

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Pastos marinos: composición comunitaria, biomasa de pastos marinos y morfometría de *Thalassia testudinum*, en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala.

Trabajo de investigación presentado
por Ximena Galán Villagrán
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2006

Pastos marinos: composición comunitaria, biomasa de pastos marinos y morfometría de *Thalassia testudinum*, en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

Pastos marinos: composición comunitaria, biomasa de pastos marinos y morfometría de *Thalassia testudinum*, en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala.

Trabajo de investigación presentado
por Ximena Galán Villagrán
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2006

PREFACIO

Este trabajo de tesis fue posible gracias a la oportunidad que me fue concedida de contribuir en el monitoreo de pastos marinos, como parte del Proyecto del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). El Proyecto SAM brindó la capacitación, el apoyo logístico, el equipo y el financiamiento necesarios para este trabajo de graduación. Agradezco al Dr. Alejandro Arrivillaga, asesor honorífico de esta tesis, por haberme guiado a lo largo de las actividades del monitoreo de pastos marinos y por todas sus críticas constructivas. Aprecio la asesoría académica y la solidaridad que la Dra. Lucía Gutierrez, asesora principal de esta tesis y Coordinadora Nacional del Programa de Monitoreo Sinóptico del Proyecto SAM, me ha brindado en todo momento. El Ing. Pedro Julio García, catedrático del Centro de Estudios del Mar, hizo las recomendaciones necesarias para que el informe final presentase mayor coherencia y claridad. Agradezco también a Licda. Margarita Palmieri por sus correcciones al protocolo y al informe final y, al Dr. Jorge Herrera del CINVESTAV de Mérida, por sus recomendaciones para el trabajo de campo y de laboratorio. Respecto al análisis estadístico de este trabajo, agradezco la guía y el apoyo de Ing. Ana Rosa Cabrera.

Los muestreos de campo en Bahía La Graciosa fueron realizados gracias a la colaboración de las organizaciones FUNDAECO y UNIPESCA. Es importante mencionar el apoyo del Lic. Hugo Hidalgo y de Romeo Leiva (FUNDAECO), quienes colaboraron en la coordinación de los muestreos de campo y participaron en ellos. Agradezco a UNIPESCA por haber proporcionado en diferentes ocasiones una lancha para los muestreos y a Misael James (UNIPESCA) por acompañarnos. El trabajo en el campo y en el laboratorio se produjo gracias a un trabajo en equipo. Debo reconocer la participación activa y voluntaria de mis compañeras: Maria Rennée Alvarez, estudiante de Biología (UVG), María Olga Morales, Sofía Méndez y Rachel Rodas, estudiantes del Centro de Estudios del Mar (USAC).

El Centro de Estudios del Mar (CEMA), proporcionó parte del equipo del SAM, para los muestreos en el campo: tablas sumergibles, reguladores octopus, cinturones de plomo y un maletín de primeros auxilios. El Centro de Estudios Ambientales, de la Universidad del Valle, permitió que se realizara en sus instalaciones el trabajo de laboratorio de esta tesis, haciendo uso de las mesas de trabajo, el congelador, el horno de secado, la balanza analítica y otro equipo allí almacenado.

Por último quisiera agradecer la ayuda y el apoyo moral que me dieron mis hermanas y José David Díaz. En especial, agradezco a mi madre, Lic. Margarita Villagrán, por haberme apoyado y acompañado en el cumplimiento de esta meta y, a lo largo de estos años de formación profesional.

ÍNDICE

PREFACIO	I
LISTA DE CUADROS.....	IV
LISTA DE FIGURAS	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. ANTECEDENTES.....	1
1. Taxonomía y distribución geográfica.....	1
2. Adaptaciones al medio marítimo.....	2
3. Sustrato y densidad de brotes.....	3
4. Tolerancias ambientales.....	4
5. Crecimiento.....	4
6. Fisiología.....	5
7. Abundancia, biomasa y morfometría.....	6
B. JUSTIFICACIÓN.....	6
C. OBJETIVOS	7
1. Objetivos generales.....	8
2. Objetivos específicos.....	8
II. METODOS	9
A. Sitios de muestreo.....	9
B. Medición de la composición comunitaria por medio de la cobertura y abundancia relativa de especies.....	11
C. Cuantificación de la biomasa de pastos marinos y macroalgas.....	12
1. Muestreo de pastos marinos y macroalgas acompañantes.....	12
2. Trabajo de laboratorio.....	13
D. Determinación de la morfometría de <i>Thalassia testudinum</i>	14
E. Determinación del porcentaje de humedad en <i>Thalassia testudinum</i>	15
F. Análisis estadístico.....	15
III. RESULTADOS	17
A. COMPOSICIÓN COMUNITARIA EN PRADERAS DE PASTOS MARINOS.....	17
1. Abundancia de <i>Thalassia testudinum</i>	17
2. Abundancia de <i>Halophila baillonis</i>	18
3. Abundancia de algas, esponjas y corales.....	19
a. Abundancia de <i>Penicillus capitatus</i>	19
b. Abundancia de microalgas epífitas, esponjas y corales.....	20
B. BIOMASA DE PASTOS MARINOS	20
1. Biomasa promedio de pastos marinos.....	20
2. Biomasa total de <i>Halophila baillonis</i> en Cayo Santa Isabel.....	21
3. Biomasa de los componentes de <i>Thalassia testudinum</i> en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel.....	22
4. Materia viva y materia muerta de <i>T. testudinum</i>	25
5. Correlaciones en la biomasa de los componentes de <i>Thalassia testudinum</i>	26
C. MORFOMETRÍA DE <i>THALASSIA TESTUDINUM</i>.....	26

1. Determinación de la morfometría de <i>Thalassia testudinum</i>	26
2. Determinación del Índice de Area Foliar de <i>Thalassia testudinum</i>	30
IV. DISCUSIÓN	31
A. DOMINANCIA DE <i>THALASSIA TESTUDINUM</i>	31
B. ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA, BIOMASA, MORFOMETRÍA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD DE <i>THALASSIA TESTUDINUM</i>	31
1. Abundancia, biomasa y morfometría de <i>Thalassia testudinum</i> : diferencias entre los sitios Punta Moreno y Cayo Santa Isabel.	31
2. Abundancia, biomasa y morfometría de <i>Thalassia testudinum</i> : diferencias entre las tres épocas de muestreo.	33
3. Correlaciones entre los componentes de biomasa de <i>Thalassia testudinum</i>	34
4. Proporción materia viva: materia muerta de <i>Thalassia testudinum</i>	34
5. Porcentaje de humedad en <i>Thalassia testudinum</i>	35
6. Morfometría de <i>Thalassia testudinum</i>	35
a. Largo, ancho y área foliar de <i>T. testudinum</i>	35
b. Índice de área foliar (IAF).....	36
C. ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA Y BIOMASA DE <i>HALOPHILA BAILLONIS</i>.....	37
D. ABUNDANCIA Y BIOMASA DE MACROALGAS	38
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. LITERATURA CITADA.....	42
VIII. OTRAS REFERENCIAS	44
IX. APÉNDICES	45
Apéndice 1. Modo de empleo del nucleador	45
Apéndice 2. Hoja de toma de datos en el campo. Determinación de la cobertura de pastos marinos	46
Apéndice 3. Análisis de varianza factorial	47
Apéndice 5. Formato para el registro de biomasa de pastos marinos	50
Apéndice 6. Datos brutos de cobertura de <i>Thalassia testudinum</i> en valores discretos de 0 a 5	51
Apéndice 7. Datos brutos de la cobertura de <i>Halophila baillonis</i> en valores discretos de 0 a 5	52
Apéndice 8. Datos brutos de la cobertura de <i>Penicillus capitatus</i> en valores discretos de 0 a 5	53
Apéndice 9. Datos brutos de biomasa de los componentes de <i>Thalassia testudinum</i>	54
Apéndice 10. Datos brutos de la biomasa total y la biomasa por m ² de <i>Halophila baillonis</i>	55
Apéndice 11. Datos brutos del peso húmedo inicial, peso seco final, peso de agua y porcentaje de humedad de <i>Thalassia testudinum</i> , en los núcleos colectados a lo largo del estudio	56
Apéndice 12. Promedios de los datos brutos de morfometría de <i>Thalassia testudinum</i>	57
Apéndice 13. Porcentajes de materia muerta y biomasa viva de <i>Thalassia testudinum</i> en la totalidad de núcleos colectados	59

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Medianas de los rangos de abundancia de <i>Thalassia testudinum</i> y rangos de cobertura en porcentajes, en los dos sitios y en las tres épocas de muestreo.....	17
2. Valores modales de la abundancia de <i>Halophila baillonis</i> y rangos de cobertura asociados (en porcentajes) en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo....	19
3. Rangos de abundancia de <i>Penicillus capitatus</i> y rangos de cobertura asociados (en porcentajes) en julio del 2004, en Cayo Santa Isabel.....	20
4. Biomasa por m ² (g peso seco.m ⁻²) de <i>Thalassia testudinum</i> (TT) y <i>Halophila baillonis</i> (HB), en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo.....	21
5. Biomasa promedio (g peso seco) de los componentes de <i>Thalassia testudinum</i> , biomasa por m ² y porcentaje de humedad, en los núcleos colectados en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo.....	22
6. Resumen de los análisis estadísticos (ANOVA y Friedman) de los diferentes componentes de biomasa de <i>T. testudinum</i>	24
7. Porcentajes promedio de materia viva y materia muerta, en los dos sitios y en las tres épocas de muestreo	25
8. Promedios de diferentes variables (largo, ancho, área e índice de área foliar) en hojas de <i>Thalassia testudinum</i> y, densidad de brotes por núcleo, en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo	28
9. Resumen de los análisis de varianza de los datos de morfometría de <i>Thalassia testudinum</i> (largo, ancho, área e índice de área foliar).....	28
10. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de hojas verdes (datos no transformados)	47
11. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de rizomas (datos no transformados).....	47
12. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de brotes cortos (datos transformados con logaritmo de base 10).....	47
13. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa por m ² (datos transformados con logaritmo de base 10).....	48
14. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de materia muerta (datos transformados con logaritmo de base 10).....	48
15. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de materia viva (datos transformados con logaritmo de base 10).....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de los sitios de muestreo, Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala.....	10
2. Diagrama de un cuadrante que delimita el área de medición de la cobertura espacial de las especies estudiadas.....	11
3. Diagrama de un nucleador o extractor de núcleos para obtener muestras en las comunidades de pastos marinos	13
4. Diagrama de un brote individual de <i>Thalassia testudinum</i>	13
5. Valores modales de la abundancia de <i>Thalassia testudinum</i> en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo.....	18
6. Valores modales de abundancia de <i>Halophila baillonis</i> en Cayo Sta Isabel, según la época de muestreo	19
7. Biomasa total promedio (g de peso seco) de <i>Halophila baillonis</i> en los núcleos colectados en Cayo Santa Isabel.....	22
8. Biomasa promedio (peso seco en g) de los diferentes componentes de <i>Thalassia testudinum</i> , en los tres muestreos realizados en Punta Moreno (A) y en Cayo Santa Isabel (B).....	23
9. Biomasa de diferentes componentes de <i>Thalassia testudinum</i> en los núcleos colectados en Cayo Santa Isabel y en Punta Moreno, en enero del 2005.....	24
10. Biomasa promedio (peso seco en g) de la materia viva, materia muerta y biomasa total de <i>Thalassia testudinum</i> , en los tres muestreos realizados en Punta Moreno (A) y en Cayo Santa Isabel (B).....	25
11. Diagrama resultante del análisis multivariado de componentes principales.....	27
12. Variación del largo foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Sta Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005	29
13. Variación del ancho foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Sta Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005.....	29
14. Variación del área foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Sta Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005.....	29
15. Variación del promedio de índice de área foliar de <i>Thalassia testudinum</i> de julio del 2004 a agosto del 2005, en los sitios Punta Moreno y Cayo Sta Isabel	30

RESUMEN

Este trabajo tuvo como propósito el estudio de las praderas de pastos marinos en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Los muestreos se realizaron en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en tres épocas distintas: julio 2004, enero 2005 y agosto 2005. Este estudio se conforma de tres componentes distintos: evaluación de la composición comunitaria en las praderas de pastos marinos, cuantificación de biomasa de pastos marinos y macroalgas y, determinación de la morfometría de la especie *Thalassia testudinum*. Las especies de pastos marinos identificadas en los sitios de estudio fueron *Thalassia testudinum* Banks ex König, *Halophila baillonis* Ascherson y, el alga verde *Penicillus capitatus* Lamarck. *Thalassia testudinum* fue la especie dominante en las praderas de ambos sitios, a lo largo del estudio. Esta característica se manifestó en la mayor abundancia y biomasa de esta especie. Al comparar los resultados entre los dos sitios de muestreo, los resultados de abundancia y biomasa de *T. testudinum* en Punta Moreno superaron resultados correspondientes en Cayo Santa Isabel. La especie *Halophila baillonis* fue hallada únicamente en el sitio de Cayo Santa Isabel y a lo largo del estudio su abundancia fue moderada (menor al 50% de cobertura en las tres épocas de muestreo) y su biomasa fue reducida (un máximo de 38.18g/m², para *H. baillonis* en Cayo Santa Isabel y en el mismo sitio y época, 292.04 g/m² de *T. testudinum*). La abundancia de *Penicillus capitatus* fue muy reducida respecto a las dos especies de pastos marinos: el rango de cobertura promedio fue de 0-5%. La materia viva de *T. testudinum* representó aproximadamente un 70% de la biomasa total y la materia muerta, un 30% de la biomasa total. La morfometría de *Thalassia testudinum* difirió mayormente entre los sitios de muestreo. Las variaciones en el largo, ancho, área e índice de área foliar de las hojas de *T. testudinum* dan una indicación de las diferencias en las condiciones ambientales que afectan a cada sitio.

Palabras clave: pastos marinos, *Thalassia testudinum*, *Halophila baillonis*, Bahía La Graciosa, Guatemala, composición comunitaria, biomasa y morfometría.

ABSTRACT

This research was designed to study seagrass meadows from Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Field samples were obtained from two locations, Punta Moreno and Cayo Santa Isabel, at three different times: July 2004, January 2005 and August 2005. This research was organized into three components. The first component was the assessment of community composition in seagrass meadows. The second component was biomass determination of seagrasses and macroalgae species. The third component was the description of the morphometric characteristics of *Thalassia testudinum*. Two seagrass species were identified, *Thalassia testudinum* Banks ex König and *Halophila baillonis* Ascherson in addition to the green algae *Penicillus capitatus* Lamarck. Throughout this study, *T. testudinum* was the dominant species in both locations, this being related to its higher biomass and abundance. *Thalassia testudinum*'s biomass and abundance was higher in Punta Moreno than in Cayo Santa Isabel. *Halophila baillonis* was only found at Cayo Santa Isabel location and it showed a moderate abundance (less than 50% coverage, at all three samplings). Its biomass per square meter was small at Cayo Santa Isabel (maximum for *H. baillonis*: 38.12 g/m² while *T. testudinum*'s was 292.04 g/m², at the same site and sampling time). The green algae *Penicillus capitatus* showed a reduced abundance, when compared with the seagrasses' abundances: the average coverage range was 0 to 5 percent. The average percent live material average for *T. testudinum* was 70% while the average percent dead material was 30% of total biomass. Morphometric characteristics (leaf length, width, area and leaf area index) of *Thalassia testudinum* varied between studied locations. Variations showed by these parameters were associated to local environmental conditions at each location.

Keywords: seagrasses, *Thalassia testudinum*, *Halophila baillonis*, Bahía La Graciosa, Guatemala, community composition, biomass, morphometric characteristics.

I. INTRODUCCIÓN

Este estudio tuvo como enfoque de partida el monitoreo ecológico de las praderas de pastos marinos en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Se estudiaron tres subtemas distintos: la composición comunitaria de pastos marinos, la biomasa de pastos marinos y macroalgas y, la morfometría de *Thalassia testudinum*. A continuación, se presentan antecedentes generales sobre los pastos marinos.

A. Antecedentes

Se conocen hasta la fecha 51 especies de pastos marinos (Herrera 2005 com.pers.). Los pastos marinos son plantas angiospermas que se distribuyen en aguas poco profundas, en las zonas costeras del mundo. La mayoría de los pastos marinos crecen mejor en áreas protegidas de la acción del oleaje, en donde las corrientes causadas por el cambio de marea son moderadas, hasta un máximo de 3.5 nudos (Phillips y Meñez 1988). Se extienden en praderas subacuáticas sobre sustratos lodosos o arenosos. Estas praderas conforman ecosistemas marinos extremadamente complejos ya que funcionan a través de cadenas alimenticias de herbivoría y cadenas alimenticias basadas en los detritos. Los organismos herbívoros que frecuentan las praderas de pastos marinos se alimentan de sus hojas y de las epífitas que las cubren (Phillips y Meñez 1988).

La importancia funcional de los pastos marinos radica en que estabilizan y sostienen los sedimentos del fondo aún en contra del estrés causado por los huracanes y tormentas tropicales. Las hojas de los pastos marinos frenan las corrientes de agua y el oleaje, lo que permite que mantengan los nutrientes dentro del ecosistema. Asimismo, la pradera de pastos marinos es un refugio para muchos animales adultos y juveniles, ya sean residentes o transitorios, los cuales pueden ser de importancia comercial y recreacional. En general, los pastos marinos presentan altas tasas de producción y de crecimiento, generando detritos y materia orgánica que tienden a confinar los ciclos de nutrientes en el ecosistema (Wood *et al.* 1969, en Phillips y Meñez 1988).

1. Taxonomía y distribución geográfica. Los pastos marinos son plantas monocotiledóneas que se clasifican en dos familias principales: Potamogetonaceae e Hydrocharitaceae. Estas dos familias comprendían, hasta 1988, un total de 12 géneros, definidos mayormente con base a caracteres morfológicos y en función de sus tolerancias ambientales. Nueve de los géneros conocidos presentan pocas especies, mientras que los géneros *Zostera*, *Halophila* y *Posidonia* presentan más de cuatro especies: 10, 11 y 5 especies respectivamente (Phillips y Meñez 1988). Cinco géneros de pastos marinos que

pertenecen a la familia Potamogetonaceae, se distribuyen en los mares templados (*i.e.*, *Zostera*, *Phyllospadix*, *Heterozostera*, *Posidonia* y *Amphibolis*). Los siete géneros restantes son característicos del área tropical: cuatro géneros de la familia Potamogetonaceae (*i.e.*, *Halodule*, *Cymodocea*, *Syringodium* y *Thalassodendron*) y tres géneros de la familia Hydrocharitaceae (*i.e.*, *Enhalus*, *Thalassia*, *Halophila*). Sin embargo, estas distribuciones dependen de gradientes ambientales y por lo tanto, no están claramente delimitadas (Phillips y Meñez 1988).

