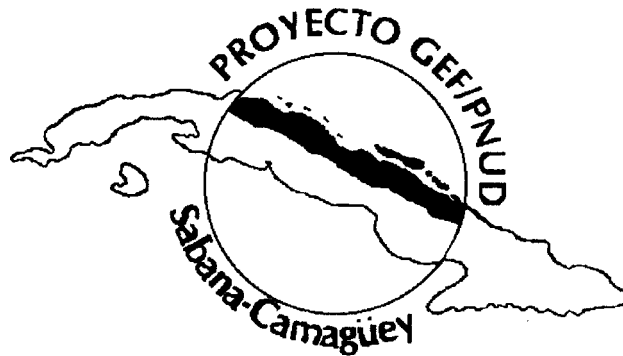


**PROYECTO PNUD/GEF CUB/98/G32**

**Acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en  
el Ecosistema Sabana-Camagüey**



**Evaluación del estado de salud de los pastos marinos al Norte  
de Ciego de Ávila**

**Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros**

**Cayo Coco.**

**Octubre/2003**

**TÍTULO: Evaluación del estado de salud de los pastos marinos.**

**AUTORA:** Lic. Lídice Clero Alonso.

**COLABORADORES:**

Lic. Leslie Hernández, Lic. Miguel Gómez, Tec. Lázaro Naranjo, Tec Wilbert Acosta y Lic Michel Lazarte.

Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros. Cayo Coco, Morón, Ciego de Ávila.

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	3
Determinación del intervalo de plastocrono.....	4
1) Método indirecto o de reconstrucción.....	4
2) Método directo.....	4
Demografía.....	5
Estimas de la edad.....	5
Estimas retrospectivas.....	5
Estimas actuales (censos directos).....	5
Estructura de las praderas.....	7
Biomasa foliar.....	7
Dinámica de costa.....	8
Análisis estadístico.....	8
RESULTADOS.....	9
Bahías.....	9
Plataforma exterior de los cayos.....	9
Estructura de las praderas estudiadas.....	9
Intervalo de plastocrono y formación de hojas.....	10
Crecimiento.....	11
Demografía.....	12
Dinámica de Costa.....	16
DISCUSIÓN.....	17
REFERENCIAS.....	22

## INTRODUCCIÓN.

Las praderas marinas son ecosistemas considerados entre los de mayor valor en la biosfera debido a las funciones que realizan y los servicios que brindan (Duarte, 2000; Hemminga y Duarte, 2000). Son ecosistemas altamente productivos, proporcionan alimento, hábitat y refugio a gran cantidad de especies de microorganismos, vertebrados e invertebrados, muchos de los cuales tienen alto valor comercial (Duarte, 2000a), son estabilizadoras del sedimento, previenen la resuspensión y mejoran la transparencia de las aguas (Terrados y Duarte, 2000), además exportan parte de su producción primaria neta hacia los ecosistemas adyacentes (Duarte y Cebrián), atenúan el oleaje, por tanto brindan protección a la línea de costa (Duarte, 2002).

La *Thalassia testudinum* es la especie dominante en las praderas marinas del Caribe (Phillips, 1960; CARICOMP, 1997). Su biología, demografía y crecimiento han sido ampliamente estudiadas (Buesa, 1974; Gallegos et al., 1993; Peterson y Fourqurean, 2001). En la plataforma insular cubana esta fanerógama constituye el principal elemento de producción primaria. Se ha reportado que produce el 62 % de la biomasa seca de macrófitos en la plataforma NW (Buesa, 1974), ha sido reportada en la costa Norte de la Habana (Jiménez y Alcolado, 1989) y en la plataforma SW en el Golfo de Batabanó (Jiménez, 1990). El archipiélago Sabana-Camagüey no está exento de esta característica, las praderas también están formadas principalmente por *T. testudinum*, junto con algas de diversos tipos y otras fanerógamas como *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme* (Martínez-Daranas et al., 1996; CARICOMP, 1997). Están distribuidas en aguas interiores de la plataforma marina y en las zonas someras en el exterior de los cayos, son muy sensibles a la eutrofización, el enturbiamiento crónico del agua, el daño mecánico y la pérdida de la calidad del agua en general. En amplias zonas al sur de la cayería se han visto afectadas drásticamente o han desaparecido totalmente las praderas (PNUD/GEF CUB/92/G31, 1999).

Desde el año 1993 se han desarrollado investigaciones sobre la ecología de los ecosistemas marinos del Archipiélago Sabana-Camagüey en el marco del proyecto PNUD/GEF CUB/92/G31. Específicamente sobre la ecología de las praderas marinas, se ha tratado de establecer un método preciso y económico para el monitoreo de las praderas que permita la protección de ecosistemas tan valiosos como estos y dirigido al desarrollo sostenible de la región y a la protección de su biodiversidad. Dentro de este archipiélago se encuentra la cayería Norte de Ciego de Ávila donde se realiza el presente trabajo, específicamente en los cayos Coco, Guillermo y Paredón, las que exhiben una intensa dinámica, con una tendencia general a la erosión subyacente en importantes cambios estacionales (Zúñiga, resultados sin publicar). Por ello, se postula que tanto la expresión de la biomasa de las praderas como su dinámica (demográfica y de crecimiento) pueden estar asociadas a la intensidad de la dinámica de la playa adyacente.

