

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

" DEMOGRAFIA, MORFOMETRIA Y BIOMASA DE *Zostera marina* L. EN TRES
LAGUNAS COSTERAS DE LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENINSULA DE
BAJA CALIFORNIA, MEXICO. "

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA
RUTH VARELA VALENCIA

ENSENADA, B.C., MARZO DEL 2001

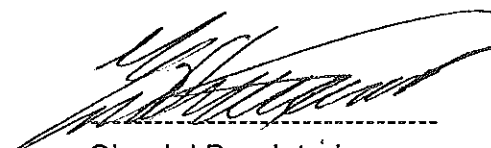
" DEMOGRAFIA, MORFOMETRIA Y BIOMASA DE *Zostera marina* L. EN TRES LAGUNAS COSTERAS DE LA COSTA OCCIDENTAL DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO. "

T E S I S
QUE PRESENTA:
RUTH VARELA VALENCIA

Aprobada por:



Presidente del jurado
Dra. Silvia Emilia Ibarra Obando



Sinodal Propietario
Dr. Guillermo Villareal Chavez



Sinodal Propietario
Oc. Raúl Aguilar Rosas

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio enfocado a describir la estructura de las praderas de *Zostera marina* L. en Bahía San Quintín, Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio. En Bahía San Quintín se instaló un transecto en cada uno de los brazos de la bahía, por lo que a lo largo del trabajo se hace referencia a Bahía San Quintín, Bahía Falsa, Ojo de Liebre y San Ignacio. El estudio se realizó de abril de 1999 a abril del 2000, con colectas cada 6 semanas a lo largo de transectos perpendiculares a la línea de costa, en los que se reconocieron un nivel superior, medio e inferior respectivamente. Las variables analizadas fueron: densidad de haces vegetativos, de ramas laterales de haces reproductivos y de hojas sueltas; Morfometría, que incluyó la longitud total del haz, el número de hojas por haz y el Índice de Area Foliar (LAI); biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos y reproductivos. Los resultados representan el promedio anual obtenido a partir de los promedios por colecta (n=8), así como su máximo y mínimo. Estos resultados también se analizaron como porcentajes. La densidad no mostró un patrón de variación definido en función de la profundidad, pero sí en función de la latitud, con mayores valores en las lagunas costeras de Baja California Sur. La densidad de haces reproductivos representó entre un 3 y un 5% de la densidad total de haces y la fase reproductiva tuvo mayor duración en Bahía San Quintín (7 meses) que en San Ignacio (3 meses). La longitud total de los haces también se redujo de norte a sur, con valores promedios de 76 cm por haz en San Quintín y 23 cm en San Ignacio. En general, los haces vegetativos presentaron 4 hojas por haz, a excepción de Ojo de Liebre que presentó un valor promedio de 3 hojas por haz. El LAI disminuyó también de norte a sur, indicando la presencia de hojas más chicas en San Ignacio que en San Quintín, pero mostró una tendencia a aumentar con la profundidad. La biomasa foliar de haces vegetativos fue también menor en San Ignacio que en San Quintín y, por lo general los valores máximos se encontraron en verano – otoño. Esta variable también aumentó en función de la profundidad. La biomasa subterránea incrementó de norte a sur, mostrando el mismo patrón estacional que la biomasa foliar.

AGRADECIMIENTOS

A la Dr. Silvia E. Ibarra Obando, por aceptar dirigir esta tesis y por su ayuda en la realización de la misma.

Al Dr. Guillermo Villareal Chavez, por tomarse el tiempo de leer mi tesis y por sus comentarios a la misma.

Al Oc. Raúl Aguilar Rosas, por todo su tiempo invertido en la corrección de esta tesis y por todos sus comentarios.

A la M. C. Miriam Poumián Tapia, por su ayuda, paciencia y dedicación durante todo el tiempo de elaboración de esta tesis.

Al P.O. Julio César Hernández Montoya por su excelente ayuda en el trabajo de campo y su paciencia en los momentos más difíciles.

A la Oc. Mayra González Tamayo por su ayuda en el análisis de muestras.

A la M. C. Dulce Ma de Fatima Partida por su ayuda en el análisis de muestras

A los P. O. Rodrigo de la Peña Munch y Benjamin Casillas López por toda su ayuda, observaciones y apoyo durante todo este tiempo "Gracias amigos".

A las organizaciones: United States Fish and Wildlife Service: North America Wetland Conservation Council, Ducks Unlimited de México, Duck Unlimited Inc., United States Geological Survey: Alaska Biological Science Center, que proporcionaron los fondos.

Agradecimientos especiales a Dorothy y Richard Wheeler en Bahía San Quintín, Exportadora de Sal, S. A. de C. V. en Laguna Ojo de Liebre y a Kuyima en San Ignacio.

A Matthew Anderson, Melisa Bautista, Karen Brennenman, Joel Kiesau; Daniel Rizzoli, Adrian Gall, Tricia Gorby, Janet Beagley, Danielle Mather y James Hall por su ayuda en la colecta de muestras en Bahía San Quintín, Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio.

A mi mamá, Rosario del Carmen Valencia Pulido, por que en todos estos años siempre me diste fuerzas para seguir adelante y no dejaste que me dejara vencer

A mi papá, Sergio Varela Reyes, porque en todos los momentos difíciles siempre estas ahí, dispuesto a escuchar mi llanto

A ti Karin, aunque en estos momentos estas lejos, siempre estas conmigo.

A ti mi yul, por todo lo que he aprendido a tu lado, y gracias por indicarme cual era el lado amable en todo momento.

INDICE

	Páginas
Introducción	1
Hipótesis de Trabajo	10
Objetivos	10
Materiales y Métodos	11
1. Area de estudio	11
1.1 Bahía San Quintín	12
1.2 Laguna Ojo de Liebre	16
1.3 Laguna San Ignacio	17
2. Metodología	21
2.1 Metodología de campo	22
2.2 Metodología de laboratorio	23
2.3 Tratamiento de datos	24
Resultados	26
1. Densidad	26
1.1 Porcentaje de haces vegetativos	26
1.1.1 Bahía San Quintín	26
1.1.2 Bahía Falsa	29
1.1.3 Laguna Ojo de Liebre	32
1.1.4 Laguna San Ignacio	35

1.2	Porcentaje de haces reproductivos	39
1.2.1	Bahía San Quintín	39
1.2.2	Bahía Falsa	42
1.2.3	Laguna Ojo de Liebre	44
1.2.4	Laguna San Ignacio	47
1.3	Densidad de hojas sueltas	51
1.3.1	Bahía San Quintín	51
1.3.2	Bahía Falsa	51
1.3.3	Laguna Ojo de Liebre	52
1.3.4	Laguna San Ignacio	52
2.	Morfometría	57
2.1	Longitud total del haz y Número de hojas por haz	57
2.1.1	Bahía San Quintín	57
2.1.2	Bahía Falsa	60
2.1.3	Laguna Ojo de Liebre	63
2.1.4	Laguna San Ignacio	66
2.2	Índice de Área Foliar	70
2.2.1	Bahía San Quintín	70
2.2.2	Bahía Falsa	72
2.2.3	Laguna Ojo de Liebre	75
2.2.4	Laguna San Ignacio	78

3.	Biomasa	86
3.1	Biomasa de haces vegetativos	86
3.1.1	Bahía San Quintín	86
3.1.2	Bahía Falsa	89
3.1.3	Laguna Ojo de Liebre	92
3.1.4	Laguna San Ignacio	95
3.2	Biomasa de haces reproductivos	98
3.2.1	Bahía San Quintín	98
3.2.2	Bahía Falsa	99
3.2.3	Laguna Ojo de Liebre	99
3.2.4	Laguna San Ignacio	100
	Discusión	105
	Conclusiones	129
	Referencias	131

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Pagina</u>
I	Fechas de colecta durante el periodo.	21
II	Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces /m ²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales) haces reproductivos y hojas sueltas para Bahía San Quintin durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	53
III	Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces /m ²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Bahía Falsa durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	54
IV	Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces /m ²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	55
V	Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces /m ²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	56
VI	Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Bahía San Quintin durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	82
VII	Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Bahía Falsa durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	83
VIII	Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	84
IX	Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.	85

LISTA DE TABLAS (continuación)

- | | | |
|-------|--|-----|
| X | Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m ²) para Bahía San Quintín durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ±1 error estándar. | 101 |
| XI | Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m ²) para Bahía Falsa durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ±1 error estándar. | 102 |
| XII | Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m ²) para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ±1 error estándar. | 103 |
| XIII | Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m ²) para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ±1 error estándar. | 104 |
| XIV | Valores promedio de densidad por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ±1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por Log ₁₀ +1. | 106 |
| XV | Promedio global de la densidad de haces vegetativos en los 4 sitios de muestreo durante el periodo abril 1999 a abril 2000. | 109 |
| XVI | Densidad de haces vegetativos (No. de haces/m ²) y porcentajes de haces reproductivos en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Ibarra-Obando, 1992) | 111 |
| XVII | Clasificación de las praderas de <i>Z. marina</i> (Ibarra-Obando, 1992). | 112 |
| XVIII | Clasificación de las praderas según el intervalo de variación de la densidad de haces vegetativos de acuerdo al criterio de Ibarra-Obando (1992) | 112 |
| XIX | Fechas de aparición, desaparición y meses de permanencia de haces reproductivos de <i>Z. marina</i> , en los 4 sitios estudiados | 114 |

LISTA DE TABLAS (continuación)

- XX Valores promedio por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por $\text{Log}_{10}+1$. 118
- XXI Longitud total del haz (cm) en distintas localidades del mundo. 119
- XXII Índice de área foliar (LAI), en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Ibarra-Obando, 1992) 122
- XXIII Valores promedio por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por $\text{Log}_{10}+1$. 124
- XXIV Biomasa foliar y subterránea (g peso seco/m^2) en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Poumian-Tapia e Ibarra-Obando, 1999) 125
- XXV Proporción de biomasa foliar/biomasa subterránea de *Z. marina* en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Poumian-Tapia, 1995) 128

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página.</u>
1	a) Haz vegetativo y b) Haz reproductivo de <i>Zostera marina</i> (Tomado y modificado de Dawes, 1991)	5
2	Distribución de las lagunas costeras estudiadas a lo largo de la península de Baja California. (Fuente: Anónimo)	11
3	Localización de las áreas de colecta en San Quintín.	15
4	Localización del área de colecta en Laguna Ojo de Liebre.	19
5	Localización del área de colecta en Laguna San Ignacio.	20
6	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Bahía San Quintín.	27
7	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Bahía San Quintín.	28
8	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Bahía San Quintín.	29
9	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Bahía Falsa.	30
10	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Bahía Falsa.	31
11	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Bahía Falsa.	32
12	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.	33
13	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.	34

LISTA DE FIGURAS (continuación)

14	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre	35
15	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Laguna San Ignacio.	36
16	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Laguna San Ignacio.	37
17	Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.	38
18	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel superior de Bahía San Quintín.	39
19	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel medio de Bahía San Quintín.	40
20	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel inferior de Bahía San Quintín.	41
21	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel superior de Bahía Falsa.	42
22	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel medio de Bahía Falsa.	43
23	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel inferior de Bahía Falsa.	44
24	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.	45
25	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.	46
26	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.	47
27	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel superior de Laguna San Ignacio.	48

LISTA DE FIGURAS (continuación)

28	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel medio de Laguna San Ignacio.	49
29	Porcentaje total de haces de <i>Z. marina</i> en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.	50
30	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Bahía San Quintín	58
31	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Bahía San Quintín	59
32	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Bahía San Quintín	60
33	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Bahía Falsa.	61
34	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Bahía Falsa.	62
35	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Bahía Falsa.	63
36	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.	64
37	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre	65
38	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.	66
39	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Laguna San Ignacio.	67
40	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Laguna San Ignacio.	68
41	Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.	69

LISTA DE FIGURAS (continuación)

42	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Bahía San Quintín.	70
43	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Bahía San Quintín.	71
44	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Bahía San Quintín.	72
45	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Bahía Falsa.	73
46	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Bahía Falsa.	74
47	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Bahía Falsa.	75
48	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre	76
49	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.	77
50	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.	78
51	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Laguna San Ignacio.	79
52	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Laguna San Ignacio.	80
53	Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.	81
54	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior en Bahía San Quintín.	87
55	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Bahía San Quintín.	88

LISTA DE FIGURAS (continuación)

56	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Bahía San Quintín.	89
57	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de Bahía Falsa.	90
58	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Bahía Falsa.	91
59	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Bahía Falsa.	92
60	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre	93
61	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.	94
62	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.	95
63	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de Laguna San Ignacio.	96
64	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Laguna San Ignacio.	96
65	Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.	97

INTRODUCCIÓN

Una laguna costera es un cuerpo de agua que tiene una comunicación permanente o efímera con el mar. La variabilidad en las características de textura y bioquímica de los sedimentos, las diversas velocidades de las corrientes, la posición geográfica, que lleva consigo el impacto de diversas temperaturas, intensidades luminosas y salinidades, determinan que cada laguna presente un comportamiento ambiental único que determinará el tipo y cantidad de flora y fauna, tanto terrestre como acuática, que esté presente (Phleger, 1969). Las lagunas costeras albergan un gran número de especies animales y vegetales. Estas últimas juegan un papel muy importante, pues, como productores primarios, representan la base de la cadena alimenticia (Zedler, 1982). Dentro de la vegetación acuática en las lagunas costeras de la zona templada se han reportado diferentes especies de microalgas bentónicas, epífitas y planctónicas, macroalgas, pastos de marismas y pastos marinos (Contreras, 1993).

Los pastos marinos o fanerógamas marinas se distribuyen ampliamente en la zona costera a nivel mundial. Se encuentran en América del Norte, en el Mar Rojo, en el Mediterráneo, en Japón, en la costa este de África, en Australia y Asia. En México, los podemos encontrar en casi todo el litoral, excepto en el Pacífico Tropical Mexicano (Dawes, 1991). Las fanerógamas marinas se

consideran un grupo morfológicamente uniforme, ya que los haces vegetativos de casi todos los géneros muestran el mismo aspecto; es decir, un sistema de raíces y rizomas bien desarrollado y hojas lanceoladas, siendo la única excepción *Halophila sp.* Dentro de este patrón básico se presenta una gran diversidad en la forma de crecimiento, el sistema de ramificación y la estructura anatómica (den Hartog, 1977). La utilización del espacio disponible por las fanerógamas no solo es en sentido vertical y horizontal, sino en forma tridimensional. Esta última variante es la arquitectura, que se considera como la característica estructural más importante para el funcionamiento de la comunidad (den Hartog, 1982). La arquitectura varía en función del ciclo anual de actividad de la fanerógama, la diferenciación morfológica de la o las especies dominantes y su velocidad de producción y pérdida de hojas. Estas variables, a su vez, determinan las posibilidades de establecimiento de otros organismos (den Hartog y van der Velde, 1988). Las funciones de los pastos marinos en el ecosistema, se detallan a continuación (Wood *et al.*, 1969):

- 1) Actúan como alimento de un número limitado de organismos que incluyen peces, erizos, nudibranchios y tortugas.
- 2) Sirven como substrato para el gran número de epífitas que a su vez son consumidas por organismos. La biomasa de estas epífitas puede llegar a ser comparable con la de los pastos marinos.

- 3) Proveen gran cantidad de detritus que sirve como alimento para ciertas especies animales y para microorganismos que son consumidos por organismos mayores.
- 4) Proveen la materia orgánica para iniciar la reducción del sulfato y mantener activo el ciclo del azufre.
- 5) Fijan los sedimentos y evitan la erosión, preservando la flora microbiana del sedimento y la interfase sedimento-agua.
- 6) Retienen material orgánico e inorgánico al frenar las corrientes y estabilizar los sedimentos.
- 7) Los pastos marinos tienen una alta tasa de crecimiento y producen entre 2 y 10g de hoja seca por m² por día.

En las lagunas costeras de la costa Pacífico de Baja California se encuentran dos especies de pastos marinos: *Zostera marina* Linneo y *Ruppia maritima* Linneo (Ibarra-Obando, 1989; Ibarra-Obando y Ríos, 1993.). A nivel mundial *Z. marina* tiene una amplia distribución, ya que se encuentra en el Océano Pacífico, en el Atlántico Norte, e incluso en el Circulo Polar Ártico. Es poco abundante en los mares Negro y Mediterráneo (Setchell, 1933; den Hartog, 1970). A lo largo de la costa Pacífico de Norteamérica, su límite sur se ha reportado en las costas de Sinaloa (den Hartog, 1970; Phillips y Backman, 1983 y Wiggins, 1980). Phillips, en 1978, reporta a *Z. marina* como una especie de clima templado de la zona submareal, extendiéndose a las

regiones intermareales bajas de lagunas poco profundas sobre la arena, fango, o una mezcla de estos materiales.

Morfológicamente, *Zostera marina* tiene dos tipos de haces, vegetativo y reproductivo. El haz vegetativo, sostiene a las hojas planas en forma de listón y a un rizoma horizontal de crecimiento indeterminado (Fig. 1a). Las raíces aparecen en pares de manojos en cada nudo. Las hojas tienen un meristemo basal a partir del cual se inicia el crecimiento (Tomlinson, 1974). El haz reproductivo es más delgado, erecto, con ramificaciones y flores (Fig. 1b). Los tallos reproductivos tienen espadas, que están formadas por una hoja y una vaina, ésta envuelve a un espádice lanceolado y monoico, en el cual se encuentran las flores femeninas (pistilos) y las flores masculinas (anteras) (Jacobs y Pierson, 1981; Ibarra-Obando, 1986).

Anatómicamente los pastos se dividen en dos porciones, una foliar y una subterránea. La primera está formada por hojas y vainas en los haces vegetativos, incluyéndose espádices y semillas en el caso de los haces reproductivos. La parte subterránea la conforman las raíces y rizomas (Dawes, 1991) (Fig. 1a y b).

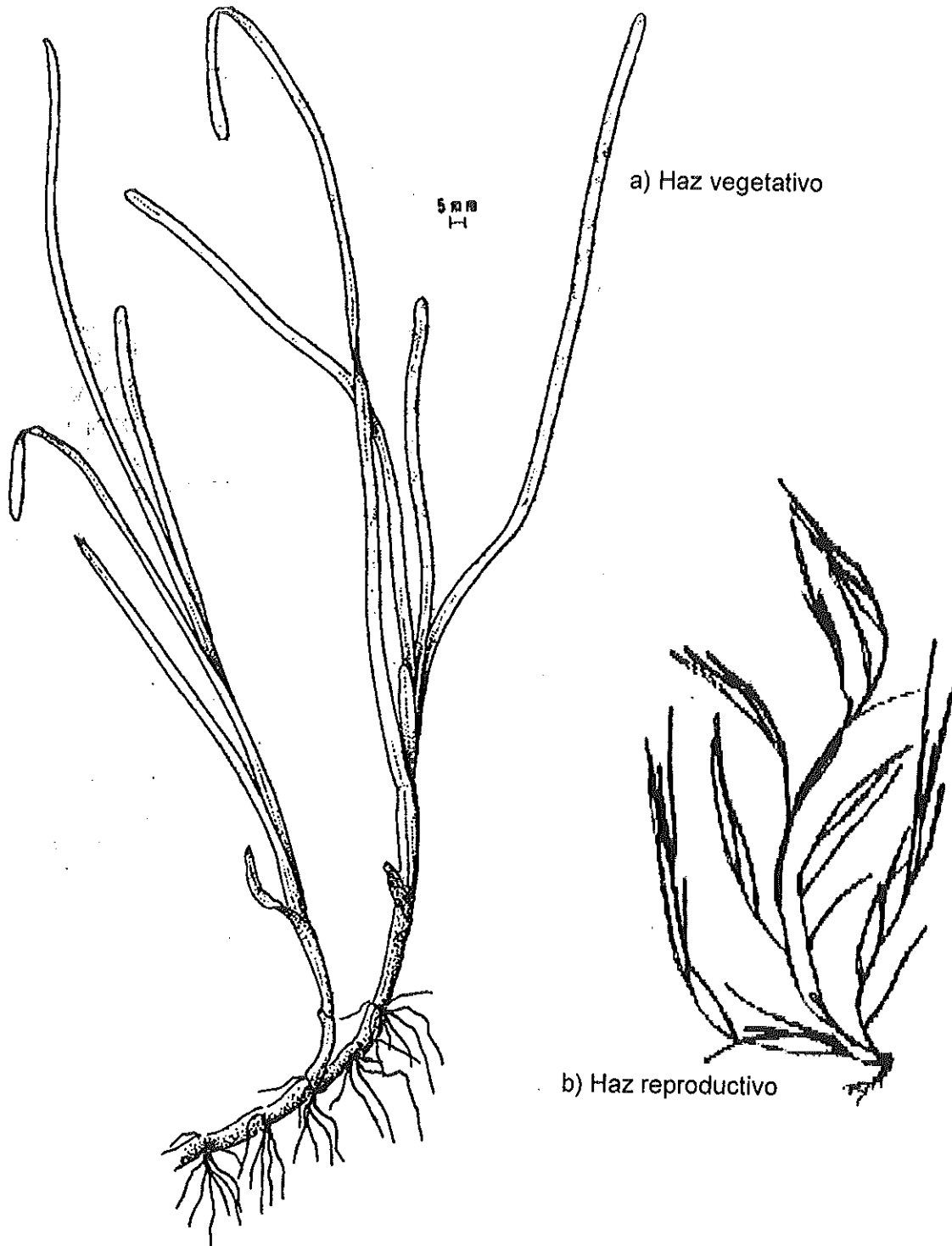


Figura 1. a) Haz vegetativo y b) Haz reproductivo de *Zostera marina* (Tomado y modificado de Dawes, 1991)

Los primeros estudios de *Z. marina* realizados en la costa Pacífico de Baja California, reportan únicamente su presencia y distribución (Dawson, 1951). El primer estudio enfocado a estimar las variaciones estacionales y verticales en la biomasa y densidad de *Z. marina* en Bahía San Quintín es el de Poumian-Tapia (1986). Este estudio concluyó que, a excepción de Alaska y Oregon, en Bahía San Quintín se presentaba una mayor densidad de haces vegetativos que en otros sitios de la costa oeste del Pacífico; las fluctuaciones en el patrón temporal de densidad total de haces estaban relacionadas con las fluctuaciones temporales en la intensidad luminosa.

En ese mismo estudio, la biomasa aérea total encontrada en Bahía San Quintín fue mayor, en promedio, a la reportada para otras localidades del Pacífico en la misma época y en un intervalo de marea similar; sin embargo, en este estudio, sólo se colectaron muestras durante seis meses (junio a diciembre de 1992) y se encontraron los valores máximos de biomasa y densidad en agosto y los mínimos en diciembre. Recientemente, Poumián-Tapia e Ibarra-Obando (1999) reportaron datos de un ciclo anual (1987-1988) con máximos de densidad de haces vegetativos en julio y mínimos en diciembre. La biomasa foliar fue máxima en octubre y mínima en febrero. Las variaciones anuales en biomasa foliar e Índice de Área Foliar (LAI, por sus siglas en inglés) parecen

estar relacionados con la temperatura del agua. Cabe hacer mención de que la luz no fue incluida en este análisis debido a la falta de un muestreo continuo.

Ibarra-Obando *et al.*, (1997) analizaron los intervalos de radiación solar total y temperatura del agua para 9 sitios a nivel mundial en los que se presentan poblaciones perennes de *Z. marina* en la zona intermareal. Estas localidades comprenden desde los 55⁰N a los 30⁰N. La diferencia entre valores máximos y mínimos para estas dos variables fue menor en Puget Sound, Washington, USA y Bahía San Quintín, Baja California, México, de donde se deducen condiciones más estables para el desarrollo de los pastos marinos a lo largo del año en estos sitios.

Los pastos marinos proporcionan alimento para los gansos que vienen a invernar a las lagunas de Baja California (Kramer *et al.*, 1976). Por ello, Ibarra-Obando (1989) señala que dentro del análisis de los pastos marinos, es necesario describir la distribución y el comportamiento de las poblaciones de *Z. marina* a lo largo del Pacífico de Baja California y en el Golfo de California.

A pesar de lo extenso del litoral del Pacífico Mexicano y de la presencia de pastos marinos en las lagunas costeras de Baja California, no se conoce su distribución, densidad y biomasa. Estudiar a *Z. marina* en las costas de Baja California es importante desde un punto de vista biológico y ecológico.

Biológicamente permitirá conocer si existen cambios demográficos, morfológicos y en su biomasa, conforme nos aproximamos al límite sur de distribución de la especie en la costa Pacífico del Continente Americano. Ecológicamente, nos permitirá conocer si su utilización del espacio (arquitectura) y su importancia en la alimentación de las aves migratorias varía a lo largo de la península.

Este estudio queda enmarcado dentro del proyecto "Efectos del desarrollo y disturbio sobre la Branta Negra del Pacífico y sus hábitats en lagunas de Baja California y Sinaloa, México" financiado por Ducks Unlimited de México A. C., Ducks Unlimited Inc. (USA) y Ducks Unlimited Canada (Ltd). En este proyecto participan el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE); Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California (IIO-UABC); Alaska Science Center, (U.S. Geological Survey); The Institute for Wetlands and Waterfowl Research; University of Alaska (Fairbanks); Alaska Biological Research; Canadian Wildlife Service; U.S. Fish and Wildlife Service. Este proyecto proporcionará los datos necesarios para mejorar la administración en reservas existentes, identificará áreas prioritarias para programas futuros de conservación y establecerá procedimientos para controlar los cambios en estos ambientes costeros. Estos

objetivos serán alcanzados por medio del inventario de la abundancia de pastos marinos y su productividad.

El estudio que aquí se presenta, está enfocado a la comparación de la estructura de las praderas de *Z. marina* en Bahía San Quintín, Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio (Fig. 2), haciendo un análisis global de las variaciones demográficas, morfométricas y en biomasa durante el ciclo anual abril de 1999 a abril del 2000.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Siendo *Zostera marina* L. una especie de clima templado, se espera que su abundancia, y el tamaño de los haces vegetativos disminuya en el gradiente norte - sur, conforme nos acercamos al límite sur de distribución de la especie en la costa Pacífico de la península de Baja California.

OBJETIVOS

- ↳ Para cada laguna costera, conocer el promedio anual, máximos y mínimos en: Densidad de haces apicales, ramas laterales y haces reproductivos; Biomasa de haces vegetativos y de haces reproductivos; Biomasa de raíces y rizomas; Longitud total del haz; Número de hojas por haz e Índice de Área Foliar (LAI).
- ↳ Para cada una de las lagunas costeras, analizar las variaciones en las variables anteriormente citadas en función de la profundidad.
- ↳ Realizar el análisis comparativo entre lagunas costeras

MATERIALES Y METODOS

1. AREA DE ESTUDIO



Figura 2. Distribución de las lagunas costeras estudiadas a lo largo de la península de Baja California. (Fuente: Anónimo)

1.1 BAHIA SAN QUINTIN

Bahía San Quintín se localiza en la costa noroccidental de Baja California, entre los $30^{\circ} 24' N - 30^{\circ} 30' N$ y $115^{\circ} 57' W - 116^{\circ} 01' W$, 200 km al sur de la ciudad de Ensenada. Esta laguna costera tiene forma de "Y", es decir tiene dos brazos y una boca. El brazo localizado al este se le conoce como Bahía San Quintín y el brazo situado al oeste se conoce como Bahía Falsa. La entrada permanente del mar (boca) se encuentra en la base de la "Y". El área total de la laguna es de aproximadamente 42 km^2 . La zona de estudio posee un clima árido, por lo que la bahía no recibe aporte de agua dulce de ningún río excepto en periodos de lluvias intensas. Durante el invierno se observa una precipitación pluvial promedio de 5 - 10 mm/año.

La mayor parte de la bahía tiene dos metros de profundidad, aunque durante marea alta, los canales no tienen mas de 8m (Barnard, 1962). La laguna se caracteriza por la abundancia de bancos lodosos que permiten el desarrollo de extensas praderas de pastos marinos que representan aproximadamente el 95% de la vegetación marina, y una vegetación de marismas en los márgenes de la laguna. Se le considera como un cuerpo de agua altamente productivo por la materia orgánica producida por las algas, pastos marinos y marismas (Dawson, 1962). Durante primavera y verano

existen vientos intensos del Noreste, su variación es diurna y tiene magnitud de hasta 35 km/hr (del Valle-Lucero, 1979).

Las mareas son astronómicas semidiurnas y modeladas por vientos. La media en el rango de las mareas es de 2 m. Las mareas astronómicas son el principal factor en la dinámica de las aguas en el área. Las olas provocadas por la marea se propagan lentamente en las aguas someras de Bahía Falsa (brazo oeste) más que en Bahía de San Quintín (brazo este). El efecto de las mareas meteorológicas es más importante cerca de la cabeza de Bahía de San Quintín que en la boca de Bahía Falsa (del Valle-Lucero, 1979; Monreal-Gomez, 1980; Nishikawa, 1979; Lara-Lara, 1979). El movimiento del agua es producido principalmente por el viento. Durante la primavera y verano se presentan surgencias en el mar abierto, al sur de la boca de la laguna. Se ha mencionado que el agua de las surgencias penetra a Bahía San Quintín por medio de las corrientes de marea y fertiliza la bahía. Este aporte de sales minerales, producto de las surgencias, se suma a la concentración ya existente en el interior de la laguna, por lo que se considera que las sales minerales no limitan el crecimiento vegetal (Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego, 1982).

Debido al carácter somero de la laguna, no se establecen gradientes verticales en las propiedades físico-químicas del agua de mar, aunque si existen gradientes horizontales; la variación diurna en la salinidad es afectada

principalmente por el ciclo de mareas, mientras que la variación diurna en la temperatura es afectada tanto por el ciclo de mareas como por la radiación solar. La temperatura y la salinidad aumentan de la boca a la cabeza de la laguna; sin embargo, existen factores que pueden causar variaciones irregulares de estas propiedades como son: calentamiento y evaporación no uniforme en el interior de las lagunas debido a una batimetría irregular, presencia de corrientes a lo largo de la playa en el exterior de las bocas; las condiciones oceánicas en la zona adyacente a las bocas como los cambios producidos por las surgencias y el oleaje variable (Chavez de Nishikawa y Alvarez-Borrego, 1974; Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Placencia, 1980). Por las características anteriores, la laguna se comporta como un antiestuario. La densidad en la cabeza es más baja que en la boca y es controlada principalmente por la temperatura. Así la salinidad, la temperatura y las concentraciones de fósforo inorgánico y silicato aumentan de la boca al extremo norte de cada uno de los brazos (Chavez de Nishikawa y Alvarez-Borrego, 1974). Las fluctuaciones de temperatura van de 12^o a 27^o C y de salinidad de 33‰ a 36‰ (Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego, 1982).

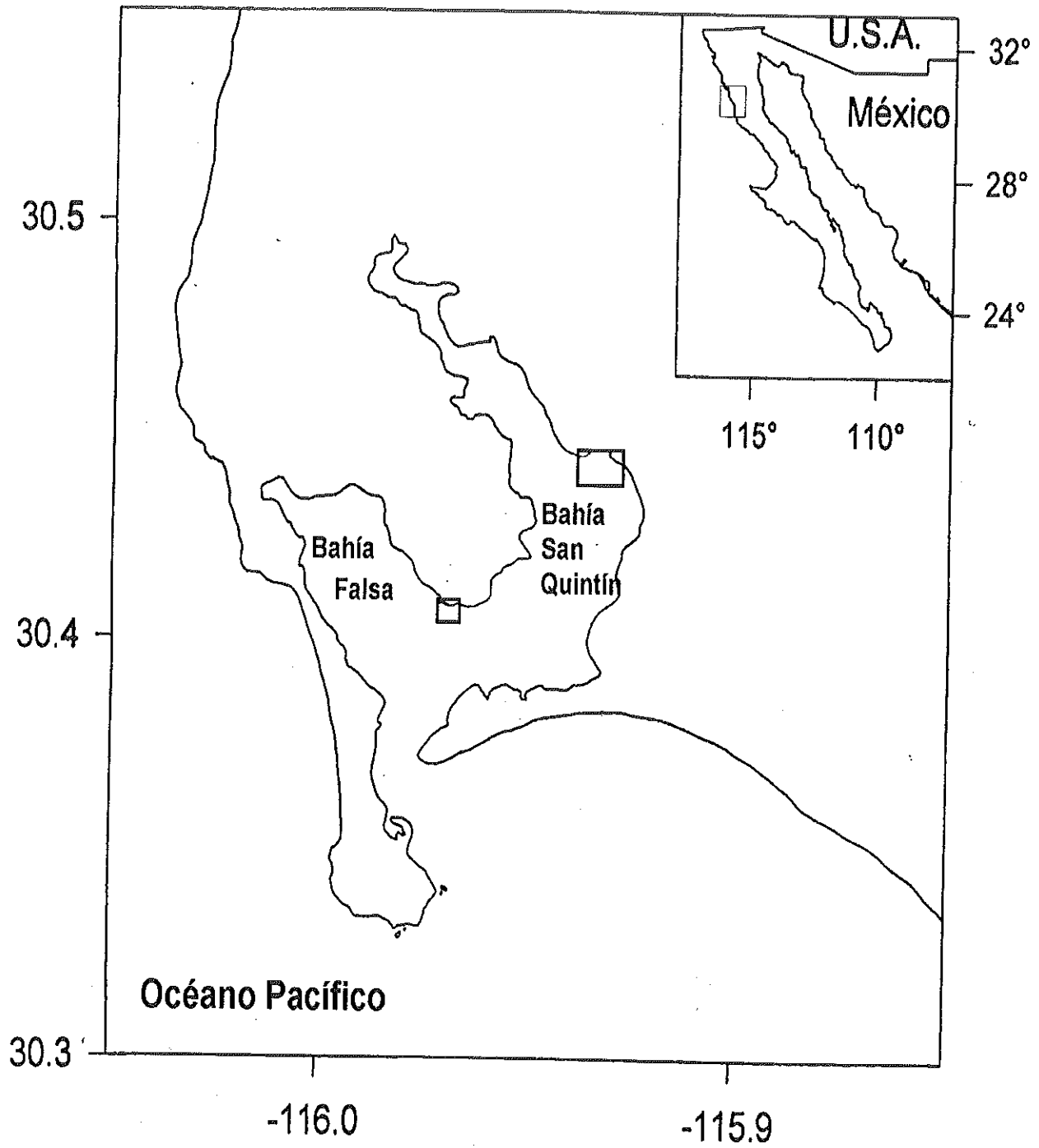


Figura 3. Localización de las áreas de colecta en San Quintín.

1.2 LAGUNA OJO DE LIEBRE

Laguna Ojo de Liebre se sitúa en la parte norte del estado de Baja California Sur, entre los $27^{\circ}35'$ y los $27^{\circ}52'$ de latitud norte y los $113^{\circ}58'$ y los $114^{\circ}10'$ de longitud oeste. La laguna presenta una superficie de aproximadamente 366 km^2 , con un canal estrecho denominado Canal de Ballenitas (Fig. 4). La profundidad máxima del complejo es de 26 m. Influyen en el área los vientos del noroeste provenientes del Pacífico. Se considera como una laguna de tipo hiperhalino, debido a que no recibe ningún aporte de agua dulce y porque se presenta un alto grado de evaporación por efecto del viento y la insolación. Por esto y por la circulación del agua, la laguna se comporta como un antiestuario (Contreras, 1988).

La mayoría del sedimento es fino a muy fino, con arena media en los canales; en la parte interior de la laguna aparecen limos y arcillas (Phleger y Ewing, 1962). La temperatura y la salinidad promedio máximas ocurren en verano (25.5°C y 39‰ respectivamente), mientras que los mínimos en invierno (18°C y 35‰). Ambos parámetros se incrementan de la boca al interior de la laguna de 15 a 25°C y de 32 a 41‰ , esto es debido a que la disminución de la profundidad y la incidencia de radiación solar provocan un incremento en la temperatura y por consiguiente aumenta la evaporación y la salinidad (Millán *et*

al.,1987). Las variaciones de temperatura y salinidad también están influenciadas por el efecto de la marea; en la parte interna de la laguna se llegan a registrar valores de 42 a 47‰ durante la marea baja y temperaturas hasta de 28°C: (Alvarado *et al.*, 1986).

Los valores de temperatura y salinidad se incrementan hacia el interior de la laguna con valores de 15° a 18°C y de 32 a 41‰ respectivamente. El intervalo de marea va de 1 a 3m. Las corrientes en la parte baja muestran velocidades aproximadas de 2.5 nudos; en la parte media de 1.5 a 2, y en el interior de 0 a 1.5 nudos (Alvarado *et al.*, 1986).

1.3 LAGUNA SAN IGNACIO

Laguna San Ignacio se encuentra ubicada en el municipio de Mulege, B.C.S., en la costa occidental de la Península de Baja California, entre los paralelos 26° 36'00" y 27° 00'00" latitud Norte y los meridianos 113°03' 00" y 113° 18'00". Se encuentra rodeada por el desierto El Vizcaino por lo que el clima es cálido, muy seco, con temperatura media anual entre 18 y 22°C; presenta una oscilación térmica diaria de 7 a 14°C (Contreras, 1988). La precipitación anual es de 56 mm en promedio; no hay agua de desagüe, ni arroyos o ríos de agua dulce fluyendo hacia la laguna (Jones y Swartz, 1984).

Presenta mareas semidiurnas que varían entre 1.9 y 2.4 m. El máximo rango mareal ocurre en los meses de febrero y marzo; las corrientes de marea en la entrada y los canales son muy turbulentas (Jones y Swartz, 1984).

El área de la laguna es de 175 Km² (Contreras, 1988), con extensión de casi 35 km de largo y 6 de ancho. La laguna es somera, presenta una profundidad de 2 a 4 m en su mayor parte, llegando hasta los 20 m en los canales que la comunican con el océano (Swartz y Cummings, 1978). Dos brazos se separan a partir de la zona baja de la laguna: uno hacia el norte que es el cuerpo de agua principal y otro hacia el sudeste, que contiene amplias extensiones de manglar y canales poco profundos (Fig. 5). La mayor parte de la vegetación acuática esta constituida por *Zostera marina* (Danemann y Cruz-Agüero, 1993). El interior de la laguna tiene un sistema de canales separados por grandes y extensos bajos de arena, muchos de los cuales quedan expuestos durante las mareas bajas (Swartz y Cummings, 1978). Su costa esta representada por playas arenosas, áreas de conglomerados roca-concha (coquina) y zonas de manglares compuestos por *Rhizophora mangle* (Swartz y Cummings, 1978). Se ha observado un incremento gradual de la salinidad de la boca (36 ppm) hacia la cabeza (41 ppm) sin que haya diferencias significativas entre el fondo y la superficie. (Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. A.C., 1994)

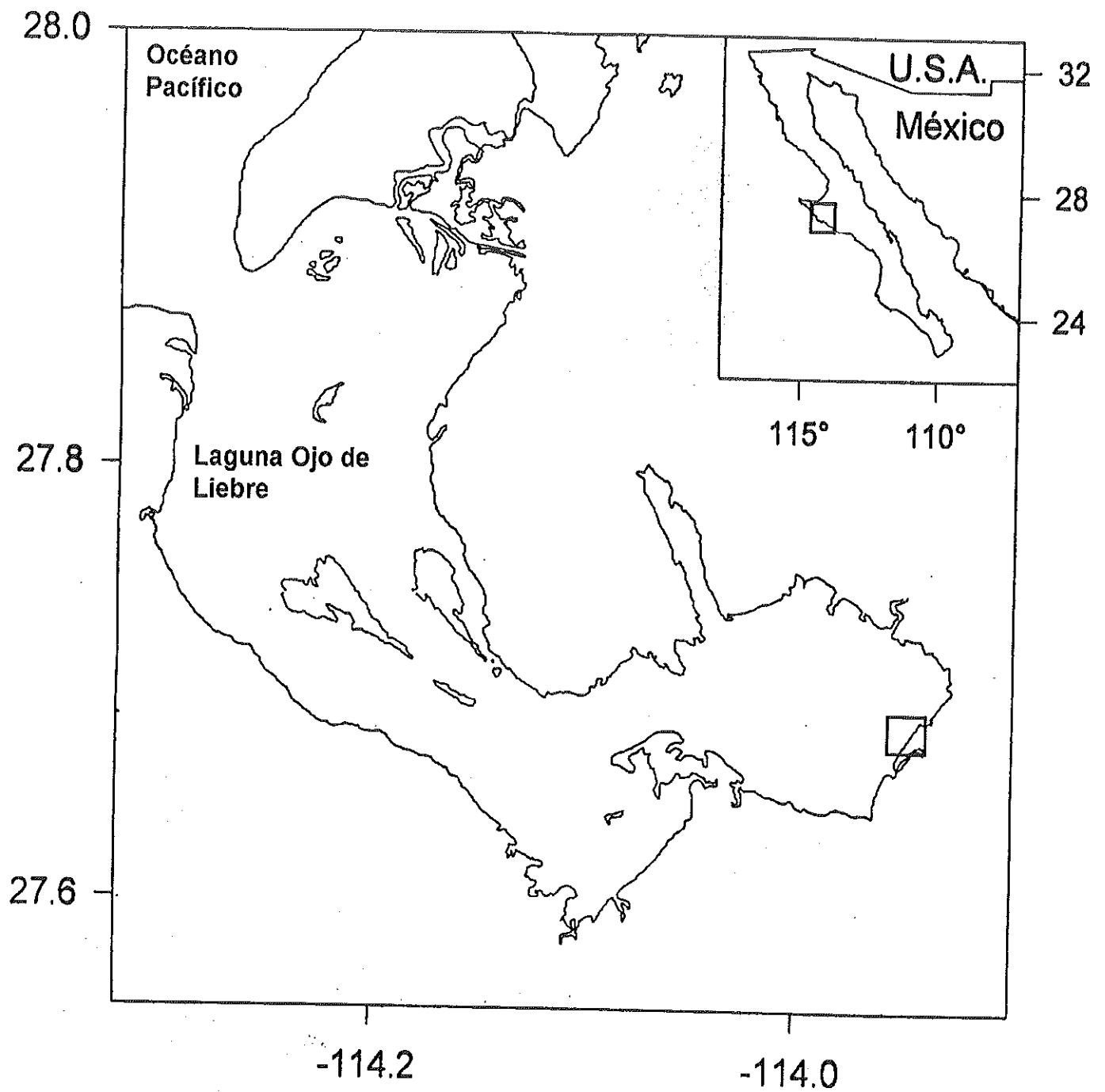


Figura 4. Localización del área de colecta en Laguna Ojo de Liebre.