En la actualidad la distribución geográfica de los pastos marinos está ampliamente documentada aunque existen áreas pendientes de investigación (Phillips y Meñez 1988). La mayoría de las especies de pastos marinos muestra áreas continuas de distribución mientras que la distribución de géneros muestra una amplia segmentación. El patrón de distribución de los pastos marinos está fuertemente influenciado por la temperatura del agua (Setchell 1920, en Phillips y Meñez 1988). Se afirma que los patrones fitogeográficos de las especies de pastos marinos son aparentes, debido a que existe una interacción entre las distintas poblaciones y sus condiciones ambientales. La distribución de las especies se da en función de sus tolerancias ambientales, a lo largo de gradientes de temperatura del agua, de salinidad, radiación solar, profundidad y tipo de sustrato. Cuando se agrupan distintas especies mostrando distribuciones grupales o similares, pueden describirse patrones fitogeográficos más generales (Phillips y Meñez 1988).

Los pastos marinos tropicales no presentan distribuciones homogéneas pero se concentran en dos áreas amplias: al oeste del Océano Indo-Pacífico y en el Océano Atlántico tropical que incluye la zona costera de América Central. En esta última zona, se encuentran 4 géneros característicos (*i.e.*, *Halodule* y *Syringodium* de la familia Potamogetonaceae; *Thalassia* y *Halophila* de la familia Hydrocharitaceae). La especie *Halodule wrightii* se encuentra a lo largo del Atlántico tropical y ha sido reportada en el pacífico mexicano. *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* se distribuyen estrictamente en el área caribeña. El género *Halophila* está representado por 4 especies distribuidas en el Océano Atlántico tropical y en la costa del Pacífico centroamericano (Phillips y Meñez 1988). Las especies halladas hasta la fecha en el área de estudio, Bahía La Graciosa, Izabal, son *Thalassia testudinum* y *Halophila baillonis*.

2. Adaptaciones al medio marítimo. Los pastos marinos requieren ciclos vegetativos y reproductivos adaptados al medio salino, puesto que se mantienen sumergidos. Estos muestran una tendencia al crecimiento gregario y sólo algunas especies generan poblaciones que soportan exposiciones temporales al aire, o salinidades reducidas cuando la marea es baja (Phillips y Meñez 1988).

Los pastos marinos presentan una morfología foliar común. La mayoría de las especies posee hojas laminares y a su vez lineales, de ancho reducido, como si se tratase de “cintas”. Esta morfología característica le confiere a las hojas una relación superficie/volumen muy alta, permitiendo una alta

difusión de gases y de nutrientes entre las hojas y el medio acuoso, una superficie fotosintética máxima, además de una mayor exposición de los cloroplastos a la luz (Phillips y Meñez 1988). La anatomía de las hojas de los pastos marinos permite que sean funcionales en el medio marino. Las hojas carecen de estomas, pero la cutícula delgada facilita el intercambio gaseoso. Carecen asimismo de soporte mecánico interno lo cual les permite ser flexibles y plegarse cuando baja la marea. De esta manera, las hojas generan fricción, lo cual reduce la velocidad de las corrientes, permitiendo la resuspensión de los sedimentos y de la materia orgánica y, creando un refugio para otros seres vivos. El sistema lacunar de las hojas, que conforma el 70% del volumen total de las hojas, les confiere la flotabilidad necesaria (Phillips y Meñez 1988).

Los pastos marinos presentan las estructuras reproductivas necesarias para la polinización hidrófila (Phillips y Meñez 1988). En los pastos marinos pertenecientes a la familia Potamogetonaceae (e.g., *Halodule wrightii*), se observan granos de polen filamentosos, lo cual facilita su transporte en el agua. Los géneros *Thalassia* y *Halophila* (familia Hydrocharitaceae) poseen granos de polen esféricos, los cuales se unen formando cadenas moniliformes y flotan. La mayoría de los pastos marinos son dioicos y aquellos que son monoicos presentan proteroginia (Phillips y Meñez 1988).

Todas las especies de pastos marinos se anclan al sustrato, por medio de sus rizomas y de sus raíces. Este extenso sistema de rizomas-raíces es una adaptación estructural importante. La proporción rizomas/raíces varía en función de las adaptaciones de los pastos al ambiente, en cuanto a la profundidad y textura del sustrato. En invierno, la especie *Zostera marina* muestra una proporción entre hojas y órganos subterráneos a favor de éstos últimos por lo que la biomasa foliar se reduce. Por otra parte, la biomasa de raíces en la zona intermareal superior es mayor a la de la zona intermareal inferior (Phillips y Meñez 1988). Las hojas aplanadas y el extenso sistema de rizomas-raíces de los pastos marinos son adaptaciones para vivir en un medio con corrientes de agua, penetración restringida o variable de la luz y bajas tasas de intercambio gaseoso en comparación con el medio aéreo (Ferguson *et al.* 1980, en Phillips y Meñez 1988).

3. Sustrato y densidad de brotes. El sustrato en el que se hallan usualmente los pastos marinos es una mezcla de lodo y arena formando una capa aeróbica superficial de algunos milímetros de grosor que da paso a una región anaeróbica profunda. Algunas especies del género *Halodule* crecen mejor en sustratos arenosos solamente (Phillips y Meñez 1988). La densidad de brotes en las praderas de pastos marinos varía estacionalmente y en función de la profundidad del sustrato. Muchos estudios han registrado la reducción del número de brotes de pastos marinos con el incremento de la profundidad (Phillips y Meñez 1988).

4. Tolerancias ambientales. Respecto a sus tolerancias ambientales, los pastos marinos pueden ser euribiontes (*i.e.*, rangos amplios de tolerancia) o estenobiontes (*i.e.*, rangos estrechos de tolerancia) (Reid y Wood 1976). En zonas templadas y tropicales, estas características se dan en función de diferentes factores ambientales: temperatura, salinidad, profundidad, luz, sustrato y movimiento del agua. La mayoría de las especies tropicales son estenobiontes, exceptuando las especies pioneras del género *Halodule*, las cuales toleran amplios rangos de salinidad, temperatura y profundidad. En zonas templadas, en las cuales las especies de pastos marinos no suelen competir con muchas otras especies, éstas tienden a ser euribiontes ante diversos factores ambientales. En términos generales, los pastos marinos toleran elevadas salinidades (Phillips y Meñez 1988).

Las poblaciones locales de pastos marinos están determinadas por las condiciones del hábitat. Distintas poblaciones de *Thalassia testudinum* pueden diferenciarse en cuanto a producción de biomasa, ancho de las hojas y crecimiento vertical en función del contacto de estas poblaciones con corrientes de agua dulce (por lluvias o descargas directas de ríos o canales). La reducción de las corrientes de agua dulce es beneficiosa para el desarrollo de esta especie (Irlandi *et al.* 2002). *Thalassia testudinum* tolera temperaturas de 20 °C a 36 °C y la mayor tasa fotosintética ocurre entre 28 °C y 30 °C. Una combinación de temperaturas altas y bajas salinidades reduce las poblaciones de *Thalassia testudinum* (Zieman 1975, en Phillips y Meñez 1988).

5. Crecimiento. Todas las especies de pastos marinos presentan un hábito perenne. Sin embargo, existen dos géneros, *Halophila* y *Halodule*, de los que se ha demostrado que sus poblaciones tienden a ser estacionales (Phillips y Meñez 1988).

Los pastos marinos dependen de meristemos, como los meristemos apicales de los brotes, para mantener las poblaciones. Existen tres patrones generales de crecimiento en pastos marinos: un patrón regenerativo, por el cual se mantiene la forma general de la planta sin haber propagación vegetativa; un patrón proliferativo, que incrementa el número de meristemos y que sí permite la propagación vegetativa y, un patrón de ramificación proliferativa observado en el género *Syringodium*, por el cual todos los meristemos laterales desarrollan brotes cortos, relacionado a perturbaciones en el ambiente (Phillips y Meñez 1988).

El crecimiento de los pastos marinos es controlado por factores ambientales, siendo los de mayor importancia la salinidad, la temperatura y las restricciones relacionadas con la profundidad (Livingston *et al.* 1998). La presión del agua sobre las hojas de los pastos marinos, un factor directamente relacionado con la profundidad, tiene un efecto directo en las lagunas de éstas, restringiendo el crecimiento de pastos marinos a áreas someras (Phillips y Meñez 1988). Cuando los factores anteriormente mencionados no son

limitantes, los factores de luz, sedimentación y disponibilidad de nutrientes en el medio acuoso, determinan el crecimiento de pastos marinos en zonas costeras (Livingston *et al.* 1998).

En un estudio realizado en el noreste del Golfo de México (Livingston *et al.* 1998), se compararon dos sitios, uno considerado relativamente natural y otro afectado por fuentes de contaminación. Se llegó a la conclusión de que la contaminación incidente sobre la calidad del agua y del sedimento, tiene efectos negativos sobre el crecimiento de las especies de pastos marinos presentes en dicha región (*i.e.*, *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*).

6. Fisiología. Al estar sumergidos en un medio salino, los pastos marinos se enfrentan a problemas anatómicos y fisiológicos. Los problemas anatómicos se resuelven con el desarrollo de proporciones superficie/volumen elevadas en el aerénquima, en las lagunas y en las hojas. Los problemas fisiológicos están relacionados con la captación de nutrientes y con las tolerancias ambientales a un medio marino variable. Los pastos marinos realizan funciones de fotosíntesis y de fotorrespiración.

Los pastos marinos absorben monóxido de carbono e ión bicarbonato (HCO_3^-) para obtener carbono inorgánico. Una gran parte del carbono inorgánico empleado en la fotosíntesis es absorbido por las raíces en forma de monóxido de carbono y transportado hacia las hojas por medio de un gradiente que va de las raíces a las hojas. El carbono puede obtenerse también por absorción en las hojas. Sin embargo el uso de carbono inorgánico por los pastos marinos es muy ineficiente, la proporción fijada en la fotosíntesis es muy reducida y varía según la especie (Phillips y Meñez 1988). A su vez la habilidad de transportar oxígeno desde las hojas hacia las raíces permite que las raíces se desarrollen en un medio anaeróbico. Las raíces secretan asimismo oxígeno hacia los sedimentos generando una microrregión aeróbica alrededor de éstas, lo cual permite la absorción de metales y minerales entre otras funciones (Iizumi *et al.* 1980, en Phillips y Meñez 1988).

El nitrógeno ha sido identificado como el nutriente que más limita el crecimiento de los pastos marinos. Sin embargo, esta limitación no ha sido comprobada en especies de pastos marinos tropicales (McRoy y McMillan 1977; Short 1981, en Phillips y Meñez 1988). Se conoce que la fuente primaria de nitrógeno para la producción de hojas es el nitrógeno reciclado en los sedimentos (Phillips y Meñez 1988). Las algas verde-azules, epífitas de las hojas de pastos marinos, fijan nitrógeno también. En particular las algas verde-azules tropicales fijan más nitrógeno que las especies de las zonas templadas. Recientemente, se han hallado endobacterias en las raíces de los pastos marinos, fijadoras de nitrógeno (Phillips y Meñez 1988).

7. Abundancia, biomasa y morfometría. A continuación se presentan las definiciones de los conceptos más importantes de este estudio. La abundancia de organismos es el número de individuos de una especie en un área determinada (Smith y Smith 2001). La biomasa es el peso de materia viva, usualmente expresada en términos de peso seco por unidad de área o volumen (Reid y Wood 1976). La biomasa en pie o standing crop es la cantidad de materia orgánica acumulada en determinado momento, en un sitio dado (Smith y Smith 2001). La morfometría de una especie de pasto marino consiste en las medidas del largo, ancho, área e índice de área foliar, de las hojas de cada planta individual o brote (Irlandi 2002). El concepto de índice de área foliar, según los ecólogos forestales, consiste en el área de superficie foliar proyectada por unidad de superficie del suelo. El índice de área foliar varía de un valor mínimo de 1 a un valor máximo de 5. Un índice de área foliar igual a 5 indica que la superficie foliar total es cinco veces mayor a la superficie de sustrato considerada. A su vez, un índice de área foliar igual a 1 indica que la superficie foliar total es igual a la superficie de sustrato considerada. La mayoría de los bosques cuya vegetación es densa presentan durante la época de crecimiento, un índice de área foliar igual o mayor a 5. El índice de área foliar está relacionado con el grado de aprovechamiento de la radiación solar (Kimmins 1987).

B. Justificación

El estudio y la evaluación de la salud de las praderas de pastos marinos fundamenta la conservación y el manejo sostenible de este tipo de ecosistemas. La conservación de los ecosistemas de pastos marinos está ligada a su importancia ecológica, recreacional y económica. En cuanto a la importancia ecológica de los pastos marinos, éstos se interrelacionan en forma estrecha con los ecosistemas de manglares y arrecifes coralinos. Asimismo conforman el área de forrajeo y la fuente de alimentación de especies en peligro y de atractivo recreacional, como el manatí (*Trichechus manatus*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*). En términos económicos, las praderas de pastos marinos son sitios de criadero de especies de peces comerciales.

Los ecosistemas de pastos marinos localizados en la zona costera del Atlántico guatemalteco, han sido objeto de escasos estudios. El ecosistema de pastos marinos en el área de Bahía La Graciosa es complejo y a su vez cumple diversas funciones vitales. Algunas de estas funciones son proveer alimento, en la forma de pastos marinos y epífitas, a organismos herbívoros como moluscos, erizos de mar, tortugas verdes y manatíes. Los detritos formados a partir de los pastos marinos son la base de comunidades de invertebrados que sostienen a su vez comunidades de peces, algunos de los cuales pueden ser de importancia económica. Se han realizado estudios en Dinamarca a este respecto (Phillips y Meñez 1988). Generalmente, las praderas de pastos marinos así como las áreas someras de manglares y de arrecifes

coralinos, son sitios criaderos de peces y de moluscos que luego pueden migrar a áreas más profundas en los arrecifes.

Los pastos marinos de Bahía La Graciosa cumplen la importante función de reducir la sedimentación en arrecifes coralinos cercanos, al sostener los sedimentos del sustrato por medio de un denso sistema de rizomas y raíces. A través de estudios científicos (Phillips y Meñez 1988), se ha determinado que los pastos marinos actúan como una barrera ante el oleaje, reduciendo la velocidad del agua y permitiendo así la resuspensión de materia orgánica dentro de los confines de las praderas. Este proceso permite el abastecimiento de nutrientes para este ecosistema.

Esta investigación se estructura en tres componentes distintos: composición comunitaria en las praderas de pastos marinos, biomasa de pastos marinos y macroalgas y, morfometría de *Thalassia testudinum*. A través del primer componente, se midió la composición comunitaria de pastos marinos y de otros organismos sésiles, *in situ*, por medio del método de Braun-Blanquet (Almada-Villela *et al.* 2003). Este procedimiento permitió realizar una descripción de la composición de las comunidades de pastos marinos en los dos sitios muestreados, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en Bahía La Graciosa.

Se cuantificó, como segundo componente, la biomasa de pastos marinos y macroalgas acompañantes, presentes en los dos sitios. El análisis de biomasa que se llevó a cabo en los períodos de menor y de mayor productividad, febrero y julio-agosto respectivamente, permitió una evaluación estática de la condición de las diferentes especies halladas en los dos sitios de muestreo.

Como tercer componente, se describió la morfometría (largo, ancho, área e índice de área foliar) de la especie *Thalassia testudinum*, en los dos sitios de muestreo. El análisis del ancho y del índice de área foliar de esta especie permitió evaluar el efecto de diferentes factores ambientales locales sobre estas características. Según Almada-Villela *et al.* (2003), *T. testudinum* es la especie dominante y clímax en la zona caribeña, lo cual confiere prioridad al análisis de la morfometría de esta especie.

C. Objetivos

Se estudiaron las comunidades de pastos marinos en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal: Punta Moreno y Cayo Santa Isabel. El estudio se llevó a cabo en tres épocas de muestreo: julio 2004, enero y agosto del 2005.

1. Objetivos generales

- a. Determinación de la composición comunitaria de pastos marinos y de otros organismos sésiles (*i.e.* algas, esponjas y corales) en las praderas de pastos marinos de Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en julio 2004, enero 2005 y agosto 2005.
- b. Cuantificación de la biomasa de pastos marinos y de macroalgas acompañantes, muestreados en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en julio 2004, enero 2005 y agosto 2005.
- c. Descripción de la morfometría de *Thalassia testudinum* de Punta Moreno y de Cayo Santa Isabel, en julio 2004, enero 2005 y agosto 2005.

2. Objetivos específicos

- a. Evaluación de la cobertura de pastos marinos y de otros organismos sésiles (*i.e.* macroalgas, esponjas y corales).
- b. Determinación de la abundancia relativa de las diferentes especies de pastos marinos, macroalgas, esponjas y corales.
- c. Cuantificación de la biomasa total y la biomasa por m.² de las especies de pastos marinos y de macroalgas muestreadas.
- d. Determinación y comparación de la biomasa de materia viva y la biomasa de materia muerta de pastos marinos, en los dos sitios a lo largo del estudio.
- e. Cuantificación de la biomasa total de la especie *T. testudinum*, respecto a los siguientes seis componentes: 1) hojas verdes; 2) hojas no verdes y brotes cortos; 3) rizomas vivos; 4) raíces vivas; 5) materia muerta; 6) materia viva.
- f. Evaluación de la dominancia de la especie *T. testudinum*, con base en los resultados de abundancia y biomasa de la misma.
- g. Comparación de las variables de morfometría (largo, ancho, área e índice de área foliar) de *T. testudinum* entre los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo.
- h. Relación entre las variables morfométricas de ancho e índice de área foliar y, las condiciones ambientales en los sitios estudiados.

II. MÉTODOS

La metodología de este trabajo está basada en la Metodología para Comunidades de Pastos Marinos, del Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Almada-Villela *et al.* 2003). El Proyecto del SAM adoptó el protocolo del CARICOMP (Caribbean Coastal and Marine Productivity), una metodología regional reconocida para el monitoreo de pastos marinos y manglares. El presente estudio se divide en tres componentes distintos: evaluación de la composición comunitaria de pastos marinos, cuantificación de la biomasa de pastos marinos y determinación de la morfometría de la especie *Thalassia testudinum*. Se trabajaron estos tres componentes para cada uno de los muestreos realizados.

A principios de julio del 2004, se realizó el primer viaje de campo, en el que se hizo el primer ensayo de la metodología. El segundo viaje de campo se llevó a cabo a finales de enero del 2005 y el tercero, en agosto del 2005. En los meses de enero-febrero se registran las temperaturas mínimas del año y, en los meses de julio-agosto las temperaturas máximas. Estos dos períodos de tiempo están relacionados con los lapsos de menor y mayor productividad de los pastos marinos.

Previo a los muestreos en cada sitio, se empleó una sonda multiparámetros HORIBA (modelo U-22XD, sensibilidad de ± 0.01) para medir diversos parámetros físicos y químicos del agua: pH, oxígeno disuelto (%), conductividad (siemens/metro), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (% o partes por mil), turbidez (unidades nephelométricas de turbidez) y sólidos disueltos totales (g/l). La radiación luminosa incidente sobre la superficie del agua se midió por medio de un luminómetro portátil (Triple Range Light Meter, General Electric), en unidades de candelas. Debido a que las mediciones de los parámetros fisicoquímicos no fueron confiables, no se incluyeron en el capítulo de Resultados.

