

[Ir a Tabla de Contenido](#)

**ASPECTOS PRELIMINARES SOBRE EL CRECIMIENTO Y ALGUNAS
CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE UN TRANSPLANTE DE *Thalassia
testudinum* Banks ex König 1805. ACUARIO MUNDO MARINO
RODADERO-SANTA MARTA**

ALEJANDRA MARÍN MONTES

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
AREA DE INGENIERIA Y RECURSOS NATURALES
SANTA MARTA**

2002

**ASPECTOS PRELIMINARES SOBRE EL CRECIMIENTO Y ALGUNAS
CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE UN TRANSPLANTE DE *Thalassia
testudinum* Banks ex König 1805. ACUARIO MUNDO MARINO
RODADERO-SANTA MARTA**

ALEJANDRA MARÍN MONTES

Trabajo de Grado

Director

AMINTA JAÚREGUI

Bióloga Marina

Codirector

GUSTAVO MANJARRÉS

M.Sc. Ecología

M.Sc. Biología Marina

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

AREA DE INGENIERIA Y RECURSOS NATURALES

SANTA MARTA

2002

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santa Marta, 15 de Mayo del 2002

DEDICATORIA

A Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo, toda la gloria y la honra sólo para ti mi Señor, te amo Dios.

A mis padres, Eleazar y Consuelo, sin ustedes no lo habría logrado, son lo mejor que Dios me ha dado. Los amo mucho.

A Mari, John y Juan David, ustedes son mi especial tesoro, los amo mucho.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo debo dar gracias a Dios, sin El no sé que sería de mí; Señor has sido mi apoyo y mi fuerza en los momentos más difíciles, mi consuelo en los días tristes y mi alegría en tiempos de victoria. A ti te lo debo todo.

Y qué decir de mis padres, no son suficientes las palabras para agradecerte a ti papi por tu apoyo incondicional, a ti mami por tu comprensión y paciencia, a los dos por su amor incomparable. Casi que no verdad? gracias por seguir creyendo en mí a pesar de las dificultades; a mis dos hermanitos (Marisol y John) por su amor y ternura, Juan David gracias porque a pesar de ser tan pequeño, me diste fuerza para no desmayar, los amo a todos ustedes.

A Nellys, mi mejor amiga, hermana y consejera; gracias por tus oraciones, por tu apoyo incondicional, por tu amor, por todos los momentos vividos, por todo lo aprendido y por lo que viene, te quiero mucho, nunca lo olvides.

A Aminta por la colaboración prestada y por el aporte de sus conocimientos.

Al profesor Gustavo Manjarrés, porque usted también creyó en mí aportando una valiosa ayuda como codirector, gracias por las revisiones y el tiempo que me dedicó.

Freddy, no me olvido de ti, compañero de muchas batallas, gracias por todo lo que hiciste por mí, por tu ayuda incondicional en el laboratorio, en las salidas de campo, yo no hubiera podido hacerlo sola, gracias por tu amistad y deseo de todo corazón que saques adelante tu proyecto, muy por encima de todos los obstáculos (recuerda la clave: “pegadito de la mano de Dios”).

A Mafe, Moni y Anguella por ser tan buenas compañeras y amigas, estudiar con ustedes fue una grata experiencia, las quiero mucho.

Quiero agradecer al director de la sede de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta y del Acuario Mundo Marino, Dr. Hernando Valencia; a todos los docentes que de alguna forma hicieron parte del aprendizaje durante la carrera, a Nélida, Alexi, Lonnie, Lamia, Juancho, Gualo, Dare y Joe, ustedes son de lo mejor, gracias por aguantarme, por su comprensión y ayuda.

Ni crean que me voy a olvidar de Orli y Uris, sé que sufrieron mucho con mis planticas, pero no se imaginan cuánto aprecio su ayuda, fueron un apoyo tremendo para mí y siempre estuvieron dispuestos a ayudarme cuando otros no lo estaban.

A todos mis compañeros de la U, compartir con ustedes ha sido muy edificante; por último a toda mi gente de Santa Marta (Rodadero y Jireh), a mis amigos y hermanos en Cristo Jesús, gracias por todo su apoyo y amor, sólo ustedes saben por lo que tuve que pasar, los quiero.

CONTENIDO

	pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
<u>LISTA DE TABLAS</u>	x
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	xi
<u>LISTA DE FOTOS</u>	xiv
<u>LISTA DE ANEXOS</u>	xv
<u>GLOSARIO</u>	xvi
<u>RESUMEN</u>	xxi
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>METODOLOGÍA</u>	10
2.1 <u>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA (ACUARIO)</u>	10
2.2 <u>FASE DE PREMUESTREO</u>	12
2.3 <u>RECOLECCIÓN Y TRANSPLANTE DE CESPEDONES DE</u> <u><i>Thalassia testudinum</i></u>	16
2.4. <u>MEDICIONES DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</u>	21
2.4.1 <u>Columna de Agua</u>	21
2.4.2 <u>Sedimento</u>	21
2.4.2.1 <u>Nutrientes</u>	22
2.4.2.2 <u>Materia Orgánica Total</u>	22
2.4.2.3 <u>pH</u>	22

	pág.
2.5 <u>MEDICIONES EN <i>T. testudinum</i></u>	23
2.5.1 <u>Tasa de Crecimiento</u>	23
2.5.2 <u>Largo y Ancho de las hojas</u>	24
2.6 <u>Análisis de la Información</u>	24
3. <u>RESULTADOS Y ANÁLISIS</u>	28
3.1 <u>MEDICIONES DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</u>	28
3.1.1 <u>Columna de agua</u>	28
3.1.1.1 <u>pH</u>	29
3.1.1.2 <u>Temperatura</u>	30
3.1.1.3 <u>Salinidad</u>	30
3.1.1.4 <u>Amonio y Nitritos</u>	31
3.1.1.5 <u>Ortofosfatos</u>	33
3.1.2 <u>Sedimento</u>	35
3.1.2.1 <u>pH</u>	37
3.1.2.2 <u>Carbono Orgánico</u>	37
3.1.2.3 <u>Materia Orgánica</u>	38
3.1.2.4 <u>Nitrógeno Total</u>	40
3.1.2.5 <u>Fósforo</u>	41
3.1.2.6 <u>Hierro, Manganeso y Zinc</u>	42
3.1.2.7 <u>Sulfato</u>	44
3.2 <u>MEDICIONES EN <i>T.testudinum</i></u>	47

	pág.
3.2.1 <u>Tasa de crecimiento</u>	46
3.2.2 <u>Indice de Area Foliar (IAF)</u>	50
4. <u>CONCLUSIONES</u>	55
5. <u>RECOMENDACIONES</u>	57

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	pág.
<u>Tabla 1.</u> Condiciones fisicoquímicas del agua.	11
<u>Tabla 2.</u> Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en un sistema controlado que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . (Media ⁺ - SD).	28
<u>Tabla 3.</u> Minerales necesarios para un óptimo crecimiento de las plantas.	35
<u>Tabla 4.</u> Parámetros fisicoquímicos del sedimento en un sistema controlado que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . (Media ⁺ - SD).	36
<u>Tabla 5.</u> Tasa de crecimiento promedio de las hojas de <i>T.testudinum</i> en un sistema controlado.	46
<u>Tabla 6.</u> Índice de área foliar promedio de <i>Thalassia testudinum</i> en un sistema controlado.	51

LISTA DE FIGURAS

	pág.
<u>Figura 1.</u> Instalaciones del Acuario Mundo Marino.	9
Figura 2. Zonas de transplante de <i>Thalassia testudinum</i> en un sistema Controlado.	20
<u>Figura 3.</u> Fluctuación del pH (Media ⁺ - SD) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	29
<u>Figura 4.</u> Temperatura promedio (Media ⁺ - SD) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	30
<u>Figura 5.</u> Salinidad promedio (Media ⁺ - SD) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	31
<u>Figura 6.</u> Concentración de amonio (mg.l ⁻¹) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	32
<u>Figura 7.</u> Concentración de nitritos (mg.l ⁻¹) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	32
<u>Figura 8.</u> Concentración de fósforo (mg.l ⁻¹) en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	34
<u>Figura 9.</u> Fluctuación del pH en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> . N = 2 (mediciones).	37

	pág.
<u>Figura 10.</u> Porcentaje de Carbono Orgánico contenido en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	38
<u>Figura 11.</u> Contenido de Materia Orgánica Total (%) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	40
<u>Figura 12.</u> Contenido de Nitrógeno Total (%) presente en el sedimento en un Sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	41
<u>Figura 13.</u> Cantidad de Fósforo (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	42
<u>Figura 14.</u> Cantidad de Hierro (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	43
<u>Figura 15.</u> Cantidad de Manganeso (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	43
<u>Figura 16.</u> Cantidad de Zinc (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	43
<u>Figura 17.</u> Cantidad de Cobre (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	44
<u>Figura 18.</u> Porcentaje de ion sulfato presente en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene <i>Thalassia testudinum</i> .	44

	Pág.
<u>Figura 19.</u> Formación de nuevo tejido de <i>Thalassia testudinum</i> (elongación) en un sistema de Acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media ⁺ - SD).	48
<u>Figura 20.</u> Tasa de crecimiento promedio de las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en un sistema de Acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000.	48
<u>Figura 21.</u> Gráfico de doble vía: Tasa de crecimiento Vs. Concentración de fósforo Presente en el sedimento en un sistema de acuarios con <i>T.testudinum</i> durante los meses Junio – Agosto 2000.	49
<u>Figura 22.</u> Ancho promedio de las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en un sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media ⁺ - SD). T ₀ = 29 Junio/00, día en el que se marcan las hojas.	51
<u>Figura 23.</u> Valores promedio del ancho de las hojas provenientes en los Céspedes iniciales y de aquellas nacidas después del transplante.	52
<u>Figura 24.</u> Longitud promedio total de las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en un sistema acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media ⁺ - SD).	52
<u>Figura 25.</u> Índice de Area Foliar promedio de las hojas de <i>Thalassia testudinum</i> en un Sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000.	53

LISTA DE FOTOS

	Pág.
FOTO 1. Bahía de Neguange, playa pescador.	14
FOTO 2. Praderas de <i>Thalassia testudinum</i> cercanas a la playa.	14
FOTO 3. Cespedón de <i>Thalassia testudinum</i> dentro de una nevera.	15
FOTO 4. Cespedón de <i>Thalassia testudinum</i> con el sedimento intacto (SOD).	15
FOTO 5. Extracción de cespedones, zona delimitada por estacas.	17
FOTO 6. <i>Thalassia testudinum</i> dentro del acuario.	17
FOTO 7. <i>Thalassia testudinum</i> dentro del acuario con algunas cabezas de coral	18
FOTO 8. <i>Thalassia testudinum</i> desúés de unas semanas del transplante en el Acuario.	18

LISTA DE ANEXOS

pág.

[ANEXO A](#). Características morfométricas de *Thalassia testudinum*. 69

GLOSARIO

Bioensayo: Constituyen pruebas controladas, en las cuales el investigador estudia los efectos que se producen sobre organismos vivos, que han sido expuestos a condiciones ambientales o compuestos particulares (Ramirez, 1999).

Carbón Activado: Tipo de filtro químico que se obtiene calentando a 900⁰C. Este proceso provoca el desarrollo de finos poros y canales dentro de los gránulos de carbón vegetal, creando una enorme superficie para la absorción de sustancias químicas (Burgess *et al.*, 1994).

Cespedón: Porción de sedimento que contiene plantas con sus raíces y rizomas respectivamente (Phillips, 1980).

Crecimiento: Las hojas de los pastos marinos tienen un meristemo basal a nivel de la superficie del sedimento; en él se encuentran unas células de elongación o crecimiento, por encima de esta sección el tejido de la hoja se desplaza hacia el extremo superior de las mismas; de tal manera que la distancia recorrida puede ser usada como una medida de su crecimiento (Dennison, 1990).

Experimento Mensurativo: Aquel en el cual se hacen mediciones en uno ó más puntos: el espacio o tiempo es el único tratamiento experimental (Hurlbert, 1984).

Filtración: Proceso de purificación del agua, según el cual las partículas no disueltas en el agua del acuario son retenidas por el sustrato de filtro (filtración mecánica), o sustancias disueltas son transformadas en otras por la acción de microorganismos (filtración biológica). La filtración química tiene lugar cuando se emplean masas filtrantes especiales para cambiar determinadas condiciones químicas del agua (Schliewen, 1997).

Filtro Biológico: Los filtros de gravas constituyen otro tipo biológico de filtración, en la arena o la grava se desarrollan los cultivos bacterianos que conforman una fábrica para la conversión de amoníaco en productos menos tóxicos (Burgess *et al.*, 1994).

Fotosíntesis: Proceso por el que las plantas fabrican glucosa para alimentarse, con ayuda de la luz y el bióxido de carbono (Schliewen, 1997).

Indice de Area Foliar (IAF): Está definida como el área total de la superficie de la hoja por unidad de área de superficie de sustrato medido y es un parámetro usado para estimar la capacidad fotosintética de las plantas y su papel en el intercambio de energía, agua, gas y carbono (Araújo *et al.*, 1997).

Microcosmo: Pequeños ecosistemas experimentales exteriores o interiores compuestos de ensamblajes biológicos naturales o axénicos (controlados) (Boyle y Fairchild, 1997).

Monitoreo: Trabajo que se proyecta en el tiempo, cuyo propósito es observar periódicamente ecosistemas que puedan ser afectados por la presencia de tenses, que incrementen, declinen o simplemente cambien en el tiempo, para de este modo definir su tendencia (Ramirez, 1999).

Nitrito (NO_2^-): Producto químico intermedio, resultante de la descomposición de residuos orgánicos nitrogenados. Ocupa un lugar intermedio entre amonio y nitrato en el proceso de descomposición (Schliewen, 1997).

Oligoelementos: Sustancias contenidas en agua y comida sólo en cantidades muy reducidas, pero que ejercen funciones importantes en el acuario. Es el caso del hierro, por ejemplo: se necesita muy poca cantidad para el buen crecimiento de las plantas, pero si falta, ese crecimiento se estanca (Schliewen, 1997).

Power Head: Dispositivo de aireación de acuarios. Al salir el agua, arrastra aire consigo a través de una manga de aireación y se mezcla con ella (principio de bomba de chorro de agua) (Schliewen, 1997).

Residuos Orgánicos: Productos finales que se forman por la desintegración de sustancias animales y vegetales provocada por hongos y bacterias (Schliewen, 1997).

Skimer (Eliminador de proteínas): También conocido como fraccionador de espuma, el cual elimina muchas sustancias del agua, que eventualmente pueden descomponerse y formar amoníaco. Recoge la espuma que se forma cuando una columna de burbujas sube a través de una muestra contaminada (Burgess *et al.*, 1994).

Standing Crop: Constituye el peso del material orgánico que puede ser muestreado o cosechado por métodos normales en un determinado período de tiempo en un área dada; generalmente sólo se refiere a la porción de las plantas que está por encima del sedimento (Zieman y Wetzel, 1980).

Sulfatos: Sales con contenido de azufre que se hallan en el agua en cantidades diversas y contribuyen a la dureza no carbonatada (Schliewen, 1997).

Técnica de Marcaje: Es usada para distinguir el tejido foliar formado antes y después del marcaje en la zona del meristemo basal de la hoja debido a la forma de crecimiento de los pastos marinos (Dennison, 1990).

Transplante: Técnica utilizada para la recolonización de áreas que han sufrido la pérdida de pastos marinos u otro tipo de vegetación ya sea por perturbaciones naturales o por factores antropogénicos (Phillips, 1980).

Valores del Agua: Determinan la calidad del agua. Los valores más utilizados en acuariología son: Amonio y amoníaco respectivamente, nitratos, nitritos, bióxido de carbono, oxígeno, valor pH y temperatura (Schliewen, 1997).

Valor pH: Unidad de medida del grado de acidez o basicidad del agua. Es la proporción entre ácidos y bases del agua. En acuarística se emplea el siguiente lenguaje: Muy ácida: pH inferior a 6; poco ácida: pH entre 6 y 6.9; Neutra: 7; poco alcalina/básica: pH 7.1 a 8 y muy alcalina/básica: pH 8.1 a 9 (Schliewen, 1997).

RESUMEN

Durante Junio del 2000 se llevó a cabo un transplante de *Thalassia testudinum* por medio de cespedones (*SOD*) extraídos de la Bahía de neguange a un microcosmo (acuario) del Museo Mundo Marino ubicado en El Rodadero, Caribe Colombiano; en la primera semana o fase de aclimatación (22 de Junio) no se realizaron mediciones de ningún tipo, posteriormente el 29 de Junio, 50 vástagos ubicados en tres zonas de transplante dentro del sistema fueron marcados con la técnica de Zieman para poder determinar su tasa de crecimiento a lo largo de 8 semanas aproximadamente; además de esto, se observaron algunas características morfométricas de las hojas, tales como longitud, ancho e índice de área foliar (IAF); se evaluó la calidad del agua en términos de nitritos, amonio, fósforo reactivo, pH, temperatura y salinidad, al igual que algunas concentraciones de nutrientes en el sedimento. La tasa de crecimiento promedio tuvo los siguientes registros: 0.42 ± 0.14 cm.d^{-1} para el día 6 de Julio y 0.22 cm.d^{-1} el 3 de Agosto respectivamente, transcurrido algunas semanas se presentó un cese paulatino en su actividad metabólica reflejada en la poca producción de hojas y en el crecimiento, todo esto debido posiblemente a las bajas concentraciones de nitrógeno y fósforo (0.18- 0.26% y 618.6 ppm y 76.23 ppm) y a los altos valores de cobre que pudieron provocar un envenenamiento en las plantas, más que por la calidad del agua que en términos relativos fue bastante buena obteniéndose concentraciones cercanas a los rangos óptimos permitidos para este tipo de sistemas.

Se considera que la técnica de cespedones con su sedimento intacto (*SOD*) es una buena opción para el transplante de *T. testudinum*, pero es necesario mejorar las condiciones del cultivo de las plantas dentro del acuario, tales como una más potente iluminación y adición de fertilizantes para futuros proyectos de investigación.

INTRODUCCIÓN

Los pastos marinos constituyen hábitats altamente productivos que la mayoría de veces están asociados con comunidades de marismas y manglares, se pueden encontrar en sustratos arenosos y fangosos, además son considerados como guarderías para muchas especies de invertebrados (cangrejos, moluscos, camarones) y peces juveniles; estos ecosistemas requieren una buena calidad de agua caracterizada por una baja cantidad de nutrientes disueltos, bajos niveles de partículas suspendidas y una alta transparencia (Marine Board Commission on Engineering and Technical System, 1994).

