.e.) entre enero y noviembre del 2000, de los porcentajes de abundancia de soros tetrasporangiales en frondas de *S. crispata*, en las praderas de Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

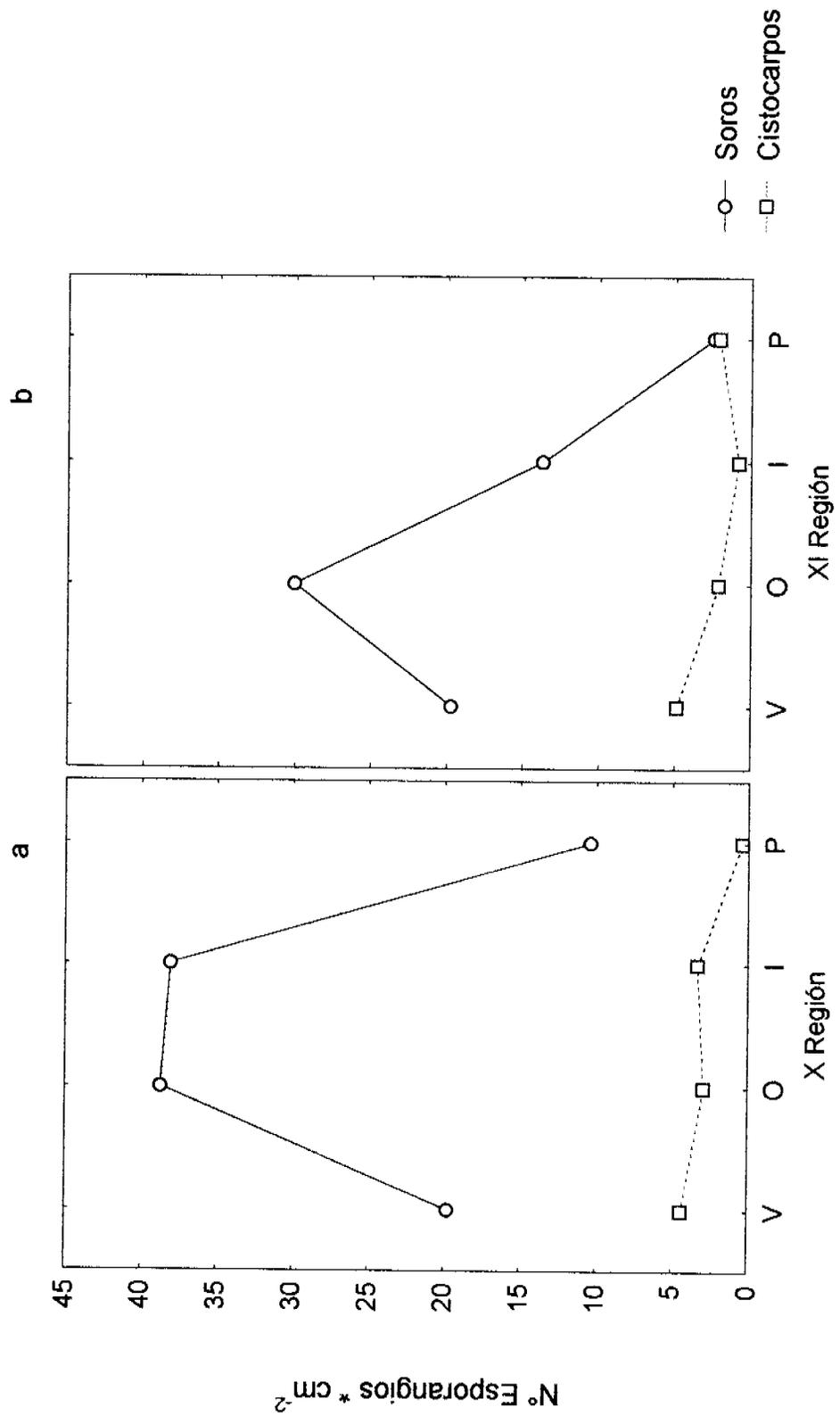


Figura 13. Fluctuaciones estacionales durante el año 2000 del número de soros y de cistocarpos de *S. crispata* con datos agrupados de praderas de la X Región (a) y de la XI Región (b).

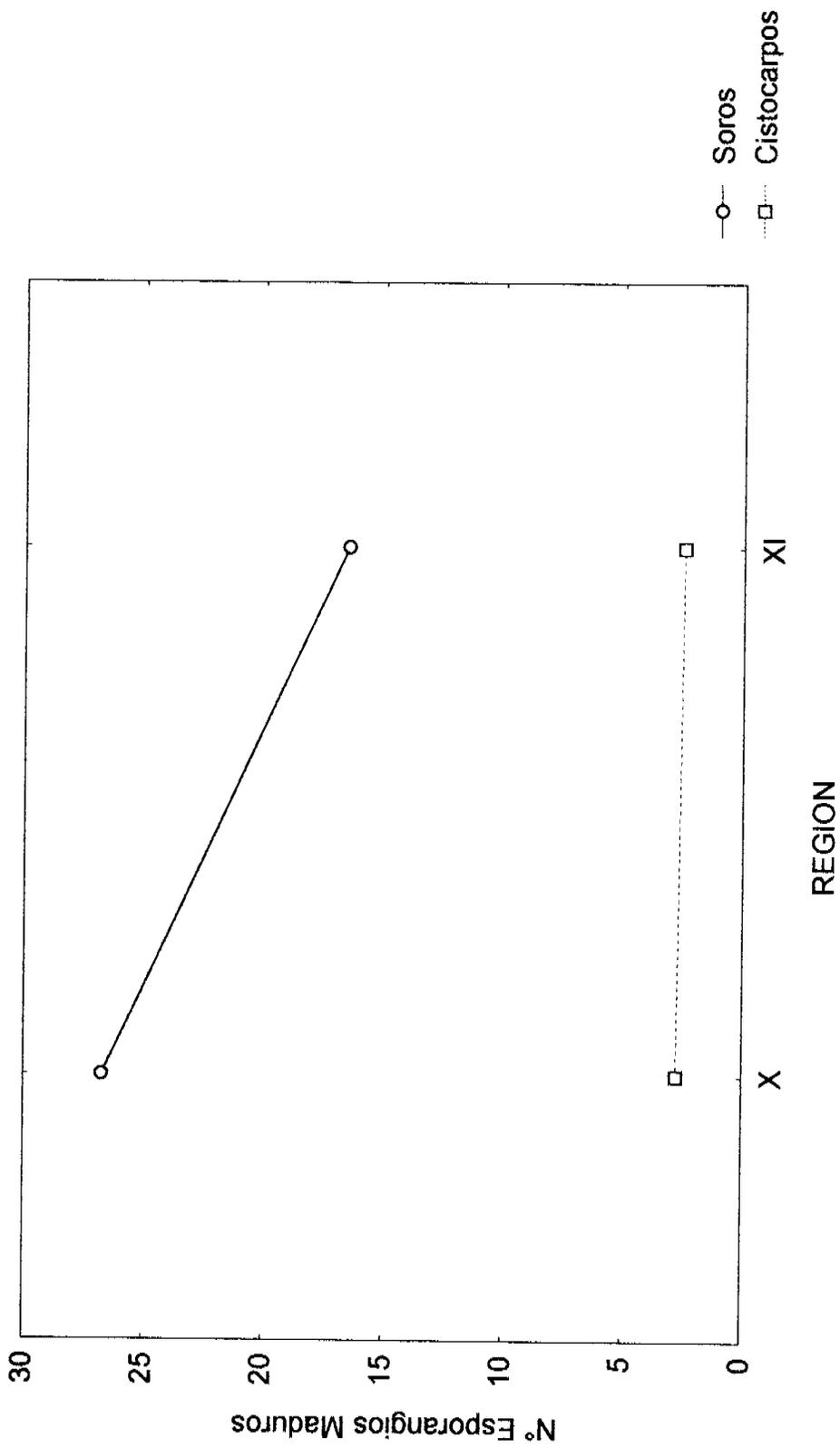


Figura 14. Tendencia en el número de soros y cistocarpos en la X y XI Región. Interacción entre fase reproductiva y Región.

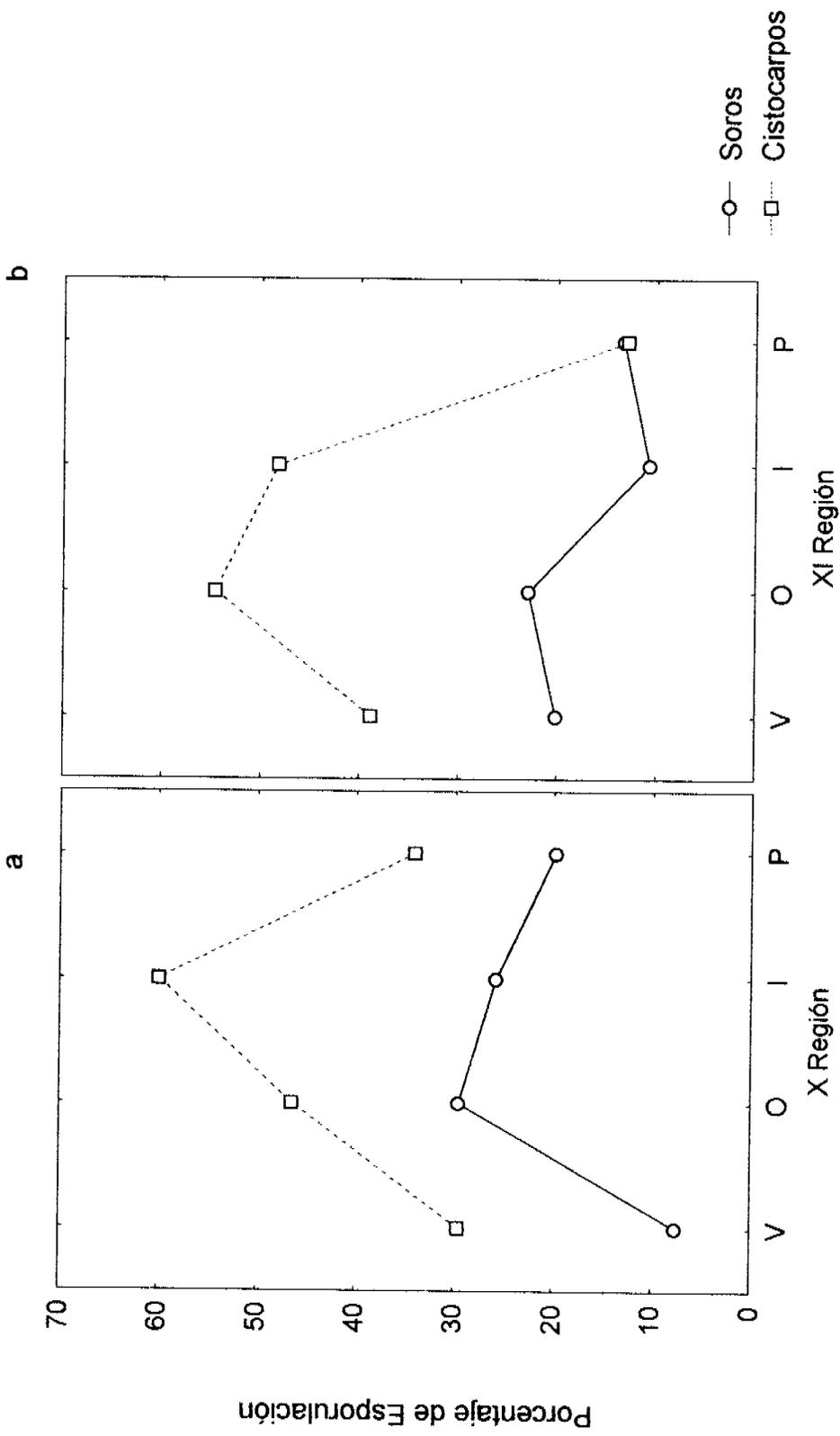


Figura 15. Porcentaje promedio de cistocarpos y de soros tetrasporangiales esporulados por estación en praderas de la X Región (a) y de la XI Región (b).

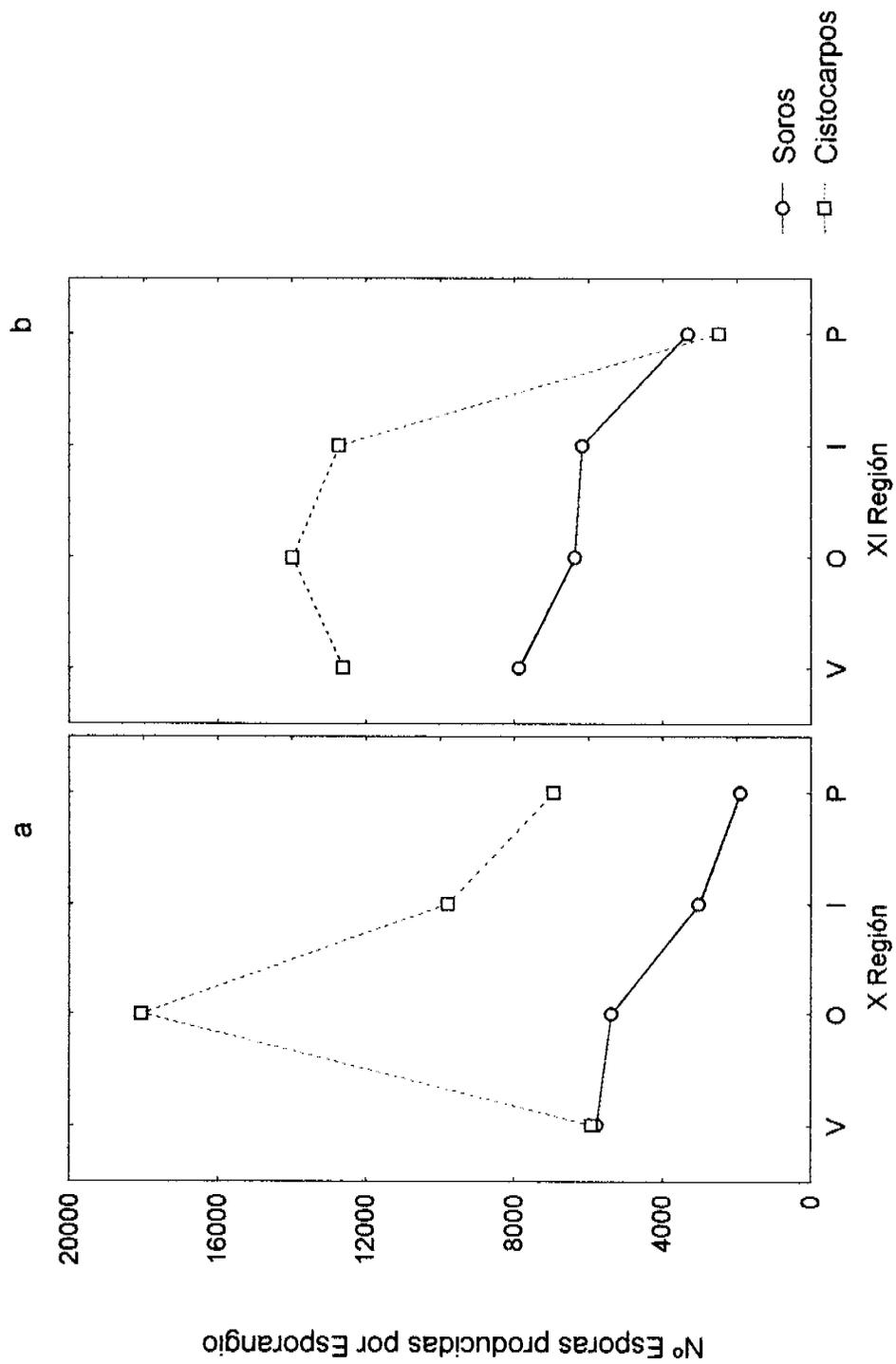


Figura 16. Número promedio de esporas producidas por cistocarpos y soros tetrasporangiales esporulados por estación en praderas de la X Región (a) y en praderas de la XI Región (b).

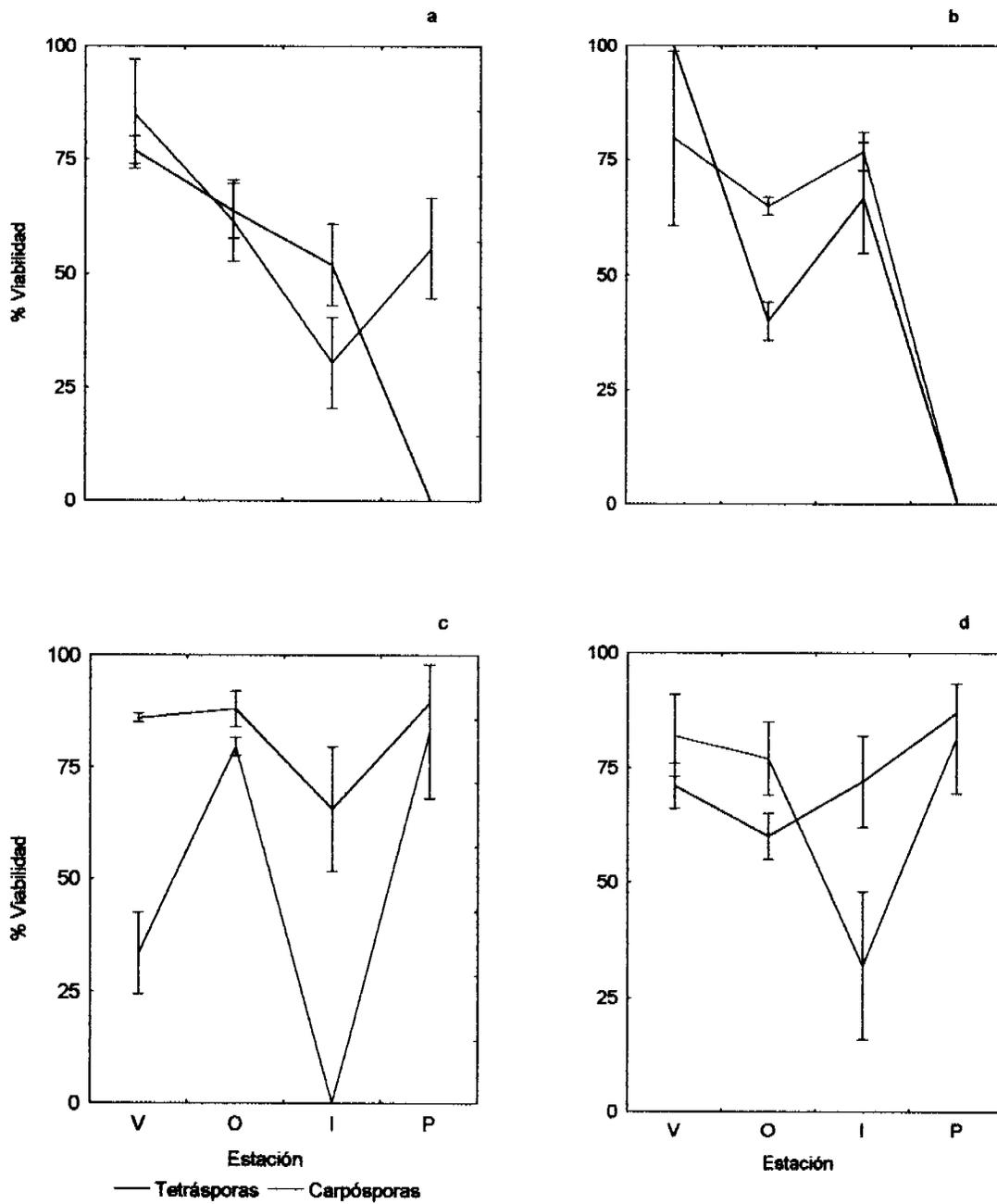


Figura 17. Porcentajes promedio (\pm d.e.) de la viabilidad de tetrásporas y carpósporas, en las diferentes estaciones del año 2000, en Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c), e Isla Chaculay (d).

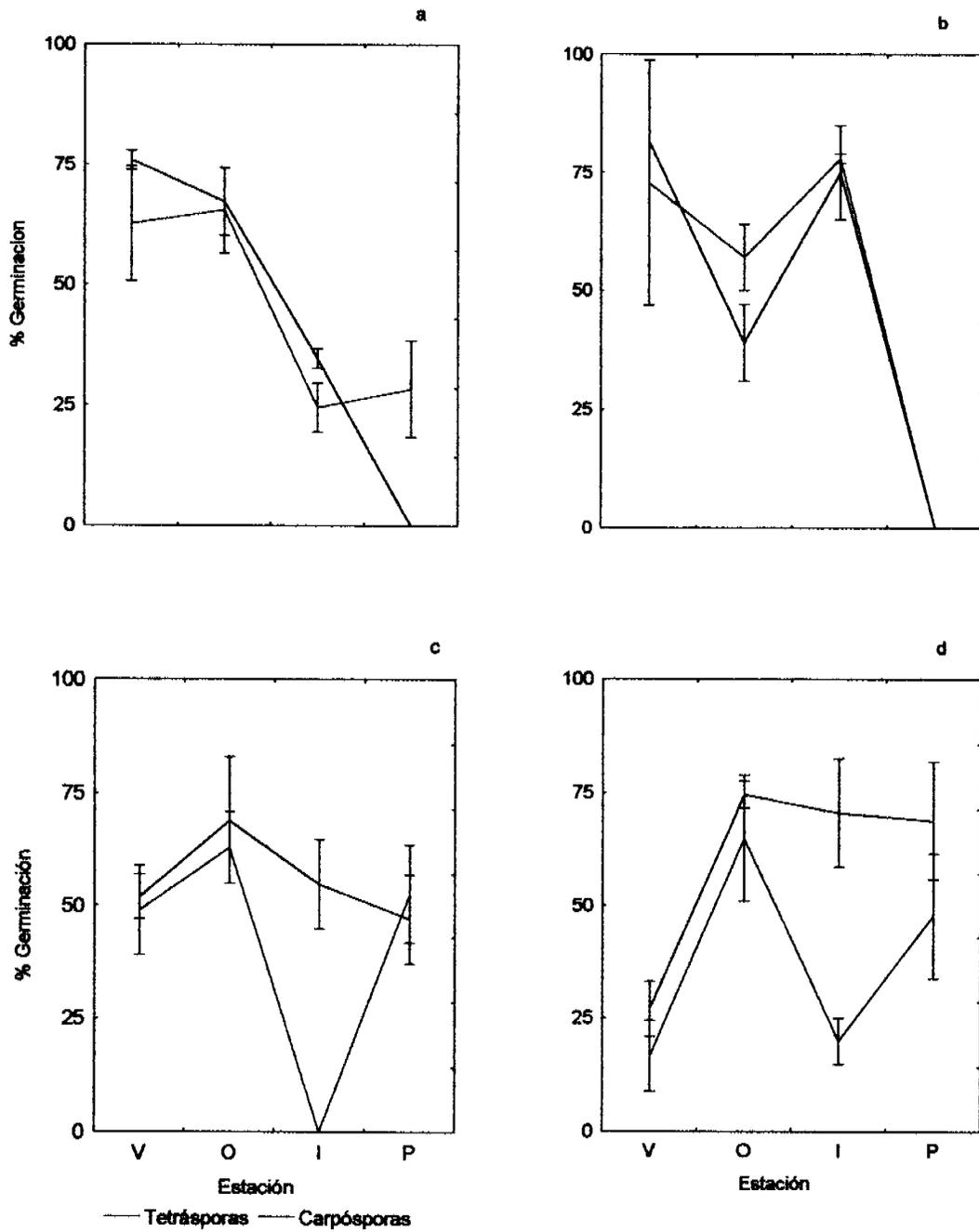


Figura 18. Porcentajes promedios (\pm e.e.) de la germinación de tetrásporas y carpósporas, en las diferentes estaciones del año 2000, en Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c) e Isla Chaculay (d).

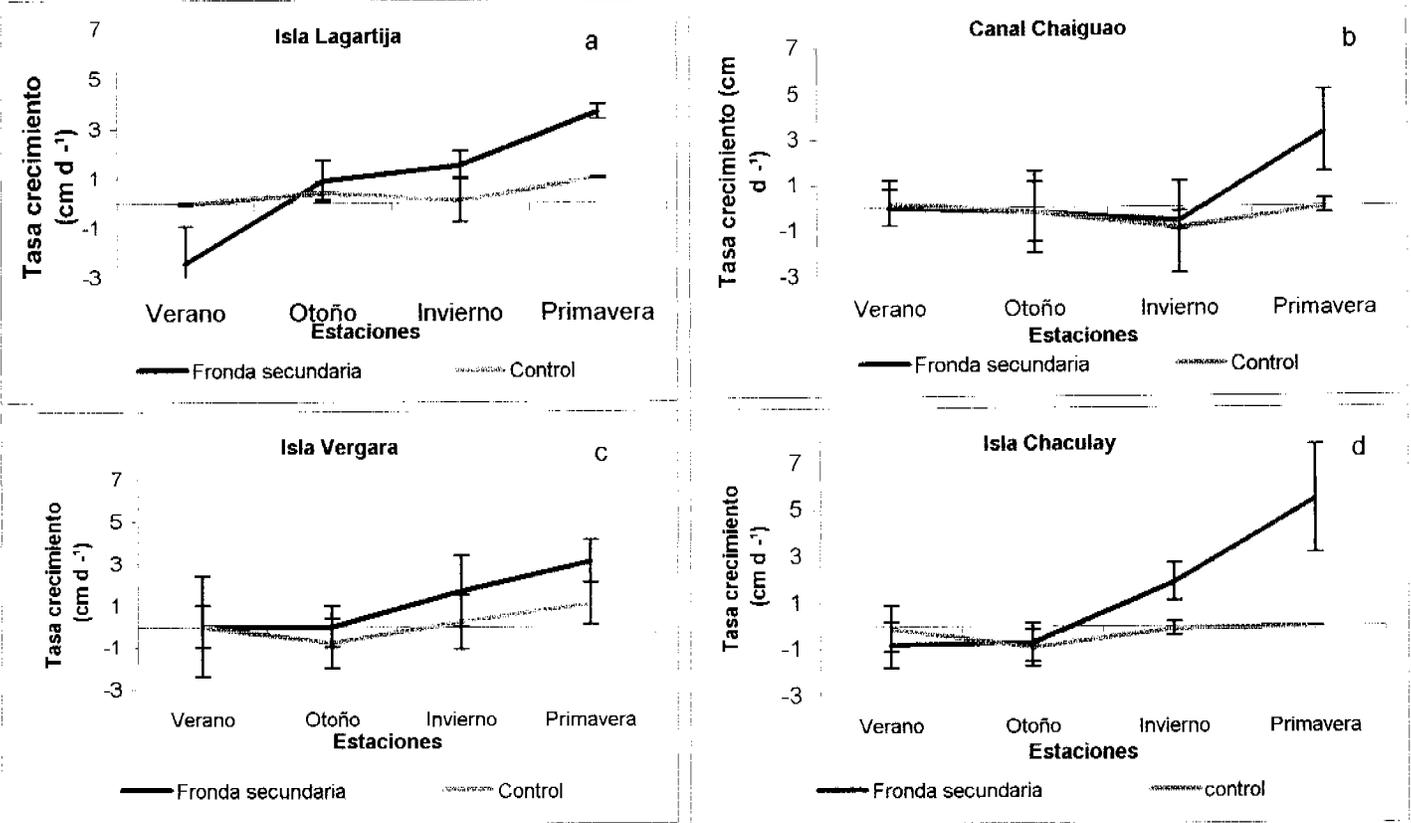


Figura 19. Variación estacional en la tasa de crecimiento ($\text{cm d}^{-1} \pm \text{ee}$) de frondas secundarias en Isla Lagartija (a), Canal Chaiguao (b), Isla Vergara (c), e Isla Chaculay (d).