A. Sitios de muestreo

Se seleccionaron dos sitios de muestreo representativos del área de Bahía La Graciosa (ver mapa en la Figura 1), con la ayuda de un GPS. El primer sitio se localiza en la Punta Moreno (N $15^{\circ} 51' 44.6''$, W $88^{\circ} 33' 31.7''$). El segundo sitio se ubica en el Cayo Santa Isabel (N $15^{\circ} 50' 21.8''$, W $88^{\circ} 30' 17.3''$). En cada sitio se escogieron dos estaciones de trabajo (*i.e.*, 2 réplicas) separadas por 10 metros como mínimo.

Los dos sitios de muestreo se localizan en la Bahía La Graciosa, una laguna costera somera, bordeada por comunidades de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). En Bahía La Graciosa se extienden praderas de pastos marinos, cuya especie predominante es *Thalassia testudinum*. Los pastos marinos

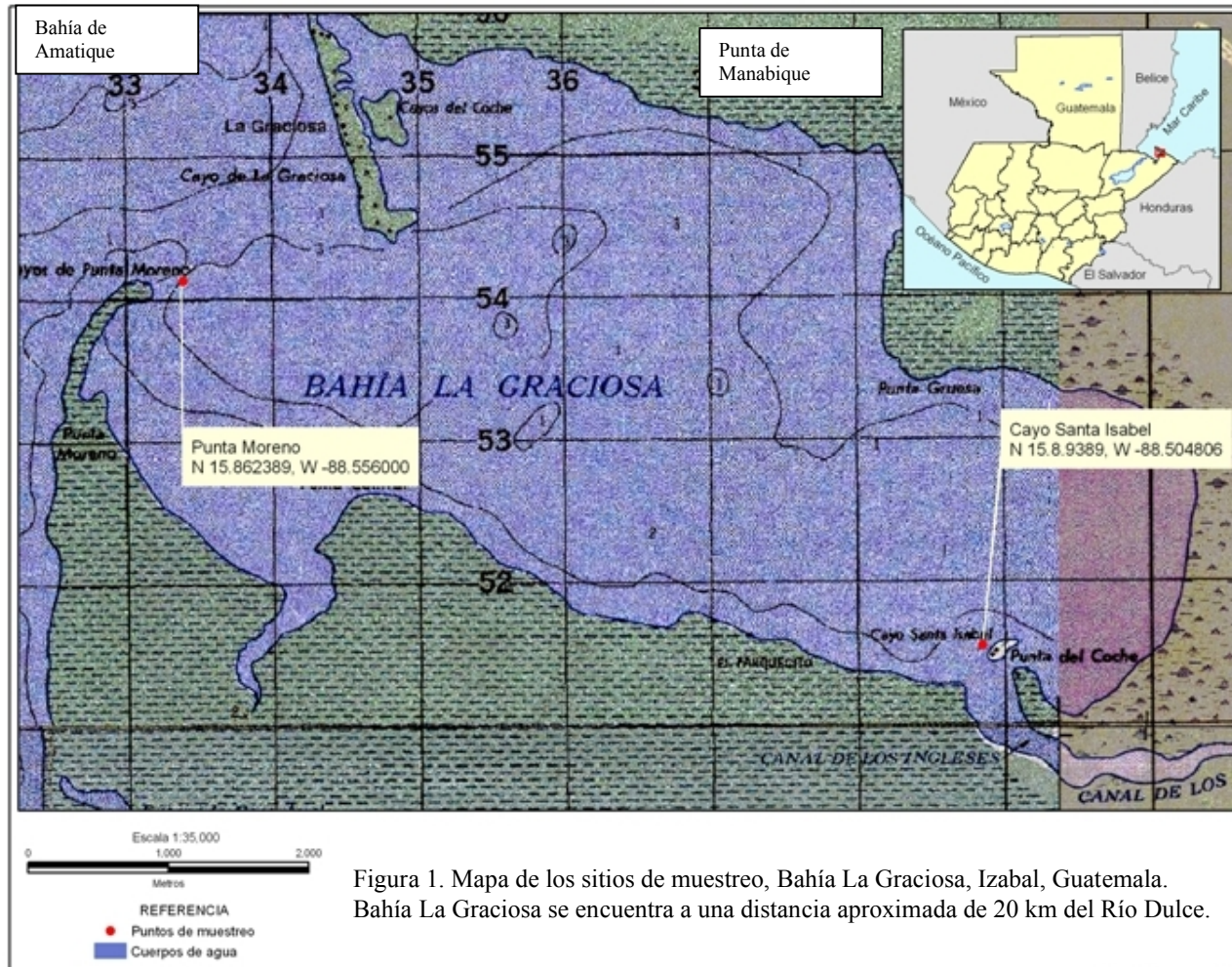


Figura 1. Mapa de los sitios de muestreo, Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Bahía La Graciosa se encuentra a una distancia aproximada de 20 km del Río Dulce.

ocupan la zona fótica que rodea la Bahía La Graciosa y que se extiende desde la línea costera hasta unos 500-1000 metros de distancia (Michot *et al.* 2002).

El tipo de sustrato difiere en la entrada a la bahía y en el interior de ésta: los sustratos de la entrada a la bahía, presentan características arenosas; este es el caso del sitio Punta Moreno. Los sustratos en el interior de la bahía, en sitios como Cayo Santa Isabel, suelen ser arcillosos y lodosos. La profundidad en la entrada a la bahía es de 1.5 metros en promedio y de 2 m en el interior. El cambio de mareas en esta área suele ser de un máximo de 1 metro (Arrivillaga 2000). En el sitio de Cayo Santa Isabel, el agua es de color oscuro, café rojizo, lo cual se debe a la producción de taninos por los manglares cercanos (Arrivillaga *com.pers.* 2004).

Existen diferentes fuentes de agua dulce que influyen en esta área. La principal fuente es el Río Dulce, cuya influencia se extiende en la Bahía de Amatique. La precipitación anual en Bahía La Graciosa también es importante. Algunos estudios indican que Bahía La Graciosa es un criadero de peces y macroinvertebrados, los cuales viabilizan la producción pesquera en el Atlántico guatemalteco (Arrivillaga 2000).

B. Medición de la composición comunitaria por medio de la cobertura y abundancia relativa de especies

La cobertura y abundancia relativa de especies de pastos marinos presentes en el área, así como de otras especies (*i.e.* algas verdes, algas pardas, algas rojas, algas filamentosas, esponjas o corales) fueron evaluadas *in situ* por el método de Braun Blanquet (Almada-Villela *et al.* 2003). Se midió la cobertura espacial relativa de cada especie en áreas de 0.25 m², delimitadas por cuadrantes de 0.5m x 0.5m. Un cuadrante está formado por cuatro tubos PVC unidos formando un cuadrado y perforados para poder sumergirse en agua (Ver Figura 2).

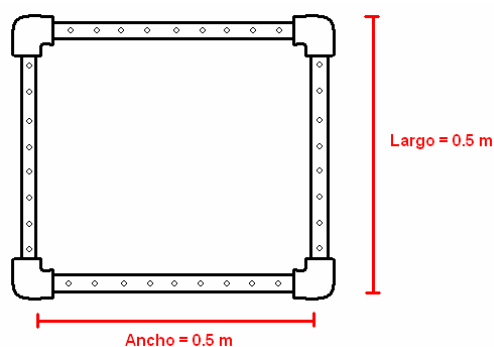


Figura 2. Diagrama de un cuadrante que delimita el área de medición de la cobertura espacial de las especies estudiadas.

En cada estación, se dejó caer el cuadrante al azar en cinco puntos distintos. En cada punto se estimó la cobertura espacial de las especies halladas en el espacio interno del cuadrante. Este método permitió realizar una evaluación rápida de la abundancia relativa de diversos organismos. La cobertura fue estimada por medio de las siguientes categorías: 0=ausencia de organismos, 1= 0-5%, 2=5-25 %, 3=25-50 %, 4=50-75% y 5=75-100% (modificado de Almada-Villela *et al.* 2003). Los datos de campo se registraron en tablas sumergibles para buceo y se emplearon asimismo caretas para realizar las observaciones. Los datos de cobertura de pastos marinos fueron entonces registrados en una hoja específica de toma de datos en el campo (Apéndice 2). Se evaluó la abundancia relativa de cada especie en los dos sitios, a partir de los datos de cobertura de la especie.

C. Cuantificación de la biomasa de pastos marinos y macroalgas

La cuantificación de biomasa se realizó por medio de muestreos de biomasa total y análisis posteriores de las muestras en el laboratorio. La biomasa de pastos marinos y macroalgas acompañantes está formada por el componente cosechable, el componente subterráneo y el componente total. Puede dividirse asimismo en los componentes de materia viva y materia muerta.

La biomasa cosechable en pastos marinos es la biomasa del brote corto, parte de cada planta individual que está por encima del sedimento. En el caso de la especie *Thalassia testudinum*, la biomasa cosechable se subdivide en las porciones de hojas verdes, brotes cortos y materia muerta (Ver Figura 4). La biomasa subterránea de los pastos marinos está constituida por la sección hallada por debajo del sedimento: rizomas y raíces. Finalmente, la biomasa total es la suma de la biomasa cosechable y de la biomasa subterránea.

1. Muestreo de pastos marinos y macroalgas acompañantes. Con el objeto de muestrear en praderas de pastos marinos, se empleó un nucleador o “extractor de núcleos”. Este consiste de un cilindro de PVC, de 80 cm de largo y de 15-20 cm de diámetro, con dos agarraderas a los lados y biselado en su parte inferior (Ver Figura 3). El nucleador consta asimismo de un tapón en la parte superior, el cual permite realizar un vacío y, de dos agarraderas largas a los lados del cilindro, con las cuales es maniobrado. El modo de empleo de este instrumento se describe en el Apéndice 1. El nucleador permitió extraer en las comunidades de pastos marinos muestras de pastos y macroalgas, incluyendo raíces y sedimentos más profundos. Se colectaron las muestras de biomasa necesarias, las cuales se guardaron en bolsas de plástico resellables y, se conservaron frías o congeladas. Por último, fueron transportadas en una hielera al congelador del laboratorio ubicado en la Universidad del Valle de Guatemala.

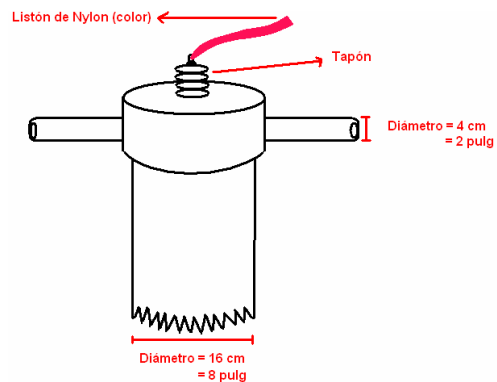


Figura 3. Diagrama de un nucleador o extractor de núcleos para obtener muestras en las comunidades de pastos marinos.

2. Trabajo de laboratorio. Cada muestra de biomasa de pastos marinos y macroalgas, se colocó en un recipiente con agua dulce, en donde se limpiaron los residuos de sedimento de las muestras. Previo a separar los pastos marinos y las microalgas colectadas, en diferentes porciones, se removieron las epífitas de las hojas en forma manual, con bisturís. Los pastos de la especie *Thalassia testudinum* se dividieron en las siguientes porciones: 1) hojas verdes; 2) hojas no verdes y brotes cortos; 3) rizomas vivos; 4) raíces vivas y 5) materia muerta (Ver Figura 4). Las muestras de otras especies de pastos marinos y de macroalgas muestreadas, no se separaron en porciones y se cuantificó la biomasa total respectiva.

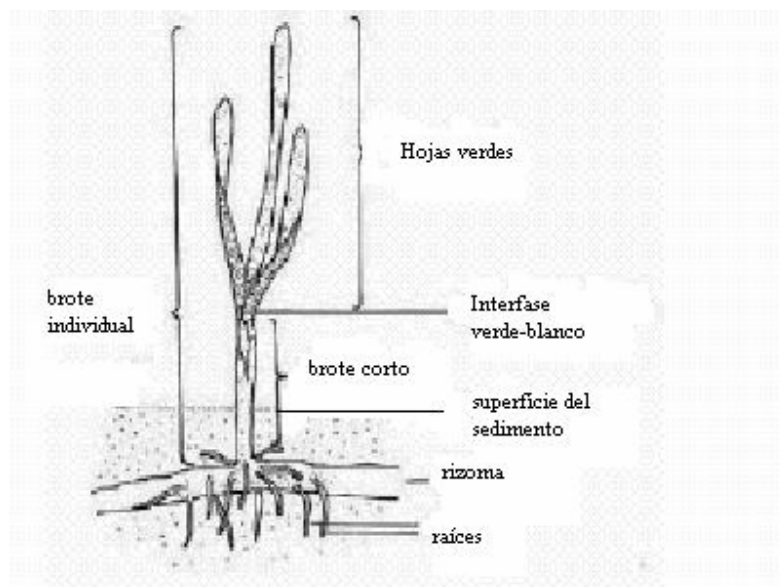


Figura 4. Diagrama de un brote individual de *Thalassia testudinum*; modificado de Almada-Villela *et al.* 2003.

Todas las porciones separadas de pastos marinos se colocaron en pedazos de papel aluminio, previamente pesados y etiquetados, y se secaron en un horno LAB-LINE (Modelo 3517) a una temperatura entre 60°C y 90°C, por un tiempo no mayor a tres semanas. En el transcurso del proceso de secado, las porciones se pesaron en forma repetida en una balanza analítica (con una precisión de centésimas de gramos), hasta alcanzar un peso constante. Se almacenaron las diferentes porciones en bolsas de papel para eventuales revisiones. Los datos de biomasa se registraron en un formato para el registro de biomasa de pastos marinos (Apéndice 5).

A partir de los datos obtenidos, se calculó la biomasa de materia viva y la biomasa de materia muerta de la especie *T. testudinum*. Asimismo se calculó la biomasa total y la biomasa por m² de cada una de las especies de pastos marinos y macroalgas. Posteriormente, se compararon los resultados de biomasa entre las diferentes especies muestreadas (*i.e.*, pastos marinos y macroalgas) y se compararon los resultados de biomasa entre los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo. Para su análisis e interpretación, se aplicó un análisis de varianza factorial (SPSS 1997), considerando dos factores (los sitios y las épocas de muestreo).

D. Determinación de la morfometría de *Thalassia testudinum*

En el campo, en cada uno de los sitios de muestreo, se colectaron al azar diez brotes individuales de la especie *Thalassia testudinum*. Se tuvo el debido cuidado de colectar estos brotes sin dañar las hojas o el brote corto. Los brotes colectados se colocaron en bolsas ziploc en forma individual. En el laboratorio se lavaron los brotes con agua dulce. Se procedió luego a separar las hojas del brote corto, identificando las hojas más jóvenes y las hojas más antiguas. La hoja más joven solía ser la más corta, la más verde, con un ápice redondeado, y carente de epífitas. A medida en que iba aumentando la longitud de las hojas y se observaba mayor cantidad de epífitas en la superficie, se identificaban las hojas más antiguas en el orden apropiado. Para fines prácticos, se numeraron las hojas de la más joven a la más antigua, siendo la hoja 1 la más joven y la hoja 5 ó 6, la más antigua. Se realizaron varias mediciones con estas hojas: se midió el largo total de la hoja en cm. y a 1 ó 2 cm. de la base, el ancho de la hoja en cm. En caso de que la hoja midiese menos de 2 cm. de largo, se midió el ancho en el centro de ésta.

A partir de los datos de largo y ancho de cinco hojas de cada brote, se calculó el área foliar y el índice de área foliar para cada brote individual. El índice de área foliar por m.² se calculó a partir del área foliar del conjunto de hojas de un brote y de la densidad de brotes vivos por m.² La densidad se obtuvo contando el número de brotes en cada núcleo de biomasa colectado (área de la base del núcleo: 0.02 m²). El conjunto de datos de morfometría fue registrado en un formato para el registro del índice de área foliar de *Thalassia testudinum* (Apéndice 4). Los datos de densidad de brotes son necesarios para el cálculo del índice de área foliar. En enero del 2005, se omitió la medición de la densidad de brotes de *Thalassia*

testudinum, por error de procedimiento, por lo que no fue posible obtener resultados del índice de área foliar de *T. testudinum* en esta época.

Con el objeto de obtener los datos de índice de área foliar, se utilizó una base de datos en Excel (2003). El índice de área foliar se calculó empleando una fórmula (ecuación 1). Asumiendo que la forma general de las hojas de *T. testudinum* es rectangular, el área foliar se obtuvo multiplicando el valor del largo de la hoja por el valor del ancho de la hoja.

$$IAF = \frac{\Sigma A \times B \times 0.0004}{10\ 0000} \quad (\text{ecuación no. 1})$$

En donde, ΣA = Suma del área foliar de todas las hojas de un brote; B = Número promedio de brotes por cuadrante. Se multiplicó el numerador por 0.0004, debido a que $1/250 = 4$, siendo 250 cm^2 el área de los cuadrantes empleados (ancho de 50 cm y largo de 50 cm). El área foliar se expresa en cm^2 y el índice de área foliar se expresa en m^2 de superficie foliar/ m^2 de superficie de fondo.

E. Determinación del porcentaje de humedad en *Thalassia testudinum*

Se determinó en forma aproximada, por diferencia entre peso húmedo y peso seco, el porcentaje de agua en los individuos de *Thalassia testudinum*. Se obtuvo el peso húmedo total y el peso seco total de la muestra de *T. testudinum* colectada en cada núcleo. Se calculó la diferencia entre peso húmedo total y peso seco total de *T. testudinum*, con lo que se obtuvo el peso de agua perdida durante el proceso de secado, para cada núcleo. A partir de este valor, se calculó un porcentaje de humedad del total del peso húmedo de *T. testudinum* en un núcleo.

F. Análisis estadístico

Los resultados de abundancia de las especies de pastos marinos se evaluaron por medio de la Prueba de Friedman, no paramétrica, para determinar si existían diferencias significativas en la abundancia de cada especie, entre los dos sitios de muestreo y, entre cada una de las épocas de muestreo. Los resultados de biomasa de cada especie de pasto marino estudiado, se analizaron en forma separada. Los resultados de biomasa de *Thalassia testudinum* se sometieron a una prueba F para evaluar la homogeneidad de las varianzas. Luego se evaluaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza factorial, con dos factores: sitios y épocas de muestreo. Haciendo uso del programa SPSS (1997), El

ANOVA factorial se aplicó a siete variables diferentes de biomasa: 1. hojas verdes; 2. brotes cortos; 3. rizomas; 4. raíces; 5. materia muerta; 6. biomasa viva y, 7. biomasa por m².