En el Caribe Colombiano se conocen cinco especies clasificadas en cuatro géneros: *Thalassia testudinum* (Banks ex König, 1805), *Syringodium filiforme* (Kützing), *Halodule wrightii* (Ascherson, 1868), *Halophila decipiens* (Ostenfold, 1902) y *Halophila baillonis* (Ascherson) (Den Hartog, 1976).

Ocupan un lugar único en la zona costera, ninguna otra planta acuática tiene la capacidad para colonizar los sedimentos no consolidados de aguas someras y producir tal abundancia de raíces y hojas. Son considerados como opciones viables para la restauración de hábitats marinos submareales (Fonseca *et al.*, 1982) a causa de que pueden propagarse en una amplia variedad de sustratos y que son buenos estabilizadores del mismo (Erfteimeijer, 1994), pues una vez

establecida la comunidad logran modificar la textura del sedimento y su contenido de materia orgánica y nitrógeno, reduciendo así la erosión costera (Kenworthy *et al.*, 1982)

Las técnicas de transplante son empleadas para mitigar las pérdidas en aquellos lugares donde el recubrimiento natural es muy bajo ó simplemente no existe. Los métodos de anclaje son:

Varillas de construcción, las cuales permiten que vástagos individuales con una sección de rizoma intacto se fijen alrededor de una varilla; *Bricks* (Ladrillos), se adhieren a este dispositivo de anclaje; Mallas, aquí grupos pequeños de vástagos con sus rizomas se sujetan a las mismas y Clavos, en donde éstos se unen con sus rizomas.

Entre los métodos de no anclaje se encuentran:

SOD: cespedones que contienen las plantas y raíces junto con su sedimento intacto y *PLUGS*: plantas con el sedimento entero colocadas en un hueco en el sustrato (Phillips, 1980), el autor no establece muy bien la diferencia con los *SOD*, pero por lo general se considera un *plug* como una masa de arena, arcilla u otro sedimento cuyo fin es rellenar un hueco.

En Colombia muy poco se ha trabajado con ensayos de transplante como una opción viable para la restauración de las praderas de pastos marinos que se han visto afectadas especialmente por las actividades de dragado y el turismo, las cuales se encuentran dentro del llamado “Desarrollo costero”; mucho menos se

sabe en forma general sobre los métodos de cultivo en laboratorio tal como lo plantea Lewis III, (1990).

Uno de los pocos antecedentes encontrados en Colombia, específicamente en la Costa Caribe sobre transplantes de pastos marinos, es el ensayo preliminar que realizan Fresneda y Gualteros (1994) en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario con la especie *Thalassia testudinum*. La sobrevivencia total que se obtiene en la implementación del transplante de cespedones es del 39%, definiendo el pastoreo como una de las principales causas de la muerte de los cespedones no protegidos.

Por otro lado, Palacios *et al.* (1992) realizaron determinaciones de producción primaria, crecimiento foliar, biomasa y peso de epífitos foliares de *Thalassia testudinum* en las Islas del Rosario, Caribe colombiano, concluyendo que la ppn de esta especie fue mayor en la zona somera que en la zona profunda, mientras que el crecimiento foliar mostró características opuestas a lo mencionado anteriormente.

Vélez (1990) llevó a cabo un estudio sobre la ecofisiología de una pradera de *T.testudinum* en la región de Santa Marta donde se observaron ciertos factores bióticos y abióticos que son determinantes para el buen funcionamiento de esta especie.

Ortiz *et al.* (1990) observaron el crecimiento, productividad foliar y biomasa de *Thalassia testudinum* en la costa sur oriental de Isla Grande, en el Caribe colombiano; ellos concluyen diciendo que esta planta presenta un mayor crecimiento en el sustrato caracterizado por arenas finas y que el rango de biomasa y productividad disminuye a medida que se incrementa la profundidad; también mencionan otros trabajos realizados en Colombia con dicha especie como son: el de Echeverry (1982), quien estudia invertebrados, biomasa e incidencia de factores ambientales sobre el ecosistema en la bahía de Neguange; Acero (1977), en la ictiofauna asociada a este sistema en la bahía de Neguange y Londoño (1974) con macrobentos asociado a *Thalassia* en la bahía de Cartagena.

Por mucho tiempo se consideró imposible mantener las comunidades de arrecifes coralinos y pastos marinos en sistemas cerrados, pero durante las últimas décadas se ha presentado un notable progreso en el tema. El estudio de estas especies bajo condiciones controladas está aportando mucho sobre su biología y productividad, por ejemplo, McMillan, (1980) registra una serie de trabajos en donde se puede observar una amplia tolerancia de las angiospermas a la intensidad lumínica, ya que algunas de las especies transplantadas sobrevivieron de igual manera bajo intensidades lumínicas en el medio externo y en cámaras de crecimiento con luz artificial.

Las plantas requieren de muchas sustancias para poder vivir y crecer normalmente (macronutrientes: C, N, K, Ca, P, Mg, S ; micronutrientes: Fe, Cl, Mn, Zn, Cu, B, Mo); algunos de estos elementos se encuentran de manera abundante en los acuarios, mientras que otros no; la cantidad que se necesite de ellos dependerá en gran medida del suministro de luz en el tanque, cuando la radiación es baja o moderada, éste puede recibir suficientes nutrientes solamente del recambio de agua y de la comida que se les da a los peces, mientras que un acuario fuertemente iluminado, necesita del abastecimiento de algunas de estas sustancias. Una de las formas más fáciles de adicionar macronutrientes, es agregando agua de un acuario de peces directo al acuario plantado (Randall, 1997).

Rose y Durako (1994) realizan un cultivo áxeno (crecimiento de una sola especie) de *Ruppia maritima* en el cual pretenden monitorear el crecimiento y la morfología de esta especie como respuesta a cambios en la calidad de la luz, durante un período de 65 días, tiempo en el cual pudieron comprobar que en efecto sí hay una respuesta marcada en los modelos de crecimiento de esta angiosperma.

Williams y Ruckelshaus (1993) desarrollan un estudio sobre el crecimiento de *Zostera marina* tanto en campo como en el laboratorio adicionando amonio en la columna de agua y en el sedimento, el cultivo se lleva a cabo durante dos períodos de 14 y 16 días respectivamente; otra fase del proyecto se encarga de observar el crecimiento de las hojas de esta especie en dos acuarios, con y sin

organismos pastoreadores durante 17 días, tiempo en el que se mide cada vástago marcado, pudiendo sacar diversas conclusiones importantes sobre la influencia, tanto del amonio como del pastoreo sobre el crecimiento de estas plantas.

Durante los 70's se adecuan pequeños acuarios en el Instituto Smithsonian de Washington, con diversas especies de pastos marinos del Atlántico adheridos a un microcosmo de arrecife coralino; con los géneros *Thalassia* y *Halodule* observan buenos resultados, pero el sistema sólo permanece en operación por uno ó dos años aproximadamente. Para 1980, establecen una comunidad relativamente grande de estas praderas (500 galones); *Halodule* no sobrevive durante el primer año y *Syringodium* definitivamente desaparece (posiblemente por el efecto sucesional), *Thalassia* continúa bien desarrollada hasta 1991. Esta comunidad rica en invertebrados ha fluctuado en la longitud de la hoja y en la densidad de acuerdo al tipo de peces pastoreadores que se coloquen en el sistema (Adey y Loveland, 1991).

Macauley y Clark (1987) llevan a cabo una investigación tanto en campo como en laboratorio donde estudian el crecimiento y *standing crop* de *Thalassia testudinum*, en una primera etapa del proyecto que dura tres años logran establecer el crecimiento estacional de esta especie, mientras que el monitoreo en el microcosmo se lleva a cabo en dos fases, una que dura 12 semanas y la segunda que dura 6 semanas, los resultados demuestran que la tasa de crecimiento de *Thalassia* fue un poco lenta, mientras que el *standing crop* de las epífitas fue mucho mayor que lo reportado en sus observaciones de campo.

McMillan (1980) menciona que algunos autores plantan pastos marinos directamente en acuarios, reportando un óptimo crecimiento para algunas especies provenientes de Texas con intensidades lumínicas de 200 a 450 ft-c (*Foot- candle* = 2000-4500 lux) y un crecimiento más lento en intensidades menores de 200 ó mayores de 450 ft-c.

Se han hecho diversas investigaciones de transplante *in situ* alrededor del mundo, con el fin de encontrar respuestas exitosas en cuanto al mejoramiento del hábitat de los pastos marinos (Marine Board Commission on Engineering and Technical System, 1994 y Thayer *et al.*, 1985); no ignorando la importancia que conlleva el estudio de estas plantas bajo condiciones controladas, puesto que el éxito de los métodos de cultivo facilitaría la realización de estudios detallados acerca de la productividad, las tolerancias ambientales y la biología de estas especies (McMillan, 1980).

Con base en las recomendaciones que varios científicos en diversos laboratorios del mundo incluyendo: *U.S Army Corps of Engineers (USACE)*, *The National Marine Fisheries Service (NMFS)*, *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, *The U.S. Forest Service (USFS)*, *The Environmental Protection Agency (EPA)* están lanzando sobre la necesidad de seguir recolectando información para la optimización de técnicas de transplante, necesarias en el desarrollo de programas de manejo ambiental y que además se tenga en cuenta la participación de colegios y universidades con fuertes

influencias costeras que desarrollen investigación básica (Marine Board Commission on Engineering and Technical System, 1994), este proyecto busca monitorear el crecimiento de vástagos de *Thalassia testudinum* transplantados por medio de cespedones a un sistema controlado (Acuario), teniendo en cuenta algunas características morfométricas de los vástagos y observando determinados parámetros fisicoquímicos de la columna de agua y del sedimento, con el propósito de aportar información sobre la técnica utilizada y las recomendaciones necesarias derivadas de esta experiencia que puedan servir para estudios posteriores enmarcados en los procesos de restauración de *Thalassia testudinum*.

El proyecto se ejecutó en las instalaciones del Acuario Mundo Marino, Rodadero - Santa Marta; el cual comprende una batería de 24 sistemas cerrados, donde se encuentran reproducidos los ecosistemas marinos típicos de la región como son: las formaciones rocosas, coralinas, manglares y la comunidad de pastos marinos ([Ver Figura 1](#)).

Se contó con el apoyo logístico de esta institución y con la colaboración de la Universidad del Magdalena, donde se realizaron los análisis de sedimento. El trabajo se presenta como requisito para optar al título de Biólogo Marino.

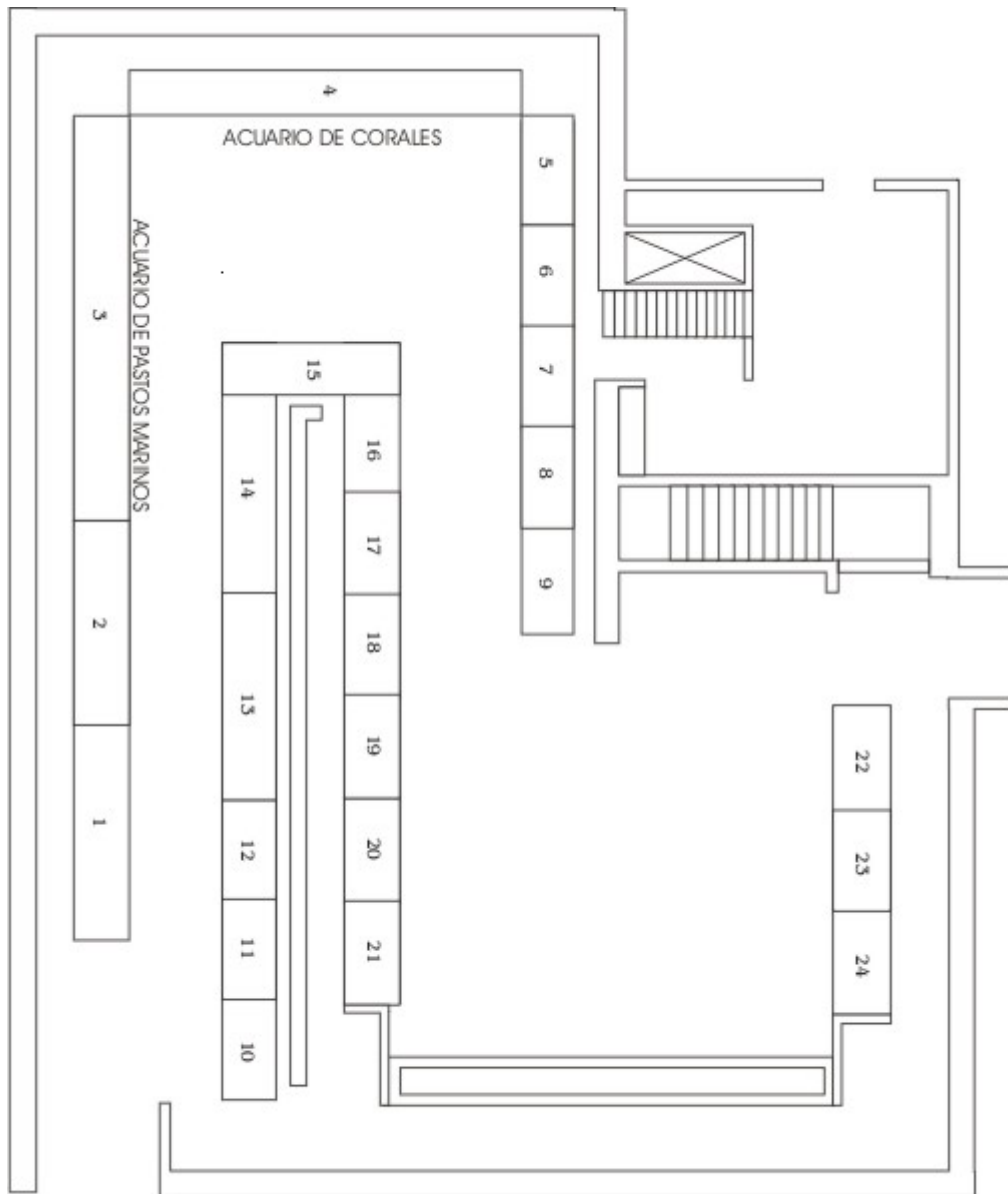


Figura 1. Instalaciones del Acuario Mundo Marino
Escala 1:100

Figura 1.

2. METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA (ACUARIO):

Está conformado por cuatro módulos fusionados, cada uno de ellos con las siguientes dimensiones: longitud 2.00 m, altura 1.10 m, ancho 0.85 m, con un volumen de 1.87 m³, para un total de 8 metros de largo, que se constituye en el sitio de trabajo para la realización del bioensayo.

Se instaló en el acuario de estudio un filtro biológico de piso, conformado por una red de tubería de PVC de 1" perforada, por donde fluye el agua hacia el sistema de filtración externa, a su vez sirve de base para soportar una plantilla de angeo que contiene diferentes tamaños de grava que albergan la población bacteriana. En la base del acuario se encuentra el sistema de filtración externo que consta de dos tubos de PVC sanitario de 4" que contienen material filtrante de diferente grosor con bolsas de guata y con carbón activado a manera de filtro mecánico y químico; este sistema se encuentra unido a otro tubo de PVC de 6" dispuesto verticalmente que sirve de almacenamiento de agua tratada que posteriormente es retornada al acuario por medio de un recirculador (*Power-head*) de 400 gal/h completándose así el ciclo de recorrido del agua.

En el interior del acuario se encuentran dispuestos (ocho) 8 desdobladores de proteínas (*Skimer*) que contribuyen en los procesos de circulación y aireación.

Cuenta también con un sistema de lámparas en la parte superior (Penn-Plax aquari-lux), junto con tubos fluorescentes de luz blanca de 20 w, distribuidas pareadamente a lo largo del techo, según Adey y Loveland (1991) los reflectores fluorescentes producen una amplia variedad de luz en el espectro y mucha de ésta se encuentra en un rango fotosintéticamente útil, Duncan (1990) comenta que los tubos fluorescentes son comúnmente usados en cámaras de crecimiento porque producen menos calor que los bulbos incandescentes y más cualidades del espectro natural de luz.

A continuación se incluye un registro del seguimiento de parámetros fisicoquímicos antes de llevar a cabo el transplante correspondiente a este proyecto dando información de las condiciones previas del agua:

Tabla 1. Condiciones fisicoquímicas del agua.

FECHA (2000)	pH (7.6 -8.3)*	T (°C) (25 -30)*	S (UPS) (35- 37)*	NH₄⁺ (mg/l) (0 - 0.05)*	NO₂⁻ (mg/l) (0.1- 0.5)*	NO₃⁻² (mg/l) (0.06- 2)*
Marzo 3	7.66	26.3	34.20	0.0002	0.001732	0.001381
Marzo 17	7.55	26.9	33.40	-	-	-
Marzo 24	7.71	24.5	34.30	0.0002	0.000210	0.051944
Marzo 30	7.62	27.4	33.5	-	-	-
Abril 7	7.81	24.4	34.70	0.0003	0.001346	0.074850
Abril 13	7.74	25.9	34.60	-	-	-
Abril 27	7.71	27.5	32.8	-	-	-
Mayo 5	7.70	25.8	33.80	0.0003	0.000404	0.011975

Datos tomados de Angarita *et al.*,2000.

*Parámetros fisicoquímicos óptimos para acuarios según Giraldo y Jaúregui (1995).

2.2 FASE DE PREMUESTREO:

Se hicieron dos ensayos de trasplante para afinar la metodología y lograr verificar el establecimiento de los vástagos dentro del sistema antes de iniciar con las mediciones correspondientes:

Taganga: se escogían sitios donde los pastos crecen bajo ciertas condiciones de estrés, como influencia de lanchas, pesca con chinchorro, etc., lo cual hace a la pradera más propensa a las perturbaciones; se extrajeron vástagos con la ayuda de pala y barretón a una profundidad intermedia adecuada para el desarrollo de los pastos marinos (3m), por medio del equipo de buceo *Scuba*, los cuales fueron llevados hasta el acuario primero por vía marítima y luego en transporte terrestre, lo cual tuvo una duración de tres horas aproximadamente. Estos se transplantaron retirando sedimento dentro del acuario donde posteriormente se insertaban permaneciendo por un período aproximado de un mes; este método de transplantar vástago por vástago y el sitio de donde se sacaron las muestras no se consideraron una buena alternativa, primero porque las hojas de los vástagos se murieron muy rápidamente y segundo porque la profundidad del agua hizo muy dispendioso el trabajo de campo afectando en alguna manera la extracción de *Thalassia* (Obs. Per.)

- Bahía Gayraca: Se extrajeron cespedones (*Thalassia* con su sedimento intacto) de una parte somera pero bastante influenciada por las lanchas; se plantaron en el sustrato del acuario y dos meses después las plantas aún permanecían en el sistema. Se escogió este método de cespedones (SOD) porque se considera mejor para el éxito de los trasplantes traer las plantas con su sedimento y porque dentro del acuario permanecieron por más tiempo; lo único que cambió fue el sitio donante para la siguiente fase de muestreo y ejecución del proyecto.