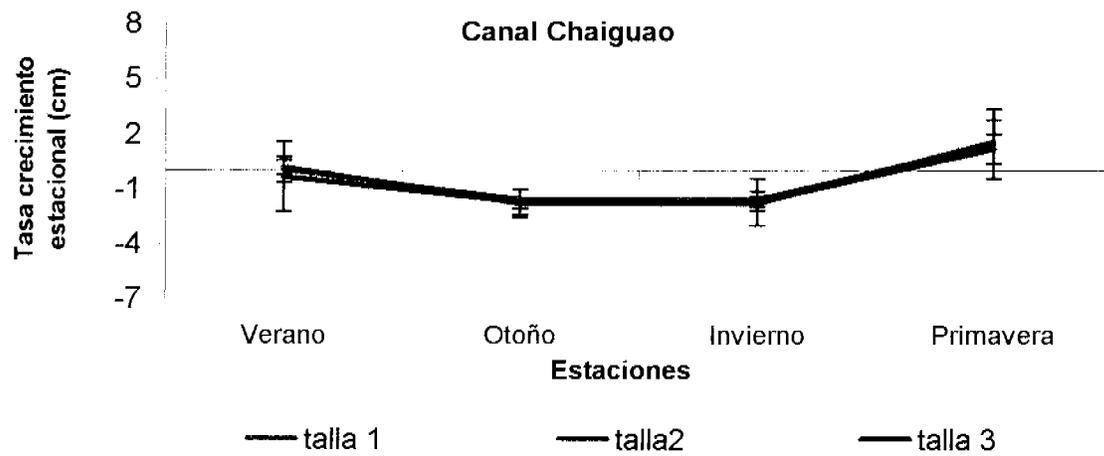
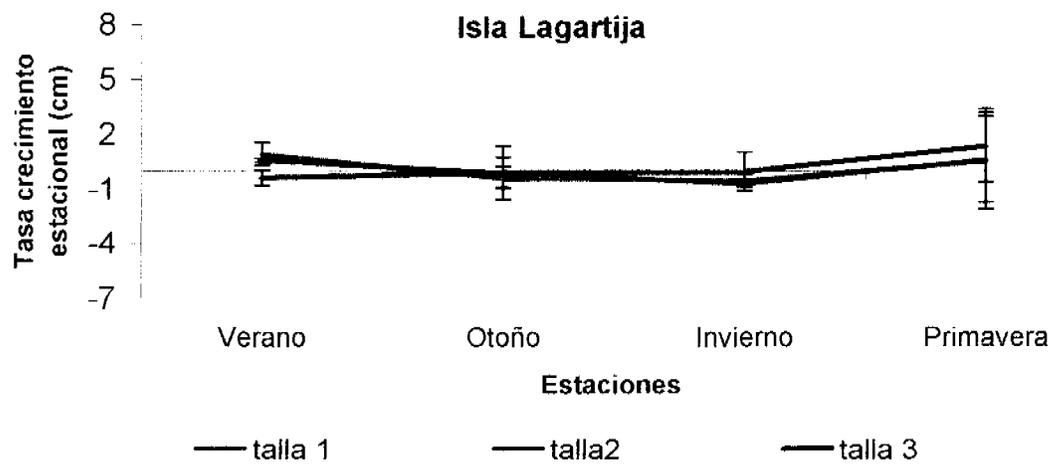


Figura 20. Variación estacional de la tasa de crecimiento promedio (cm d-1±ee), en las praderas de Isla Lagartija y Canal Chaiguao, X Región.

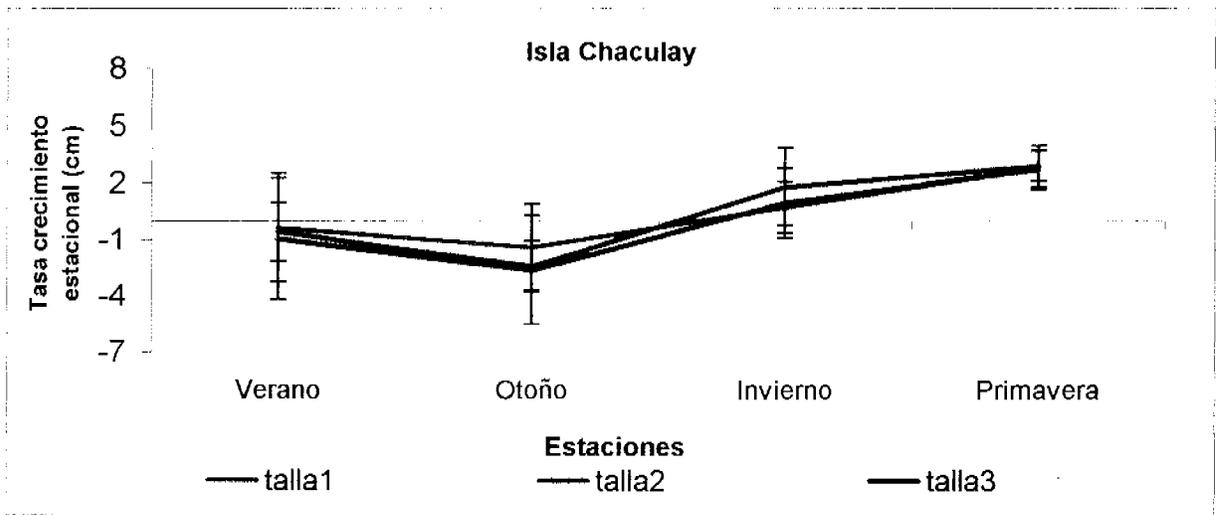
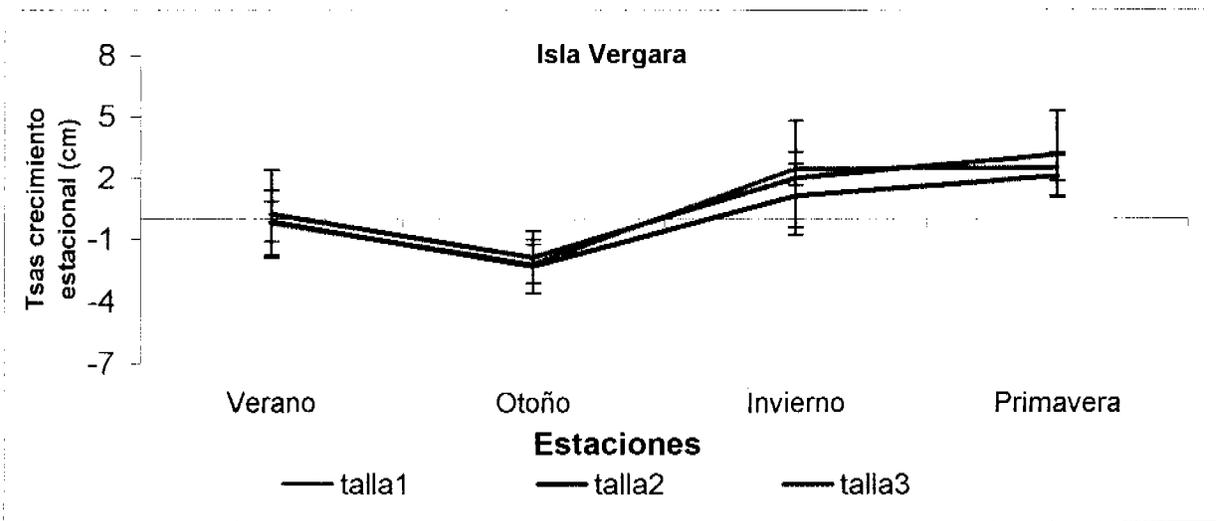


Figura 21. Variación estacional de la tasa de crecimiento promedio (cm d-1±ee), en las praderas de Isla Vergara e Isla Chaculay, XI Región.

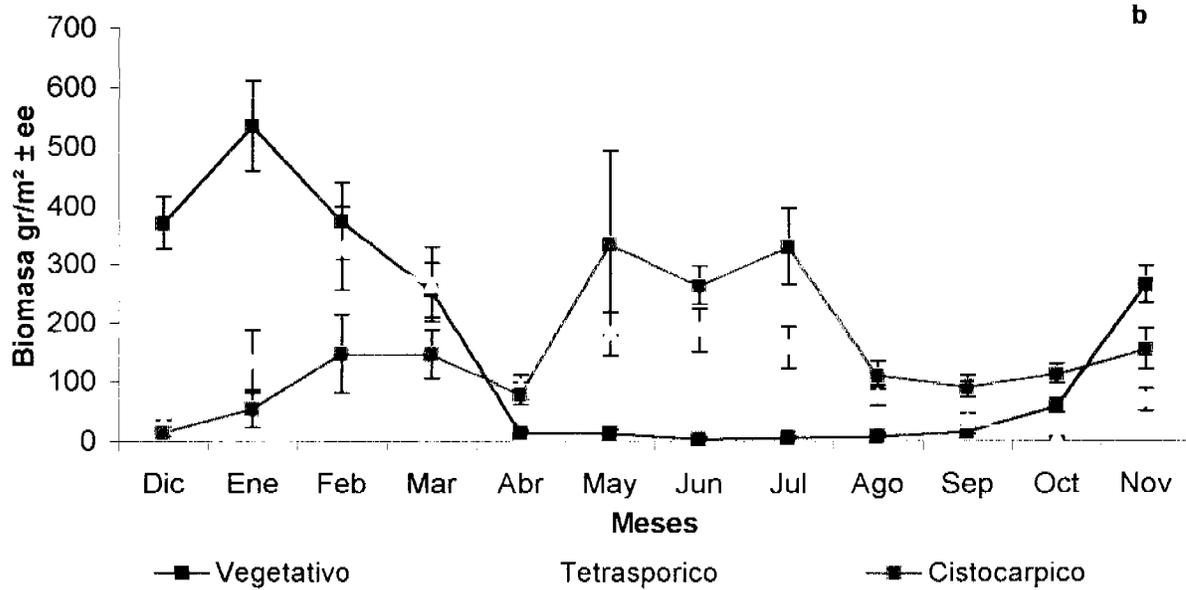
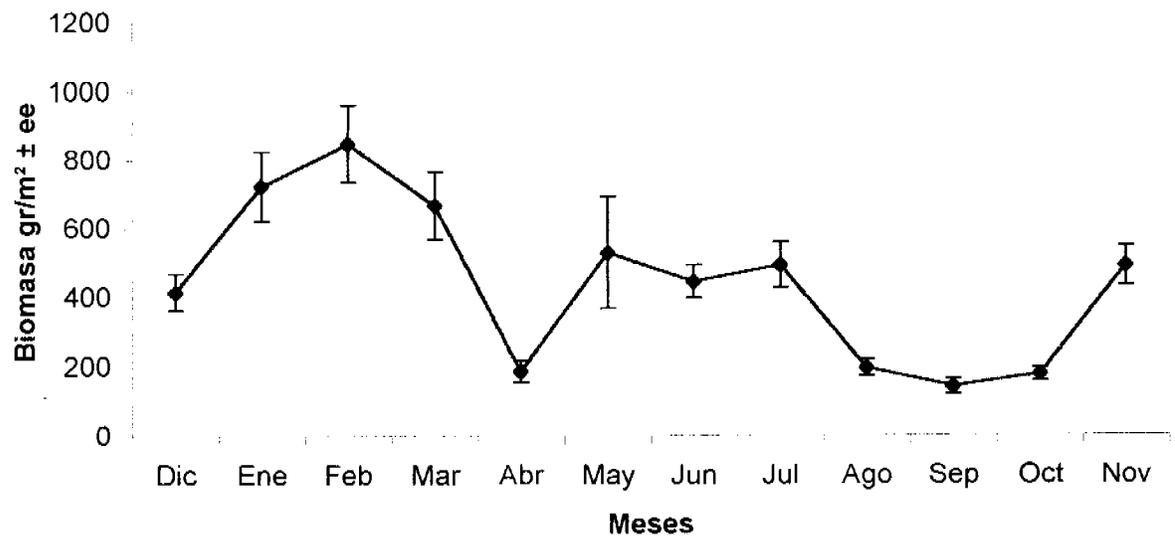


Figura 22. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Lagartija. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

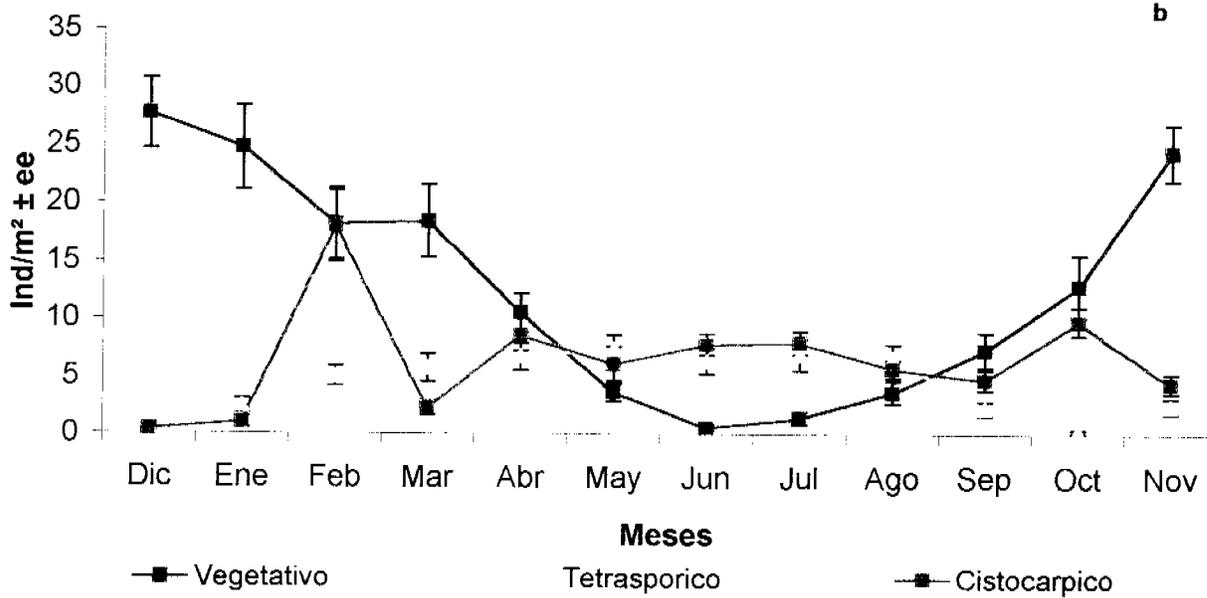
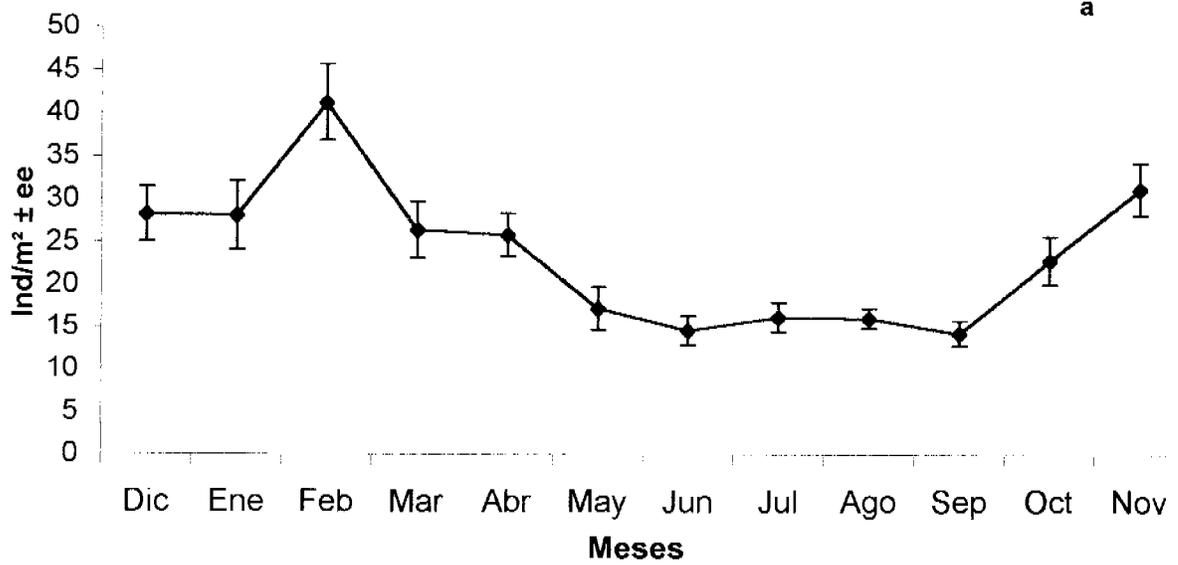


Figura 23. Variación de la densidad mensual ($\text{ind}/\text{m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Lagartija. a) Densidad total de la pradera, c) Densidad por estado reproductivo.

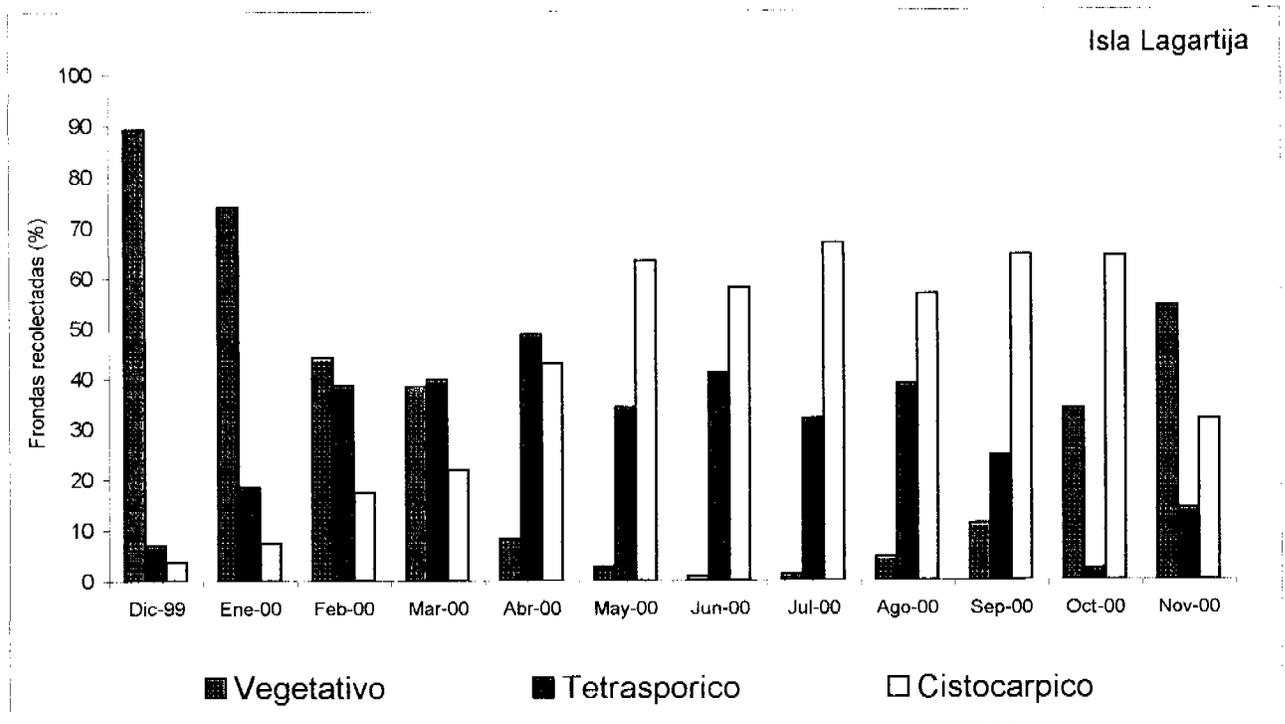


Figura 24. Variación mensual de la biomasa recolectada (%) en la pradera ubicada en la Isla lagartija, X Región.

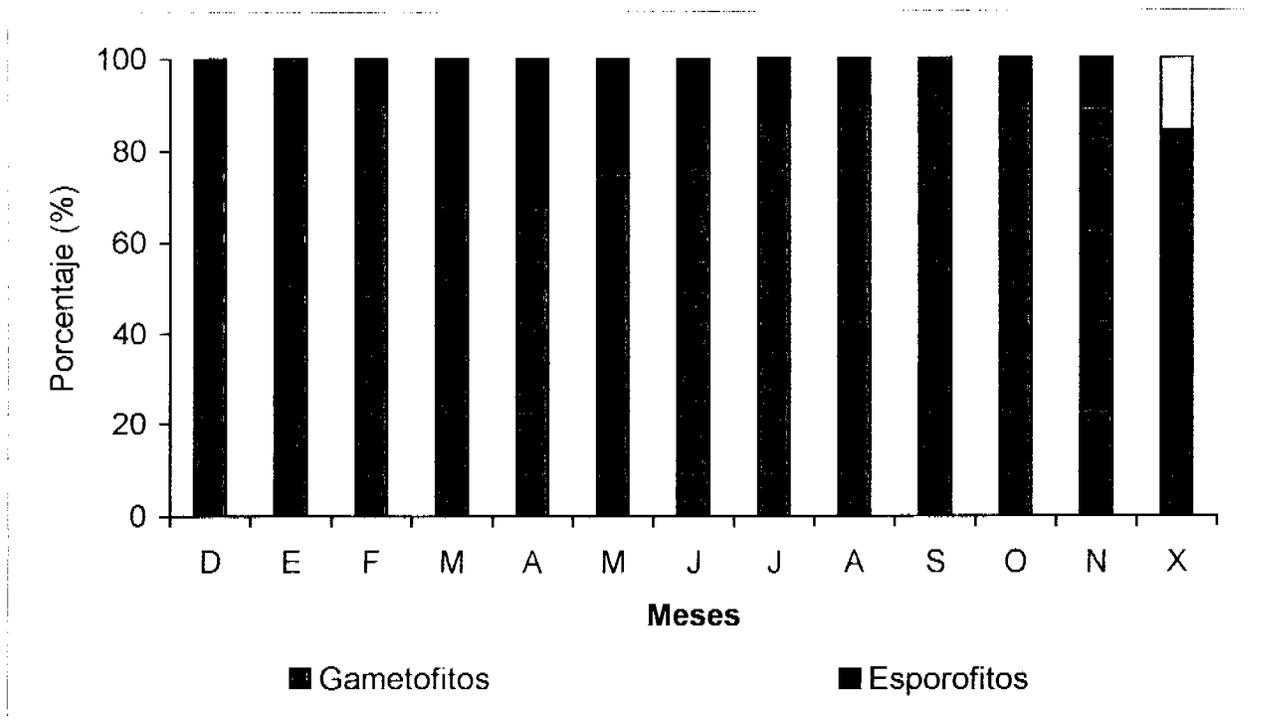


Figura 25. Variaciones mensuales (%) de las fase gametotica y esporofitica , correspondiente a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Isla Lagartija después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

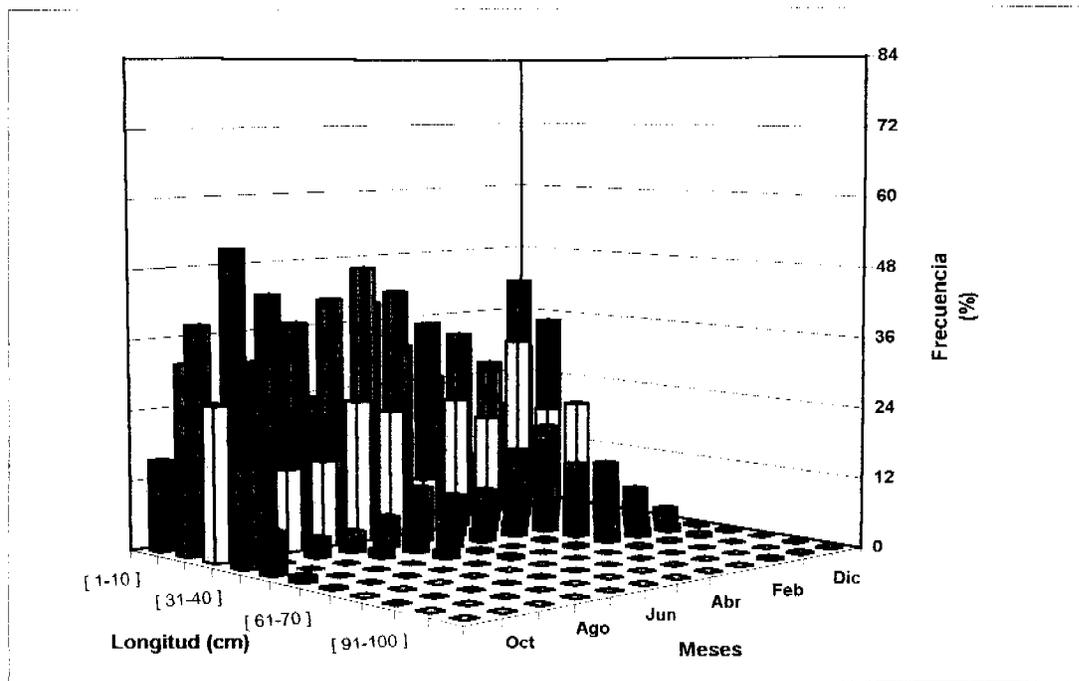


Figura 26. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata*, separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera ubicada en Isla Lagartija, X Región.