Se realizó inicialmente un ANOVA factorial con los datos de biomasa de hojas verdes y biomasa de rizomas de *T. testudinum*, los cuales sí cumplieron con las condiciones de esta prueba paramétrica. Debido a que los resultados de biomasa de brotes cortos, materia muerta, materia viva y biomasa por m², no cumplían con las condiciones de normalidad y de varianzas homogéneas del ANOVA, fueron transformados con la función de logaritmo de base 10. Se sometieron los datos transformados a la prueba F y, cumpliéndose las condiciones esperadas, se aplicó el ANOVA factorial a estos datos. Los análisis de varianza realizados permitieron concluir si existen diferencias significativas para cada variable entre los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo. Los valores originales de biomasa de raíces y los datos transformados de biomasa de raíces (por medio de las funciones de logaritmo o seno), no cumplían con las condiciones para un ANOVA, por lo que se analizó la varianza de estos resultados por medio de la prueba no paramétrica de Friedman.

Por medio un análisis multivariado de componentes principales, se evaluaron las posibles correlaciones entre ocho variables de biomasa consideradas (hojas verdes, brotes cortos, raíces, rizomas, materia muerta, biomasa viva, biomasa total, biomasa por m²). Los resultados de la biomasa de *Halophila baillonis* en el sitio Cayo Santa Isabel, se analizaron por medio de las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney con el objeto de evaluar las diferencias entre las épocas de muestreo.

Los resultados de morfometría de *Thalassia testudinum* (largo, ancho, área, e índice de área foliar) fueron sometidos a un análisis de varianza factorial, con el objeto de encontrar diferencias significativas entre los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo. Debido a un error de procedimiento, se colectó en cada muestreo un número variable de brotes individuales (5 ó 10), por lo que el número de réplicas en los resultados de morfometría no fue constante a lo largo del estudio. Por lo tanto, se decidió realizar el análisis estadístico, considerando 5 réplicas para cada una de las variables de morfometría. Por consiguiente, con cada una de las variables de morfometría y en cada muestreo, se aleatorizaron los datos por medio del programa Excel (2003) y se seleccionaron al azar 5 valores. De acuerdo con Zar (1974), cuando se realiza un ANOVA factorial de dos vías, en ausencia de un mismo número de réplicas en los distintos tratamientos, pueden removerse al azar las réplicas de más, lo cual conduce a un análisis confiable. A continuación y previo a los análisis de varianza, los resultados de morfometría fueron sometidos a una prueba F de varianzas homogéneas y, los resultados de índice de área foliar fueron transformados por medio de la función logarítmica.

III. RESULTADOS

A. Composición comunitaria en praderas de pastos marinos

Las únicas especies marinas identificadas en los sitios estudiados, fueron los pastos marinos *Thalassia testudinum* Banks ex König, *Halophila baillonis* Ascherson y, el alga verde *Penicillus capitatus* Lamarck.

1. Abundancia de *Thalassia testudinum*. *Thalassia testudinum* es la especie predominante de las praderas de pastos marinos de Bahía La Graciosa. Se hallaron diferencias en la abundancia de *Thalassia testudinum* entre los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo (ver Cuadro 1). Se determinó que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre la abundancia de *Thalassia testudinum* en Punta Moreno y la abundancia de esta especie en Cayo Santa Isabel, en todas las épocas de muestreo ($X^2=3.1154$, $P<0.1$). La abundancia de *Thalassia testudinum* fue, a lo largo del estudio, mayor en Punta Moreno que en Cayo Santa Isabel (ver Figura 5 y Apéndice 6). A partir del análisis factorial de Friedman del conjunto de resultados de la abundancia de *Thalassia testudinum*, se infirió que existe una diferencia estadísticamente significativa en la abundancia de *Thalassia testudinum* entre las épocas julio 2004, enero 2005, agosto 2005, en los dos sitios muestreados ($X^2=20.575$, $P<0.05$).

Sitio	Punta Moreno		Cayo Santa Isabel	
	Mediana	Rango de cobertura(%)	Mediana	Rango de cobertura(%)
1) Jul-04	5	75-100	3	25-50
2) Ene-05	5	75-100	2	5-25
3) Ago-05	2	5-25	1	0-5

Cuadro 1. Medianas de los rangos de abundancia de *Thalassia testudinum* y sus rangos de cobertura en porcentajes, en los dos sitios y en las tres épocas de muestreo; n=8 en los muestreos de julio 04 y enero 05 y, n=10 en el muestreo de agosto 05.

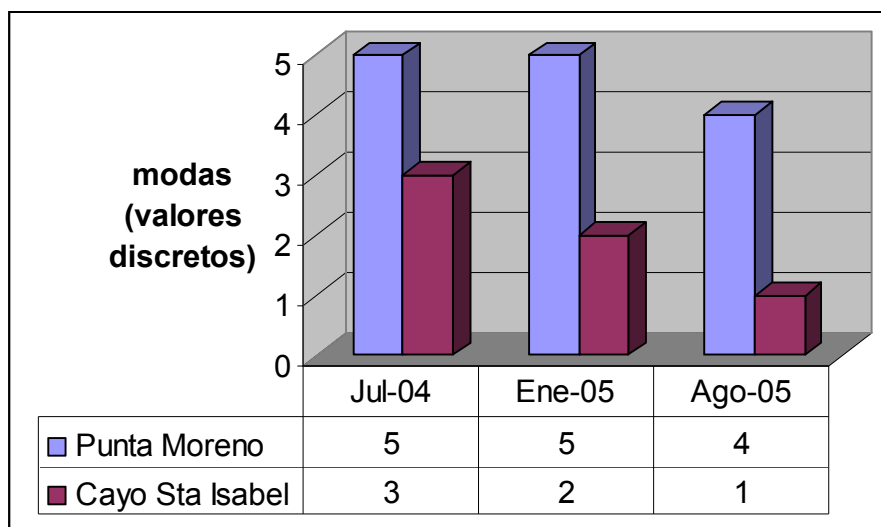


Figura 5. Valores modales de la abundancia de *Thalassia testudinum* en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo. Con base en el análisis factorial de Friedman de los datos de abundancia de esta especie, las diferencias entre los sitios son estadísticamente significativas ($P < 0.1$) así como las diferencias entre las épocas de muestreo ($P < 0.05$).

De julio del 2004 a agosto del 2005, se observó una reducción progresiva de la abundancia de *Thalassia testudinum*, en los dos sitios muestreados. La abundancia de esta especie es significativamente mayor en julio del 2004 que en enero 2005, lo cual se confirmó por medio de la prueba de Mann Whitney ($T=110$, $P < 0.05$). La abundancia de esta especie fue mayor en enero del 2005 que en agosto de este mismo año.

2. Abundancia de *Halophila baillonis*. La especie *Halophila baillonis* fue hallada y muestreada únicamente en el sitio de Cayo Santa Isabel (Ver Apéndice 7). En el Cuadro 2, se muestran los valores modales de la abundancia de *Halophila baillonis* en este sitio. Se observó que la abundancia de esta especie fue comparable en julio del 2004 y en agosto del 2005, ambos meses correspondiendo a la época lluviosa. A su vez, se observó la mayor abundancia de esta especie en enero del 2005, en la época seca de este año (ver Figura 6). Sin embargo, el análisis estadístico de los resultados por medio de la prueba de Friedman, indicó que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la abundancia de *Halophila baillonis* entre las diferentes épocas de muestreo ($X^2 = -173.35$; $P > 0.05$).

Epoca	Moda	Rango de cobertura (%)
1) julio 04	2	5-25
2) enero 05	3	25-50
3) agosto 05	2	5-25

Cuadro 2. Valores modales de la abundancia de *Halophila baillonis* y rangos de cobertura asociados (en porcentaje) en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo.

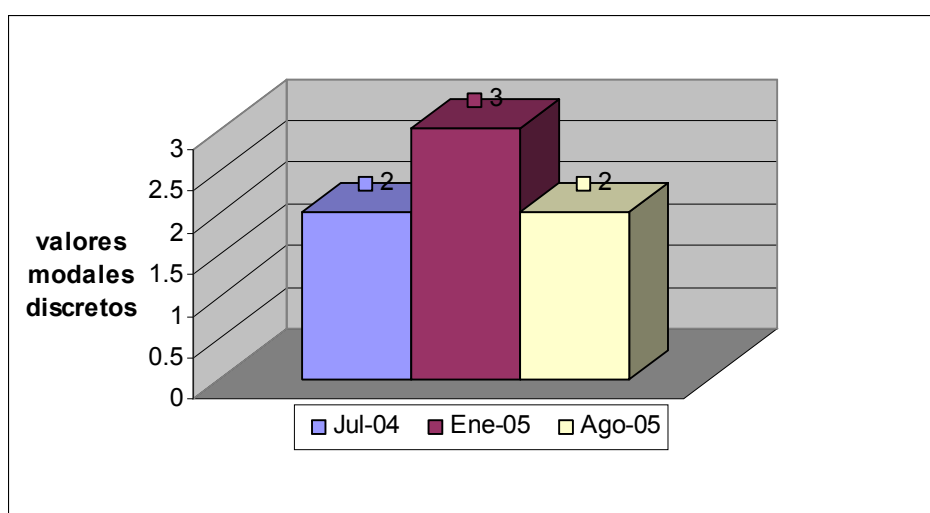


Figura 6. Valores modales de abundancia de *Halophila baillonis* en Cayo Sta Isabel, según la época de muestreo. La diferencia entre épocas no es significativa con base en la prueba de Friedman ($X^2 = -173.35$; $P > 0.05$).

Los rangos de abundancia de *Halophila baillonis* fueron siempre nulos en Punta Moreno. Existe por ende una diferencia estadísticamente significativa en la abundancia de *Halophila baillonis* entre Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo. Esta observación fue comprobada por un análisis factorial de Friedman ($X^2 = 242.92$; $P < 0.05$).

3. Abundancia de algas, esponjas y corales

a. Abundancia de *Penicillus capitatus*. En el sitio Cayo Santa Isabel, se identificó una población de macroalgas verdes de la especie *Penicillus capitatus*. Esta especie fue observada únicamente en Cayo Santa Isabel, en el primer muestreo de julio del 2004. A partir de este muestreo, se obtuvieron ocho réplicas del rango de abundancia de *Penicillus capitatus* (Ver Apéndice 8). La abundancia de esta especie fue limitada: la moda de los rangos de abundancia fue de 1 (0-5% de porcentaje de cobertura; ver Cuadro

3). No se hallaron, a lo largo del estudio, muestras de *Penicillus capitatus* en los núcleos de biomasa colectados en Cayo Santa Isabel, por lo tanto no fue posible cuantificar la biomasa de esta especie.

Réplica no.	Rango de abundancia	Rango de cobertura (%)	Observaciones
1	1	0-5	Organismo solitario
2	1	0-5	
3	1	0-5	
4	1	0-5	
5	2	5-25	
6	1	0-5	Organismo solitario
7	2	5-25	
8	2	5-25	

Cuadro 3. Rangos de abundancia de *Penicillus capitatus* y rangos de cobertura asociados (en porcentajes) en julio del 2004, en Cayo Santa Isabel.

b. Abundancia de microalgas epífitas, esponjas y corales. Se hallaron microalgas pardas, rojas y calcáreas epífitas distribuidas sobre las hojas de los pastos marinos, en los dos sitios de muestreo. La abundancia de epífitas indica un nivel alto de nutrientes, particularmente nitrógeno, en el cuerpo de agua (Valiela 1995). No se cuantificaron las microalgas epífitas en los muestreos realizados.

Ocasionalmente se observaron en el campo, esponjas y corales formando parte de la comunidad de pastos marinos. Sin embargo no se identificó la presencia de estos organismos en los cuadrantes empleados para medir la composición comunitaria ni en los núcleos obtenidos para medir biomasa. Es posible que se requiera un muestreo con una mayor distribución espacial, para poder describir cuantitativamente estos grupos de organismos.

B. Biomasa de pastos marinos

1. Biomasa promedio de pastos marinos. No se hallaron muestras de macroalgas marinas en los núcleos colectados en los muestreos, por lo tanto no se obtuvieron resultados de biomasa de macroalgas. Las únicas especies de pastos marinos halladas y muestreadas en los sitios estudiados, fueron *Thalassia testudinum* y *Halophila baillonis*, como se indicó en los resultados de abundancia. En Cayo Santa Isabel, se muestrearon ambas especies mientras que en Punta Moreno se muestreó únicamente *Thalassia testudinum*. Se observó una diferencia estadísticamente significativa en la biomasa (por m²) de *Thalassia testudinum* entre los dos sitios, en las tres épocas de muestreo (de acuerdo con el análisis de varianza factorial realizado, $P=0.000<0.05$). La biomasa de *Halophila baillonis* en Cayo Santa Isabel, fue en toda época

muy reducida por lo que no fue técnicamente posible separar esta biomasa en diferentes componentes. Se presentan, en el Cuadro 4, los resultados de la biomasa por m² de *Thalassia testudinum* y *Halophila baillonis*, en los dos sitios y en las tres épocas.

Sitio	Punta Moreno		Cayo Santa Isabel	
	TT	HB	TT	HB
1	1516.02	0	236.07	12.31
2	1109.33	0	102.36	38.18
3	1676.37	0	292.04	0.37

Cuadro 4. Biomasa promedio (g peso seco.m⁻²) de *Thalassia testudinum* (TT) y *Halophila baillonis* (HB), en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo. Época 1: julio 2004; época 2: enero 2005; época 3: agosto 2005.

Es importante resaltar que, a lo largo de este estudio, en Punta Moreno, se observó la mayor biomasa (por m²) de *Thalassia testudinum* y la ausencia de *Halophila baillonis*. En Cayo Santa Isabel, la diferencia entre la biomasa de ambas especies fue muy amplia y variada: en julio del 2004, la biomasa de *Thalassia testudinum* fue cerca de 20 veces mayor a la de *Halophila baillonis*, en enero del 2005, tres veces mayor y, en agosto del 2005, 790 veces mayor.

2. Biomasa total de *Halophila baillonis* en Cayo Santa Isabel. A partir de los núcleos colectados en el sitio de Cayo Santa Isabel, se determinaron los siguientes valores de biomasa total promedio de *Halophila baillonis*: 0.2475 g en julio del 2004, 0.7675 g en enero del 2005 y 0.0075g en agosto del 2005 (Ver Apéndice 10). El análisis de los datos brutos de biomasa total de *Halophila baillonis* en Cayo Santa Isabel, por la prueba de Kruskal-Wallis (H= 6.95; p<0.05) indicó que sí hay una diferencia estadísticamente significativa en los resultados hallados en cada una de las épocas de muestreo (Figura 7). Se determinó la mayor biomasa total de *Halophila baillonis*, en enero del 2005. La biomasa total de *Halophila baillonis* fue mayor en esta época que en julio del 2004. De acuerdo con la prueba de Mann-Whitney, esta diferencia es significativa (T=1; p<0.05). Con la misma prueba se demostró que la biomasa total de *Halophila baillonis* en enero del 2005, fue también muy superior al resultado determinado en agosto del 2005 (T=2.2; p<0.05).

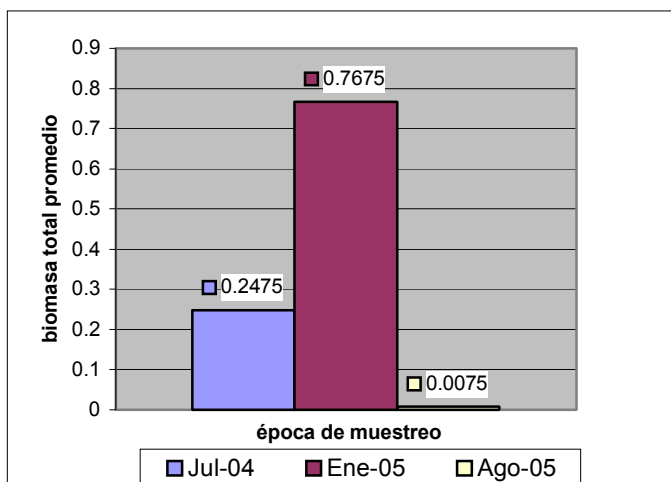
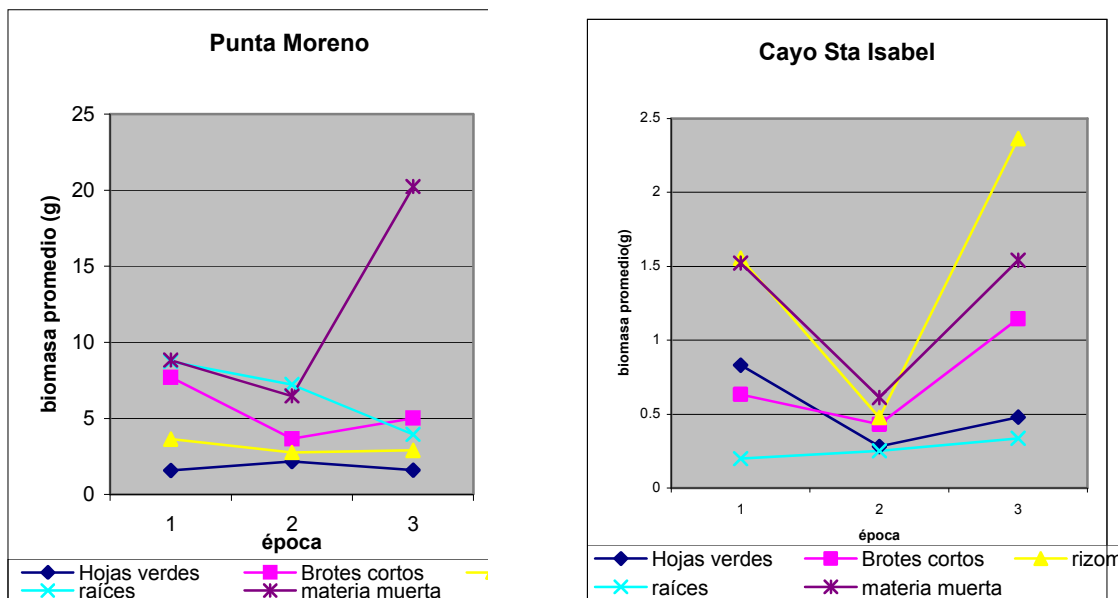


Figura 7. Biomasa total promedio (g de peso seco) de *Halophila baillonis* en los núcleos colectados en Cayo Santa Isabel. La diferencia entre épocas es significativa en base a la prueba de Mann-Whitney (julio-04 vs enero 05; $T=1$, $P<0.05$; enero-05 vs agosto 05; $T=2.2$, $P<0.05$).

3. Biomasa de los componentes de *Thalassia testudinum* en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel. La biomasa promedio de *T. testudinum* fue de 1434 g/m², a lo largo de este estudio. A continuación se presentan los resultados de biomasa de cada uno de los componentes seleccionados de *Thalassia testudinum*, en las tres épocas de muestreo, en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel (Ver Cuadro 5 y Apéndice 9). La evolución de la biomasa de cada componente de *Thalassia testudinum* se presenta en la Figura 8. Asimismo, se determinaron porcentajes de humedad elevados en el conjunto de plantas de *T. testudinum* colectadas en los núcleos de biomasa. Los porcentajes de humedad estuvieron comprendidos entre 87.39% y 89.92% (Ver Cuadro 5 y Apéndice 11).