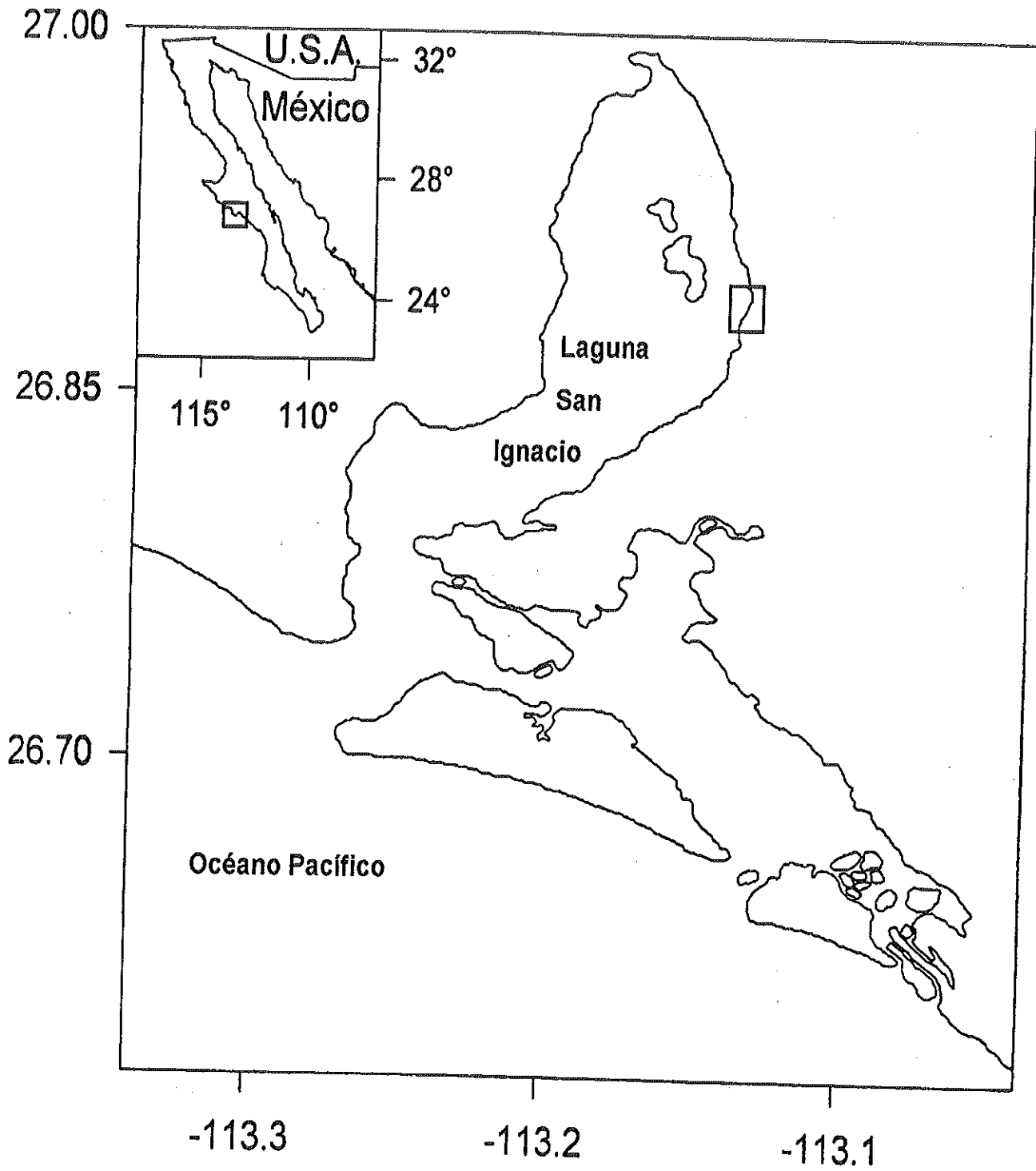


Figura 5. Localización del área de colecta en Laguna San Ignacio.

2. METODOLOGIA

Las colectas se realizaron cada 6 semanas en las 3 lagunas costeras, a excepción de la segunda colecta que se realizó con un intervalo de ocho semanas (Tabla I). En cada zona se hizo una división de 3 niveles intermareales. La metodología que se detalla a continuación, es la establecida en el proyecto citado anteriormente.

Tabla I. Fechas de colecta durante el periodo.

FECHAS DE COLECTA	OBSERVACIONES
13 DE ABRIL DE 1999	En este mes no se colectó el nivel superior del transecto colocado en Bahía Falsa.
12 DE JUNIO DE 1999	
9 DE AGOSTO DE 1999	
6 DE OCTUBRE DE 1999	
17 DE NOVIEMBRE DE 1999	
5 DE ENERO DEL 2000	
16 DE FEBRERO DEL 2000	
13 DE ABRIL DEL 2000	

2.1 Metodología de campo

En cada una de las lagunas se instalaron transectos permanentes marcados con tubos de P.V.C. de 50 cm de longitud aproximadamente. En San Quintín se colocaron 2 transectos: uno en Bahía San Quintín y otro en Bahía Falsa, con 75 m de longitud y 25 m de ancho (Fig. 3). En Laguna de San Ignacio y Laguna Ojo de Liebre se instaló un solo transecto de 100 m de longitud y 25 m de ancho (Figs. 4 y 5). Todos los transectos tuvieron una orientación perpendicular a la costa. Los 4 transectos quedaron dentro de las praderas de *Z. marina*, mismos que fueron divididos en niveles superior, medio e inferior de la zona intermareal. En estos niveles se realizó un muestreo sistemático al azar sin reemplazo, colectándose 10 muestras en cada nivel mediante un cuadrante de .04 m². De esta manera, cada seis semanas se tenían 60 muestras para San Quintín y 30 muestras tanto para Guerrero Negro como para San Ignacio, cabe mencionar que para el nivel superior del transecto en Bahía Falsa en el mes de abril no se colectaron muestras por falta de tiempo.

2.2 Metodología de laboratorio

Las muestras se trasladaron al laboratorio de Ecología Vegetal Bentónica del CICESE en hieleras, manteniéndolas frías para su posterior análisis. En el laboratorio se lavaron con agua destilada, quitándoles todo el sedimento y la mayor cantidad de perifiton de las hojas. De cada muestra se registró el número de haces vegetativos, ramas laterales, haces reproductivos y hojas sueltas. De estos registros se calculó la densidad por m^2 .

Un análisis previo para determinar el tamaño mínimo de muestra que se requería para realizar el análisis morfométrico, determinó que de cada muestra se elegirían 3 haces al azar por muestra para Bahía San Quintín y 5 haces para Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio, para un total de 90 haces por mes para San Quintín y 150 haces por mes en Laguna Ojo de Liebre al igual que en Laguna San Ignacio. El análisis morfométrico consistió en medir longitud total del haz, longitud de la vaina, número de hojas por haz, largo y ancho de cada hoja. De las medidas de largo y ancho se obtuvo el área foliar por cada hoja. La suma del área foliar de todas las hojas representa al área foliar por tallo y al multiplicarlo por la densidad correspondiente se obtiene el Índice de Área Foliar (LAI).

Para determinar la biomasa, el material se secó en horno a $70^{\circ}C$ durante 96 horas y posteriormente se registró su peso seco.

Cabe mencionar que en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre, durante los meses de noviembre, enero y febrero no se encontró *Z. marina* sino *Ruppia maritima*. Esto mismo se encontró en el nivel medio para los meses de noviembre y febrero. En Laguna San Ignacio esta misma situación se presentó en el nivel superior para los meses de noviembre, enero y febrero; en el nivel medio solo en el mes de enero.

2.3 Tratamiento de datos

Los datos crudos se separaron en 3 series de datos:

- Densidad: Reporta el número de haces vegetativos, ramas laterales, haces reproductivos y hojas por metro cuadrado.
- Morfometría: Medidas tomadas durante el análisis morfométrico (longitud total del haz, longitud de la vaina, número de hojas por haz, largo y ancho de cada hoja) de haces vegetativos.
- Biomasa: Datos de peso seco de haces vegetativos, haces reproductivos y raíces y rizomas expresado en g/m^2 .

Los datos anteriores se separaron por mes, lugar y nivel; a cada uno de estos conjuntos se les realizó la estadística descriptiva: media, varianza, desviación estándar, error estándar, máximo y mínimo. Con los promedios mensuales se realizaron gráficas de cada una de las variables en función del tiempo.

El análisis de las variaciones significativas entre niveles se realizó por medio de un análisis de varianza (Anova) de una vía. El análisis de las variaciones significativas entre los cuatro sitios de muestreo y el análisis de la variabilidad temporal, se realizó por medio de un Anova de dos vías. A todos los datos se les hizo la prueba de homogeneidad de varianza. A los promedios anuales de cada nivel y variable se les realizó un análisis de normalidad y homogeneidad de varianza, como no todas las variables mostraron una distribución normal, los datos se transformaron ($\log_{10}(X)+1$). Con los datos transformados se realizaron Anovas de una vía entre niveles y lagunas. En aquellos casos en que se encontraron diferencias significativas, se realizó una prueba a posteriori (Tukey honest significant difference (HSD) test). Todos los análisis antes mencionados se realizaron por medio del programa Statistica para Windows (Statsoft, Inc. 1999. Tulsa,OK.).

RESULTADOS

1. Densidad

Todos los resultados que se presentan a continuación están expresados en porcentajes. Las tablas II a V presentan los valores promedio, máximo y mínimo anual, en No. de haces/m².

1.1. Porcentaje de haces vegetativos

Esta variable comprende el análisis de los haces vegetativos y ramas laterales, considerando su suma como el 100%.

1.1.1 Bahía San Quintín

En el nivel superior de esta localidad, se observa que los haces apicales dominaban en abril de 1999, llegando a su porcentaje más bajo, en febrero (58%). Su densidad promedio anual fue de 646 ± 178 haces apicales/m² (Tabla II). Las ramas laterales estuvieron presentes de junio a abril, llegando a representar un máximo de 42% de la densidad total en febrero (Fig. 6). Su densidad promedio anual fue de 326 ± 101 ramas laterales/m² (Tabla II).

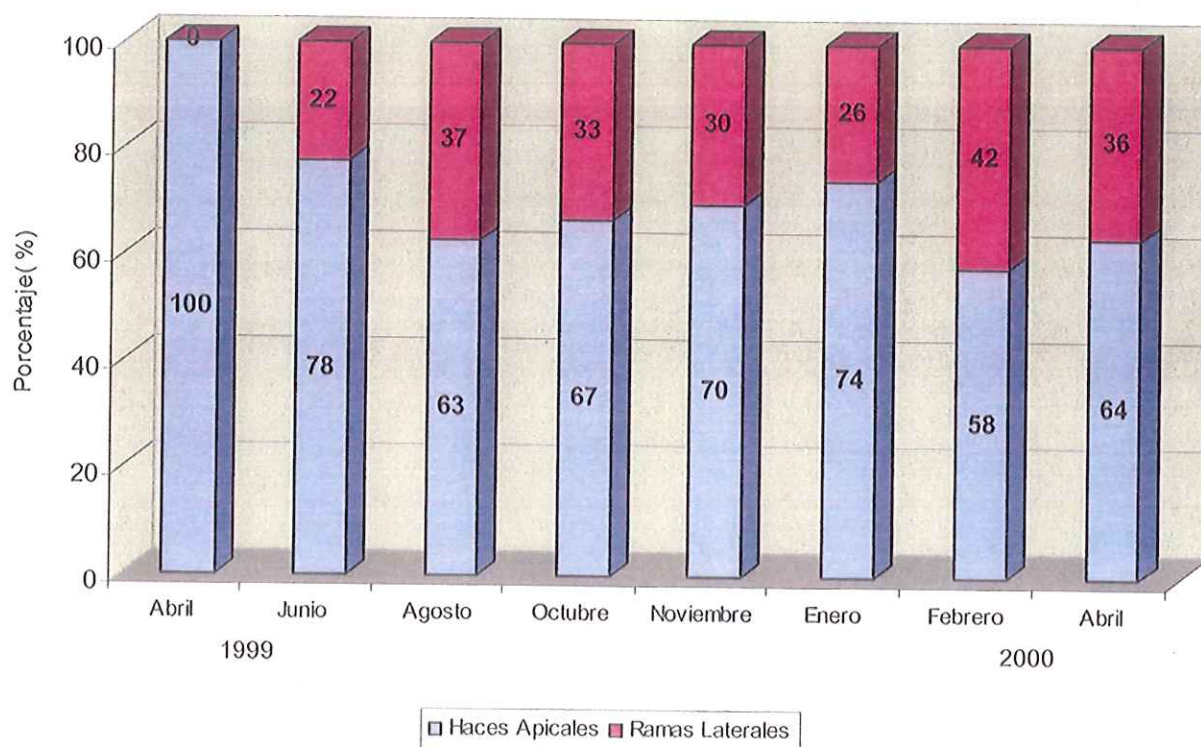


Figura. 6 Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Bahía San Quintín.

El nivel medio de esta misma localidad se caracterizó por la presencia de ramas laterales todo el año. Los haces apicales mostraron su máxima variación entre abril y junio de 1999, pasando del 94% en abril, al 52% en solo 6 semanas. Las ramas laterales mostraron la misma abrupta variación en este intervalo de tiempo, pasando de un 6% a un 48% (Fig. 7). El valor promedio anual de la densidad fue de 495 ± 95 haces apicales/m² y 155 ± 39 ramas laterales/m² (Tabla II).

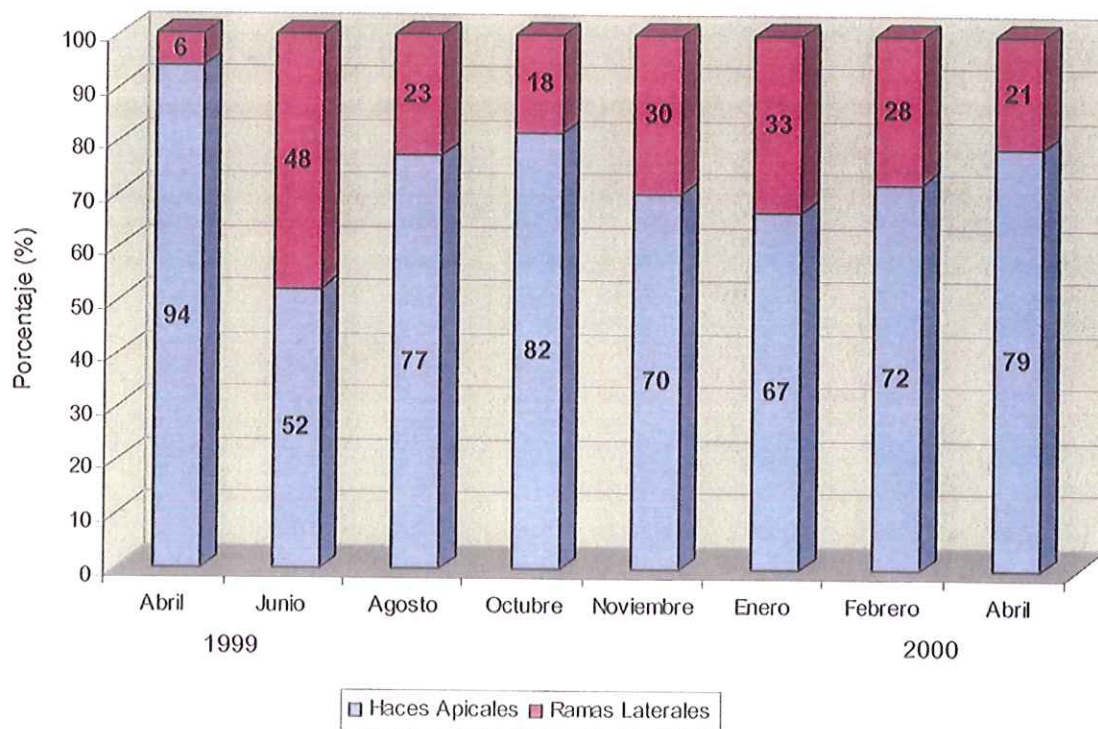


Figura 7. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Bahía San Quintín.

El nivel inferior tuvo un comportamiento similar al del nivel superior, mostrando dominancia de haces apicales en el mes de abril de 1999 (100%). El menor porcentaje de haces apicales fue de 58% y se presentó 8 semanas después (junio). En consecuencia, la mayor variabilidad en las ramas laterales también se presentó en este periodo, variando de 0 a 42% (Fig. 8) Los valores de densidad promedio anual fueron de 450 ± 98 haces apicales/m² y 156 ± 38 ramas laterales/m² (Tabla II)

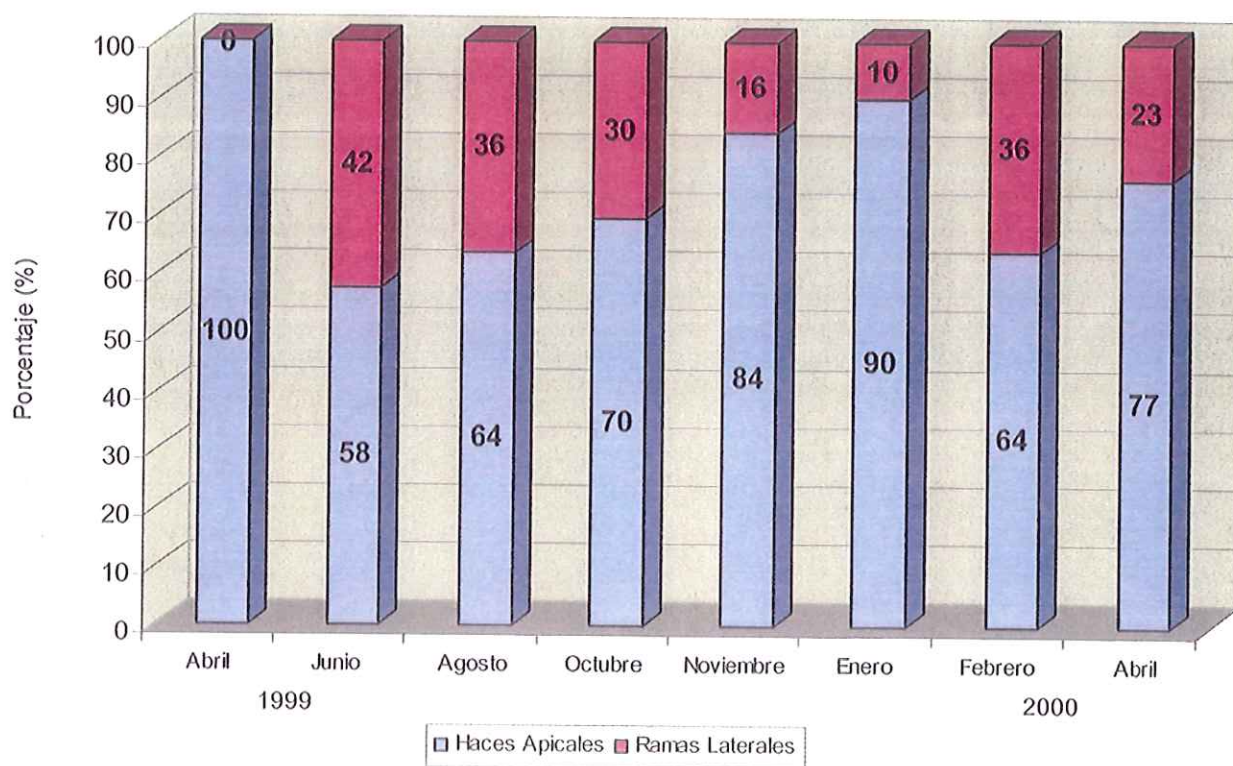


Figura 8. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Bahía San Quintín.

1.1.2 Bahía Falsa

En esta localidad, para el nivel superior, la mayor variación se presentó entre febrero y abril del 2000. Los haces apicales variaron de 43 a 92% en este periodo, lo que representa una variación del 49% en 6 semanas. Como era de esperarse, las ramas laterales presentaron el mismo porcentaje de variación en

este periodo (Fig. 9). Los valores de densidad promedio anual fueron de: 482 ± 127 haces apicales/m² y 239 ± 60 ramas laterales/m² (Tabla III).

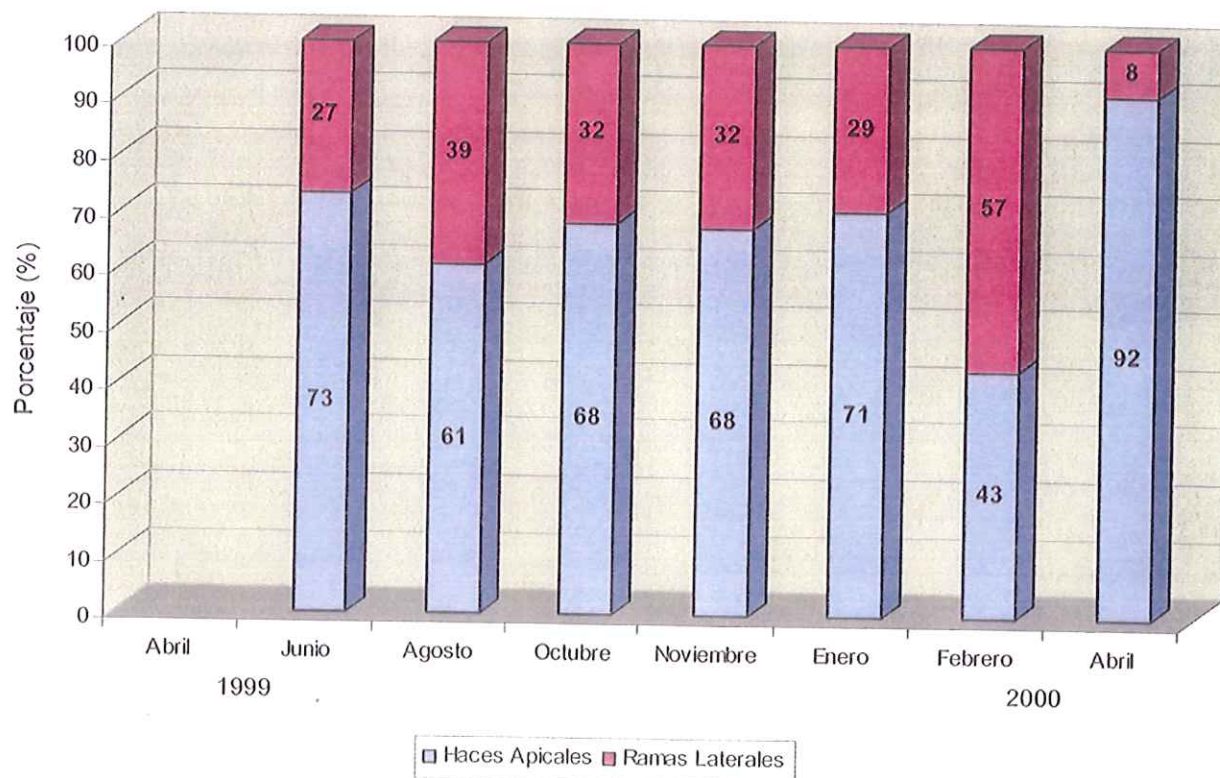


Figura. 9. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Bahía Falsa

En el nivel medio de esta localidad, los haces apicales mostraron su densidad máxima en abril de 1999 (100%) y la mínima en octubre (69%). Las ramas laterales variaron de 0 a 31% en los mismos meses (Fig. 10). Los valores de densidad media anual fueron de 668 ± 118 haces apicales/m² y 180 ± 41 ramas laterales/m² (ver tabla III).

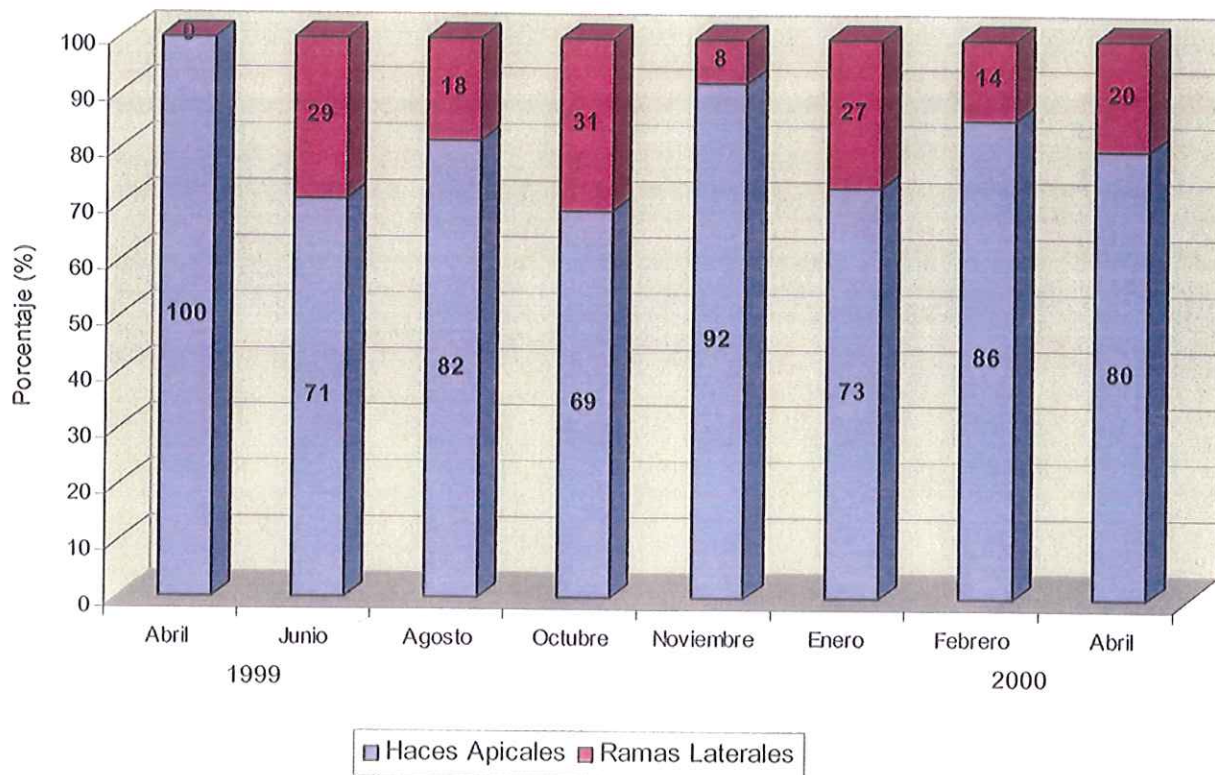


Figura 10. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio de Bahía Falsa.

En el nivel inferior de Bahía Falsa, los haces apicales presentaron su mayor porcentaje en abril de 1999 y el menor en febrero del 2000 (44%), periodos que coinciden para las ramas laterales (0 y 56% respectivamente) (Fig. 11). Los valores de densidad promedio anual fueron 566 ± 209 haces apicales/m² y 185 ± 64 ramas laterales/m² (Tabla III).

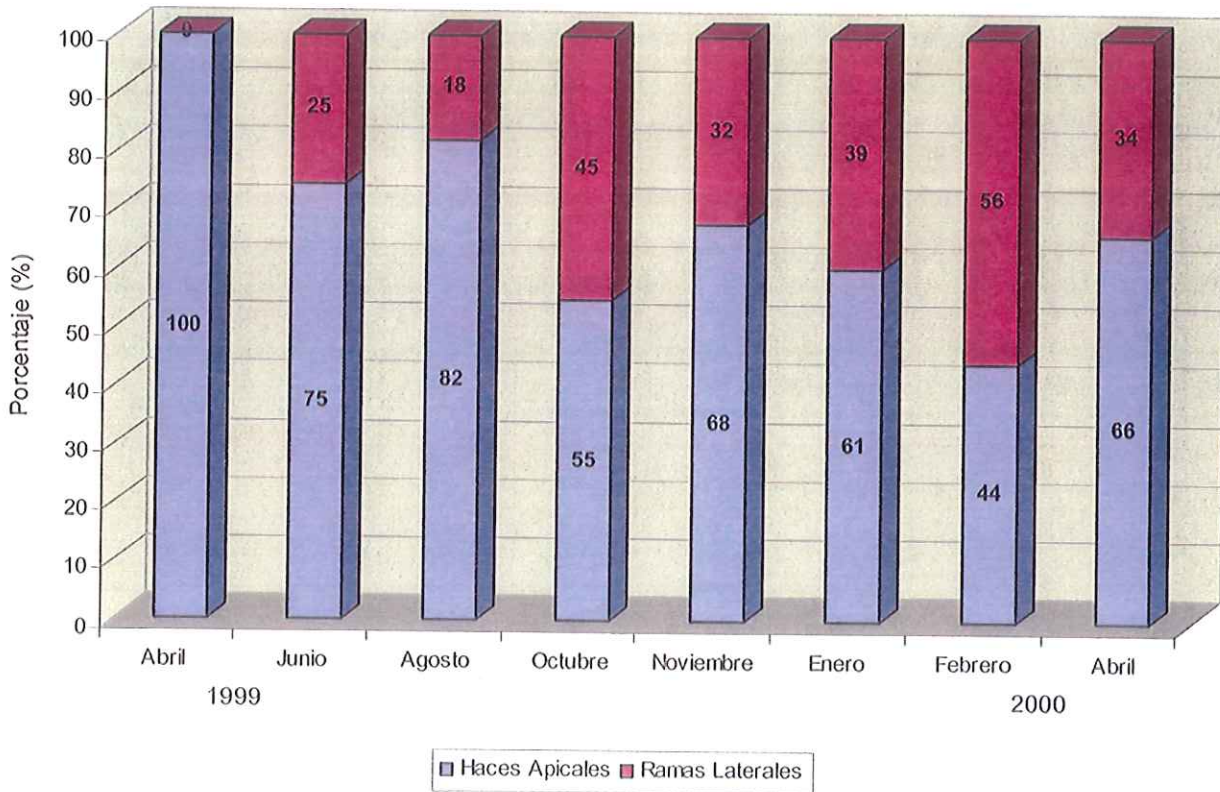


Figura. 11. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior de Bahía Falsa.

1.1.3. Laguna Ojo de Liebre

En el nivel superior del transecto ubicado en este sitio hubo 3 meses en que no se encontró *Zostera marina* (noviembre a febrero). De esta forma, la mayor densidad de haces apicales correspondió a abril del 1999 y la menor a los periodos antes citados. Las ramas laterales solo estuvieron presentes de junio a octubre del 1999, para volver a presentarse en abril del 2000. Su porcentaje máximo se encontró en junio (30%) y el mínimo (8%), 4 semanas

después (Fig. 12). El promedio anual de haces apicales y ramas laterales fue de 827 ± 192 y 270 ± 79 respectivamente (Tabla IV).

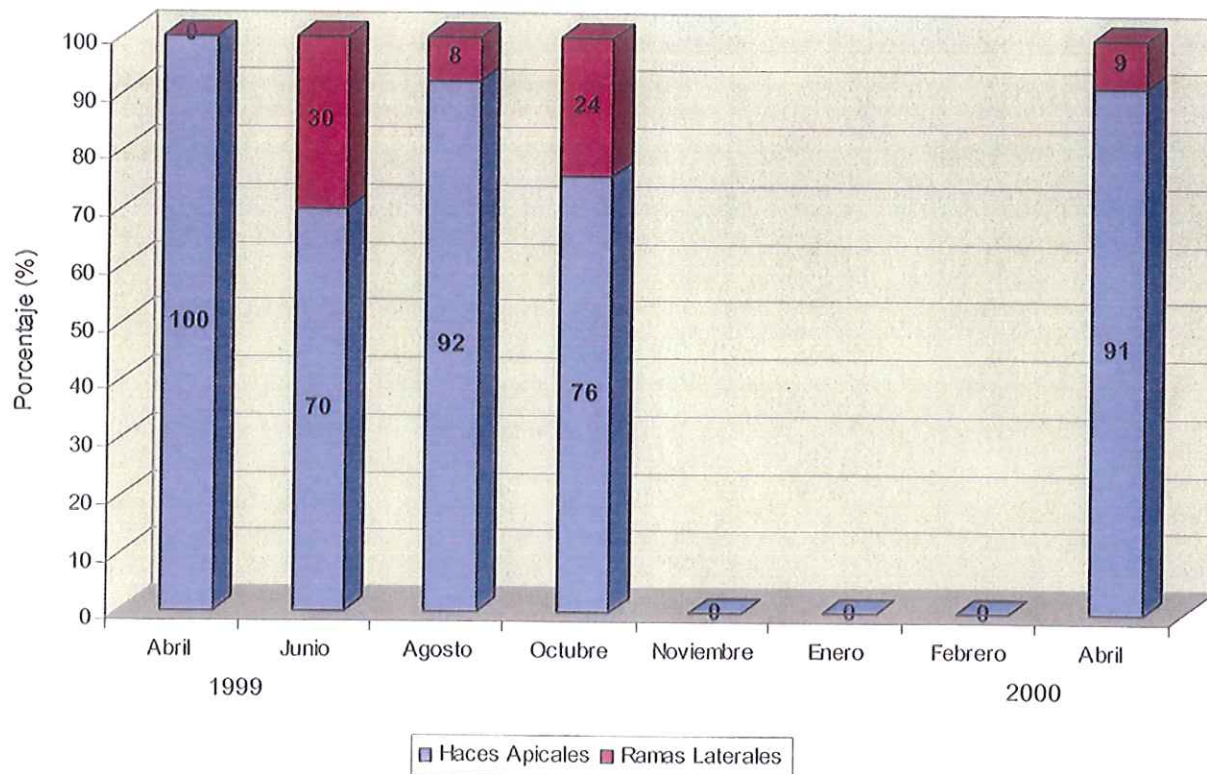


Figura. 12. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior en Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel medio, los haces apicales dominaron en abril de 1999 y desaparecieron en noviembre y febrero. Las ramas laterales alcanzaron su mayor densidad en junio, representando 32% de la densidad total (Fig. 13). El promedio anual de haces apicales fue de $732 \pm 171/m^2$ y el de ramas laterales fue de $133 \pm 49/m^2$. (Tabla IV).

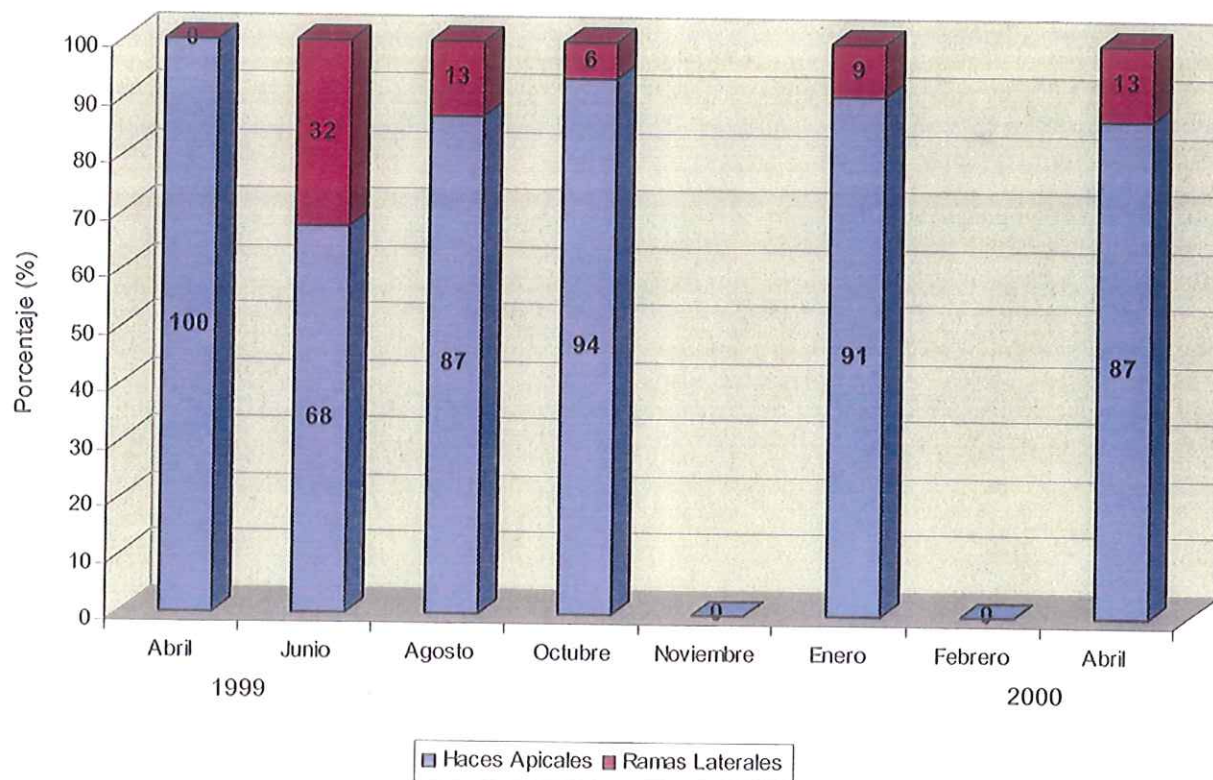


Figura 13. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel medio en Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel inferior, se presentó *Zostera marina* todo el año. Los haces apicales fueron prácticamente dominantes de octubre a enero, representando entre 100 y 98%. Las ramas laterales, por su parte, fueron más abundantes en junio, llegando a representar hasta un 27% de la densidad total de haces (Fig. 14). Los promedios anuales son: 684 ± 147 haces apicales/m² y 133 ± 55 ramas laterales/m² (Tabla IV)

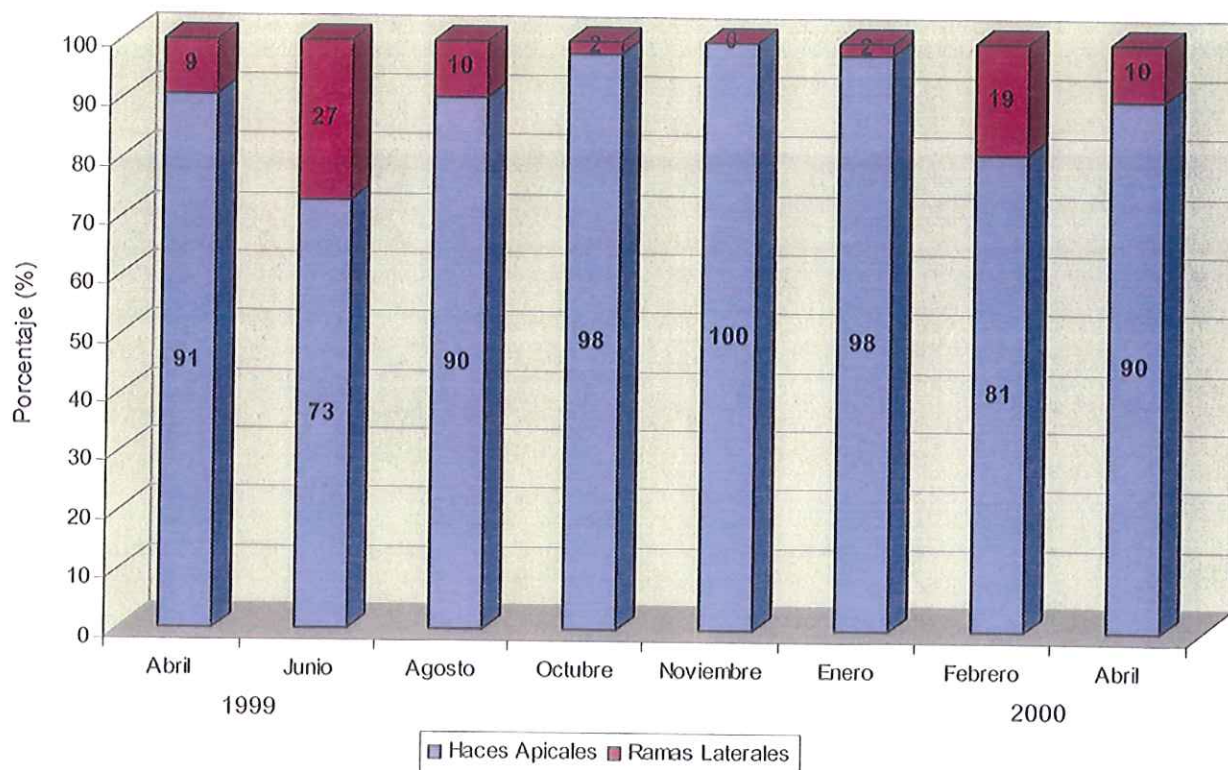


Figura 14. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel inferior en Laguna Ojo de Liebre.