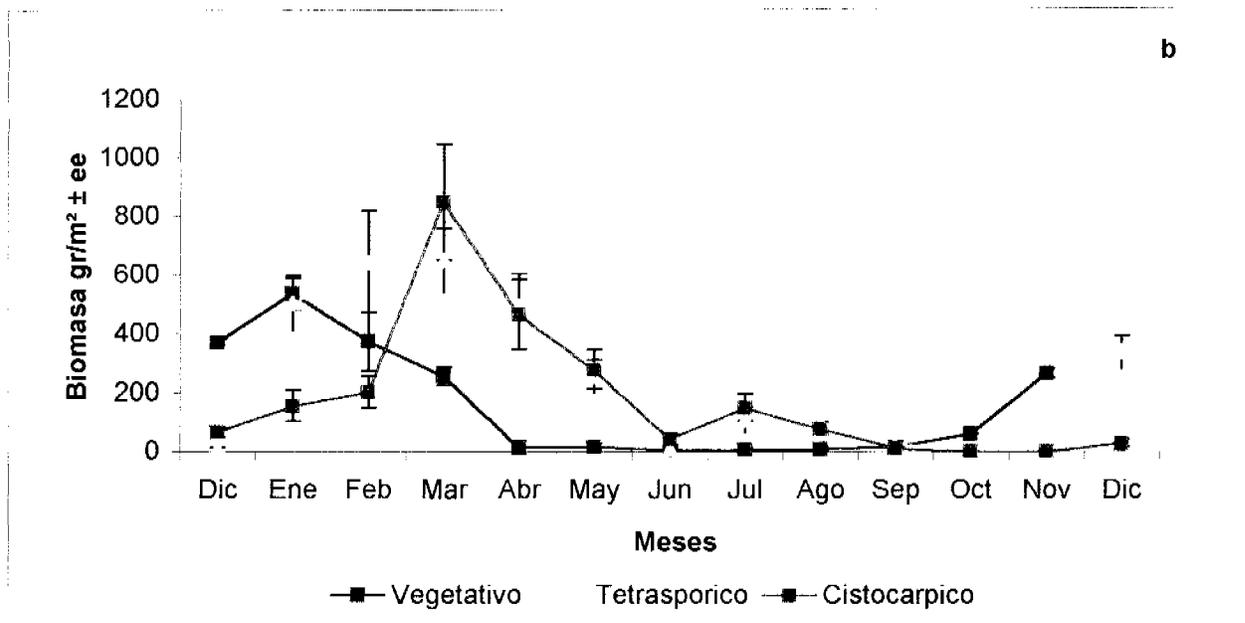
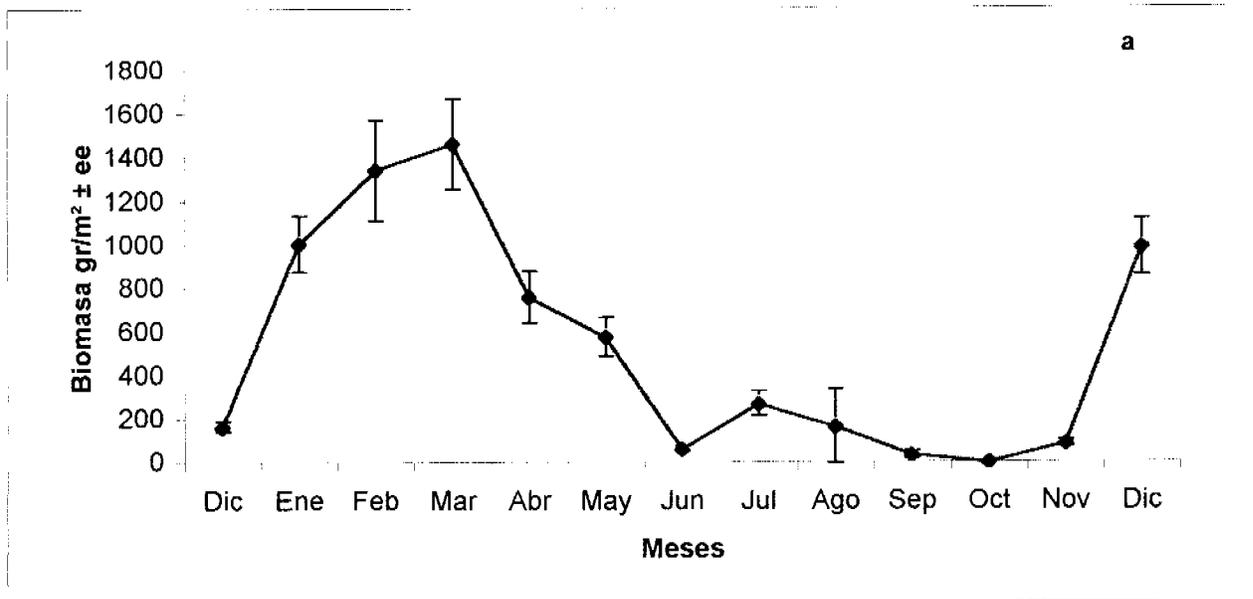


Figura 27. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Canal Chaiguao. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

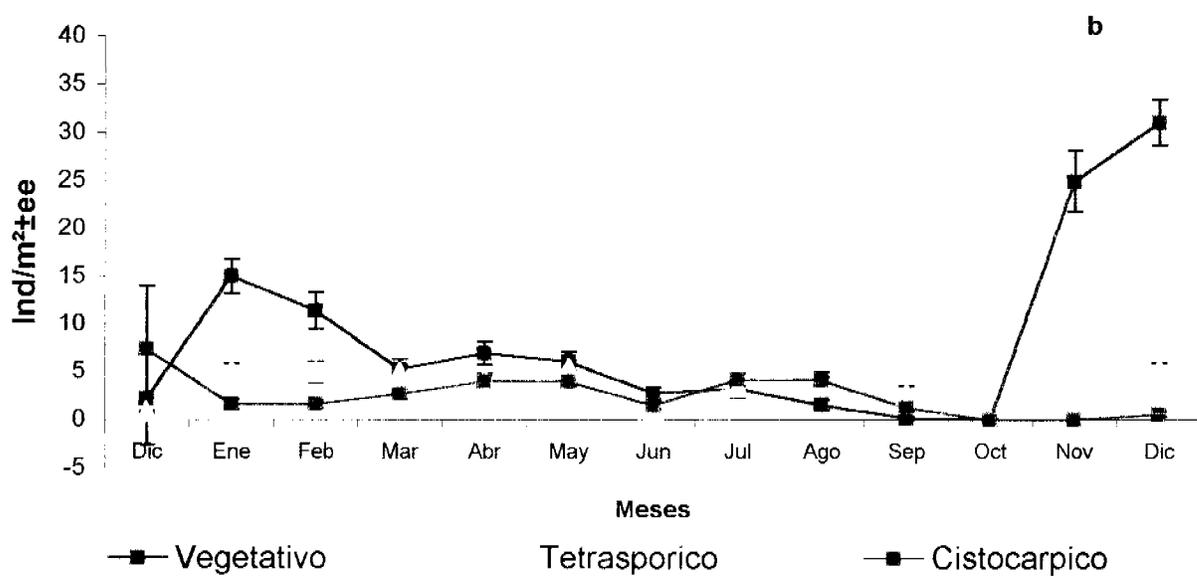
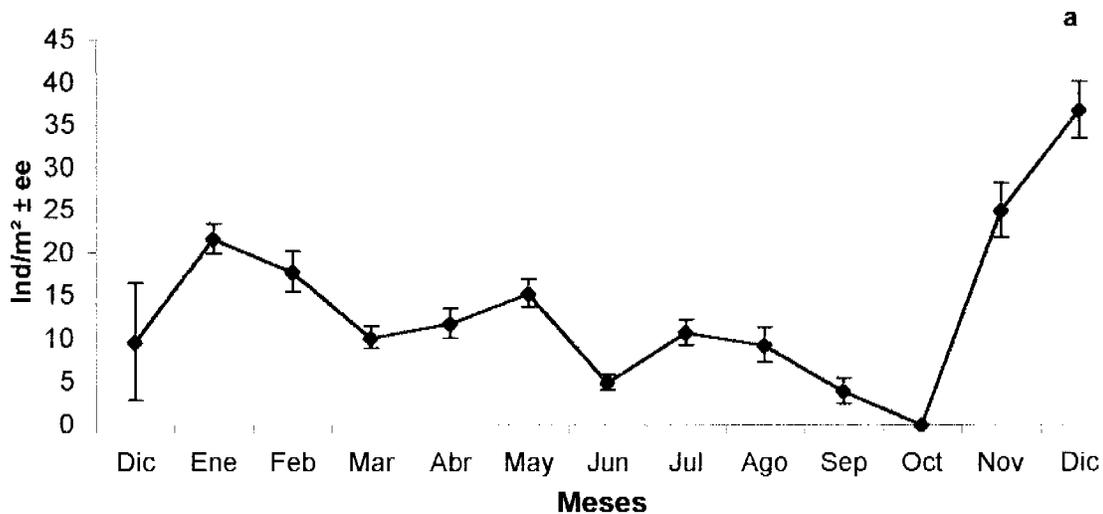


Figura 28. Variación de la densidad mensual (ind/m² ± ee) entre diciembre de 1999 y diciembre del 2000, en la pradera de Canal Chaiguao. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo.

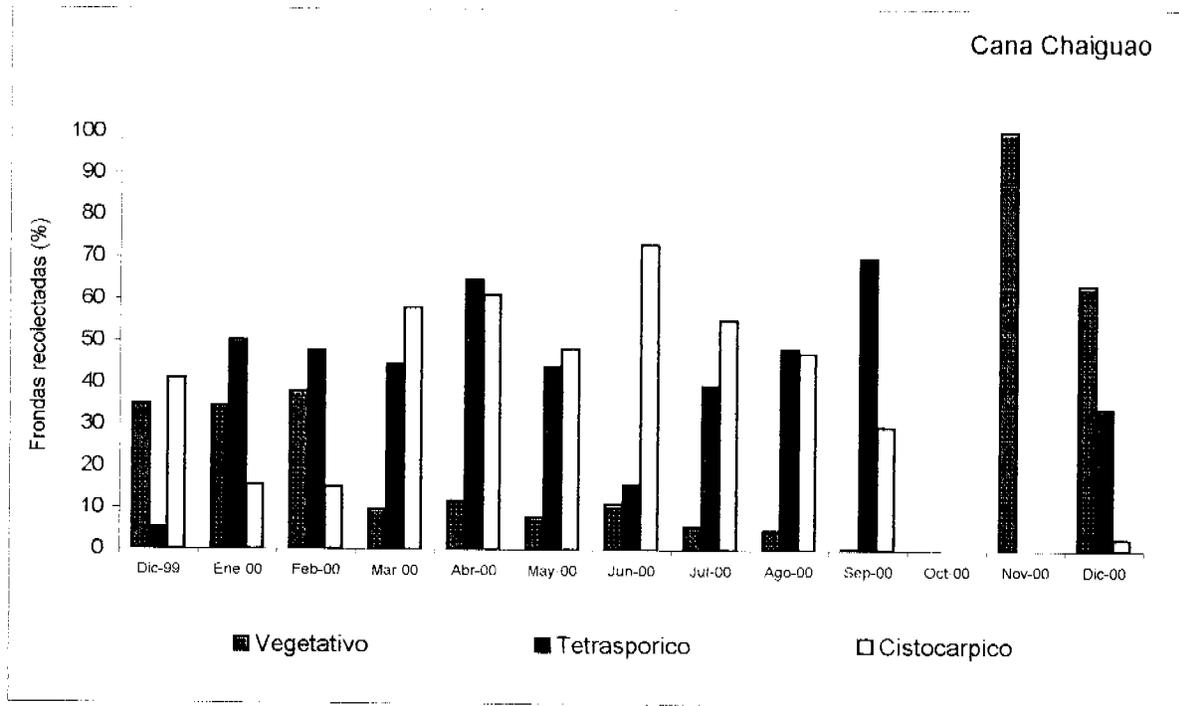


Figura 29. Variación mensual de la biomasa recolectada (%) en la pradera ubicada en Canal Chaiguao, X Región.

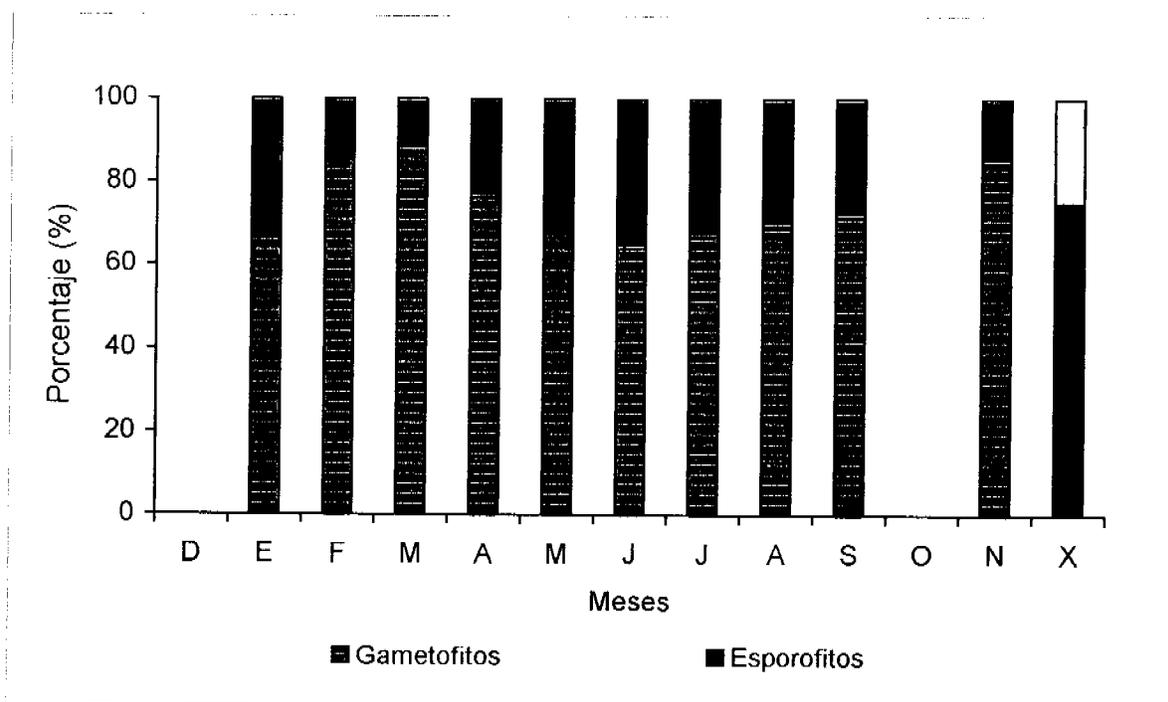


Figura 30. Variaciones mensuales (%) de las fase gametotica y esporifitica , correspondiente a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Canal Chaiguao, después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

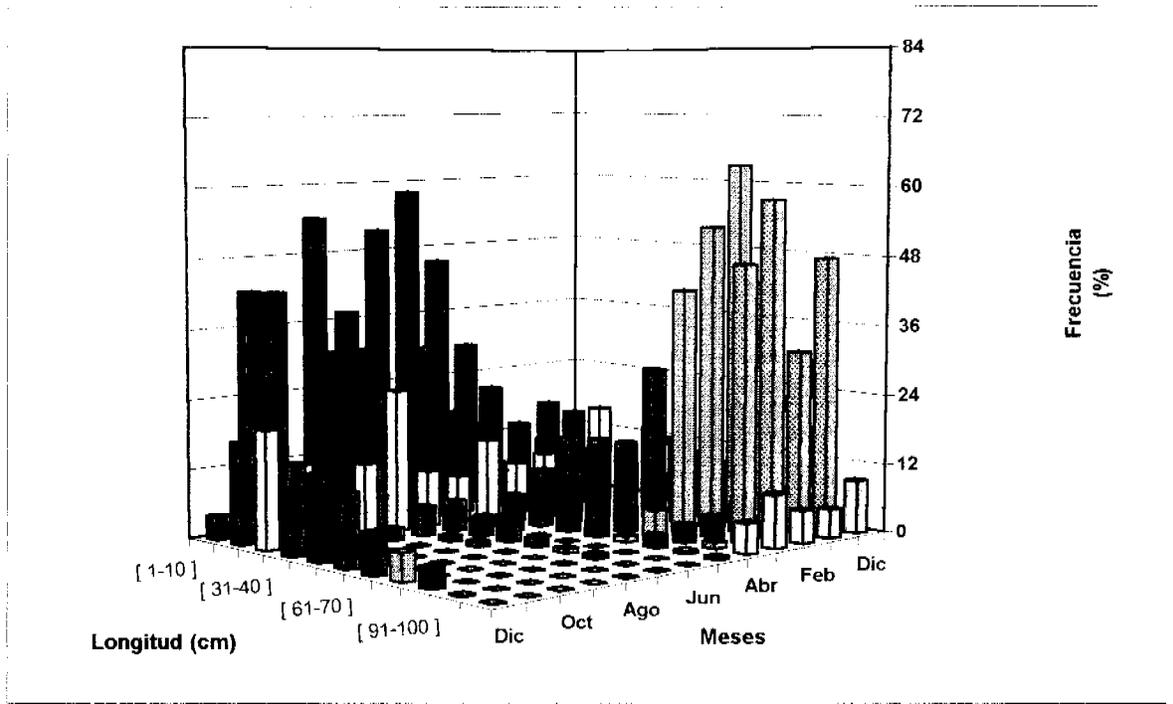


Figura 31. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata*, separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera ubicada en Canal Chaiguao, X Región.

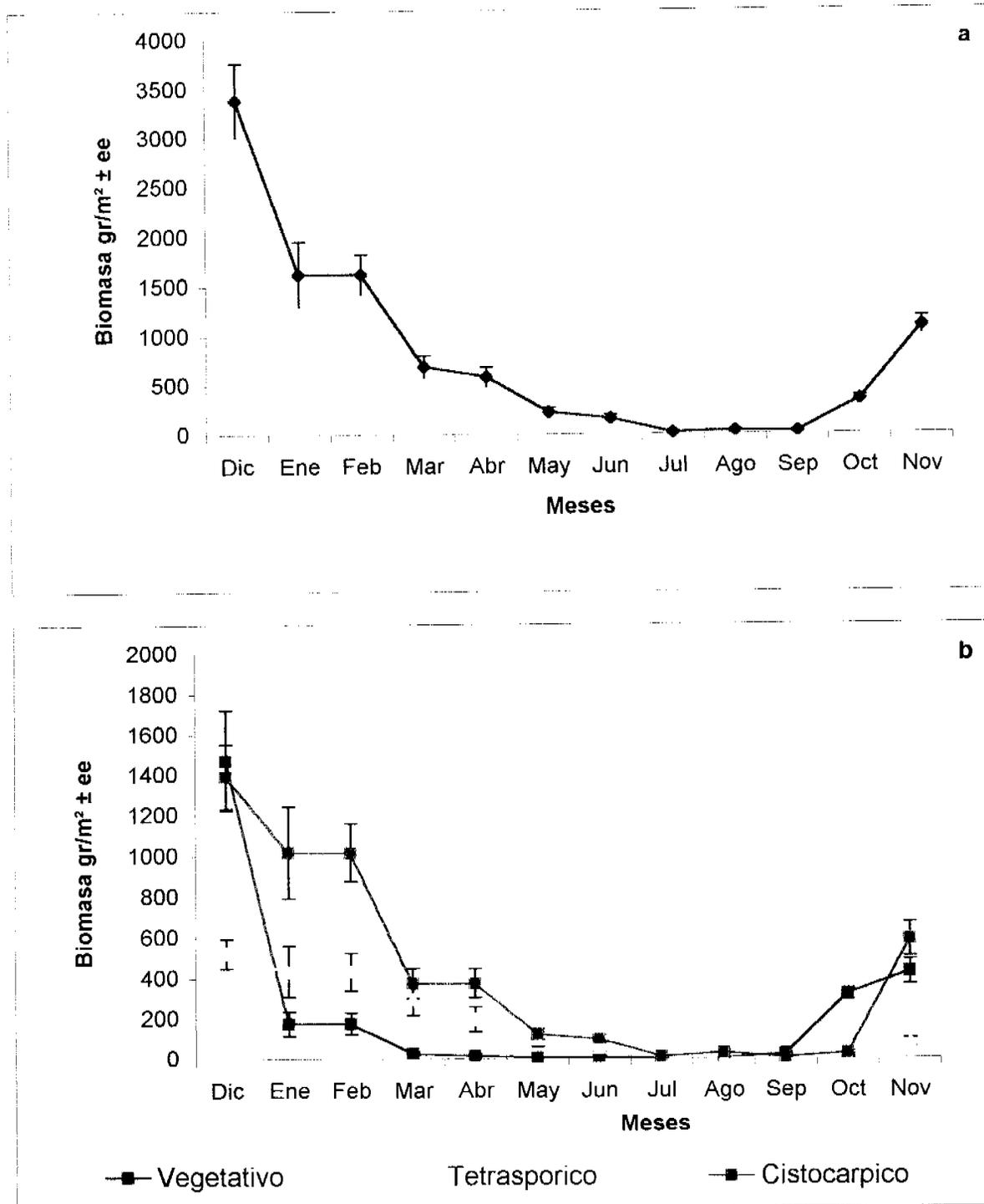


Figura 32. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Vergara. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

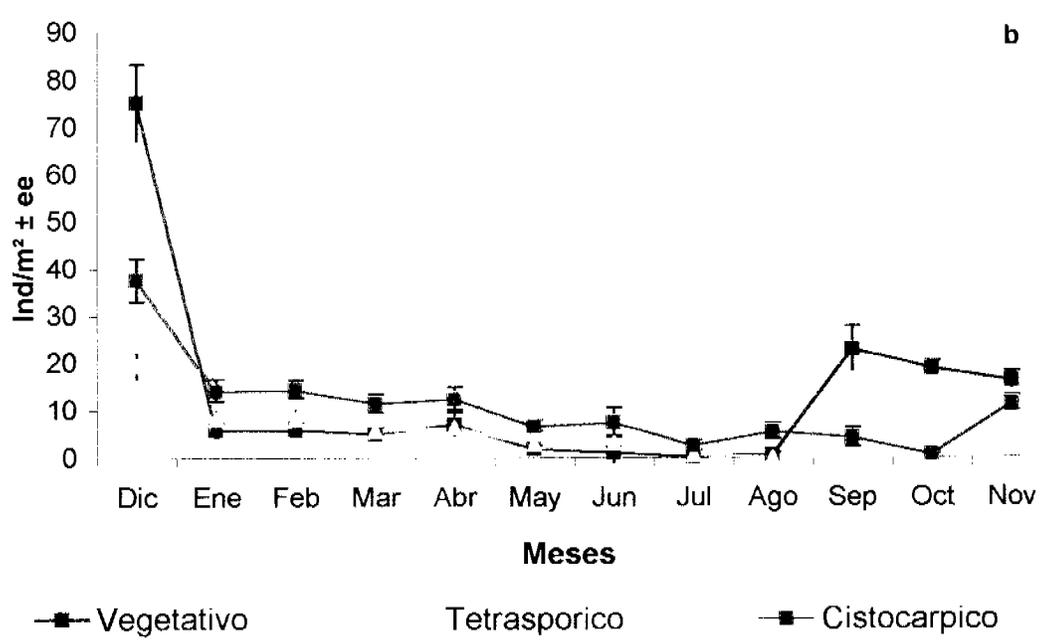
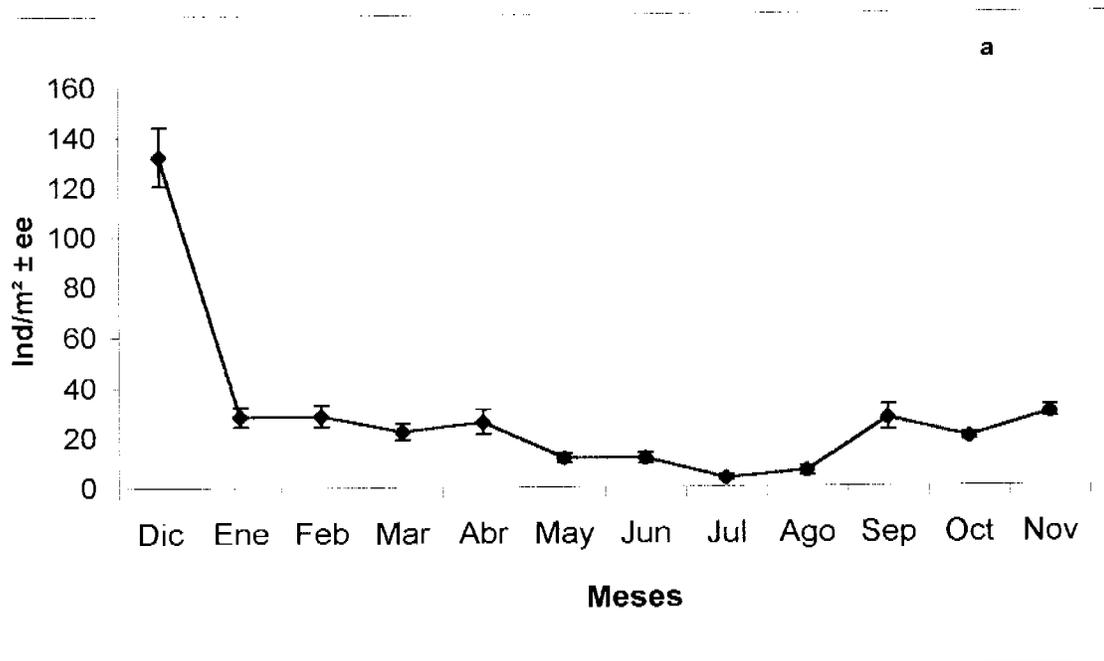


Figura 33. Variación de la densidad mensual ($\text{ind/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Vergara. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo.

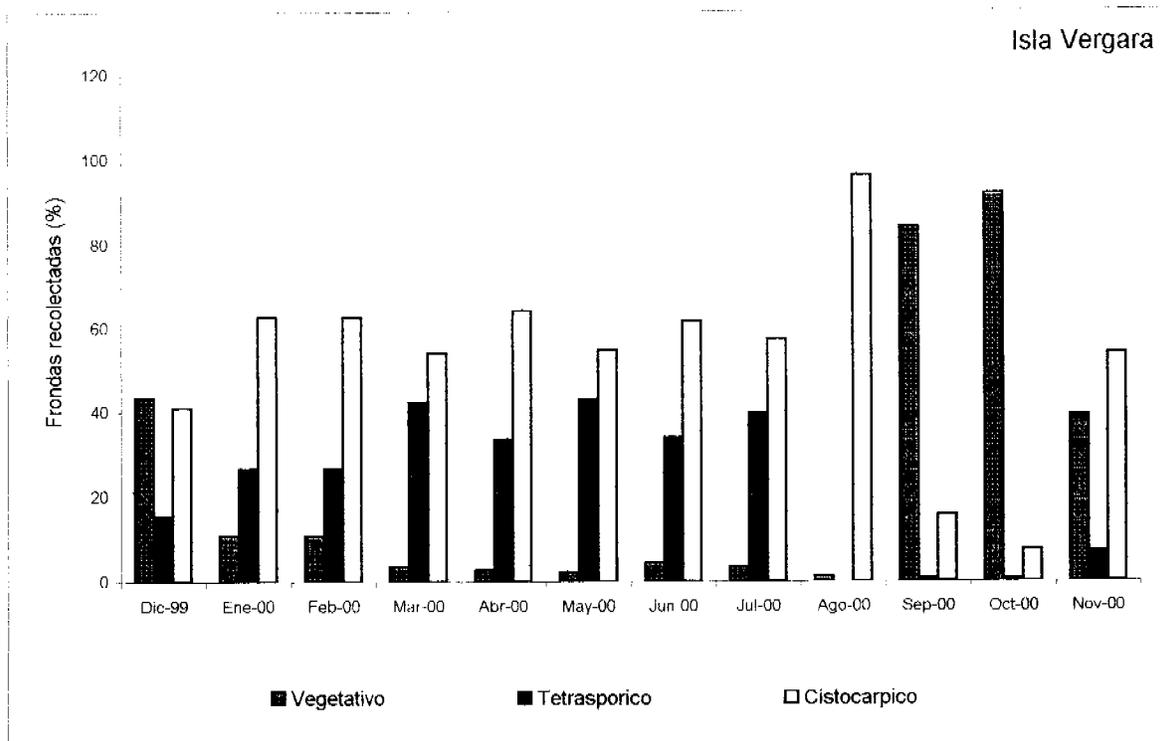


Figura 34. Variación mensual de la biomasa recolectada (%) en la pradera ubicada en Isla Vergara, XI Región.