CRITERIOS DE ESCOGENCIA:

- En el área escogida (Bahía de Neguange, cerca de la zona de los manglares y lejos de la estación de lanchas (ver Foto 1)) la pradera de *Thalassia* se encontraba muy somera cerca de la playa, lo cual facilitó su extracción,

disminuyendo la pérdida de compactación del sedimento y permitiendo un mejor tratamiento de las plantas al ser colocadas directamente en neveras con agua del mismo sitio (ver Fotos 2 y 3).

- Se verificó la presencia de hojas muy verdes y sin gran cantidad de epífitos (observación subjetiva) lo cual garantiza un buen desarrollo del ecosistema a simple vista de acuerdo a lo sugerido por CARICOMP (1994).
- Se decidió utilizar la técnica de cespedones con sedimento intacto (*SOD*) y no el transplante de vástago por vástago, el cual no mostró buenos resultados durante la fase de premuestreo (ver Foto 4).
- No se colocaron peces pastoreadores dentro del sistema controlado porque su actividad alimenticia acaba con las hojas de *Thalassia*, tal como se vio en la fase de premuestreo, impidiendo obtener buenos resultados de su crecimiento y producción de nuevas hojas.

La Bahía de neguange está ubicada al noreste de la ciudad de Santa Marta y presenta una conformación abierta, donde alternan litorales rocosos con playas arenosas; en el costado este de la bahía se localizan un pequeño manglar (*Rhizophora mangle*), una pradera de *Thalassia testudinum*, formaciones coralinas con predominio de *Acropora* y *Millepora* entre otras especies y un sistema lagunar costero sin comunicación directa con el mar. Las condiciones ambientales responden en líneas generales al patrón climático descrito para la región de Santa Marta, en la época lluviosa (Mayo – Noviembre) se registran

temperaturas mayores a 29°C y salinidades menores a 35 UPS, como consecuencia del arribo de agua dulce continental (Ramírez, 1987).

2.3. RECOLECCIÓN y TRANSPLANTE DE CESPEDONES DE *Thalassia testudinum*:

Con la ayuda de una pala y un barretón se extrajeron 12 cespedones de 0.20 m largo x 0.25 m ancho x 0.10 m de profundidad o grosor de sustrato (ver Foto 5), éstos fueron colocados en neveras con agua del mismo sitio, para evitar una mayor desecación, teniendo en cuenta que dichas plantas soportan en alguna medida esta condición mientras no se exceda demasiado el tiempo de muestreo, que en este caso tarda 2 horas aproximadamente. Después de la obtención de las muestras se deben transportar de forma inmediata en lancha y carro al sitio de estudio; dependiendo las dimensiones de las neveras sólo caben uno o dos cespedones para evitar un mayor daño en sus hojas y rizomas; una vez llegados, se procedió al transplante de los mismos en el acuario (ver Fotos 6 y 7), el cual ya contenía sedimento extraído anteriormente de lugares donde se encontraba *Thalassia testudinum* tal como lo recomienda Phillips (1990).

Se ensamblaron en el sustrato a lo largo del acuario tres zonas de transplante de 0.80 m de largo x 0.25 m de ancho conformadas por cuatro (4) cespedones para tener un área total de 0.6 m² sumando las tres zonas (2.40 m x 0.25 m).

En cada zona de transplante se seleccionó un área de 0.25 m x 0.25 m (ver Figura 2) con el propósito de tener un sitio permanente para el muestreo, donde se marcaron y numeraron (rótulos de papel pergamino forrados en contac) los vástagos para ser observados durante dos meses aproximadamente, el área total muestreada fue de 0.1875 m² (tres parches) lo cual correspondió a un 31.25 % del área total transplantada.

El nivel del agua se bajó en un 80%, facilitando la manipulación y evitando la resuspensión del sedimento en la columna de agua que afecta la visibilidad durante las mediciones; es mucho más fácil trabajar de esta manera según la experiencia adquirida en premuestreos anteriores, ya que los vástagos no se colectaron a los 15 días, sino que se estudiaron *in vitro* todo el tiempo que duró el experimento.

2.4 MEDICIONES DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

2.4.1 Columna de Agua: En el acuario se realizaron 14 mediciones. Las muestras de agua fueron tomadas antes de bajar el nivel en el acuario y un día posterior al muestreo y después de haberse recuperado nuevamente el volumen habitual del sistema para las determinaciones de salinidad, pH y las lecturas de las

concentraciones de los nutrientes que fueron estimadas de acuerdo a lo indicado en el Manual de Técnicas Analíticas y Oceanográficas del CIOH (1993).

Se tomaron dos muestras en los módulos 1 y 3 que conforman el acuario de pastos marinos, a una profundidad media de la columna de agua y se envasaron en frascos de 500 ml, los cuales fueron almacenados a una temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su inmediato análisis después del muestreo. Antes de iniciar el procedimiento para la determinación de cada nutriente, las muestras se dejaron el tiempo suficiente fuera de la nevera para llegar a la temperatura ambiente.

Amonio: Método de Riley (1953) modificado por Strickland y Parsons (1968-1972).

Nitritos: Método de Shinn (1941) modificado por Bendschneider y Robinson (1952).

Fosfatos: Método de Murphy y Riley (1952).

2.4.2 Sedimento: Fue tomada una sola muestra en la parte intermedia entre el punto de muestreo 1 y 2 (ver Figura 2), todas las muestras fueron secadas a temperatura ambiente en bandejas y luego recolectadas en bolsas debidamente marcadas para su posterior procesamiento en la Universidad del Magdalena; se hicieron ocho mediciones, una vez por semana.

2.4.2.1 Nutrientes: Estas determinaciones se basaron en los métodos analíticos para el laboratorio de suelos que presenta el IGAC (1990).

Nitrógeno Total: se utiliza el método de Kjeldahl modificado.

Fósforo Disponible: Método Bray II MODIFICADO (IGAC).

Carbono Orgánico: Método de Walckley – Black.

Azufre: Método del Acetato de Amonio.

Cu, Fe, Mn y Zn: Por espectrofotometría de absorción atómica.

2.4.2.2 Materia Orgánica Total: Se puede hacer una buena estimación de la materia orgánica en el sedimento a partir de la pérdida de peso por ignición a 600°C para una muestra secada previamente; se toman 5 gr de la muestra y se llevan a la mufla a 550 °C durante 4 h, posteriormente se enfrían en el desecador. La diferencia de pesos indica la cantidad de materia orgánica encontrada (Buchanan y Kain, 1984).

2.4.2.3 pH: se midió con la ayuda de un pHmetro LF330WTW; se tomaron 20 ml de sedimento y 20 ml de agua destilada, se agitaron durante media hora y se dejaron en reposo por otra media hora para su posterior lectura según los Métodos Analíticos del Laboratorio de suelos (IGAC, 1990).

2.5 MEDICIONES EN *T. testudinum*:

Es importante mencionar que los datos fueron tomados semanalmente durante dos meses (8 Semanas), tiempo suficiente para encontrar cambios en la tasa de crecimiento de esta especie; Zieman y Wetzel (1980) consideran que ésta puede ser bastante rápida, las hojas de *T. testudinum* crecen 1 cm/día durante 15-20 días, además la producción de nuevas hojas se lleva a cabo en un período de 15 días según lo reporta Patriquin (1973).

Phillips (1990) añade que las plantas deben ser monitoreadas semanalmente para observar cambios en la longitud foliar y que después de cuatro semanas se pueden recolectar para obtener su peso. Este bioensayo pretende dar aportes preliminares que sirvan de base para otras investigaciones.

2.5.1 Tasa de Crecimiento: Uno de los principales métodos para hacer esta medición es la técnica de marcaje de las hojas (Zieman y Wetzel, 1980), la cual puede ser usada para distinguir el tejido de la hoja formado antes y después del

marcaje. Las hojas de los vástagos numerados ubicados dentro del cuadrante fueron perforadas por una pequeña aguja a corta distancia del meristemo basal (2 mm), o a la altura de la superficie del sedimento (CARICOMP,1994). Idealmente las hojas deben marcarse justo en la línea verde-blanca o un poco más arriba. Después de ocho días se debe medir con la ayuda de un nonio (precisión de 0.1 cm) desde la parte del meristemo basal hasta el punto de marca (Fresneda y Gualteros, 1994).

2.5.2 Largo y Ancho de las hojas: Estas estimaciones se realizan para calcular el índice de área foliar (IAF). Como la mayoría de los pastos marinos tienen hojas lineales y planas, el área de la hoja puede ser estimada multiplicando el largo por el ancho (Phillips, 1990). Sí es necesario que el ancho se tome 5 cm desde la parte basal de la hoja, tal como lo recomienda Phillips (1990), que además dice que el ancho de las hojas refleja su grado de stress.

2.6 Análisis de la Información:

Este es un estudio mensurativo en el que el único tratamiento aplicado fue el tiempo (Hurlbert, 1984), donde se pretendió observar cómo se comportó el ecosistema durante un cierto período para poder definir su tendencia. Los cespedones (12 en total) que conformaron las tres zonas de transplante no son réplicas como tal, por lo cual sólo se utilizó la estadística descriptiva, con una

medida de tendencia central que es la media aritmética y una medida de dispersión: la desviación standard; no se pudo contar con otras réplicas debido al aspecto logístico dentro del Museo.

Estas zonas de transplante pueden considerarse como puntos de muestreo, su ubicación en el espacio y en el tiempo obedecen a los propósitos del trabajo por tal razón es decidida por el investigador (Ramírez, 1999), en este caso se pretendió escoger lugares estratégicos donde la comunidad resultara lo menos afectada posible por la manipulación durante las mediciones debido a las dimensiones del acuario, teniendo en cuenta además que los objetivos del estudio se enfocaron básicamente en la observación general del comportamiento de *Thalassia testudinum* en términos de crecimiento y establecimiento del ecosistema bajo condiciones controladas, sin la aplicación de tensores químicos y físicos que pudieran verse alterados por la presencia del observador.

Los resultados presentados en este trabajo fueron cualitativos y/o cuantitativos, en los primeros se incluyeron la descripción de tópicos como características morfológicas de la especie observada, comportamiento de su crecimiento y de las variables fisicoquímicas tanto en el agua como en el sedimento, información sobre la colecta de las plantas, la presencia o no de semillas y aportes sobre el diseño de muestreo. Las descripciones cualitativas son ejemplos de situaciones cotidianas durante los muestreos; gracias a ellas se pueden explicar las

discrepancias que no obedecen a la realidad sino al método de muestreo, permitiendo así mejorar futuros estudios (Ramírez, 1999).

Por otro lado, los resultados cuantitativos correspondieron a matrices donde se encontraron los diferentes registros físicos, químicos y biológicos y adicionalmente fueron expresados de forma gráfica con el propósito de permitir una rápida conceptualización de los mismos.

Cada vástago marcado y sus hojas se evaluaron para estimar la tasa de crecimiento y el IAF, los resultados se presentaron tanto individualmente como de manera general (promedio de todos los vástagos).

1.Tasa de Crecimiento: Se construyó una matriz de datos con el siguiente formato (basado en CARICOMP, 1994) para cada vástago.

Vástago #1:

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Crecimiento (cm)	Fecha
Hoja 1	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	TOTAL					
	PROMEDIO					
	SD					
Hoja 2	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	TOTAL					
	PROMEDIO					
SD						

Luego se graficaron los datos de la tasa de crecimiento promedio (medida del desplazamiento de la marca/días) vs. tiempo (días transcurridos), con el fin de reconocer algún tipo de tendencia en el tiempo.

2. Índice de área foliar: se calcula de la siguiente manera:

IAF = área de la hoja (m²)/ m² de superficie muestreada (Phillips, 1992).

Los valores promedios del ancho de las hojas nacidas después del transplante en cada vástago marcado se graficaron en el tiempo para observar su fluctuación y posible disminución con respecto al ancho de las hojas que vinieron inicialmente en los cespedones.

3. Calidad de agua: De acuerdo a los resultados obtenidos para salinidad, temperatura, pH, nitritos, amonio y fosfatos se realizaron gráficos de tendencia a través del tiempo. Para los nutrientes se emplearon las absorbancias de los patrones preparados con el fin de ajustar las curvas de calibración por mínimos cuadrados, obteniendo la pendiente y el intercepto de la recta de la cual se deriva el cálculo matemático de la concentración de las muestras.

4. Sedimento: Los datos de pH, materia orgánica total, nitrógeno total, fósforo, carbono orgánico, ion sulfato, cobre, hierro, manganeso y zinc se graficaron con respecto al tiempo y también se pudieron hacer gráficos de doble vía

(Concentración de los diferentes parámetros vs. tiempo vs. tasa de crecimiento) para observar de manera totalmente descriptiva su fluctuación en el tiempo y sus posibles relaciones, ya que no se pudo establecer una relación causa-efecto de manera contundente.

Se contó con la ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS Versión 2 para Windows y Microsoft Excel.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 MEDICIONES DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

3.1.1 Columna de agua:

Las condiciones químicas y físicas dentro de un microcosmo deben considerarse como factores de gran importancia que inciden en los resultados finales de los experimentos (Boyle y Fairchild, 1997), ya que son ampliamente responsables del funcionamiento del sistema. La Tabla 2 resume los parámetros fisicoquímicos analizados.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en un sistema controlado que contiene *T.testudinum*. (Media ⁺ - SD). Junio – Agosto 2000.

FECHA (2000)	pH (7.6 -8.3)*	T (°C) (25 -30)*	S (UPS) (35- 37)*	NH ₄ ⁺ (mg/l) (0 - 0.05)*	NO ₂ ⁻ (mg/l) (0.1- 0.5)*	PO ₄ ⁻³ (mg/l) (0.06- 2)*
21 Junio	7.67 **	26.4 ⁺ -0.14	38.3**	0.013 ⁺ -0.008	0.021 ⁺ -.0014	1.14 ⁺ -0.23
23 Junio	7.72**	25.2 ⁺ -0.14	37.4**	0.032 ⁺ -0.009	0.016**	0.99 ⁺ -0.73
28 Junio	7.86**	25.2 ⁺ -0.14	36.4**	0.025**	0.010**	0.78 ⁺ -0.19
30 Junio	7.75**	26.95 ⁺ -0.07	36.4**	0.045 ⁺ -0.05	0.017 ⁺ -0.0014	1.38 ⁺ -0.04
5 Julio	7.71 ⁺ -0.05	27.4 ⁺ -0.21	35.4 ⁺ -0.14	0.005 ⁺ -0.005	0.012 ⁺ -0.0035	1.32 ⁺ -0.23
12 Julio	7.82 ⁺ -0.01	26.4**	35.6**	0.008 ⁺ -0.007	0.041 ⁺ -0.024	1.22 ⁺ -0.59
14 Julio	7.84 ⁺ -0.02	26.7 ⁺ -0.14	36.0**	0.012 ⁺ -0.009	0.042 ⁺ -0.0021	1.45 ⁺ -0.17
19 Julio	7.81 ⁺ -0.01	26.8 ⁺ -0.07	34.2 ⁺ -0.07	0.015 ⁺ -0.002	0.011 ⁺ -0.0025	1.40 ⁺ -0.3
21 Julio	7.87**	26.2 ⁺ -0.07	36.4 ⁺ -0.07	0.015 ⁺ -0.009	0.048 ⁺ -0.0035	1.6 ⁺ -0.028
26 Julio	7.84 ⁺ -0.07	25.1 ⁺ -0.07	36.2 ⁺ -0.21	0.013 ⁺ -0.008	0.010 ⁺ -0.007	0.94 ⁺ -0.13
28 Julio	7.84**	26.0**	36.2 ⁺ -0.14	0.021 ⁺ -0.008	0.014 ⁺ -0.0014	1.52 ⁺ -0.23
2 Agosto	7.89 ⁺ -0.07	25.4 ⁺ -0.21	36.2 ⁺ -0.07	0.025 ⁺ -0.024	0.010**	0.85**
4 Agosto	7.90 ⁺ -0.01	25.3 ⁺ -0.14	36.3 ⁺ -0.14	0.048 ⁺ -0.011	0.010**	1.64 ⁺ -0.19
10 Agosto	7.88**	25.4**	36.3**	0.010**	0.010**	1.24**

*Parámetros fisicoquímicos óptimos para acuarios según Giraldo y Jaúregui (1995).

** SD = 0.0 N = 2 muestras para mediciones.

3.1.1.1 pH: Este es de vital importancia para los organismos que viven en ella, tiene un gran efecto sobre sus reacciones bioquímicas (Hunnam *et al.*, 1991); durante la ejecución del trabajo se presentaron valores promedio entre 7.67 y 7.90⁺-0.01 sin mostrar grandes variaciones, pero con la tendencia de aumentar ligeramente a medida que transcurrían los días (ver Figura 3), posiblemente debido a la remoción de CO₂ por parte de las plantas, ya que según Schlieven (1997), éstas necesitan una buena cantidad del mismo para tener un buen crecimiento, a medida que el gas es utilizado los niveles de ácido carbónico disminuyen y el pH aumenta (Moe, 1993). Los procesos fotosintéticos extraen anhídrido carbónico del medio, aumentando la proporción relativa de hidroxilos y por tanto la alcalinidad (Hunnam *et al.*, 1991).

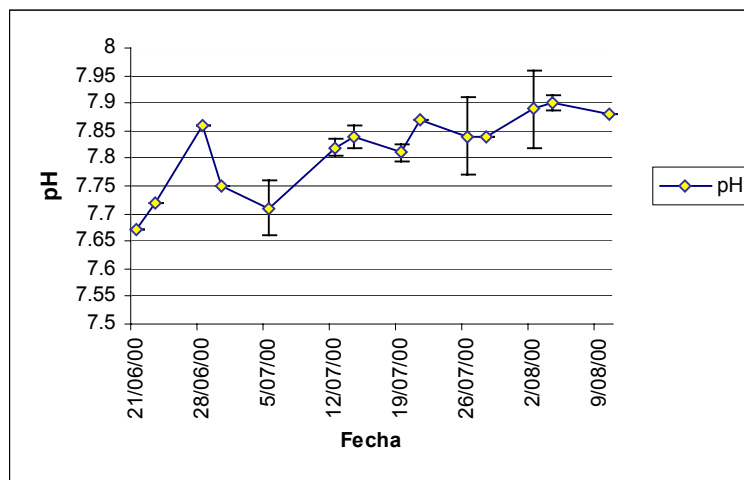


Figura 3. Fluctuación del pH (Media ⁺ - SD) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto del 2000.