Sitio	Pta. Moreno			Cayo Santa Isabel		
	1	2	3	1	2	3
Variable / época						
Hojas verdes (g)	1.584	2.1675	1.595	0.8325	0.2825	0.48
Brotos cortos (g)	7.69	3.67	5.01	0.635	0.4325	1.145
Rizomas (g)	3.646	2.76	2.9175	1.555	0.4775	2.365
Raíces (g)	8.734	7.22	3.9475	0.2	0.2525	0.3375
materia muerta(g)	8.818	6.48	20.225	1.5225	0.6125	1.5425
biomasa viva (g)	21.654	15.8175	13.47	3.2225	1.445	4.3275
biomasa total (g)	30.472	22.2975	33.695	4.745	2.0575	5.87
g/m ²	1516.02	1109.33	1676.37	236.07	102.36	292.04
Humedad (%)	47.94	87.74	89.71	87.39	88.68	89.92

Cuadro 5. Biomasa promedio (g peso seco) de los componentes de *Thalassia testudinum*, biomasa por m² y porcentaje de humedad, en los núcleos colectados en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel, en las tres épocas de muestreo. Época 1: julio 2004; época 2: enero 2005; época 3: agosto 2005.



A)

B)

Figura 8. Biomasa promedio (peso seco en g) de los diferentes componentes de *Thalassia testudinum*, en los tres muestreos realizados en Punta Moreno (A) y en Cayo Santa Isabel (B).

El rango de biomasa promedio de los diferentes componentes de *Thalassia testudinum* fue de 0 a 20.2 g en Punta Moreno y de 0 a 2.4 g. Se observó una diferencia marcada en los niveles de biomasa de *T. testudinum*, entre Punta Moreno y Cayo Santa Isabel (Figura 8). De acuerdo con los análisis estadísticos realizados (ANOVA factorial y Prueba de Friedman con los datos de biomasa de raíces), la variabilidad de la biomasa de todos los componentes de *Thalassia testudinum* está asociada a los sitios de muestreo (Ver Cuadro 6 y Apéndice 3). Existe una diferencia estadísticamente significativa en la biomasa de hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, materia muerta, materia viva y biomasa (por m²), entre Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo ($p < 0.05$ en todos los análisis de ANOVA y de Friedman). La biomasa de estos componentes de *Thalassia testudinum* fue mayor en Punta Moreno que en Cayo Santa Isabel, a lo largo del presente estudio. Estos resultados se ilustran en la Figura 9.

La variabilidad de la biomasa de la mayoría de los componentes de *Thalassia testudinum* (exceptuando la biomasa de materia muerta) no está relacionada con las épocas de muestreo, en ambos sitios, de acuerdo con los análisis de varianza realizados ($p > 0.05$; ver Cuadro 6 y Apéndice 3).

La biomasa de materia muerta, a diferencia del resto de variables de biomasa, mostró un aumento significativo en Punta Moreno en agosto 2005 (última época de muestreo), siendo en esta época mayor que

la biomasa de materia viva. En Cayo Santa Isabel, la biomasa de materia muerta varió significativamente entre las tres épocas de muestreo pero mostró una tendencia similar a las demás variables de biomasa.

Criterio	Diferencias significativas		Interacción
	Entre sitios	Entre épocas	Sitios:épocas
Hojas verdes	Sí	No	No
Brotos cortos	Sí	No	No
Rizomas	Sí	No	No
Raíces	Sí	No	No
Materia muerta	Sí	Sí	No
Materia viva	Sí	No	No
Biomasa total (por m ²)	Sí	No	No

Cuadro 6. Resumen de los análisis estadísticos (ANOVA y Friedman) de los diferentes componentes de biomasa de *T. testudinum*.

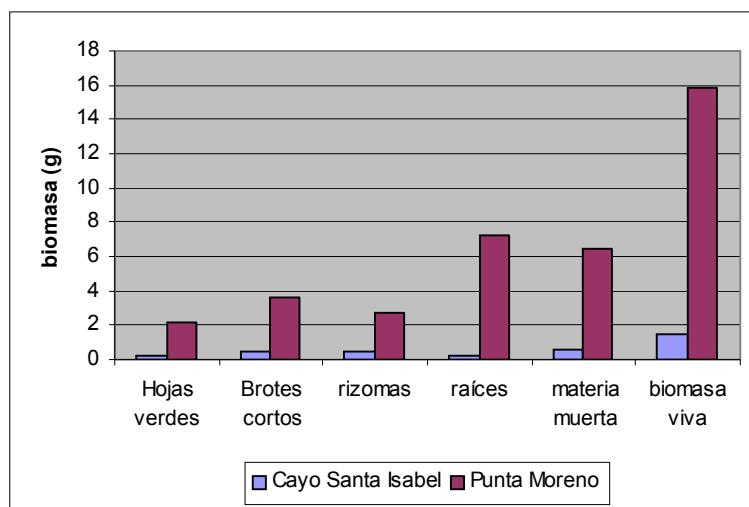


Figura 9. Biomasa de diferentes componentes de *Thalassia testudinum* en los núcleos colectados en Cayo Santa Isabel y en Punta Moreno, en enero del 2005.

4. Materia viva y materia muerta de *T. testudinum*. Se obtuvieron resultados de biomasa de materia muerta y biomasa de materia viva de los dos sitios y en las tres épocas de muestreo. A partir de estos datos se calcularon los porcentajes de materia viva y materia muerta en los núcleos de biomasa procesados a lo largo de este estudio (Ver Apéndice 13).

La proporción de materia viva y de materia muerta, en los diferentes muestreos realizados permaneció relativamente constante de julio del 2004 a agosto del 2005. El porcentaje de materia viva se mantuvo cercana al 70% de la biomasa total y el porcentaje de materia muerta cercano a un 30%. Este equilibrio se rompió con la excepción del muestreo de agosto del 2005 en Punta Moreno, cuando el porcentaje de materia viva fue inferior al porcentaje de materia muerta (32% y 68% respectivamente; Ver Cuadro 7). De acuerdo con los análisis de varianza realizados, la biomasa de materia viva no difirió significativamente entre las épocas de muestreo ($p>0.05$). Por otra parte, la biomasa de materia muerta de *Thalassia testudinum* sí difirió significativamente en función de la época de muestreo ($p<0.05$; ver Apéndice 3). En ambos sitios, estas variables muestran una tendencia conjunta a reducirse en enero del 2005, que puede no ser despreciable (Figura 10).

Época	Sitio	Porcentaje de materia muerta (%)	Porcentaje de materia viva (%)
jul-04	PM	27.9	72.1
	CY	29.2	70.8
ene-05	PM	30.2	69.8
	CY	32.6	67.4
ago-05	PM	68	32
	CY	26.4	73.6

Cuadro 7. Porcentajes promedio de materia viva y materia muerta de *Thalassia testudinum*, en los dos sitios y en las tres épocas de muestreo. PM: Punta Moreno; CY: Cayo Santa Isabel.

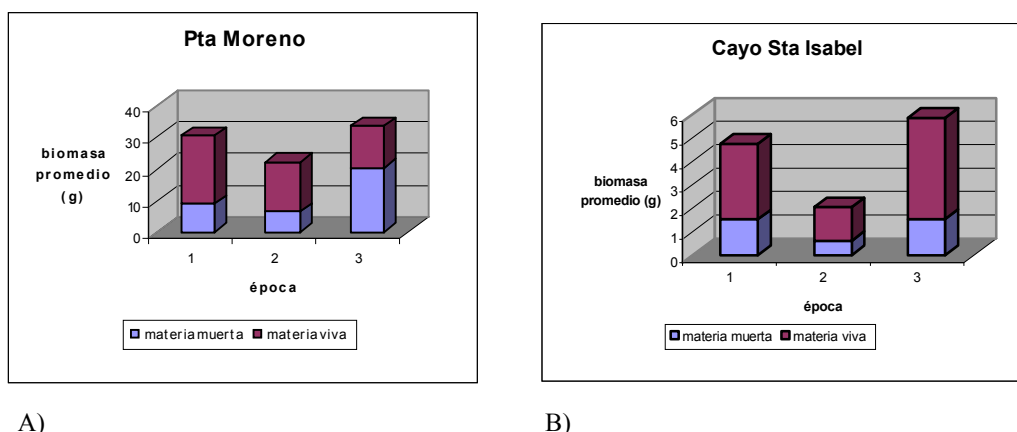


Figura 10. Biomasa promedio (peso seco en g) de la materia viva, materia muerta y biomasa total de *Thalassia testudinum*, en los tres muestreos realizados en Punta Moreno (A) y en Cayo Santa Isabel (B). Época 1: julio 04, época 2: enero 05, época 3: agosto 05.

5. Correlaciones en la biomasa de los componentes de *Thalassia testudinum*. Se evaluaron las posibles correlaciones entre las ocho diferentes variables de biomasa de *Thalassia testudinum* (biomasa de hojas verdes, de brotes cortos, de rizomas, de raíces, de materia muerta, biomasa viva, biomasa total y biomasa por m²). A través de un análisis multivariado de componentes principales, se determinó una correlación más cercana entre siete de las variables consideradas. La biomasa de hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, biomasa viva, biomasa total y biomasa por m² presentan una correlación positiva muy alta. Una sola variable difiere significativamente del resto: la biomasa de la materia muerta. Por lo tanto la determinación de las siete variables de biomasa más correlacionadas entre sí, generó datos redundantes. En la Figura 11 (página 27), se observa una mayor cercanía entre siete variables: hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, biomasa viva, biomasa total y biomasa por m²; mientras que la variable de biomasa de materia muerta se separa significativamente del resto.

C. Morfometría de *Thalassia testudinum*

1. Determinación de la morfometría de *Thalassia testudinum*. Se determinó el largo foliar, ancho foliar, área foliar e índice de área foliar en los brotes de *Thalassia testudinum* colectados en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, a lo largo del estudio. En el Cuadro 8, aparecen los resultados promedio de largo (cm), ancho (cm), área foliar (cm²), densidad de brotes (por m²) e índice de área foliar (IAF) de *Thalassia testudinum*. En el Cuadro 9, se presenta un resumen de los análisis de varianza de los resultados de morfometría. Los datos brutos de cada una de las características morfométricas de *Thalassia testudinum*, mostraron una amplia variabilidad y dispersión (Ver Apéndice 12).

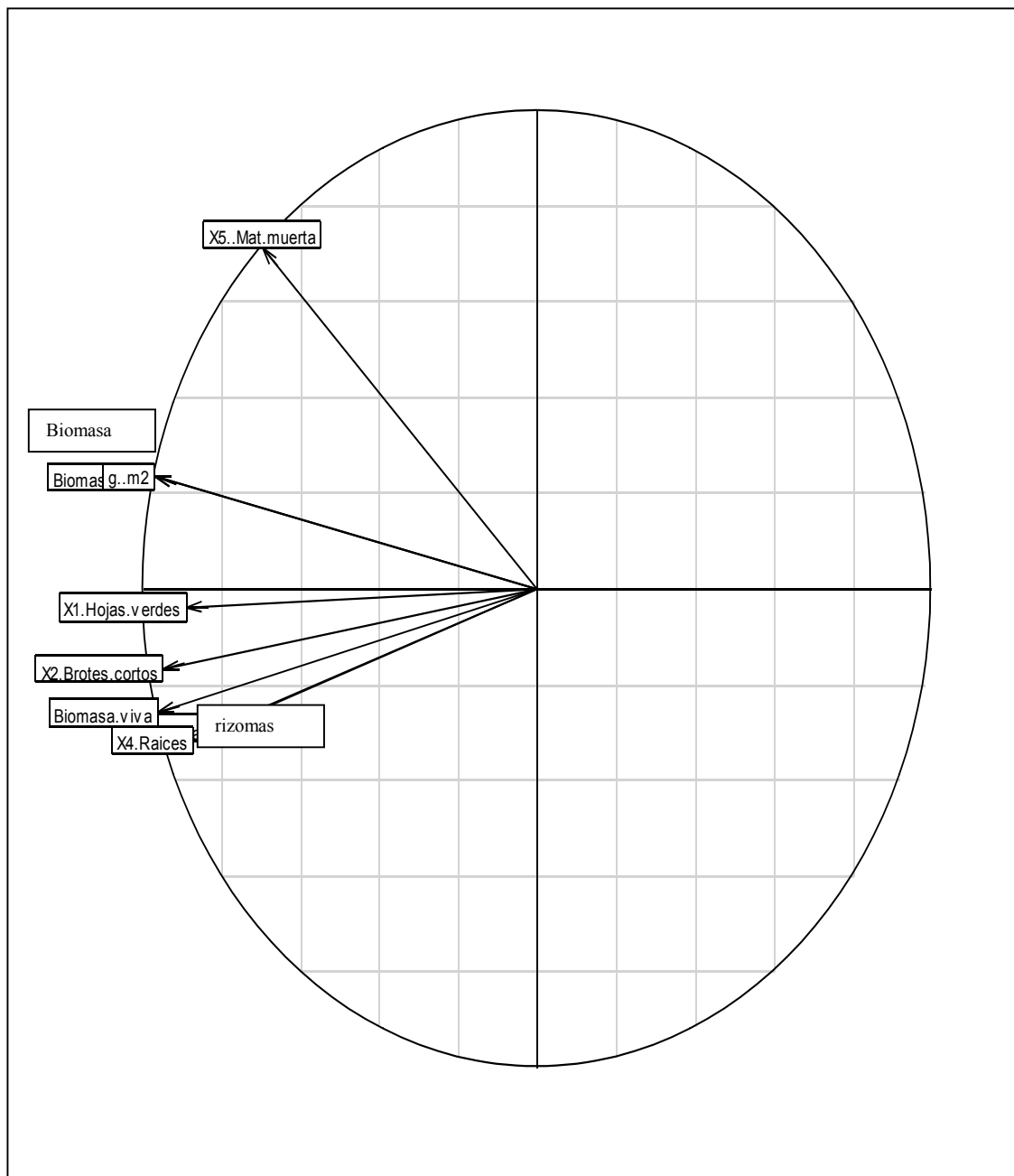


Figura 11. Diagrama resultante del análisis multivariado de componentes principales; ilustra el grado de correlación entre los siguientes componentes (en orden descendente): materia muerta, biomasa total, biomasa por m² (g/ m²), hojas verdes, brotes cortos, biomasa viva, rizomas y raíces. Se realizó el análisis multivariado de componentes principales por medio del programa SPSS para Windows (1997).

Variable	época	Punta Moreno	Cayo Santa Isabel
largo hojas (cm)	jul-04	18,2	17
	ene-05	11,2	17,3
	ago-05	13,3	21,6
ancho hojas (cm)	jul-04	0,8	0,6
	ene-05	0,9	0,7
	ago-05	0,8	0,6
área hojas (cm ²)	jul-04	15,1	11
	ene-05	10,9	10,9
	ago-05	10,6	14,2
densidad brotes (brotes/m ²)	jul-04	1914,8	432,7
	ene-05	***	***
	ago-05	1641,3	1079,3
IAF promedio	jul-04	12,5	2,4
	ene-05	***	***
	ago-05	7	6,8

Cuadro 8. Promedios de diferentes variables (largo, ancho, área e índice de área foliar (IAF)) en hojas de *Thalassia testudinum* y, densidad de brotes por núcleo, en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo. El índice de área foliar es adimensional; $\alpha=0.05$. *** no se obtuvieron datos.

Criterio	Diferencias significativas		Interacción
	Entre sitios	Entre épocas	Sitios:épocas
Largo foliar	Sí	No	No
Ancho foliar	Sí	No	No
Área foliar	No	No	No
IAF	Sí	No	Sí

Cuadro 9. Resumen de los análisis de varianza de los datos de morfometría de *Thalassia testudinum* (largo, ancho, área e índice de área foliar); $\alpha=0.05$.

La morfometría de *Thalassia testudinum* difirió mayormente entre los sitios de muestreo. Los resultados de largo foliar, ancho foliar e índice de área foliar presentaron diferencias significativas entre los dos sitios de muestreo, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, de acuerdo con los análisis de varianza realizados ($p<0.05$ para los tres parámetros; ver Figuras 12, 13 y 15). El largo foliar fue significativamente mayor en Cayo Santa Isabel que en Punta Moreno en enero del 2005 y en agosto del 2005 (Figura 12). El ancho foliar fue menor en Cayo Santa Isabel que en Punta Moreno, en las tres épocas de muestreo (Figura 13). El área foliar no difirió significativamente entre los dos sitios de muestreo (Figura 14).

Por otra parte, no se hallaron diferencias significativas entre las tres épocas de muestreo, respecto al largo, al ancho y al área foliar (Figuras 12, 13 y 14). El índice de área foliar no difirió entre las épocas de julio 2004 y agosto 2005.

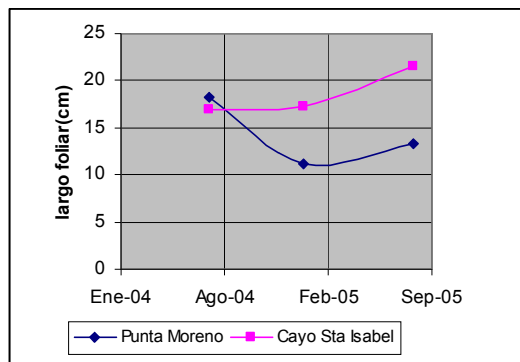


Figura 12. Variación del largo foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005. Existe una diferencia estadísticamente significativa en el largo foliar de los dos sitios de muestreo según los resultados del ANOVA ($P < 0.05$).

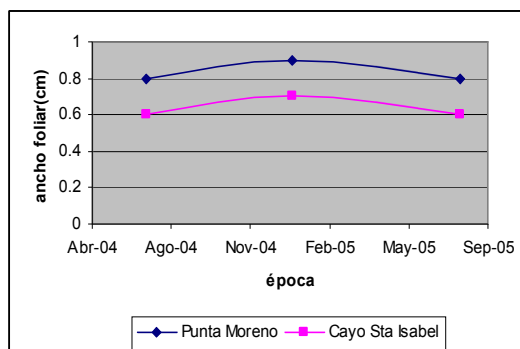


Figura 13. Variación del ancho foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005. Existe una diferencia estadísticamente significativa en el ancho foliar entre los dos sitios de muestreo según los resultados del ANOVA ($P < 0.05$).