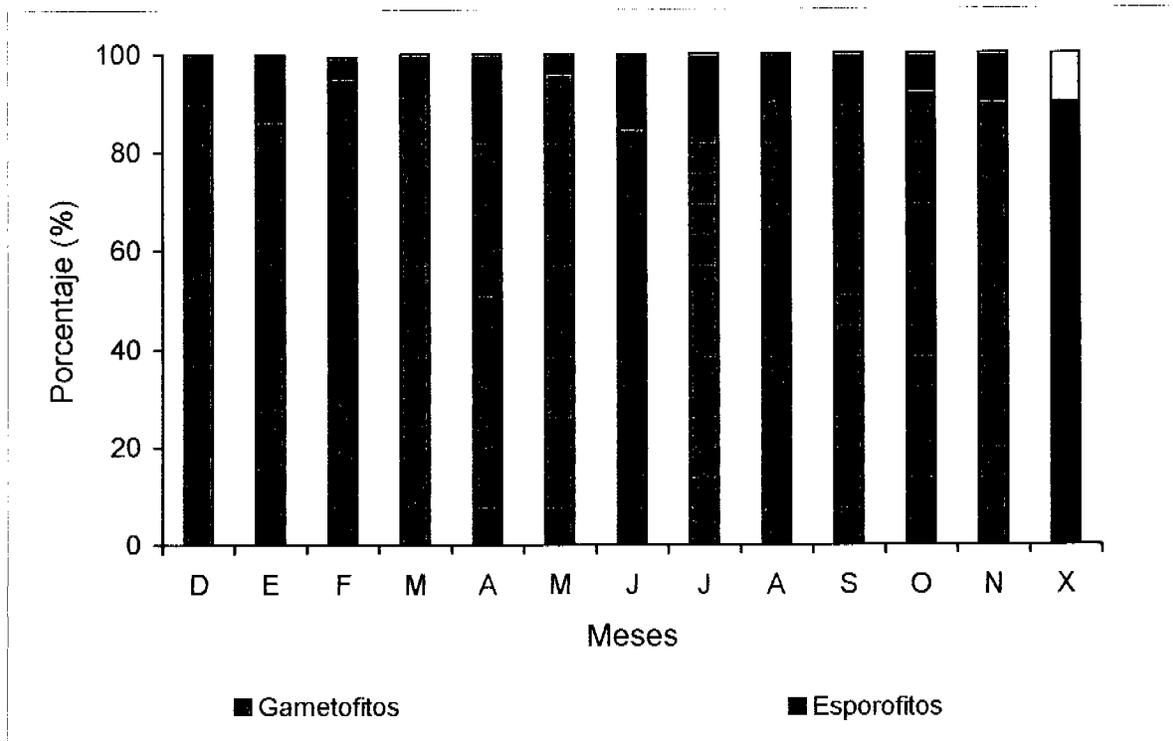


Figura 35. Variaciones mensuales (%) de las fase gametotica y esporifitica, correspondiente a las frondas vegetativas de la pradera ubicada Isla Vergara, después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

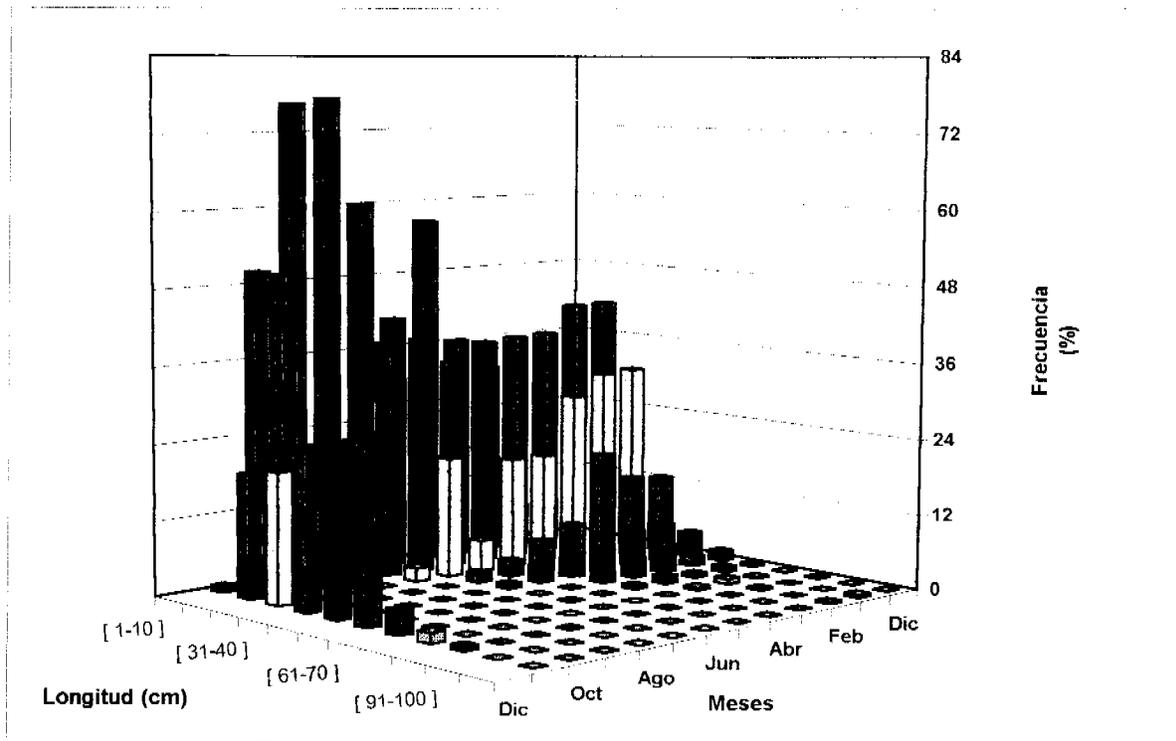


Figura 36. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata*, separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera ubicada en Isla Vergara, X Región.

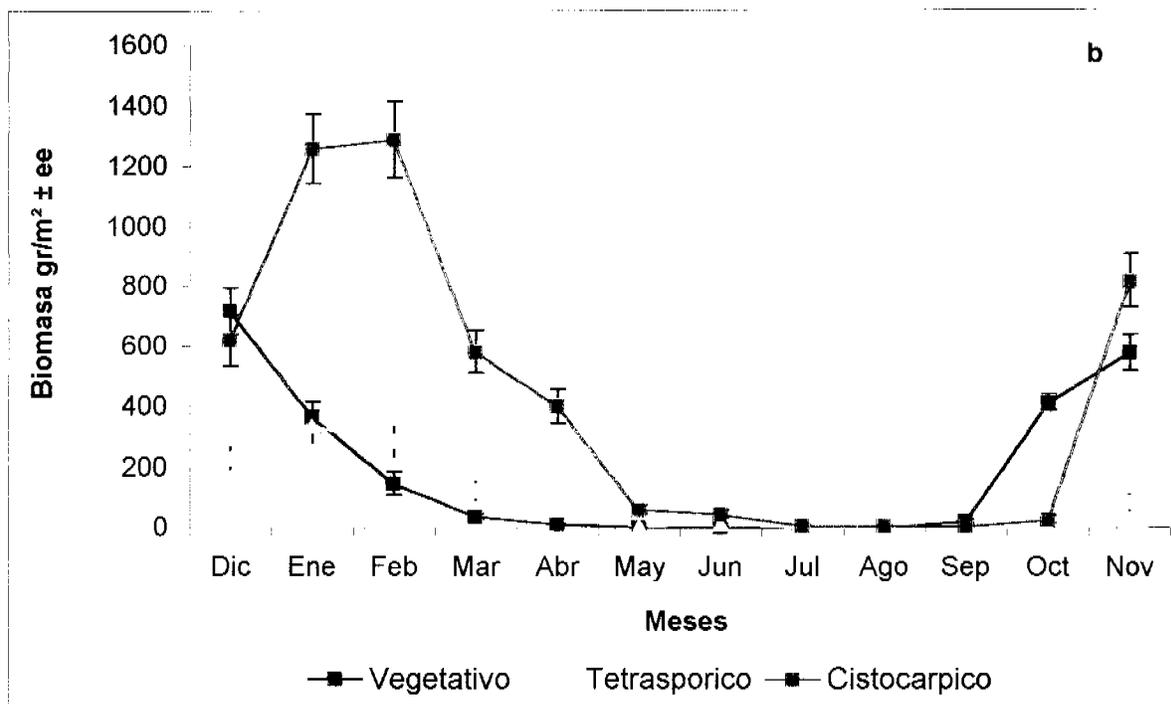
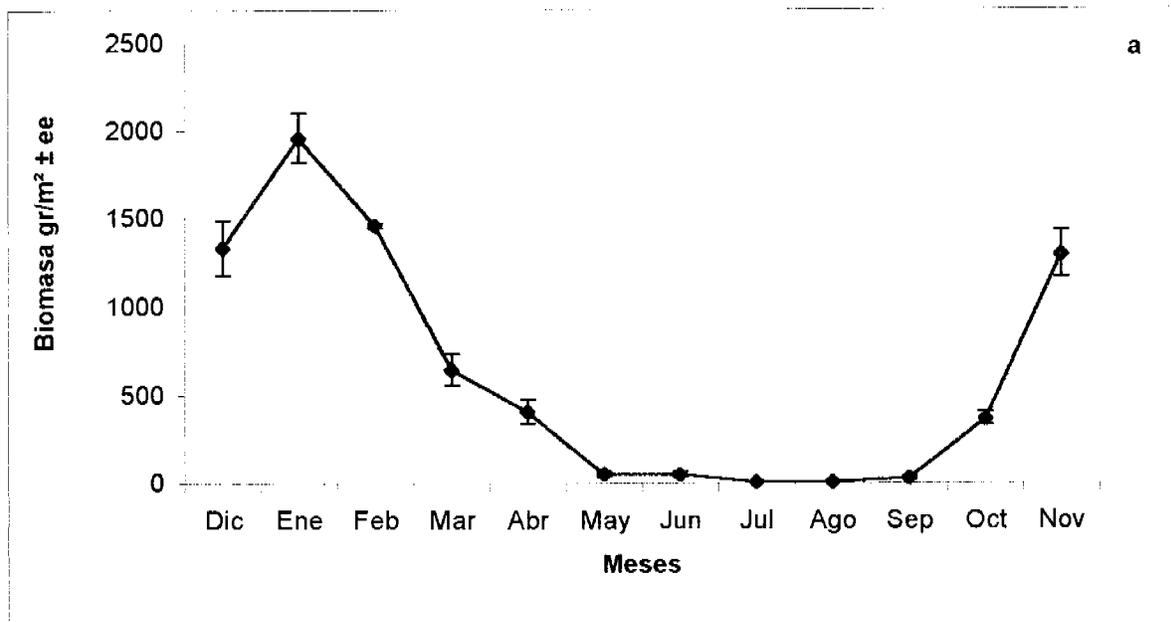


Figura 37. Variación de la biomasa mensual ($\text{g/m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Chaculay. a) Biomasa total de la pradera, b) Biomasa por estado reproductivo.

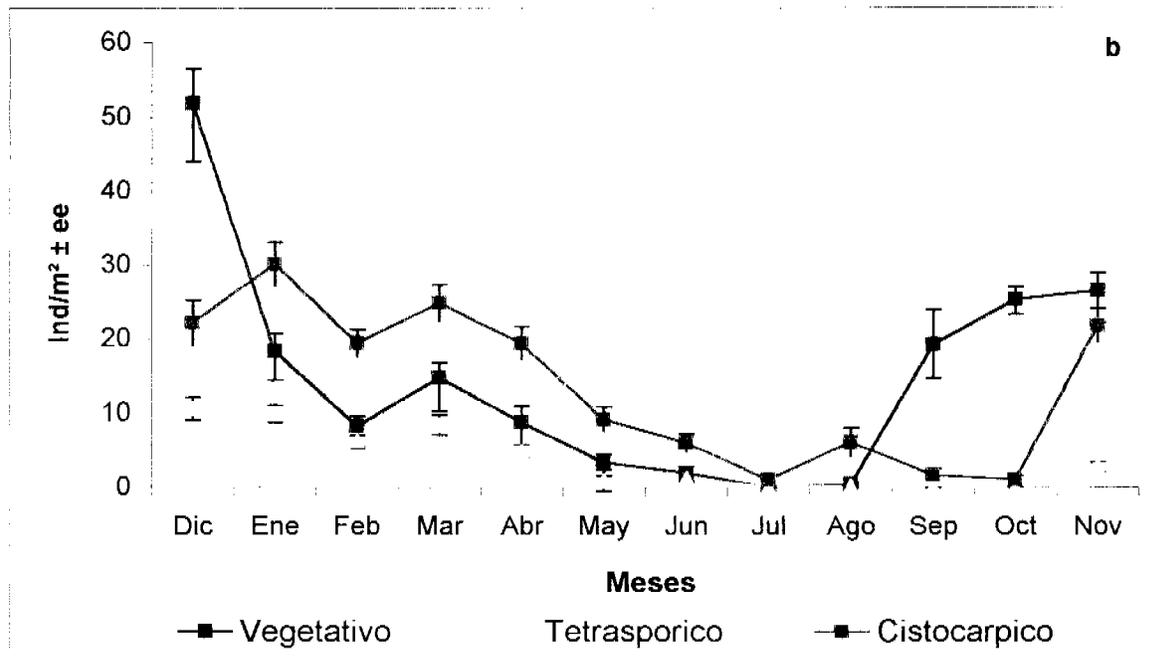
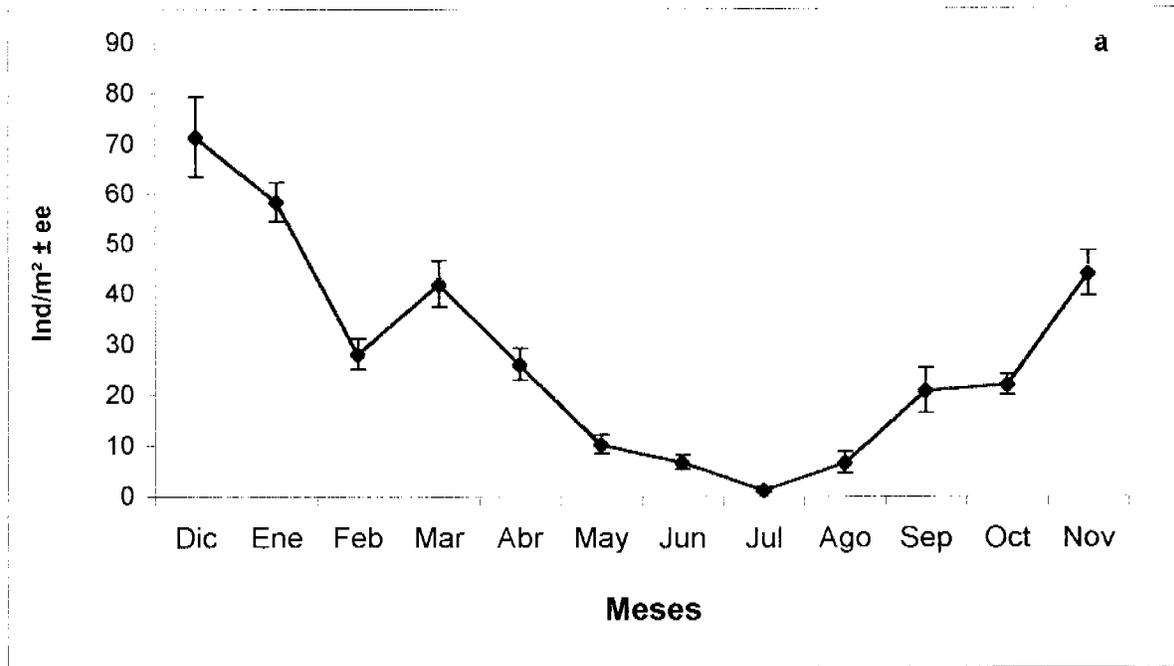


Figura 38. Variación de la densidad mensual ($\text{ind}/\text{m}^2 \pm \text{ee}$) entre diciembre de 1999 y noviembre del 2000, en la pradera de Isla Chaculay. a) Densidad total de la pradera, b) Densidad por estado reproductivo.

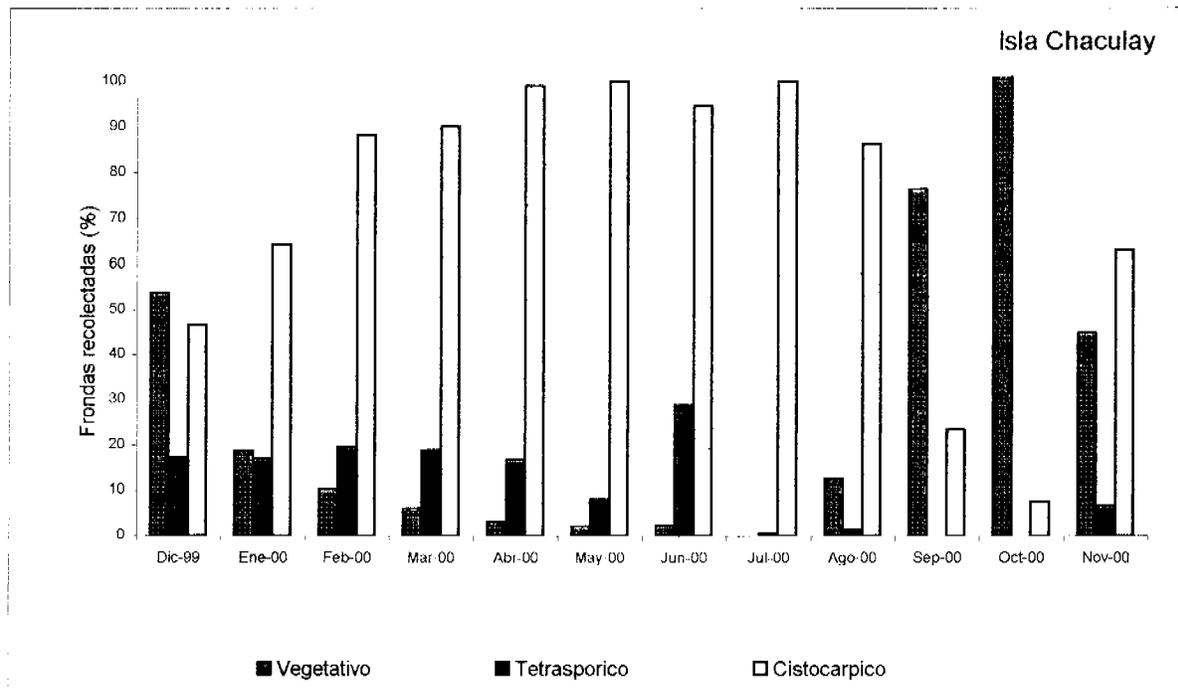


Figura 39. Variación mensual de la biomasa recolectada (%) en la pradera ubicada en Isla Chaculay, XI Región.

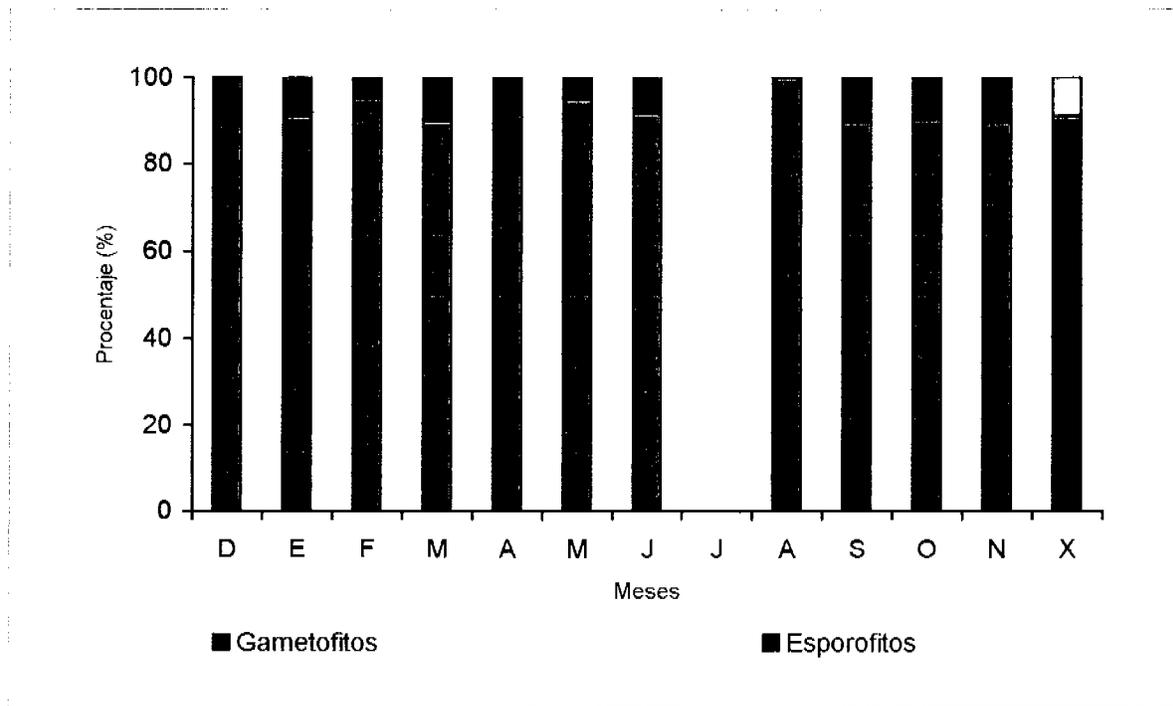


Figura 40. Variaciones mensuales (%) de las fase gametotica y esporifitica, correspondiente a las frondas vegetativas de la pradera ubicada en Isla Chaculay, después de aplicar el test de Acetal-Resorcinol. La columna x muestra el promedio de las proporciones mensuales analizadas.

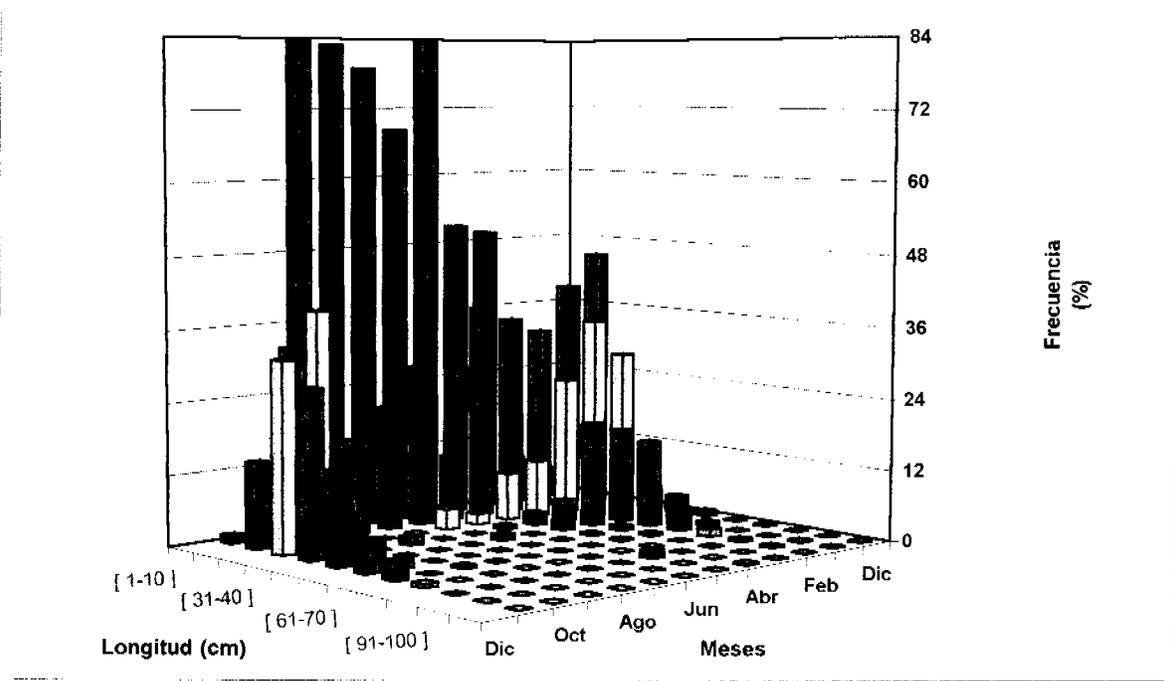


Figura 41. Distribución mensual de la frecuencia (%) poblacional de *Sarcothalia crispata*, separado por categorías de tallas (cm), provenientes de la pradera ubicada en Isla Chaculay, X Región.

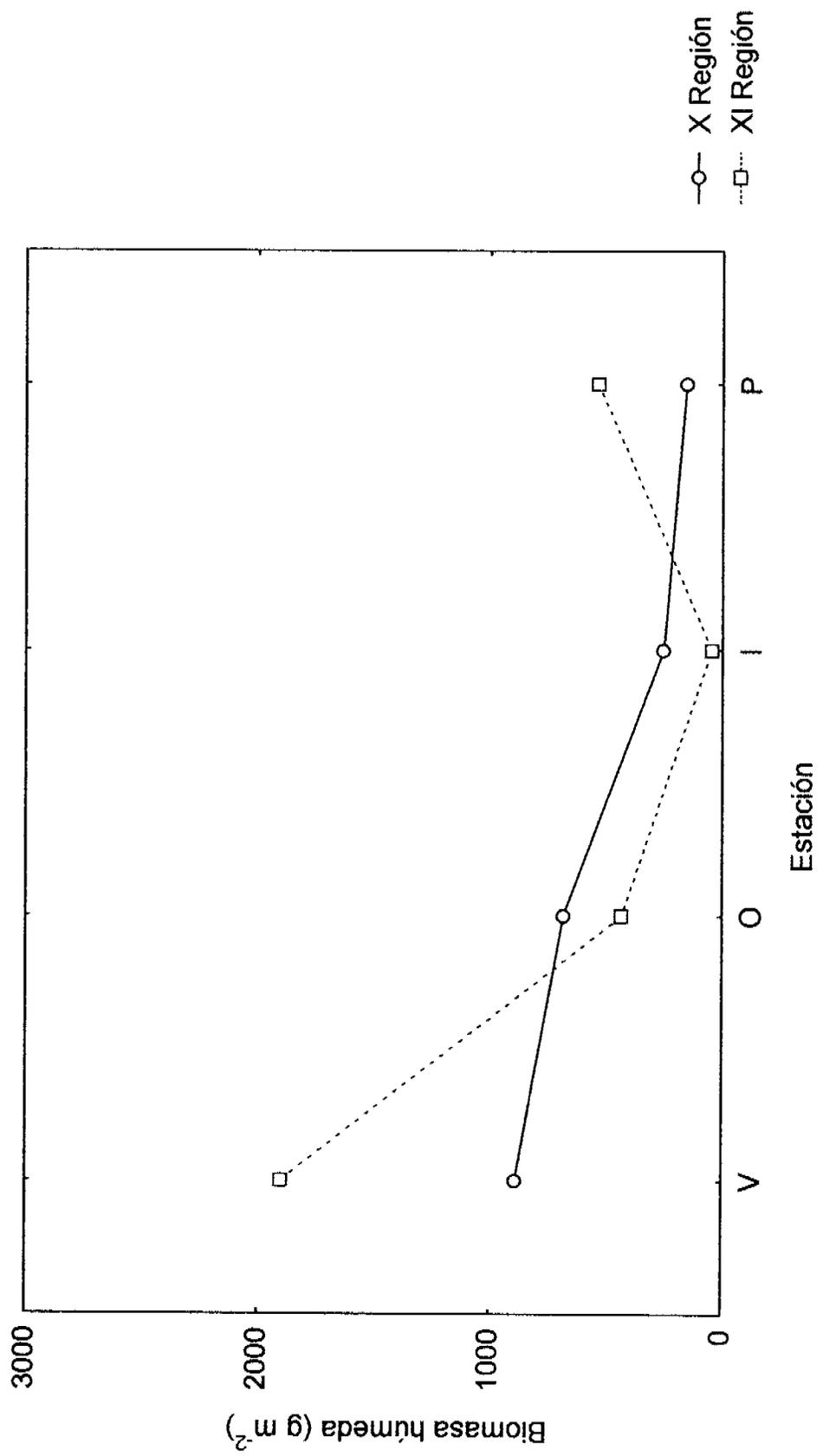


Figura 42. Variación de la biomasa húmeda (g m⁻²) como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI Región.