3.1.1.2 Temperatura: Aunque la temperatura del agua es uno de los factores más importantes que influyen en la actividad biológica de los organismos, los pastos marinos pueden sobrevivir a variaciones de la misma (Zieman y Wetzel, 1980); durante el monitoreo se obtuvieron valores promedio entre 25.1⁺- 0.07⁰C y 27.4 ⁺- 0.21⁰C ([ver Figura 4](#)), manteniéndose dentro de un buen rango (18 – 28⁰C) para la especie en estudio como lo establece Hunnam *et al.*(1991).

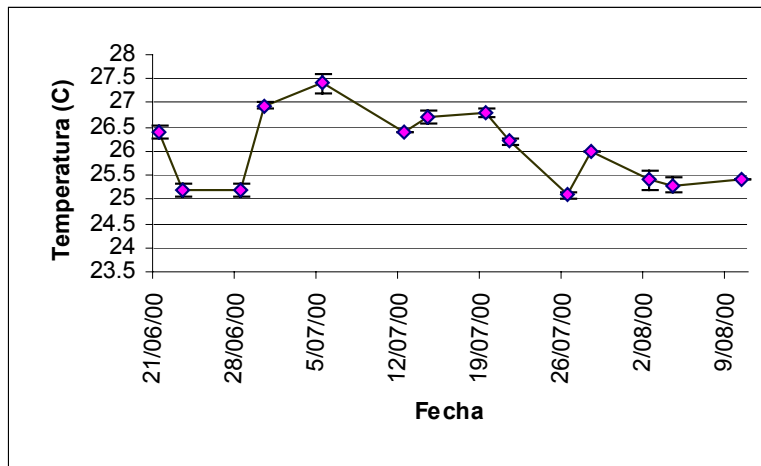


Figura 4. Temperatura promedio (Media \pm SD) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.1.3 Salinidad: Por otro lado, ésta registró su mayor valor el 21 de Junio (38.3 UPS), un día antes de realizar el transplante, lo que indica que en ese momento había una mayor concentración de sales disueltas en el agua, probablemente porque en un acuario este parámetro aumenta con la evaporación superficial al quedar dichas sustancias en la solución acuosa (Hunnam *et al.* 1991) y porque además no se había hecho recambio de agua unas semanas atrás; de todas formas al siguiente día de la plantación la salinidad bajó a 37.4 UPS, a lo largo del estudio varió muy poco manteniéndose entre 35 y 36 UPS, observándose en general un descenso en el muestreo de Julio 19, coincidiendo con el llenado después del correspondiente recambio de agua, por lo que se asume que es más una consecuencia de esta actividad que un resultado de la dinámica del sistema ([ver Figura 5](#)).

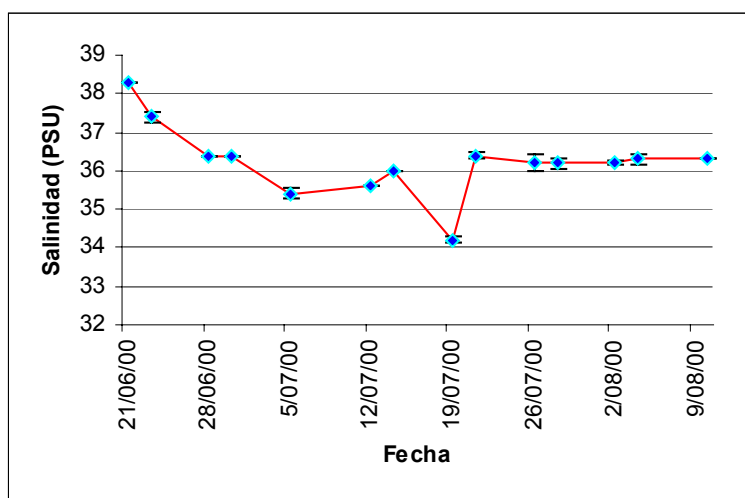


Figura 5. Salinidad promedio (Media \pm SD) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.1.4 Amonio y Nitritos: Los valores de amonio durante el período de muestreo estuvieron por debajo del nivel mínimo permitido para acuarios (0.01 a 0.05 mg/l); un día después de realizar el transplante la concentración aumenta ligeramente, para disminuir posteriormente y mantenerse estable a lo largo del muestreo, ya que en general se observaron fluctuaciones dentro del sistema con registros promedio entre 0.005 ± 0.005 mg/l y 0.048 ± 0.011 mg/l ([ver Figura 6](#)). Por otro lado los nitritos arrojaron concentraciones muy bajas durante la ejecución del proyecto, puesto que pueden estar entre 0.1 a 0.5 mg/l y los promedios registrados en mg/l fueron 0.010 a 0.048 ± 0.0035 mg/l ([ver Figura 7](#)).

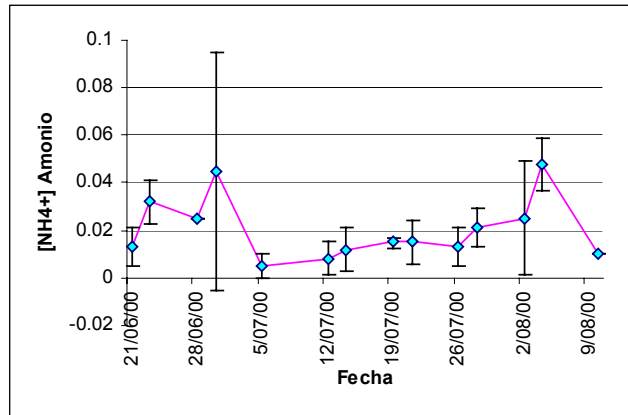


Figura 6. Concentración de amonio (mg.l^{-1}) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

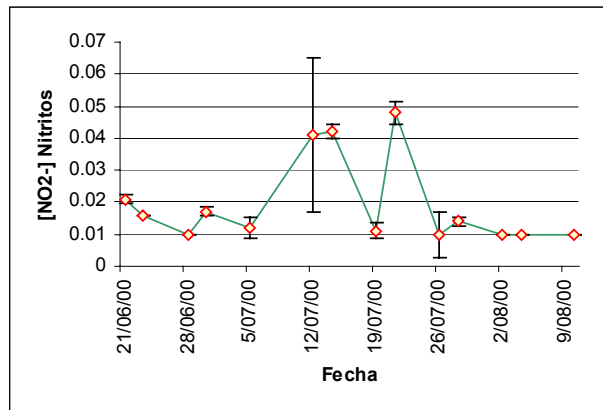


Figura 7. Concentración de nitritos (mg.l^{-1}) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

El amonio (NH_4^+) es poco tóxico en términos relativos, pero las bacterias contenidas en el fondo del tanque y también en el agua, lo transforman en nitrito (NO_2^-), que es un subproducto que puede ser tóxico en altas concentraciones, sin embargo, las plantas dentro del acuario desempeñan un papel muy importante ya que absorben el amonio como nutriente, lo asimilan y contribuyen así a la eliminación de estos productos metabólicos (Schliewen, 1997), es decir, que

actúan como filtros biológicos que ayudan a mantener una buena calidad del agua, probablemente sea ese el motivo por el cual los registros de nitritos y de amonio sean tan bajos, ya que según Van Tussenbroek *et al.* (1994) se puede considerar que estas sustancias solubles en el agua son absorbidas muy rápidamente por los pastos marinos. No obstante, para asegurar esto es necesario determinar una tasa de consumo como tal por parte de *Thalassia testudinum*.

3.1.1.5 Ortofosfatos: Las concentraciones de fosfatos se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para acuarios marinos (0.06 a 2 mg/l) con valores promedio entre 0.78 \pm 0.19 mg/l y 1.64 \pm 0.19 mg/l, pero con la tendencia de llegar casi al límite superior permitido (ver Figura 8). El ion fosfato en el agua es una “sal nutritiva”, imprescindible para la síntesis orgánica (Corredor *et al.*, 2000) y también es considerado como el factor limitante para el crecimiento de los pastos marinos en su medio natural (Van Tussenbroek *et al.*, 1994).

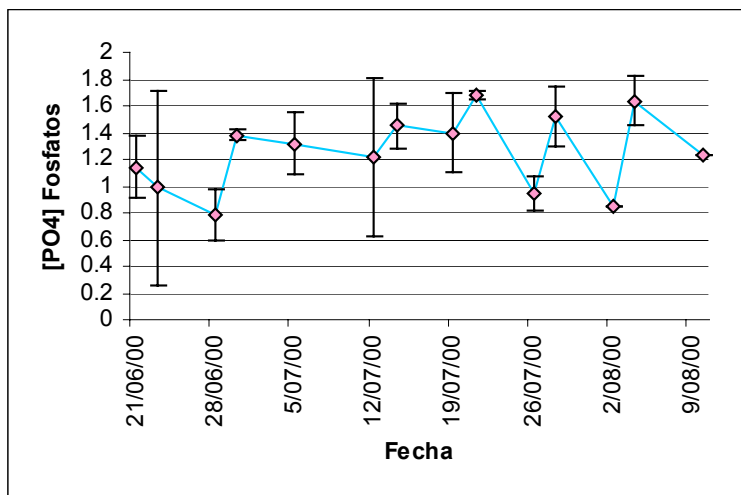


Figura 8. Concentración de fósforo reactivo (mg.l^{-1}) en un sistema de acuarios que contiene *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

Muchos autores han examinado la absorción de nutrientes por las hojas de estas comunidades en cámaras de crecimiento y han determinado que en definitiva sí toman el nitrógeno y fósforo desde la columna de agua (Short y Short, 1984); en este caso es bastante complicado afirmar que *T.testudinum* absorbió de manera eficaz el nutriente

mencionado. Cuando se presentan altas cantidades de ortofosfato en los sistemas controlados puede deberse a la adición de agua potable a los acuarios para evitar una excesiva evaporación, la cual contiene fósforo y otros elementos nitrogenados según Schliewen (1997).

En términos generales la calidad del agua fue buena, ya que los niveles de los parámetros fisicoquímicos no excedieron los rangos aceptables para acuarios marinos y para la especie en estudio.

Algo que también pudo influir es que dentro del acuario no se colocaron peces para evitar el pastoreo sobre *T.testudinum*, lo cual disminuye la posibilidad de que los subproductos tóxicos aumenten considerablemente en el medio como consecuencia de sus procesos de excreción.

3.1.2 Sedimento:

En la actualidad no se cuenta con información sobre las concentraciones óptimas de nutrientes en el sedimento que deben presentar los acuarios con plantas, especialmente las que viven en el medio marino; se cuenta como referencia el trabajo de Randall (1997), donde establece un *standard* sobre las concentraciones de estos elementos requeridas para un buen crecimiento de plantas de agua dulce dentro de un sistema cerrado, registradas en la Tabla 3.

Tabla 3. Minerales necesarios para un óptimo crecimiento de las plantas (Randall,1997).

MACRONUTRIENTES Mineral	CONCENTRACIÓN APROXIMADA
Carbono (C)	43%
Nitrógeno (N)	1 – 3%
Fósforo (P)	500 – 1000 ppm
Sulfato	0.05 – 1.5%
MICRONUTRIENTES Mineral	
Hierro (Fe)	10 – 1500 ppm
Manganeso (Mn)	5 – 1500 ppm
Zinc (Zn)	3 – 150 ppm
Cobre (Cu)	2 – 75 ppm

El papel que juega el sedimento en el medio acuático es de primordial importancia, ya que es reflejo de lo que sucede en la columna de agua (De la Lanza, 1986).

Las plantas requieren de muchas sustancias para poder crecer, los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, mientras que los micronutrientes, aunque también son importantes son asimilados en pequeñas concentraciones según Randall (1997).

Un factor que no se debe olvidar para lograr que transplantes de *T. testudinum* tengan una rápida adaptación y sobrevivencia, es el carácter anaeróbico del sustrato de resiembra (Fresneda y Gualteros, 1994); en este caso, el sedimento proviene en su mayor parte del sitio donde se encuentran establecidas las praderas, tal como lo recomienda Phillips (1990), por tanto puede considerarse que esta condición de anaerobiosis la mantenía este sustrato.

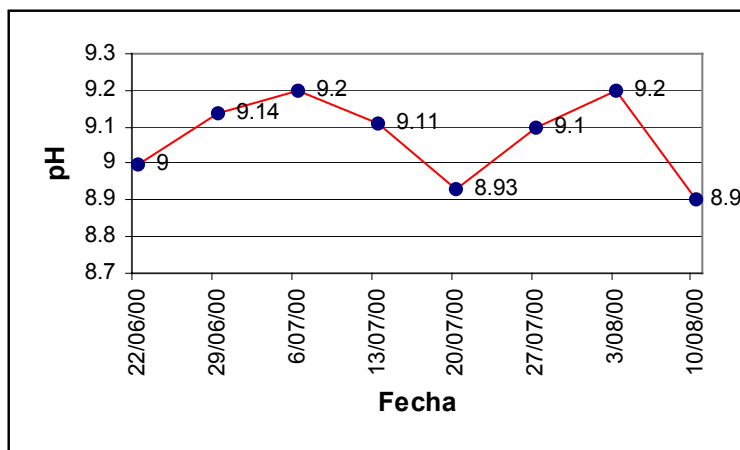
A continuación se resumen los parámetros fisicoquímicos del sedimento desde el 22 de Junio hasta el 10 de Agosto del 2000.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del sedimento en un sistema controlado que contiene *T.testudinum*. Junio – Agosto 2000.

Fecha	22 Jun.	29 Jun.	6 Jul.	13 Jul.	20 Jul.	27 Jul.	3 Ago.	10 Ago.
pH	9.0	9.14	9.2	9.11	8.93	9.10	9.20	8.90
Carbono Orgánico (%)	0.14	0.11	0.18	0.19	0.19	0.21	0.19	0.21
Materia Orgánica Total (%)	0.24	0.20	0.28	0.22	0.33	0.31	0.34	0.39
Nitrógeno total (%)	0.21	0.18	0.26	0.21	0.18	0.26	0.19	0.21
Hierro (ppm)	22.78	19.64	23.66	20.44	12.66	24.64	21.34	14.82
Manganeso (ppm)	29.02	44.38	29.8	45.32	36.14	29.9	43.25	39.62
Cobre (ppm)	107.77	186.83	111.5	189.85	130.08	121.43	191.68	135.45
Zinc (ppm)	25.45	47.5	26.48	48.16	35.87	27.86	43.5	37.84
Fósforo (ppm)	611.60	239.05	618.6	410.5	97.93	76.23	83.21	101.93
Sulfato (%)	1.21	1.34	1.31	1.36	1.6	1.3	1.4	1.5

3.1.2.1 pH: registró valores bastante altos: 8.90 – 9.2 (Figura 9), inducidos probablemente por una gran cantidad de carbonato por la presencia de rocas como la caliza que conforman parte del fondo del acuario (Hunnam *et al.*1991), no ignorando además que el sustrato nativo de los cespedones puede contener suficiente carbonato ya que provienen de una zona tropical con fuerte influencia arrecifal (Erfteimeijer, 1994), aunque este es sólo un discernimiento por la falta de análisis químicos del contenido de carbonato de calcio.

Figura 9. Fluctuación del pH en el sedimento en un sistema de acuarios que contiene

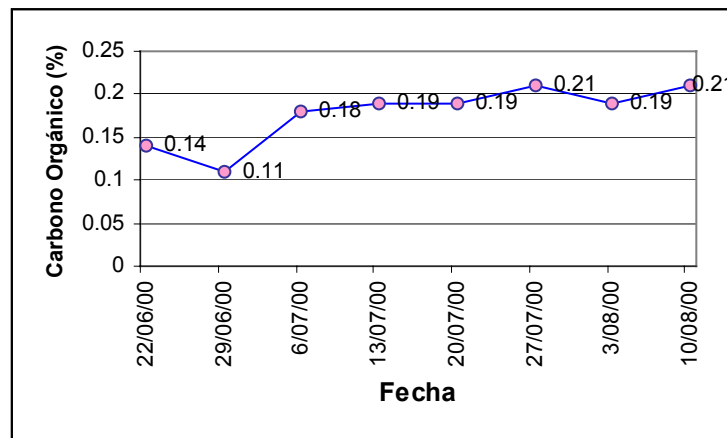


T.testudinum, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.2 Carbono Orgánico: El porcentaje de carbono orgánico se mantuvo dentro de los siguientes rangos: 0.11 - 0.21% a lo largo del muestreo, con pequeñas fluctuaciones ([ver Figura 10](#)); se puede considerar que se encuentran dentro de lo requerido por los pastos, ya que aunque no se cuenta con esta medición en los ambientes de sistemas cerrados se pretende en los mismos simular las condiciones del medio natural y aunque no se busca comparar, sí se puede considerar que según lo encontrado en el sedimento del medio natural donde se desarrollan praderas de pastos marinos tenemos valores similares a los de algunos estudios, 0.14 % a 0.26% entre otros (Córdoba, 1997).

En los sistemas cerrados se asegura que la acumulación de carbono orgánico disuelto y particulado puede ser controlado por los mismos cambios de agua, por los desdoblados de proteínas y por la filtración del carbono activado (Moe, 1993).

Figura 10. Porcentaje de Carbono Orgánico contenido en el sedimento en un sistema de



acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.3 Materia Orgánica: Constituye una fuente potencial de energía y nutrientes que es aportada al sedimento especialmente por la macrovegetación (De la Lanza, 1986; Kenworthy *et al.*, 1982). Su porcentaje total varió entre 0.20% y 0.39% durante el monitoreo ([ver Figura 11](#)), manteniéndose cercano a los valores más bajos de materia orgánica registrados en trabajos de praderas entre 0.16% - 3.95% con un promedio de $1.35 \pm 0.48\%$, Bello *et al.* (2001) establecen que el contenido de materia orgánica de los sedimentos normalmente es poco elevado oscilando entre 0.1 y 10% y que los valores bajos se deben a la ligera disminución del contenido orgánico en la interfase agua-sedimento. Por otra parte los contenidos bajos de MO se encuentran asociados al tipo de sedimento de arenas finas que predomina en la bahía de Neguange (Córdoba, 1997).

En teoría, el crecimiento de la vegetación debería promover entradas continuas de materia orgánica al sedimento, teniendo en cuenta que las plantas contribuyen a la formación de ésta directamente con la producción de rizomas y raíces e indirectamente por la deposición de las hojas (Kenworthy *et al.*, 1982); en el acuario se observó una gran cantidad de hojas ya desprendidas que se encontraban sobre el sustrato, muy posiblemente iniciando su proceso de mineralización, para confirmar esto se deben estudiar sus ciclos biogeoquímicos y ver si la meiofauna o las bacterias están cumpliendo sus funciones de descomposición, porque si esta parte no es llevada a cabo, puede haber mucho detritus pero éste no será bien aprovechado por los pastos. En un sistema controlado muchas cosas pueden pasarle a las plantas antes de una completa adaptación del ecosistema, pues de todas formas, las condiciones de su ambiente natural se ven alteradas significativamente en sus procesos biológicos y fisiológicos (Randall, 1997).