1.1.4 Laguna San Ignacio

En el nivel superior de esta laguna, se encontró el mismo patrón reportado para el nivel inferior de la laguna Ojo de Liebre: no hubo haces de *Z. marina* de noviembre a febrero, y los haces apicales dominaron en abril de 1999. Las ramas laterales también coincidieron en su patrón estacional y estuvieron presentes de junio a octubre para reaparecer en abril del 2000. En este caso, las ramas laterales presentaron su mayor densidad en agosto, 39%

(Fig.15). El promedio anual de la densidad fue: 647 ± 138 haces apicales/m² y 219 ± 48 ramas laterales/m² (Tabla V).

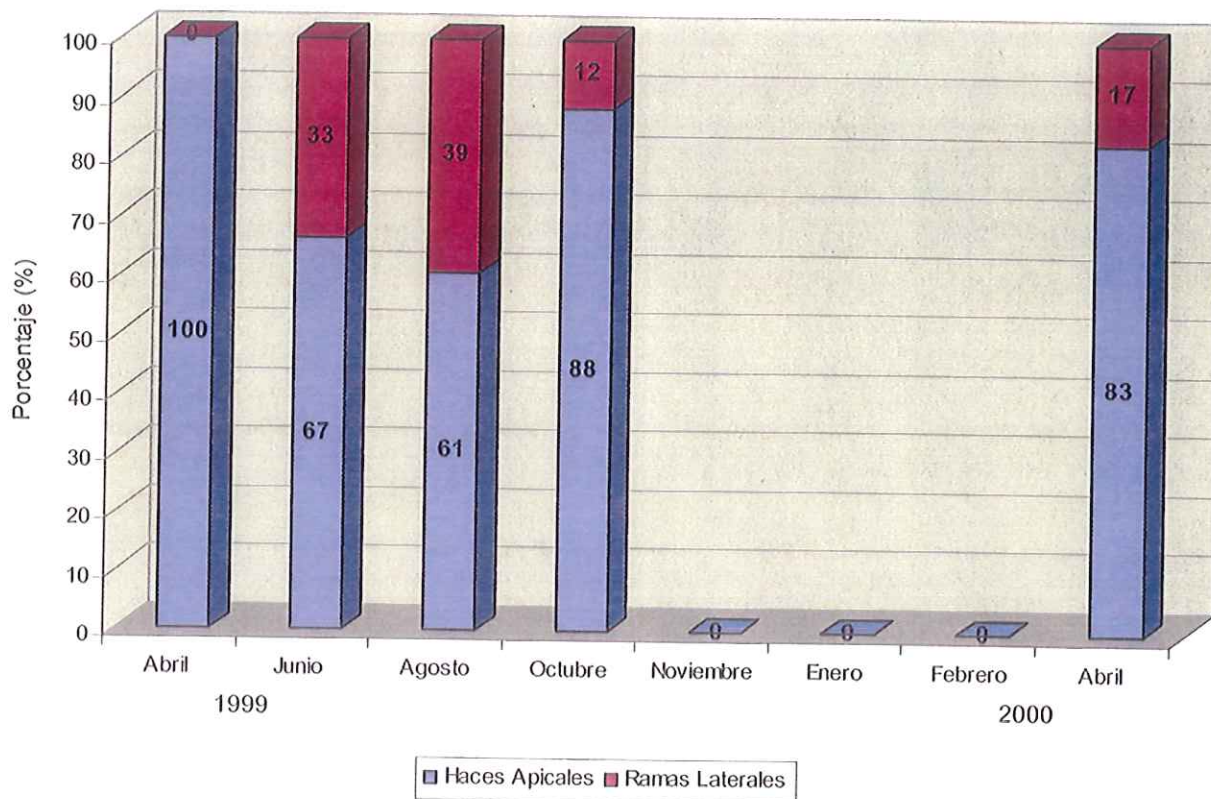


Figura 15. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales en el nivel superior de Laguna San Ignacio.

El nivel medio presentó porcentajes elevados de haces apicales en abril de 1999 (95%) y en febrero del 2000 (92%), desapareciendo los pastos en enero. Las ramas laterales alcanzaron su mayor porcentaje en agosto (59%) (Fig. 16). Para todo el año, la densidad promedio fue de 831 ± 152 haces apicales/m² y 300 ± 113 ramas laterales/m² (Tabla V).

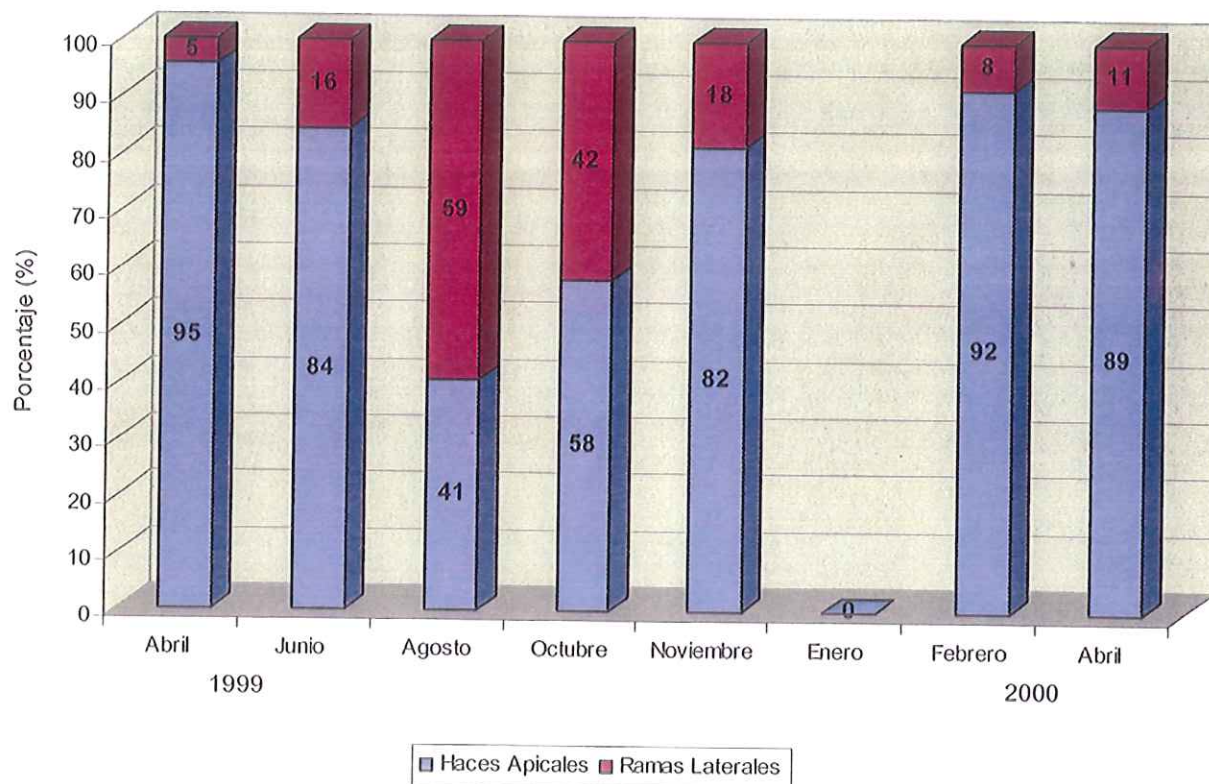


Figura. 16. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales del nivel medio en Laguna San Ignacio.

Al igual que en Laguna Ojo de Liebre, el nivel inferior de San Ignacio tuvo pastos todo el año. En general, los haces apicales dominaron todo el año, ya que las ramas laterales, solo llegaron a representar un 35% de la densidad total en junio (Fig. 17). La densidad anual de haces apicales y ramas laterales es de 1098 ± 197 y $146 \pm 26/m^2$ respectivamente (Tabla V).

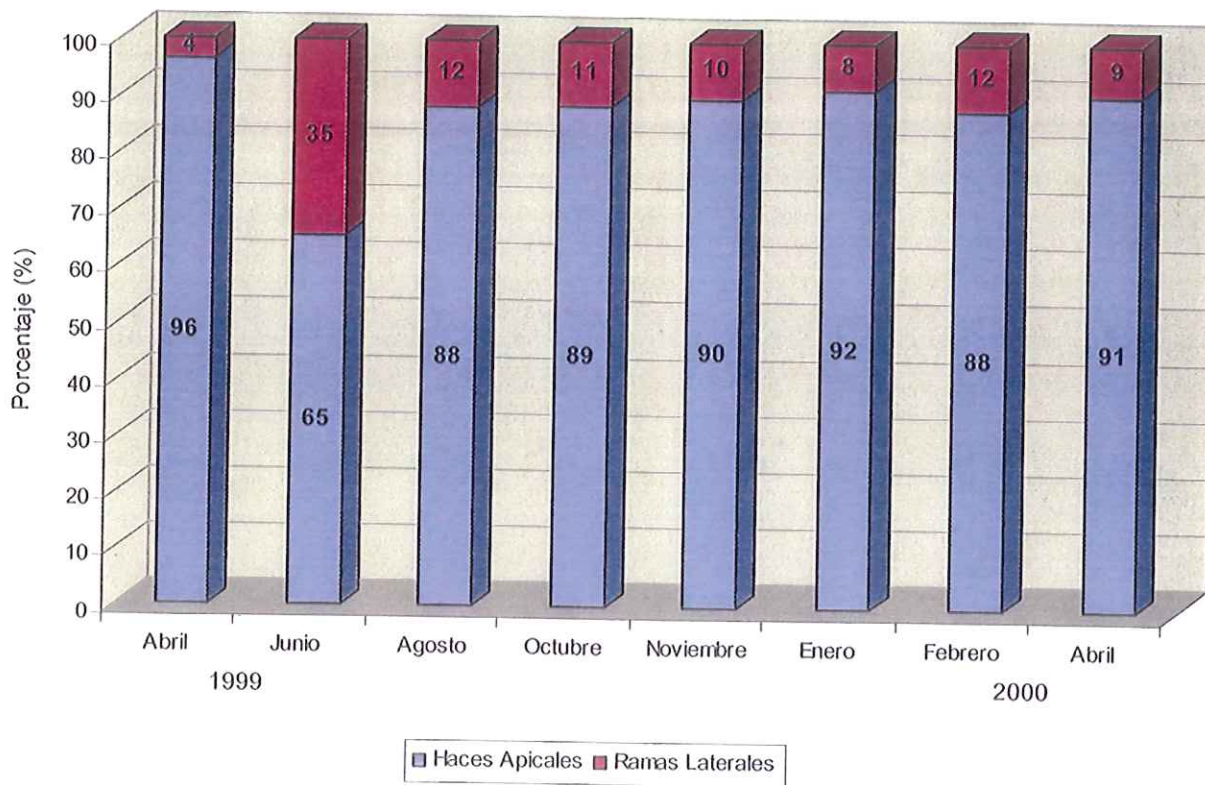


Figura. 17. Porcentaje de haces apicales y ramas laterales del nivel inferior en Laguna San Ignacio.

1.2. Porcentaje de haces reproductivos

Este porcentaje se calculó con respecto a la densidad total, que comprende haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos.

1.2.1. Bahía San Quintín

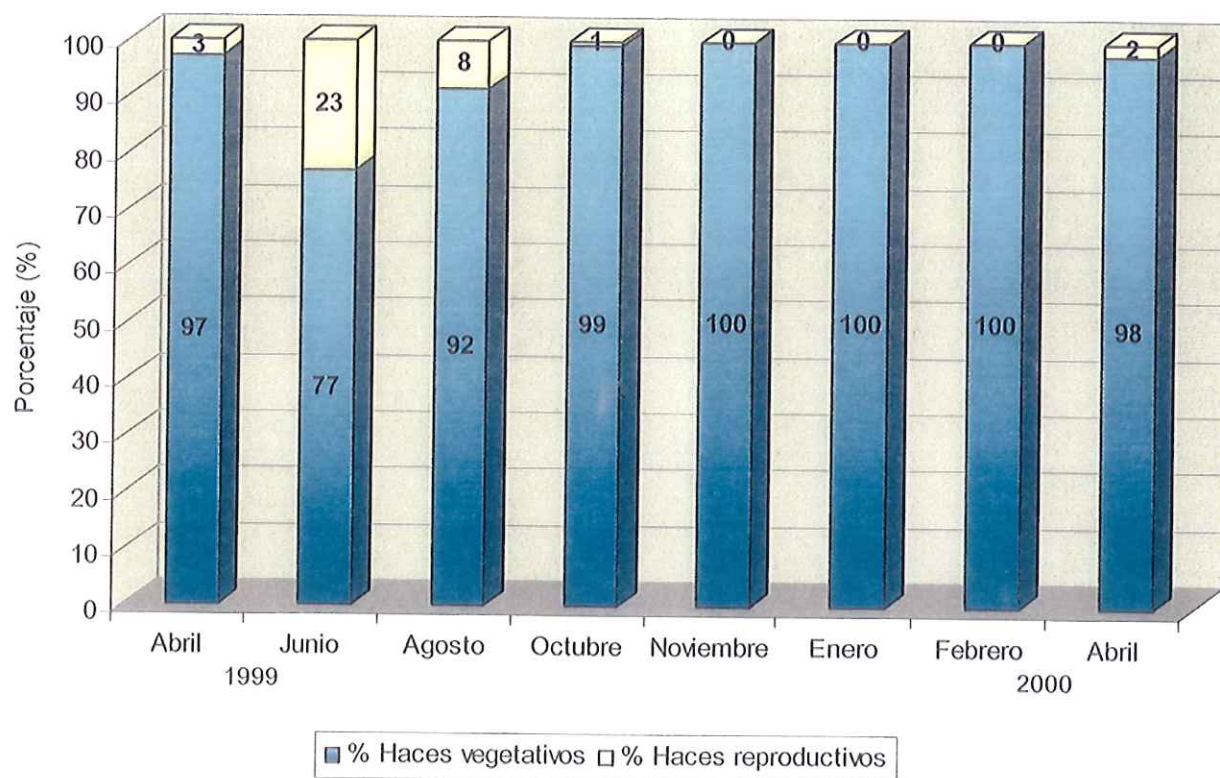


Figura. 18. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel superior de Bahía San Quintín

En el nivel superior de esta localidad, los haces reproductivos alcanzaron su porcentaje máximo en junio, siendo este de 23 % (Fig. 18). Durante los meses de

noviembre, enero y febrero éstos desaparecen . El valor promedio anual para este nivel es de 27 ± 12 haces reproductivos/m² (Tabla II).

En el nivel medio en los meses de enero y febrero los haces reproductivos desaparecen, en el mes de junio de 1999 alcanza su máximo valor con solo un 4% (Fig. 19), el valor promedio anual de la densidad es de 12 ± 4 haces reproductivos/m² (Tabla II).

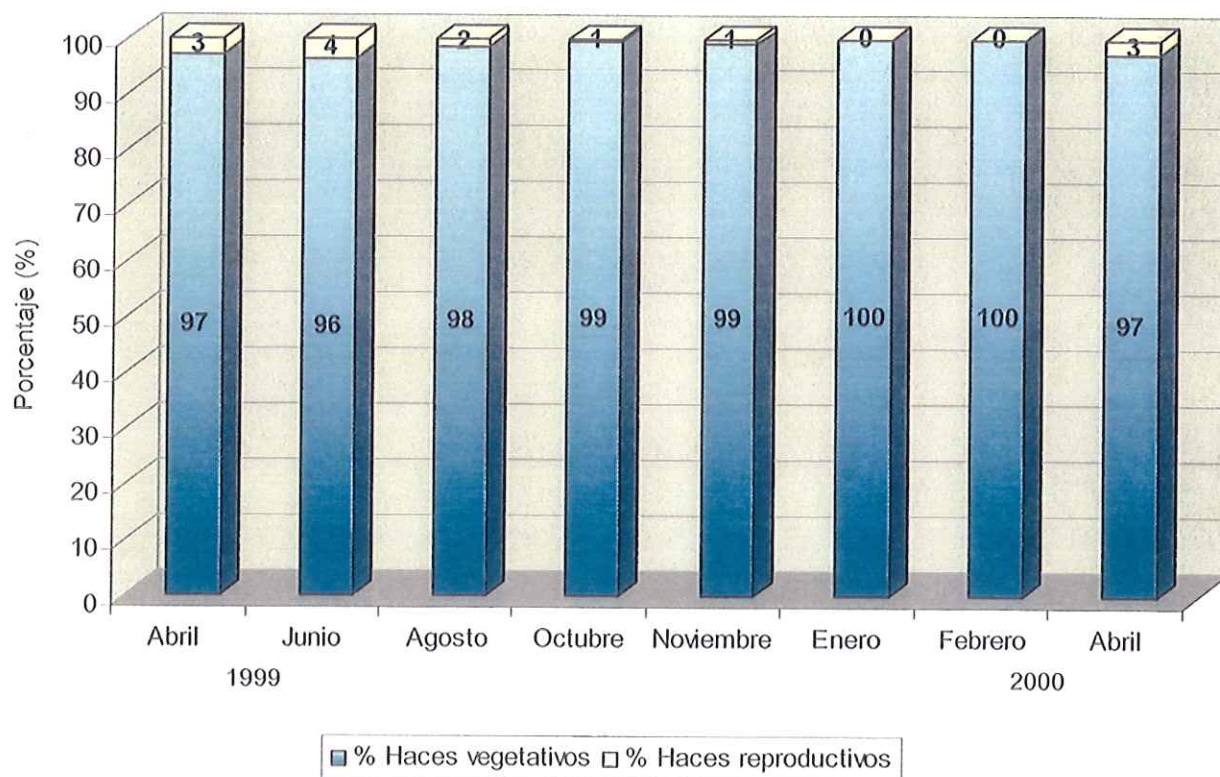


Figura. 19. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel medio de Bahía San Quintín.

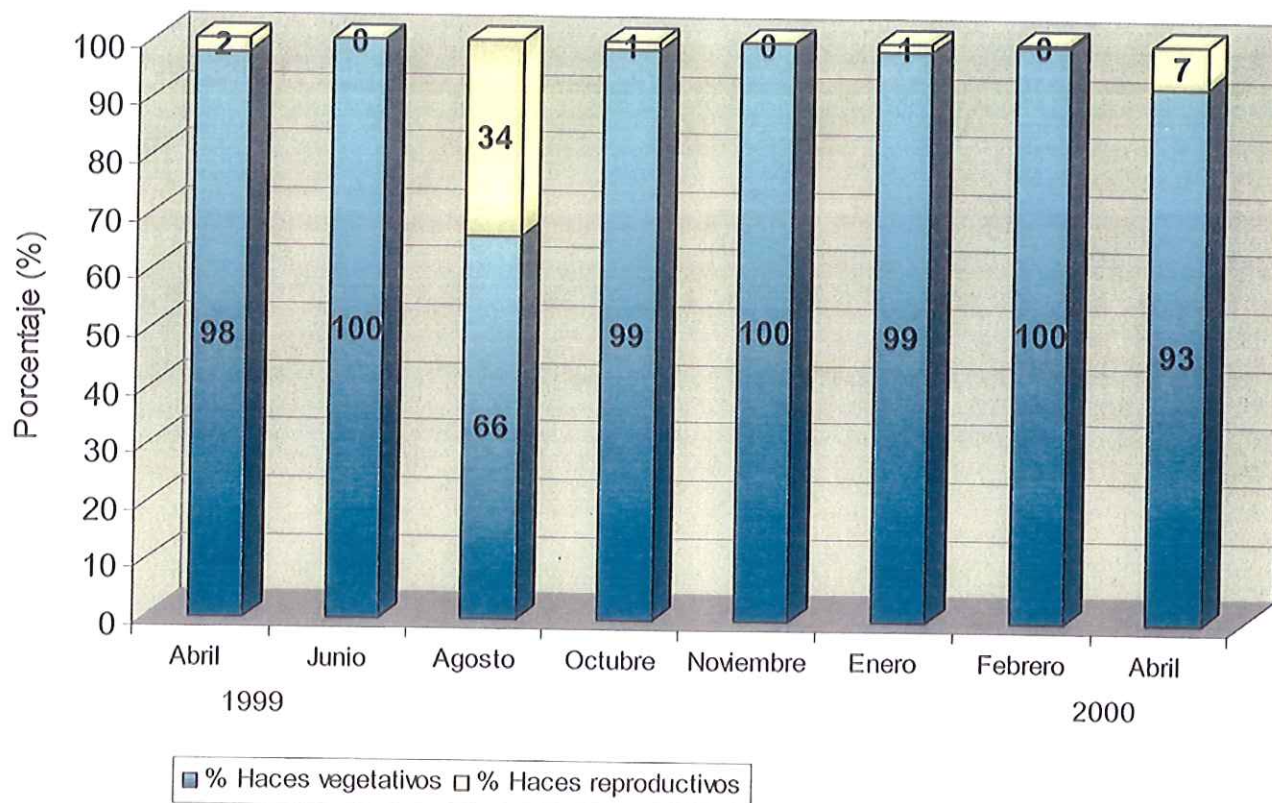


Figura. 20. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel inferior de Bahía San Quintín.

En el nivel inferior, los haces reproductivos mostraron su máxima variación de junio a agosto de 1999, pasando de 0 a 34% en solo 4 semanas (Fig. 20). En esta localidad, este último porcentaje (34%) es el máximo que se presenta durante el año. El promedio anual de este nivel es de 35 ± 14 haces reproductivos/m² (Tabla II).

1.2.2. Bahía Falsa

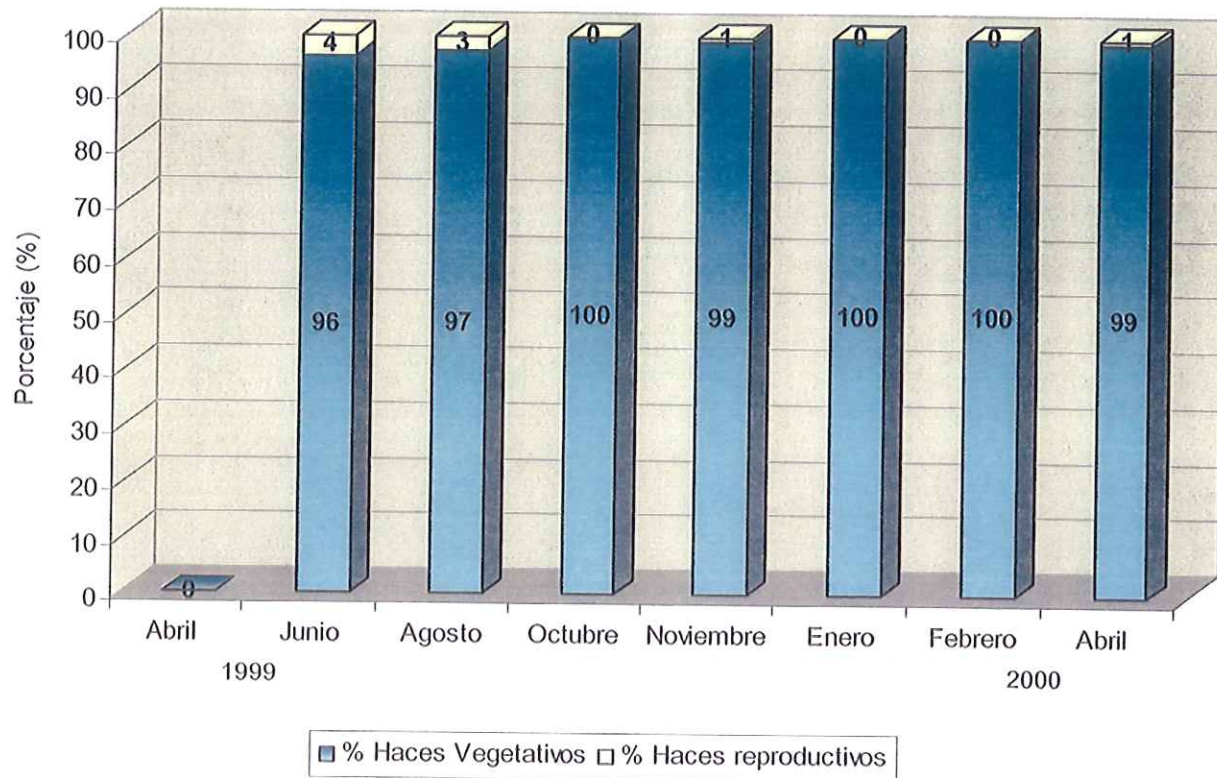


Figura. 21. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel superior de Bahía Falsa.

En el nivel superior el mayor porcentaje de haces reproductivos se presenta en el mes de junio de 1999 con un valor de 4%. De octubre de 1999 a abril del 2000 se presenta la menor variación, de 0 a 1% (Fig. 21). El promedio anual es de 20 ± 8 haces reproductivos/m² (Tabla III).

El nivel medio tiene su porcentaje máximo en el mismo mes que el nivel superior, con un valor de 14%. Los haces reproductivos solo están presentes de junio a octubre (Fig. 22). El promedio anual de la densidad de haces reproductivos para este nivel es de: 37 ± 14 haces/m² (Tabla III).

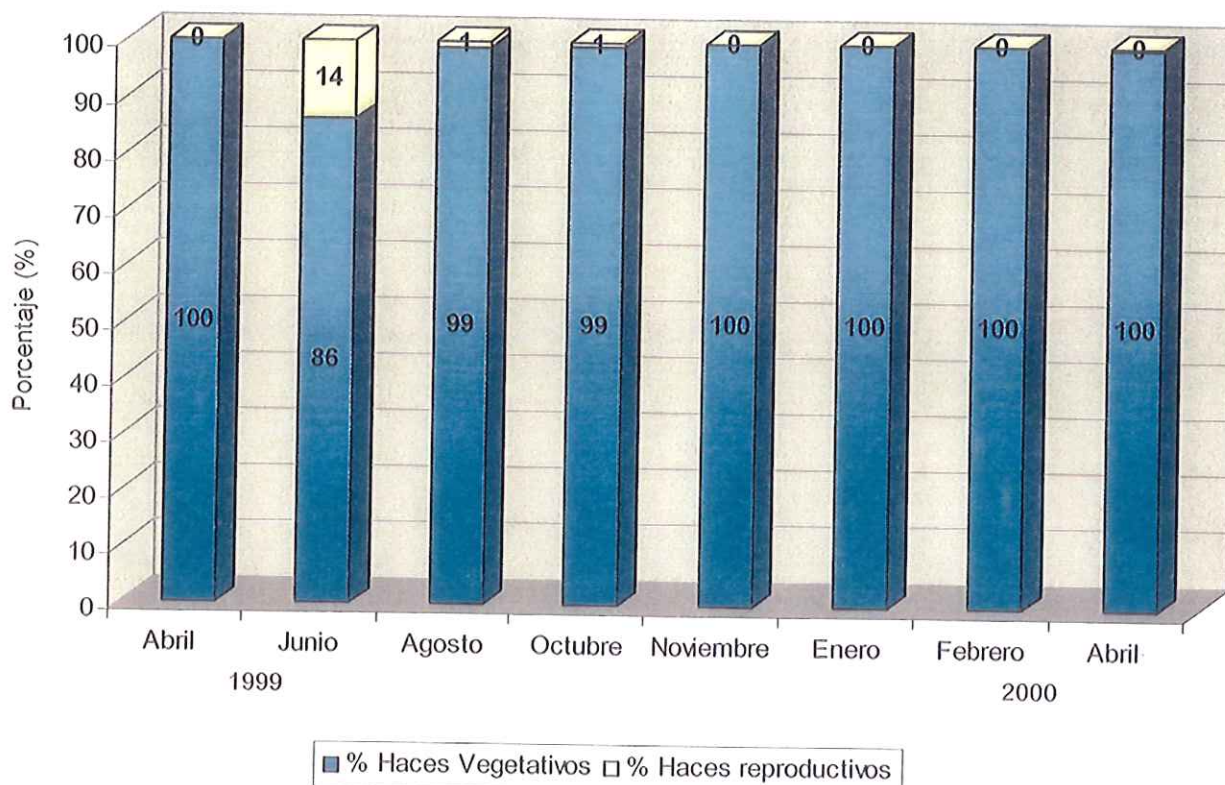


Figura. 22. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel medio de Bahía Falsa.

Para el nivel inferior de esta localidad, el máximo de haces reproductivos se presenta en el mes de junio con un 8% y de octubre a febrero desaparecen para

aparecer de nuevo con un 1% en el mes de abril del 2000 (Fig. 23). El promedio anual de la densidad de haces reproductivos es de 26 ± 8 haces/m² (Tabla III).

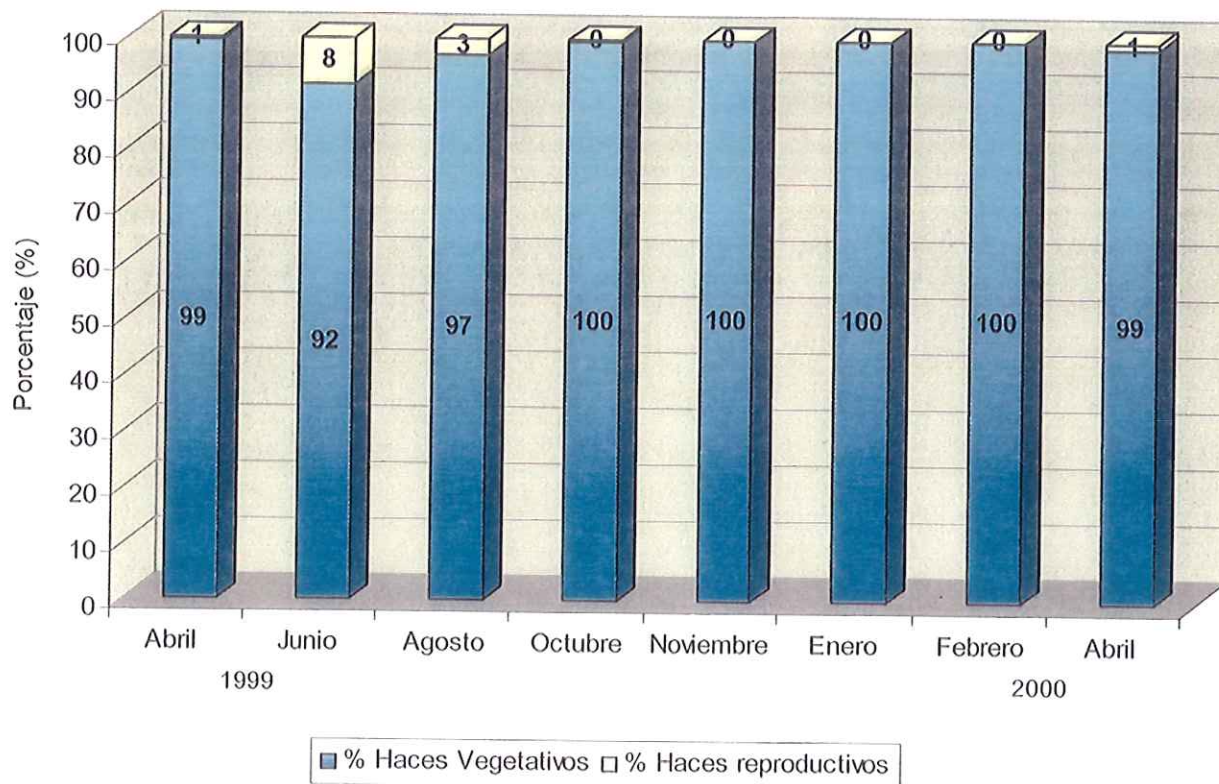


Figura. 23. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel inferior de Bahía Falsa.

1.2.3. Laguna Ojo de Liebre

En el nivel superior, los haces reproductivos tiene su máximo en el mes de abril de 1999 con un valor de 5% y desde agosto desaparecen para no volver a aparecer hasta a abril del 2000 con solo un 4% (Fig. 24). Durante los meses de noviembre de 1999 a febrero del 2000, *Z. marina* fue desplazada por *Ruppia maritima*. El promedio anual es de 19 ± 4 haces reproductivos/m² (Tabla IV).

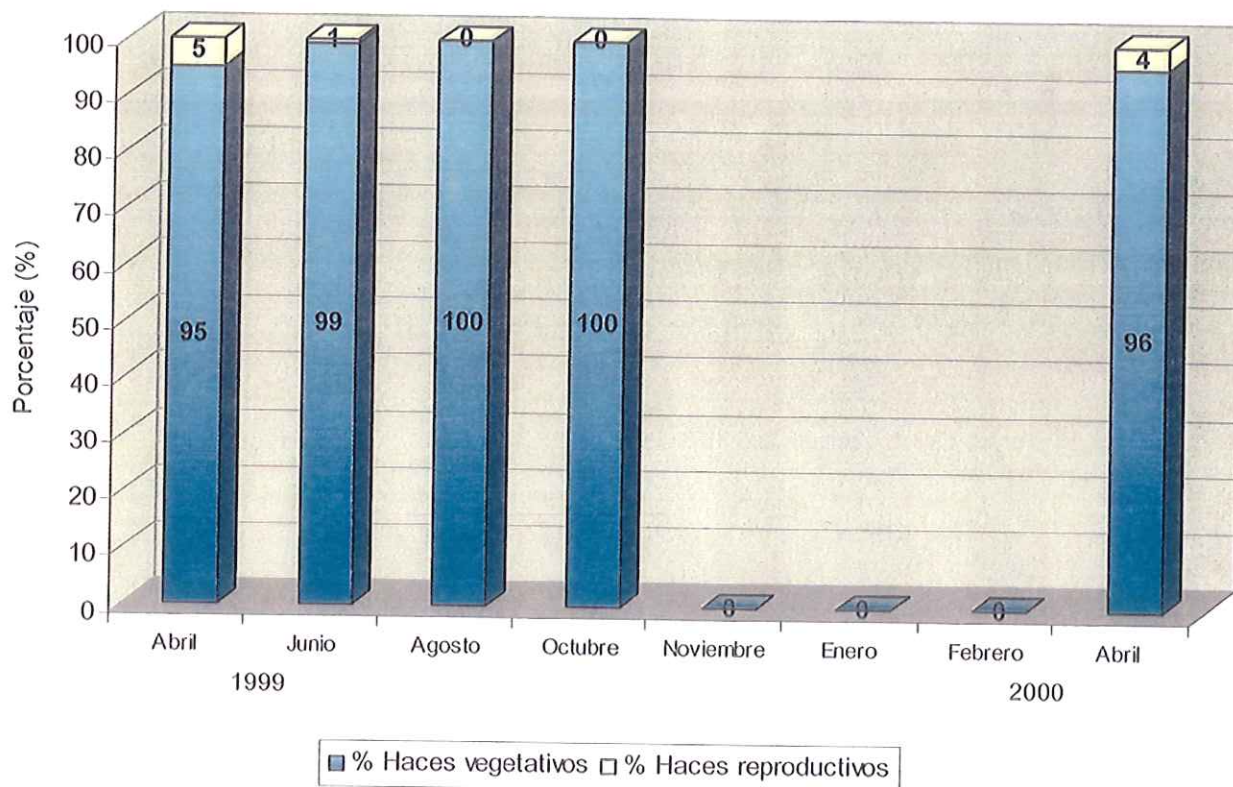


Figura 24. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel medio de esta misma localidad, los haces reproductivos se mantienen con un valor de 3% en los meses de agosto y octubre, porcentaje que representa el máximo para este nivel (Fig. 25). El promedio anual de la densidad de haces reproductivos es de 20 ± 5 haces/m² (Tabla IV).

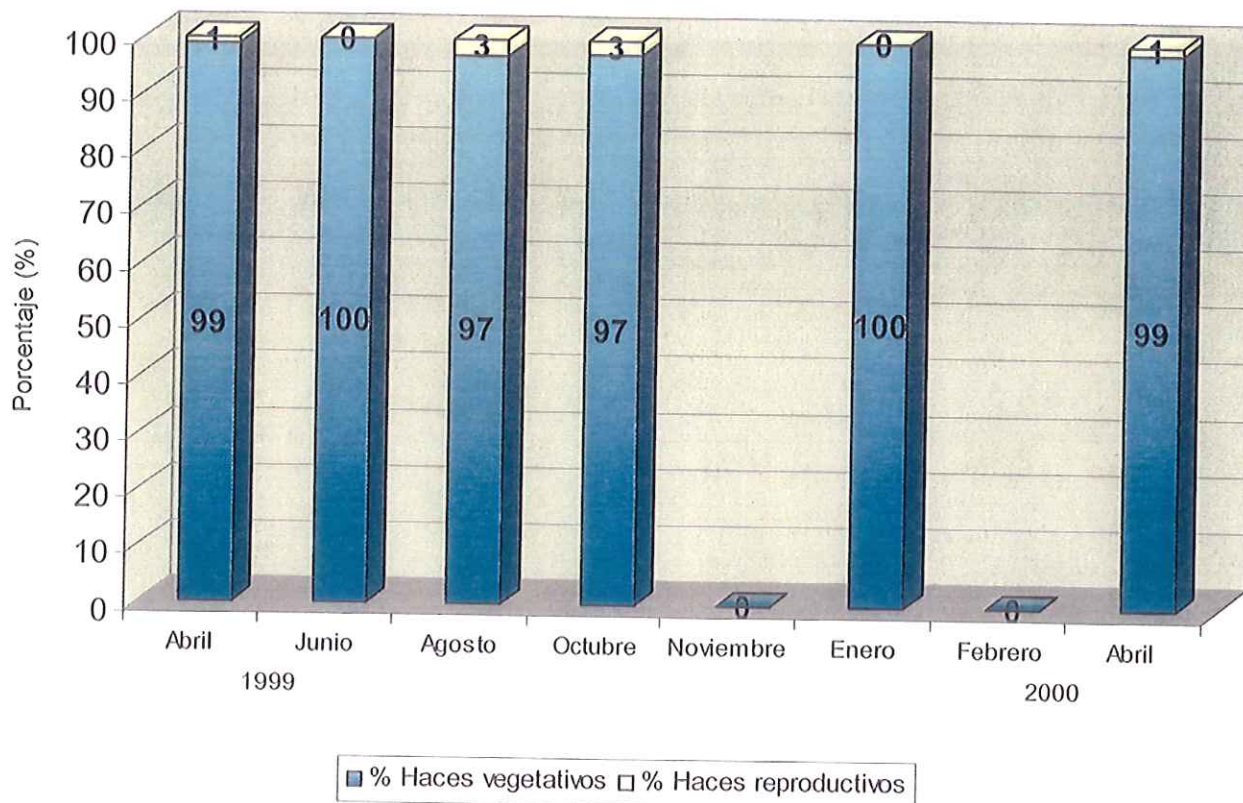


Figura 25. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.

Para el nivel inferior de esta laguna, el máximo porcentaje de haces reproductivos se presenta en el mes de noviembre con un valor de 8% y solo en abril del 2000 se vuelven a presentar con un valor de 1% (Fig. 26). El promedio anual de haces reproductores es de 7 ± 1 haces/m² (Tabla IV).

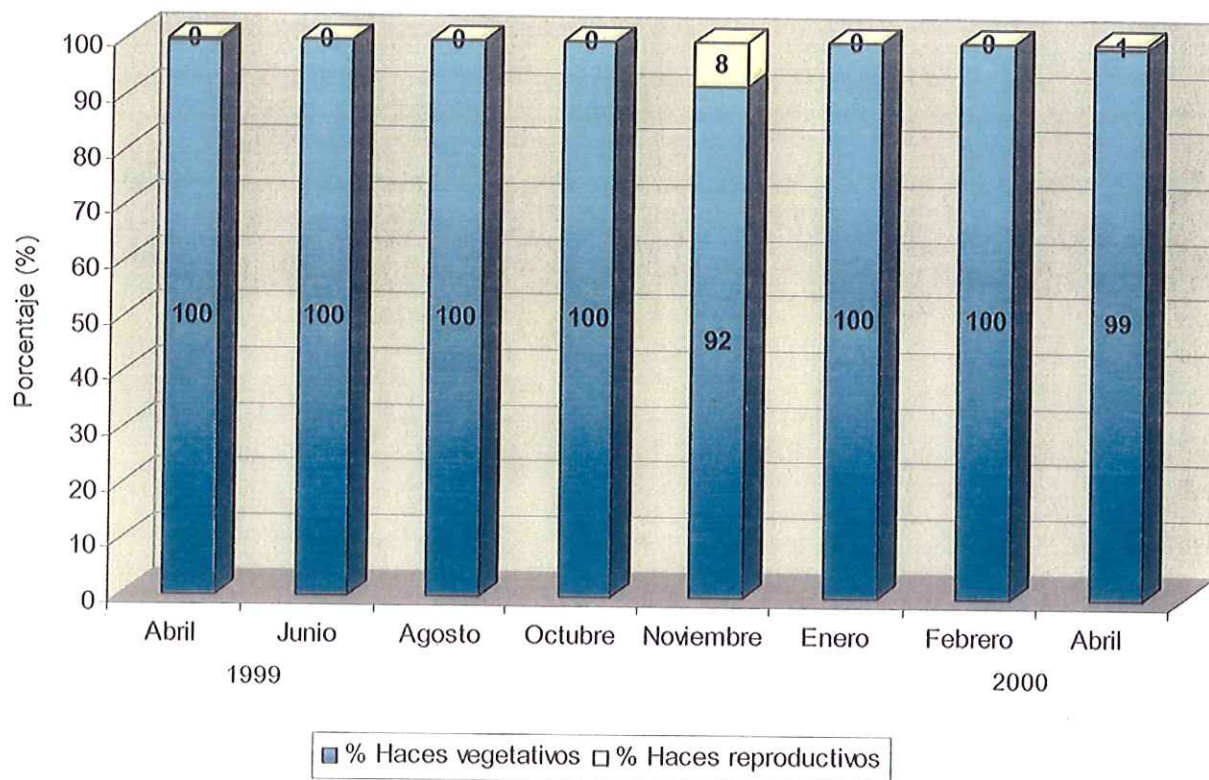


Figura 26. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.