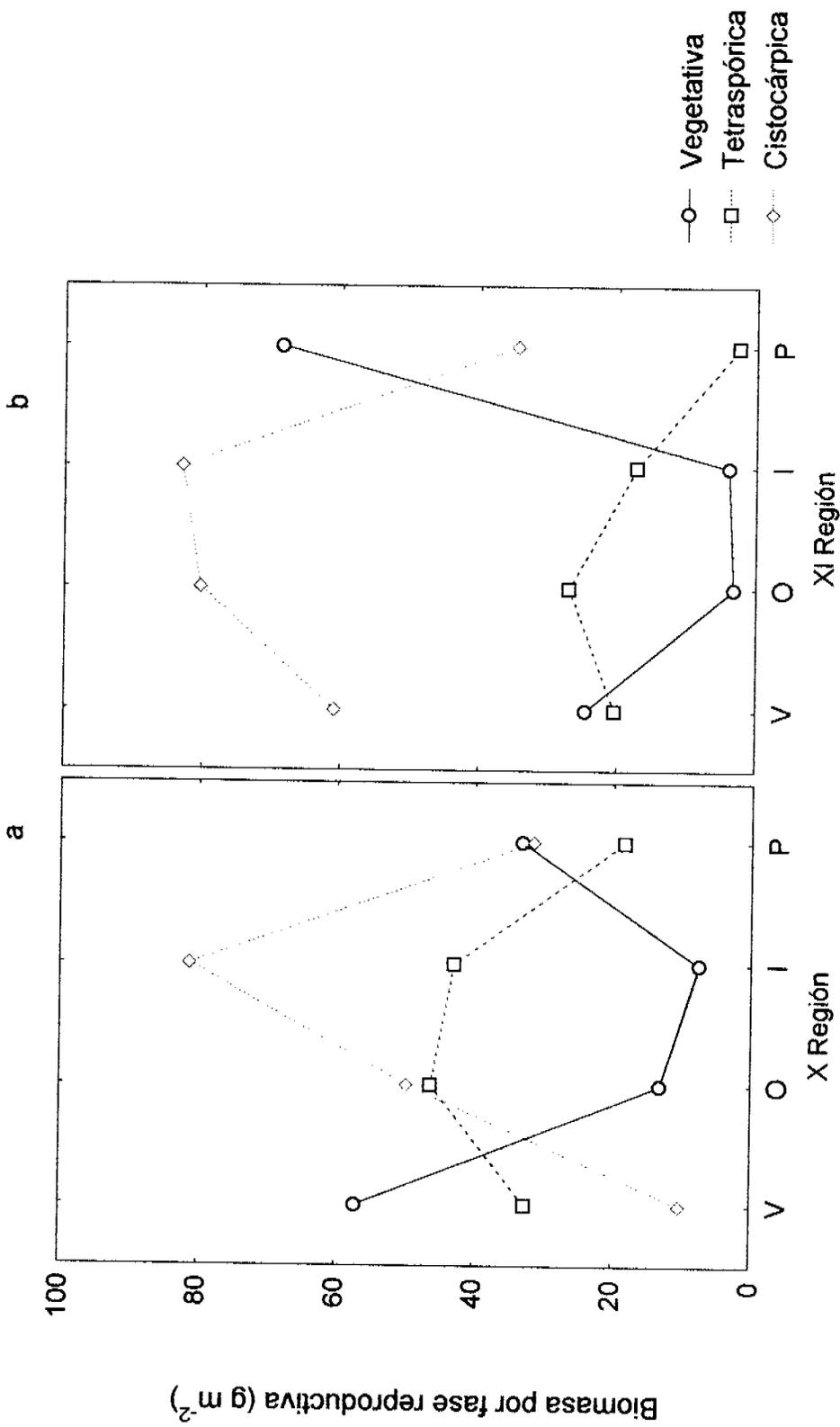


Figura 43. Variación de la biomasa por fase reproductiva, como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X Región (a) y XI Región (b).

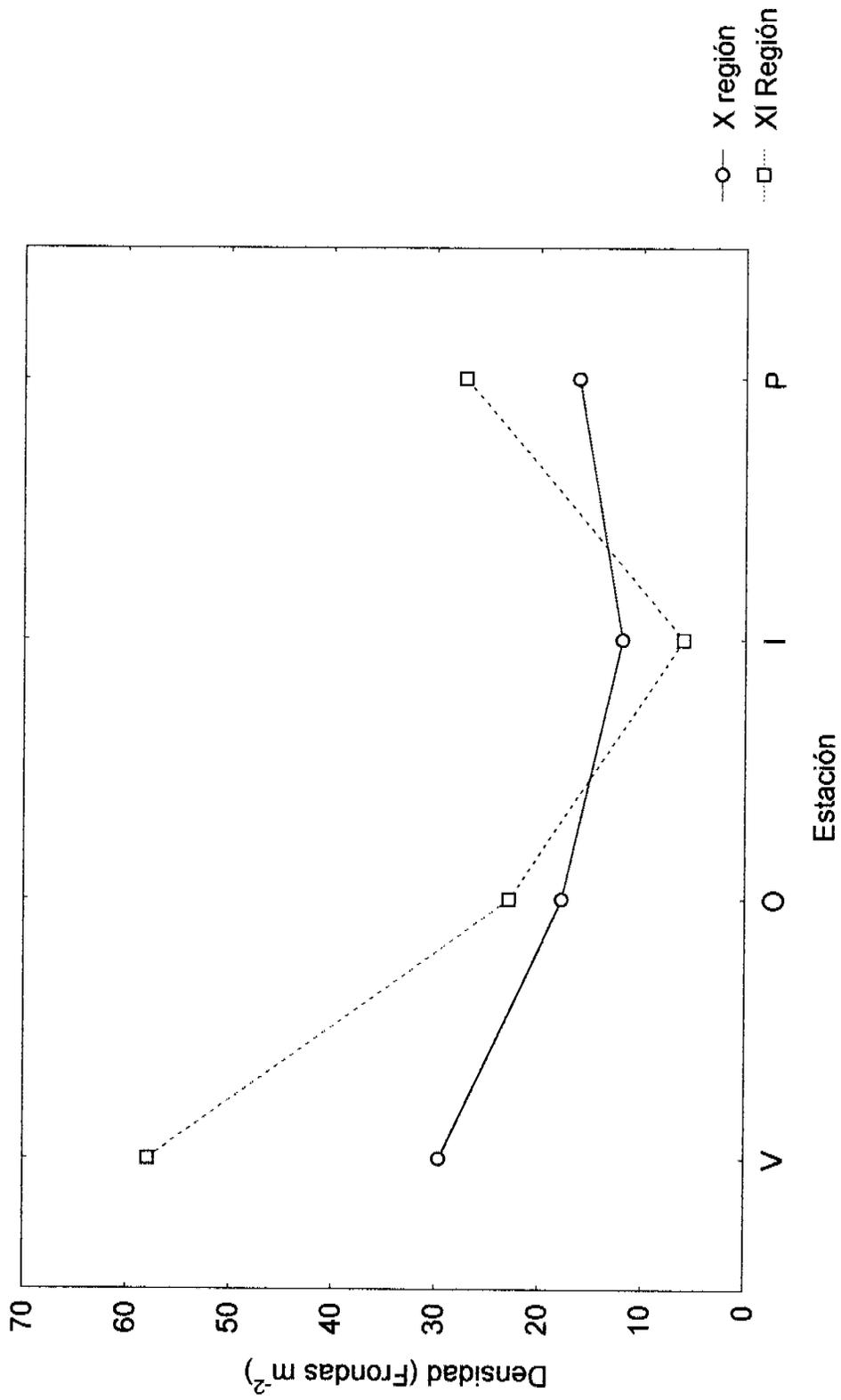


Figura 44. Variación de la densidad de frondas (m^{-2}), como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI Región.

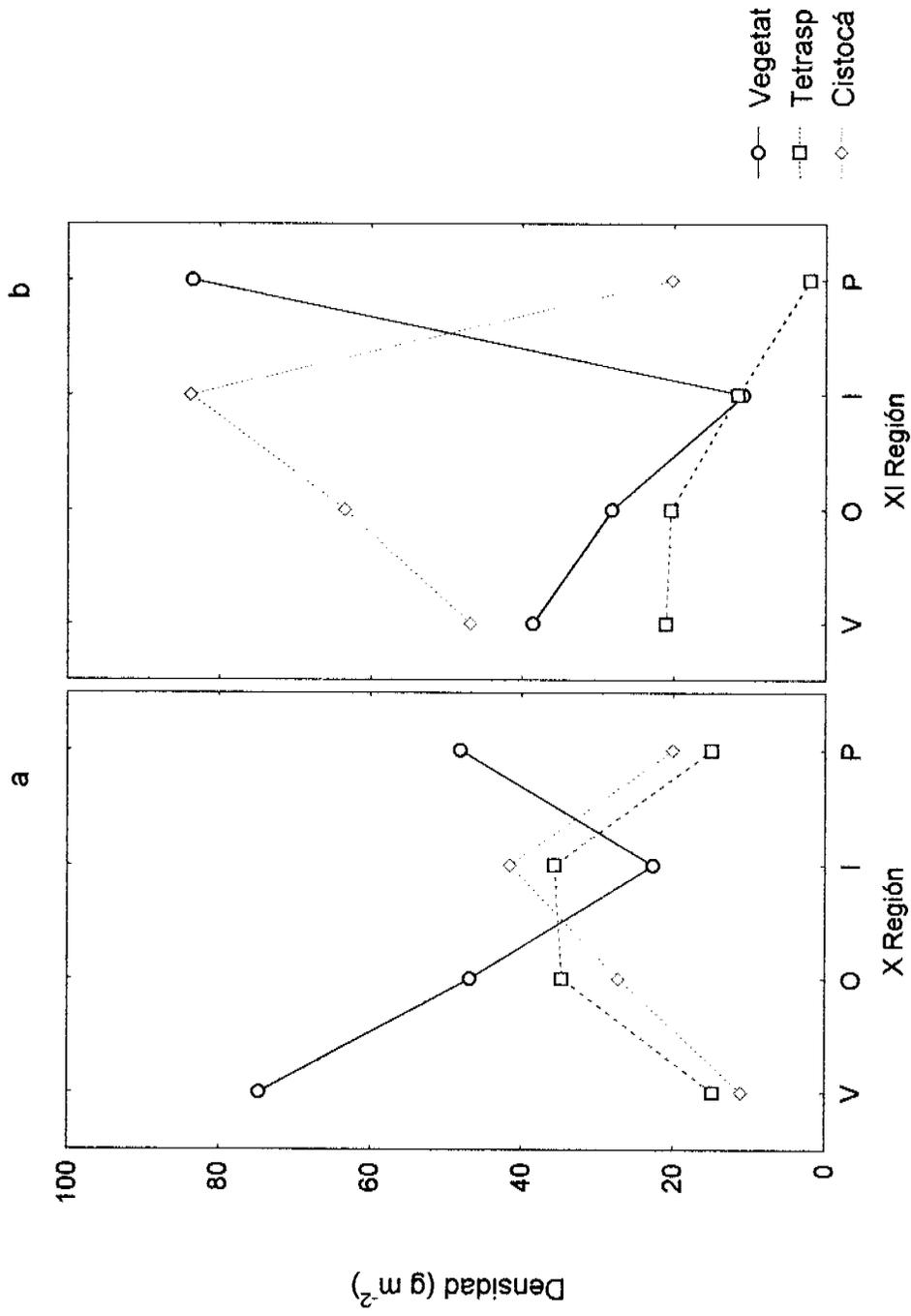


Figura 45. Variación de la densidad de frondas por fase reproductiva, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X Región (a) y XI Región (b).

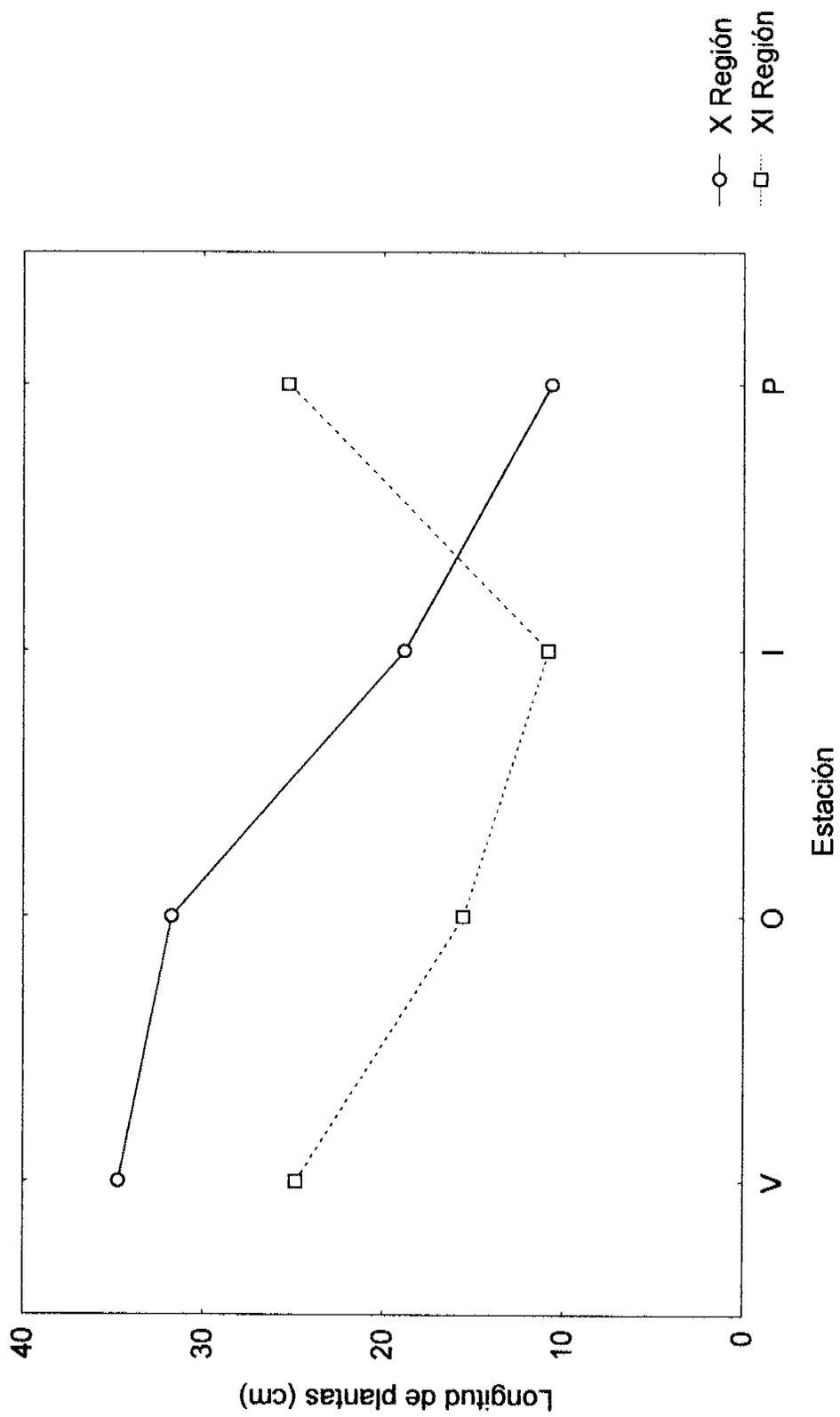


Figura 46. Variación de la longitud de plantas como datos agrupados, durante un ciclo anual (2000), para las praderas de la X y XI región.

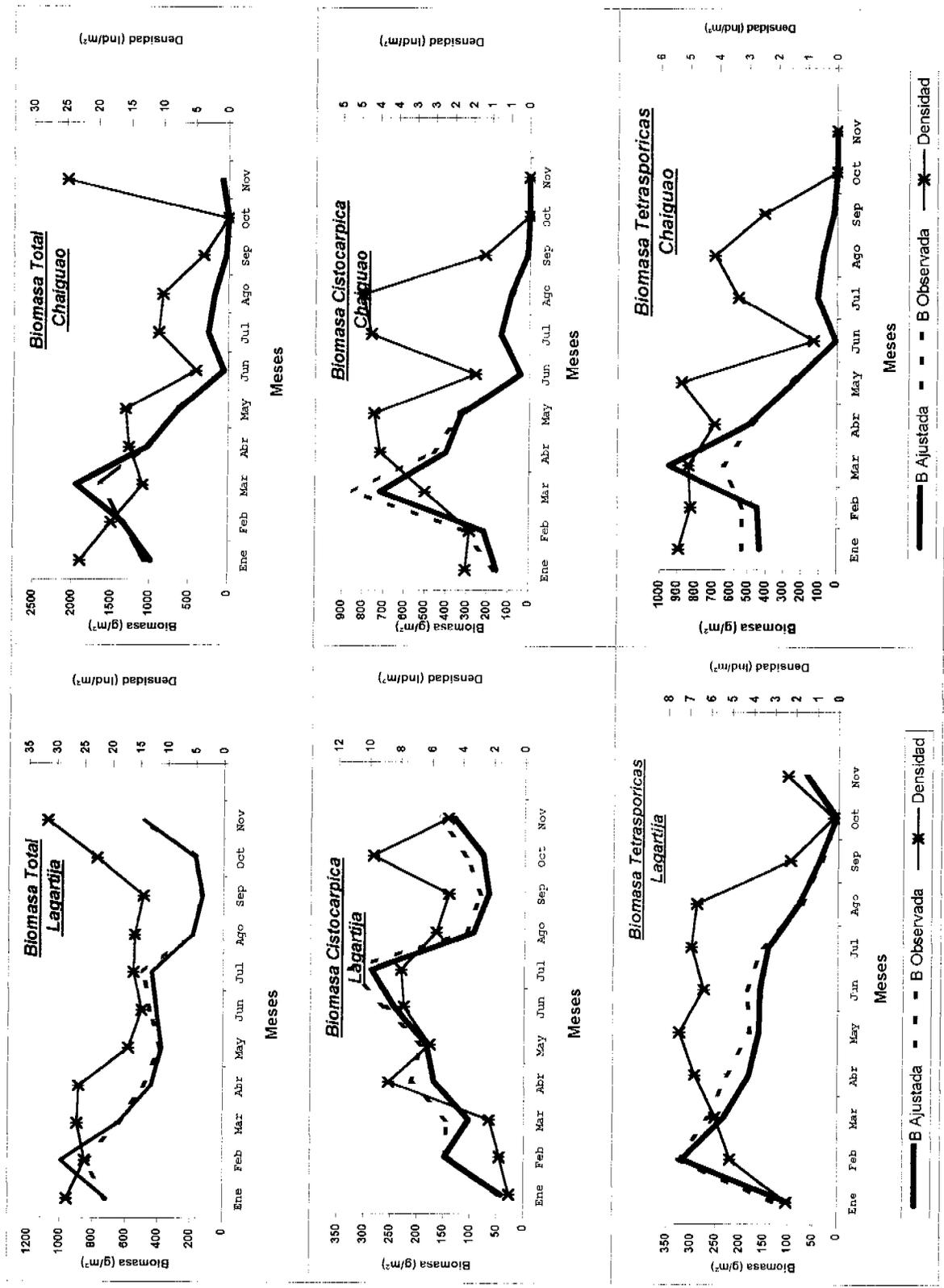


Figura 47. Variación mensual en biomasa y densidad observada de las praderas de luga negra de Lagartija y Chaiguao, y su ajuste en biomasa estimada.

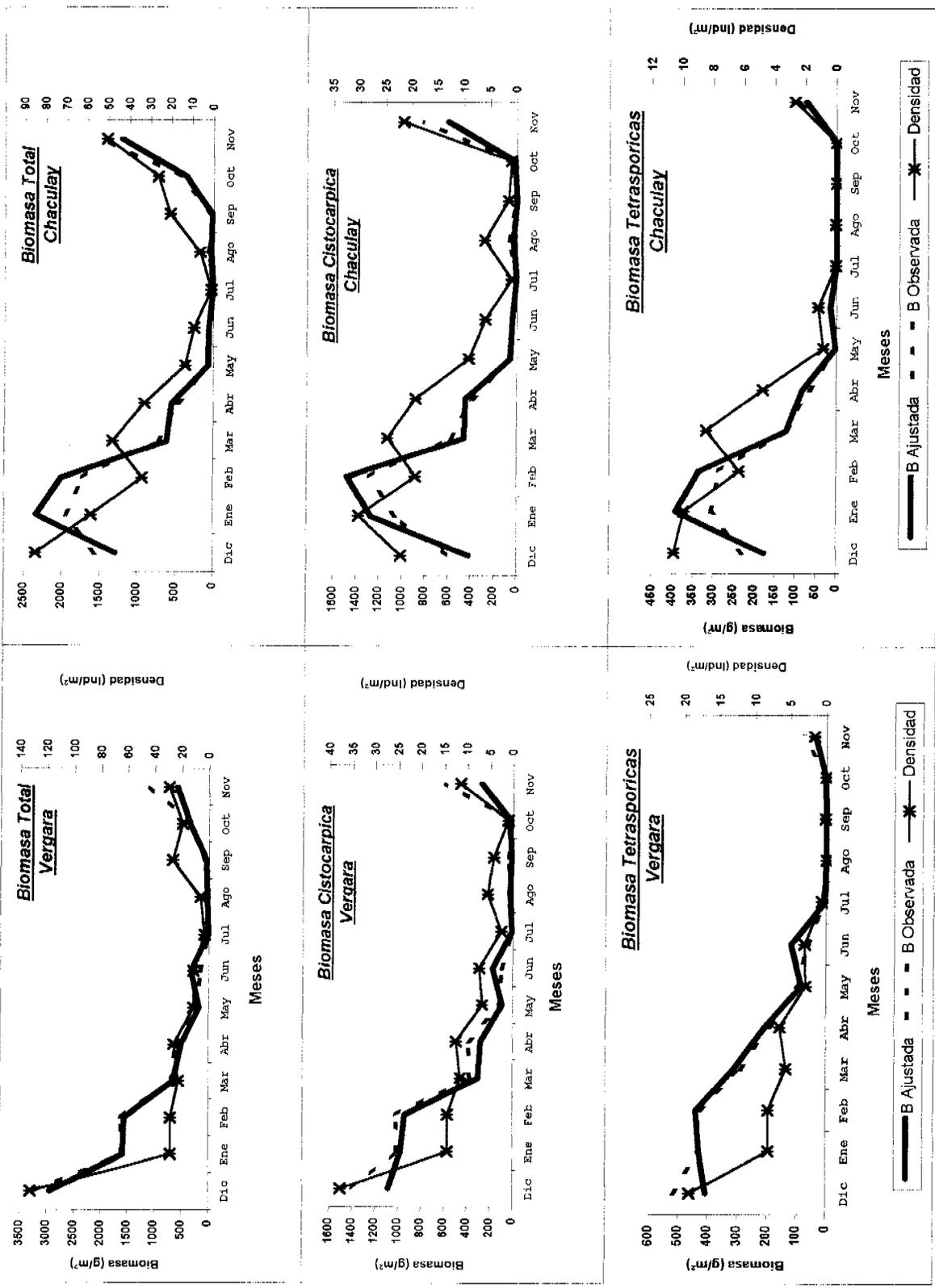


Figura 48. Variación mensual en biomasa y densidad observada de las praderas de luga negra de Vergara y Chaculay, y su ajuste en biomasa estimada.

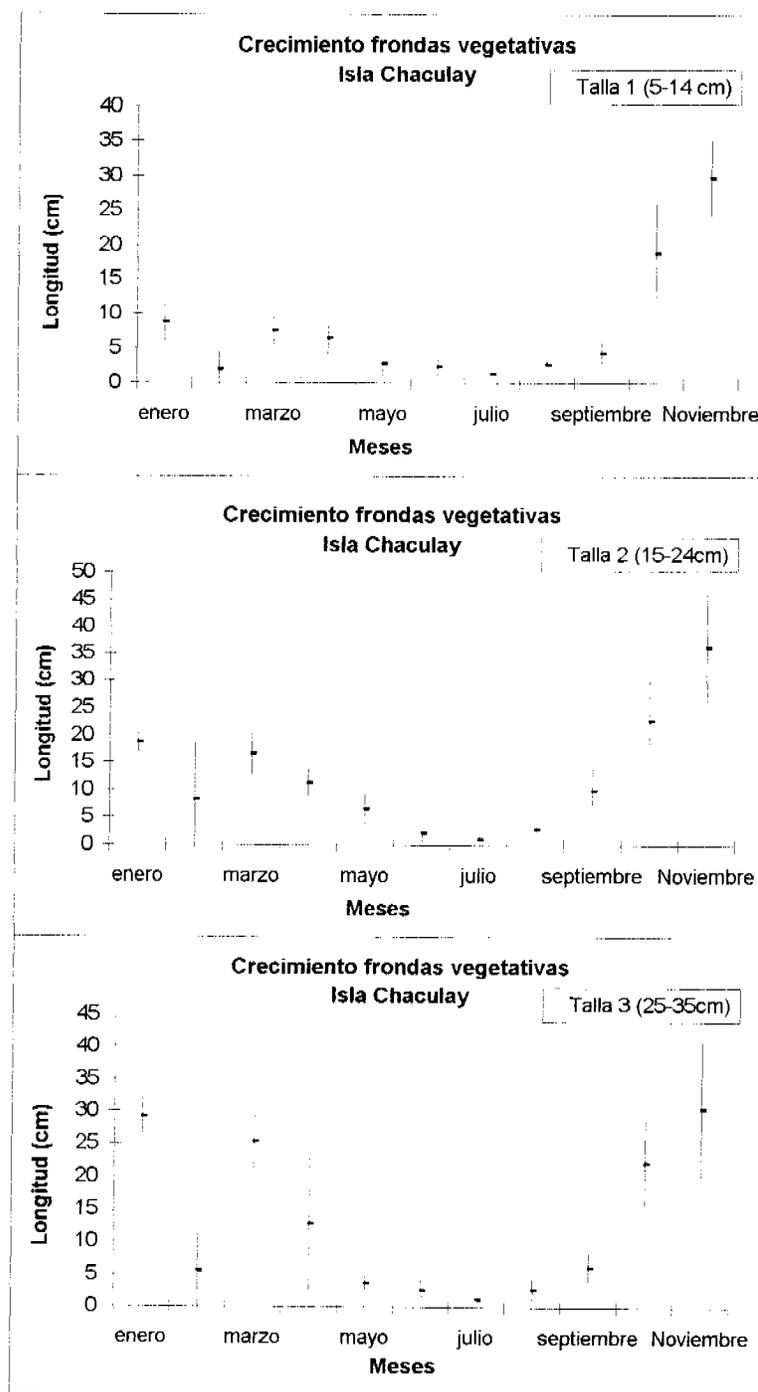


Figura 49. Crecimiento de frondas vegetativas por rango de tallas, para las localidades de Isla Vergara e Isla Chaculay, XI región.