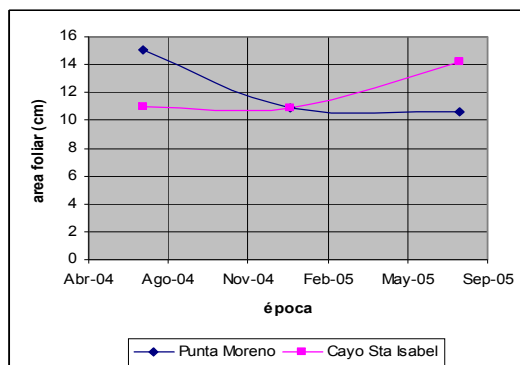


Figura 14. Variación del área foliar promedio en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, de julio del 2004 a agosto del 2005. No existe una diferencia estadísticamente significativa en el área foliar de los dos sitios y entre las tres épocas de muestreo, según los resultados del ANOVA ($P > 0.05$).

2. Determinación del Índice de Área Foliar de *Thalassia testudinum*. Se obtuvieron resultados de índice de área foliar en dos muestreos únicamente: en julio del 2004 y en agosto del 2005, debido a que la densidad de brotes de *Thalassia testudinum* se midió solamente en estas dos épocas (Ver Apéndice 12). La variación del índice de área foliar promedio de julio del 2004 a agosto del 2005, en los dos sitios de muestreo, se muestra en la Figura 15.

De acuerdo con el análisis de varianza de los resultados de índice de área foliar de *Thalassia testudinum*, existe una posible interacción entre los efectos de los sitios y de las épocas sobre este parámetro ($P= 0.003501 < 0.05$; ver Figura 15). Asimismo existe una diferencia estadísticamente significativa en el índice de área foliar de los dos sitios de muestreo ($P= 7.42 \cdot 10^{-5} < 0.05$).

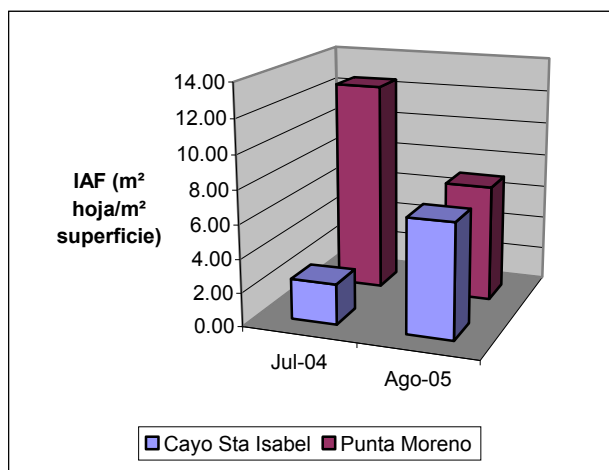


Figura 15. Variación del promedio de índice de área foliar de *Thalassia testudinum* de julio del 2004 a agosto del 2005, en Punta Moreno y Cayo Santa Isabel. Existe una posible interacción entre los efectos de los sitios y las épocas, de acuerdo con el análisis de varianza realizado ($P= 0.003501 < 0.05$) y existe una diferencia estadísticamente significativa entre los sitios de muestreo.

IV. DISCUSIÓN

A. Dominancia de *Thalassia testudinum*

A través de los elevados resultados de abundancia y biomasa de *Thalassia testudinum* en los dos sitios, a lo largo del este estudio, se determinó y se corroboró que esta especie domina las comunidades de pastos marinos en Bahía La Graciosa, particularmente en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel. *T. testudinum* es la especie dominante en las bahías y estuarios del Golfo de México y del Caribe (Hartog 1970, en Gacia 1999). Michot *et al.* (2002) confirmó la dominancia de *T. testudinum* en la costa atlántica de Honduras y Guatemala, al hallar individuos de esta especie en todos los núcleos de biomasa colectados. De la misma manera, en este estudio, se hallaron y se colectaron individuos de *Thalassia testudinum* en todos los núcleos de biomasa.

A lo largo de este estudio y en los dos sitios de muestreo, la abundancia y la biomasa de *Thalassia testudinum* fue mayor a las correspondientes variables de *Halophila baillonis*. La especie *H. baillonis* no fue hallada en ambos sitios a diferencia de *T. testudinum*. La diferencia en el estatus de las dos especies puede apreciarse mejor en los resultados de biomasa por m². Con base en este conjunto de resultados, la biomasa por m² de *T. testudinum* fue más de tres veces mayor a la biomasa por m² de *H. baillonis*. Por lo tanto, *Thalassia testudinum* es la especie dominante en los sitios Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en Bahía La Graciosa. El estudio de Michot *et al.* (2002) llegó a la misma conclusión: *T. testudinum* fue la especie dominante en términos de frecuencia de ocurrencia y porcentaje de cobertura, en todos los transectos realizados en Pta Manabique, Bahía La Graciosa y otros sitios del caribe hondureño. De acuerdo con Michot *et al.* (2002), la riqueza de especies de pastos marinos es reducida en esta área.

B. Análisis de la abundancia, biomasa, morfometría y porcentaje de humedad de *Thalassia testudinum*

1. Abundancia, biomasa y morfometría de *Thalassia testudinum*: diferencias entre los sitios Punta Moreno y Cayo Santa Isabel. Los resultados de abundancia, biomasa y morfometría de *Thalassia testudinum* (con la excepción de área foliar) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sitios de muestreo, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, en cada una de las épocas de muestreo (Ver Cuadros 1,4, 6 y 9). La abundancia y la biomasa de *Thalassia testudinum* fueron mayores en Punta Moreno que en Cayo Santa Isabel, a lo largo de este estudio. Por lo tanto, las poblaciones de *T. testudinum* presentan una

mayor adaptación a las condiciones locales de Punta Moreno. Los resultados del estudio de Arrivillaga (2000) no coinciden con los del presente trabajo: en junio de 1994, los pastos marinos presentaban valores de densidad, biomasa foliar y de índice de área foliar, mayores en el interior de la Bahía La Graciosa (e.g. Cayo Santa Isabel) que en la boca de la bahía (e.g. Punta Moreno).

Sin embargo, este estudio y los resultados de Arrivillaga (2000), concuerdan que existen diferencias entre los tipos de hábitat de la boca de la bahía y del interior de ésta. Los dos sitios estudiados, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, presentan diferencias en cuanto a disponibilidad de agua dulce, salinidad, oleaje y tipo de sustrato. De acuerdo con Arrivillaga (2000), en la entrada de la Bahía La Graciosa, e.g. Punta Moreno, se presentan elevadas energías de oleaje y sustratos arenosos mientras que en el interior de la bahía, e.g. Cayo Santa Isabel, se observan menores energías de oleaje y sustratos arcillosos-lodosos. Por ende, es posible que *Thalassia testudinum* se adapte mejor a las condiciones de oleaje y tipo de sustrato del área que incluye el sitio de Punta Moreno.

De acuerdo con las observaciones de campo en Cayo Santa Isabel, la abundancia y densidad de brotes cortos de *T. testudinum* fueron menores en este sitio que en Punta Moreno, a lo largo del presente estudio. Estas observaciones pueden relacionarse con la reducida transparencia del agua en Cayo Santa Isabel, la cual presentaba un color café rojizo. Esta última condición limita la entrada de luz a través de la columna de agua, por lo que es probable que los individuos de *T. testudinum*, compitan entre sí y con otras especies, por la disponibilidad de luz, permaneciendo en el sustrato los individuos más resistentes. De los sitios estudiados por Michot *et al.* (2002), el sitio ubicado en Bahía La Graciosa presentó la menor biomasa de *T. testudinum* y esto fue relacionado con una alta turbidez en este sitio, la mayor parte del tiempo. Las aguas turbias, oscuras y profundas reducen las condiciones de luz, lo cual limita la producción de pastos marinos de *T. testudinum* (Fourqurean y Zieman 1991, Czerny y Dunton 1995, en Michot *et al.* 2002).

El sitio de Cayo Santa Isabel se encuentra ubicado muy próximo a la desembocadura de un afluente de agua dulce, el Canal de Los Ingleses, lo cual incide en una mayor cantidad de agua dulce en este sitio a lo largo del año. En un estudio de Irlandi *et al.* (2002) en Biscayne Bay, Florida, la biomasa por m² de *Thalassia testudinum* fue menor en los sitios sujetos a filtraciones y a descargas de agua dulce por canales, que en los sitios de mayor salinidad. Estos resultados coinciden con los del presente estudio, la biomasa por m² de *Thalassia testudinum* fue menor en Cayo Santa Isabel que en Punta Moreno, en cada una de las épocas de muestreo (Ver Cuadro 4). La biomasa de *T. testudinum* fue en promedio 8 veces mayor en Punta Moreno que en Cayo Santa. Isabel, a lo largo del presente estudio.

Michot *et al.* (2002) indica que la Bahía de La Graciosa presenta cambios de salinidad constantes que no permiten el establecimiento de organismos en forma densa, incluyendo a *T. testudinum*. Por otra parte, *T. testudinum* se caracteriza por tolerancias estrechas a variaciones de temperatura y de luz (Phillips y

Meñez 1988). Por lo tanto, es posible que en el sitio Cayo Santa Isabel se manifiesten a lo largo del año amplias variaciones de temperatura, de radiación luminosa o de salinidad que limiten la abundancia y la biomasa de esta especie. Por último, las variaciones en la biomasa y la densidad de pastos marinos, en tiempo y espacio reflejan el nivel de reservorio de nitrógeno local, un factor limitante de la productividad en ecosistemas de pastos marinos (Short 1981, en Phillips y Meñez 1988).

El rango de estimados de biomasa por área de *T. testudinum* en Cayo Santa Isabel (72-439 g/m²) es comparable con el dato de biomasa por área en Cozumel, México, situado a 16 grados de latitud (150 g/m²). Asimismo el rango obtenido en el presente estudio es cercano al del área de Biscayne Bay (250-550 g/m²), rango similar al de otras áreas estudiadas (Zieman 1975, Dawes *et al.* 1985, Lee and Dunton 1996, Van Tussenbroek 1998, en Irlandi 2002).

El rango de biomasa por área de *T. testudinum* en el sitio de Punta Moreno (338-2862 g/m²) supera los máximos de biomasa de Honduras (150 g/m²); Belice (49.2 g/m²); Islas Vírgenes (207 g/m²); Jamaica (249 g/m²); Puerto Rico (450 g/m²); Cuba (517 g/m²) y Florida (820 g/m²) (Gacia 1999). Por lo tanto, el sitio de Punta Moreno es altamente productivo, con base en los resultados de biomasa por área *T. testudinum*. Es recomendable velar por el manejo sostenible del área de Punta Moreno.

2. Abundancia, biomasa y morfometría de *Thalassia testudinum*: diferencias entre las tres épocas de muestreo. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de *T. testudinum* entre las tres épocas de muestreo. Se observó una drástica reducción de la abundancia de *T. testudinum* en agosto del 2005, tanto en Punta Moreno como en Cayo Santa Isabel (Figura 5). La época lluviosa fue más larga e intensa en el año 2005, aportando así una fuente importante de agua dulce a la Bahía La Graciosa. Es posible que este factor haya incidido en la reducción de la abundancia de *T. testudinum*, observada en agosto del 2005.

Por otra parte, no se hallaron diferencias significativas entre épocas de muestreo, en los dos sitios estudiados, respecto a las variables de biomasa de *T. testudinum* (*i. e.* biomasa de hojas verdes, biomasa de brotes cortos, biomasa de rizomas, biomasa de raíces, biomasa de materia muerta, biomasa de materia viva, biomasa por m²) y respecto a las variables de morfometría (*i. e.* largo, ancho, área e índice de área foliar). Los análisis de varianza de los resultados de biomasa y de morfometría consisten en pruebas paramétricas más sólidas y concluyentes que la prueba de Friedman, no paramétrica, por medio de la cual se analizaron los resultados de abundancia de *T. testudinum*. Por lo tanto, puede afirmarse que las épocas de muestreo o las estaciones no tienen una influencia significativa en las variaciones de la abundancia, la biomasa y la morfometría de *Thalassia testudinum*, en Bahía La Graciosa, a lo largo de este estudio.

No obstante se obtuvieron los valores mínimos de biomasa de materia muerta, biomasa total y biomasa por m² en enero del 2005, tanto en Punta Moreno como en Cayo Santa Isabel (Cuadro 5). Estos resultados podrían relacionarse con las bajas temperaturas en esa época. En esta época se registran las temperaturas mínimas del año, por lo que se observa la menor productividad en pastos marinos del Caribe (Herrera com.pers. 2005). Otros factores como la limitación de nutrientes, la reducida radiación luminosa o los niveles de epífitas en las hojas, afectan en forma relevante la biomasa y la producción primaria de *Thalassia testudinum* (Gacia 1999).

3. Correlaciones entre los componentes de biomasa de *Thalassia testudinum*. Los componentes de biomasa de *Thalassia testudinum* que mostraron más correlación entre sí fueron la biomasa de hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, biomasa total, biomasa viva y biomasa por m². Esto significa que estos componentes varían en forma conjunta y equivalente, en respuesta a diferentes factores ambientales.

La biomasa de materia muerta se separó estadísticamente del resto de componentes correlacionados. La biomasa de materia muerta se distingue del resto de variables de biomasa, debido a que existen otros factores ambientales que inciden directamente sobre esta variable, tal como las perturbaciones (e.g. huracanes), los procesos de herbivoría o los valores extremos de temperatura y de salinidad. Consecuentemente, la medición de una sola variable de biomasa escogida entre las siete variables correlacionadas entre sí es suficiente para inferir acerca del estado de las demás variables de biomasa consideradas. Un procedimiento práctico puede ser medir únicamente dos variables: la biomasa de hojas verdes y la biomasa de materia muerta o alternativamente, medir la biomasa de materia viva y la de materia muerta.

4. Proporción materia viva: materia muerta de *Thalassia testudinum*. El porcentaje de materia viva en el conjunto de núcleos colectados a lo largo del estudio, fue siempre cercano a un 70% de la biomasa total y el porcentaje de materia muerta, cercano a 30%. Esto indica que la especie *Thalassia testudinum* mantiene un equilibrio dinámico entre la producción de materia viva y la degradación de ésta a materia muerta, de acuerdo con los resultados obtenidos. El porcentaje de materia muerta ($\pm 30\%$) es significativo, lo que da una indicación de la alta tasa de rotación en esta especie.

En Punta Moreno, en agosto del 2005, se determinó que la materia viva de *T. testudinum* representaba el 32% de la biomasa total y la materia muerta, el 68% de la biomasa total (Ver Figura 10). Simultáneamente, se determinó que el mínimo rango de cobertura de *T. testudinum* fue de 5-25% para Punta Moreno, en agosto del 2005 (Ver Cuadro 1). Sin embargo, no se relacionaron estos resultados con datos de turbidez o salinidad de Punta Moreno, de agosto del 2005, ya que no fue posible determinar parámetros fisicoquímicos en el campo. No obstante, considero que el aumento del porcentaje de materia muerta en Punta Moreno en agosto del 2005, podría estar indirectamente vinculado a las condiciones de aporte de agua dulce, al incremento del nivel del mar en época lluviosa (Arrivillaga 2000) y a la turbidez,

observadas en el campo en esta época. Estas condiciones pueden haber incidido en la muerte de parte de las poblaciones de *T. testudinum* en Punta Moreno, en donde se observaron parches de organismos muertos de esta especie. Es necesario verificar a futuro si estos factores son estacionales o permanentes.

5. Porcentaje de humedad en *Thalassia testudinum*. Se determinaron porcentajes promedio de humedad en *Thalassia testudinum*, en un rango de 87.39% a 89.92%, a partir del conjunto de datos brutos de biomasa total de esta especie (Ver Apéndice 11). Estos porcentajes son elevados y dan una indicación de la alta composición de agua en estos organismos. El agua cumple funciones fisiológicas importantes como componente principal del citoplasma celular, solvente o sustrato de la diversidad de reacciones bioquímicas que ocurren a nivel celular en estos organismos. La determinación del porcentaje de agua en esta especie puede profundizarse por medio de una metodología más rigurosa y exacta.

6. Morfometría de *Thalassia testudinum*

a. Largo, ancho y área foliar de *T. testudinum*. Las variables de largo y ancho foliar mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sitios Punta Moreno y Cayo Santa Isabel. Las diferencias no fueron significativas entre las épocas de muestreo. De acuerdo con Phillips y Meñez (1988), la morfología de los pastos marinos está influenciada por la respuesta de la población a su ambiente y para algunas especies la morfología puede ser muy plástica y variable. En particular el ancho foliar puede variar en respuesta a diferentes fuentes y grados de estrés.

El ancho foliar, en todas las épocas de muestreo, fue menor en Cayo Santa Isabel que en Punta Moreno (Cuadro 8 y Figura 13). Las praderas de pastos marinos en Cayo Santa Isabel están sometidas a una fuente de agua dulce directa, por la cercanía del Canal de los Ingleses (Ver Figura 1). No fue posible relacionar el ancho foliar con parámetros fisicoquímicos del estudio debido a que no fueron estadísticamente confiables. Sin embargo, podría sugerirse que las poblaciones de *T. testudinum* en Cayo Santa Isabel están sometidas a una o a diferentes fuentes de estrés (estrés por temperatura, salinidad, turbidez o falta de luz), lo cual se manifiesta en un ancho reducido de las hojas, respecto al ancho observado en Punta Moreno. Un menor ancho en las hojas de los pastos marinos se relaciona con un estrés fisiológico causado por las constantes variaciones de la temperatura del agua, a lo largo del año (Phillips y Meñez 1988). En un estudio en el sur de la Florida, en 1996 y 1997, el ancho foliar fue el único parámetro que mostró una respuesta al factor de descarga de agua dulce. Las hojas eran menos anchas en los sitios de menor salinidad (Irandi *et al.* 2002). Otros estudios han demostrado que el ancho foliar se reduce cuando las plantas de *T. testudinum* padecen de estrés por alta turbidez, luminosidad reducida, condiciones que pueden asociarse con descargas de agua dulce (Phillips 1960; Moore 1963; Zieman 1975; Zieman 1982; McMillan 1978; Durako y Moffler 1981; Phillips y Lewis 1983; Lee y Dunton 1997 en Michot *et al.* 2002).

La determinación del área foliar no indicó diferencias significativas entre los sitios, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, ni entre las épocas de muestreo (julio 04, enero 05 y agosto 05). Por lo tanto las variables de largo y ancho foliar *per se* aportan una mejor descripción de las tendencias en la morfología de *T. testudinum*. La amplia variabilidad de las características morfométricas de *T. testudinum* fue observada también en un estudio de Hackney y Durako (2004), en el cual se indica que esta variabilidad es significativa a nivel poblacional y con diferentes escalas espaciales.

b. Índice de área foliar (IAF). Existe una interacción entre los factores sitio y época que afectan el índice de área foliar (Ver Figuras 15 y 16). Esto indica que las variaciones de una época a otra del índice de área foliar, son distintas en Punta Moreno y en Cayo Santa Isabel. Desde otra perspectiva, las diferencias en los valores de índice de área foliar entre los dos sitios no son constantes y están ligadas a las épocas de muestreo. Por lo tanto sería recomendable incrementar el número de muestreos para determinar con más exactitud las tendencias del índice de área foliar en ambos sitios a través del tiempo.