1.2.4. Laguna San Ignacio

En el nivel superior, en junio de 1999 se presenta el máximo de haces reproductivos con un valor de 3%. Desde el mes de octubre hasta el mes de febrero del 2000, los haces reproductivos desaparecen (Fig. 27). El promedio de la densidad de haces reproductivos en este periodo es de 14 ± 4 haces/m² (Tabla V).

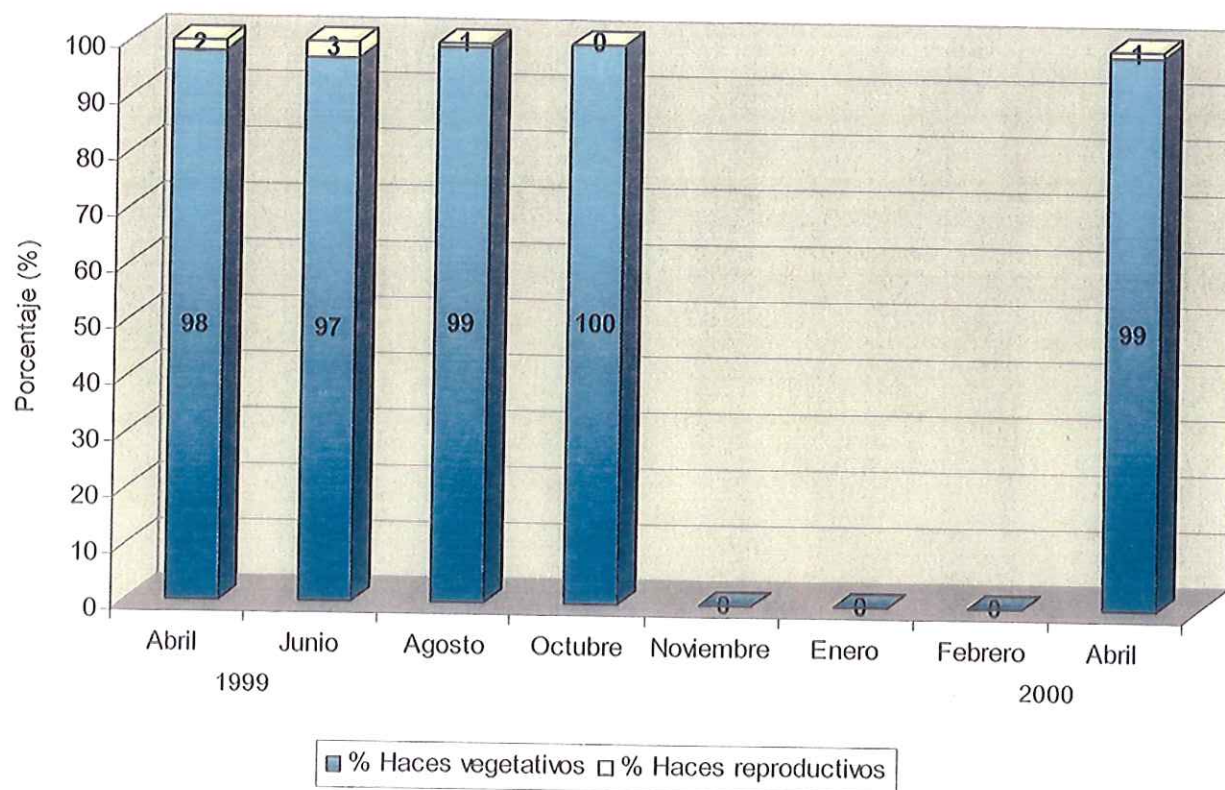


Figura 27. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel superior de Laguna San Ignacio.

El nivel medio de laguna San Ignacio presenta su máximo en el mes de abril de 1999 con un valor de 7%, en agosto de 1999 desaparecen los haces reproductivos y hasta febrero del 2000 se presentan con un valor de 1%. El promedio anual es de 34 ± 9 haces reproductivos/m² (Tabla V).

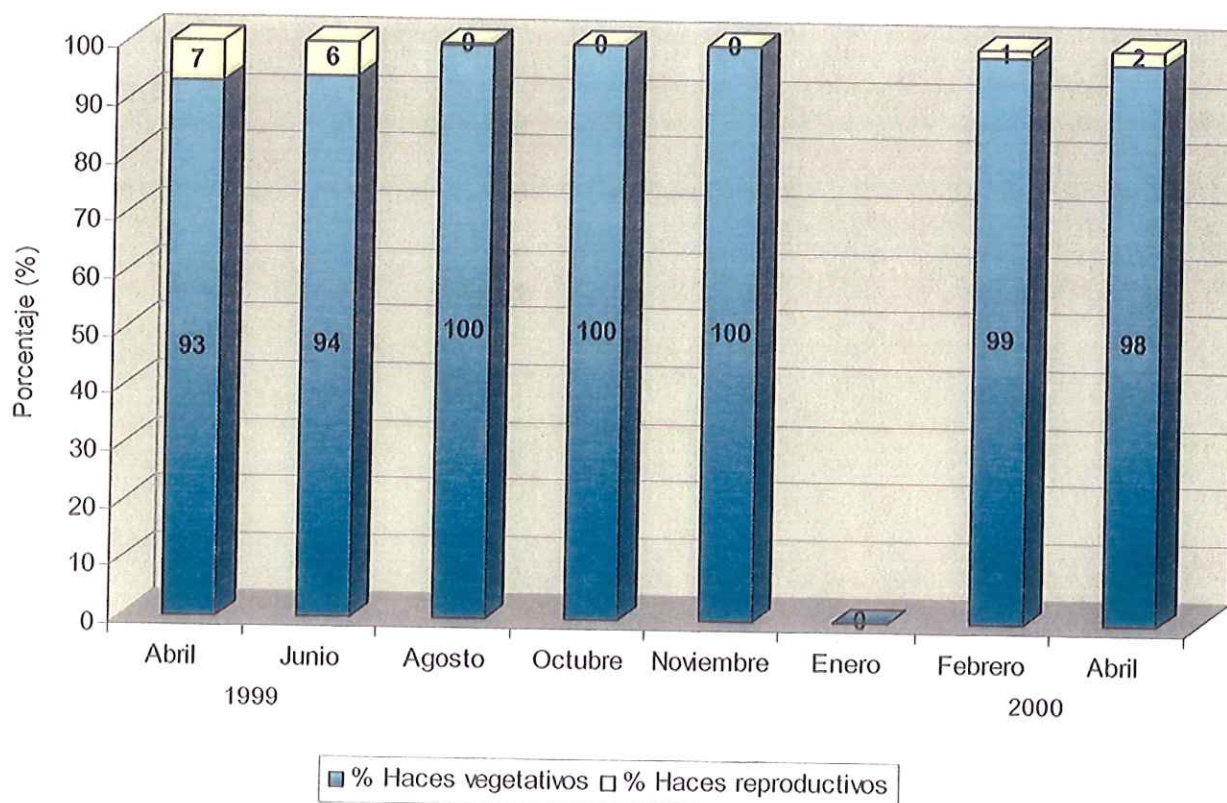


Figura 28. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel medio de Laguna San Ignacio.

Para el nivel inferior, el máximo porcentaje de haces reproductivos se observa en el mes de abril 1999, con un valor de 15%. Este porcentaje es el más elevado de los 3 niveles de Laguna San Ignacio. De abril a junio se da la máxima variación (14%) (Fig. 29). El promedio anual de este nivel es de 62 ± 19 haces reproductivos/m² (Tabla V).

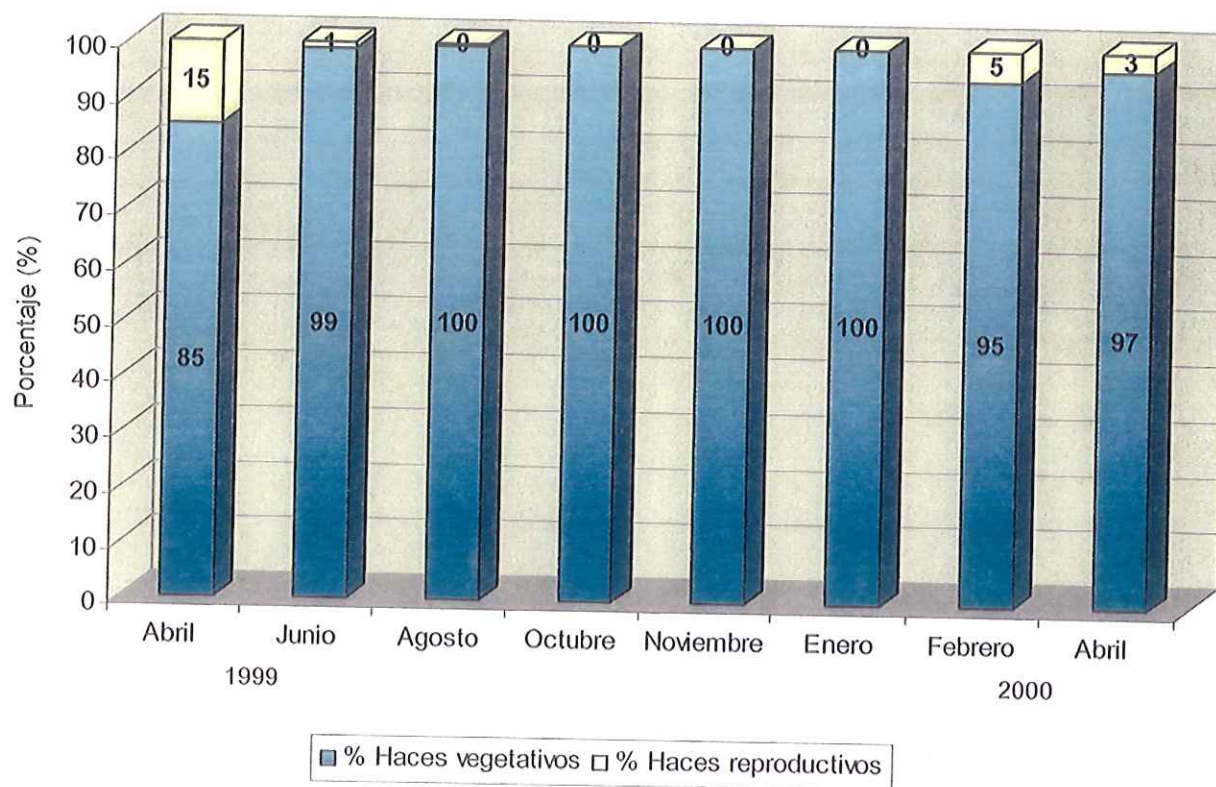


Figura 29. Porcentaje total de haces de *Z. marina* en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.

1.3. Densidad de hojas sueltas

Esta variable corresponde al análisis del número de hojas sueltas por m^2 . Los valores obtenidos se presentan de las tablas II a V, sin que se haya gráficado.

1.3.1. Bahía San Quintín

Se observa una disminución en el número de hojas sueltas/ m^2 en función de la profundidad, variando entre 1308 ± 452 y 520 ± 128 hojas sueltas/ m^2 . No se detectó ningún patrón espacial determinado. (Tabla II)

1.3.2. Bahía Falsa

A pesar de que en este transecto se mantuvo la tendencia a disminuir en función de la profundidad, no se observa una gran variación entre los valores. Estos fluctúan entre 745 ± 152 hojas sueltas/ m^2 en el nivel superior y 644 ± 276 hojas sueltas/ m^2 en el nivel inferior. En este transecto tampoco se observa un patrón estacional determinado (Tabla III).

1.3.3 Laguna Ojo de Liebre.

En esta laguna el valor mas elevado corresponde al nivel medio, 658 ± 166 hojas/m² y el menor al nivel inferior con de 454 ± 144 hojas/m². Los valores más altos corresponde todos a junio y los más bajos al periodo noviembre a febrero (Tabla IV).

1.3.4 Laguna San Ignacio

Esta localidad, muestra el patrón opuesto al descrito para los dos transectos de Bahía San Quintín; es decir, el mayor número de hojas sueltas se encuentra en el nivel inferior, 936 ± 214 , mientras que el menor, 449 ± 127 hojas sueltas/m², se encuentra en el nivel superior. No hay una variación temporal definida (Tabla V).

Tabla II. Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces/m²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Bahía San Quintín durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Haces Apicales	Superior	646 \pm 178	1598 (enero)	198 (octubre)
	Medio	495 \pm 95	755 (febrero)	108 (junio)
	Inferior	450 \pm 98	870 (enero)	128 (agosto)
Ramas laterales	Superior	326 \pm 101	800 (febrero)	0 (abril -1999)
	Medio	155 \pm 39	350 (enero)	45 (abril - 1999)
	Inferior	156 \pm 38	278 (febrero)	0 (abril -1999)
Densidad Total	Superior	932 \pm 266	2152 (enero)	293 (octubre)
	Medio	651 \pm 123	1043 (febrero)	205 (junio)
	Inferior	586 \pm 118	963 (enero)	160 (noviembre)
Haces Reproductivos	Superior	27 \pm 12	100 (junio)	0 (noviembre)
	Medio	12 \pm 4	25 (abril -1999)	0 (enero y febrero)
	Inferior	35 \pm 14	103 (agosto)	0 (junio y noviembre)
Hojas Seltas	Superior	1308 \pm 452	3135 (enero)	0 (abril -1999)
	Medio	550 \pm 116	1008 (febrero)	178 (noviembre)
	Inferior	520 \pm 128	980 (abril - 2000)	0 (abril -1999)

Tabla IV. Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces/m²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Haces Apicales	Superior	827 \pm 192	1325 (junio)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Medio	732 \pm 171	1310 (octubre)	0 (noviembre y febrero)
	Inferior	684 \pm 147	1250 (junio)	93 (noviembre)
Ramas laterales	Superior	270 \pm 79	573 (junio)	0 (abril - 1999, noviembre, enero y febrero)
	Medio	133 \pm 49	418 (junio)	0 (noviembre y febrero)
	Inferior	133 \pm 55	463 (junio)	0 (abril - 1999 y noviembre)
Densidad Total	Superior	1043 \pm 337	1898 (junio)	455 (abril- 1999)
	Medio	865 \pm 202	1395 (octubre)	83 (enero)
	Inferior	1045 \pm 190	1713 (junio)	93 (noviembre)
Haces Reproductivos	Superior	19 \pm 4	25 (abril -2000)	0 (agosto, octubre, noviembre, enero y febrero)
	Medio	20 \pm 5	38 (octubre)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Inferior	7 \pm 1	10 (abril -2000)	0 (abril - 1999, agosto, octubre, enero y febrero)
Hojas Seltas	Superior	590 \pm 206	1735 (junio)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Medio	658 \pm 166	1215 (junio)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Inferior	454 \pm 144	1118 (junio)	40 (noviembre)

Tabla V. Valores promedio, máximo y mínimo anual de densidad (No. de haces/m²) de haces apicales, densidad total (suma de haces apicales y ramas laterales), haces reproductivos y hojas sueltas para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Haces Apicales	Superior	647 \pm 138	1000 (octubre)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Medio	831 \pm 152	1425 (abril - 2000)	0 (enero)
	Inferior	1098 \pm 197	1835 (noviembre)	398 (junio)
Ramas laterales	Superior	219 \pm 48	363 (junio)	0 (abril - 1999, noviembre, enero y febrero)
	Medio	300 \pm 113	929 (agosto)	0 (enero)
	Inferior	146 \pm 26	228 (febrero)	33 (abril - 1999)
Densidad Total	Superior	1028 \pm 243	1130 (octubre)	403 (abril-1999)
	Medio	1130 \pm 215	1605 (abril-2000)	393 (febrero)
	Inferior	1243 \pm 214	2043 (noviembre)	550 (noviembre)
Haces Reproductivos	Superior	14 \pm 4	33 (junio)	0 (octubre, noviembre, enero y febrero)
	Medio	34 \pm 9	60 (junio)	0 (octubre, noviembre y enero)
	Inferior	62 \pm 19	125 (abril - 1999)	0 (octubre, noviembre y enero)
Hojas Seltas	Superior	449 \pm 127	1703 (junio)	0 (noviembre, enero y febrero)
	Medio	571 \pm 137	1185 (junio)	0 (enero)
	Inferior	936 \pm 214	1578 (abril - 2000)	48 (junio)

2. Morfometría

Esta sección comprende el análisis de las variables: longitud total del haz, número de hojas por haz y LAI (Índice de Área Foliar). Las tablas VI a IX presentan los valores promedio, máximo y mínimo anual para cada una de las variables antes mencionadas.

2.1. Longitud total del haz y Número de hojas por haz

Las figuras que se presentan a continuación tienen la misma escala en cada laguna, con el propósito de que sea más clara la diferencia entre niveles.

2.1.1. Bahía San Quintín

En el nivel superior de este transecto, el promedio máximo de la longitud total es de 644mm, que se presenta en el mes de noviembre de 1999 y coincide con el máximo del número de hojas por haz, 5 (Fig. 30). En general, el número de hojas por haz varía de 3 a 5, y la longitud del haz varía de 188 a 644 mm. El promedio anual de la longitud total del haz es de 362 ± 72 mm y el número de hojas por haz tiene como promedio 4 ± 0.2 (Tabla VI).

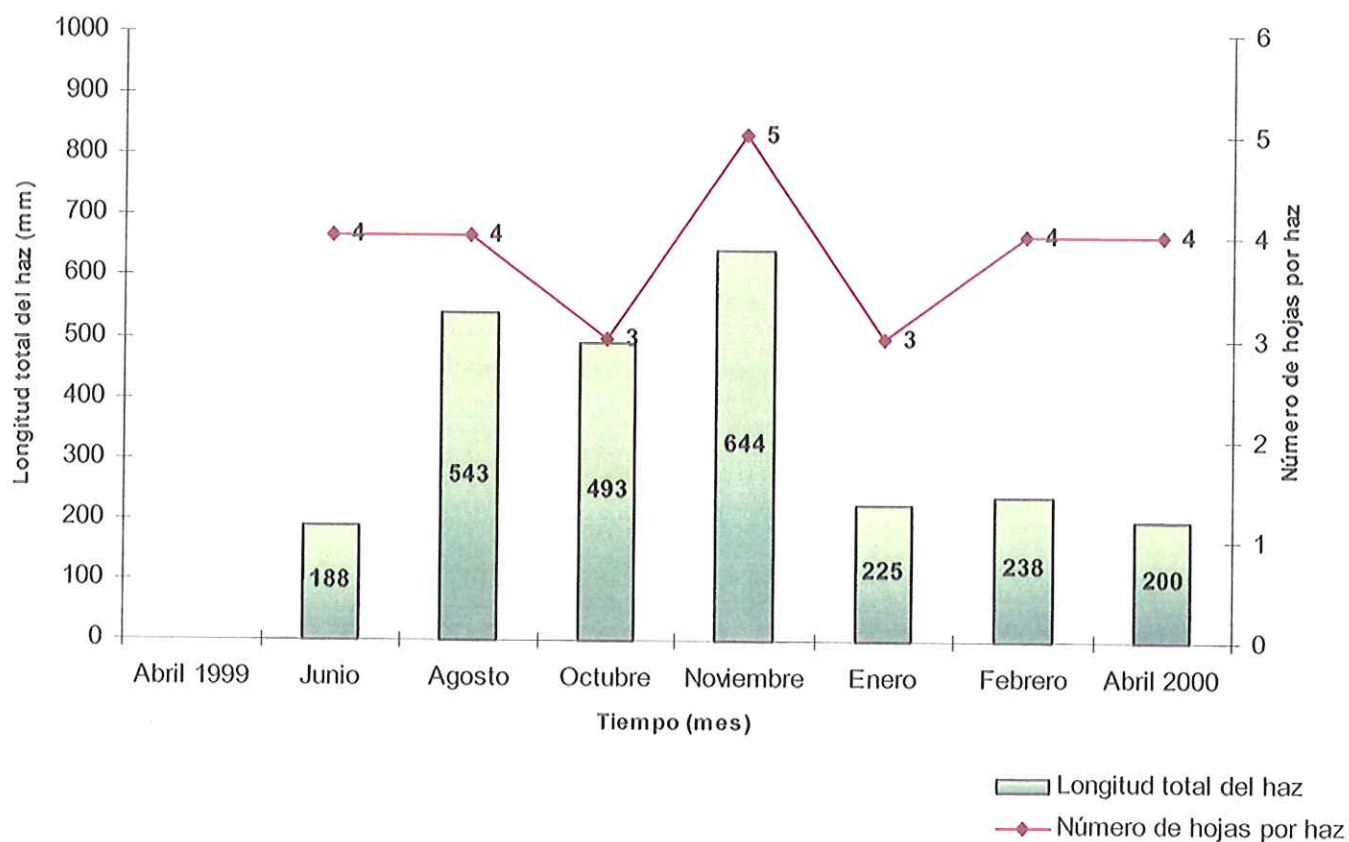


Figura.30 Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Bahía San Quintín

Para el nivel medio, nuevamente el máximo de la longitud del haz, 692 mm, coincide con el máximo del número de hojas por haz, 5, ambos medidos en agosto. La longitud total del haz varía de 177 a 692 mm y el número de hojas por haz oscila entre 3 y 5 (Fig. 31). Entre agosto de 1999 y enero del 2000, el número de hojas por haz se mantiene en 5. El promedio anual de la longitud total de haz para este nivel es de 389 ± 75 mm y el número de hojas por haz tiene como promedio anual 4 ± 0.3 hojas (Tabla VI).

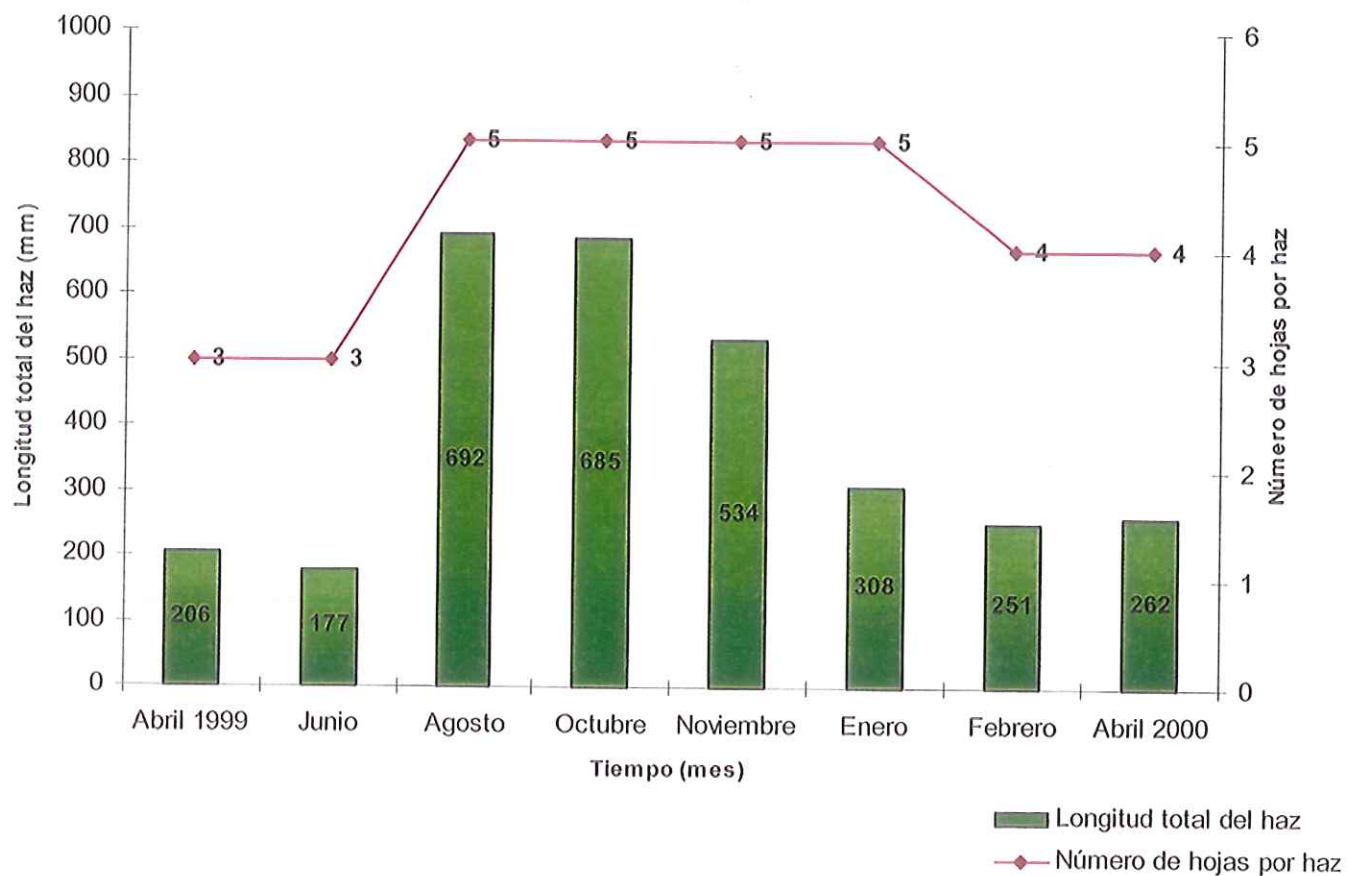


Figura 31. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Bahía San Quintín.

En el nivel inferior, el máximo de la longitud total del haz es de 929 mm medida en el mes de junio de 1999, y el mínimo, 228 mm en febrero del 2000. El número de hojas por haz solo es de 3 en noviembre y en todos los demás meses es de 4 (Fig. 32). El promedio anual del número de hojas por haz es de 4 ± 0.1 y la longitud total del haz tiene como promedio anual 575 ± 83 mm (Tabla VI). Nótese que el promedio de hojas por haz fue similar en los tres niveles (Tabla VI)

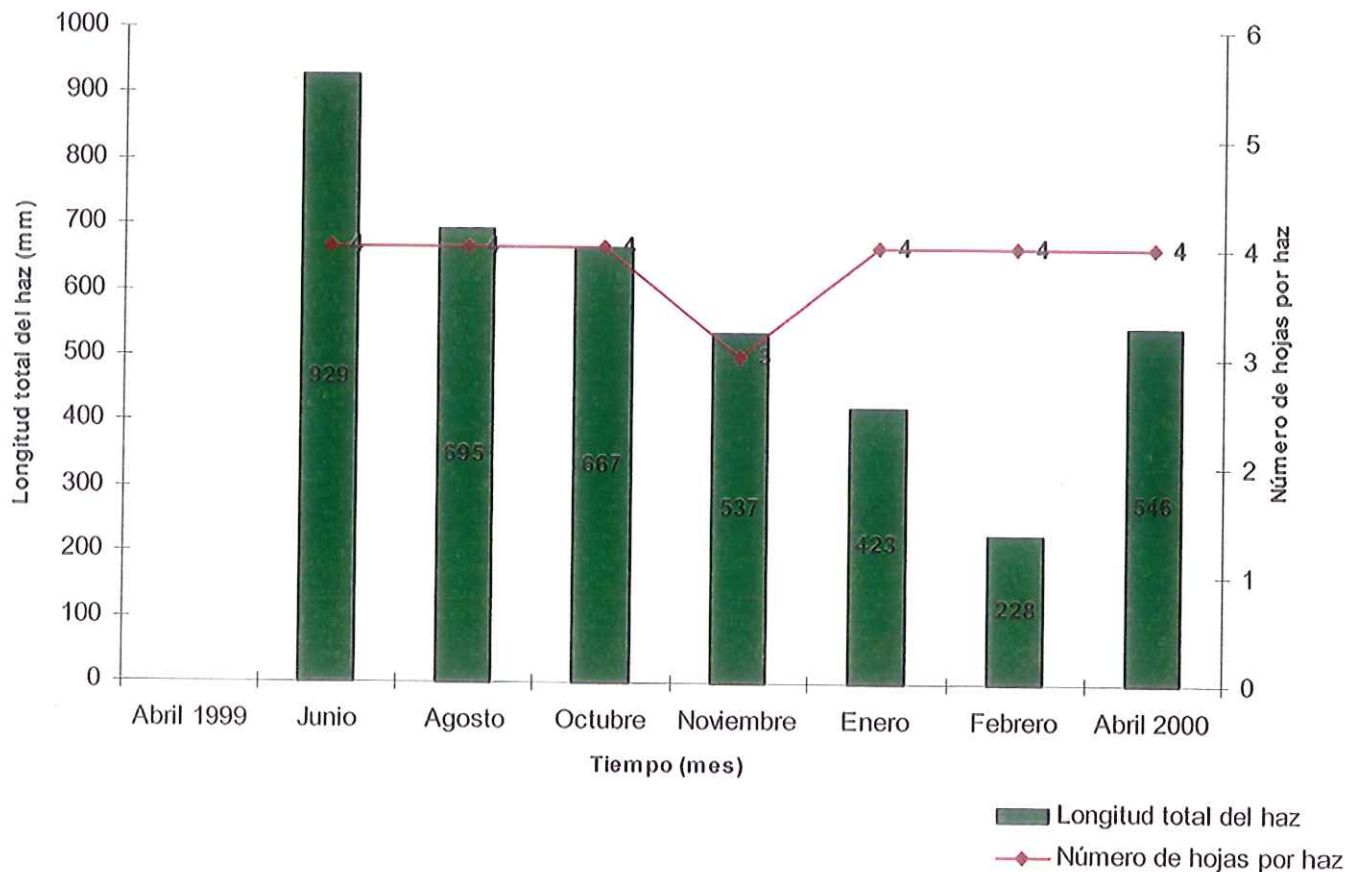


Figura 32. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Bahía San Quintín.

2.1.2. Bahía Falsa

En el nivel superior, el promedio máximo de la longitud total del haz es de 810 mm, correspondiente al mes de octubre de 1999, y el mínimo de 73 mm al mes de febrero del 2000 (Fig. 33). El promedio anual de la longitud total del haz es de 362 ± 109 mm (Tabla VII). El máximo del número de hojas por haz es de 4 disminuyendo a 3 solo en febrero del 2000 (Fig. 33). El promedio anual de número de hojas por haz es de 4 ± 0.2 (Tabla VII).

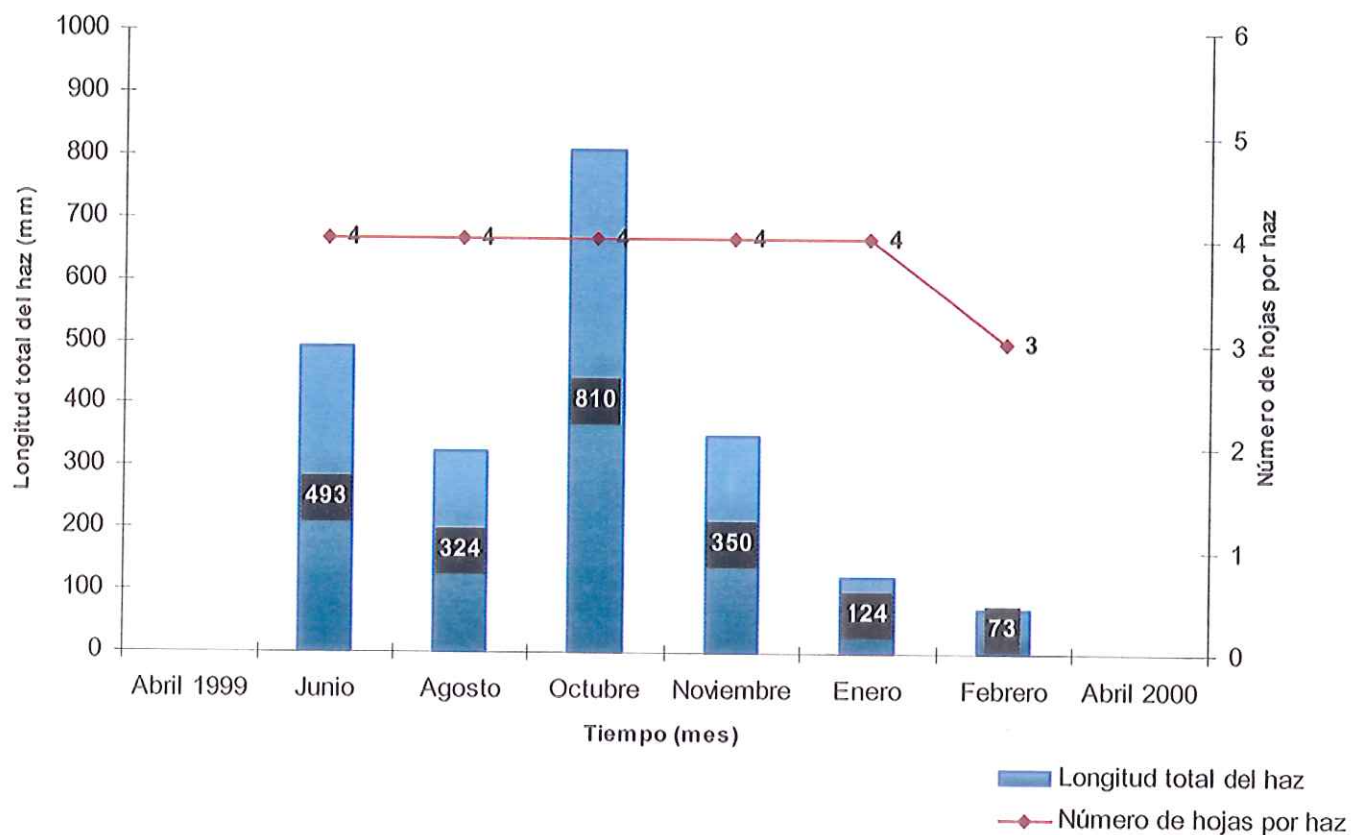


Figura 33. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Bahía Falsa.

En el nivel medio de Bahía Falsa, el promedio máximo de la longitud total del haz es de 658 mm en el mes de agosto de 1999, y el mínimo de 171 mm en el mes de enero del 2000 (Fig. 34). El promedio anual de la longitud total del haz es de 360 ± 69 mm (Tabla VII). Entre agosto y octubre el número de hojas por haz se mantiene en su valor máximo, 5, para después estabilizarse en 4.

(Fig. 34). El promedio anual del número de hojas por haz es de 4 ± 0.2 (Tabla VII).

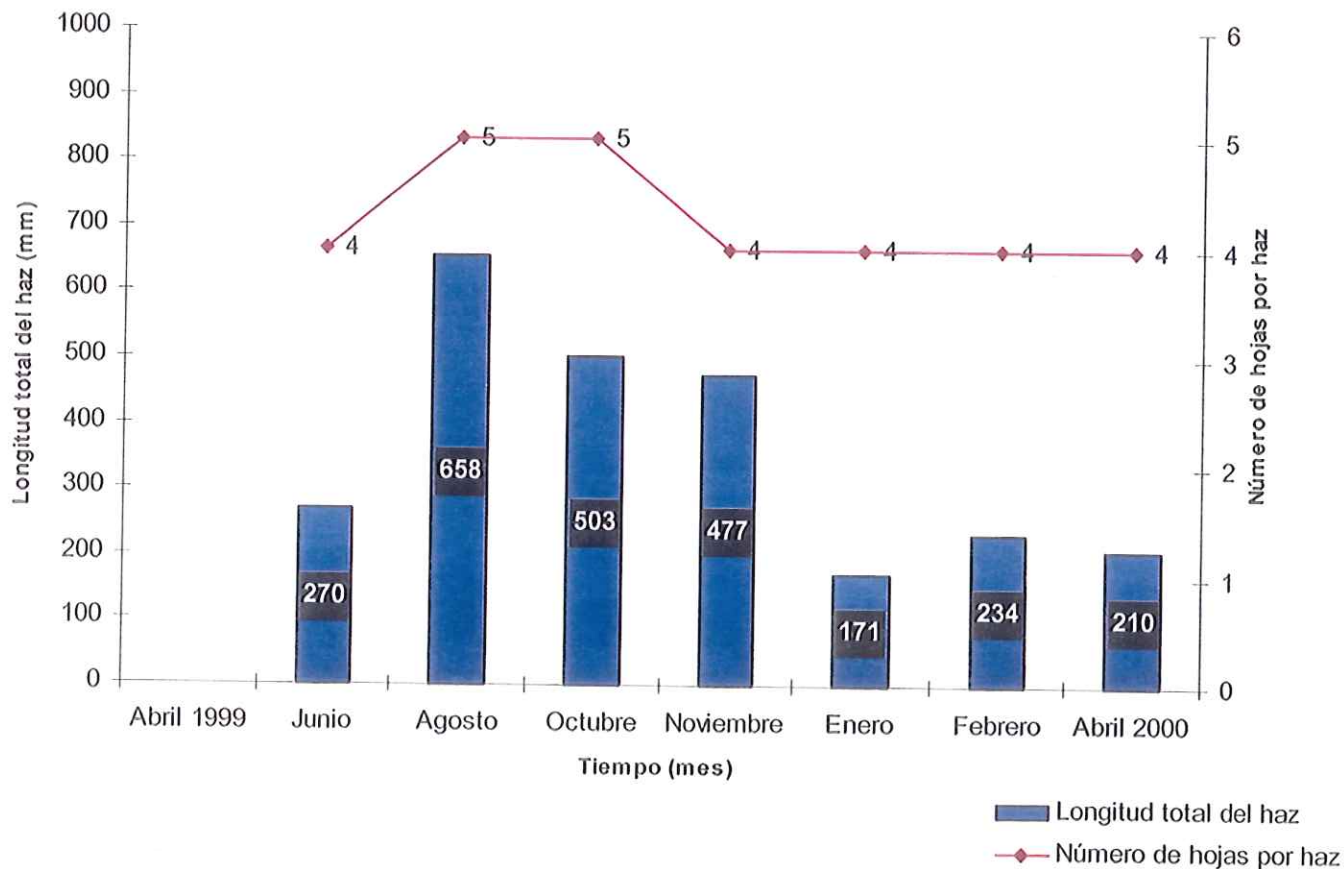


Figura 34. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Bahía Falsa.

En el nivel inferior, el comportamiento del número de hojas por haz sigue el mismo patrón descrito por el nivel medio (Figs. 34 y 35). En este transecto, nuevamente el número promedio de hojas por haz fue similar en los tres niveles (Tabla VII). El promedio máximo de la longitud total del haz se presenta en el

mes de agosto, con 657 mm y el mínimo en junio con 193 mm. El promedio anual tiene un valor de 371 ± 77 mm (Tabla VII).

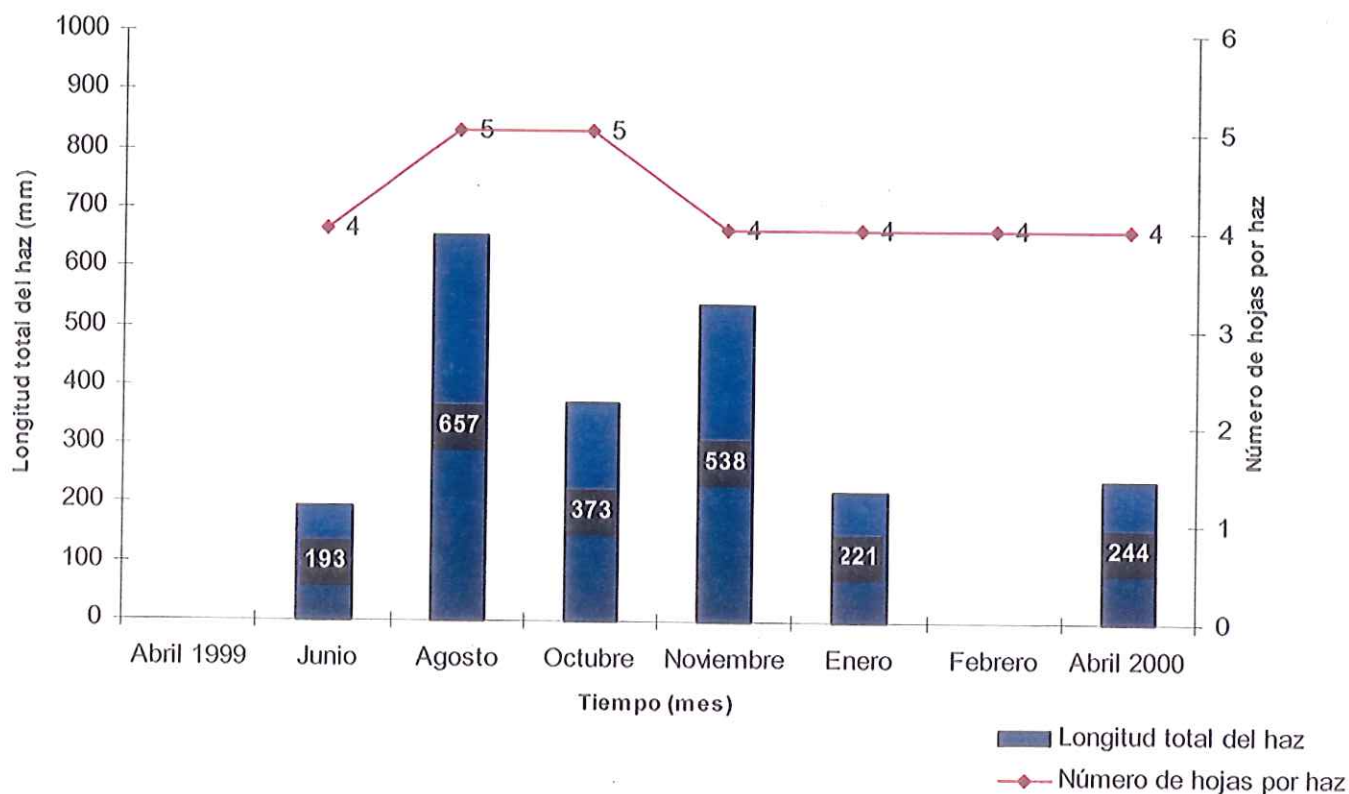


Figura 35. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Bahía Falsa.