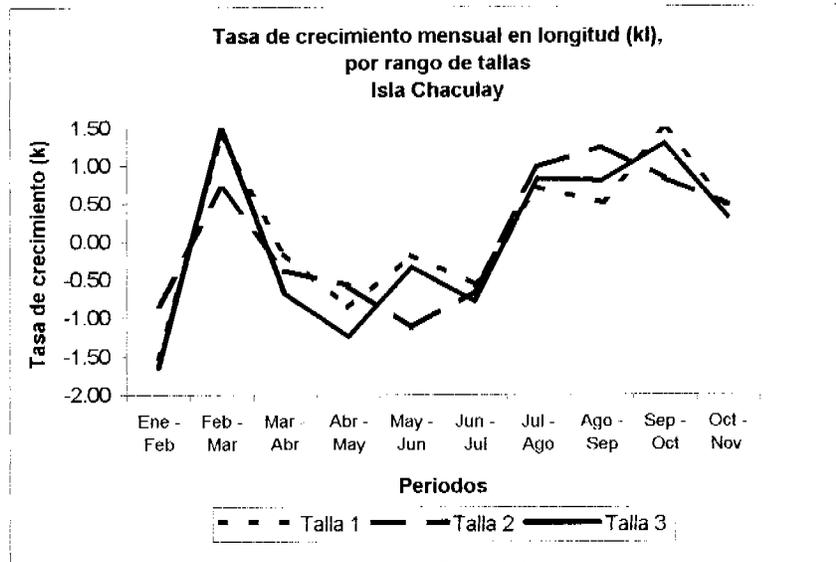


Figura 50. Tasa de crecimiento en longitud por rango de tallas, para la pradera de Isla Chaculay.

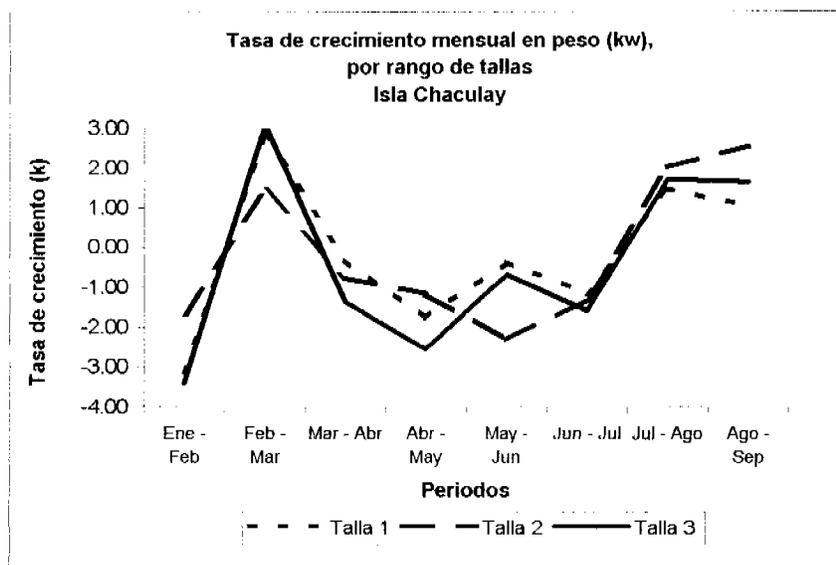


Figura 51. Tasa de crecimiento en peso por rango de tallas, para la pradera de Isla Chaculay.

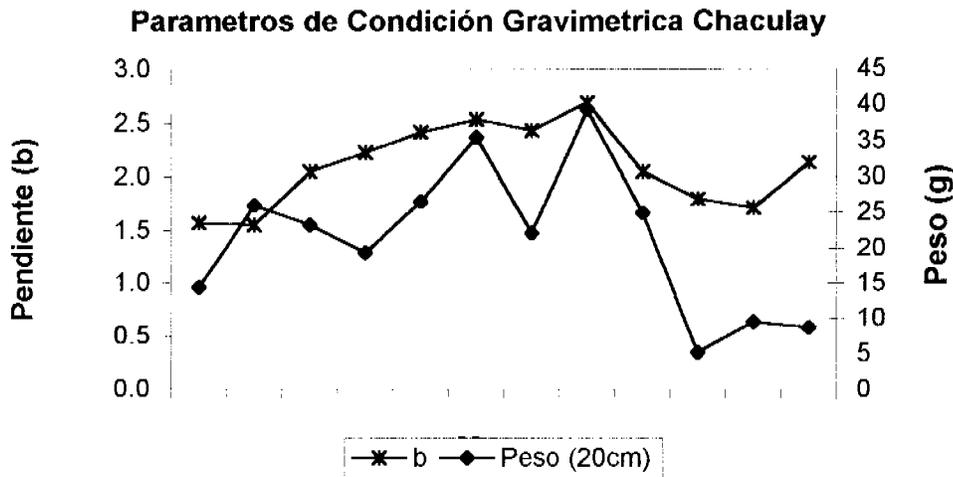
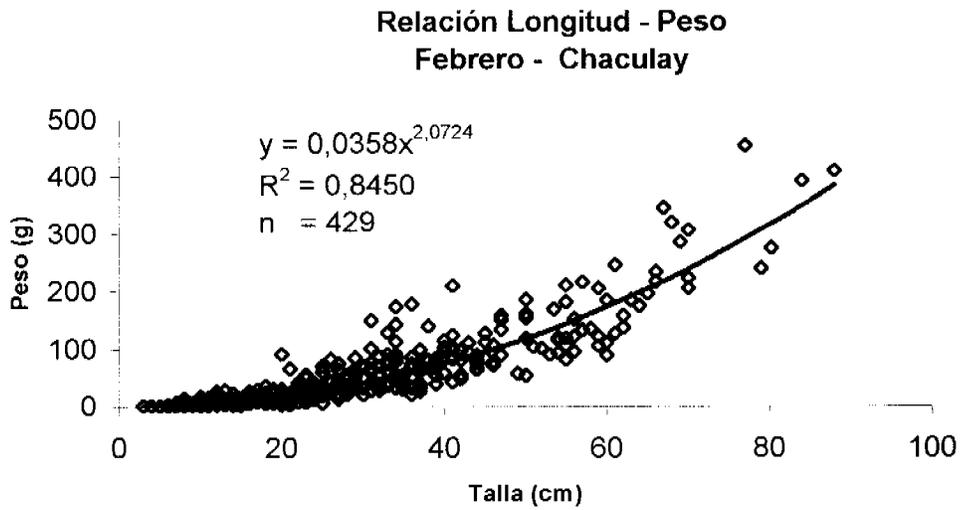


Figura 52. Relación longitud total - peso total de frondas de luga negra para Isla Chaculay.

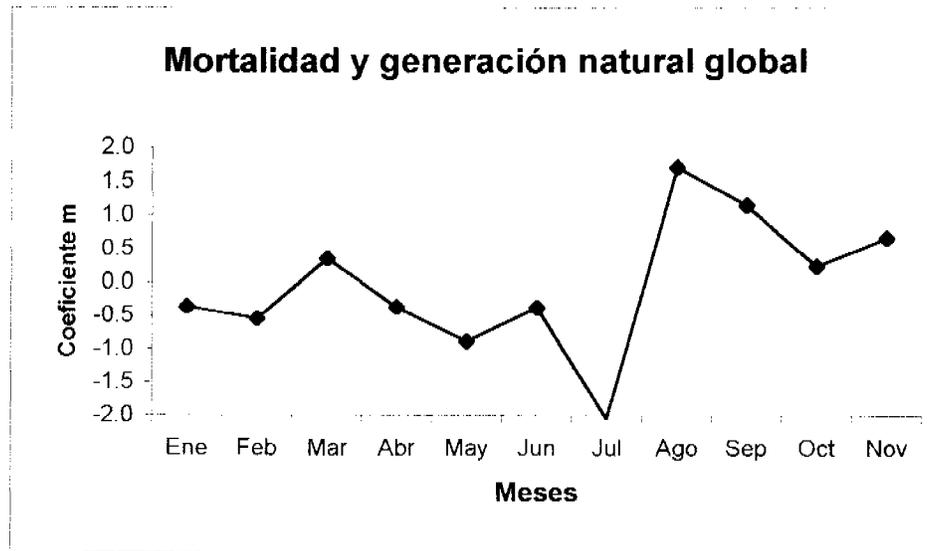


Figura 53. Tasa de cambio mensual en densidad global. Mortalidad, generación de frondas en Isla Chaculay.

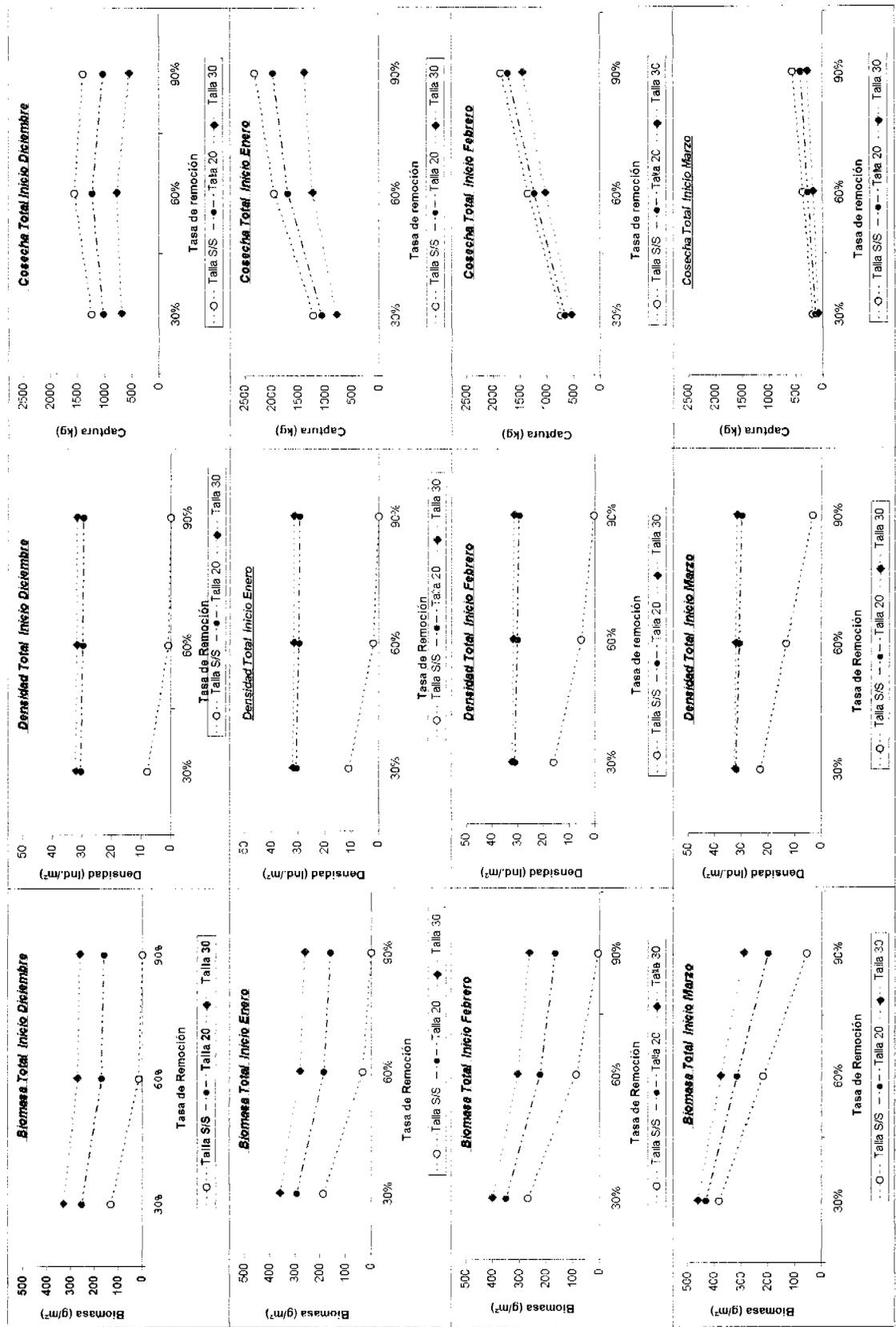


Figura 54. Evaluación del efecto del mes de inicio, tasa de remoción y selectividad a la talla sobre las cosechas, biomasas y densidad remanentes, para la pradera de Isla Chaculay.

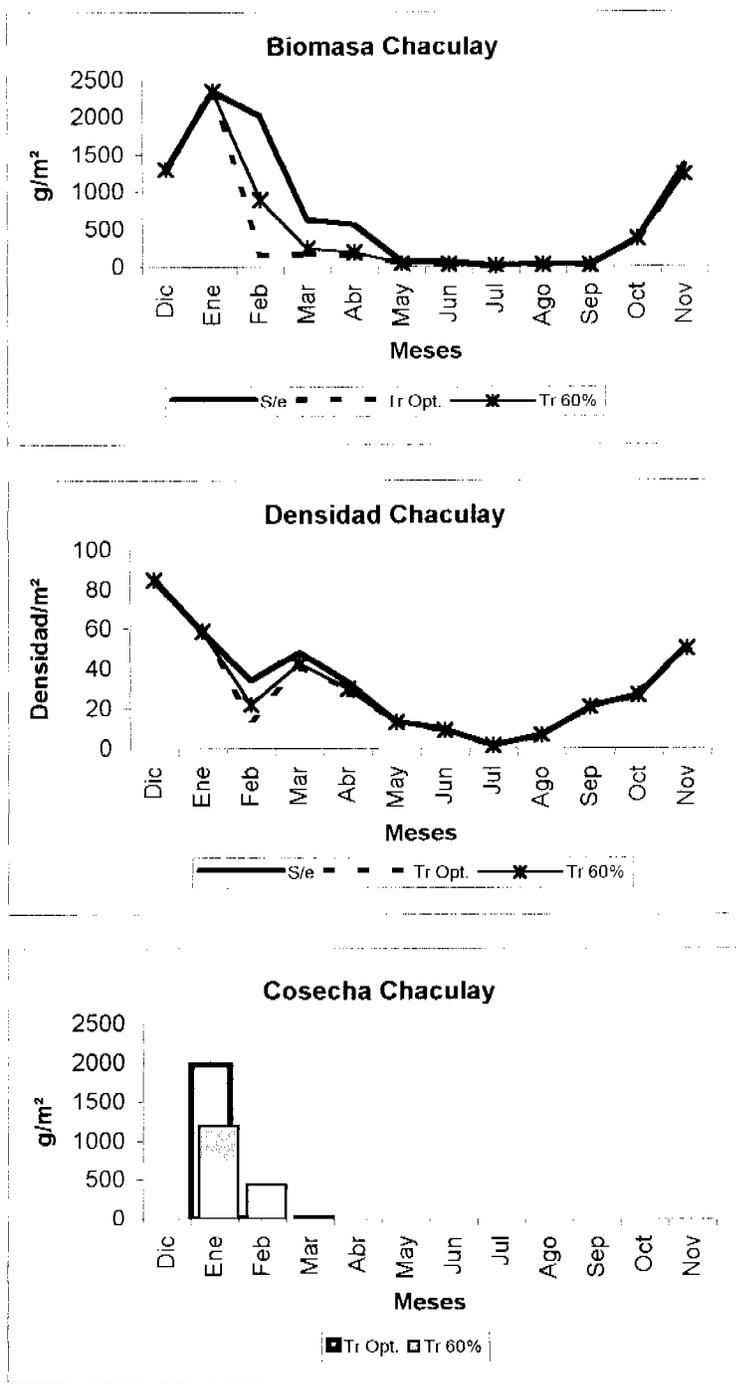


Figura 55. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Chaculay. S/e = Sin extracción; Tr opt. = Maximización de cosechas y Tr 60% = Tasa de remoción 60%.

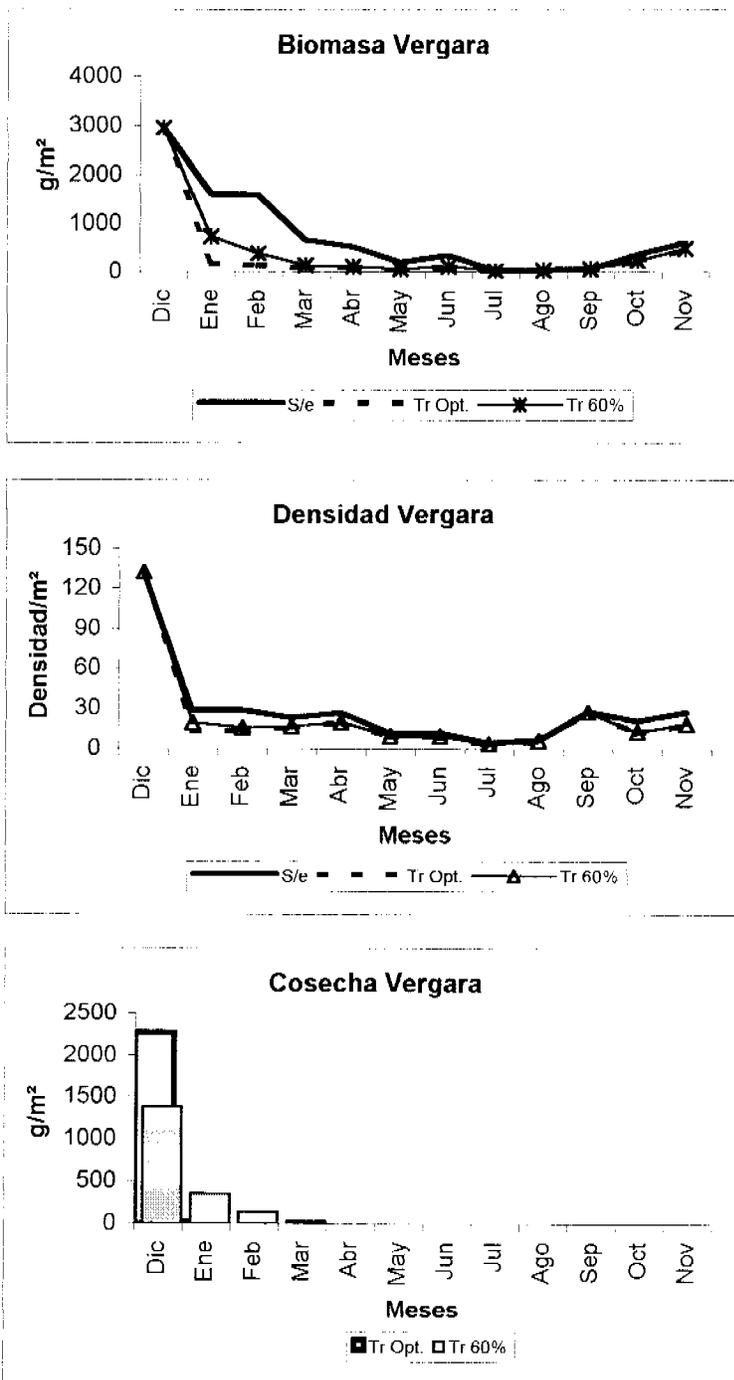


Figura 56. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Vergara. S/e = Sin extracción; Tr opt. = Maximización de cosechas y Tr 60% = Tasa de remoción 60%.

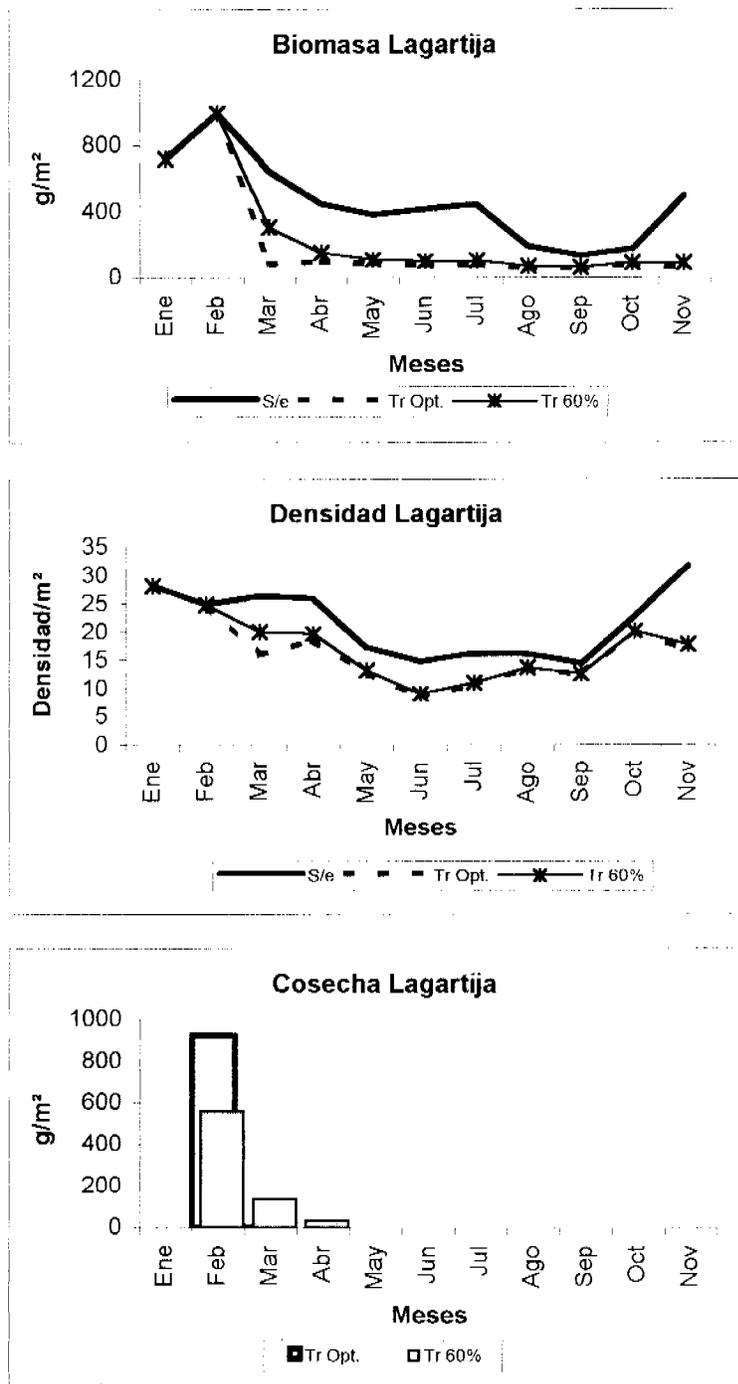


Figura 57. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Lagartija
 S/e = Sin extracción; Tr opt. = Maximización de cosechas y
 Tr 60% = Tasa de remoción 60%.

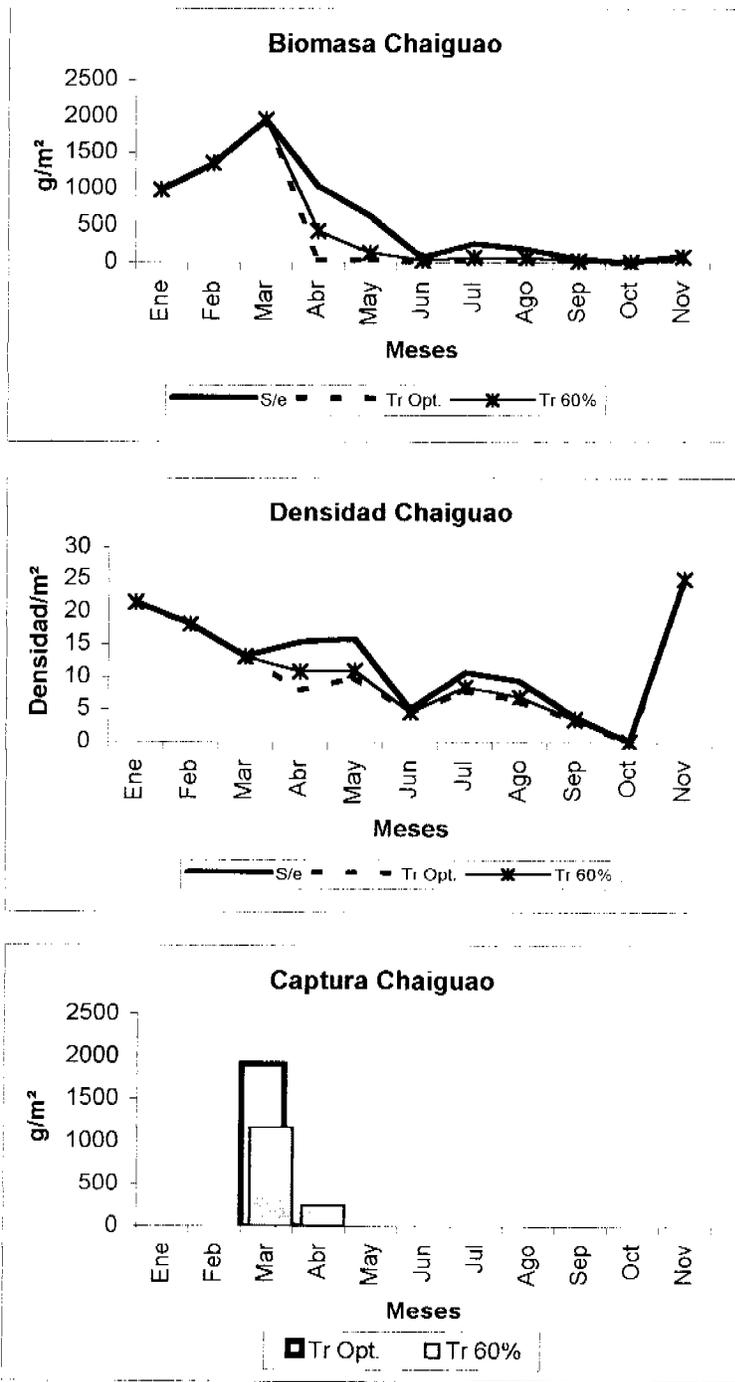


Figura 58. Escenarios de cosechas alternativas para la localidad de Chaiguao. S/e = Sin extracción; Tr opt. = Maximización de cosechas y Tr 60% = Tasa de remoción 60%.



Figura 59. Discos remanentes de luga negra (*Sarcothalia crispata*), adheridos a bolones, en pradera de Chaiguao, X Región. Muestreo de junio. a). Talos de pequeño tamaño, inferiores a 1 cm (11). b). Inicio de talos de luga negra (11).