A su vez, los resultados de índice de área foliar de *Thalassia testudinum* presentaron diferencias significativas entre los sitios de muestreo, Punta Moreno y Cayo Santa Isabel (Ver Cuadro 9). Estas diferencias fueron más notorias en julio del 2004, cuando el índice de área foliar promedio fue cinco veces mayor en Punta Moreno (12.5) que en Cayo Santa Isabel (2.4). Al año siguiente, en agosto del 2005, los índices de área foliar promedio fueron similares en ambos sitios (7.0 en Pta Moreno y 6.8 en Cayo Santa Isabel). Esto se relaciona con el hecho de que el índice de área foliar se redujo en Punta Moreno de un año a otro (12.5 a 7.0) y a la vez que se incrementó en Cayo Santa Isabel de un año a otro (2.4 a 6.8).

Se infirió estadísticamente que la diferencia entre épocas no fue significativa. Sin embargo, el índice de área foliar de *T. testudinum*, en Punta Moreno, se redujo en una gran proporción de un año al otro, de julio del 2004 a agosto del 2005 (de 12.5 a 7.0 m² hojas/m² superficie). Esto se debe a que se redujo la densidad de brotes (de 1914.8 a 1641.3 brotes/m²) y el largo de las hojas de una época a otra (de 18.2 a 13.3 cm). Estas observaciones indican que es probable que los organismos de *T. testudinum* estuviesen sometidos a estrés, en Punta Moreno, en agosto del 2005.

Por el contrario, en Cayo Santa Isabel, el índice de área foliar promedio se incrementó de julio del 2004 a agosto del 2005 (de 2.4 a 6.8 m² hojas/ m² superficie). Esto se relaciona con el incremento de la densidad de brotes por núcleo (de 432.7 a 1079.3 brotes vivos/m²) y el incremento del largo promedio de las hojas (17.0 a 21.6 cm). Por lo tanto el desarrollo de *T. testudinum* en Cayo Santa Isabel se vio favorecido en agosto del 2005. Este resultado puede deberse a que el nivel del mar incrementó en forma significativa en la época lluviosa del 2005, causando que los individuos de *Thalassia testudinum* se hallasen a mayor profundidad y sujetos a una mayor turbidez, viéndose obligados a presentar una mayor elongación de las hojas, para cubrir sus requerimientos de fotosíntesis. En agosto del 2005, se determinó

en Cayo Santa Isabel que la biomasa por m² de *T. testudinum* (292.04 g/m²), fue mayor a la biomasa por m² en julio del 2004 y en agosto del 2005, en este mismo sitio.

Los promedios de IAF de *T. testudinum*, a través de este estudio fueron mucho mayores a los valores recientemente determinados en la Bahía de Florida, en el 2004 (Hackney y Durako 2004). El rango de promedios de IAF de los dos sitios del atlántico guatemalteco fue de 2.4 a 12.5 m² hojas/m² superficie), mientras que en la Bahía de la Florida el rango correspondiente fue de 0.2-0.4 m² hojas/ m²superficie.

C. Análisis de la abundancia y biomasa de *Halophila baillonis*

Halophila baillonis fue hallada únicamente en Cayo Santa Isabel y, los resultados de abundancia y biomasa de esta especie fueron reducidos en comparación a los resultados obtenidos de la especie dominante (*T. testudinum*). El rango de biomasa por área de *H. baillonis* en Cayo Sta Isabel fue de 0 a 47 g/m². La abundancia y la biomasa de *H. baillonis* en Cayo Santa Isabel, a lo largo de este estudio, es reducida mas no despreciable. En efecto, en Florida, en Indian River Lagoon , se reportó la especie *Halophila engelmannii*, de la cual se determinó, en 1981, un rango de biomasa área escaso (0-1.8 g/m²) (Gilbert and Clark 1981, en Gacia 1999).

Tanto la abundancia como la biomasa de *Halophila baillonis* mostraron diferencias drásticas entre los dos sitios de muestreo: Punta Moreno y Cayo Santa Isabel. Esto se debe al hecho de que *Halophila baillonis* fue hallada y colectada únicamente en Cayo Santa Isabel. Es posible que esta especie tolere más las condiciones del área en la cual se ubica este sitio, en particular el sustrato arcilloso-lodoso, una mayor afluencia de agua dulce y una energía de oleaje reducida. En las aguas de esta área cercana a la playa, a lo largo del estudio, se observó una reducida transparencia del agua (agua café-rojiza). Esta condición distingue particularmente a este sitio de Punta Moreno y es posible que favorezca la distribución de *Halophila baillonis* en el área que incluye a Cayo Santa Isabel.

La abundancia de *Halophila baillonis* no varió en forma significativa entre las épocas de muestreo. Por otra parte, la biomasa total de esta especie sí presentó diferencias significativas entre las épocas de muestreo. Ambas variables, abundancia y biomasa, tienen relación entre sí. Sin embargo, la determinación de biomasa de *Halophila baillonis* da una indicación más exacta de la condición de esta especie en Cayo Santa Isabel, por tratarse de valores continuos de peso seco a los cuales se aplicó un análisis de varianza. Por lo tanto, la condición de *H. baillonis* varía en forma significativa según la época de muestreo o la estación del año.

En el muestreo de enero del 2005, en época seca, se obtuvieron los valores máximos de los rangos totales de abundancia de *Halophila baillonis* y de la biomasa total de esta especie en los núcleos colectados. En agosto del 2005, las poblaciones de *Halophila baillonis* se redujeron en una alta proporción: la biomasa pasó de 38.18 g/m² en enero del 2005, a 0.37 g/m² en agosto del 2005. De acuerdo con Phillips y Meñez (1988), las poblaciones de los géneros *Halophila* y *Halodule*, tienden a aparecer y a desaparecer rápidamente, no siempre presentan hábitos perennes. El grado de estrés generado por factores ambientales afecta los patrones de crecimiento y los ciclos reproductivos de estas especies. Por otra parte *Halophila baillonis* no se ancla tan fuertemente al sustrato como *Thalassia testudinum*, porque no presenta un sistema subterráneo (rizomas-raíces), lo suficientemente desarrollado para ser perenne. Todas las especies del género *Halophila* distribuyen sus raíces en la superficie del sustrato, en la zona óxica o provista de oxígeno (Phillips y Meñez 1988). La disminución de la biomasa de *Halophila baillonis* es muy amplia de un año a otro. Es recomendable estudiar a mayor profundidad qué eventos o factores influyen en la reducción de las poblaciones de *Halophila baillonis*.

En Cayo Santa Isabel la biomasa de *Halophila baillonis* fue menor a la de *T. testudinum*, en cada uno de los muestreos. La biomasa de *H. baillonis* puede estar limitada en este sitio por algún factor ambiental que esté afectando directamente el área de muestreo. Por consiguiente, los resultados podrían profundizarse muestreando esta especie en puntos cercanos al sitio de Cayo Santa Isabel.

D. Abundancia y biomasa de macroalgas

No se hallaron macroalgas en los cuadrantes de abundancia (con la excepción de *Penicillus capitatus*); este resultado coincide con el estudio de Michot *et al.* (2002), en el que se indica que las macroalgas estuvieron ausentes de los transectos realizados en el sitio de Punta Manabique (en el extremo norte de Punta de Manabique) y Bahía La Graciosa.

La abundancia de *Penicillus capitatus*, a lo largo del presente estudio, fue limitada: presentó un rango modal de 0-5% de abundancia. No se obtuvieron resultados de biomasa de esta especie. Los individuos de *Penicillus capitatus* crecen en forma dispersa en áreas costeras someras, de oleaje reducido y con sustratos lodosos, condiciones que identifican al sitio Cayo Santa Isabel (Littler *et al.* 1989). Los individuos de *Penicillus* spp. pueden ser hallados en muchos sitios de la costa atlántica de Guatemala y Honduras, y son típicos de los sustratos caribeños (Ogden 1998; Ogden y Ogden 1998; Wysor 2002, en Michot *et al.* 2002).

V. CONCLUSIONES

1. En las comunidades de pastos marinos de Punta Moreno y Cayo Santa Isabel, se identificaron dos especies: *Thalassia testudinum* Banks ex König y *Halophila baillonis* Ascherson. Se identificaron asimismo poblaciones del alga verde *Penicillus capitatus* Lamarck, en Cayo Santa Isabel.
2. Se comprobó la dominancia de *T. testudinum* en las praderas de pastos marinos de Bahía La Graciosa, a partir de los resultados de abundancia y biomasa de esta especie. La biomasa por m² de *T. testudinum* fue mayor a la biomasa por m² de *H. baillonis*, a lo largo del estudio y en ambos sitios.
3. En Punta Moreno, a lo largo de este estudio, el rango promedio de abundancia de *Thalassia testudinum* fue elevado (75-100% de cobertura en los dos primeros muestreos).
4. En Cayo Santa Isabel, en todos los muestreos, los rangos de abundancia y de biomasa de *Thalassia testudinum* fueron menores a los de Punta Moreno.
5. A lo largo del presente estudio, se determinó una tendencia general en la reducción de la abundancia de *T. testudinum* en ambos sitios.
6. La especie *Halophila baillonis* fue hallada y muestreada únicamente en el sitio de Cayo Santa Isabel. En este sitio, a lo largo del presente estudio, la abundancia de *H. baillonis* presentó un valor modal de 2 (5-25% de abundancia) y un rango de biomasa por área de 0 a 47 g/m².
7. Se determinó el rango de abundancia modal de la única macroalga verde hallada en los sitios estudiados: *Penicillus capitatus* (0-5% de cobertura).
8. No se hallaron esponjas o corales en los cuadrantes o en los núcleos colectados a lo largo de este estudio.
9. Los resultados de biomasa de los componentes de *Thalassia testudinum* (hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, materia muerta, materia viva y biomasa por m²) están altamente correlacionados entre sí. La variabilidad en todos estos componentes está asociada a los sitios de muestreo y no las épocas de muestreo. La única variable que difiere significativamente del resto es la biomasa de materia muerta.
10. En los núcleos de biomasa colectados a lo largo del estudio, la materia viva de *T. testudinum* representó aproximadamente un 70% de la biomasa total y la materia muerta de esta especie, un 30% de la biomasa total.
11. El porcentaje de humedad en los núcleos de *T. testudinum* se ubicó en un rango de 87.39% a 89.92%.

12. Los resultados de morfometría mostraron una amplia variabilidad a lo largo del estudio. La morfometría de *Thalassia testudinum* difirió mayormente entre los sitios de muestreo, indicando diferencias en las condiciones locales y, no varió significativamente entre las épocas de muestreo. Los resultados de ancho foliar de *T. testudinum* en Cayo Sta Isabel fueron menores a los de Punta Moreno, indicando niveles de estrés en estas poblaciones.
13. El rango de promedios de índice de área foliar de *T. testudinum* fue de 2.4 a 12.5 m²hoja/m²superficie. Dichos resultados muestran una relación estrecha con las condiciones locales asociadas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Asegurar el manejo sostenible y la conservación de ecosistemas altamente productivos como las praderas de pastos marinos de Punta Moreno, dada la elevada abundancia y biomasa de *T. testudinum* en este sitio.
2. Estudiar a mayor profundidad cuáles son las causas de la reducción de las poblaciones de *Halophila baillonis*, en el área del Cayo de Santa. Isabel.
3. Incrementar el número de determinaciones de parámetros fisicoquímicos, en particular de turbidez y de salinidad, con el objeto ampliar su validez estadística.
4. Cuantificar la abundancia y la biomasa de macroalgas, esponjas y corales, modificando la metodología (e.g. empleando transectos) para muestrear en una extensión espacial mayor.
5. Cuantificar la biomasa de dos componentes de *T. testudinum* únicamente (e.g. biomasa de hojas verdes y biomasa de materia muerta) en lugar de siete u ocho componentes, ya que se generan datos redundantes.
6. Evaluar con un mayor número de muestreos, la variabilidad del índice de área foliar de *Thalassia testudinum* a lo largo de un año.
7. Obtener un mayor número de datos de densidad de brotes individuales de *Thalassia testudinum*, con el objeto de mejorar la validez estadística de estos resultados.
8. Cuando se emplee una sonda multiparámetros, asegurarse de calibrar el instrumento previo a la realización de las mediciones. Alternativamente, calibrar los diferentes aparatos a ser utilizados.
9. En los próximos estudios, recomendaría incluir un parámetro de abundancia (cobertura), tres parámetros de biomasa (biomasa cosechable, biomasa sumergida y biomasa por m²) y los cuatro parámetros de morfometría (largo, ancho, área e índice de área foliar).
10. Ampliar el número y la distribución de los sitios a ser estudiados en un período mayor a un año.

VII. LITERATURA CITADA

- Almada-Villela, P.C.; P.F. Sale; G. Gold Bouchot y B. Kjerfve. 2003. *Manual de métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano*. Documento Técnico del SAM No.4. Proyecto para el Sistema Arrecifal Mesoamericano. Belice. 149 pp.
- Anónimo. 1997. *SPSS para Windows*. Versión 8.0.0. Chicago: SPSS Inc. (programa informático en CD-ROM).
- Arrivillaga, A. 2000. *Ecology of Seagrass Fishes and Macroinvertebrates on Guatemala's Atlantic Coast*. Tesis doctoral, Universidad de Louisiana State, Department of Oceanography and Coastal Sciences, Estados Unidos. 155 pp.
- Gacia, E. 1999. *Leaf Dynamics and Shoot Production of the Seagrass Thalassia testudinum in the Indian River Lagoon (Florida)*. *Botanica Marina* (42):97-102.
- Hackney, J.W. y M. Durako. 2004. *Size-frequency patterns in morphometric characteristics of the seagrass Thalassia testudinum reflect environmental variability*. *Ecological Indicators* (4):55-71.
- Irlandi, E.; B. Orlando; S. Maciá; P. Biber; T. Jones; L. Kaufman; D. Lirman y E.T. Patterson. 2002. *The influence of freshwater runoff on biomass, morphometrics, and production of Thalassia testudinum*. *Aquatic Botany* (72): 67-78.
- Kimmins, J.P. 1987. *Forest Ecology*. Macmillan Publishing, New York. 531 pp.
- Little, D.S.; M.M. Mark; K. E. Bucher y J.N. Norris. 1989. *Marine Plants of the Caribbean, a field guide from Florida to Brazil*. Smithsonian Institution. Pp 80-83.
- Livingston, R.J.; S. McGlynn y N. Xufeng. 1998. *Factors controlling seagrass growth in a gulf coastal system: Water and sediment quality and light*. *Aquatic Botany* 60: 135-159.

- Michot, T.C.; J.N. Burch; A. Arrivillaga; P.S. Rafferty; T.W.Doyle y R.S. Kemmerer. 2002. *Impacts of Hurricane Mitch on Seagrass Beds and Associated Shallow Reef Communities along the Caribbean Coast of Honduras and Guatemala*. USGS Open File Report, 03-181. 65pp.
- Phillips, R.C. y E. G. Meñez. 1988. *Seagrasses*. Smithsonian Contributions to The Marine Sciences. No 34. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 104 pp.
- Reid, G.K. y R.D. Wood. 1976. *Ecology of inland waters and estuaries*. 2a ed. D. Van Nostrand Company. New York. 485 pp.
- Smith, R.L. y T.M. Smith. 2001. *Ecología*. 1ª ed. Pearson Educación. Madrid. 642 pp.
- Valiela, R. 1995. *Marine Ecological Processes*. 2ª ed. Springer-Verlag. New York. 686 pp.
- Zar, A.1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall. Estados Unidos. 619 pp.

VIII. OTRAS REFERENCIAS

- Hackney, J.W. y M. Durako. 2005. *A Hierarchical Approach to the Evaluation of Variability in Ecoindicators of the Seagrass Thalassia testudinum*. Estuarine Indicators. CRS Press. Pp. 175-192.
- Leber, K.M. 1985. *The influence of predatory decapods, refuge, and microhabitat selection on seagrass communities*. Ecology. 66 (6):1951-1964.
- Livingston, R.J. 1984. *Trophic Response of Fishes to Habitat Variability in Coastal Seagrass Systems*. Ecology. 65(4): 1258-1275.
- Tomlinson, P.B. y G.A.Vargo. 1966. *On the morphology and anatomy of turtle grass, Thalassia testudinum (Hydrocharitaceae). I. Vegetative morphology*. Bulletin of Marine Science. 16 (4): 748-761.
- Zimmerman, M.S. y R.J. Livingston. 1979. *Dominance and distribution of benthic macrophyte assemblages in a north Florida estuary (Apalachee bay, Florida)*. Bulletin of Marine Science. 29 (1): 27-40.

IX. APÉNDICES

Apéndice 1. Modo de empleo del nucleador

1. Se hace penetrar el nucleador dentro del sedimento (45-50 cm mínimo). De ser posible se hunde hasta las agarraderas para que la muestra no resbale del nucleador.
2. Al insertar el nucleador, éste debe ser desplazado hacia delante y hacia atrás para que vaya cortando los sedimentos.
3. Se coloca inmediatamente la muestra sobre un tamiz.
4. Se limpia a continuación todo el sedimento de la muestra.
5. Se remueven conchas y otros objetos manualmente.
6. Se colectan los fragmentos vivos y los fragmentos muertos de las plantas, para determinar la biomasa de ambas partes. La muestra resultante consiste en materia orgánica solamente, se almacena a continuación en una bolsa resellable.

Apéndice 2. Hoja de toma de datos en el campo. Determinación de la cobertura de pastos marinos

Localidad	
Sitio (nombre, latitud, longitud)	
Estación (A o B)	
Profundidad=	Visibilidad disco Secchi=
Luminosidad=	

Cuadrante no.1		Cuadrante no. 2	
Altura promedio del pasto (cm)		Altura promedio del pasto (cm)	
Categoría	Especie	Categoría	Especie

Cuadrante no.3		Cuadrante no. 4	
Altura promedio del pasto (cm)		Altura promedio del pasto (cm)	
Categoría	Especie	Categoría	Especie

Cuadrante no.5	
Altura promedio del pasto (cm)	
Categoría	Especie

Apéndice 3. Análisis de varianza factorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Probabilidad	F crítico
Epoca	0,165833333	2	0,082917	0,198392	0,821818	3,554557
Sitio	9,30015	1	9,30015	22,25212	0,000172	4,413873
Interacción	1,3732	2	0,6866	1,642802	0,221146	3,554557
Intra	7,523	18	0,417944			
Total	18,36218333	23				

Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de hojas verdes (datos no transformados). La variación entre sitios es significativa ($P=0.000172 < 0.05$, $\alpha=0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados tipo III	grados de libertad	Cuadrado medio	F	Probabilidad.
Modelo corregido	26.911	5	5.382	1.785	.164
Intercepto	129.839	1	129.839	43.065	.000
EPOCA	5.447	2	2.723	.903	.422
SITIO	16.735	1	16.735	5.551	.029
EPOCA * SITIO	3.641	2	1.820	.604	.557
Error	57.283	19	3.015		
Total	221.224	25			
Total corregido	84.194	24			

Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de rizomas (datos no transformados). La variación entre sitios es significativa ($P=0.029 < 0.05$; $\alpha=0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados tipo III	grados de libertad	Cuadrado medio	F	Probabilidad.
Modelo corregido	5.337	5	1.067	7.398	.001
Intercepto	.899	1	.899	6.229	.022
EPOCA	.202	2	.101	.701	.509
SITIO	4.303	1	4.303	29.828	.000
EPOCA * SITIO	.562	2	.281	1.948	.170
Error	2.741	19	.144		
Total	9.261	25			
Total corregido	8.078	24			

Cuadro 12. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de brotes cortos (datos transformados con logaritmo de base 10). La variación entre sitios es significativa ($P=0.00 < 0.05$; $\alpha=0.05$).