2.1.3. Laguna Ojo de Liebre

El promedio máximo de la longitud total del haz en el nivel superior es de 168 mm, en el mes de octubre de 1999, y el mínimo es de 72 mm en el mes de abril de 1999. El promedio de hojas por haz fluctúa entre 3 (abril y junio de

1999) y 4 hojas, el resto del año (Fig. 36). Los promedios anuales son: 113 ± 16 mm de longitud total del haz y 4 ± 0.2 número de hojas por haz (ver Tabla VIII).

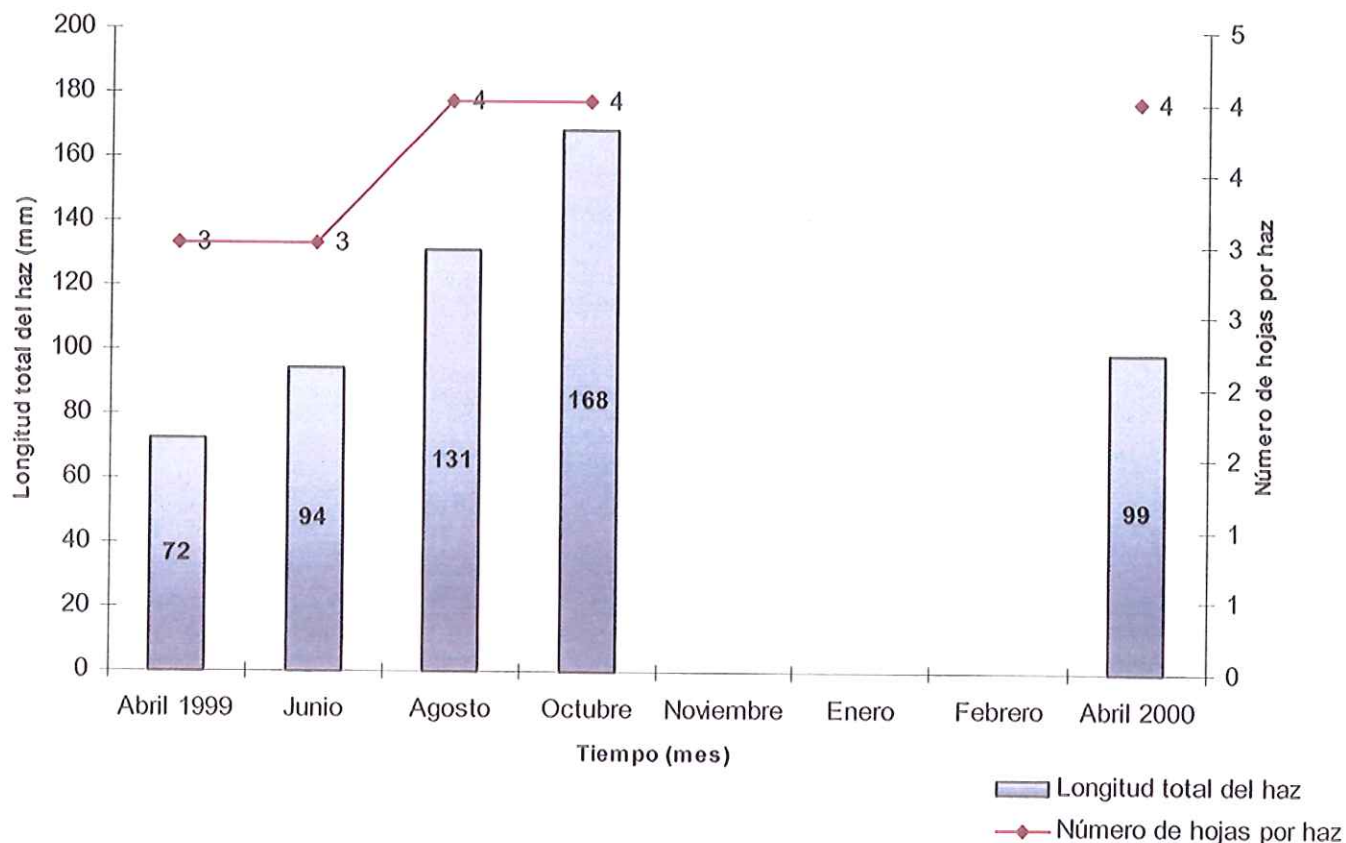


Figura. 36. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel medio de esta localidad, el máximo de la longitud total del haz se presentó en el mes de octubre de 1999, 194 mm, y el mínimo en enero del 2000, 76 mm (Fig. 37). En noviembre de 1999 y febrero del 2000 no se realizó el análisis morfométrico, ya que las muestras contenían solo *Ruppia maritima*. El número de hojas por haz fluctúa a lo largo de todo el año entre 3 y 4 sin que

se observe un patrón definido (Fig. 37). Los valores anuales para este nivel son: 113 ± 17 mm para la longitud total del haz y 3 ± 0.2 hojas (tabla VIII).

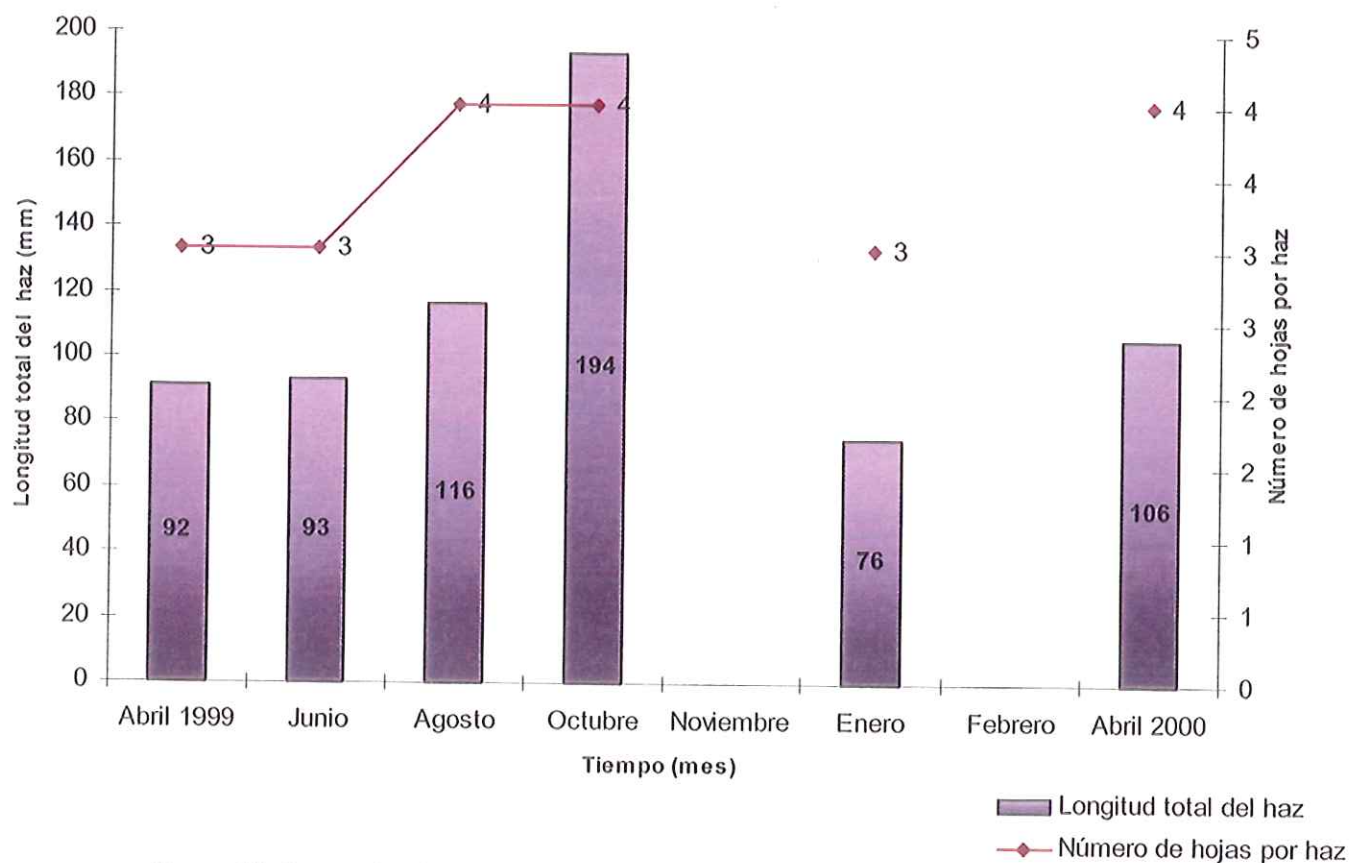


Figura 37. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel inferior, el promedio máximo se encuentra en el mes de octubre y tiene un valor de 159 mm y el mínimo corresponde a junio con un valor de 93 mm. El número de hojas por haz varía de 3 a 5 hojas durante el año (Fig. 38). Los valores promedio anual son, 121 ± 9 mm de longitud total del haz y 3 ± 0.2 hojas (Tabla VIII).

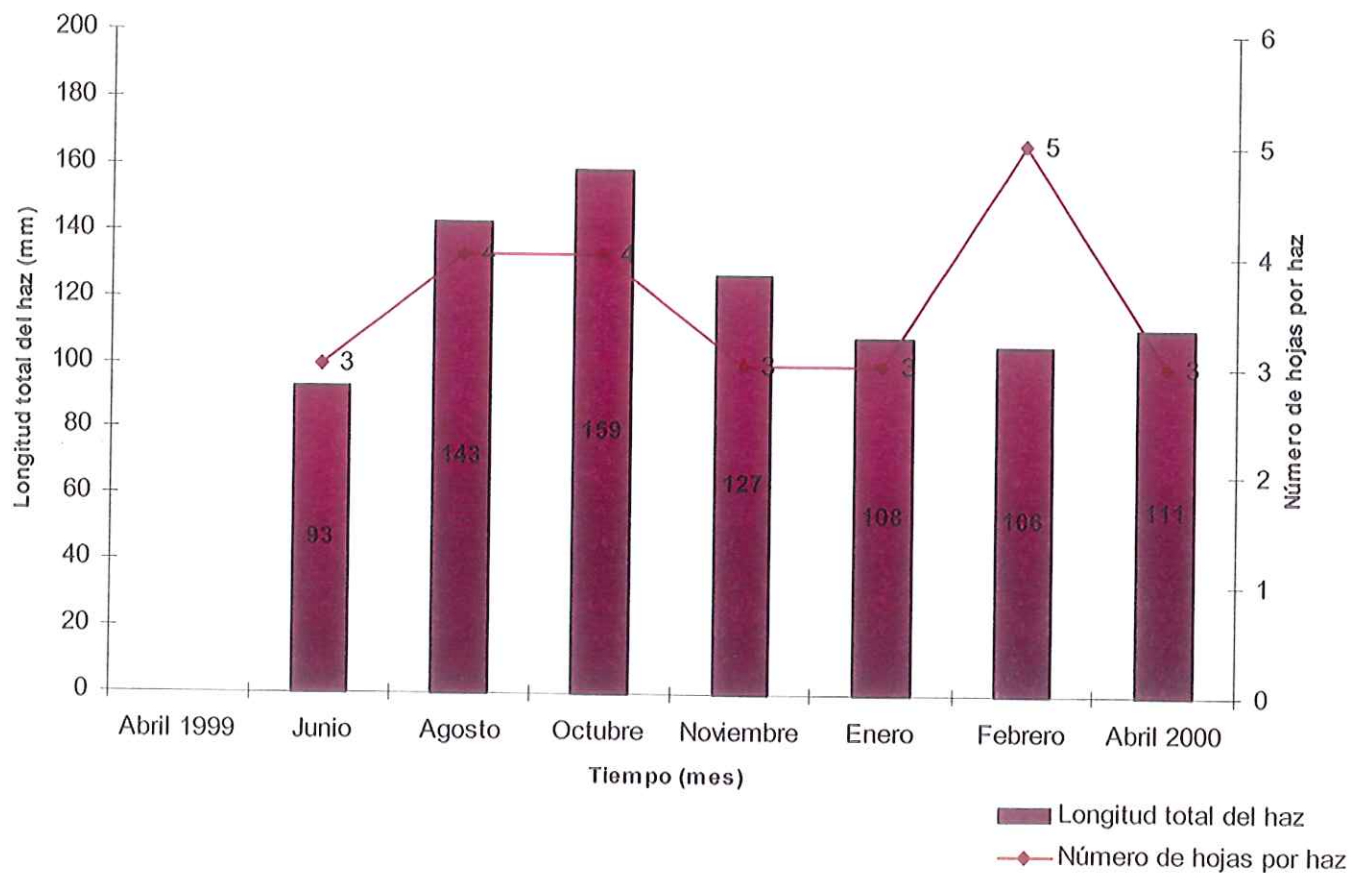


Figura 38. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.

2.1.4. Laguna San Ignacio

En el nivel superior, el promedio máximo de la longitud total del haz se observa en el mes de octubre, con un valor de 215 mm, y el mínimo en junio con 71 mm. El número de hojas por haz varía entre 3 y 5 a lo largo del año sin un patrón definido (Fig. 39). Los valores promedio anual para este nivel son de 116 ± 25 mm de longitud total y 4 ± 0.3 hojas por haz (Tabla IX).

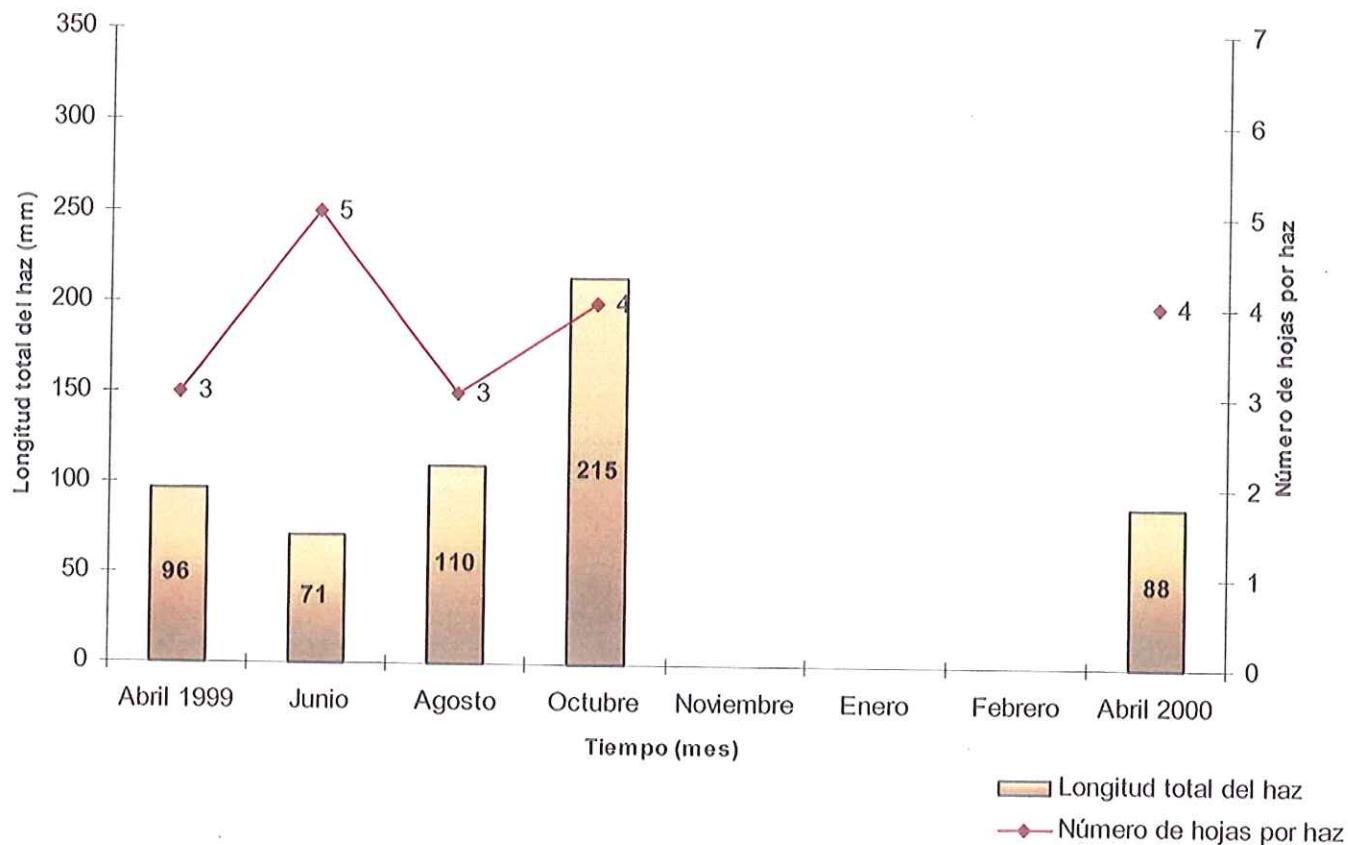


Figura 39. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel superior de Laguna San Ignacio.

En el nivel medio, el máximo de la longitud total de haz se encuentra en octubre de 1999, 160mm, y el mínimo en junio, con un valor de 74 mm. El número de hojas por haz alcanza su máximo en noviembre, con un valor de 6, y el mínimo de 3 corresponde a abril y junio de 1999 (Fig. 40). El valor promedio anual es de 112 ± 14 mm de la longitud total del haz y 4 ± 0.4 (Tabla IX).

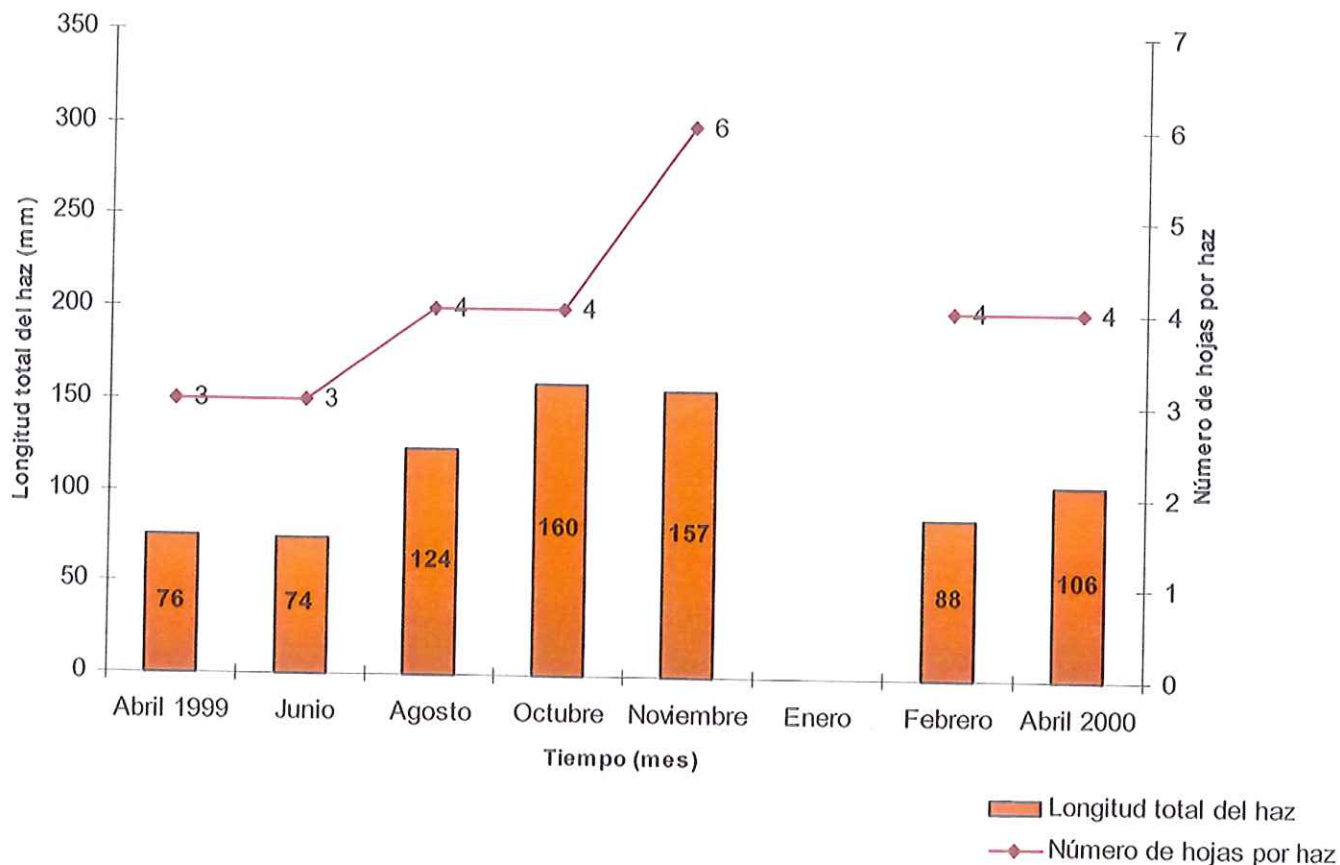


Figura 40. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel medio de Laguna San Ignacio.

En el nivel inferior de Laguna San Ignacio, el promedio máximo de la longitud total del haz se alcanza en noviembre, con un valor de 322 mm. El mínimo corresponde a junio, 93 mm. El promedio máximo en el número de hojas por haz se presenta en el mes de febrero, 5 y el mínimo en abril de 1999, con un valor de 3 (Fig. 41). Los valores promedio anual son: 154 ± 26 mm y el número de hojas por haz es de 4 ± 0.2 (Tabla IX). Nótese que en Laguna San Ignacio el número promedio de hojas fue de 4, en los tres niveles (Tabla IX).

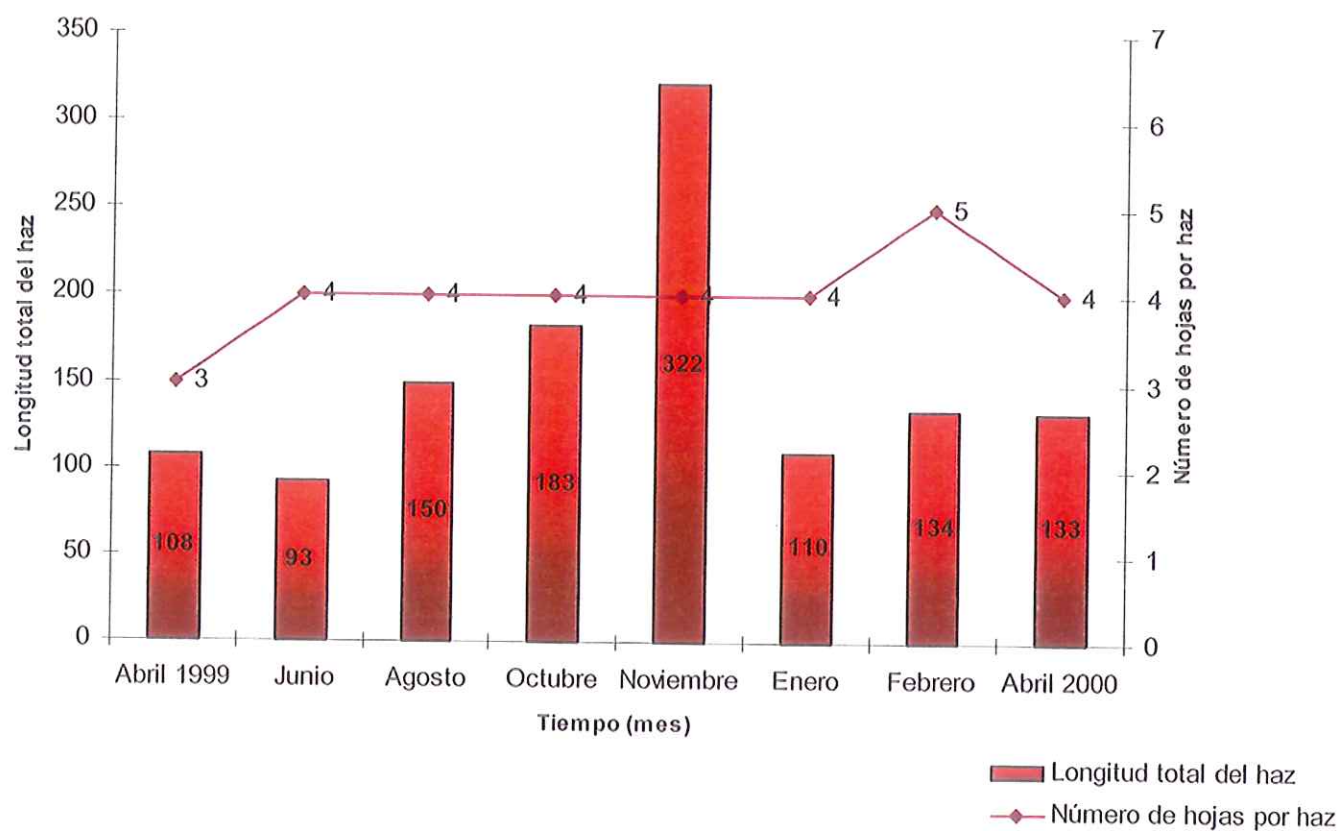


Figura 41. Comportamiento de la longitud total del haz (mm) y número de hojas por haz en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.

2.2. Índice de Area Foliar

2.2.1. Bahía San Quintín

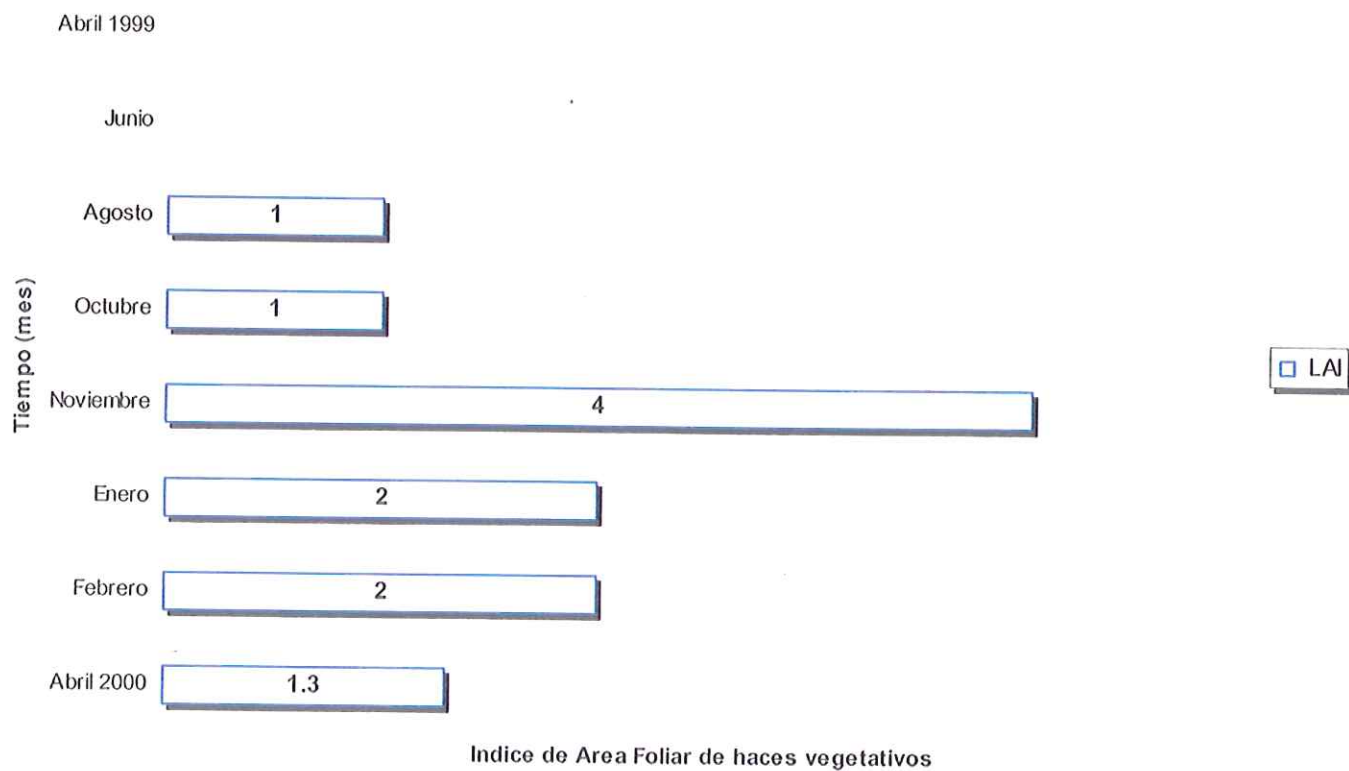


Figura 42. Índice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Bahía San Quintín.

En el nivel superior de Bahía San Quintín el máximo se presenta en noviembre con un valor de 4 y el mínimo de 1 en agosto y octubre de 1999 (Fig. 42). El promedio anual de LAI en este nivel es de 2 ± 0.5 (Tabla VI).

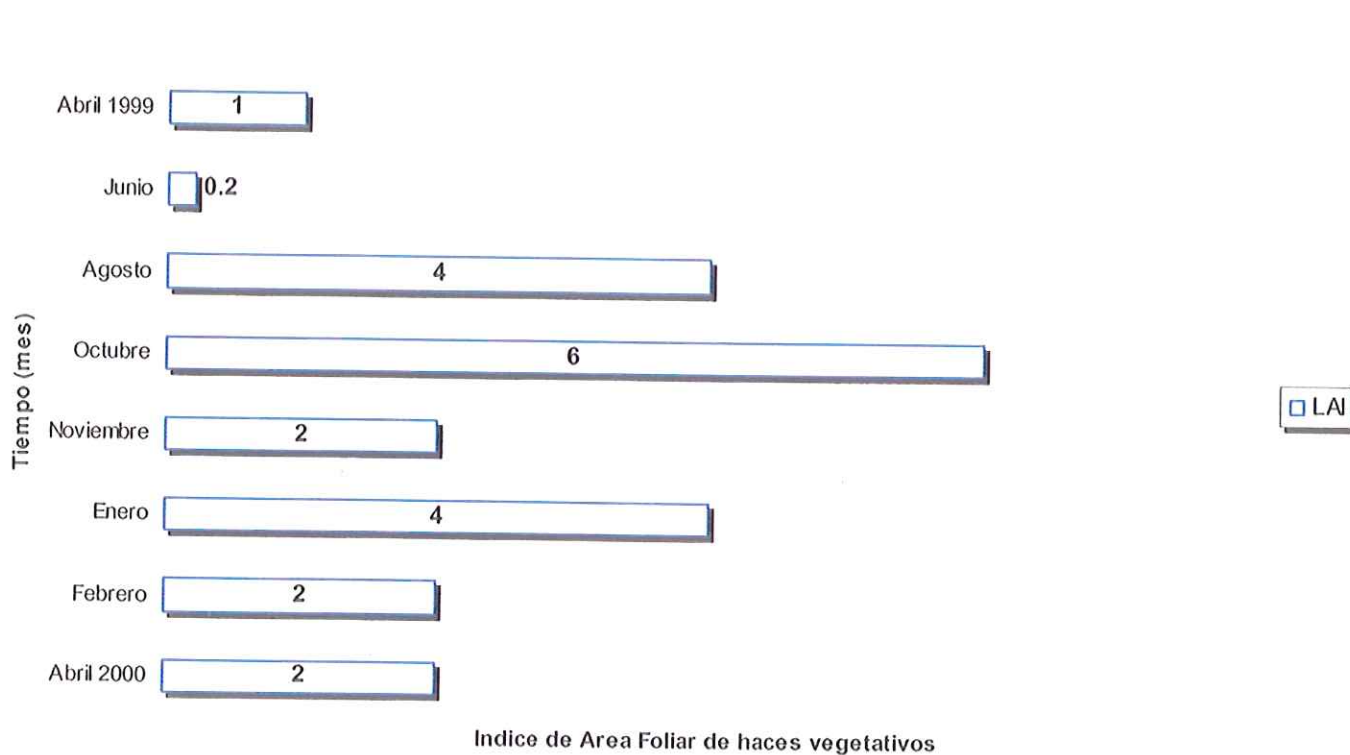


Figura 43. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Bahía San Quintín.

Para el nivel medio, el máximo se presenta en octubre con un valor de 6 y el mínimo tiene un valor de 0.2 en junio (Fig. 43). El promedio anual es de 3 ± 0.7 (Tabla VI).

En el nivel inferior, el promedio máximo se vuelve a presentar en octubre con el mismo valor, 6, y el mínimo de 1 en los meses de agosto y noviembre de 1999 y enero del 2000. La mayor variación se presenta antes y después de octubre (Fig. 44). El valor promedio anual es de 3 ± 0.7 (Tabla VI).

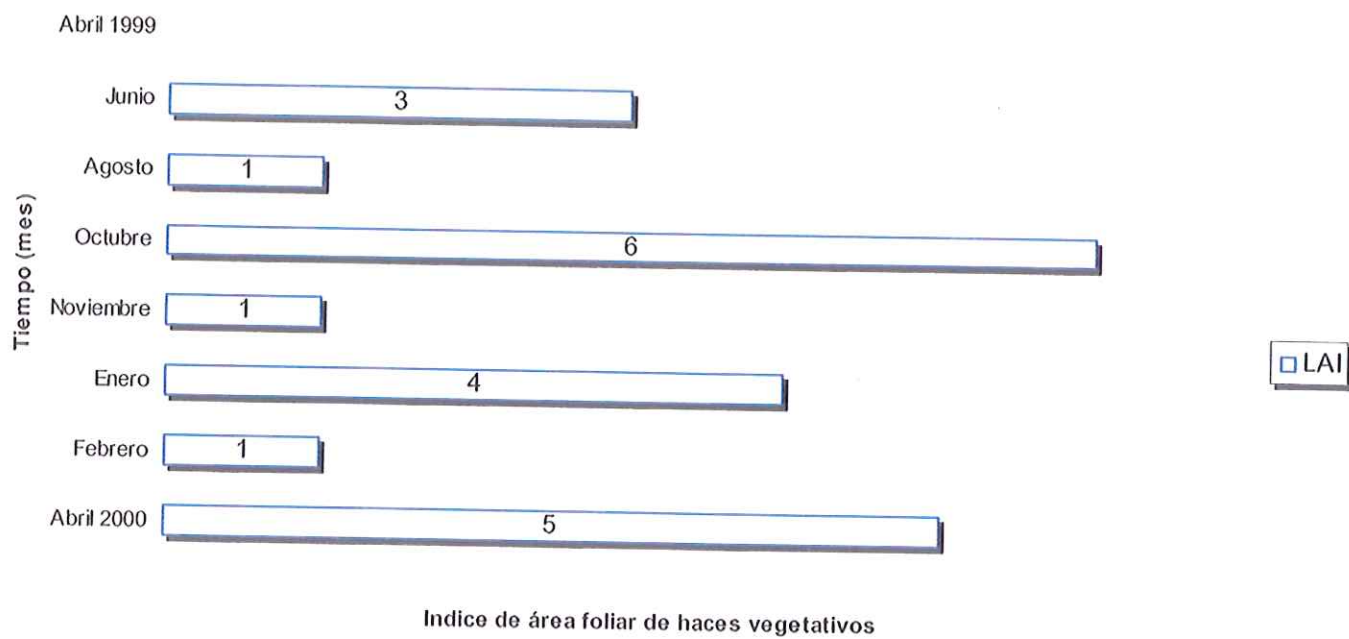


Figura 44. Índice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Bahía San Quintín.

2.2.2. Bahía Falsa

En el nivel superior de Bahía Falsa, el promedio máximo se presenta en el mes de junio con un valor de 6 y el mínimo en febrero con un valor de 0.1 (Fig. 45). El promedio anual para este nivel y localidad es de 3 ± 1 (Tabla VII).

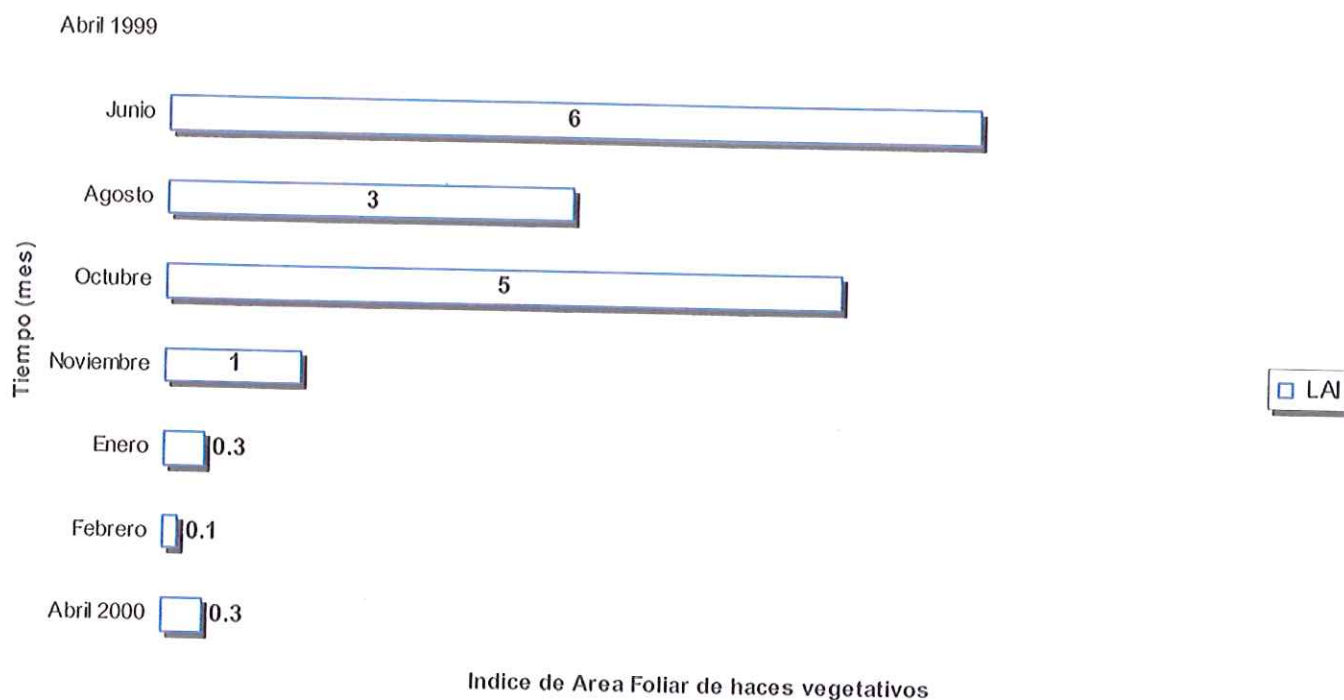


Figura 45. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Bahía Falsa.

En el nivel medio de esta localidad se presenta el promedio máximo en el mes de agosto con un valor de 10, este valor es el mayor dentro de los 3 niveles, el mínimo se presenta en los meses de junio de 1999 y febrero del 2000 con un valor de 1 (Fig. 46). El promedio anual para el LAI en este nivel es de 4 ± 1 (Tabla VII).