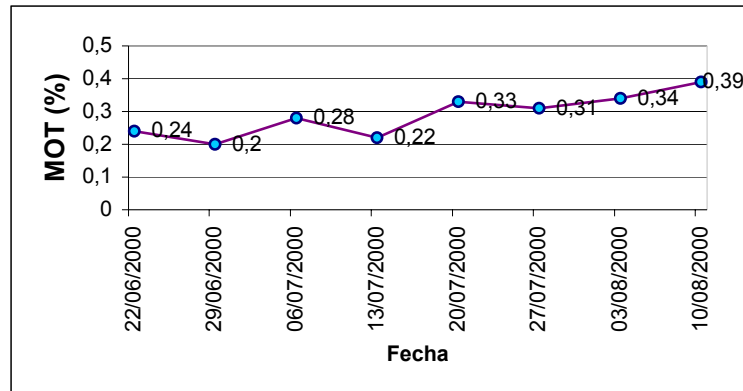


Figura 11. Contenido de Materia Orgánica Total (%) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.4 Nitrógeno total: Mostró ligeras variaciones a lo largo del estudio con rangos entre 0.18% y 0.26% ([Figura 12](#)), estos valores son más bajos que los reportados por Randall (1997), significando probablemente que hay una deficiencia en el *pool* de nitrógeno presente dentro del sedimento, lo cual puede ser grave para las plantas pues éste es un factor limitante para su crecimiento y posterior sobrevivencia ya que este elemento tiene implicaciones inmediatas y a largo plazo para su mantenimiento y desarrollo (Kenworthy *et al.*, 1982), además, teóricamente la descomposición y retención de materia orgánica proveniente del detritus de las plantas debería contribuir de manera sustancial aumentando la cantidad de nitrógeno en el sustrato, sin embargo, los bajos valores de MO pueden estar relacionados con las bajas concentraciones obtenidas para el nitrógeno total. De todas formas el nitrógeno es un compuesto bastante inestable que puede cambiar a diversas formas de acuerdo al ciclo que se esté llevando a cabo dentro de la dinámica del sistema (Moe, 1993).

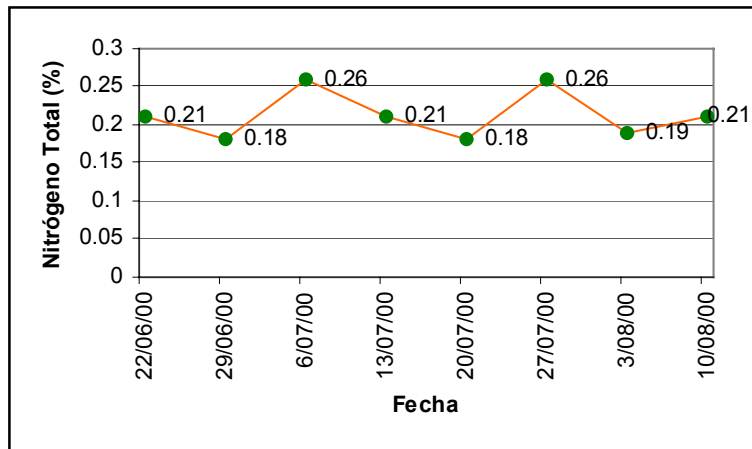


Figura 12. Contenido de Nitrógeno Total (%) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.5 Fósforo: La cantidad de fósforo (ppm) encontrada en el sedimento sí mostró grandes cambios ([ver Figura 13](#)) durante cada semana, encontrándose rangos entre 618.6 ppm y 76.23 ppm como la mínima concentración, siendo valores muy bajos según lo reportado por Randall (1997) (500 – 1000 ppm). A partir del cuarto muestreo hay una disminución drástica, reduciéndose la disponibilidad para el ciclo de las plantas, pues Erftemeijer (1994) considera que valores entre 650 – 2570 ppm favorecen estos procesos. Este nutriente tiende a acumularse en los sistemas de acuarios marinos a través de la excreción de las plantas y la descomposición de las mismas y por los procesos bacterianos del detritus (Moe, 1993).

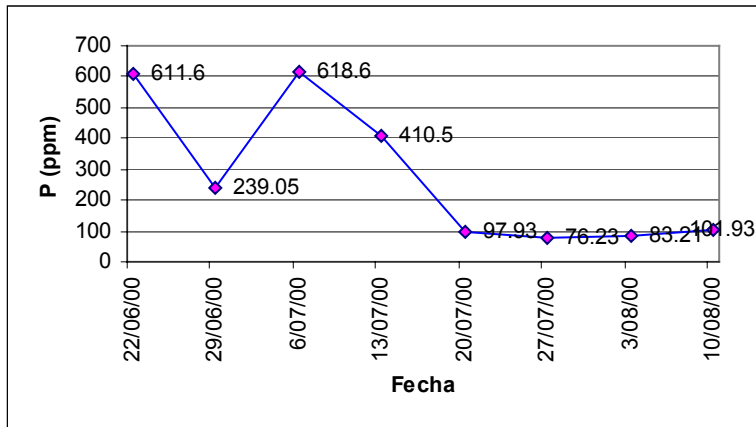
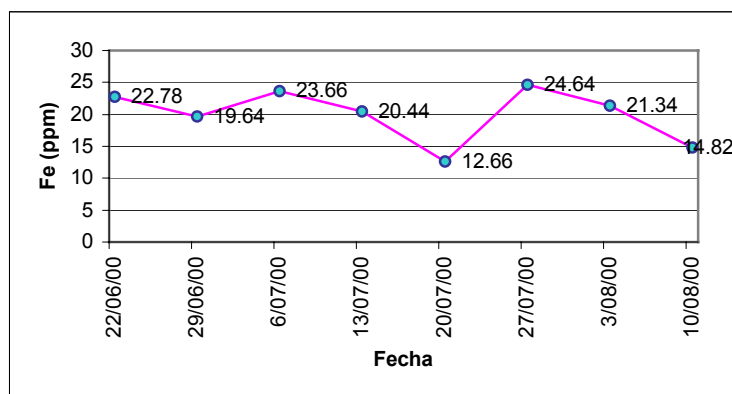


Figura 13. Cantidad de Fósforo (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.6 Hierro, Manganeso, Zinc: Las concentraciones de hierro estuvieron entre 12.66 ppm y 24.64 ppm; manganeso: 29.02 ppm – 45.32 ppm; zinc: 25.45 ppm – 48.16 ppm y cobre: 107.77 – 191.68 ppm (ver Figuras 14 – 17), este último fue el único micronutriente que presentó valores más altos según lo reportado por Randall (1997); estos elementos también llamados “metales traza”, ya que son necesarios para todas las células vivientes aunque en mínimas proporciones, llegan a ser tóxicos en grandes concentraciones.

Figura 14. Cantidad de Hierro (ppm) presente en el sedimento en un sistema de



acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

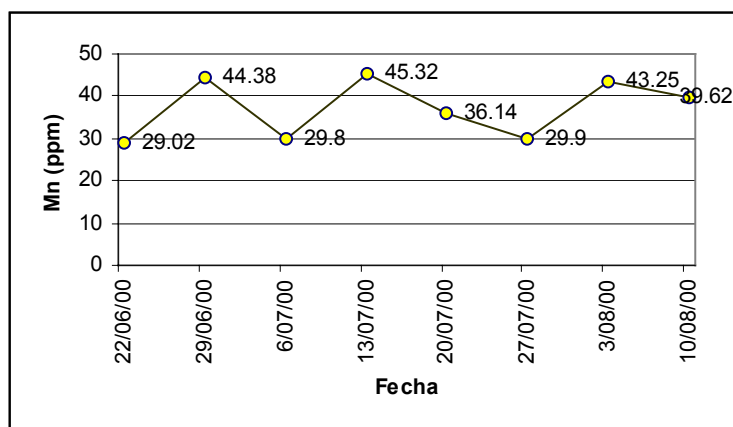


Figura 15. Cantidad de Manganeso (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

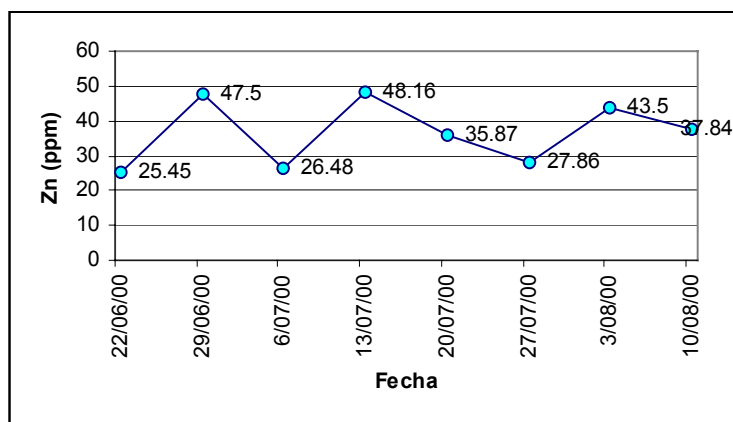


Figura 16. Cantidad de Zinc (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

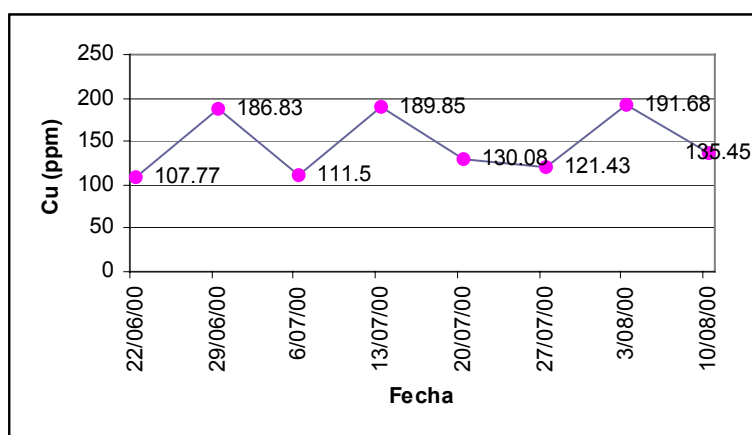


Figura 17. Cantidad de Cobre (ppm) presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

3.1.2.7 Sulfato: Por último, el porcentaje de sulfato tuvo valores desde 1.21 hasta 1.6% (figura 17), éstos se mantuvieron sin grandes variaciones y dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de las plantas según lo planteado por Randall (1997).

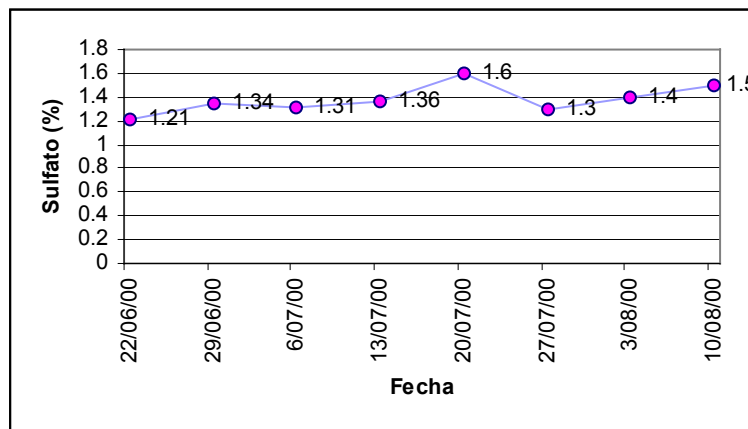


Figura 18. Porcentaje de ion sulfato presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

No cabe duda y vale la pena mencionar que aunque no se hicieron mediciones de la iluminación, éste ha sido uno de los grandes problemas de los acuarófilos puesto que hay una gran cantidad de opciones para escoger el tipo de luz para un acuario plantado, pero es bastante difícil y confuso decidir cuál trabajará mejor en determinado caso y factores como estos pueden incidir sobre un exitoso establecimiento de *T. testudinum*, ya que la luz es su fuente de energía primaria (Hunamm *et al.*,1991). A pesar de esto es muy importante tener en cuenta el fotoperíodo, para la mayoría de las plantas usadas en acuarios se recomiendan entre 10 a 14 horas diarias de iluminación (Randall,1998), tiempo que se tiene en cuenta para este estudio. Dawes (1998) añade que los pastos marinos pueden

aclimatarse a cambios en la iluminación submarina, aunque de todas formas puede alterarse su tasa de crecimiento; es factible que este aspecto haya repercutido en el crecimiento y producción de hojas de *T. testudinum*; se podría pensar que estaban dadas las condiciones para una buena iluminación, pues se usaron luces fluorescentes y Hunnam *et al.*(1991) afirma que éstas producen una amplia variedad de luz en el espectro, mucha se encuentra en un rango fotosintéticamente útil que estimulan el crecimiento foliar, sin embargo, es posible que la altura del acuario (1 m) no favoreciera la absorción por parte de las plantas, ya que Schliewen (1997) recomienda este tipo de luces para acuarios con 50 cm de alto y aunque Hunnam *et al.*, (1991) y Randall (1998) consideran que más que la intensidad, el mal estado de las plantas se debe a un fotoperíodo insuficiente, este punto quedará sujeto a mayor investigación.

3.2 MEDICIONES EN *T.testudinum*:

3.2.1 Tasa de Crecimiento:

Se presenta a continuación los datos de elongación y tasa de crecimiento promedio durante el monitoreo de los cespedones, los cuales una vez recolectados en el medio natural y transplantedos dentro del acuario se dejan en un período de “aclimatación” de siete días antes de proceder al marcaje (Lapointe *et al.* 1994), el día 29 de Junio.

Tabla 5. Tasa de crecimiento promedio de las hojas de *T.testudinum* en un sistema controlado.

FECHA	n*	Elongación (cm)	SD*	Tasa de Crecimiento** Promedio (cm d ⁻¹)	SD*
29 Junio 2000	43	-	-	-	-
6 Julio 2000	43	2.95	0.98	0.42	0.14
13 Julio 2000	40	2.30	0.81	0.33	0.12
20 Julio 2000	39	1.73	0.77	0.24	0.11
27 Julio 2000	25	1.27	0.86	0.18	0.12
3 Agosto 2000	5	1.56	0.72	0.22	0.10
10 Agosto 2000	-	-	-	-	-

* n = número de hojas marcadas; SD = Desviación estándar

**Tasa de crecimiento = Elongación (formación de nuevo tejido)/7(días)

Los vástagos tenían entre tres y cuatro hojas aproximadamente durante la fase de transplante (22 de Junio), lo cual es normal para *T. testudinum* (Zieman y Wetzel,1980), pero a la semana siguiente (29 Junio) se observó el desprendimiento de la gran mayoría de hojas, quedando una o dos como máximo para cada vástago (ver Anexo A), esto pudo deberse al *stress* ocasionado por la extracción de *T.testudinum* de su medio natural; su metabolismo según Zieman y Wetzel (1980) puede alterarse cuando las plantas son removidas de su ambiente natural perturbando su complejo sistema de raíces; aunque no se puede obviar que los trasplantes de pastos marinos son más exitosos cuando se dejan las raíces con la porción de sedimento o son replantados en uno similar (Smith *et al.*,1979; Phillips, 1980), todo esto sugiere que hay un factor en la rizósfera de *T.testudinum* que puede ayudar en el crecimiento de las plantas.

En vista de esto, en la semana del 29 de Junio cuando se hizo el marcaje, se contó solamente con 43 hojas para 41 vástagos de los 50 que se encontraban dentro de los cuadrantes durante la fase inicial ([ver Tabla 5](#)). A pesar de este desprendimiento de hojas, los vástagos de *T. testudinum* formaron tejido nuevo por medio de las células que se encuentran en su meristemo basal (crecimiento), observado por el desplazamiento de la marca (Dennison, 1990). El promedio de elongación como se llama a este proceso tuvo valores entre 2.95 ± 0.98 cm para el día 6 de Julio y 1.56 ± 0.72 cm para el 3 de Agosto ([Ver Figura 19](#)), mientras que la tasa de crecimiento promedio tuvo los siguientes registros: 0.42 ± 0.14 cm.d⁻¹ (6 Julio) y 0.22 cm.d⁻¹ (3 Agosto) ([ver Figura 20](#)); aunque definitivamente no se puede comparar estadísticamente con el medio natural, Zieman y Wetzel (1980) estiman que normalmente las tasas de crecimiento de *T. testudinum* oscilan entre 0.25 cm.d⁻¹ hasta 1 cm.d⁻¹ y Patriquin (1973) menciona valores aproximados de 0.22 cm.d⁻¹, es decir, que a pesar de todo el *stress* y de la posible alteración de su metabolismo, esta angiosperma trató de adaptarse a su nuevo ambiente.

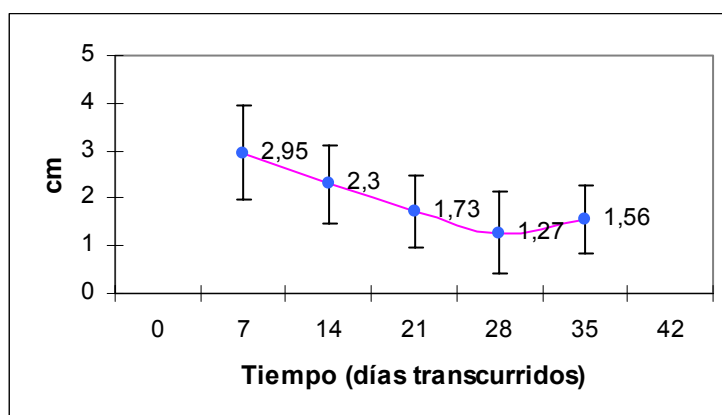


Figura 19. Formación de nuevo tejido de *T. testudinum* (elongación) en un sistema de Acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media \pm SD). t_0 = 29 Junio/00, día en el que se marcan las hojas.

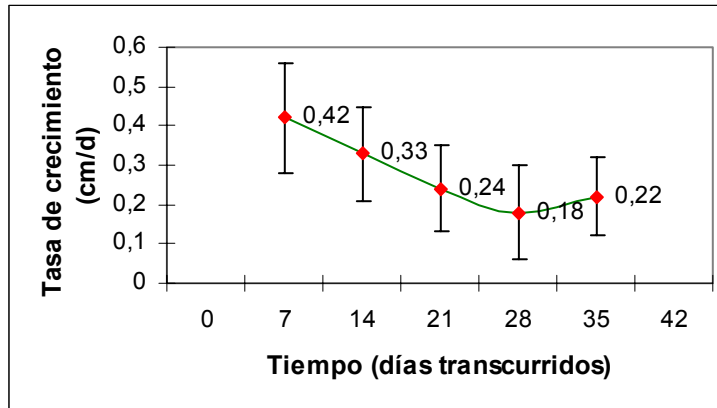


Figura 20. Tasa de crecimiento promedio de las hojas de *T.testudinum* en un sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media \pm SD). t_0 = 29 Junio/00, día en el que se marcan las hojas.