Fuente de variación	Suma de cuadrados tipo III	grados de libertad	Cuadrado medio	F	Probabilidad.
Modelo corregido	5.175	5	1.035	18.396	.000
Intercepto	177.456	1	177.456	3154.157	.000
EPOCA	.302	2	.151	2.684	.094
SITIO	4.690	1	4.690	83.369	.000
EPOCA * SITIO	*.101	2	5.059E-02	.899	.424
Error	1.069	19	5.626E-02		
Total	187.626	25			
Total corregido	6.244	24			

Cuadro 13. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa por m² (datos transformados con logaritmo de base 10). La variación entre los sitios es significativa ($P=0.000<0.05$, $\alpha=0.05$)

Fuente de variación	Suma de cuadrados tipo III	grados de libertad	Cuadrado medio	F	Probabilidad.
Modelo corregido	6.493	5	1.299	13.987	.000
Intercepto	5.312	1	5.312	57.211	.000
EPOCA	.666	2	.333	3.589	.048
SITIO	5.752	1	5.752	61.955	.000
EPOCA * SITIO	*.178	2	8.878E-02	.956	.402
Error	1.764	19	9.284E-02		
Total	13.911	25			
Total corregido	8.257	24			

Cuadro 14. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de materia muerta (datos transformados con logaritmo de base 10). La variación entre épocas y sitios es significativa ($P<0.05$ en ambos casos).

Fuente de variación	Suma de cuadrados tipo III	grados de libertad	Cuadrado medio	F	Probabilidad.
Modelo corregido	4.410	5	.882	5.245	.003
Intercepto	13.514	1	13.514	80.361	.000
EPOCA	.291	2	.146	.866	.436
SITIO	3.137	1	3.137	18.655	.000
EPOCA * SITIO	*.789	2	.395	2.347	.123
Error	3.195	19	.168		
Total	22.079	25			
Total corregido	7.605	24			

Cuadro 15. Resultados del análisis de varianza factorial de los datos de biomasa de materia viva (datos transformados con logaritmo de base 10)

Apéndice 4. Formato para el registro de índice de área foliar de *Thalassia testudinum*

Documento Técnico del SAM No. 4

Manual de Métodos para Monitoreo Sinóptico

FORMATO DE REGISTROS PARA EL INDICE DEL AREA DE HOJA DE THALASSIA EN EL SAM (Ejemplo paralelo)

MSMP_3C

Localidad:		Fecha:		Latitud:	
ID del Sitio:		Hora:		Longitud:	
Registrador:		Brote Promedio / Cuadrante:		Agencia Apoyo:	
Brote 1	¿Punta Redondeada? (S/N)	Longitud al apia (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
Hoja 1					
Hoja 2					
Hoja 3					
Hoja 4					
Hoja 5					
Brote 2	¿Punta Redondeada? (S/N)	Longitud al apia (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
Hoja 1					
Hoja 2					
Hoja 3					
Hoja 4					
Hoja 5					
Brote 3	¿Punta Redondeada? (S/N)	Longitud al apia (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
Hoja 1					
Hoja 2					
Hoja 3					
Hoja 4					
Hoja 5					
Brote 4	¿Punta Redondeada? (S/N)	Longitud al apia (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
Hoja 1					
Hoja 2					
Hoja 3					
Hoja 4					
Hoja 5					
Brote 5	¿Punta Redondeada? (S/N)	Longitud al apia (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
Hoja 1					
Hoja 2					
Hoja 3					
Hoja 4					
Hoja 5					

Fuente: Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM. 2003

Apéndice 5. Formato para el registro de biomasa de pastos marinos

FORMATO DE REGISTRO DE BIOMASA PARA PASTO MARINO EN EL SAM (Se muestra ejemplo parolal)

MSMP 3A

Localidad:		Fecha de Colecta:		Latitud:		Colector:	
ID del Sitio:		Fecha Procesamiento:		Longitud:		Procesador:	
Prod Sitio:		Hora:		Diam. del Núcleo:		Agencia de Apoyo:	
Replicas	Núcleos T:	Tara #	Peso Tara	Peso Bruto	Peso Neto		
FRACCIONES							
Thalassia	Hojas verdes						
	Bordes coloros						
	Rizomas						
	Raíces						
	Talido Muerto						
	Sobre tierra						
	Bajo tierra						
	Proporción A:B					f	gm2
					Peso Total		
Otros pastos	Talido verde						
	No-Verde					f	gm2
						Peso Total	
Algas Carnosas							
						f	gm2
						Peso Total	
Algas Calcáreas	Sobre tierra						
	Bajo tierra						
	Proporción A:B					f	gm2
					Peso Total		

Fuente: Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM. 2003

Apéndice 6. Datos brutos de cobertura de *Thalassia testudinum* en valores discretos de 0 a 5, en los sitios Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1); enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3).

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
1	1	1	5
1	1	2	5
1	1	3	5
1	1	4	5
1	1	1	2
1	1	2	4
1	1	3	5
1	1	4	5
1	2	1	2
1	2	2	3
1	2	3	4
1	2	4	4
1	2	1	3
1	2	2	5
1	2	3	2
1	2	4	3
2	1	1	5
2	1	2	5
2	1	3	5
2	1	4	5
2	1	1	2
2	1	2	5
2	1	3	5
2	1	4	2
2	2	1	2
2	2	2	2
2	2	3	2
2	2	4	2
2	2	1	5
2	2	2	3
2	2	3	3
2	2	4	3
3	1	1	4
3	1	2	4
3	1	3	4
3	1	4	3
3	1	5	4
3	1	1	1
3	1	2	0
3	1	3	1
3	1	4	0
3	1	5	0
3	2	1	1
3	2	2	1
3	2	3	1
3	2	4	3
3	2	5	1
3	2	1	1

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
3	2	2	2
3	2	3	1
3	2	4	1
3	2	5	2

Apéndice 7. Datos brutos de la cobertura de *Halophila baillonis* en valores discretos de 0 a 5, en Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1); enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3).

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
1	1	1	0
1	1	2	0
1	1	3	0
1	1	4	0
1	1	1	0
1	1	2	0
1	1	3	0
1	1	4	0
1	2	1	2
1	2	2	2
1	2	3	1
1	2	4	2
1	2	1	0
1	2	2	0
1	2	3	1
1	2	4	1
2	1	1	0
2	1	2	0
2	1	3	0
2	1	4	0
2	1	1	0
2	1	2	0
2	1	3	0
2	1	4	0
2	2	1	5
2	2	2	3
2	2	3	3
2	2	4	4
2	2	1	3
2	2	2	3
2	2	3	2
2	2	4	3
3	1	1	0
3	1	2	0
3	1	3	0
3	1	4	0
3	1	5	0
3	1	1	0
3	1	2	0
3	1	3	0
3	1	4	0
3	1	5	0
3	2	1	0
3	2	2	2
3	2	3	0
3	2	4	0

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
3	2	5	2
3	2	1	2
3	2	2	2
3	2	3	2
3	2	4	0
3	2	5	2

Apéndice 8. Datos brutos de la cobertura de *Penicillus capitatus* en valores discretos de 0 a 5, en Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1); enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3).

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
1	1	1	0
1	1	2	0
1	1	3	0
1	1	4	0
1	1	1	0
1	1	2	0
1	1	3	0
1	1	4	0
1	2	1	0.1
1	2	2	0.5
1	2	3	0.5
1	2	4	0.5
1	2	1	2
1	2	2	0.1
1	2	3	2
1	2	4	2
2	1	1	0
2	1	2	0
2	1	3	0
2	1	4	0
2	1	1	0
2	1	2	0
2	1	3	0
2	1	4	0
2	2	1	0
2	2	2	0
2	2	3	0
2	2	4	0
2	2	1	0
2	2	2	0
2	2	3	0
2	2	4	0
3	1	1	0
3	1	2	0
3	1	3	0
3	1	4	0
3	1	5	0
3	1	1	0
3	1	2	0
3	1	3	0
3	1	4	0
3	1	5	0
3	2	1	0
3	2	2	0
3	2	3	0
3	2	4	0
3	2	5	0
3	2	1	0
3	2	2	0

Época	Sitio	Réplica	Cobertura
3	2	3	0
3	2	4	0
3	2	5	0

Apéndice 9. Datos brutos de biomasa de los componentes de *Thalassia testudinum* (hojas verdes, brotes cortos, rizomas, raíces, materia muerta, biomasa viva) en los sitios Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1), enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3); n=4 en todos los muestreos excepto en julio del 2004, en Punta Moreno (n=5).

Época	Sitio	Réplica	1.Hojas verdes (g)	2.Brotes cortos (g)	3.Rizomas (g)	4.Raíces (g)	5. Mat muerta (g)	6. Biomasa viva (g)	Biomasa total (g)	g/ m2
1	1	1	1.32	8.19	3.83	9.75	1.87	23.09	24.96	1241.79
1	1	2	2.23	10.66	7.29	9.8	4.12	29.98	34.1	1696.52
1	1	3	1.4	8.77	2.81	13.29	4.26	26.27	30.53	1518.91
1	1	4	1.32	5.24	2.3	6.98	21.51	15.84	37.35	1858.21
1	1	5	1.65	5.59	2	3.85	12.33	13.09	25.42	1264.68
1	2	1	0.43	0.16	0.66	0.13	0.43	1.38	1.81	90.05
1	2	2	0.42	0.75	1.1	0.11	0.93	2.38	3.31	164.68
1	2	3	1.16	1.02	1.8	0.31	3.55	4.29	7.84	390.05
1	2	4	1.32	0.61	2.66	0.25	1.18	4.84	6.02	299.50
2	1	1	1.63	2.08	1.13	5.42	7.47	10.26	17.73	882.09
2	1	2	1.39	2.7	0.59	6.86	4.47	11.54	16.01	796.52
2	1	3	3.12	5.55	5.1	8.92	6	22.69	28.69	1427.36
2	1	4	2.53	4.35	4.22	7.68	7.98	18.78	26.76	1331.34
2	2	1	0.19	0.34	0.77	0.25	0.59	1.55	2.14	106.47
2	2	2	0.12	0.5	1.04	0.31	0.6	1.97	2.57	127.86
2	2	3	0.57	0.6	0.1	0.45	0.35	1.72	2.07	102.99
2	2	4	0.25	0.29	0	0	0.91	0.54	1.45	72.14
3	1	1	2.87	9.36	5.6	8.29	31.41	26.12	57.53	2862.19
3	1	2	1.73	5.44	2.76	3.97	23.49	13.9	37.39	1860.20
3	1	3	0.03	0.18	0.05	0.03	6.5	0.29	6.79	337.81
3	1	4	1.75	5.06	3.26	3.5	19.5	13.57	33.07	1645.27
3	2	1	0.25	0.43	0.92	0.06	0.69	1.66	2.35	116.92
3	2	2	0.46	1.84	3.18	0.26	2.62	5.74	8.36	415.92
3	2	3	0.65	1.63	3.73	0.83	1.98	6.84	8.82	438.81
3	2	4	0.56	0.68	1.63	0.2	0.88	3.07	3.95	196.52

Apéndice 10. Datos brutos de la biomasa total y la biomasa por m² de *Halophila baillonis* en los sitios Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1), enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3); n=4 en todos los muestreos excepto en julio del 2004, en Punta Moreno (n=5).

Época	Sitio	Réplica	Biomasa total	Biomasa por m ²
1	1	1	0	0
1	1	2	0	0
1	1	3	0	0
1	1	4	0	0
1	1	5	0	0
1	2	1	0.41	20.40
1	2	2	0.57	28.36
1	2	3	0.01	0.50
1	2	4	0	0
2	1	1	0	0
2	1	2	0	0
2	1	3	0	0
2	1	4	0	0
2	2	1	0.68	33.83
2	2	2	0.9	44.78
2	2	3	0.95	47.26
2	2	4	0.54	26.87
3	1	1	0	0
3	1	2	0	0
3	1	3	0	0
3	1	4	0	0
3	2	1	0.01	0.50
3	2	2	0.01	0.50
3	2	3	0	0
3	2	4	0.01	0.50

Apéndice 11. Datos brutos del peso húmedo inicial, peso seco final, peso de agua y porcentaje de humedad de *Thalassia testudinum*, en los núcleos colectados a lo largo del estudio. Época 1: julio 2004; época 2: enero 2005; época 3: agosto 2005; sitio 1: Punta Moreno; sitio 2: Cayo Santa Isabel.

Época	Sitio	Réplica	peso húmedo inicial	peso seco final	g de agua	% agua
1	1	1	33.5	24.96	8.54	25.49
1	1	2	65.5	34.1	31.4	47.94
1	1	3	33	30.53	2.47	7.48
1	1	4	342	37.35	304.65	89.08
1	1	5	254.5	25.42	229.08	90.01
1	2	1	16	1.81	14.19	88.69
1	2	2	28	3.31	24.69	88.18
1	2	3	58.5	7.84	50.66	86.60
1	2	4	38	6.02	31.98	84.16
2	1	1	176.5	17.73	158.77	89.95
2	1	2	123.5	16.01	107.49	87.04
2	1	3	341	28.69	312.31	91.59
2	1	4	230	26.76	203.24	88.37
2	1	5	129	13	116	89.92
2	2	1	23	2.14	20.86	90.70
2	2	2	20.5	2.57	17.93	87.46
2	2	3	20.5	2.07	18.43	89.90
2	2	4	9	1.45	7.55	83.89
3	1	1	555.5	57.53	497.97	89.64
3	1	2	353.5	37.39	316.11	89.42
3	1	3	79.5	6.79	72.71	91.46
3	1	4	323.5	33.07	290.43	89.78
3	2	1	19.5	2.35	17.15	87.95
3	2	2	67	8.36	58.64	87.52
3	2	3	76.5	8.82	67.68	88.47
3	2	4	28.5	3.95	24.55	86.14

Apéndice 12. Promedios de los datos brutos de morfometría de *Thalassia testudinum* en Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2), en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1); enero 2005 (época 2); agosto 2005 (época 3); n=10 en las épocas 1 y 3; n=5 en la época 2. Cada planta presenta 5 o 6 hojas, se promedió el largo, ancho, área e índice de área foliar (IAF) del conjunto de hojas de cada planta individual.

Época	Sitio	Planta individual	Largo promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Área promedio (cm ²)	IAF
1	1	1	9	0.53	4.8	3.59
1	1	2	9.67	0.63	6.1	4.15
1	1	3	14.5	0.67	9.7	6.44
1	1	4	18.27	0.72	13.2	10.29
1	1	5	11.3	0.65	7.3	6.13
1	1	6	28.5	0.87	24.8	15.19
1	1	7	10.55	0.97	10.2	12.44
1	1	8	30.97	1.02	31.6	25.04
1	1	9	28.62	1.04	29.8	31.26
1	1	10	20.67	0.65	13.4	10.49
1	2	1	10.22	0.48	4.9	1.37
1	2	2	15.4	0.6	9.2	2.33
1	2	3	9.3	0.62	5.8	1.44
1	2	4	11	0.62	6.8	1.74
1	2	5	10.06	0.76	7.6	1.68
1	2	6	22.76	0.52	11.8	2.92
1	2	7	23.38	0.62	14.5	3.06
1	2	8	26.57	0.82	21.8	3.86
1	2	9	18.17	0.62	11.3	2.21
1	2	10	23.04	0.7	16.1	3.53
2	1	1	10.8	1.06	11.9	No hay dato
2	1	2	14.06	0.98	13.7	No hay dato
2	1	3	7.78	0.86	8.0	No hay dato
2	1	4	7.23	0.62	3.8	No hay dato
2	1	5	15.92	1	17.1	No hay dato
2	2	1	15.1	0.72	11.1	No hay dato
2	2	2	17.34	0.66	12.5	No hay dato
2	2	3	21.92	0.62	15.5	No hay dato

Época	Sitio	Planta individual	Largo promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Área promedio (cm ²)	IAF
2	2	4	22.83	0.73	10.0	No hay dato
2	2	5	9.06	0.54	5.1	No hay dato
3	1	1	15.43	0.7	10.8	5.35
3	1	2	14.8	0.9	13.3	10.99
3	1	3	8.72	1.02	8.9	7.63
3	1	4	10.13	0.87	8.8	4.24
3	1	5	14.1	0.83	11.7	5.89
3	1	6	14.15	0.65	9.2	4.59
3	1	7	11.32	0.52	5.9	4.36
3	1	8	16.35	0.92	15.0	10.00
3	1	9	13.96	0.62	8.7	7.11
3	1	10	13.55	1	13.6	9.40
3	2	1	26.8	0.77	20.6	9.70
3	2	2	29.24	0.66	19.3	11.05
3	2	3	14.37	0.67	9.6	3.21
3	2	4	36.24	0.76	27.5	15.67
3	2	5	12	0.33	4.0	1.33
3	2	6	27.56	0.68	18.7	10.16
3	2	7	14.43	0.5	7.2	2.24
3	2	8	27.6	0.77	21.3	9.08
3	2	9	16.77	0.47	7.9	2.50
3	2	10	10.92	0.57	6.2	2.95

Apéndice 13. Porcentajes de materia muerta y biomasa viva de *Thalassia testudinum* en la totalidad de núcleos colectados en Punta Moreno (sitio 1) y Cayo Santa Isabel (sitio 2) en las tres épocas de muestreo: julio 2004 (época 1); enero 2005 (época 2) y agosto 2005 (época 3).

Época	Sitio	Réplica	Materia muerta (%)	Biomasa viva (%)
1	1	1	7.5	92.5
1	1	2	12.1	87.9
1	1	3	14.0	86.0
1	1	4	57.6	42.4
1	1	5	48.5	51.5
1	2	1	23.8	76.2
1	2	2	28.1	71.9
1	2	3	45.3	54.7
1	2	4	19.6	80.4
2	1	1	42.1	57.9
2	1	2	27.9	72.1
2	1	3	20.9	79.1
2	1	4	29.8	70.2
2	2	1	27.6	72.4
2	2	2	23.3	76.7
2	2	3	16.9	83.1
2	2	4	62.8	37.2
3	1	1	54.6	45.4
3	1	2	62.8	37.2
3	1	3	95.7	4.3
3	1	4	59.0	41.0
3	2	1	29.4	70.6
3	2	2	31.3	68.7
3	2	3	22.4	77.6
3	2	4	22.3	77.7