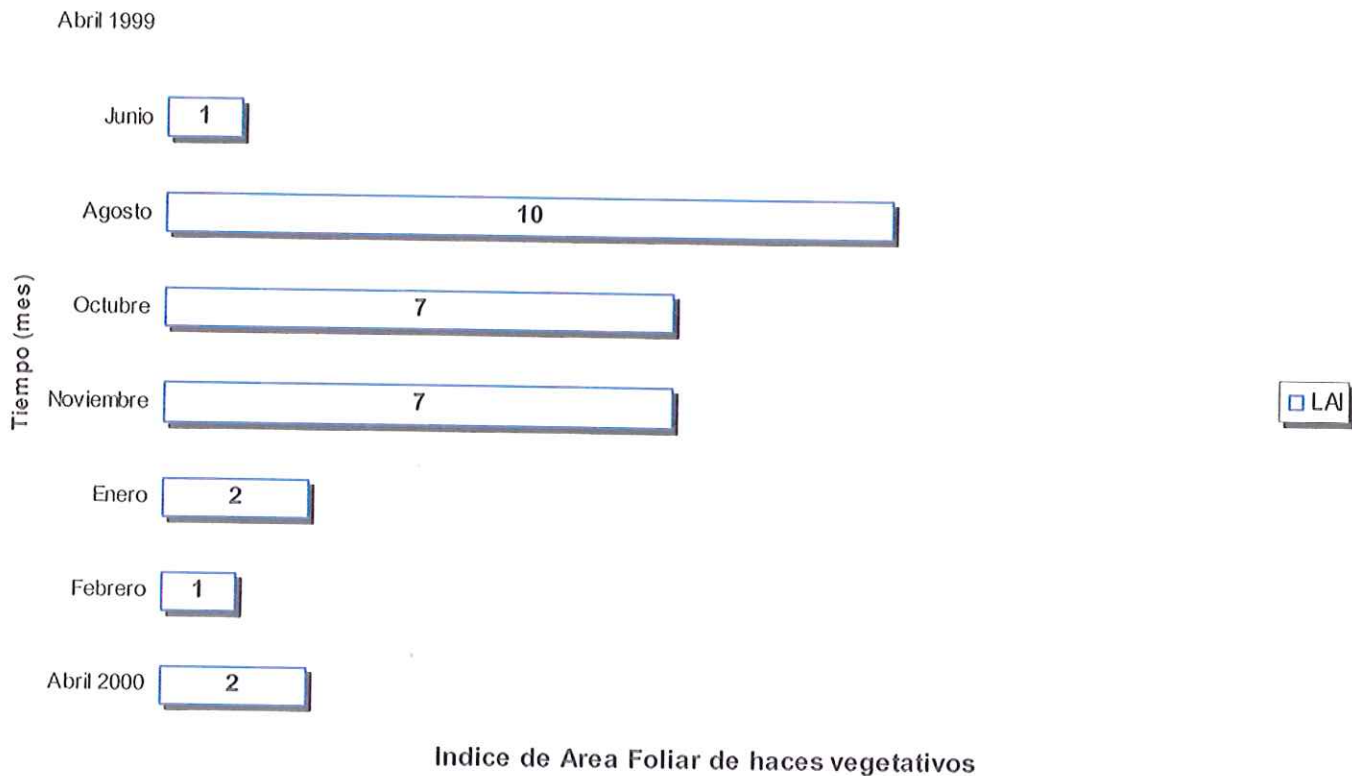


Figura 46. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Bahía Falsa.

Para el nivel inferior, el máximo se presenta en el mismo mes que en nivel anterior, pero con un valor de 8. El mínimo corresponde a enero con un valor de 0.1 (Fig. 47). El valor promedio anual del Indice de Area Foliar es de 3 ± 1 (Tabla VII).

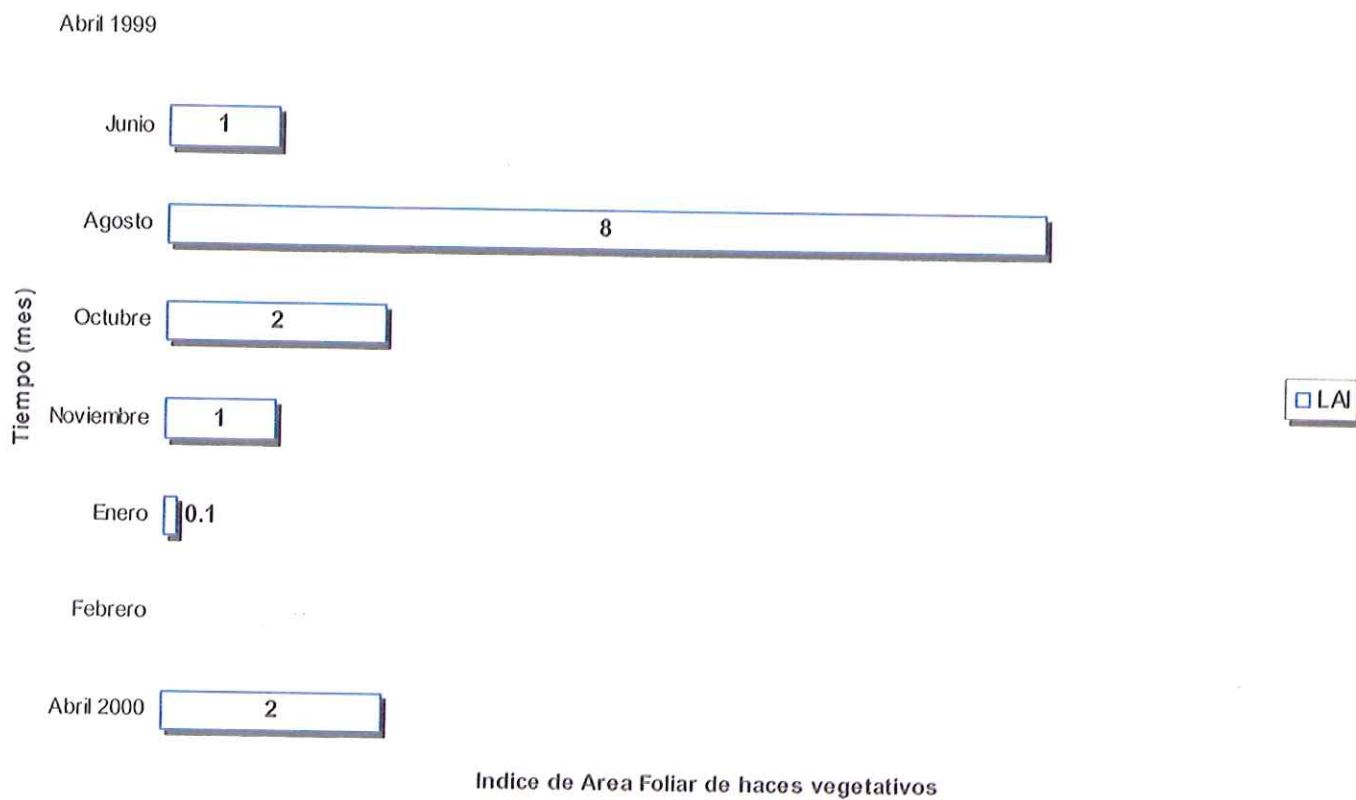


Figura 47. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Bahía Falsa.

2.2.3. Laguna Ojo de Liebre

En esta localidad, el nivel superior presentó su máximo en octubre siendo de 1.2. El mínimo se presentó en abril de 1999 con un valor de 0.1 (Fig. 48). El promedio anual para este nivel tiene un valor de 0.5 ± 0.2 (Tabla VIII).



Figura 48. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Laguna Ojo de Liebre.

En el nivel medio, durante octubre, se vuelve a presentar el promedio máximo, siendo superior al medido en el nivel anterior, 2. El mínimo se presenta en el mismo mes que en el nivel anterior (abril de 1999) y con el mismo valor, (0.1) (Fig. 49). El promedio anual para este nivel es de 0.6 ± 0.3 (Tabla VIII).

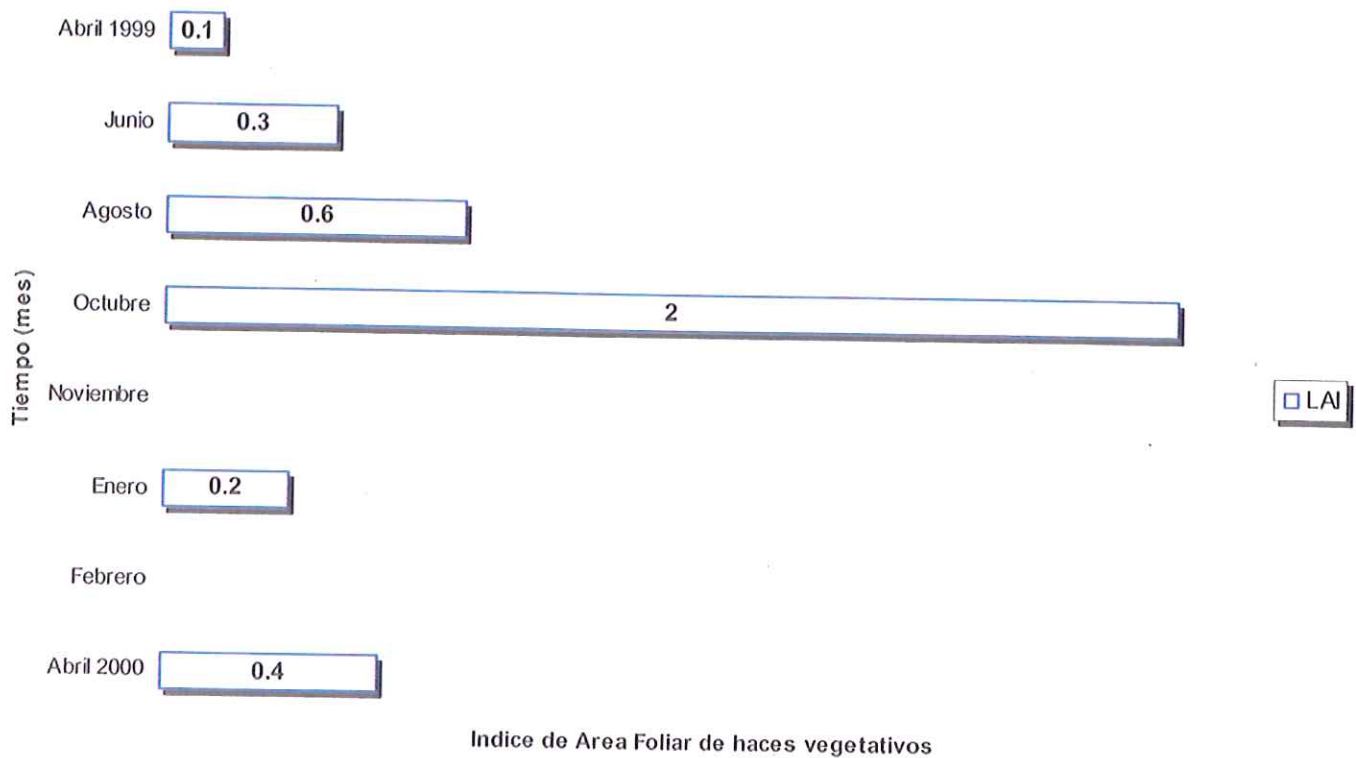


Figura 49. Índice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Laguna Ojo de Liebre.

Al igual que en los niveles anteriores, en el nivel inferior el promedio máximo se presenta en el mes de octubre con un valor de 1, menor que en los otros dos niveles. El promedio mínimo se presenta en noviembre, con un valor de 0.05. La mayor variación se produce entre octubre y noviembre (Fig. 50). El promedio anual para este nivel es de 0.4 ± 0.1 (Tabla VIII).

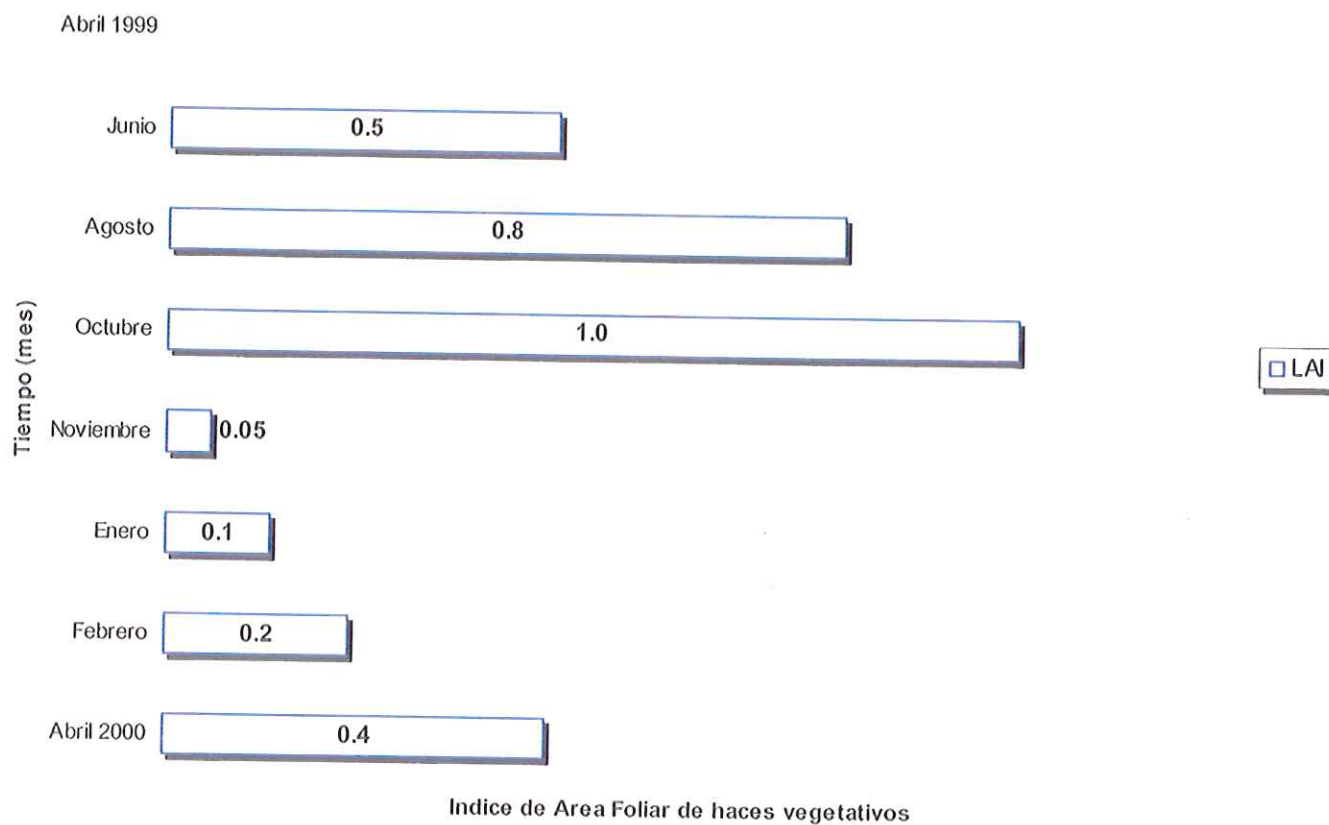


Figura 50. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre.

2.2.4. Laguna San Ignacio

En el nivel superior de Laguna San Ignacio, el promedio máximo se presenta en el mes de octubre con un valor de 1.7 y el mínimo en el mes de abril de 1999 con un valor de 0.1. La variación más marcada se presenta antes

y después de octubre (Fig. 51). El promedio anual de LAI es de 0.5 ± 0.3 (Tabla IX).

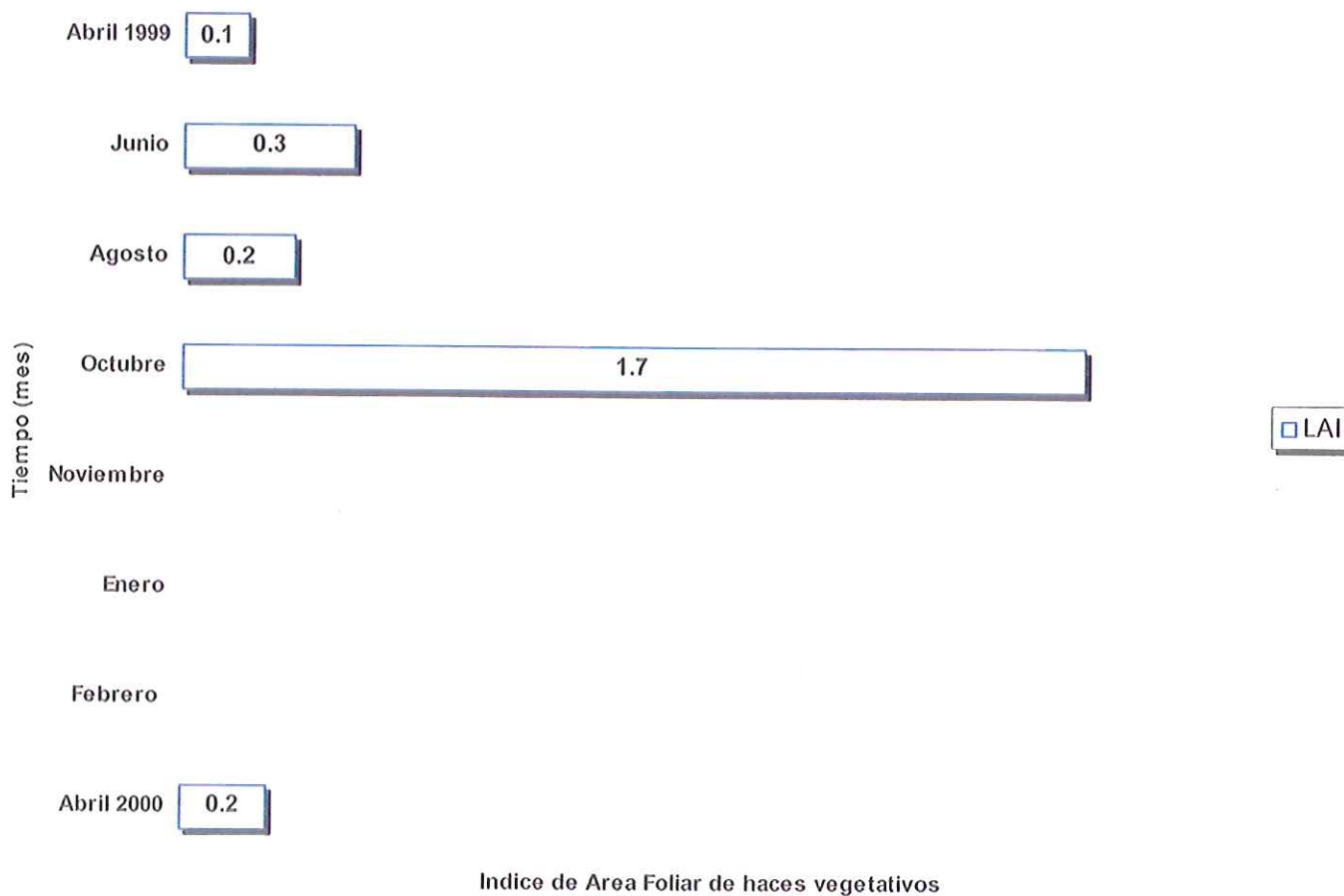


Figura 51. Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel superior de Laguna San Ignacio.

En el nivel medio, el máximo se presenta en el mes de noviembre con un valor de 1.2. En este mismo mes, en el nivel inferior se presenta también el máximo con un valor de 7.1. El mínimo en el nivel medio es durante los meses

de abril de 1999 y febrero con un valor de 0.2 y en el nivel inferior es en el mes de junio con un valor de 0.3 (Fig. 52 y 53). Los valores promedio del Índice de Area Foliar para estos niveles son: 0.5 ± 0.1 para el nivel medio y 1.7 ± 0.8 para el inferior (Tabla IX).

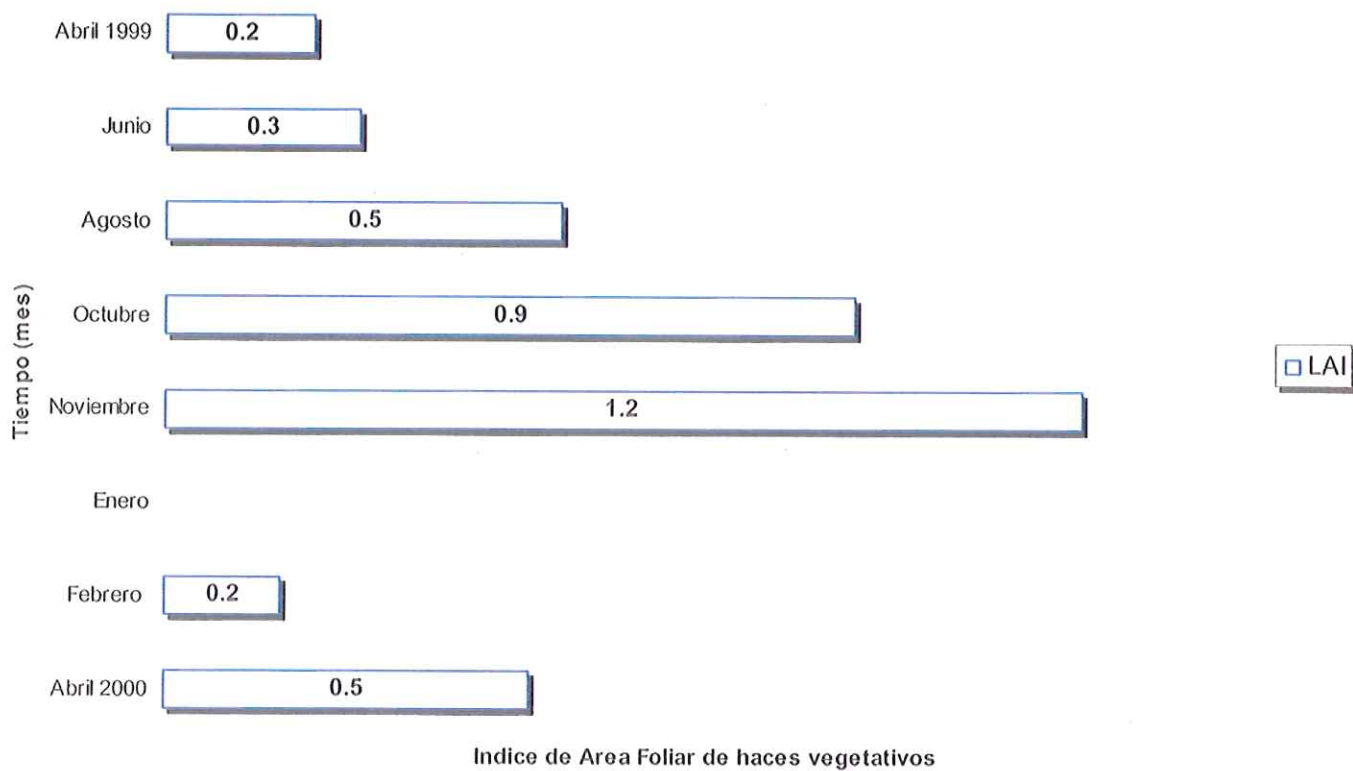


Figura 52. Índice de Area Foliar (LAI) en el nivel medio de Laguna San Ignacio.

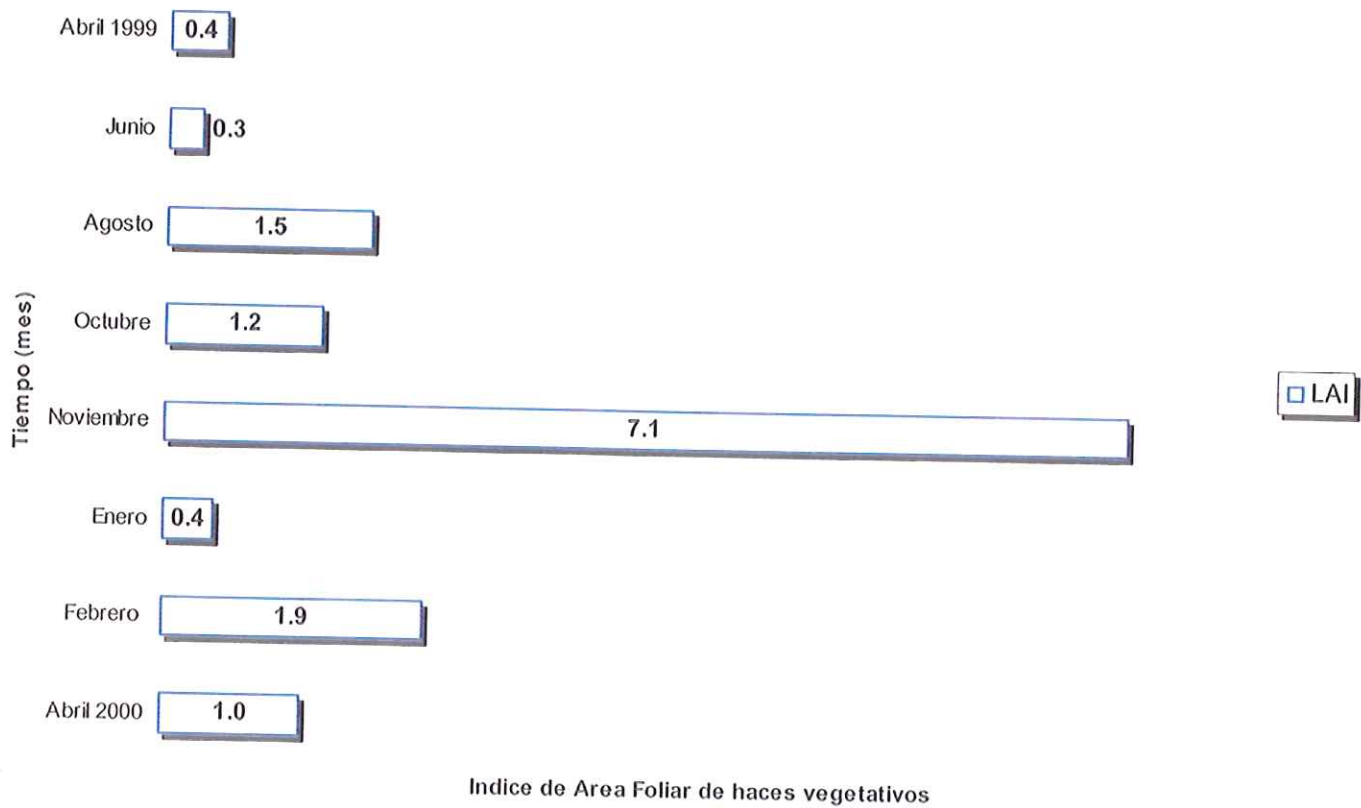


Figura 53 Indice de Area Foliar (LAI) en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.

Tabla VI. Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Bahía San Quintín durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Longitud Total del haz (mm)	Superior	362 \pm 72	644 (noviembre)	188 (junio)
	Medio	389 \pm 75	692 (agosto)	177 (junio)
	Inferior	575 \pm 83	929 (junio)	228 (febrero)
No. de hojas por haz	Superior	4 \pm 0.2	5 (noviembre)	3 (octubre)
	Medio	4 \pm 0.3	5 (agosto, octubre, noviembre y enero)	3 (abril -1999 y junio)
	Inferior	4 \pm 0.1	4 (junio, agosto, octubre, enero, febrero y abril - 2000)	3 (noviembre)
Indice de área foliar (LAI)	Superior	2 \pm 0.5	4 (noviembre)	1 (agosto y octubre)
	Medio	3 \pm 0.7	6 (octubre)	1 (abril - 1999)
	Inferior	3 \pm 0.7	6 (octubre)	1 (agosto, noviembre y febrero)

Tabla VII. Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Bahía Falsa durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Longitud Total del haz (mm)	Superior	362 ± 109	810 (octubre)	73 (febrero)
	Medio	360 ± 69	658 (agosto)	171 (enero)
	Inferior	371 ± 77	657 (agosto)	193 (junio)
No. de hojas por haz	Superior	4 ± 0.2	4 (junio, agosto, octubre, noviembre y enero)	3 (febrero)
	Medio	4 ± 0.2	5 (agosto y octubre)	4 (junio, noviembre, enero, febrero y abril - 2000)
	Inferior	4 ± 0.2	5 (agosto y octubre)	3 (abril - 2000)
Indice de area foliar (LAI)	Superior	3 ± 1	6 (junio)	0.1 (febrero)
	Medio	4 ± 1.4	10 (agosto)	1 (junio y febrero)
	Inferior	3 ± 1	8 (agosto)	0.1 (enero)

Tabla VIII. Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Longitud Total del haz (mm)	Superior	113 ± 16	168 (octubre)	72 (abril - 1999)
	Medio	113 ± 17	194 (octubre)	76 (enero)
	Inferior	121 ± 9	159 (octubre)	93 (junio)
No. de hojas por haz	Superior	4 ± 0.2	4 (agosto, octubre y abril - 2000)	3 (abril-1999 y junio)
	Medio	3 ± 0.2	4 (octubre)	3 (abril - 1999)
	Inferior	3 ± 0.2	5 (febrero)	3 (enero)
Indice de área foliar (LAI)	Superior	0.5 ± 0.2	1.2 (octubre)	0.1 (abril - 1999)
	Medio	0.6 ± 0.3	2 (octubre)	0.1 (abril - 1999)
	Inferior	0.4 ± 0.1	1 (octubre)	0.05 (noviembre)

Tabla IX. Valores promedio, máximo y mínimo anual de morfometría para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Longitud Total del haz (mm)	Superior	116 \pm 25	215 (octubre)	71 (junio)
	Medio	112 \pm 14	160 (octubre)	74 (junio)
	Inferior	154 \pm 26	322 (noviembre)	93 (junio)
No. de hojas por haz	Superior	4 \pm 0.3	5 (junio)	3 (abril - 1999)
	Medio	4 \pm 0.4	6 (noviembre)	3 (abril - 1999)
	Inferior	4 \pm 0.2	5 (febrero)	3 (abril - 1999)
Indice de área foliar (LAI)	Superior	0.5 \pm 0.3	1.7 (octubre)	0.1 (abril - 1999)
	Medio	0.5 \pm 0.1	2 (noviembre)	0.1 (febrero)
	Inferior	1.7 \pm 0.8	7 (noviembre)	0.25 (junio)

3. Biomasa

Todos los resultados que a continuación se presentan están expresados en porcentajes. Las tablas X a XIII contienen los valores promedio, máximo y mínimo anual en g peso seco/m².

3.1 Biomasa de haces vegetativos

En esta variable se muestra el análisis de la biomasa foliar de los haces vegetativos (hojas y vainas de haces apicales y ramas laterales), así como su biomasa subterránea (raíces y rizomas). La suma de estos compartimentos se considero como el 100%.

3.1.1. Bahía San Quintín

En el nivel superior, el porcentaje máximo de biomasa foliar se encuentra en el mes de junio (64%) y el mínimo en abril de 1999 (24%); es decir solo en 8 semanas se observó la máxima variación. Obviamente, los porcentajes máximos y mínimos de biomasa subterránea presentan el valor inverso (Fig. 54). El promedio anual de biomasa foliar es de 82 ± 20 g/m² y de raíces y rizomas es de 78 ± 9 g/m² (Tabla X).

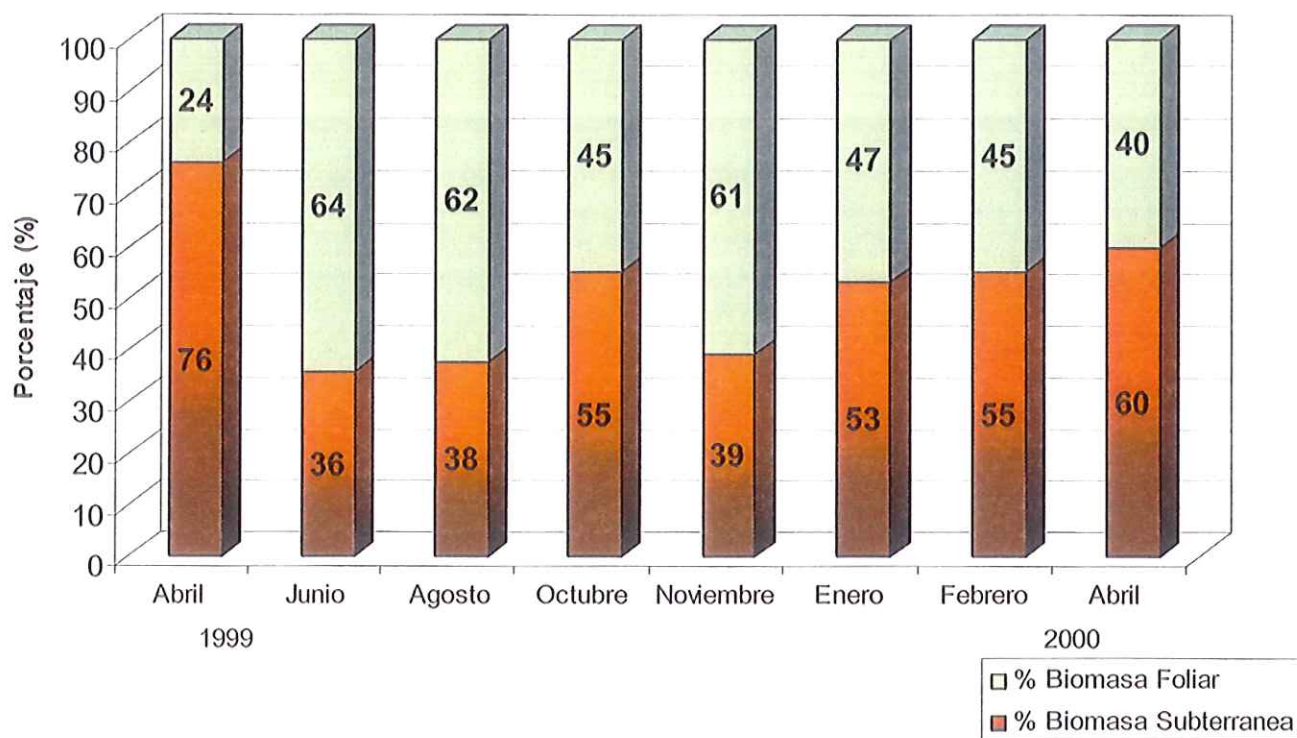


Figura 54. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior en Bahía San Quintín.

El porcentaje de biomasa foliar en el nivel medio, varió entre 44 y 81% presentándose el mínimo en abril del 2000 y el máximo en febrero de este mismo año. La biomasa subterránea, varió de 19 a 56 % en los mismos meses (Fig. 55). Los valores promedio anual son, $68 \pm 12 \text{ g/m}^2$ de biomasa foliar y $46 \pm 9 \text{ g/m}^2$ de raíces y rizomas (Tabla X).

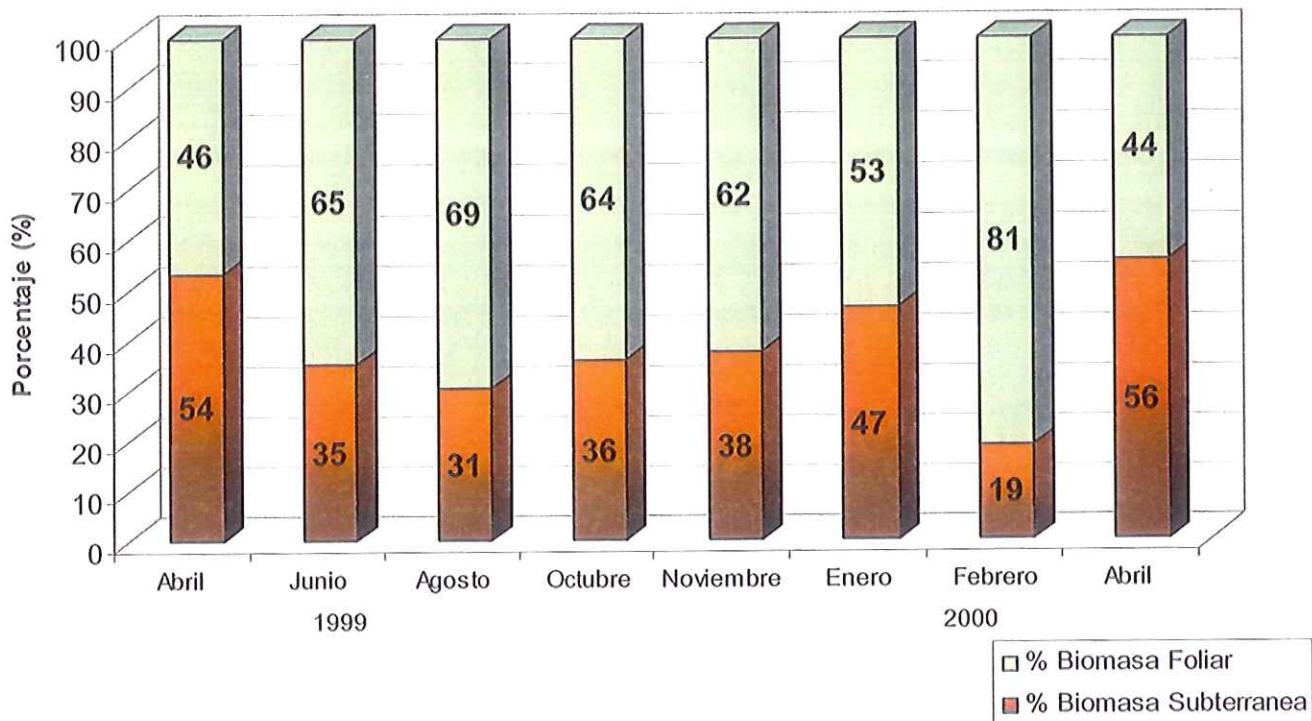


Figura 55. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Bahía San Quintín.

En el nivel inferior, el porcentaje máximo de biomasa foliar se presenta en abril del 2000 (61 %) y el mínimo un año antes (abril 1999) con un valor de 34%. La biomasa subterránea fluctúa entre un 39 y un 66% (Fig. 56). El valor promedio de la biomasa es de 99 ± 26 g/m² de biomasa foliar y 91 ± 26 g/m² de raíces y rizomas (Tabla X).

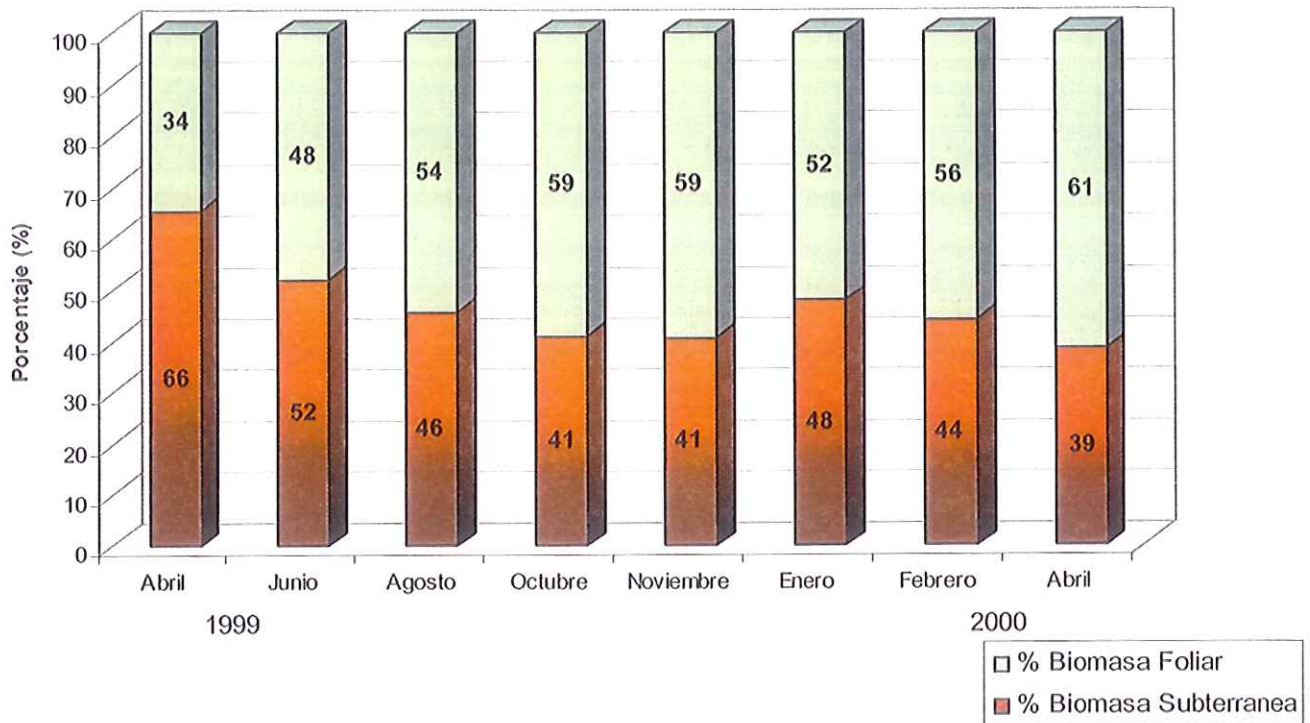


Figura 56. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Bahía San Quintín.

En esta localidad, el porcentaje de biomasa subterránea es mayor durante el año en el nivel superior, pues solo en 3 meses (junio, agosto y noviembre) está por debajo del 40%.

3.1.2. Bahía Falsa

En el nivel superior de Bahía Falsa el porcentaje máximo de biomasa foliar se presenta en octubre (69%) y el mínimo en los meses de febrero y abril

2000 (14%). La biomasa subterránea presentó el máximo en los meses de febrero y abril 2000 (86%) y el mínimo en octubre con 31% (Fig. 57). El promedio anual de biomasa foliar es de 83 ± 42 g/m² y 54 ± 18 g/m² de raíces y rizomas. (Tabla XI).