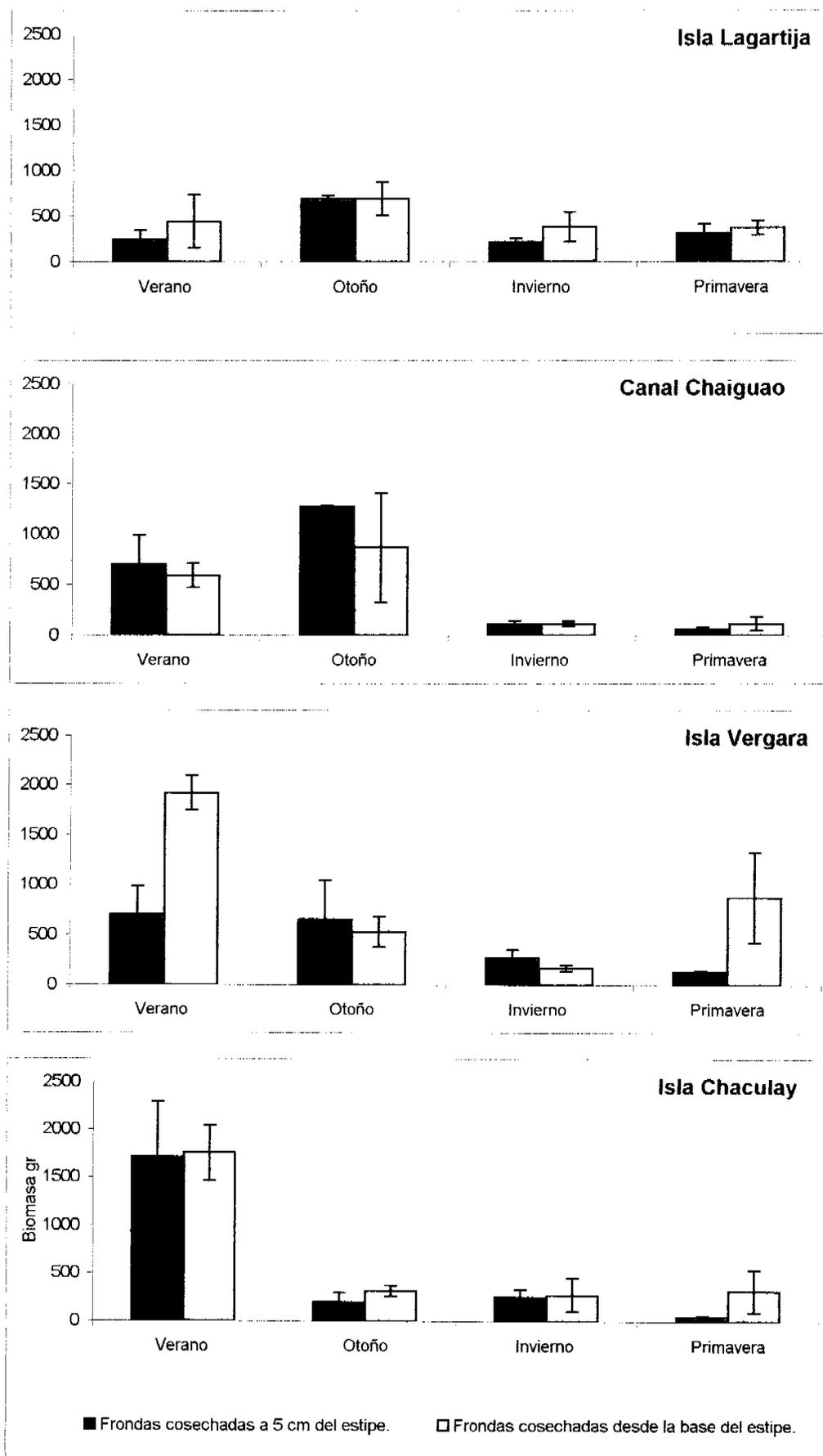


Figura 60. Biomasa promedio de *S. crispata* (g/m^2) cosechada estacionalmente empleando los dos tipos de poda: en la base y a 5 cm del estipe, para las cuatro praderas en estudio.

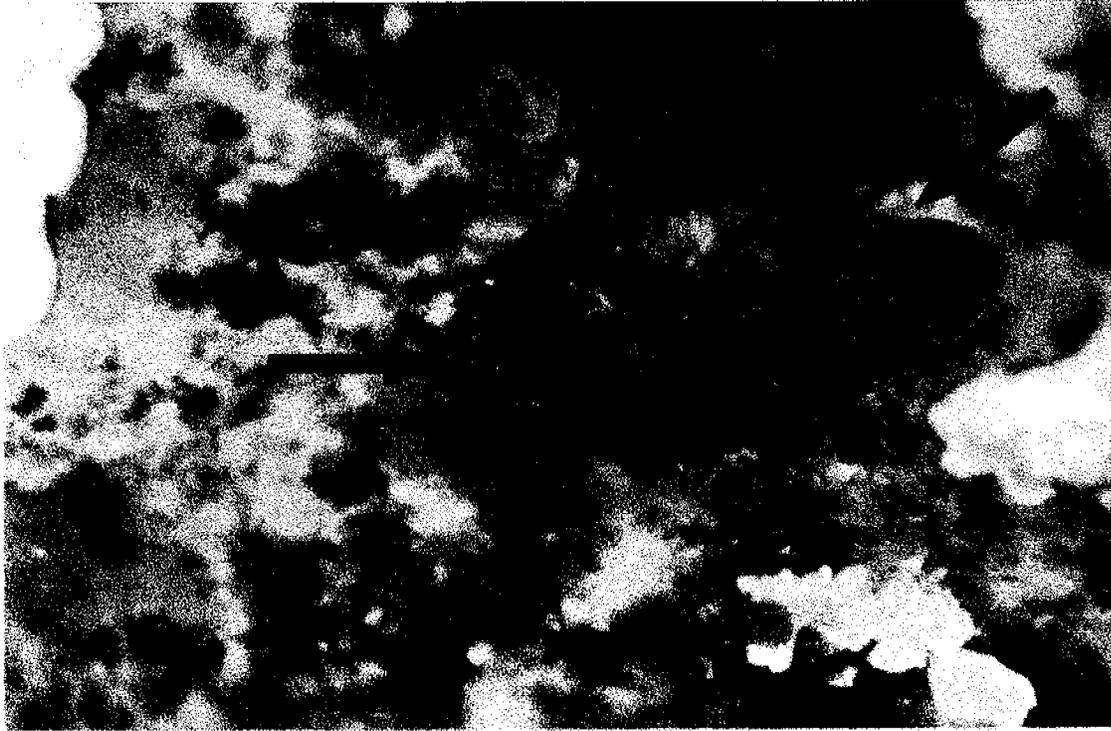


Figura 61. Talos pequeños de *Sarcothalia crispata* que permanecen adheridos al sustrato durante la época de biomasa mínima.

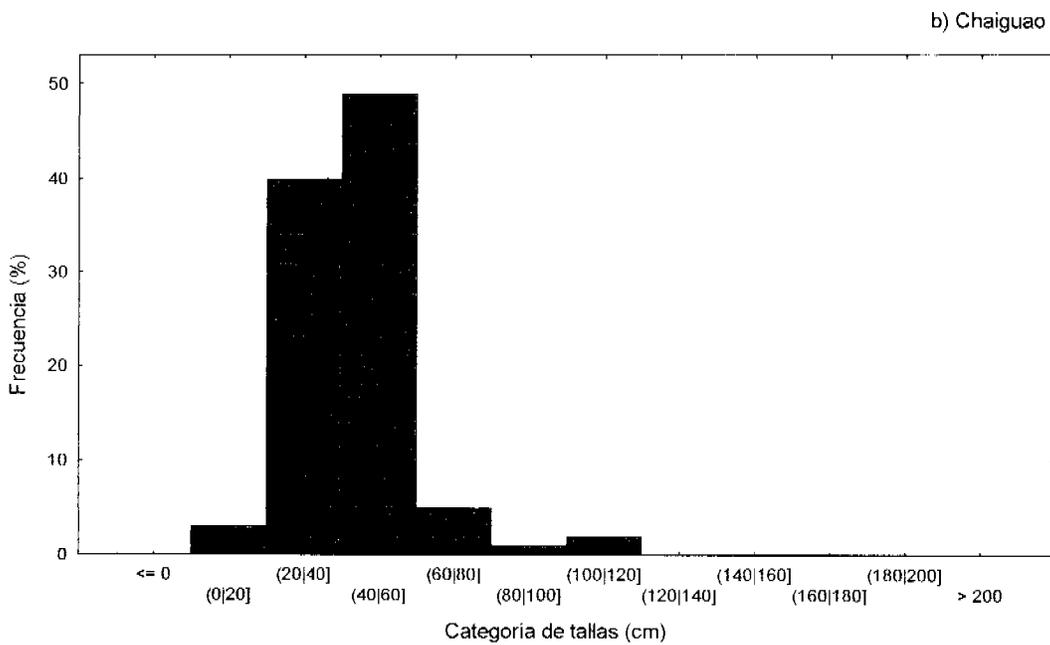
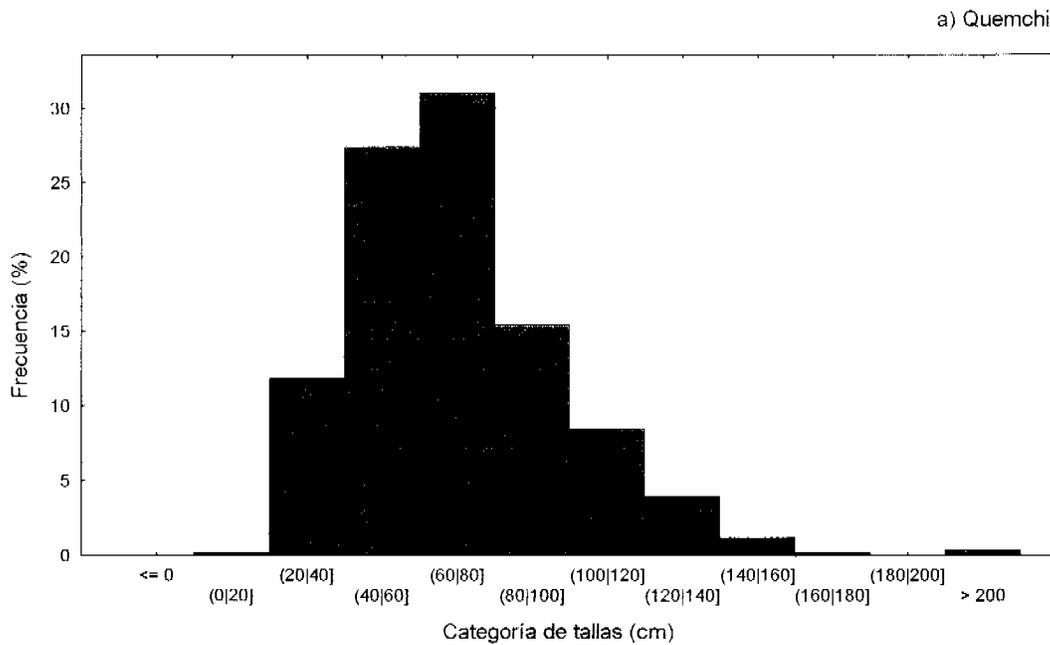
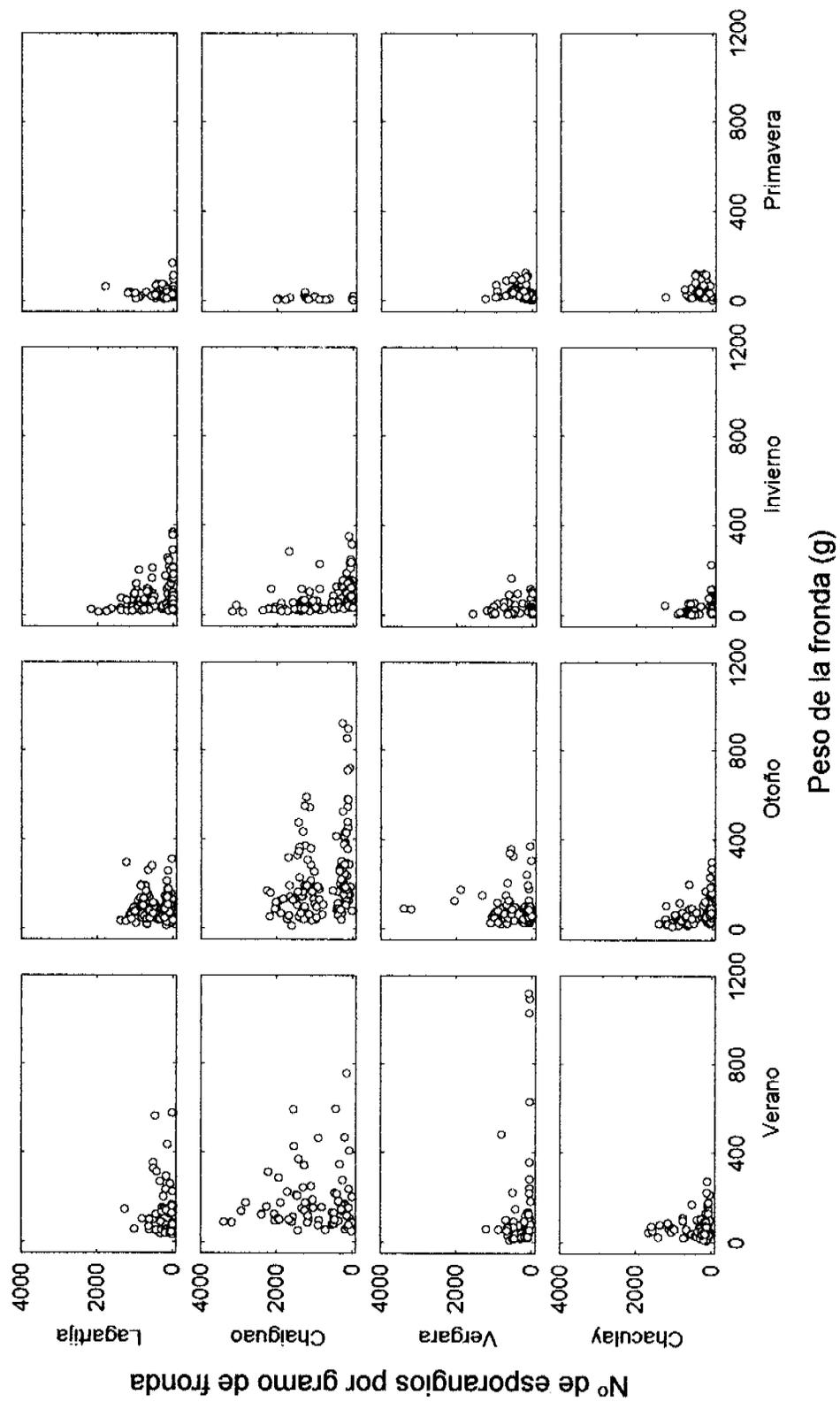
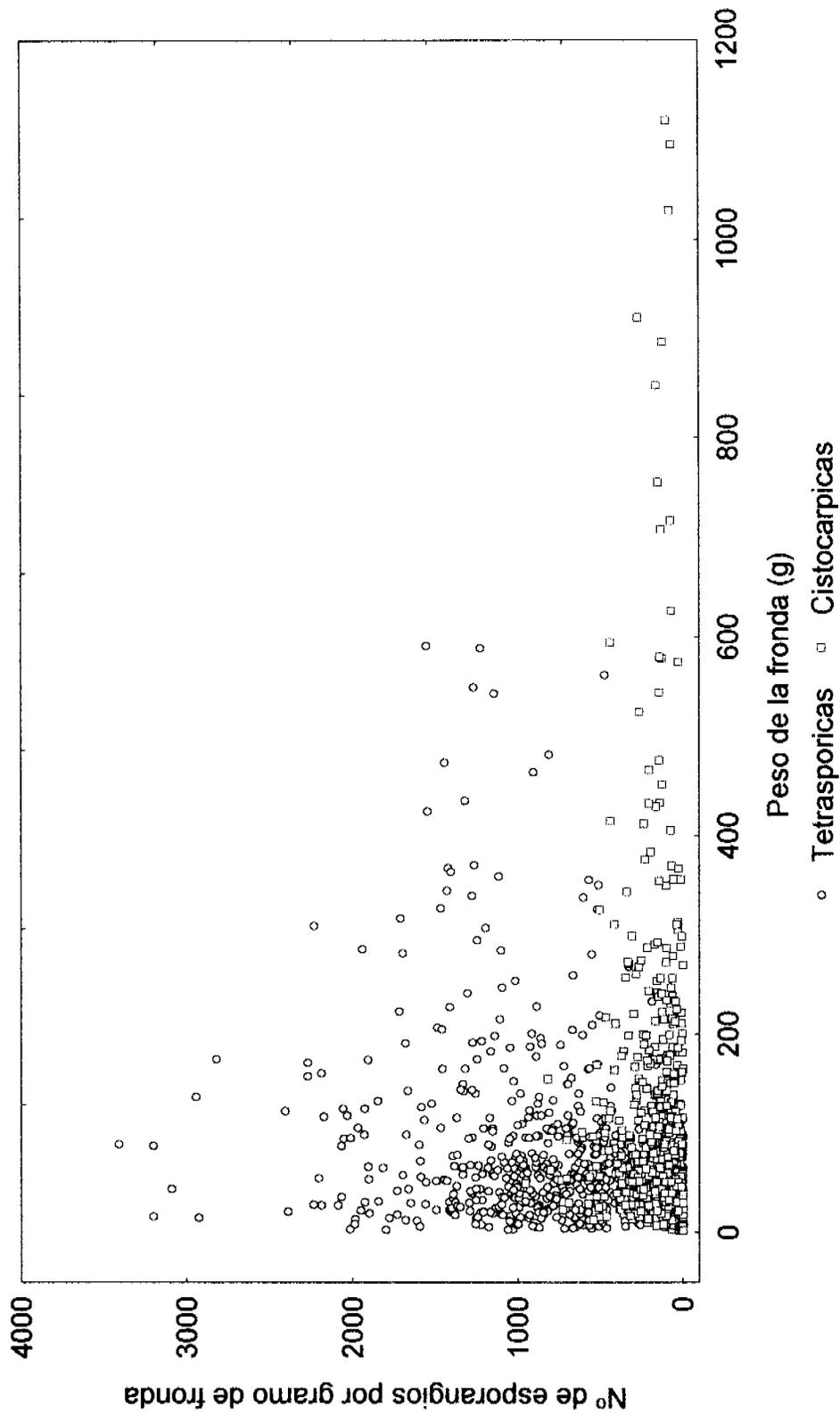


Figura 62. Distribución de frecuencia (%) por categoría de talla (cm) en *S. crispata* proveniente de las localidades de Quemchi (a) y Canal Chaiguao (b), X región.

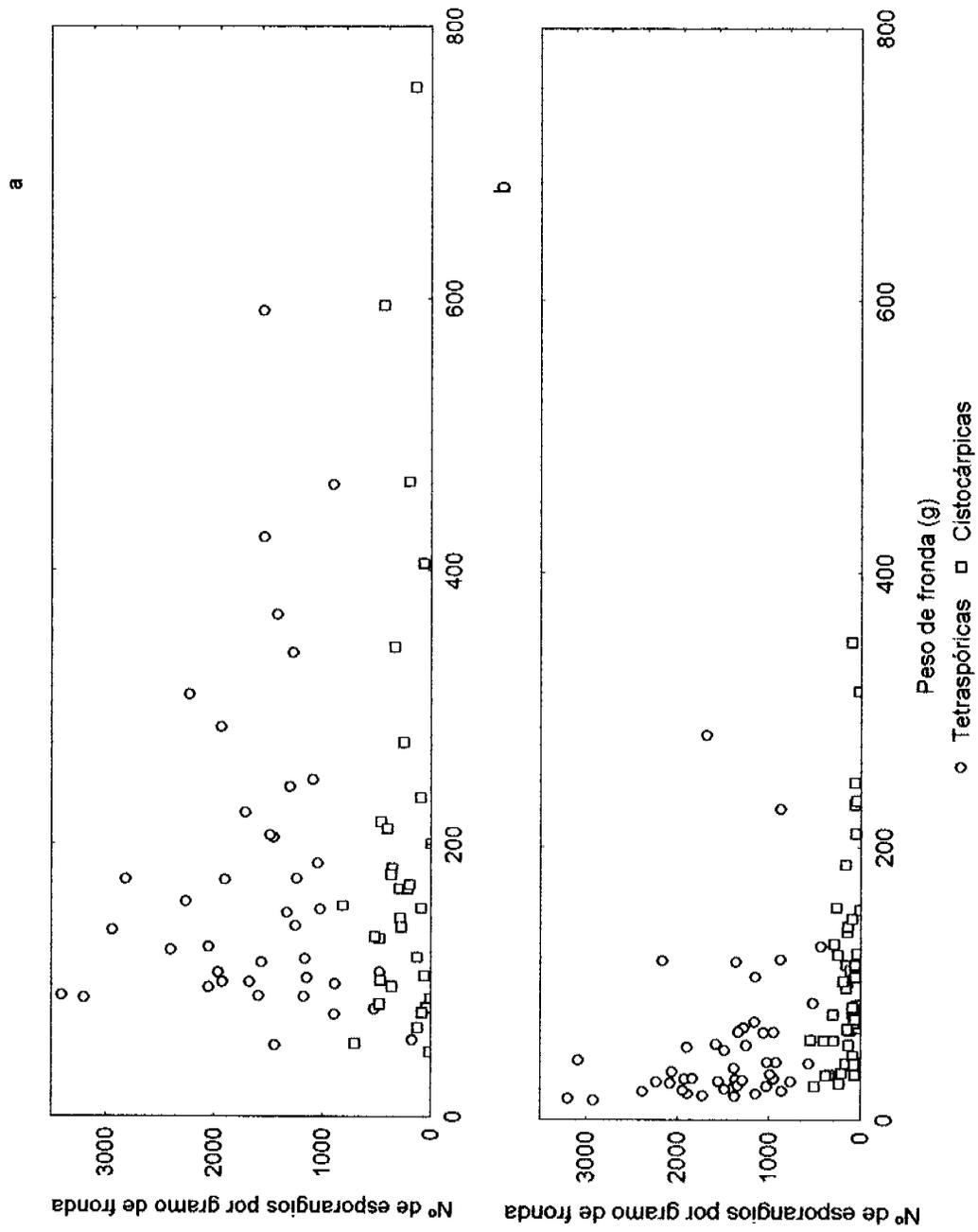
ANEXO 1



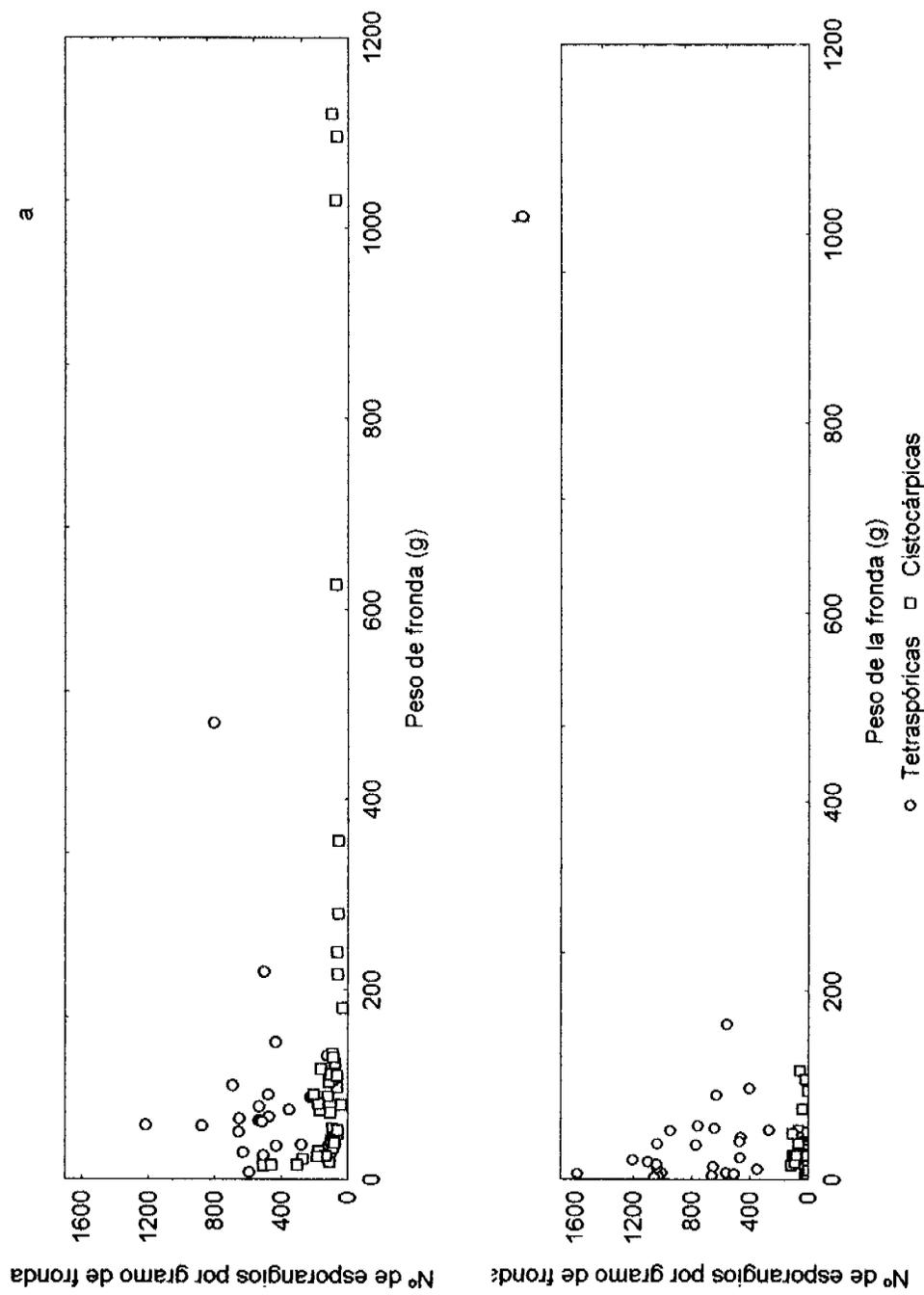
Anexo 1 figura a. Relación entre el esfuerzo reproductivo y el peso de las frondas, combinando las fases, para las cuatro praderas en las cuatro estaciones del año.