Aunque es posible que su tasa de crecimiento haya disminuido con relación a la edad de las hojas tal como la plantea Patriquin (1973), lo más factible es que aspectos como la paulatina disminución del nitrógeno y fósforo mencionados anteriormente hayan incidido de manera negativa sobre el metabolismo de *T.testudinum*, pues el fósforo es considerado como el principal factor limitante para estas comunidades (Van Tussenbroek *et al.*, 1994) y como en el acuario no habían peces ni se agregaron fertilizantes, es mucho más probable que las plantas se vean limitadas por este nutriente (Randall 1997), aunque desde el inicio de este proyecto se estableció que así fuera porque de todas formas no se tiene ningún tipo de información al respecto; descriptivamente puede decirse que a medida que escaseaba el nutriente, el crecimiento de las plantas iba decayendo a la par, posiblemente por el consumo de las mismas ([ver Figura 21](#)).

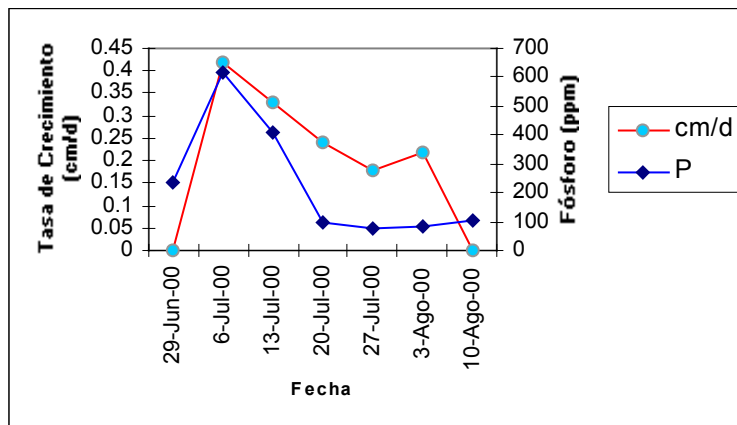


Figura 21. Gráfico de doble vía: Tasa de crecimiento Vs. Concentración de fósforo presente en el sedimento en un sistema de acuarios con *T.testudinum*, durante los meses Junio – Agosto 2000.

También es necesario destacar los elevados valores de cobre ([ver Figura 17](#)), pues indicarían un posible envenenamiento por parte de *T.testudinum* (Pulich *et al.* 1976) generando al final un declive de los cespedones, todo esto puede haber surgido por la oxidación de las pequeñas estacas colocadas para delimitar el sitio estudiado, pero es sólo una suposición que nace de la observación personal.

La calidad del agua fue buena en términos generales, de manera que no pudo afectar significativamente el crecimiento de *T.testudinum*, de todas formas esta angiosperma prefiere absorber los nutrientes del sedimento (Zieman y Wetzel, 1980) y éstos pueden presentar mejores indicaciones del status de un sistema y su influencia sobre las actividades metabólicas de las plantas (Short y Short, 1984), este es un punto que hay que estudiar porque aunque haya una buena concentración de algunos nutrientes no significa que éstos estén disponibles para

ser absorbidos por los vástagos, así que no se sabe con certeza cuánto utilizaron ellos para fortalecer sus procesos fisiológicos o qué tanto les faltó.

3.2.2 Índice de Area Foliar (IAF): La Tabla 6 contiene los datos de longitud y ancho promedio de las hojas de *T.testudinum*, incluyendo el índice de área foliar; estos atributos medidos son considerados como algunos de los mejores ecoindicadores que sirven para monitorear las condiciones ecológicas de los pastos marinos (Anon, 1990), cuando el área y ancho de la hoja empieza a disminuir lo que se refleja es una respuesta ecofenotípica de *Thalassia* al *stress* y al vigor reducido de las plantas (Durako, 1992), todo esto está acorde con los resultados obtenidos ya que no solamente disminuyó el ancho de las hojas nacidas (9 en total, [ver Anexo A](#)) dentro del acuario con un promedio de 0.92⁺-0.19 cm ([ver Figura 23](#)), sino también el ancho promedio del total de las hojas ([Tabla 5, Figura 22](#)) con valores entre 1.12⁺-0.15 cm (29 Junio) y 0.85⁺- 0.15 cm (3 Agosto).

Tabla 6. Índice de área foliar promedio de *T.testudinum* en un sistema controlado.

FECHA	n*	Longitud total promedio (cm)	SD*	Ancho Promedio (cm)	SD*	IAF**	SD*
29 Junio 2000	43	12.26	4.11	1.12	0.15	0.022	0.0088
6 Julio 2000	43	15.21	4.28	1.09	0.14	0.027	0.0089
13 Julio 2000	40	17.14	4.74	1.05	0.11	0.029	0.0089
20 Julio 2000	39	18.60	5.33	1.03	0.11	0.031	0.0098
27 Julio 2000	25	16.06	7.5	0.96	0.12	0.025	0.012
3 Agosto 2000	5	6.59	1.84	0.85	0.15	0.009	0.002
10 Agosto 2000	-	-	-	-	-	-	-

* n = número de hojas; SD = Desviación estándar

** IAF = Area total de la superficie de la hoja/área de superficie de tierra medida (Araujo *et al.*, 1997).

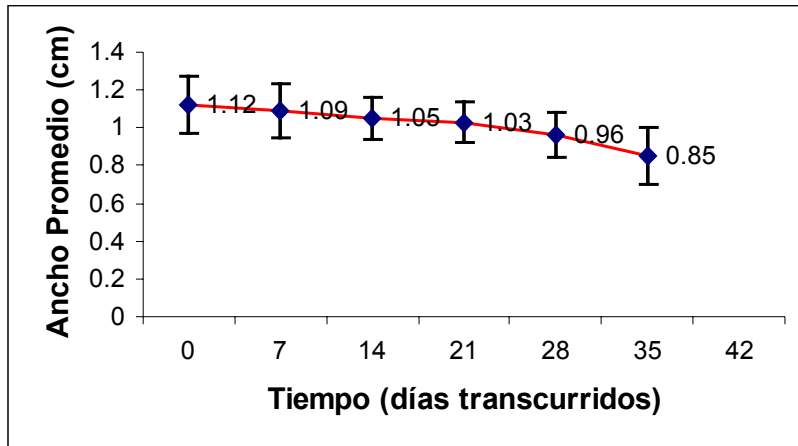


Figura 22. Ancho promedio de las hojas de *T.testudinum* en un sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media \pm SD).

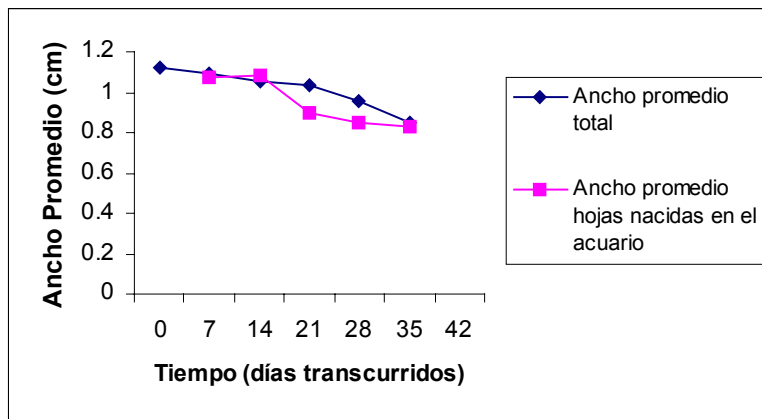


Figura 23. Valores promedio del ancho de las hojas provenientes en los cespedones iniciales y de aquellas nacidas después del transplante.

Estos resultados permiten comprobar la hipótesis de que “el ancho promedio de las hojas nacidas después del transplante disminuiría con relación al de las hojas iniciales provenientes del medio natural como reflejo de su grado de *stress*”. La

longitud promedio observada fue de 12.26 ± 4.11 cm para el 29 de Junio y 6.59 ± 1.84 cm para el 3 de Agosto ([ver Tabla 5](#), [Figura 24](#)).

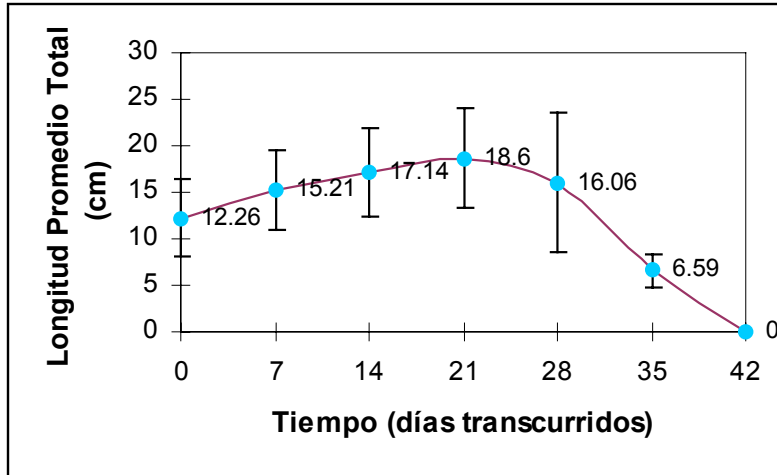


Figura 24. Longitud promedio total de las hojas de *T.testudinum* en un sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media \pm SD). $t_0 = 29$ Junio/00, día en el que se marcan las hojas.

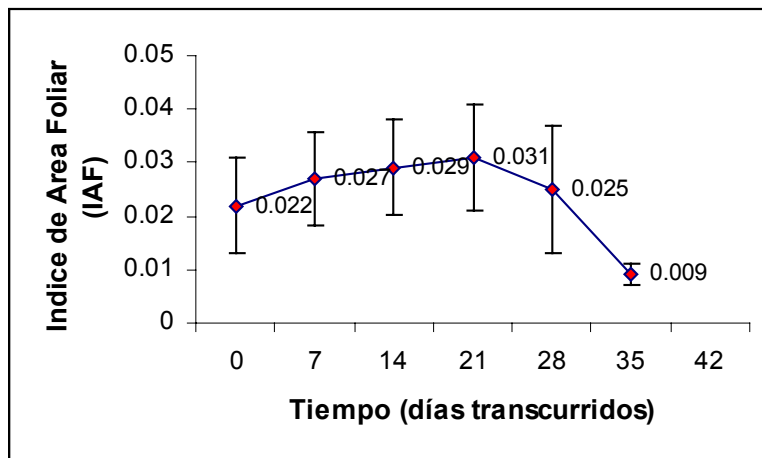


Figura 25. Indice de Area Foliar promedio de las hojas de *T.testudinum* en un sistema de acuarios durante Junio 29 – Agosto 10 del 2000 (Media \pm SD). $t_0 = 29$ Junio/00, día en el que se marcan las hojas.

Por otro lado el índice de área foliar (IAF) al principio mostró ligeros incrementos (Figura 24), a medida que se formaba nuevo tejido por parte de las células que se encuentran en el meristemo basal de *T.testudinum*, sin embargo, al disminuir el ancho de las hojas, éste también empezó a declinar hasta llegar a valores de 0.009 ± 0.002 el día 3 de Agosto, mientras que su mayor valor fue de 0.031 ± 0.0098 reportado para el 20 de Julio del 2000 ([ver Tabla 5](#)).

Algo importante para destacar es que los recubrimientos calcáreos posiblemente con epífitos, desaparecieron una semana después de haber realizado el transplante (observación personal), no es muy claro que pudo haber pasado, no obstante que el impacto quizás afectó estos organismos, pero también algo que probablemente influyó fue la falta de un oleaje fuerte dentro del acuario, ya que su movimiento alrededor de las hojas incrementa el volumen de agua interactuando con estas especies que básicamente absorben los nutrientes de la columna de agua (Short y Short, 1984).

4. CONCLUSIONES

- El sistema presentó a lo largo del estudio, condiciones óptimas de calidad de agua, las cuales posiblemente no incidieron de forma negativa en el crecimiento de los vástagos.
- La concentración de nutrientes en el sedimento es importante para *T.testudinum*, pero su disponibilidad en el medio es un factor clave que a la postre va a influir en todos sus procesos metabólicos, por lo tanto, sin una tasa de consumo establecida no se puede asegurar si hubo una marcada deficiencia de sus elementos nutritivos; estos resultados pueden ser utilizados como una base de datos para otros trabajos.
- La extracción de vástagos de *Thalassia testudinum* presenta un *stress* que se vió reflejado en la disminución del ancho de las hojas y en el índice de área foliar que terminó afectando su capacidad fotosintética y disminuyendo las posibilidades de sobrevivir en un hábitat diferente al suyo.
- A pesar de este *stress*, *T.testudinum* tuvo una tasa de crecimiento promedio con rangos entre $0.42 \pm 0.14 \text{ cm.d}^{-1}$ y 0.22 cm.d^{-1} , lo cual indica cierta actividad metabólica, con producción de hojas y nuevos vástagos que brotaron posiblemente por el crecimiento vegetativo.

- La técnica de marcaje tiene sus ventajas ya que permite una medición más exacta del crecimiento de las plantas sobre un período de tiempo definido y da buenos resultados para la especie en estudio, es una de las menos destructivas y más ampliamente utilizadas.
- Aunque la técnica de cespedones con el sedimento intacto (SOD) puede afectar el complejo sistema de raíces de los pastos marinos es una de las más recomendadas. Los trasplantes son mejores cuando se dejan las plantas con su sustrato nativo y pudo ser exitoso en este trabajo dejando aportes importantes que pueden ser evaluados y tal vez utilizados para futuros proyectos de investigación, ya que es necesario continuar con la optimización de las técnicas de trasplante y con el cultivo en condiciones controladas pues de esto depende en gran medida la restauración y mitigación de las comunidades de pastos marinos.

5. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones en acuarios es necesario tener en cuenta la dureza del agua, ya que ésta junto con el valor pH ayuda a detectar las concentraciones de CO₂ presentes en el sistema, y a que es muy importante para que las plantas tengan un buen crecimiento.
- Se recomienda mejorar la iluminación para el acuario utilizando lámparas más potentes puesto que de su irradiación dependerá en gran medida la actividad fotosintética.
- Los trasplantes de pastos marinos son típicamente frágiles y deben ser manipulados con cuidado; las plantas son extremadamente susceptibles a la desecación por lo tanto deben colocarse en agua a temperatura ambiente durante todo el proceso de plantación.
- Para los pastos marinos es muy importante el efecto del oleaje, ya que en el medio natural ayudan a retardar la acción de las corrientes y además permite que las epífitas tengan un mayor contacto con el agua para absorber los nutrientes y estos organismos son importantes para la fijación del nitrógeno, así que es necesario proporcionar un buen flujo de corriente.

- Dependiendo del tipo de estudio que se quiera realizar, se debe tener muy en cuenta la presencia de peces pastoreadores, ya que éstos pueden incidir de manera positiva (incrementando la longitud de las hojas y la tasa de recolonización) sobre los vástagos.
- Los microcosmos se constituyen en una herramienta complementaria para las investigaciones llevadas a cabo en otros ambientes y ofrecen la oportunidad para los estudiantes de realizar un excelente entrenamiento sobre el método científico, por lo tanto se deben adelantar y apoyar más este tipo de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, A. Observaciones ecológicas de la ictiofauna de la pradera *Thalassia* de la orilla oriental de la bahía de Neguange. 1977. 73 p. Trabajo de Grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Área de Recursos Naturales.

ADEY, W. Y K. LOVELAND. Dynamic Aquaria: "Building Living Ecosystems". Smithsonian Institute. Academic Press, Inc. Washington, D.C. 1991. p.330-369.

ANGARITA, A., R. ARIZA, L. RIVAS Y J. URIBE. Comportamiento de los géneros bacterianos *Vibrio*, *Aeromonas* y *Pseudomonas* y diagnóstico ictiopatólogico en los sistemas de acuarios, Mundo Marino, UJTL, el Rodadero, Caribe Colombiano. 2000. Seminario de Investigación.

ANON, A. Environmental monitoring and assessment program overview. Environmental Protection Agency, EPA/600/9-90/001. 1990. 5p.

ARAUJO, R.J, J.C JARAMILLO AND S.C. SNEDAKER. LAI and Leaf Size Differences in two Red Mangrove Forest Types in South Florida. Bull. of Mar. Sci. 60(3). 1997. p. 643-646.

BELLO, D. , M.C. MALDONADO, L.A. MORENO Y G. PUENTES. Caracterización estructural y Funcional de *Thalassia testudinum* (Banks ex Konig, 1805) en el sector Suroeste de la Bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona. 2001. Seminario de Investigación. UJTL.

BENDSCHNEIDER, K. Y R. ROBINSON. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. 1952. Journal of Marine Research. 11:87-96.

BOYLE, T.P Y J.F FAIRCHILD. The Role of Mesocosm Studies in Ecological Risk Analysis. Ecological Applications. 7(4). 1997. p.1099-1102.

BUCHANAN, B. Y J. KAIN. Measurement of the physical and chemical environment. En: HOLME, N. Y A. McINTYRE (Eds). Methods for the study of marine benthos. Londres. Ibp. Handbook 16. 1984. Blackwell Scientific Publications. p. 30-58.

BURGESS, D.R.; HERBER, R AND R. AXELROD. Mini – Atlas de peces de Acuario Marino. Ed. Hispano Europea, S.A. Barcelona, España. 1994. 959 p.

CARICOMP METHODS MANUAL. Manual of Methods for Mapping and Monitoring of Physical and Biological Parameters in the Coastal Zone of the Caribbean. Florida Institute of Oceanography, University of South Florida, St. Petersburg, Florida. 1994. p. 24-31.

CIOH. Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. Tercera Edición. Armada Nacional, Dirección General Marítima. Cartagena, Colombia. 1993. 109 p.

CÓRDOBA, MARLON. Microfauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorado y El Rodadero, Caribe Colombiano. 1997. Trabajo de Grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Área de Recursos Naturales.

CORREDOR, I.P., M. MONTOYA, P. POLANÍA Y C. VÉLEZ. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y la biomasa fitoplanctónica en los acuarios del Museo Mundo Marino – UJTL (El Rodadero, Santa Marta) durante el segundo semestre del año 2000. Seminario de Investigación.

DAWES, C. Biomass and Photosynthetic Response to Irradiance by a Shallow and a deep Water Population of *Thalassia testudinum* on the West Coast of Florida. Bull. of Mar. Sci. 62(1). 1998. p. 89-96.