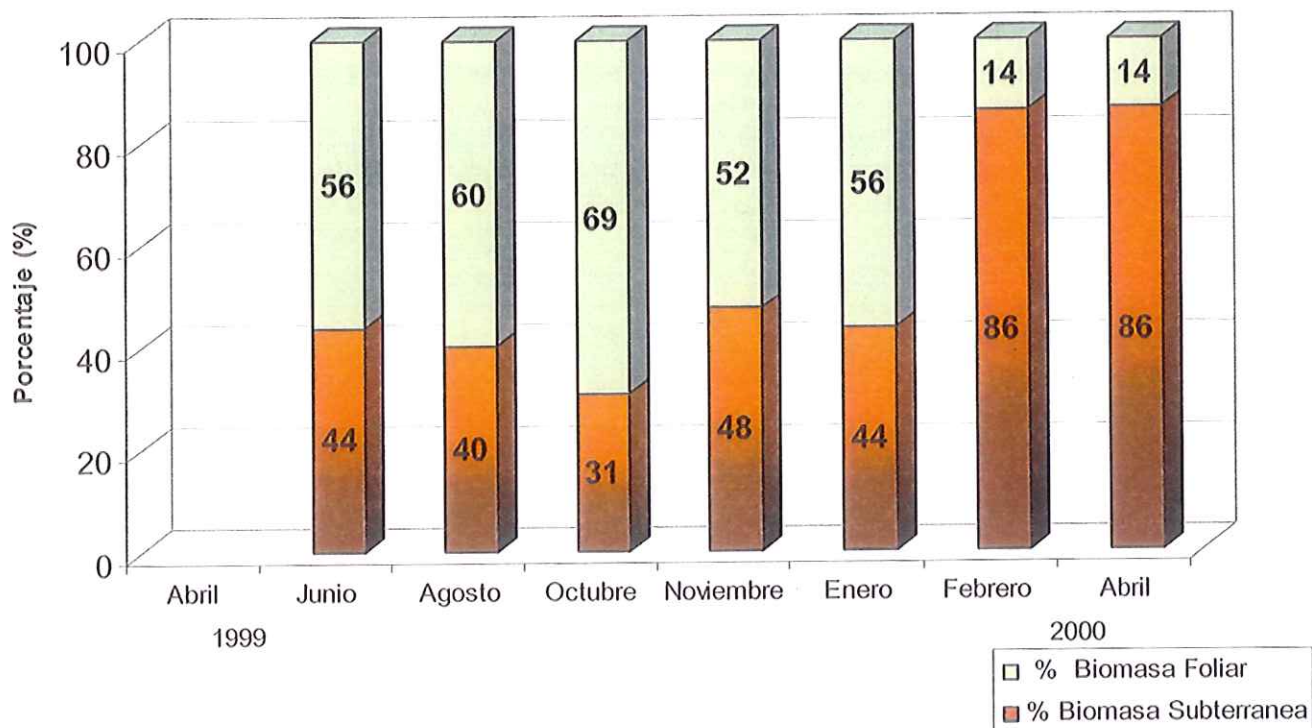


Figura 57. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de Bahía Falsa.

En el nivel medio, se observa el porcentaje máximo de biomasa subterránea en abril de 1999 (73%) y el mínimo en agosto, 27%. La biomasa foliar presenta los valores máximos y mínimos con los valores inversos (Fig. 58). Los valores promedio anual son: 44 ± 8 g/m² de raíces y rizomas y 60 ± 26 g/m² de biomasa foliar (Tabla XI).

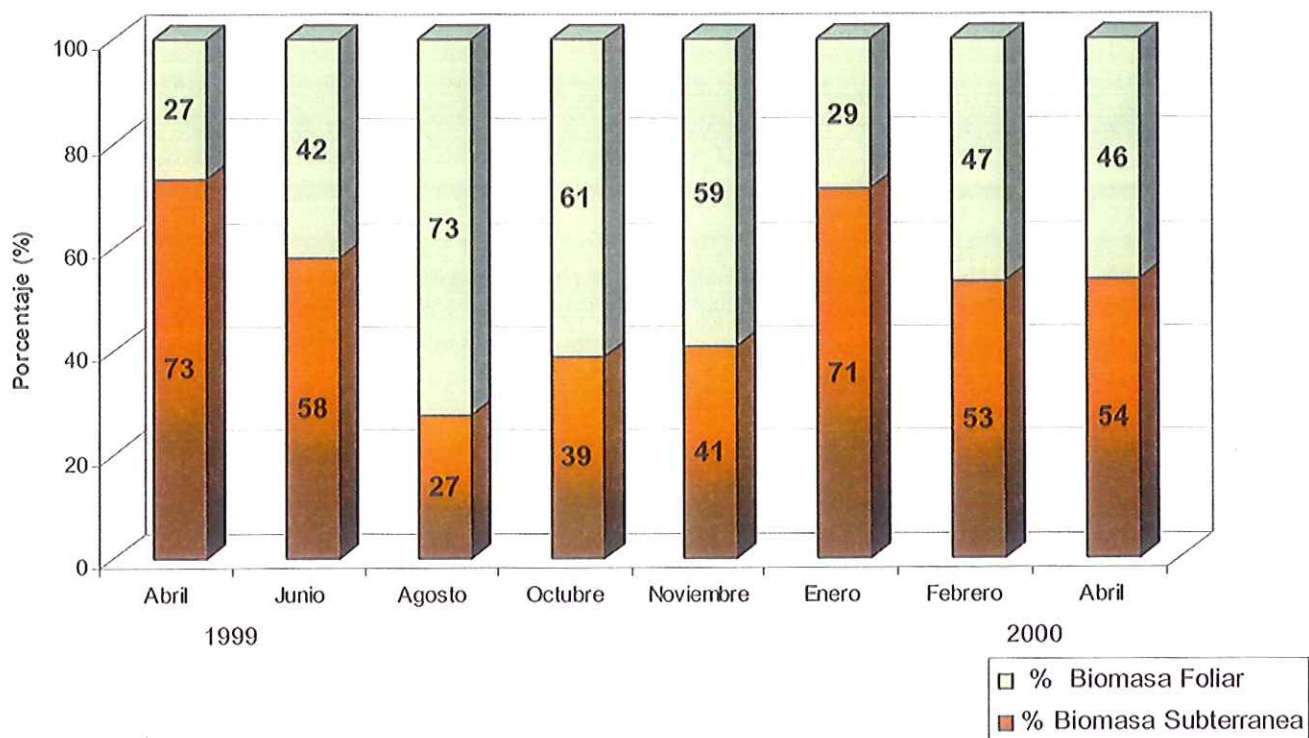


Figura 58. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Bahía Falsa.

El porcentaje máximo de biomasa subterránea en el nivel inferior se encontró en febrero, 97%, y el mínimo (30%) en agosto. La biomasa foliar varió de un 3 a un 70% durante el año (Fig. 59) El promedio anual de raíces y rizomas es de $56 \pm 14 \text{ g/m}^2$ y $90 \pm 33 \text{ g/m}^2$ de biomasa foliar (Tabla XI).

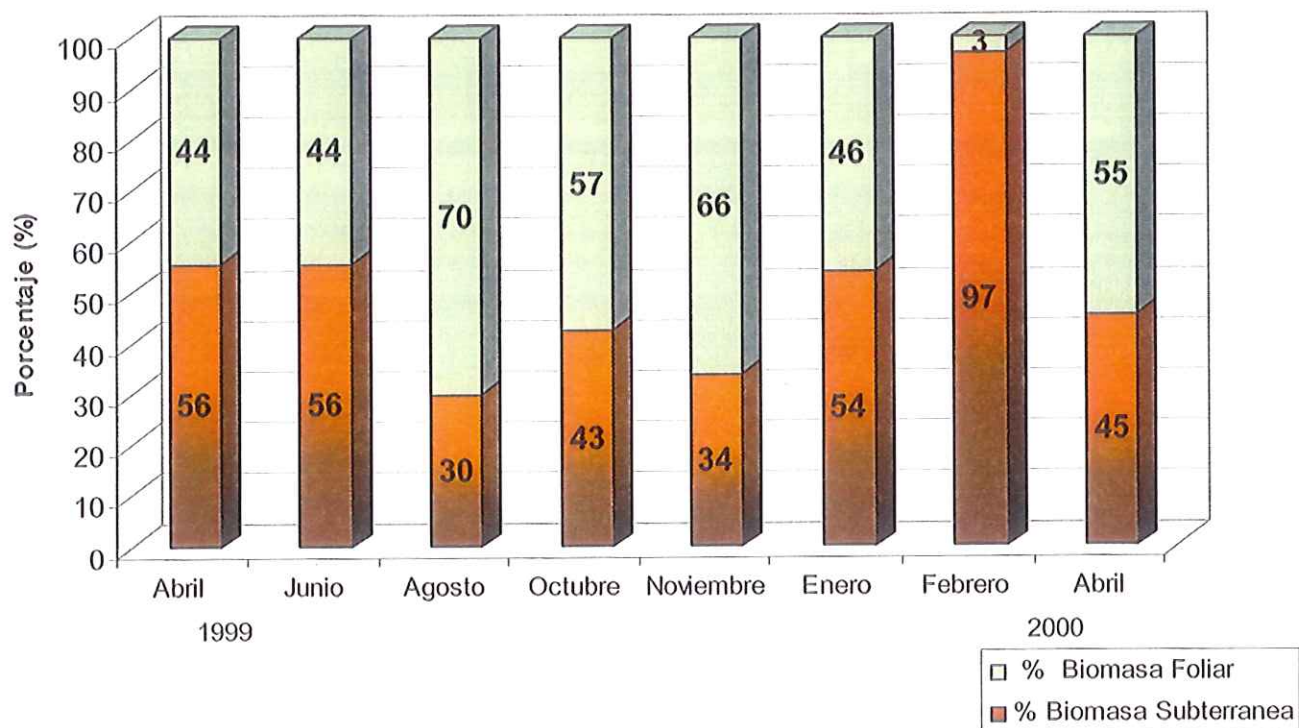


Figura 59. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Bahía Falsa.

3.1.3. Laguna Ojo de Liebre

En el nivel superior la biomasa subterránea representa la mayor porción, varía de 65 a 80%, presentándose su máximo en abril del 2000. En los meses de noviembre de 1999, enero y febrero del 2000 no se presenta *Z. marina*. El porcentaje mínimo se presentó en el mes de octubre (65%), La biomasa foliar

varía de 20 a 35% (Fig. 60). El promedio anual de raíces y rizomas es de $46 \pm 13 \text{ g/m}^2$ y $19 \pm 6 \text{ g/m}^2$ de biomasa foliar (Tabla XII).

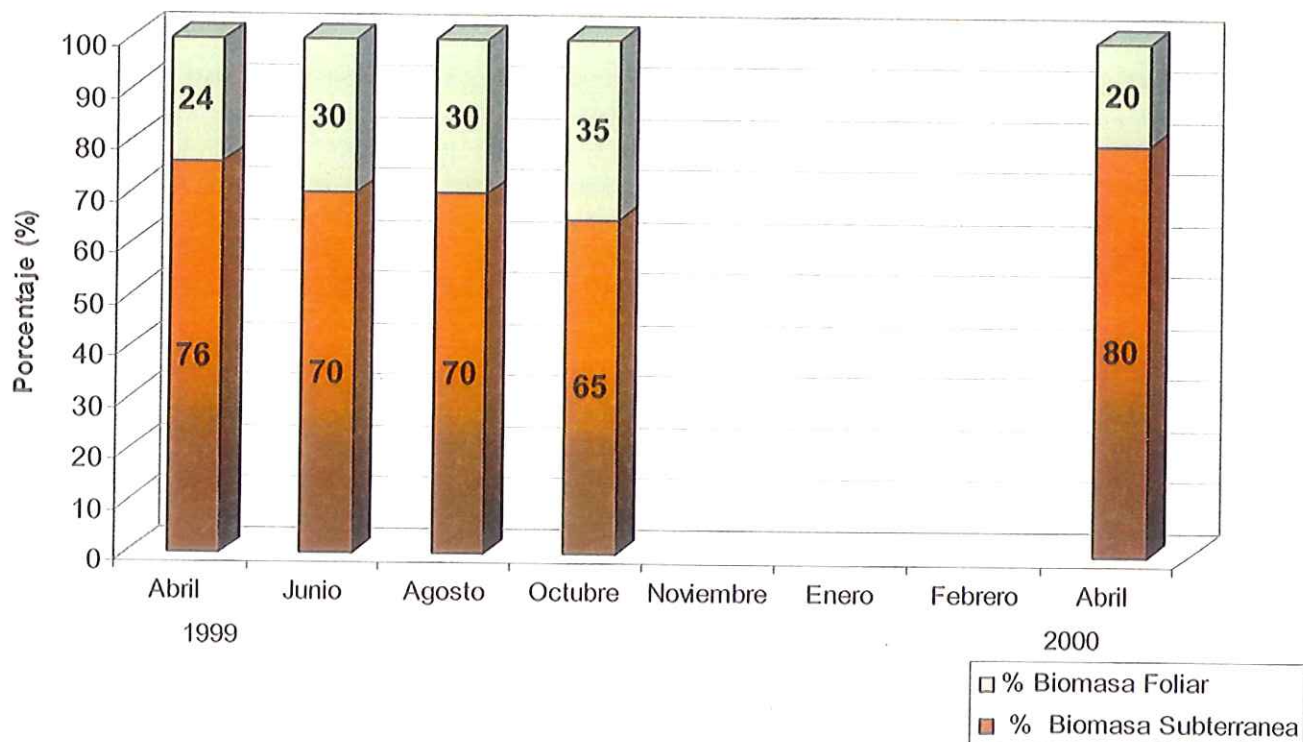


Figura 60. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de laguna Ojo de Liebre.

En el nivel medio la biomasa foliar presentó su máximo en junio con 32%, y el mínimo en abril del 2000, 21%. La biomasa subterránea varió entre 68 y 79% (Fig. 61). Los valores promedio anual de biomasa foliar y biomasa subterránea son de $16 \pm 4 \text{ g/m}^2$ y $42 \pm 10 \text{ g/m}^2$ respectivamente (Tabla XII).

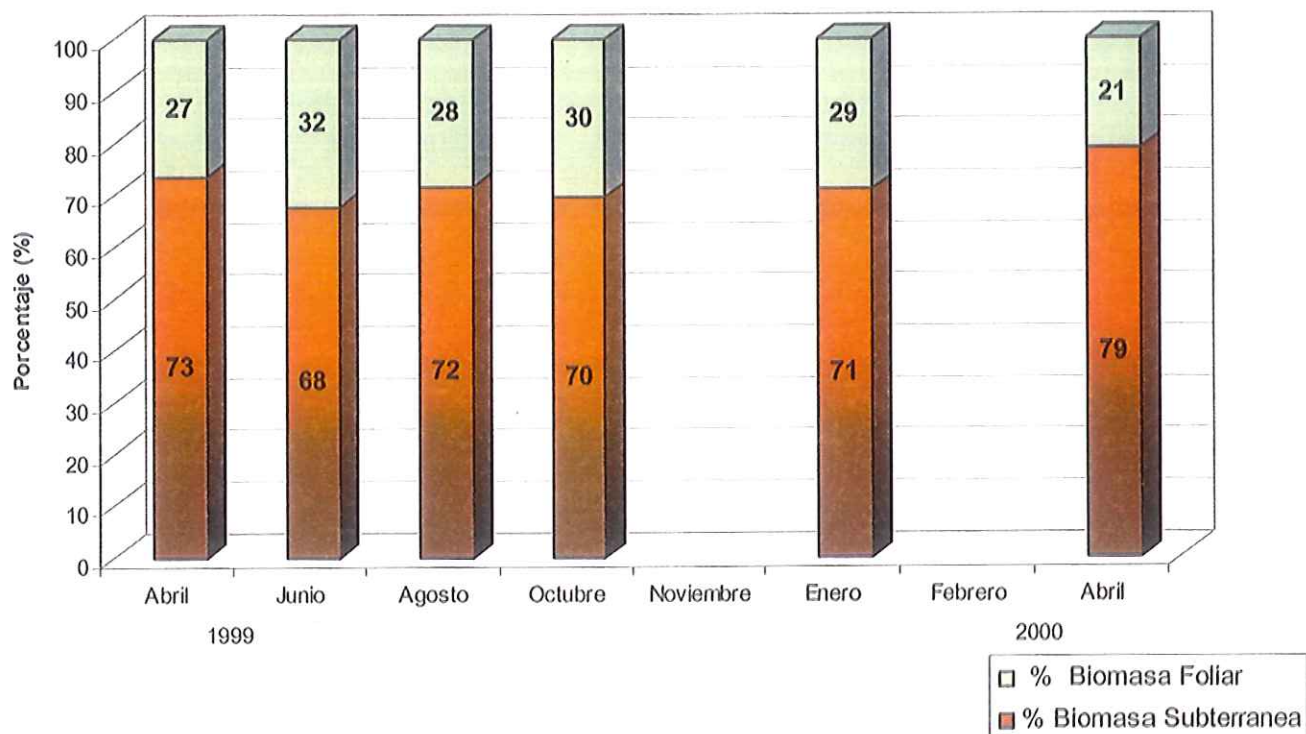


Figura 61. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Laguna Ojo de libre.

Para el nivel inferior, la biomasa foliar presentó su máximo en febrero (43%) y el mínimo en abril del 2000, 18%. La biomasa subterránea varió durante el año de 57% (febrero) a 82% (abril del 2000) (Fig. 62). Los valores promedio durante el año son: 13 ± 2 g/m² de biomasa foliar y 33 ± 7 g/m² de raíces y rizomas (Tabla XII).

En Laguna Ojo de Liebre, la biomasa subterránea dentro de los 3 niveles domina durante todo el año, varía de 57 a 82 %.

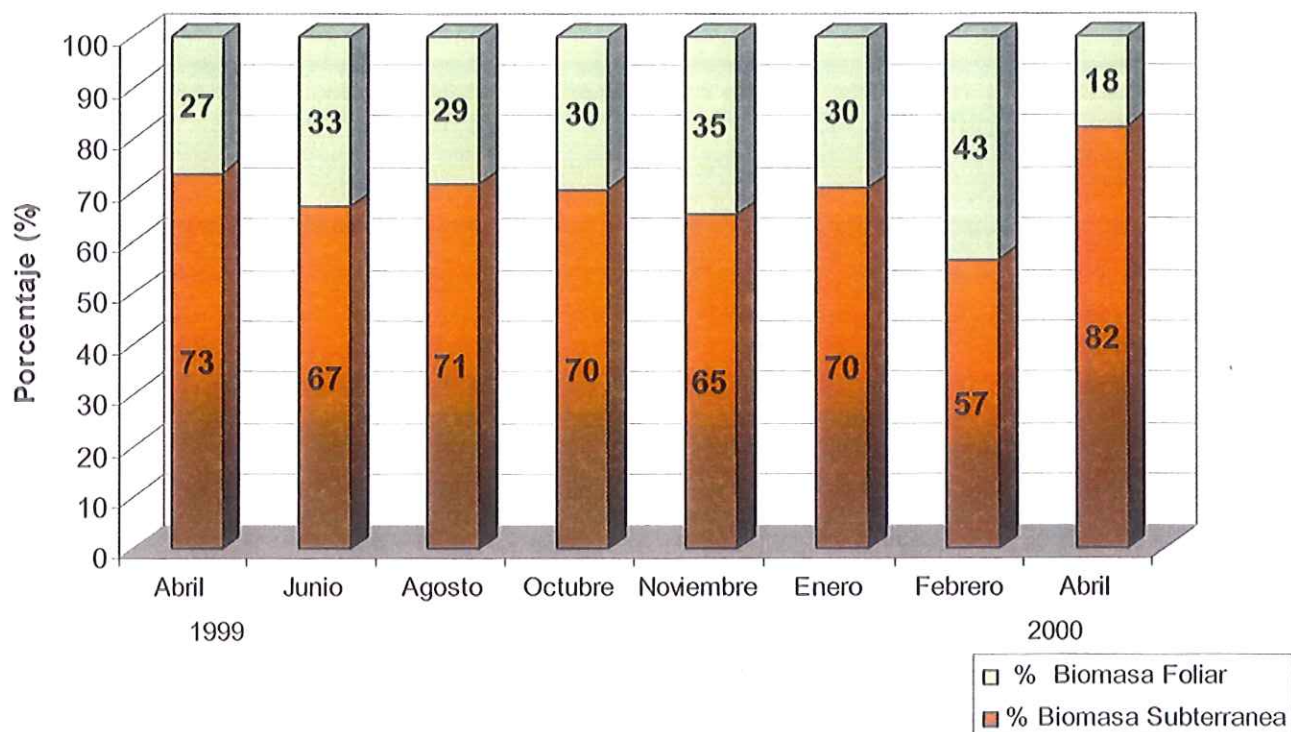


Figura 62. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Laguna Ojo de libre.

3.1.4. Laguna San Ignacio

En el nivel superior, la biomasa foliar presentó su máximo en junio de 1999, 21% y el mínimo en abril del 2000 con 11%. La biomasa subterránea fue dominante en este nivel y fluctuó entre 79 y 89% (Fig. 63). El valor promedio para cada una de estas variables es de 17 ± 6 g/m² de biomasa foliar y 85 ± 31 g/m² de raíces y rizomas (Tabla XIII).

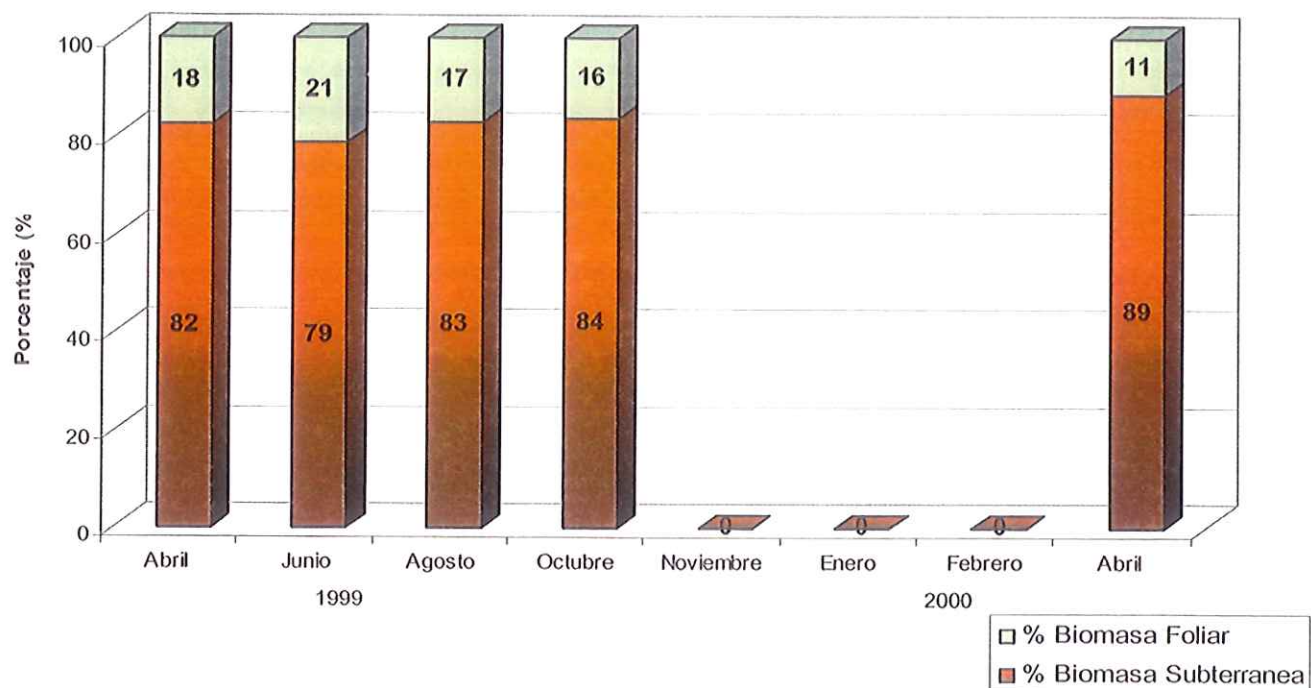


Figura 63. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel superior de Laguna San Ignacio.

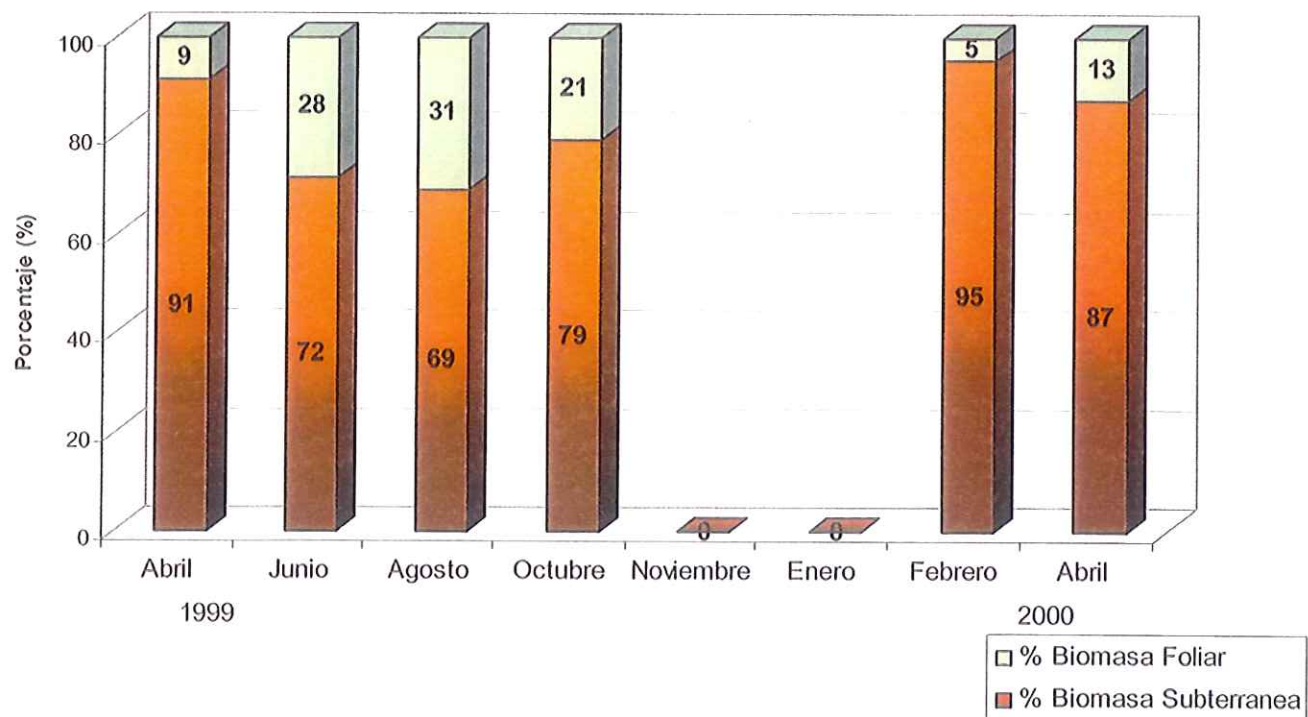


Figura 64. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel medio de Laguna San Ignacio.

En el nivel medio del transecto localizado en este sitio, el porcentaje máximo de biomasa foliar fue de 31% en agosto de 1999 y el mínimo de 5% en febrero 2000. La biomasa subterránea fluctuó durante el año entre 69 y 95 % (Fig. 64). Los valores promedio anual de biomasa foliar y subterránea son: 18 ± 5 g/m^2 y 90 ± 27 g/m^2 (Tabla XIII).

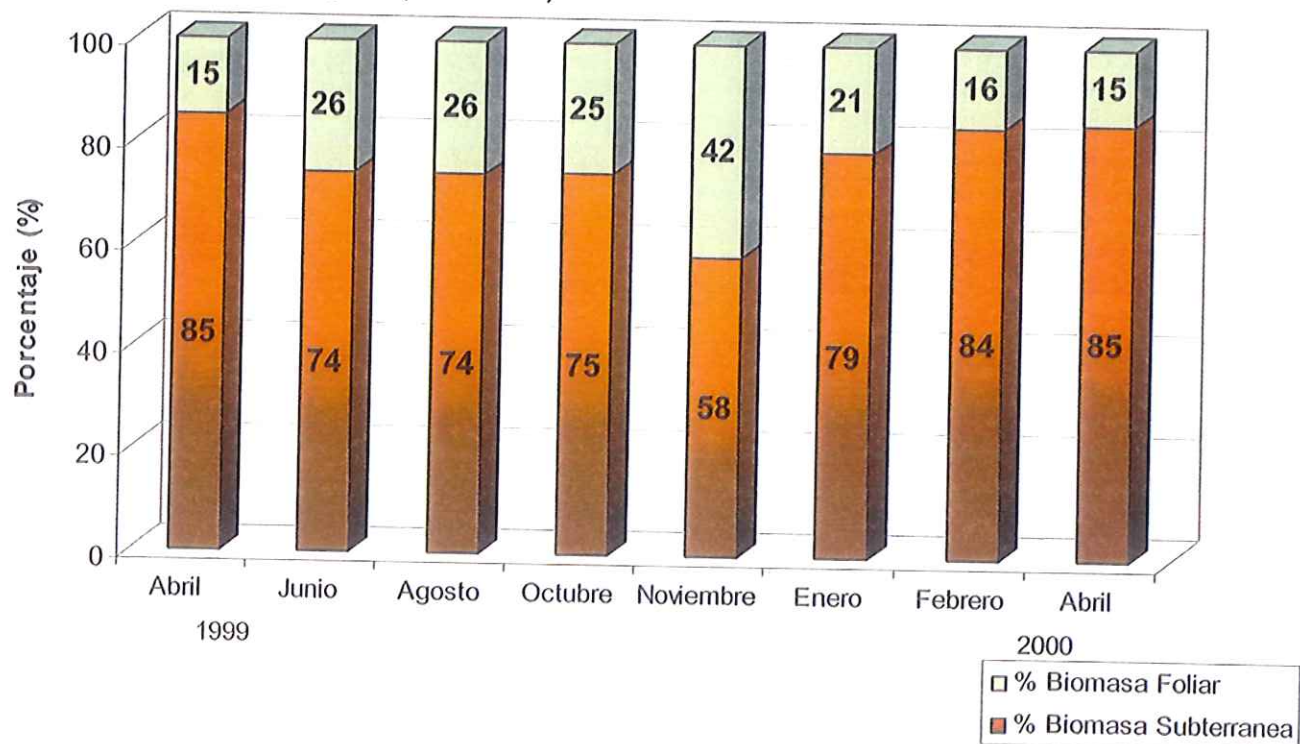


Figura 65. Porcentaje de la biomasa foliar y biomasa subterránea en el nivel inferior de Laguna San Ignacio.

En el nivel inferior de esta localidad el máximo de biomasa foliar se presenta en noviembre 42% y el mínimo en los meses de abril de 1999 y 2000, con un valor de 15%. La biomasa subterránea varió entre 58% y 85% (Fig. 65). El promedio anual de estas dos variables es de: 41 ± 13 g/m^2 de biomasa foliar y 124 ± 25 g/m^2 de biomasa subterránea (Tabla XIII).

3.2. Biomasa de haces reproductivos

Esta variable comprende el análisis de la biomasa de haces reproductivos. Los valores se presentan en las Tablas X a la XIII.

3.2.1. Bahía San Quintín

En el nivel superior, el promedio anual de la biomasa de haces reproductivos es de $34 \pm 24 \text{ g/m}^2$. El máximo se encontró en junio, 172 g/m^2 y el mínimo se encontró en abril de 1999 y febrero del 2000, con un valor de 1 g/m^2 . En el nivel medio, el promedio anual de la biomasa de haces reproductivos es de $8 \pm 3 \text{ g/m}^2$. El máximo para este nivel se encontró en abril de 1999, 16 g/m^2 , y el mínimo encontrado fue en noviembre, 2 g/m^2 . Para el nivel inferior se encontró el máximo en agosto con un valor de 36 g/m^2 , y el mínimo en junio, 3 g/m^2 . El promedio anual es de $13 \pm 6 \text{ g}$ de haces reproductivos $/\text{m}^2$ (Tabla X).

En esta localidad, durante los meses de enero y febrero no se presentaron haces reproductivos en ninguno de los 3 niveles.

3.2.2. Bahía Falsa

En el nivel superior de Bahía Falsa, el promedio anual de la biomasa de haces reproductivos fue de $8 \pm 4 \text{ g/m}^2$. El mínimo corresponde a octubre, 2 g/m^2 y el máximo se encontró en junio, 18 g/m^2 . En el nivel medio, el promedio anual de la biomasa de haces reproductivos fue de $18 \pm 6 \text{ g/m}^2$, el mínimo y el máximo anual se presentan en los mismos meses que en el nivel anterior, el valor en este nivel es de 10 g/m^2 (mínimo) y 23 g/m^2 (máximo). El promedio anual para el nivel inferior es de $8 \pm 5 \text{ g/m}^2$. El máximo se presenta en agosto, con un valor de 30 g de haces reproductivos/ m^2 y el mínimo corresponde a los meses de octubre y abril del 2000, 1 g/m^2 (Tabla XI).

3.2.3. Laguna Ojo de Liebre

En el nivel superior, solo en los meses de junio y abril se presentan haces reproductivos, con un valor promedio de 1 g/m^2 . En el nivel medio, solo en junio se presentan haces reproductivos con un valor de promedio de 4 g/m^2 . En el nivel inferior, el máximo de haces reproductivos es en agosto con un valor de solo 3 g/m^2 y el mínimo en noviembre y enero con 1 g/m^2 . El promedio de la biomasa de haces reproductivos es de $2 \pm 1 \text{ g/m}^2$ (Tabla XII).

3.2.4. Laguna San Ignacio

En el nivel superior, en abril de 1999 se encontró el máximo de haces reproductivos, 14g/m^2 y un año después (abril del 2000) se encontró el mínimo, 1g/m^2 . El promedio anual de la biomasa de haces reproductivos es de $5\pm 2\text{ g/m}^2$. En el nivel medio, el máximo de biomasa de haces reproductivos se presenta en el mismo mes que el reportado para el nivel superior, con un valor de 20 g/m^2 y el mínimo en los meses de junio y abril del 2000, con un valor de 4g/m^2 . El promedio anual es de $8\pm 3\text{ g/m}^2$. Para el nivel inferior, el máximo nuevamente se presenta en el mes de abril de 1999 (12 g/m^2) y el mínimo en los meses de junio y agosto con un valor de 2 g/m^2 . El promedio anual de la biomasa de haces reproductivos es de $7\pm 2\text{ g/m}^2$ (Tabla XIII).

En esta localidad, en ningunos de los 3 niveles hay haces reproductivos en los meses de octubre, noviembre y enero.

Tabla X. Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m²) para Bahía San Quintín durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Biomasa Foliar de haces vegetativos	Superior	82 \pm 20	207 (junio)	24 (abril - 1999)
	Medio	68 \pm 12	133 (agosto)	17 (junio)
	Inferior	99 \pm 26	249 (abril - 2000)	27 (junio)
Biomasa foliar de haces reproductivos	Superior	34 \pm 24	172 (junio)	1 (abril -1999 y febrero)
	Medio	8 \pm 3	16 (abril - 1999)	2 (noviembre)
	Inferior	13 \pm 6	36 (agosto)	3 (junio)
Biomasa subterránea	Superior	78 \pm 9	115 (junio)	31 (agosto)
	Medio	46 \pm 9	78 (abril - 2000)	9 (junio)
	Inferior	91 \pm 26	234 (abril - 1999)	29 (junio)

Tabla XI. Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m²) para Bahía Falsa durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Biomasa foliar de haces vegetativos	Superior	83 \pm 42	338 (octubre)	3 (abril - 2000)
	Medio	60 \pm 26	217 (agosto)	9 (abril - 1999)
	Inferior	90 \pm 33	282 (agosto)	13 (enero)
Biomasa foliar de haces reproductivos	Superior	8 \pm 4	18 (junio)	2 (octubre)
	Medio	18 \pm 6	23 (junio)	10 (octubre)
	Inferior	8 \pm 5	30 (agosto)	1 (octubre y abril - 2000)
Biomasa Subterránea	Superior	54 \pm 18	153 (octubre)	18 (abril - 2000)
	Medio	44 \pm 8	82 (agosto)	12 (febrero)
	Inferior	56 \pm 14	120 (agosto)	8 (febrero)

Tabla XII. Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m²) para Laguna Ojo de Liebre durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Biomasa Foliar de haces vegetativos	Superior	19 \pm 6	38 (octubre)	5 (abril - 1999)
	Medio	16 \pm 4	26 (octubre)	10 (abril - 1999)
	Inferior	13 \pm 2	21 (junio y agosto)	7 (febrero)
Biomasa Foliar de haces reproductivos	Superior	1	1 (junio y abril - 2000)	0 (abril - 1999, agosto, octubre, noviembre, enero y febrero)
	Medio	4 \pm 1	4 (junio)	0 (abril - 1999, agosto, octubre, noviembre, enero, febrero y abril - 2000)
	Inferior	2 \pm 1	3 (agosto)	1 (noviembre y enero)
Biomasa Subterránea	Superior	46 \pm 13	71 (octubre)	16 (abril - 1999)
	Medio	42 \pm 10	61 (abril - 2000)	28 (enero)
	Inferior	33 \pm 7	52 (agosto)	9 (febrero)

Tabla XIII. Valores promedio, máximo y mínimo anual de biomasa foliar y subterránea de haces vegetativos (haces apicales y ramas laterales) y reproductivos (gr /m²) para Laguna San Ignacio durante el periodo abril 1999 a abril 2000. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar.

VARIABLE	NIVEL	PROMEDIO	MAXIMO ANUAL	MINIMO ANUAL
Biomasa Foliar de haces vegetativos	Superior	17 \pm 6	41 (octubre)	8 (abril -1999 y abril - 2000)
	Medio	18 \pm 5	30 (octubre)	2 (febrero)
	Inferior	41 \pm 13	130 (noviembre)	11 (abril - 1999)
Biomasa Foliar de haces Reproductivos	Superior	5 \pm 2	14 (abril - 1999)	1 (abril - 2000)
	Medio	8 \pm 3	20 (abril - 1999)	4 (junio y abril-2000)
	Inferior	7 \pm 2	12 (abril -1999)	2 (junio y agosto)
Biomasa Subterránea	Superior	85 \pm 31	211 (octubre)	38 (abril-1999)
	Medio	90 \pm 27	202 (abril - 2000)	36 (junio)
	Inferior	124 \pm 25	254 (abril - 2000)	45 (junio)

DISCUSION

Este trabajo presenta resultados de colectas que permiten conocer la estructura de las praderas intermareales de la fanerógama marina, *Zostera marina*, durante un ciclo anual, y comparar tres lagunas costeras de la península de Baja California. Si bien esta información existe en forma parcial para Bahía San Quintín, es escasa para las dos lagunas costeras situadas en Baja California Sur. Se eligieron las tres variables básicas para describir la estructura: densidad, morfometría y biomasa. Se esperaba que estas tres variables disminuyeran conforme nos acercamos al límite sur de distribución de la especie en la costa Pacífico de la península de Baja California.

Con el objeto de poder comparar nuestros datos de densidad con los de otros autores, se sumaron los haces vegetativos y las ramas laterales (Tablas II a V). Todas las variables analizadas se presentan con un intervalo de valores máximos y mínimos para cada sitio.

Tabla XIV. Valores promedio de densidad por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por $\text{Log}_{10}+1$.

VARIABLE	NIVEL	Bahía San Quintin	Bahía Falsa	Laguna Ojo de Liebre	Laguna San Ignacio	ANOVA
Densidad Total	Superior	932 \pm 266	721 \pm 189	1043 \pm 337	1028 \pm 243	
	Medio	651 \pm 123	825 \pm 143	865 \pm 202	1130 \pm 215	
	Inferior	586 \pm 118	728 \pm 226	1045 \pm 190	1243 \pm 214	
ANOVA		p = .597958	p = .475673	p = .774628	p = .429575	p = .081143
Densidad de haces Reproductivos	Superior	27 \pm 12	20 \pm 8	19 \pm 4	14 \pm 4	
	Medio	12 \pm 4	37 \pm 14	20 \pm 5	34 \pm 9	
	Inferior	35 \pm 14	26 \pm 8	7 \pm 1	62 \pm 19	
ANOVA		p = .612600	p = .838052	p = .273901	p = .464240	p = .631746
Densidad de Hojas Sueltas	Superior	1308 \pm 452	745 \pm 152	590 \pm 206	449 \pm 127	
	Medio	550 \pm 116	706 \pm 194	658 \pm 166	571 \pm 137	
	Inferior	520 \pm 128	644 \pm 276	454 \pm 144	936 \pm 214	
ANOVA		p = .490557	p = .382535	p = .606776	p = .616353	p = .708086

En general, los cambios en la densidad de haces vegetativos en función de la profundidad no muestran un patrón definido en ninguna de las lagunas costeras (Tablas II a V), tampoco se encontraron diferencias significativas entre niveles y lagunas (Tabla XIV). Keller y Harris, 1966, reportan que la densidad de haces fue menor en áreas con elevaciones de +0.3 m (con respecto al nivel medio de bajamar inferior) en praderas situadas en South Humbolt Bay, California. Santamaria- Gallegos *et al.*, (en prensa) encontró que la densidad disminuye con la profundidad en praderas situadas en Ojo de Liebre, Guerrero Negro y San Ignacio. Este último comportamiento solo se observa en el transecto localizado en Bahía San Quintín (Tabla II y XIV).