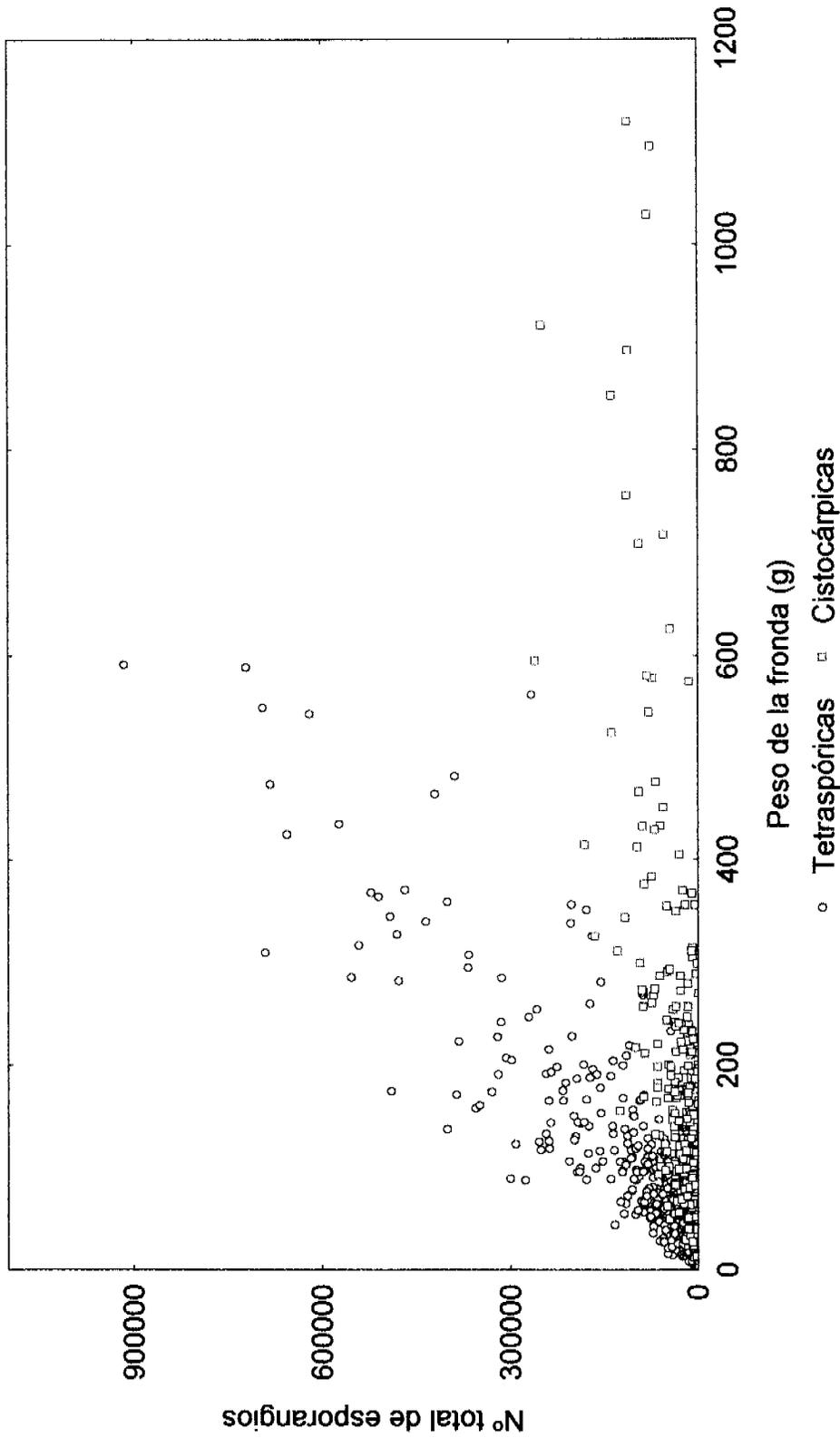
Anexo 1 figura b. Relación entre el esfuerzo reproductivo y el peso de las frondas tetraspóricas y cistocárpicas, combinando los muestreos de todo el año de las cuatro praderas.



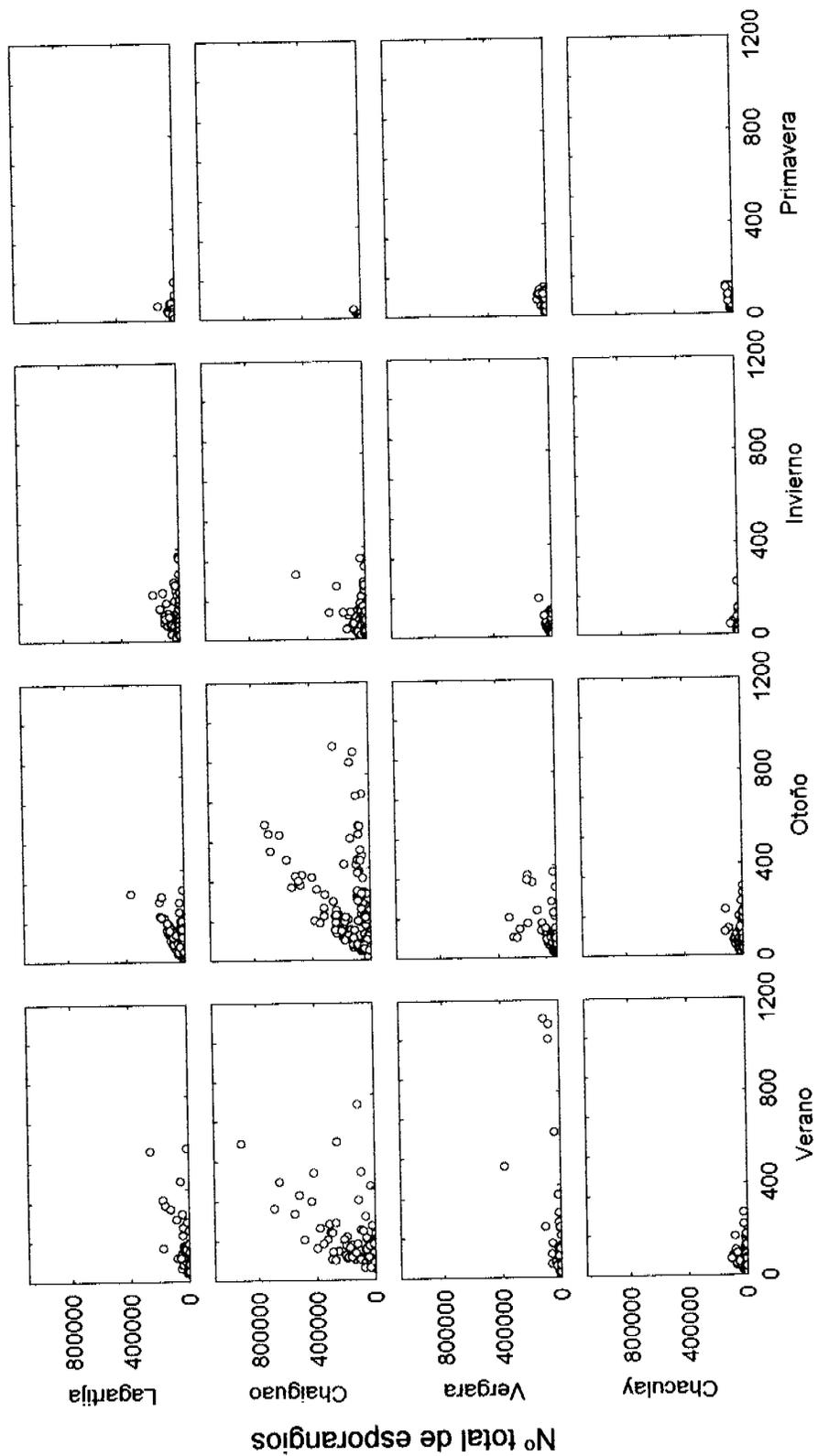
Anexo 1 figura c. Relación entre el esfuerzo reproductivo y el peso de las frondas tetraspóricas y cistocárpicas de la pradera de Canal Chaiguao en la X región, en verano (a) y en invierno (b).



Anexo 1 figura d. Relación entre el esfuerzo reproductivo y el peso de las frondas tetrasporicas y cistocarpicas de la pradera de Isla Chaculay en la XI región, en verano (a) y en invierno (b).



Anexo 1 figura e. Relación entre la fecundidad y el tamaño de las frondas tetraspóricas y cistocárpicas, combinando los muestreos de todo el año de las cuatro praderas.



Peso de la fronda (g)

Anexo 1 figura f. Relación entre la fecundidad y el tamaño de las frondas, combinando las fases, para las cuatro praderas en las cuatro estaciones del año.

ANEXO 2

Seminario/Taller "Bases para la implementación de medidas de protección para la luga negra (*Sarcothalia crispata* (Bory Leister))".

Durante el desarrollo del Proyecto "Investigación y manejo de praderas de luga en la X y XI Región" del Fondo de Investigaciones Pesqueras de 1999, la Unidad Técnica de Algas de la División de Acuicultura del Instituto de Fomento Pesquero, realizó en el marco de este proyecto un Seminario/Taller titulado "Bases para la implementación de medidas de protección para la luga negra (*Sarcothalia crispata* (Bory Leister))". Esta actividad de difusión fue realizada el 9 de Noviembre del 2000, en la ciudad de Puerto Montt y tuvo como objetivo dar a conocer a la comunidad involucrada en la investigación, regulación, explotación y comercialización de este recurso, la información que sobre esta especie se había generado en el desarrollo del proyecto, además de ser una instancia de discusión entre los participantes, para proponer medidas de manejo que permitan la sustentabilidad de la actividad económica que se genera con la explotación de este recurso.

En este Seminario/Taller participaron (ver lista asistentes) representantes de la Subsecretaría de Pesca, del Servicio Nacional de Pesca, Investigadores invitados de la Universidad de Concepción y de la Universidad Católica de la Sma. Concepción, Investigadores del Instituto de Fomento Pesquero, Empresarios de Industrias procesadoras de este recurso y Exportadores y representantes de diferentes Sindicatos y Asociaciones de Pescadores Artesanales de la X Región. Los temas abarcados (ver expositores) y que se detallan en tríptico adjunto, fueron sobre políticas de regulación de las actividades extractivas de macroalgas, sobre crecimiento de frondas y dinámica poblacional de praderas de esta especie, aspectos del comportamiento reproductivo y potencial reproductivo de la luga negra, sobre modelamiento de períodos óptimos de cosecha y manejo poblacional, además de la utilización de estas algas carragenófitas.

Como uno de los resultados que surgieron de este Seminario/Taller y que fue propiciado por los representantes de la Subsecretaría de Pesca, fue la creación de una comisión nacional de trabajo, integrada por la Subsecretaría de Pesca, SERNApesca, Empresarios, representantes de los pescadores artesanales y del Instituto de Fomento Pesquero, para discutir y proponer medidas que permitan regular la explotación de las poblaciones naturales de esta especie.

PERSONAS ASISTENTES

Edgardo Nova
Universidad de Concepción

Tomas Correa
Universidad de los Lagos

Carlos Sepúlveda
Sindicato Pescadores Quellón

Manira Matamala
Consultora Pupelde S.A

Jaime Saavedra
Danisco Cultor Chile S.A

Eduardo Weidner
Danisco Cultor Chile S.A

Natividad Marín
Danisco Cultor Chile S.A

Aline Bragg
Exportaciones Pampamar

Ximena Pino
Revista Aquanoticias

Pedro Vergara
Universidad de los Lagos Osorno

Pablo de la Piedra
Algas del Sur

Sergio Valenzuela
Repepresentante Gobernador Marítimo
Puerto Montt

Luis Cárdenas
Pescador Artesanal

Jaime Guala

Marcela Gallegos
Sernapesca
Sandra Traumann
Sernapesca

Verónica Guzman
Sernapesca

Pedro Ojeda
Presidente Pescadores Artesanales
Ancud

Nersio Saldivia
Rep. Pescadores Artesanales

Ruben Garcia
Pescador Artesanal

Marco Arismendi
Gelymar

Lucio Andrade
Gelymar

Rene Muñoz
Gelymar

Ariel Gonzalez
Gelymar

Jorge Ponzini
Gelymar

Enrique Venturelli
Gelymar

Fernanda Mikeles
Gelymar

Mailing Tang
Chile Pesquero

Claudio Carreño
U. de los Lagos

Helen Soto
U. de los Lagos

Cristian Muñoz
U. de los Lagos

Andrea Bolinger
Estudiante

Alberto Millaquen
U. de los Lagos

Sofía Solé
U. de los Lagos

Sandra Saavedra
U. Católica de la Santísima Concepción

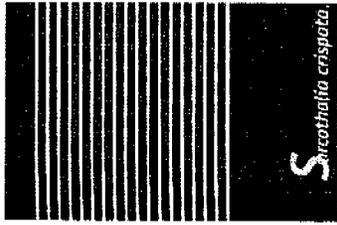
Karen Plaza
U. Católica de la Santísima Concepción

Leticia Carrasco
U. Católica de la Santísima Concepción

Fabiola Sepúlveda
oyente

EXPOSITORES

TEMA	EXPOSITOR	INSTITUCION
Política para regular las actividades extractivas de macroalgas.	Sr. Francisco Ponce	Subsecretaría de Pesca
Utilización y destino de algas carragenófitas	Sra. Natacha Fabres Sr. Ignacio Espinoza	Extractos Químicos Gelymar S.A.
Dinámica Poblacional y caracterización de poblaciones de <i>Sarcothalia crispata</i> en la VIII Región	Sr. Héctor Romo	Universidad de Concepción
Dinámica poblacional de <i>Sarcothalia crispata</i> en la X y XI Región	Sra. Marcela Ávila	Instituto de Fomento Pesquero
Crecimiento vegetativo en <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas naturales de la X y XI Región	Sr. Julián Cáceres	Instituto de Fomento Pesquero
Comportamiento Reproductivo de <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas naturales de la X y XI Región	Sr. Rodrigo San Martín	Instituto de Fomento Pesquero
Potencial Reproductivo en <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas de la X y XI Región	Sr. Arturo Candia	Instituto de Fomento Pesquero
Modelamiento de los períodos óptimos de cosecha en praderas naturales de <i>Sarcothalia crispata</i> .	Sr. Jorge González	Instituto de Fomento Pesquero
Importancia potencial de los procesos autogénicos y dinámica espacial en el manejo poblacional de <i>Sarcothalia crispata</i>	Sr. Patricio Camus	Universidad Católica de la Santísima Concepción .



Sarcothalia crispata, es una especie de alga roja que presenta una o más laminas de color pardo-rojizo las que alcanzan longitudes de hasta 90 cm. Se adhiere a sustrato rocoso por medio de un disco perenne y en su porción basal se observan pequeñas proliferaciones similares a cilios, en los márgenes laterales de la lámina. Se distribuye a lo largo de la costa desde Valparaíso hacia el sur, hasta Tierra del Fuego y generalmente su distribución batimétrica abarca desde la zona intermareal baja, a la zona submareal. Se caracteriza por presentar un ciclo de vida trífásico con



alternancia de generaciones isomórficas. Las plantas cistocárpicas presentan papilas externas, las que otorgan una textura rugosa al talo; los cistocarpos se desarrollan en el interior del talo. Las plantas tetrasporícas presentan los soros inmersos en el talo distribuyéndose por toda la fronda.

"Bases para la implementación de medidas de protección para la luga negra (*Sarcothalia crispata* (Bory) Leister)".

Inscripción	12:10- 13:00	Panel de preguntas
Inauguración	13:00- 14:30	Almuerzo
Política para regular las actividades extractivas de macroalgas.	14:30- 14:50	"Comportamiento Reproductivo de <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas naturales de la X y XI Región.
Expositor: Francisco Ponce, Subsecretaria de Pesca		Expositor: Rodrigo San Martín, Instituto de Fomento Pesquero
Utilización y destino de las algas carragenófitas.	14:50- 15:10	"Potencial Reproductivo en <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas de la X y XI Región.
Expositor: Extractos Químicos Gelymar.		Expositor: Arturo Candía, Instituto de Fomento Pesquero
"Dinámica poblacional y caracterización de poblaciones de <i>Sarcothalia crispata</i> en la VIII Región.	15:10-15:30	"Modelamiento de los períodos óptimos de cosecha en praderas naturales de <i>Sarcothalia crispata</i> .
Expositor: Héctor Romo, Universidad de Concepción."		Expositor: Jorge González, Instituto de Fomento Pesquero."
Café	15:30-15:45	Café
"Dinámica poblacional de <i>Sarcothalia crispata</i> en la X y XI Región.	15:45- 16:05	"Importancia potencial de los procesos autogénicos y dinámica espacial en el manejo poblacional de <i>Sarcothalia crispata</i> .
Expositor: Marcela Avila, Instituto de Fomento Pesquero."		Expositor: Patricio Camus, Universidad Católica de la Santísima Concepción."
"Crecimiento vegetativo en <i>Sarcothalia crispata</i> en praderas naturales de la X y XI Región.	16:05- 16:30	Panel de preguntas
Expositor: Julián Cáceres, Instituto de Fomento Pesquero"	16:30	Clausura

INFORMACIONES

Fecha: 09 de Noviembre, 2000
Inicio: 09:30 hrs (Inscripción)
Término: 16:30 hrs.

Lugar: Club Alemán,
Calle A. Varas 264,
Puerto Montt

Valor: \$ 10.000 (US \$ 18.--)

ORGANIZA:

Instituto de Fomento Pesquero

PATROCINA:

**Subsecretaría de Pesca
FIP**

Información/Inscripción:

<http://www.seminario-algas.8k.com>
e-mail seminario:
mavita@ifop.cl

Fonos: (65) 250085
259995
Fax: (65) 262961

Unidad Técnica de Algas
Fono 250085-259995
Puerto Montt



División de Acuicultura
Balmaceda 252 • Casilla 665
Teléfonos: (4456) (65)
250085
264697
262563
259995
Fax: 262961
e-mail: ebustos@ifop.cl

Huelhue
Camino Manao s/n
(X Región)

Putemún
Ten- Ten s/n, Fax: 65- 634523
(X Región)

Coyhaique
"Dr. Shiraitshi" Centro de
 piscicultura
Camino Aeropuerto Tte. Vidal s/n
Teléfono: 67-231419, Fax: 67-
233075
(XI Región)

Puerto Cracabuco
Ensenada Baja, Fonofax: 67-
351104
(XI Región)

**Instituto de Fomento Pesquero
(IFOP)**
Oficina Central:
Valparaíso
Hufo 374, Casilla 8.Y
Teléfono 56 - 32 212630,
Fax: 56 - 32 -213178
Código Postal 2370282
www.ifop.cl



Seminario/Taller:
"Bases para la
implementación de medidas
de protección para la luga
negra (*Sarcothalia crispata*
(Bory) Leister)"



Proyecto FIP 99 - 21:
"Investigación y manejo de praderas
de luga en la X y XI Región."

09 DE NOVIEMBRE 2000
Club Alemán, Puerto Montt, Chile



GOBIERNO DE CHILE
SUBSECRETARÍA DE PESCA

**División de Acuicultura
Instituto de Fomento Pesquero**



ANEXO 3

Anexo N° 3

Observaciones al tipo de sustrato, la resistencia y permanencia de los discos de *Sarcothalia crispata*.

Durante el desarrollo de las actividades de terreno el grupo de trabajo realizó una serie de observaciones relacionadas con los discos de adhesión de *Sarcothalia crispata*, las que se pueden resumir en 3 aseveraciones:

1. Las observaciones de terreno indican que la mayoría de las frondas están adheridas sobre o asociadas a algas coralináceas.
2. Al jalar las frondas de *S. crispata*, estas pueden desprenderse con el disco de fijación.
3. Aparentemente los discos son capaces de permanecer durante la época de mínima biomasa, puesto que se observaron pequeños talos de *S. crispata* adheridos al sustrato durante este período.

Para corroborar estas observaciones se diseñó una metodología que fue desarrollada durante la última salida a terreno en las praderas de la XI región y en la localidad de Canal Chaiguao en la X Región.

Para determinar si existe una mayor proporción de frondas de *S. crispata* asentadas sobre algas coralináceas, se realizó un muestreo en un transecto paralelo a la costa con un cuadrante de 10 cm² que fue instalado cada 20 m, al interior del cuál se observó el sustrato sobre el cual estaban asentadas las frondas de luga, para esto se definieron 3 criterios:

- a) sobre coralinacea,
- b) sobre roca
- c) sobre otro (algas crustosas o filamentosas, briozoos, cirripedios, u otros organismos incrustantes).

Los resultados se presentan en un gráfico de frecuencia de ocurrencia de *S. crispata* sobre cada tipo de sustrato (Fig. 1).

Para determinar si existe alguna relación entre la biomasa de las plantas y el desprendimiento del disco durante la cosecha se utilizaron las muestras obtenidas de los cuadrantes cosechados jalando las frondas (cosecha a nivel

del estipe) de los experimentos de período de cosecha, a cada fronda cosechada se le determinó la biomasa (gr) y se registró si presentaba el disco de adhesión (Fig. 2a). Los resultados se presentan como número de frondas que salen con el disco y que se cortan a la altura del estipe versus la biomasa (Fig. 3).

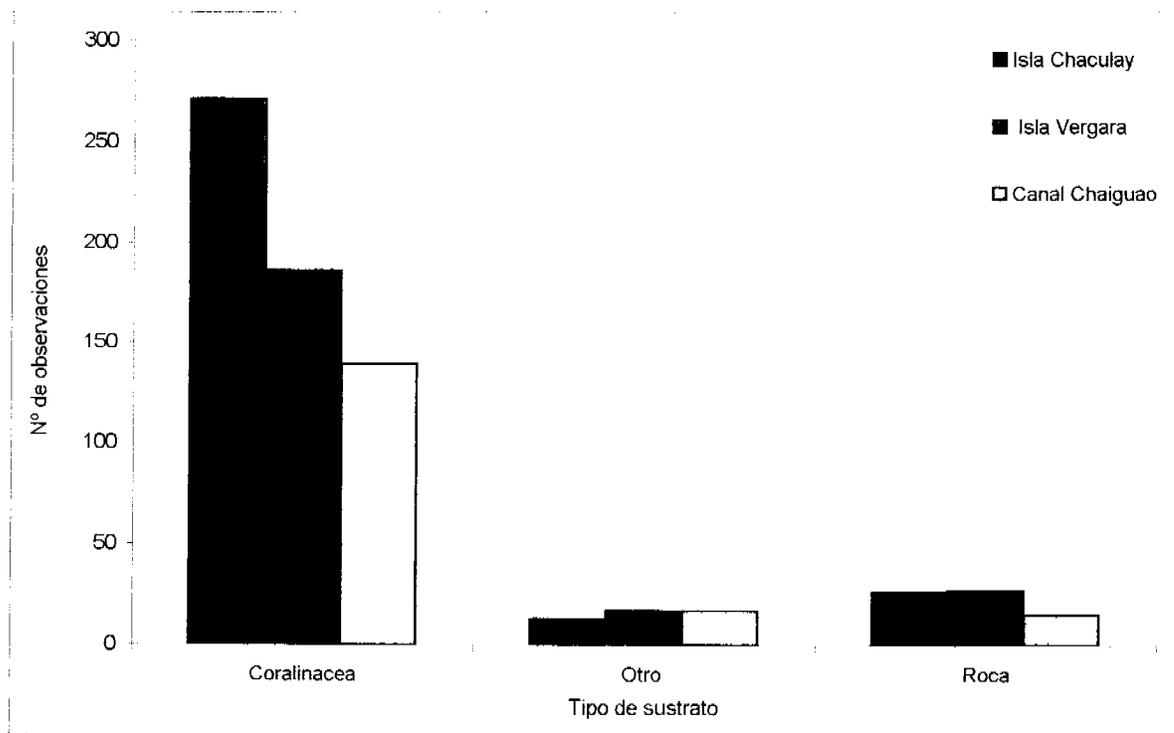
La permanencia de los discos de adhesión durante las épocas de mínima biomasa se evaluó en forma cualitativa trayendo piedras de la pradera y realizando observaciones bajo lupa, en la mayoría de los casos se observan pequeños talos de *S. crispata* creciendo sobre el sustrato (Fig. 2b).

Resultados.

Los resultados de las observaciones del tipo de sustrato de asentamiento de *S. crispata* indican que en las tres localidades muestreadas la mayoría de las plantas están sobre algas coralináceas, y que el número de frondas sobre otro tipo de sustrato y sobre roca desnuda no es distinto (Fig.1).

Para la evaluación de desprendimiento de discos, los resultados indican que no existe diferencia significativa entre el número de plantas que pierden el disco con la biomasa (Figura 3).

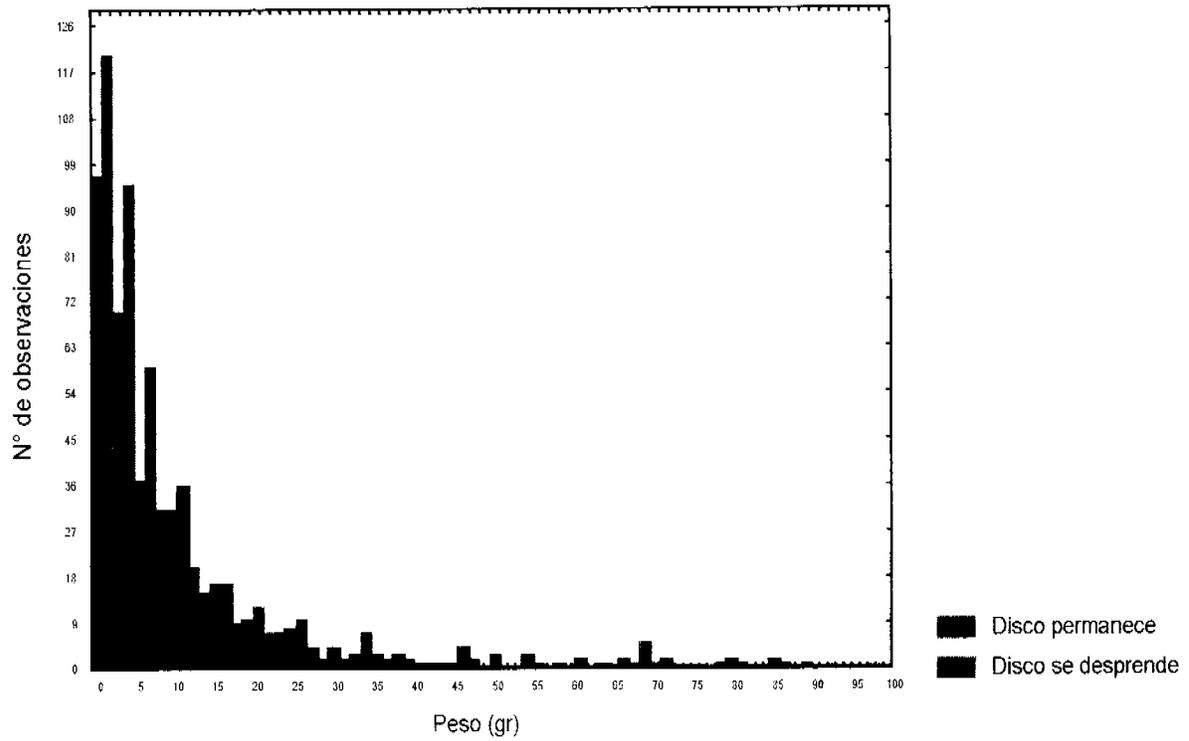
Se presenta una fotografía correspondiente a la localidad de Canal Chaiguao, donde se puede observar un talo pequeño de *S. crispata* (Fig 2b), la muestra fue obtenida durante el mes de Julio.



Anexo 3. Figura 1. Frecuencia de ocurrencia de *Sarcothalia crispata* sobre algas coralíneas, otros organismos incrustantes (briozoos, algas crustosas, cirripedios) y sobre roca desnuda.



Anexo 3. Figura 2 a). Fronda de *S. crispata* cosechada con el disco de fijación.
b) Talo de *S. crispata* , permanencia durante la época de mínima biomasa.



Anexo 3. Figura 3. Frecuencia de permanencia y desprendimiento de discos de *Sarcothalia crispata* cosechados en forma manual (muestra proveniente de las capturas artesanales).