DE LA LANZA, G. Materia Orgánica en los sedimentos del Sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, Comportamiento y significados en modelos de predicción. Anales de la UNAM 13 (1). 1986. p.251-286.

DENNISON, W.C. Leaf Production. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). Seagrass Research Methods. UNESCO. París, Francia. 1990. p.69 – 70.

DEN HARTOG, C. The seagrasses of the world. Verh. Kon. Ned. Akad. Wet., Afd. Natuurk. Amsterdam. 1976. 275 p.

DEN HARTOG, C., K.W. BRIDGES, M.G. KELLY, Y. LIPKIN, A. LOT HELGUERAS, R.C. PHILLIPS, M. PICHON, P.J.G. POLDERMAN AND D. WYER. Systematic Ecology Working Group 1973 En: <http://www.botany.hawaii.edu/seagrass/workshop/workshpd.htm>. 1995. (Fecha de Consulta: Febrero del 2000).

DUNCAN, M.J. Measurement of light energy. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). Seagrass Research Methods. UNESCO. París, Francia. 1990. p.37-42.

DURAKO, M. Indicators of Seagrass Ecological Condition: an Assessment based on spatial and temporal changes. Florida Marine Research Institute, Florida, USA. 1992. p. 261-266.

ECHEVERRY, B. Estudio de la fauna de invertebrados de una pradera de *Thalassia testudinum*, biomasa e incidencia de algunos factores ambientales sobre el ecosistema en la bahía de Neguange. 1982. Trabajo de Grado (Biólogo), Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias, Área de Recursos Naturales.

ERFTEMEIJER, P.L. Differences in Nutrient Concentrations and Resources between Seagrass Communities on carbonate and Terrigenous Sediments in South Sulawesi, Indonesia. Bull. of Mar. Sci. 54 (2). 1994. p.403-419.

FONSECA, M.S. Restoring Seagrass Systems in the United States En: G.W. THAYER (Ed). Restoring the Nation's Marine Environment. Maryland Sea Grant College, College Park, Md. 1992. p. 79-110.

FONSECA, M.S., W.J. KENWORTHY y G.W. THAYER. A low cost planting technique for Eelgrass (*Zostera marina*). Coastal Engineering Technical Aid No. 82-6. US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. Fort Belvoir, Va. 1982.

FRESNEDA, A. Y W.O. GUALTEROS. Biomasa, Crecimiento y Productividad Primaria Foliar y Transplante de Céspedes de *Thalassia testudinum* Banks ex König 1805 en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario. Cartagena. 1994. Trabajo de Grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Área de Recursos Naturales.

GIRALDO, J. Y A. JÁUREGUI. Plan de Manejo Ambiental, Museo Mundo Marino. 1995. El Rodadero, Caribe Colombiano.

HUNNAM, P., A. MILNE Y P. STEBBING. El Acuario Vivo, agua dulce y salada. Libros del carballo. Madrid, España. 1991. p. 41-55; 129-143.

HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. Ecological Monographs. 1984.

IGAC. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. Bogotá D.E. 1990. 502 p.

KENWORTHY, J.W.; ZIEMAN, J. AND G.W. THAYER. Evidence for the Influence of Seagrasses on the Benthic Nitrogen Cycle in a Coastal Plain Estuary Near Beaufort, North Carolina (USA). *Oecologia*. Vol. 54. 1982. p. 152-158.

LAPOINTE, B.E.; TOMASKO, D. Y W. MATZIE. Eutrophication and Trophic State Classification of Seagrass Communities in the Florida Keys. *Bull. Of Mar. Sci.* 54 (3). 1994. p. 696-717.

LEWIS III, R.R. Laboratory Culture Methods. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). *Seagrass Research Methods*. UNESCO. 1990. París, Francia. p.37-42.

LONDOÑO, V. Algunos grupos presentes del macrobentos en fondos con *Thalassia* dentro de la bahía de Cartagena. 1974. 84 p. Trabajo de Grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, Área de Recursos Naturales.

MACAULEY, J.M y J.R. CLARK. Growth and Standing Crop of *Thalassia* and its epiphytes in the Field and Laboratory Microcosms. 1987 En: <http://www.epa.gov/ged/publica/c1613.htm> .(Fecha de Consulta: Agosto del 2000).

MARINE BOARD COMMISSION ON ENGINEERING AND TECHNICAL SYSTEMS NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Restoring and Protecting Marine Habitat: The Role of Engineering and Technology. National Academic Press. 1994. Washington, D.C.

McMILLAN, C. Culture Methods. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). *Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective*. 1980. p.57-68.

MOE, M.A. The Marine Aquarium Reference, Systems and Invertebrates. Green Turtle Publications. USA. 1993. 512p.

MURPHY, J. Y J.P. RILEY. A modified solution method for the determination of phosphate in natural water. 1952. *Analytica Chimica Acta*.

ORTIZ, V.; ARTEAGA E.; AVILA M. Y L. E. AVILA. Crecimiento, productividad foliar y biomasa de *Thalassia testudinum* (König, 1805), de la costa sur oriental de Isla Grande, Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario En: Memorias VII Seminario Nacional de ciencias y Tecnología del mar. CCO. 1990. p. 275-283.

PALACIOS, D.; DÍAZ G. Y P. RODRÍGUEZ. Producción primaria de *Thalassia testudinum* y relación de su biomasa con el peso de epífitos, Isla Grande (Parque Nacional Natural Corales del Rosario), Caribe Colombiano En: Memorias VIII Seminario Nacional de ciencias y Tecnología del mar. CCO. 1992. p. 607-618.

PATRIQUIN, D. Estimation of Growth Rate, Production and Age of the Marine Angiosperm *Thalassia testudinum* König. *Caribbean Journal Science*. (13). 1973. p.111-123.

PHILLIPS, R.C. The Seagrass Ecosystem and resources in Latin America. En: Coastal Plant Communities Of Latin America. Ulrich Seeliger (Ed.) 1992. p.108-153.

_____. Responses to environmental conditions. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). *Seagrass Research Methods*. UNESCO. 1990. París, Francia p.37-42.

_____. Transplant Methods. En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). *Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective*. 1980. p.41-56.

PULICH, W., BARNES, S. Y P.PARKER. Trace Metal Cycles in Seagrass Communities In: WILEY, M. Estuarine Processes: Uses, Stresses and Adaptation to the Estuary. 1976. Vol. 1. p. 493-506. N.Y.

RAMIREZ, A.G. Ecología Aplicada: Diseño y Análisis Estadístico. Bogotá, D.C 1999. 324 p.

RAMÍREZ, G. Características hidroquímicas y composición química de los sedimentos de la Bahía de Neguange, Caribe Colombiano. Anales Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betín. (17) 1987. p. 15-26.

RANDALL, K. Aquatic Horticulture: Plant Nutrition. 1997. En: <http://www.aquariumfrontiers.com>. (Fecha de Consulta: Marzo del 2000).

RANDALL, K. Aquatic Horticulture: Lighting for the Planted Tank. 1998. En: <http://www.animalnetwork.com/fish/aqfm/1998/mar/aquatic/default.asp>. (Fecha de Consulta: Marzo del 2000).

ROSE, C. y M.J. DURAKO. Induced Photomorphogenesis by an Altered R: FR Light Ratio in Axenic *Ruppia maritima* L. Botánica Marina. Vol.37. 1994. p.531-535.

SCHLIEWEN, U. Todo sobre tu Acuario. Ed. Everest. La Coruña, España. 1997. Segunda edición. 159 p.

SHORT, F. Y C.A. SHORT. The Seagrass Filter: Purification of Estuarine and Coastal Waters En: KENNEDY, V.S (Ed.) The Estuary as a Filter. Academic Press. Orlando, Florida. 1984. p. 395-413.

SMITH, G.W; HAYASAKA, S.S AND G.W. THAYER. Root Surface Area Measurements of *Zostera marina* and *Halodule wrightii*. Botanica Marina. Vol. 22. 1979. p.347-358.

STRICKLAND, J.D.H. Y T.R. PARSONS. A practical Handbook of sea water análisis. 1972. Fisheries Research Board of Canadá. 2 ed. Ottawa.

THAYER, G.W, M.S. FONSECA Y W.J. KENWORTHY. Restoration of Seagrass Meadows for Enhancement of Nearshore Productivity. Proc. Siuec. 1985. Vol. 1. p. 259-279.

VAN TUSSENBROEK, B.I.; HERMUS, K. AND T.TAHEY. Biomass and Growth of the Turtle Grass *Thalassia testudinum* (Banks ex könig) in a shallow Tropical Lagoon System, in relation to the Tourist Development. 1994. Car. Journal of Sci. 32 (4).

VÉLEZ, M. Ecofisiología de una pradera de *Thalassia testudinum* Banks ex könig. Informe final del proyecto 220-45 INVEMAR-Colciencias. 1990. 38 p.

WILLIAMS, S.L. Y M.H. RUCKELSHAUS. Effects of Nitrogen Availability and Herbivory on Eelgrass(*Zostera marina*) and Epiphytes. Ecology, No. 74 Vol. 3. 1993. p.904-918.

ZIEMAN, J.C. Y R.G. WETZEL. Productivity in Seagrasses: Methods and Rates En: PHILLIPS, R.C. Y C.P. McROY (Ed). Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective. 1980. p. 87- 116.

ANEXO A

Vástago #1

Tabla 1. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	4.9**	1.28	6.27	0.010	0.0	29 Junio 2000
	S	7.0	1.26	8.82	0.014	2.10	6 Julio 2000
	S	9.51	1.23	11.70	0.019	4.61	13 Julio 2000
	S	10.75	1.20	12.9	0.020	5.85	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	32.16	4.97	39.69	0.063	12.56	
	Promedio	8.04	1.24	9.92	0.015	3.14	
	SD	2.61	0.035	2.97	4.64 ⁻⁰³	2.61	
Hoja 2	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento (cm)</i>	<i>Fecha</i>
	S	14.0	1.28	17.92	0.029	0.0	29 Junio 2000
	S	17.0	1.29	21.93	0.035	3.0	6 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	13 Julio 2000
	Total	31	2.57	39.85	0.064	3.0	
	Promedio	15.5	1.285	19.92	0.032	1.5	
	SD	2.12	7.07 ⁻⁰³	2.83	4.24 ⁻⁰³	2.12	
Hoja 3	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento (cm)</i>	<i>Fecha</i>
	S	4.0**	0.71	2.84	4.54 ⁻⁰³	1.0	27 Julio 2000
	S	4.66	0.77	3.59	5.74 ⁻⁰³	1.66	3 Agosto 2000
	S	-	-	-	-	Muere	10 Agosto 2000
	Total	8.66	1.48	6.43	0.01	2.66	
	Promedio	4.33	0.74	3.215	5.14 ⁻⁰³	1.33	
	SD	0.47	0.04	0.53	8.48 ⁻⁰⁴	0.47	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hojas nacidas dentro del Acuario

Vástago #2

Tabla 2. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	16.0	0.89	14.24	0.023	0.0	29 Junio 2000
	S	19.0	0.88	16.72	0.027	3.0	6 Julio 2000
	S	21.57	0.85	18.33	0.029	5.57	13 Julio 2000
	S	23.36	0.74	17.29	0.028	7.36	20 Julio 2000
	S	25.0	0.75	18.75	0.030	9.0	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	104.93	4.11	85.33	0.137	24.93	
	Promedio	20.986	0.822	17.066	0.0274	4.986	
	SD	3.57	0.072	1.77	2.70 ⁻⁰³	3.57	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #3

Tabla 3. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	8.0	1.01	8.08	0.013	0.0	29 Junio 2000
	S	10.44	0.98	10.23	0.016	2.44	6 Julio 2000
	S	12.39	0.94	11.65	0.019	4.39	13 Julio 2000
	S	15.5	0.95	14.72	0.024	7.50	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	46.33	3.88	44.68	0.072	14.33	
	Promedio	11.58	0.97	11.17	0.018	3.58	
	SD	3.17	0.032	2.78	4.69 ⁻⁰³	3.17	
	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha

Hoja 2	S	7.0**	0.78	5.46	8.74 ⁻⁰³	3.0	27 Julio 2000
	S	9.5	0.75	7.12	0.011	5.5	3 Agosto 2000
	S	-	-	-	-	Muere	10 Agosto 2000
	Total	16.5	1.53	12.58	0.0197	8.5	
	Promedio	8.25	0.765	6.29	9.87 ⁻⁰³	4.25	
	SD	1.77	0.021	1.17	1.598 ⁻⁰³	1.77	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #4

Tabla 4. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	17.5	1.20	21.00	0.03400	0.0	29 Junio 2000
	S	20.5	1.18	24.19	0.03870	3.0	6 Julio 2000
	S	23.05	1.05	24.20	0.03872	5.55	13 Julio 2000
	S	24.95	0.94	23.45	0.03752	7.45	20 Julio 2000
	S	25.5	0.91	23.20	0.03712	8.00	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	111.5	5.28	116.04	0.18606	24.0	
	Promedio	22.3	1.056	23.208	0.037	4.8	
	SD	3.32	0.13	1.31	1.93 ⁻⁰³	3.32	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #5

Tabla 5. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	8.0	0.94	7.52	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	10.25	0.92	9.43	0.015	2.25	6 Julio 2000
	S	13.21	0.96	12.68	0.020	5.21	13 Julio 2000
	S	15.17	0.97	14.71	0.024	7.17	20 Julio 2000
	S	17.0	0.95	16.15	0.026	9.00	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	63.63	4.74	60.49	0.097	23.63	
	Promedio	12.726	0.948	12.098	0.0194	4.726	
	SD	3.64	0.02	3.59	5.899 ⁻⁰³	3.64	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #6

Tabla 6. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	17.5	1.15	20.12	0.032	0.0	29 Junio 2000
	S	21.45	1.14	24.45	0.039	3.95	6 Julio 2000
	S	22.31	1.14	25.43	0.041	4.81	13 Julio 2000
	S	23.89	1.14	27.23	0.044	6.39	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	85.15	4.57	97.23	0.156	15.15	
	Promedio	21.29	1.14	24.31	0.039	3.79	
	SD	2.72	5 ⁻⁰³	3.02	5.099 ⁻⁰³	2.72	

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)	Fecha
Hoja 2	S	4.32**	1.14	4.92	7.872 ⁻⁰³	1.24	27 Julio 2000
	S	5.84	1.11	6.48	0.010	2.76	3 Agosto 2000
	S	-	-	-	-	Muere	10 Agosto 2000
	Total	10.16	2.25	11.4	0.0178	4.0	
	Promedio	5.08	1.125	5.7	8.936 ⁻⁰³	2.0	
	SD	1.07	0.02	1.10	1.504 ⁻⁰³	1.07	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

**Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #7

Tabla 7. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	13.0	1.14	14.82	0.024	0.0	29 Junio 2000
	S	15.47	1.14	17.64	0.028	2.47	6 Julio 2000
	S	17.54	1.14	19.99	0.032	4.54	13 Julio 2000
	S	19.34	1.14	22.05	0.035	6.35	20 Julio 2000
	S	19.99	1.13	22.59	0.036	7.0	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	85.34	5.69	97.09	0.155	20.36	
	Promedio	17.068	1.138	19.418	0.031	4.072	
	SD	2.87	4.47 ⁻⁰³	3.22	0.005	2.87	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #8

Tabla 8. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	14.0	1.05	14.7	0.024	0.0	29 Junio 2000
	S	17.01	1.05	17.86	0.028	3.01	6 Julio 2000
	S	20.55	1.04	21.37	0.034	6.55	13 Julio 2000
	S	23.64	1.06	25.06	0.040	9.64	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	75.2	4.2	78.99	0.126	19.2	
	Promedio	18.8	1.05	19.74	0.0315	4.8	
	SD	4.19	8.16 ⁻⁰³	4.47	0.007	4.19	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #9

Tabla 9. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	15.0	1.22	18.3	0.029	0.0	29 Junio 2000
	S	18.48	1.11	20.51	0.033	3.48	6 Julio 2000
	S	21.11	1.11	23.43	0.03749	6.11	13 Julio 2000
	S	22.47	1.04	23.37	0.03739	7.47	20 Julio 2000
	S	23.77	1.04	24.72	0.03955	8.77	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	100.83	5.52	110.33	0.17643	25.83	
	Promedio	20.166	1.104	22.066	0.035	5.166	
	SD	3.49	0.074	2.61	4.25 ⁻⁰³	3.49	
	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)	Fecha
	S	4.5**	0.83	3.74	5.984 ⁻⁰³	1.5	27 Julio 2000

Hoja 2	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	4.5	0.83	3.74	5.984 ⁻⁰³	1.5	
	Promedio	-	-	-	-	-	
	SD	-	-	-	-	-	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #10

Tabla 10. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	8.14	1.09	8.87	0.014	0.0	29 Junio 2000
	S	9.65	1.09	10.52	0.017	1.51	6 Julio 2000
	S	11.78	1.08	12.72	0.020	3.64	13 Julio 2000
	S	13.79	1.05	14.48	0.023	5.65	20 Julio 2000
	S	14.24	1.05	14.95	0.024	6.10	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	57.6	5.36	61.54	0.098	16.9	
	Promedio	11.52	1.072	12.308	0.0196	3.38	
	SD	2.62	0.02	2.59	4.16 ⁻⁰³	2.62	
Hoja 2	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)	Fecha
	S	5.85**	0.83	4.86	7.776 ⁻⁰³	2.0	3 Agosto 2000
	S	-	-	-	-	Muere	10 Agosto 2000
	Total	5.85	0.83	4.86	7.776 ⁻⁰³	2.0	
	Promedio	-	-	-	-	-	
	SD	-	-	-	-	-	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #11

Tabla 11. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	15.9	1.05	16.7	0.027	0.0	29 Junio 2000
	S	19.58	1.04	20.36	0.032	3.68	6 Julio 2000
	S	22.06	1.05	23.16	0.037	6.16	13 Julio 2000
	S	24.06	1.03	24.78	0.039	8.16	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	81.6	4.17	85.0	0.135	18.0	
	Promedio	20.4	1.04	21.25	0.03375	4.5	
	SD	3.51	9.57 ⁻⁰³	3.54	5.377 ⁻⁰³	3.51	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #12

Tabla 12. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	8.0	0.94	7.52	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	10.54	0.95	10.01	0.016	2.54	6 Julio 2000
	S	10.63	0.81	8.61	0.014	2.63	13 Julio 2000
	S	11.16	0.87	9.71	0.016	3.16	20 Julio 2000
	S	12.5	0.85	10.62	0.017	4.5	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	52.83	4.42	46.47	0.075	12.83	
	Promedio	10.57	0.88	9.29	0.015	2.566	
	SD	1.63	0.06	1.23	0.002	1.63	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #13