Las principales variables ambientales que se ha señalado tienen una influencia sobre la densidad de *Z. marina* son: luz (Backman y Barilotti, 1976; Dennison y Alberte 1982, 1985, 1986; Duarte, 1991; Marba *et al.*, 1996); temperatura del agua (Setchell, 1929; Zieman, 1975; Phillips *et al.*, 1983; Bulthuis, 1987) y desecación (Keller y Harris, 1966). La radiación solar influye en la distribución vertical de *Z. marina*, al determinar las respuestas fotosintéticas y el crecimiento de la planta. Denninson y Alberte (1982), determinaron los periodos del día en que las intensidades luminosas excedían el punto de compensación para *Z. marina* y lo llamaron H_{comp} . (el punto de

compensación es la intensidad de luz a la cual la tasa de respiración es igual a la de la fotosíntesis). También midieron los periodos en que se rebasa el punto de saturación y lo llamaron H_{sat} . (el punto de saturación es la intensidad luminosa a la cual la fotosíntesis es máxima). Estos mismos autores, en 1985, en Great Harbor, Woods Hole, Massachusetts, determinaron que cerca de la profundidad máxima de penetración el crecimiento y la biomasa de *Z. marina* estaban controlados principalmente por los periodos diarios de saturación de luz (H_{sat}). Al disminuir el flujo de fotones fotosintéticamente activos disminuyen la biomasa y el crecimiento, pero al aumentarlo no se observa un efecto significativo sobre estos parámetros (Denninson y Alberte, 1985).

Esta especie de clima templado puede experimentar fluctuaciones de temperatura del agua entre 0 y 40⁰ C. Sin embargo, las condiciones óptimas de reproducción y crecimiento se restringen a un intervalo entre 10 y 20⁰C. Por esta razón es que esta variable contribuye a la distribución, la alta productividad y los cambios estacionales de biomasa. Las plantas florecen cuando la temperatura rebasa en algunas praderas los 9⁰C y en otras los 15⁰C (Phillips, 1974).

La luz solar, el viento y el rango de marea determinan la magnitud de la desecación. Cuando la marea es baja, el viento es fuerte y la luz solar esta en su punto máximo, la planta puede llegar a perder sus hojas o a ser totalmente desprendida del sustrato.

El promedio global de la densidad por laguna muestra mayores valores en Baja California Sur, que en Baja California (Tabla XV), comportamiento que no confirma la hipótesis planteada.

Tabla XV. Promedio global de la densidad de haces vegetativos en los 4 sitios de muestreo durante el periodo abril 1999 a abril 2000.

	Bahía San Quintín	Bahía Falsa	Laguna Ojo de Liebre	Laguna San Ignacio
Promedio	723±15	758±5	984±6	1133±6

Con respecto a las variaciones estacionales, tampoco fue obvio el patrón unimodal descrito para mayores latitudes: máximos en verano, mínimos en invierno (Moody, 1978; Harrison, 1982; Phillips, 1972; Thom, 1990; Kentula, 1983; Wium-Andersen y Borum, 1984; Sand-Jensen, 1975; Thorne-Miller *et al.*, 1983); de hecho, Ibarra-Obando (1989) y Poumian-Tapia e Ibarra-Obando (1999), ya habían descrito que en Bahía Falsa, los máximos de densidad se presentan a finales del verano principios del otoño y los mínimos en otoño e invierno. Durante este estudio, Bahía San Quintín presentó sus máximos en

invierno (Tabla II); Bahía Falsa solo en la profundidad media sigue el patrón descrito (Tabla III); Laguna Ojo de Liebre presenta sus valores máximos en verano (Tabla IV), mientras que San Ignacio no sigue una tendencia clara (Tabla V).

Al momento de escribir este trabajo, no estaban disponibles aún los datos sobre las variables ambientales durante el ciclo 1999-2000, pero información publicada con anterioridad indica que la temperatura del agua fluctúa en el siguiente intervalo: para Bahía San Quintín de 12 a 27°C (Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego, 1982); Laguna Ojo de Liebre de 15 a 25°C (Millan *et al.*, 1987) y Laguna San Ignacio de 18 a 22°C (Contreras, 1988).

Cuando la densidad encontrada en las 3 lagunas se compara con aquella reportada para otros lugares, resaltan dos hechos: 1) Los valores medidos a lo largo de la península de Baja California caen dentro de los reportados y 2) El brazo oeste de la laguna San Quintín, conocido como Bahía Falsa, presenta importantes cambios interanuales (Tabla XVI).

Tabla XVI. Densidad de haces vegetativos (No. de haces/m²) y porcentaje de haces reproductivos en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Ibarra-Obando, 1992)

AUTOR	LOCALIDAD	LATITUD	DENSIDAD	HACES REPRODUCTIVOS
Wium-Andersen and Borum (1984)	Oresund, Dinamarca	56 ⁰	550-1400	2
Sand-Jensen (1975)	Vellerup Vig, Dinamarca	56 ⁰	<1000-1800	4
Olesen y Sand-Jensen (1994)	Limfjorden, Dinamarca	55 ⁰	600-800	2
Jacobs (1979)	Roscoff, Francia	48 ⁰	500-700	----
Phillips (1972)	Puget Sound, USA	47 ⁰	43-1323	10
Thom (1990)	Puget Sound, USA	47 ⁰	400-700	----
Kentula y McIntire (1986)	Netatrs Bay, USA	44 ⁰	500-3845	6
Bayer (1979)	Yaquina Bay, USA	44 ⁰	164	17
Thorne-Miller <i>et al.</i> , (1983)	Rhode Island, USA	41 ⁰	382-998	2
Orth y Moore (1986)	Chesapeake, USA	37 ⁰	100-2567	15
Poumian-Tapia (1986)	Bahía Falsa, México	30 ⁰	220-2585	10
Este estudio	Bahía San Quintin, México	30 ⁰	145-1074	5
	Bahía Falsa, México	30 ⁰	153-1678	3
	Laguna Ojo de Liebre, México	27 ⁰	31-1310	3
	Laguna San Ignacio, México.	26 ⁰	133-1420	3

Ibarra-Obando (1992), propuso una clasificación de las praderas de *Z. marina*, con base en su densidad (Tabla XVII).

Tabla XVII. Clasificación de las praderas de *Z. marina* (Ibarra-Obando, 1992).

Praderas muy densas	> 1000 haces/m ²
Praderas densas	600 – 1000 haces/m ²
Praderas ralas	400 – 600 haces/m ²
Praderas muy ralas	200 – 400 haces/m ²
Semipraderas	< 200 haces/m ²

Tomando el intervalo de densidad de haces vegetativos para las tres lagunas estudiadas, tendríamos la siguiente clasificación:

Tabla XVIII Clasificación de las praderas según el intervalo de variación de la densidad de haces vegetativos de acuerdo al criterio de Ibarra-Obando (1992)

LAGUNA	INTERVALO	CLASIFICACION
Bahía San Quintín	651-932	Pradera densa
Bahía Falsa	721 – 825	Pradera densa
Laguna Ojo de Liebre	865-1045	Pradera densa
Laguna San Ignacio	1028-1243	Pradera muy densa

Se observa que solo Laguna San Ignacio se clasifica como pradera muy densa; la densidad de haces vegetativos aumenta conforme nos acercamos al

limite sur de la distribución de la especie, lo que no concuerda con la hipótesis planteada.

En las praderas perennes de *Z. marina*, se ha reportado que los haces reproductivos representan entre un 2 y un 17% de la población. Al comparar nuestros resultados con los de otros autores, se observa que este porcentaje fluctúa entre 3 y 5% confirmando la importancia del crecimiento vegetativo para el mantenimiento de las praderas (Tabla XVI).

En general, la fase reproductiva duró más en Bahía San Quintín, y menos en Laguna San Ignacio. Casi en todos los niveles y lagunas, los haces reproductivos aparecen en primavera con la excepción del nivel inferior de Laguna Ojo de Liebre. A pesar de que los muestreos se iniciaron en abril, no se detectaron haces reproductivos, ni en primavera ni en verano, sino hasta el otoño (Tabla XIX). Meling-Lopez (2001), en Bahía San Quintín, reporta una disminución de la fase reproductiva en función de la profundidad, que no es obvia en nuestros datos (Tabla XIV).

Tabla XIX. Fechas de aparición, desaparición y meses de permanencia de haces reproductivos de *Z. marina*, en los 4 sitios estudiados.

LAGUNA	NIVEL	APARICION	DESAPARICION	PERMANENCIA
Bahía San Quintín	Superior	abril'99	octubre	7 meses
	Medio	abril'99	noviembre	8 meses
	Inferior	abril'99	octubre	7 meses
Bahía Falsa	Superior	-----	noviembre	6 meses
	Medio	junio	octubre	5 meses
	Inferior	abril'99	agosto	5 meses
Ojo de Liebre	Superior	abril'99	junio	3 meses
	Medio	abril'99	octubre	7 meses
	Inferior	noviembre	noviembre	1 mes
San Ignacio	Superior	abril'99	agosto	5 meses
	Medio	abril'99	junio	3 meses
	Inferior	abril'99	junio	3 meses

La densidad de hojas sueltas proporciona información sobre el estado general de la pradera. Se ha reportado que las variables que propician una mayor densidad de hojas sueltas son los periodos de vientos intensos (Zieman *et al.*,1979; Tomasko y Dawes,1989) y los herbívoros (Nienhuis y van Ierland , 1978; Thayer *et al.*,1984; Nienhuis y Groenendijk, 1986). Con respecto a los herbívoros, los patos y gansos se han señalado como los que mayor daño causan a las praderas (Nienhuis y Groenendijk, 1986). Para Bahía San Quintín, Ibarra-Obando (1992) encontró que durante los periodos de vientos fuertes había un aumento en la densidad de hojas sueltas.

De manera general, se puede decir que tanto en San Quintín como en Bahía Falsa, las hojas sueltas son más abundantes en invierno y primavera (Tablas II y III), mientras que en Ojo de Liebre y San Ignacio, los máximos se encuentran en verano (Tablas IV y V). Los promedios globales por laguna, indican que el número de hojas sueltas por m², es mayor en las lagunas situadas al norte y menor en las lagunas del sur. No se detectaron variaciones significativas ni entre niveles ni entre lagunas (Tabla XIV).

El tamaño de los haces vegetativos y el número de hojas por haz son variables que también se esperaba se fueran reduciendo entre Bahía San Quintín y San Ignacio, conforme la especie fuera encontrando mayores temperaturas de agua. Como una consecuencia, el Índice de Área Foliar (LAI),

que toma en cuenta densidad de haces, largo y ancho de las hojas y su número, debería de reducirse igualmente.

El análisis de los valores promedio para la longitud total de los haces, muestra claramente la reducción esperada a lo largo del gradiente norte-sur, por un factor cercano a 3; es decir, los haces vegetativos en San Ignacio (23 cm) miden aproximadamente la tercera parte de aquellos en Bahía San Quintín (76 cm) Se encontraron diferencias estadísticas entre lagunas, la prueba a posteriori señala que Bahía San Quintín y Bahía Falsa son diferentes a Laguna Ojo de Liebre y San Ignacio (Tabla XX).

Con respecto a las variaciones en función de la profundidad, se nota que la tendencia general es encontrar los haces más largos en el nivel más profundo (Tablas VI y IX). Esto coincide con lo reportado por Keller y Harris (1966), lo que se ha interpretado como una respuesta a condiciones más estables. Para Bahía Falsa, esta diferencia en longitud de los haces en función de la profundidad, fue reportada por Ibarra-Obando *et al.*, (1997) y Meling-Lopez (2001), y recientemente para San Ignacio, por Santamaría-Gallegos *et al.*, (en prensa). Las diferencias en longitud total del haz en función de la profundidad, no fueron estadísticamente significativas en ninguna de las lagunas estudiadas (Tabla XX).

Al comparar con valores previamente publicados, se observa que los intervalos de talla encontrados en este estudio representan los valores más bajos (Ojo de Liebre y San Ignacio), o valores intermedios (los dos transectos en la laguna San Quintín). También resulta evidente la diferencia entre la longitud total reportada por Ibarra-Obando *et al.*, (1997) en Bahía Falsa, con la medida en este estudio. Posibles explicaciones incluyen desde el hecho de que el transecto utilizado en el ciclo 1999-2000 comprenda no solo la zona intermareal, sino la porción superior del submareal, hasta diferencias interanuales en las condiciones ambientales. (Tabla XXI).

Tabla XX. Valores promedio de densidad por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por $\text{Log}_{10}+1.11$

VARIABLE	NIVEL	Bahía San Quintín	Bahía Falsa	Laguna Ojo de Liebre	Laguna San Ignacio	ANOVA
Longitud Total del haz (mm)	Superior	362 \pm 72	362 \pm 109	113 \pm 16	116 \pm 25	
	Medio	389 \pm 75	360 \pm 69	113 \pm 17	112 \pm 14	
	Inferior	575 \pm 83	371 \pm 77	121 \pm 9	154 \pm 26	
ANOVA		p = .150273	p = .847483	p = .769730	p = .269082	p = .0000
No. de hojas por haz	Superior	4 \pm 0.2	4 \pm 0.2	4 \pm 0.2	4 \pm 0.3	
	Medio	4 \pm 0.3	4 \pm 0.2	3 \pm 0.2	4 \pm 0.4	
	Inferior	4 \pm 0.1	4 \pm 0.2	3 \pm 0.2	4 \pm 0.2	
ANOVA		p = .234577	p = .629562	p = .852497	p = .961868	p = .007038
Índice de área foliar (LAI)	Superior	2 \pm 0.5	3 \pm 1	0.5 \pm 0.2	0.5 \pm 0.3	
	Medio	3 \pm 0.7	4 \pm 1.4	0.6 \pm 0.3	0.5 \pm 0.1	
	Inferior	3 \pm 0.7	3 \pm 1	0.4 \pm 0.1	1.7 \pm 0.8	
ANOVA		p = .876398	p = .269353	p = .917278	p = .087403	p = .000003

Tabla XXI. Longitud total de los haces (cm) en distintas localidades del mundo.

REFERENCIA	LOCALIDAD	LONGITUD TOTAL DEL HAZ (cm)
Keller y Harris (1966)	South Humboldt Bay, USA	6 - 290
Dennison y Alberte (1986)	Great Harbor , USA 40 ⁰	30 - 60
Ibarra-Obando <i>et al.</i> (1997)	Bahía Falsa, México 30 ⁰	20 - 50
Meling-López (2001)	Bahía Falsa, México 30 ⁰	17 - 46
Este estudio	Bahía San Quintín, México 30 ⁰	20 - 76
	Bahía Falsa, México 30 ⁰	15 - 71
	Laguna Ojo de Liebre, Mexico. 27 ⁰	8 - 17
	Laguna San Ignacio, Mexico. 26 ⁰	8 - 23

Al analizar el número de hojas por haz, se observa que en general, en todas las lagunas y todos los niveles, esta variable tiene un valor promedio de 4, siendo la excepción los niveles medio e inferior de Laguna Ojo de Liebre, donde los haces tienen solo 3 hojas. Estas diferencias en función de la profundidad no fueron estadísticamente significativas, siendo solo significativas la diferencias entre lagunas, la prueba a posterior indica que Laguna Ojo de Liebre es diferente a los otros 3 sitios (Tabla XX). Wium-Andersen y Borum (1984) reportan que el número de hojas fluctúa entre 3.7 y 6.1 (Hvidøre, Holanda); Sand- Jensen (1975) reporta valores entre 3 y 4.5 hojas (Vellerup Vig, Holanda). Comparando nuestros valores con los anteriormente mencionados, se observa que representan valores intermedios.

El Índice de Area Foliar (LAI), es una variable de gran interés ecológico, ya que refleja las variaciones en la densidad de haces, el número de hojas por haz, y su tamaño (Short, 1980; Jacobs, 1984). Recientemente, Poumian-Tapia e Ibarra-Obando (1999), encontraron que el LAI presentaba una alta correlación con la biomasa foliar y subterránea de *Z. marina* en Bahía Falsa, y propusieron su empleo como predictor de la biomasa total. Nuestros datos muestran mayores valores para esta variable en los dos transectos de laguna San Quintín: Bahía San Quintín, propiamente dicho, y Bahía Falsa, que para los transectos en Ojo de Liebre y San Ignacio. También se puede mencionar que, en general, se observa una tendencia a encontrar los mayores valores del LAI

en la mayor profundidad, siendo nuevamente Ojo de Liebre la excepción (Tablas VI a IX). Estas diferencias solo fueron estadísticamente significativas entre lagunas, la prueba a posteriori indico que Bahía San Quintín y Bahía Falsa son diferentes a Laguna Ojo de Liebre y San Ignacio (Tabla XX).

Como ya se mencionó anteriormente, las variaciones en el LAI a lo largo del año, no solo están reflejando las variaciones en el número de hojas por haz, sino en sus dimensiones. Tanto Jacobs (1984), como Kentula y McIntire (1986), señalan la presencia de hojas de invierno (pequeñas y angostas), y hojas de verano (largas y anchas). En nuestro estudio, las variaciones del LAI no muestran un claro patrón estacional (Tablas VI a IX).

Al comparar con datos ya publicados, resulta evidente que en Ojo de Liebre, los valores estimados para el LAI son los menores hasta ahora medidos en praderas perennes de *Z. marina*. Los valores para los transectos restantes, son similares a los de Puget Sound, Washington (Phillips, 1972) y Roscoff, Francia (Jacobs, 1979), y menores a los de Alaska (McRoy, 1970) (Tabla XXII).

Tabla XXII. Índice de área foliar (LAI), en distintas localidades del mundo.
(Tomada y modificada de Ibarra-Obando, 1992)

REFERENCIA	LOCALIDAD	LAI
McRoy (1970)	Alaska 56-58 ⁰	12 - 21
Wium-Andersen y Borum (1984)	Oresund, Dinamarca 56 ⁰	7.7 (1978) 6.2 (1979)
Jacobs (1979)	Roscoff, Francia 48 ⁰	3.8 - 9.5
Phillips (1972)	Puget Sound, U.S. A. 38 ⁰	1 - 4
Ibarra-Obando (1992)	Bahía Falsa, México 30 ⁰	0.7 - 4.1
Este estudio	Bahía San Quintin, México 30 ⁰	0.73 - 5
	Bahía Falsa, México 30 ⁰	3 - 8
	Laguna Ojo de Liebre, Mexico. 27 ⁰	0.1 - 1.4
	Laguna San Ignacio, Mexico. 26 ⁰	0.2 - 4

La biomasa foliar de haces vegetativos, que incluye a las ramas laterales, mostró una clara reducción entre Bahía San Quintín (30°N) y San Ignacio (26°N), tal cuál lo establece la hipótesis planteada. Estas diferencias son estadísticamente significativas, la prueba a posteriori indica que Bahía San Quintín es diferente de Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio (Tabla XXIII). La biomasa foliar promedio en San Ignacio (25 g/m²), es aproximadamente 3 veces menor a la medida en San Quintín (83 g/m²). Los valores máximos por lo general se encuentran en verano-otoño, siendo la excepción el máximo medido en el nivel inferior en San Quintín en abril del 2000, mientras que los mínimos parecen ubicarse en invierno-primavera. Las variaciones en función de la profundidad tienden a mostrar mayores valores en el nivel inferior, siendo Ojo de Liebre la excepción, al presentar el patrón opuesto (Tablas X y XIII); sin embargo estas diferencias encontradas no son estadísticamente significativas (Tabla XXIII)

La reducida biomasa foliar en Ojo de Liebre, es comparable a la medida por Harrison (1982) en British Columbia, Canada. Las diferencias interanuales en Bahía Falsa se hacen evidentes nuevamente. De una manera general, se puede decir que la biomasa foliar medida a lo largo de la península de Baja California, entre 1986 y el 2000, cae en el intervalo reportado en Netarts Bay, Oregon (Kentula, 1983), pero es menor a la medida en Alaska (McRoy, 1970) (Tabla XXIV).

Tabla XXIII. Valores promedio de densidad por nivel de las lagunas. Los valores promedio incluyen ± 1 error estándar. Se presenta el valor del Anova de los datos transformados por $\text{Log}_{10}+1.11$

VARIABLE	NIVEL	Bahía San Quintín	Bahía Falsa	Laguna Ojo de Liebre	Laguna San Ignacio	ANOVA
Biomasa de haces vegetativos	Superior	82 \pm 20	83 \pm 42	19 \pm 6	17 \pm 6	
	Medio	68 \pm 12	60 \pm 26	16 \pm 4	18 \pm 5	
	Inferior	99 \pm 26	90 \pm 33	13 \pm 2	41 \pm 13	
ANOVA		p = .665966	p = .992640	p = .674913	p = .132198	p = .000017
Biomasa de haces reproductivos	Superior	34 \pm 24	8 \pm 4	1	5 \pm 2	
	Medio	8 \pm 3	18 \pm 6	4 \pm 1	8 \pm 3	
	Inferior	13 \pm 6	8 \pm 5	2 \pm 1	7 \pm 2	
ANOVA		p = .964397	p = .451868	p = .872605	p = .811145	p = .040361
Biomasa subterránea	Superior	78 \pm 9	54 \pm 18	46 \pm 13	85 \pm 31	
	Medio	46 \pm 9	44 \pm 8	42 \pm 10	90 \pm 27	
	Inferior	91 \pm 26	56 \pm 14	33 \pm 7	124 \pm 25	
ANOVA		p = .100359	p = .970797	p = .432004	p = .417829	p = .000383

La biomasa foliar de haces reproductivos presenta variaciones muy importantes, no sólo entre lagunas, sino entre los dos transectos de laguna San Quintín; así, los valores más elevados se encuentran en Bahía San Quintín (18.3 g/m^2), propiamente dicho, y se reducen en la siguiente proporción: 1.6 veces menor en Bahía Falsa (11.3 g/m^2), 7 veces menor en Laguna Ojo de Liebre (2.3 g/m^2) y 3 veces menor en Laguna San Ignacio (6.6 g/m^2). (Tablas X a XIII).

El comportamiento latitudinal de la biomasa subterránea es interesante, ya que esta variable no disminuye de norte a sur, como se esperaba, sino que aumenta; estas diferencias entre lagunas son estadísticamente significativas. Con la prueba a posteriori se encontró que Laguna San Ignacio es diferente de Laguna Ojo de Liebre y Bahía Falsa (Tabla XXIII). En efecto, el promedio global para Bahía San Quintín es de 72 g/m^2 , mientras que el de San Ignacio es de 100 g/m^2 . Los menores valores corresponden a Ojo de Liebre. En general, los máximos de biomasa subterránea coinciden con los máximos de biomasa foliar, siendo las excepciones más comunes en el nivel medio (Tabla X a XIII), aunque las diferencias entre niveles no fueron estadísticamente significativas (Tabla XXIII). Esta disparidad en el momento de los máximos está más acentuada en San Ignacio. Una posible explicación pudiera ser que, en todos los casos, la biomasa subterránea incluyó también aquella de los haces reproductivos, sesgando los tiempos observados. Por último, las variaciones en

función de la profundidad no presentan un patrón definido, ya que tanto en San Quintín como en San Ignacio, tienden a aumentar con la profundidad, en Bahía Falsa los valores son similares, y en Ojo de Liebre disminuyen con la profundidad (Tablas X a XIII).

Al comparar nuestros datos con los de otros autores, se observa que la biomasa subterránea es comparable con la mayoría de los valores reportados y solo es inferior a la de Roscoff (Francia) y Puget Sound (USA) (Tabla XXIV).

La proporción biomasa foliar:biomasa subterránea también presenta un comportamiento interesante, disminuyendo su valor en el gradiente norte-sur, (1.3 en Bahía San Quintín a 0.3 en Laguna San Ignacio). También se observa diferencias entre los dos brazos de Bahía San Quintín. (Tabla XXIV).

Tabla XXV. Proporción de biomasa foliar/biomasa subterránea *Z. marina* en distintas localidades del mundo. (Tomada y modificada de Poumian-Tapia, 1995)

AUTOR	LATITUD	PROPORCIÓN BIOMASA FOLIAR/BIOMASA SUBTERRÁNEA bf/bs
Wium-Andersen and Borum (1984)	Oresund, Dinamarca 56 ⁰	1.74
Sand – Jensen (1975)	Vellerug, Dinamarca 56 ⁰	0.6-1.1
Nienhuis and de Bree (1980)	Holanda 56 ⁰	0.5-1.9
Jacobs (1979)	Roscoff, Francia 48 ⁰	0.9-0.8
Kentula (1983)	Netarts Bay, Oregon 44 ⁰	1.4
Short <i>et al</i> (1993)	Carolina del Norte 35 ⁰	0.8
Poumián-Tapia (1986)	San Quintín, México. 30 ⁰	2.1-5.1
Este estudio	Bahía San Quintín, México 30 ⁰	0.95-1.38
	Bahía Falsa. México 30 ⁰	0.61-2.36
	Laguna Ojo de Liebre, México 27 ⁰	0.38-0.45
	Laguna San Ignacio, México 26 ⁰	175-.03

CONCLUSIONES

- Existe una relación inversa entre la densidad de haces vegetativos y su tamaño; es decir, que entre mayor es su densidad, menor es su tamaño. Esta relación es cierta tanto en el seno de cada pradera, como en función de la latitud.
- El bajo porcentaje de haces reproductivos encontrados confirma el hábito perenne de las praderas de la península de Baja California
- El Índice de Área Foliar (LAI) estuvo altamente relacionado con la biomasa foliar, por lo que su uso como predictor parece factible.
- La biomasa foliar en Bahía San Quintín y Bahía Falsa es seguramente más importante para la alimentación de los gansos que en Laguna Ojo de Liebre y San Ignacio.
- Hay cambios en la relación biomasa foliar: biomasa subterránea en el gradiente norte-sur. Esta relación disminuye en las lagunas de Baja California sur.

- Laguna Ojo de Liebre muestra un patrón diferente a las otras lagunas. Una posible causa de este comportamiento es que este transecto estaba más alejado de la costa con relación a los otros tres, lo que daría como resultado condiciones hidrográficas distintas.

REFERENCIAS

- Anónimo. 2000. Inventario de humedales costeros de Baja California. Pro esteros S. C. <http://ecologia.cicese.mx/~proester/>
- Alvarado, B.J., J. Galindo, G.M. Iwadane, K. R. Migoya y M. Vázquez. 1986. Evaluación de los parámetros ambientales y su relación con la distribución y movimientos de la Ballena Gris *Eschrichtius robustus* Lacepede 1804 en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera- IPN* 5: 33-49.
- Alvarez – Borrego, J. y S. Alvarez – Borrego. 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. *CalCOFI Rep.*, 23:188-197.
- Alvarez-Borrego, S., J.R, Lara Lara y J.M. Acosta Ruiz. 1977. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. *Cien. Mar.*, 4: 12-22.
- Backman, T. W. y D. C. Barilotti. 1976. Irradiance reduction: effects on standing crops of the eelgrass, *Z. marina*, in a coastal lagoon. *Mar. Biol.*, 34: 33-40.

- Bayer, R. D. 1979. Intertidal zonation of *Zostera marina* in the Yaquina Estuary, Oregon. *Syesis*, 12: 147-153.
- Barnard, J. L. 1962. Benthic Marine Exploration of Bahía San Quintín, Baja California 1960-1961, *Pac. Nat.*, 23: 250-274.
- Bulthuis, D. A. 1987. Effects of temperature on photosynthesis and growth of seagrasses. *Aquat. Bot.*, 27: 27-40.
- Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. A. C., 1994. *Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia: Proyecto "Salitrales de San Ignacio". Primera parte: 228pp. + anexos.*
- Chávez de Nishikawa, A. y S. Alvarez-Borrego. 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. *Cien. Mar.*, 1: 31-62.
- Contreras, E. F. 1988. *Las lagunas costeras mexicanas.* Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México. 317pp.
- Contreras, E. F. 1993. *Ecosistemas Costeros Mexicanos.* UAM. 1era edición. México. 415 pp.

- Danemann, G. D. y J. de la Cruz-Agüero. 1993. Ictiofauna de la laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *Cien. Mar.*, 19: 265-386
- Dawes J. C. 1991. *Botánica Marina*. Ed. Limusa. 1era edición. México. 673 pp.
- Dawson, E. Y. 1951. A further study of upwelling and associated vegetation along Pacific Baja California, Mexico. *J. Marine Res.*, 10: 39-50.
- Dawson, E. Y. 1962. Marine and marsh vegetation. Benthic Marine Exploration of Bahía San Quintín, Baja California 1960-1961. *Pac Nat.*, 3: 275-280.
- del Valle-Lucero I. 1979. Aplicación de un modelo numérico y análisis de condiciones hidrodinámicas en Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría, CICESE. México. 36 pp + anexos.
- den Hartog, C. 1970. *The seagrasses of the world*. North- Holland Publ. Co., Amsterdam. 275 pp.

- den Hartog, C. 1977. Structure, function, and classification in seagrass communities. In: C. P. McRoy y C. Helfferich (eds). Seagrass Ecosystems, a Scientific Perspective. Marcel Dekker, New York: 89-121.
- den Hartog, C. 1982. Architecture of macrophyte-dominated aquatic communities. In: J. J. Symoens, S.S. Hooper y P. Compre (eds). Studies on Aquatic Vascular Plants. R. Bot. Soc. Belgium, Brussels: 222-234.
- den Hartog, C. y G. van der Velde., 1988. Structural aspects of aquatic plant communities. In: J.J. Symoens (ed.). Vegetation of inland Waters. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Netherlands: 113-153.
- Denninson, W.C. y R. S. Alberte. 1982. Photosynthetic responses of *Zostera marina* L (eelgrass) to *in situ* manipulations of light intensity. *Oecologia*, 55: 137-144.
- Denninson, W.C. y R. S. Alberte. 1985. Role of daily lighth period in the depth distribution of *Zostera marina* (eelgrass). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 51-61.
- Denninson, W.C. y R. S. Alberte. 1986 Photoadaptation and growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) transplants along a depht gradient. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 98: 265-282.

- Duarte. C. M. 1991. Seagrass depth limits. *Aquat Bot.*, 40: 363-377.
- Harrison, P.G. 1982. Seasonal and year to year variation in mixed intertidal populations of *Zostera japonica* Aschers y Graebn y *Ruppia maritima* L. *Aquat. Bot.*, 14: 357-371.
- Ibarra-Obando, S. E. 1986. Introducción al método de marcado para medir la producción de pastos marinos. Editorial UABC. Mexicali. 30pp.
- Ibarra-Obando, S.E. 1989. Las praderas de pastos marinos del Pacífico Mexicano con énfasis en *Zostera marina* L. Cap 1:1-20. In: Rosas- Velez J. de la y Farias, F. (eds). *Temas de Oceanografía Biológica en México*. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, 337pp.
- Ibarra-Obando, S. E. 1992. Contribution à la connaissance de l'herbier à *Zostera marina* en Baja California (Mexique): Biologie et Production Primaire. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France. 286 pp.
- Ibarra-Obando, S. E. y R. Ríos. 1993. Ecosistemas de fanerógamas marina: 54-65. In: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S. I. Salazar – Vallejo y N. E. González. (eds). CONABIO y CIQRO, México. 865 pp.

- Ibarra- Obando S. E., C. F. Boudouresque y M. Roux. 1997. Leaf dynamics and production of a *Zostera marina* bed near its southern distributional limit. *Aquat. Bot.*, 58: 99-112.
- Jacobs, R. P. W. M. 1979. Distribution and aspects of the production and biomass of eelgrass *Zostera marina* L. at Roscoff, France. *Aquat. Bot.*, 7: 151-172.
- Jacobs, R. P.W. M. 1984. Biomass potential of eelgrass (*Zostera marina* L.). *CRC Critical Reviews in plant Sciences*, 2: 49-70.
- Jacobs, R.P.W. M. y E. S. Pierson. 1981. Phenology of reproductive shoots of eelgrass, *Zostera marina* L. at Roscoff, France. *Aquat. Bot.*, 10: 45-60.
- Jones, M.L. y S. L. Swartz. 1984. Las ballenas grises *Eschrichtius robustus* y evaluación de las actividades humanas en la Laguna de San Ignacio, B. C. S., México:1978-1982. Ph.D. Cetacean Research Associates, San Diego California.
- Keller, M. W. y S. W. Harris. 1966. The growth of eelgrass in relation to tidal depth. *J. Wild. Manag.*, 30: 280-285.

- Kentula, M. E. 1983. Production dynamics of a *Zostera marina* L. bed in Netarts Bay, Oregon. Ph. D. Thesis. Oregon State University. Corvallis. 158pp.
- Kentula, M. E. y C. D. McIntire. 1986. The autoecology and production dynamics of eelgrass (*Zostera marina* L) in Netarts Bay, Oregon. *Estuaries*, 9:188-199.
- Kramer, G. W., L. R. Rauen y S.W. Harris. 1976. Populations, hunting mortality and habitat use of black brant at San Quintín, Bay, Baja California, México. In: Jarvis, R. L. y J. L. Barton (eds). Management and biology of Pacific flyway Geese. Oregon State University Bookstore, Corvallis, Oregon: 242-254.
- Lara-Lara, J. R., 1979. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. M. Sc. Thesis. Oregon State University. 184 p
- Marba, N., J. Cebrián, S. Enriquez y C. Duarte. 1996. Growth patterns of western Mediterranean seagrasses: species-specific responses to seasonal forcing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 133: 203-215.

- McRoy, C. P. 1970. Standing stocks and other features of eelgrass (*Zostera marina* L) populations on the coast of Alaska. J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1811-1821.
- Meling-Lopez, Alf. E. 2001. Estrategias adaptativas de *Zostera marina* L en el noroeste de México: contraste entre ambientes. Tesis Doctoral. CICESE. México. 123pp
- Meling-Lopez, Alf E. y S. E. Ibarra- Obando. 1999. Annual life cycles of two *Zostera marina* L. populations in the Gulf of California: contrasts in seasonality and reproductive effort. Aquat. Bot., 65: 59-69.
- Millán N. R., E. Ripa y L. Aguirre. 1987. Estudio preliminar en la composición y abundancia del fitoplancton y clorofilas en la laguna Ojo de Liebre, B. C. S. Cien. Mar., 13: 30-38.
- Monreal-Gómez, M.A. 1980. Aplicaciones de un modelo de dispersión, en Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada. 80pp.

- Moody, R. 1978. Habitat population and leaf characteristics of seagrass (*Zostera marina* L) on Roberts Bank, B.C. M. Sc. thesis. Univ. of British Columbia. 104 pp.
- Nienhuis, P. H. y B. H. H. de Bree. 1980. Production and growth dynamics of eelgrass (*Zostera marina*) in brackish lake Grevenlingen (The Netherlands). *Neth. J. Sea Res.*, 14: 102-118.
- Nienhuis, P. H. y A. M. Groenendijk. 1986. Consumption of eelgrass (*Zostera marina*) by birds and invertebrates: an annual budget. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 29: 29-35.
- Nienhuis, P.H. y E. T. van Ierland. 1978. Consumption of eelgrass, *Zostera marina*, by birds and invertebrates during the growing season in Lake Grevenlingen (SW Netherlands). *Neth. J. Sea. Res.*, 12: 180-194.
- Nishikawa, K.A. 1979. Estudio de Impacto ambiental de la planta de harina de pescado en Bahía de San Quintín, B.C. Parte I. Monografía de Bahía San Quintín, Baja California. Elaborado para pesquera Zapata, S.A. de C.V. (Colección K.Nishikawa. CICESE.).

- Olesen, B. y K. Sand-Jensen. 1994. Biomass-density patterns in the temperate seagrass *Zostera marina*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 109: 283-291.
- Orth, R. J. y K. A. Moore. 1986. Seasonal and year to year variations in the growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the lower Chesapeake Bay. Aquat. Bot., 24: 335-341
- Phillips, R. C. 1972. Ecological life history of *Zostera marina* L (eelgrass) in Puget Sound, Washington. Ph. D. Thesis. University of Washington. Seattle. 154 pp.
- Phillips, R. C. 1974. Transplantation of seagrasses with special emphasis on eelgrass, *Zostera marina* L. Aquaculture, 4: 161-176.
- Phillips, R. C. 1978. Seagrasses and the coastal marine environment. Oceans, 21: 30-41.
- Phillips, R. C. y T. W. Backman. 1983. Phenology and reproductive biology of eelgrass (*Zostera marina* L) at Bahia Kino, Sea of Cortes, México. Aquat. Bot.; 17: 85-90.

- Phillips, R. C., C. McMillan y K. W. Bridges. 1983. Phenology of eelgrass, *Zostera marina* L., along latitudinal gradients in North America. *Aquat. Bot.*, 15: 145-156.
- Phleger, F.B. 1969. Some general features of coastal lagoons, In: Ayala – Castañares, A. y F. B. Phleger (Eds). *Lagunas Costeras, un simposio, Mem. Simp. Inter., Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, noviembre 28-30, 1967, México, D.F., 5-26.*
- Phleger, F. G. y G. C. Ewing. 1962. Sedimentology and oceanography of coastal Lagoons in Baja California, México. *Bull Geol. Soc. Am.*, 73:145-182.
- Placencia, D. R. M. 1980. Análisis de temperatura, salinidad y determinación de circulación por gradientes de densidad en Bahía San Quintín, B. C. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. 120 pp.
- Poumian-Tapia, M. 1986. Biomasa aérea de *Zostera marina* L. y sus epífitas microscópicas en Bahía Falsa, San Quintín, B.C. de junio a diciembre de 1982. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. México. 152 pp.

- Poumian-Tapia, M. 1995. Sobre la cuantificación de la biomasa de *Zostera marina* L en Bahía San Quintín, B. C. durante un ciclo anual. Tesis de Maestría. CICESE. México. 152 pp.
- Poumian-Tapia M. y S. E. Ibarra- Obando. 1999. Demography and biomass of the seagrass *Zostera marina* in a Mexican coastal lagoon. *Estuaries*, 22: 879-889.
- Sand-Jensen, K. 1975. Biomass, net production and growth dynamics in an eelgrass (*Zostera marina* L) population in Vellerup Vig, Denmark. *Ophelia*, 14: 185-201.
- Santamaria-Gallegos, N. A., R. Riosmena-Rodríguez y J.L. Sánchez-Lizaso. (en prensa). Las praderas de *Zostera marina* L. en la Reserva de la Biosfera El Viscaíno, México. En: Actas de las I Jornadas internacionales sobre Reservas Marinas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.
- Setchell, W. A. 1929. Morphological and phenological notes on *Zostera marina* L. *Univ. Calif. Publs. Bot.* 14: 389-458.
- Setchell, W. A. 1933. A preliminary survey of the species of *Zostera*. *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.*, 19: 810-817.

- Short, F. T. 1980. A simulation model of the seagrass production system: 277-295. In: R. C. Phillips y C. P. McRoy (Eds). Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective. Garland STPM Press. New York, N. Y.
- Swartz, S. C. y W. C. Cummings. 1978. Gray Whales *Eschrichtius robustus* in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Final report for Marine Mammal Commission, Washington, D. C. 38 pp
- Thayer, G. W., Bjorndal, K. A., Ogden, J. C., Williams, S.L. y Zieman, J.C. 1984. Role of larger herbivores in seagrass communities. *Estuaries*, 74: 351-376.
- Thom, R. M. 1990. Spatial and Temporal patterns in plant standing stock and primary production in a temperate seagrass system. *Bot. Mar.*, 33: 497-510.
- Thorne-Miller, B., M.M. Harlin, G. B. Thursby, M. M. Bradly-Campbell y B. A. Dworetzky. 1983. Variations in the distribution and biomass of submerged macrophytes in five coastal lagoons in Rhode Island, USA. *Bot. Mar.*, 26: 231-242.

- Tomasko, D. A. y C. J. Dawes. 1989. Evidence for physiological integration between shaded and unshaded short shoots of *Thalassia testudinum*. *Mar. Biol.*, 105: 354-351.
- Tomlinson, P.B. 1974. Vegetative morphology and meristem dependence. The foundation of productivity in seagrasses. *Aquaculture*, 4: 107-130.
- Wiggins, I. 1980. *Flora of Baja California*. 1st edition. California. Stanford University press., California. 1025pp
- Wium-Andersen, S. y J. Borum. 1984. Biomass variation and autotrophic production of an epiphyte-macrophyte community in a coastal Danish area: I. Eelgrass (*Zostera marina* L) biomass and net production. *Ophelia*, 23:33-46.
- Wood, F. J. E., W. E. Odum y J. C. Zieman. 1969. Influence of seagrasses on the productivity of coastal lagoons. pp 495-502. In: Ayala-Castañares, A. y F.B. Phleger (Eds). *Lagunas Costeras, un simposio*. Mem. Simp. Inter., Lagunas Costeras. UNAM – UNESCO, noviembre 28-30, 1967. México, D.F.
- Zieman J. C. 1975. Tropical seagrass ecosystems and pollution. In: Wood, E. F., Johannes, R. E. (eds). *Tropical marine pollution*. Elsevier, New York, 63-74.

- Zieman, J. C., Thayer, G. W. , Robblee, M. B. y Zieman, K. 1979. Production and export of seagrasses from tropical bay. In: Livingston, R. J. (Ed.) Ecological Process in coastal marine systems. Plenum Press, New York. 21-33.
- Zedler, J. B. ,1982. The ecology of Southern California Coastal Salt Marshes: a Community Profile, U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Services Program, Washington, D. C., FWS/OBS-81/54, EE.UU.110pp.