Tabla 13. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	19.0	1.01	19.19	0.031	0.0	29 Junio 2000
	S	20.73	1.06	21.97	0.035	1.73	6 Julio 2000
	S	22.11	1.04	22.99	0.037	3.11	13 Julio 2000
	S	23.36	1.04	24.29	0.039	4.36	20 Julio 2000
	S	24.0	1.05	25.2	0.040	5.0	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	109.2	5.2	113.64	0.182	14.2	
	Promedio	21.84	1.04	22.73	0.0364	2.84	
	SD	2.02	0.019	2.33	3.577 ⁻⁰³	2.02	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #14

Tabla 14. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	10.94	0.92	10.06	0.016	0.0	29 Junio 2000
	S	12.5	1.13	14.12	0.022	1.56	6 Julio 2000
	S	14.35	1.14	16.36	0.026	3.41	13 Julio 2000
	S	16.35	1.10	17.98	0.029	5.41	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	54.14	4.29	58.52	0.093	10.38	
	Promedio	13.535	1.0725	14.63	0.02325	2.595	
	SD	2.34	0.10	3.43	5.619 ⁻⁰³	2.34	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #15

Tabla 15. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	9.04	0.85	7.68	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	12.49	0.81	10.12	0.016	3.45	6 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	13 Julio 2000
	Total	21.53	1.66	17.8	0.028	3.45	
	Promedio	10.76	0.83	8.9	0.014	1.725	
	SD	2.44	0.028	1.72	2.83 ⁻⁰³	2.44	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #16

Tabla 16. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	11.51	0.91	10.47	0.017	0.0	29 Junio 2000
	S	13.84	0.95	13.15	0.021	2.33	6 Julio 2000
	S	15.24	0.93	14.17	0.023	3.73	13 Julio 2000
	S	16.51	0.92	15.19	0.024	5.0	20 Julio 2000
	S	17.09	0.92	15.72	0.025	5.58	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	74.19	4.63	68.7	0.11	16.64	
	Promedio	14.838	0.926	13.74	0.022	3.328	
	SD	2.24	0.015	2.08	3.16 ⁻⁰³	2.24	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #17

Tabla 17. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	12.09	1.13	13.66	0.022	0.0	29 Junio 2000
	S	15.64	1.14	17.83	0.028	3.55	6 Julio 2000
	S	17.39	0.96	16.69	0.027	5.30	13 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	20 Julio 2000
	Total	45.12	3.23	48.18	0.077	8.85	
	Promedio	15.04	1.076	16.06	0.026	2.95	
	SD	2.70	0.10	2.16	3.21 ⁻⁰³	2.70	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #19

Tabla 18. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	5.71	1.03	5.88	9.408 ⁻⁰³	0.0	29 Junio 2000
	S	8.75	1.04	9.1	0.014	3.04	6 Julio 2000
	S	11.19	1.04	11.64	0.019	5.48	13 Julio 2000
	S	12.71	1.02	12.96	0.020	7.0	20 Julio 2000
	S	13.81	0.97	13.39	0.021	8.10	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	52.17	5.1	52.97	0.083	23.62	
	Promedio	10.434	1.02	10.594	0.016	4.724	
	SD	3.25	0.029	3.12	4.87 ⁻⁰³	3.25	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #20

Tabla 19. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	6.51	1.11	7.23	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	11.12	1.05	11.68	0.019	4.61	6 Julio 2000
	S	14.62	0.86	12.57	0.020	8.11	13 Julio 2000
	S	16.62	0.85	14.13	0.023	10.11	20 Julio 2000
	S	18.01	0.84	15.13	0.024	11.5	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	66.88	4.71	60.74	0.098	34.33	
	Promedio	13.376	0.942	12.148	0.0196	6.866	
	SD	4.63	0.13	3.06	4.72 ⁻⁰³	4.63	

* Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #22

Tabla 20. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	9.37	1.17	10.96	0.018	0.0	29 Junio 2000
	S	12.92	1.02	13.18	0.021	3.55	6 Julio 2000
	S	17.09	1.04	17.77	0.028	7.72	13 Julio 2000
	S	20.1	1.03	20.70	0.033	10.73	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	59.48	4.26	62.61	0.1	22.0	
	Promedio	14.87	1.065	15.652	0.025	5.5	
	SD	4.70	0.070	4.40	6.78 ⁻⁰³	4.70	
	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)	Fecha

Hoja 2	S	5.5**	0.90	4.95	7.92^{-03}	1.5	20 Julio 2000
	S	6.21	0.91	5.65	9.04^{-03}	2.21	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	11.71	1.81	10.6	0.017	3.71	
	Promedio	5.855	0.905	5.3	8.48^{-03}	1.855	
	SD	0.50	7.07^{-03}	0.49	7.92^{-04}	0.50	

* Indice de Area Foliar (cm^2 área hoja/ cm^2 superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #23

Tabla 21. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm^2)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	10.18	1.23	12.52	0.020	0.0	29 Junio 2000
	S	13.49	1.26	16.99	0.027	3.31	6 Julio 2000
	S	16.23	1.22	19.80	0.032	6.05	13 Julio 2000
	S	18.18	1.20	21.82	0.035	8.00	20 Julio 2000
	S	19.21	1.04	19.98	0.032	9.03	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	77.29	5.95	91.11	0.146	26.39	
	Promedio	15.458	1.19	18.22	0.0292	5.278	
	SD	3.67	0.087	3.62	5.89^{-03}	3.67	

*Indice de Area Foliar (cm^2 área hoja/ cm^2 superficie)

Vástago #25

Tabla 22. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	13.0	1.13	14.69	0.024	0.0	29 Junio 2000
	S	14.54	1.16	16.87	0.027	1.54	6 Julio 2000
	S	16.8	1.13	18.98	0.030	3.80	13 Julio 2000
	S	18.25	1.12	20.44	0.033	5.25	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	62.59	4.54	70.98	0.114	10.59	
	Promedio	15.647	1.135	17.745	0.0285	2.6475	
	SD	2.33	0.017	2.51	3.87 ⁻⁰³	2.33	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #26

Tabla 23. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	8.5	0.94	7.99	0.013	0.0	29 Junio 2000
	S	11.5	0.88	10.12	0.016	3.0	6 Julio 2000
	S	12.7	0.87	11.05	0.017	4.2	13 Julio 2000
	S	13.5	0.86	11.61	0.018	5.0	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	46.2	3.55	40.77	0.064	12.2	
	Promedio	11.55	0.887	10.192	0.016	3.05	
	SD	2.19	0.036	1.59	2.16 ⁻⁰³	2.19	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #27

Tabla 24. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	14.71	1.16	17.06	0.027	0.0	29 Junio 2000
	S	17.17	1.18	20.26	0.032	2.46	6 Julio 2000
	S	19.93	1.07	21.32	0.034	5.22	13 Julio 2000
	S	21.93	1.06	23.24	0.037	7.22	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	73.74	4.47	81.88	0.13	14.9	
	Promedio	18.435	1.117	20.47	0.0325	3.725	
	SD	3.16	0.061	2.59	4.20 ⁻⁰³	3.16	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #28

Tabla 25. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	12.05	1.13	13.62	0.022	0.0	29 Junio 2000
	S	13.38	1.13	15.12	0.024	1.33	6 Julio 2000
	S	15.23	1.14	17.36	0.028	3.18	13 Julio 2000
	S	16.05	1.13	18.14	0.029	4.00	20 Julio 2000
	S	16.68	0.98	16.35	0.026	4.63	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	73.39	5.51	80.59	0.13	13.14	
	Promedio	14.678	1.102	16.118	0.0258	2.628	
	SD	1.92	0.07	1.79	2.86 ⁻⁰³	1.92	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #29

Tabla 26. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	8.74	0.84	7.34	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	11.61	0.84	13.82	0.022	2.87	6 Julio 2000
	S	14.76	0.82	12.10	0.019	6.02	13 Julio 2000
	S	17.1	0.83	14.19	0.023	8.36	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	52.21	3.33	47.45	0.076	17.25	
	Promedio	13.05	0.83	11.86	0.019	4.31	
	SD	3.65	9.57 ⁻⁰³	3.15	4.97 ⁻⁰³	3.65	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #30

Tabla 27. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	7.54	1.02	7.69	0.012	0.0	29 Junio 2000
	S	11.0	1.06	11.66	0.019	3.46	6 Julio 2000
	S	13.63	1.01	13.77	0.022	6.09	13 Julio 2000
	S	14.9	0.95	14.16	0.023	7.36	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	47.07	4.04	47.28	0.076	16.91	
	Promedio	11.77	1.01	11.82	0.019	4.23	
	SD	3.25	0.045	2.96	4.97 ⁻⁰³	3.25	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #31

Tabla 28. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	16.11	1.13	18.20	0.029	0.0	29 Junio 2000
	S	19.95	1.18	23.54	0.038	3.84	6 Julio 2000
	S	21.09	1.11	23.41	0.037	4.98	13 Julio 2000
	S	22.61	1.12	25.32	0.040	6.50	20 Julio 2000
	S	22.82	1.14	26.01	0.042	6.71	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	102.58	5.68	116.48	0.186	22.03	
	Promedio	20.516	1.136	23.296	0.0372	4.406	
	SD	2.72	0.027	3.06	4.97 ⁻⁰³	2.72	

*Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #32

Tabla 29. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)**</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	10.0	1.22	12.2	0.019	0.0	29 Junio 2000
	S	12.81	1.07	13.71	0.022	2.81	6 Julio 2000
	S	15.24	1.03	15.70	0.025	5.24	13 Julio 2000
	S	19.0	1.04	19.76	0.032	9.0	20 Julio 2000
	S	19.61	1.02	20.0	0.032	9.61	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	76.66	5.38	81.37	0.13	26.66	
	Promedio	15.33	1.076	16.27	0.026	5.332	
	SD	4.08	0.08	3.52	5.87 ⁻⁰³	4.08	

*Índice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #33

Tabla 30. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	24.0	1.28	30.72	0.049	0.0	29 Junio 2000
	S	26.21	1.21	31.71	0.0507	2.21	6 Julio 2000
	S	27.74	1.13	31.35	0.0501	3.74	13 Julio 2000
	S	29.0	1.14	33.06	0.053	5.0	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	106.95	4.76	126.84	0.20	10.95	
	Promedio	26.737	1.19	31.71	0.05	2.737	
	SD	2.15	0.07	0.99	1.69 ⁻⁰³	2.15	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #34

Tabla 31. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	19.0	1.44	27.36	0.044	0.0	29 Junio 2000
	S	21.94	1.43	31.37	0.050	2.94	6 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	13 Julio 2000
	Total	40.94	2.87	58.73	0.094	2.94	
	Promedio	20.47	1.435	29.365	0.047	1.47	
	SD	2.08	7.07 ⁻⁰³	2.84	4.24 ⁻⁰³	2.08	
	Hoja 2	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)
S		3.27**	1.08	3.53	5.648 ⁻⁰³	1.5	13 Julio 2000
S		4.05	1.03	4.17	6.672 ⁻⁰³	2.28	20 Julio 2000
S		8.27	1.04	8.60	0.014	6.5	27 Julio 2000

	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	15.59	3.15	16.3	0.026	10.28	
	Promedio	5.196	1.05	5.43	8.77 ⁻⁰³	3.426	
	SD	2.69	0.026	2.76	4.56	2.69	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #35

Tabla 32. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	8.0	1.42	11.36	0.018	0.0	29 Junio 2000
	S	11.01	1.33	14.64	0.023	3.01	6 Julio 2000
	S	13.81	1.26	17.40	0.028	5.81	13 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	20 Julio 2000
	Total	32.82	4.01	43.4	0.069	8.82	
	Promedio	10.94	1.336	14.466	0.023	2.94	
	SD	2.90	0.080	3.02	0.005	2.90	

* Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #36

Tabla 33. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	12.0	1.35	16.20	0.026	0.0	29 Junio 2000
	S	14.02	1.12	15.70	0.025	2.02	6 Julio 2000
	S	17.09	1.12	19.14	0.031	5.09	13 Julio 2000
	S	19.25	1.16	22.33	0.036	7.25	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	62.36	4.75	73.37	0.118	14.36	
	Promedio	15.59	1.187	18.34	0.029	3.59	
	SD	3.21	0.11	3.06	5.07 ⁻⁰³	3.21	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #37

Tabla 34. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	17.0	1.07	18.19	0.029	0.0	29 Junio 2000
	S	21.11	1.08	22.80	0.036	4.11	6 Julio 2000
	S	22.92	1.06	24.29	0.038	5.92	13 Julio 2000
	S	23.24	1.06	24.63	0.039	6.24	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	84.27	4.27	89.91	0.142	16.27	
	Promedio	21.067	1.067	22.477	0.0355	4.067	
	SD	2.87	9.57 ⁻⁰³	2.97	4.51 ⁻⁰³	2.87	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #38

Tabla 35. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
Hoja 1	S	15.0	1.13	16.95	0.027	0.0	29 Junio 2000
	S	18.85	0.93	17.53	0.028	3.85	6 Julio 2000
	S	21.39	0.98	20.96	0.034	6.39	13 Julio 2000
	S	23.39	0.96	22.45	0.036	8.39	20 Julio 2000
	S	24.61	0.95	23.38	0.037	9.61	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	103.24	4.95	101.27	0.162	28.24	
	Promedio	20.648	0.99	20.254	0.0324	5.648	
	SD	3.84	0.08	2.89	4.62 ⁻⁰³	3.84	
Hoja 2	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento (cm)</i>	<i>Fecha</i>
	S	6.0**	0.80	4.8	7.68 ⁻⁰³	1.5	27 Julio 2000
	S	7.13	0.81	5.78	9.25 ⁻⁰³	2.63	3 Agosto 2000
	S	-	-	-	-	Muere	10 Agosto 2000
	Total	13.13	1.61	10.58	0.0169	4.13	
	Promedio	6.565	0.805	5.29	8.46 ⁻⁰³	2.065	
	SD	0.8	7.07 ⁻⁰³	0.69	1.11 ⁻⁰³	0.8	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

** Hoja nacida dentro del Acuario

Vástago #39

Tabla 36. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	<i>Punta redondeada (S/N)</i>	<i>Longitud total (cm)</i>	<i>Ancho (cm)</i>	<i>Área (cm²)</i>	<i>IAF*</i>	<i>Crecimiento Acumulado (cm)</i>	<i>Fecha</i>
	S	14.0	1.12	15.68	0.025	0.0	29 Junio 2000
	S	16.18	1.15	18.61	0.029	2.18	6 Julio 2000
	S	18.31	1.16	21.24	0.034	4.31	13 Julio 2000

Hoja 1	S	19.64	1.13	22.19	0.036	5.64	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	68.13	4.56	77.72	0.124	12.13	
	Promedio	17.032	1.14	19.43	0.031	3.032	
	SD	2.47	0.018	2.92	4.97 ⁻⁰³	2.47	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #40

Tabla 37. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	10.5	1.16	12.18	0.019	0.0	29 Junio 2000
	S	15.97	1.05	16.77	0.027	5.47	6 Julio 2000
	S	19.01	1.04	19.77	0.032	8.51	13 Julio 2000
	S	21.76	1.05	22.85	0.036	11.26	20 Julio 2000
	S	23.9	1.05	25.10	0.040	13.40	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	91.14	5.35	96.67	0.154	38.64	
	Promedio	18.228	1.07	19.334	0.0308	7.728	
	SD	5.24	0.05	5.09	8.17 ⁻⁰³	5.24	
	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento (cm)	Fecha
Hoja 2	S	13.28	0.86	11.42	0.018	0.0	29 Junio 2000
	S	15.55	0.84	13.06	0.021	2.27	6 Julio 2000
	S	18.78	0.85	15.96	0.025	5.50	13 Julio 2000
	S	19.10	0.85	16.23	0.026	5.82	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	66.71	3.4	56.67	0.09	13.59	
	Promedio	16.68	0.85	14.167	0.0225	3.3975	
	SD	2.78	8.16 ⁻⁰³	2.33	3.69 ⁻⁰³	2.88	

*Indice de Area Foliar (cm^2 área hoja/ cm^2 superficie)

Vástago #41

Tabla 38. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm^2)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	13.88	1.31	18.18	0.029	0.0	29 Junio 2000
	S	18.15	1.04	18.88	0.030	4.27	6 Julio 2000
	S	21.04	1.05	22.09	0.035	7.16	13 Julio 2000
	S	22.29	1.05	23.40	0.037	8.41	20 Julio 2000
	S	23.49	1.06	24.89	0.039	9.61	27 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	3 Agosto 2000
	Total	98.85	5.51	107.44	0.17	29.45	
	Promedio	19.77	1.102	21.488	0.034	5.89	
	SD	3.84	0.12	2.89	4.36 ⁻⁰³	3.84	

*Indice de Area Foliar (cm^2 área hoja/ cm^2 superficie)

Vástago #42

Tabla 39. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm^2)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	12.76	1.36	17.35	0.028	0.0	29 Junio 2000
	S	14.03	1.33	18.66	0.030	1.27	6 Julio 2000
	S	15.67	1.14	17.86	0.028	2.91	13 Julio 2000
	S	17.76	1.15	20.42	0.033	5.0	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	60.22	4.98	74.29	0.119	9.18	
	Promedio	15.055	1.245	18.572	0.029	2.295	
	SD	2.16	0.12	1.34	2.36 ⁻⁰³	2.16	

*Indice de Area Foliar (cm^2 área hoja/ cm^2 superficie)

Vástago #43

Tabla 40. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 1	S	15.0	1.26	18.90	0.030	0.0	29 Junio 2000
	S	20.31	1.22	24.78	0.039	5.31	6 Julio 2000
	S	23.26	1.18	27.45	0.044	8.26	13 Julio 2000
	S	25.3	1.14	28.84	0.046	10.30	20 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	27 Julio 2000
	Total	83.87	4.8	99.97	0.159	23.87	
	Promedio	20.967	1.2	24.992	0.039	5.96	
	SD	4.47	0.052	4.39	7.14 ⁻⁰³	4.47	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)

Vástago #44

Tabla 41. Características morfométricas de *T.testudinum*.

	Punta redondeada (S/N)	Longitud total (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	IAF*	Crecimiento Acumulado (cm)	Fecha
Hoja 2	S	8.0	1.23	9.84	0.016	0.0	29 Junio 2000
	S	10.94	1.23	13.46	0.022	2.94	6 Julio 2000
	S	-	-	-	-	Muere	13 Julio 2000
	Total	18.94	2.46	23.3	0.038	2.94	
	Promedio	9.47	1.23	11.65	0.019	1.47	
	SD	2.08	0.0	2.56	4.24 ⁻⁰³	2.08	

*Indice de Area Foliar (cm² área hoja/cm² superficie)