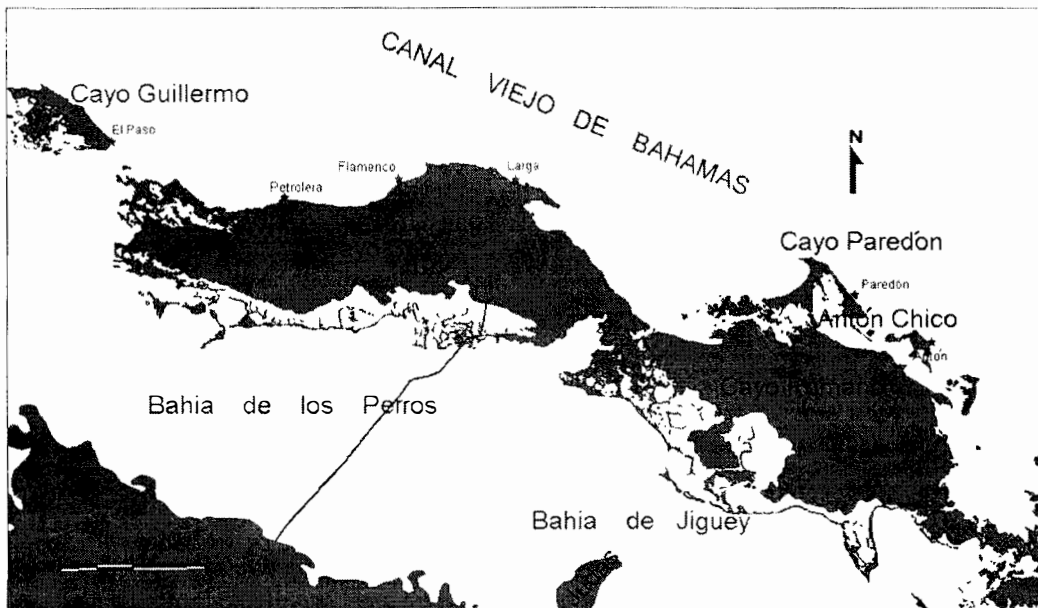
**Objetivos:** Evaluar el estado de las praderas de fanerógamas, mediante variables indicadoras y a través de análisis demográficos retrospectivos y directos, así como la respuesta de las praderas a perturbaciones de la dinámica sedimentaria.

## METODOLOGÍA.

**Zona de estudio:** El trabajo se realizó durante los meses de marzo y septiembre del 2002, en la plataforma exterior de los cayos, desde Cayo Guillermo hasta Antón Chico y en las Bahías de Jigüey y Los Perros (Fig 1). Las estaciones de muestreo se establecieron previamente a partir de fotos aéreas a escala 1: 37 000 (proyecto K- 10/ 1970) y 1: 8 000 (proyecto Coco/ 1993).



A



B

Figura 1. (A) Ubicación de la zona de estudio, (B) estaciones.

El régimen hidrodinámico de la zona puede ser considerado como moderado, aunque es afectado en ocasiones por la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, principalmente frentes fríos y huracanes. La salinidad promedio es 36.7 ‰ y la transparencia del agua > 18 m, medidos con el disco Secchi (PNUD/GEF CUB/92/G31, 1999).

La profundidad de las estaciones donde se realizaron los muestreos osciló entre 0.75 m y 3,5 m. Las muestras se tomaron en marzo de 2002 mediante un nucleador de PVC de 15 cm de diámetro y 70 cm de altura, con el cual se obtuvieron núcleos de sedimento de 50 cm de profundidad que se lavaron cuidadosamente para extraer los vástagos de *Thalassia testudinum* manteniendo la conexión entre el rizoma horizontal y vertical intacta. Se tomaron núcleos replicados (6-7 por estación) hasta completar aproximadamente 100 vástagos (con sus conexiones intactas) en cada estación, estas muestras se emplearon para determinar el intervalo de plastocrono (IP) por el método indirecto o de reconstrucción, la tasa de crecimiento vertical y las estimas de edad de los vástagos.

### **Determinación del intervalo de plastocrono.**

El intervalo de plastocrono (IP) se determinó mediante dos métodos:

- 1) **Método indirecto o de reconstrucción:** En todas las estaciones se tomaron cinco vástagos longevos, utilizando el estereomicroscopio se les midió la secuencia de longitud de internodos, desde el ápice hasta la porción más vieja de la planta. La variabilidad de la secuencia de longitud de internodos obtenida se filtró por un filtro de paso largo (para eliminar la variabilidad anual) y otro de paso corto para extraer la señal estacional en el crecimiento de las plantas y evaluar el número de internodos producidos en un año (i.e., un ciclo) según se describe en Duarte et al. (1994) y Short y Duarte (2002). El intervalo de plastocrono promedio se determinó a partir del promedio de las estimas del número de hojas producidas en cada uno de los ciclos identificados.
- 2) **Método directo:** En las estaciones Flamenco, Petrolera y Larga se marcaron tres parcelas de 10 x 20 cm, dentro de las cuales se pincharon todos los vástagos con una aguja hipodérmica justo por encima de la vaina foliar, mediante la técnica de marcaje de hojas (Zieman, 1974), las plantas marcadas se colectaron entre los 10 y 11 días, esta operación se repitió 4 veces durante un año (2002 – 2003). El intervalo de plastocrono (días) se calculó de la siguiente forma:

$$IP = \frac{\# \text{vástagos marcados} \cdot \text{días}}{\# \text{hojas nuevas (sin marcas)}}$$

Donde el número de días corresponde al intervalo de marcaje (10 a 11 días).

### **Crecimiento.**

El crecimiento vertical se determinó a partir de las secuencias de internodos medidas en los vástagos examinados al esteromicroscopio, ampliando el número de haces hasta 10. La tasa de crecimiento vertical de cada vástago se calculó como la pendiente de la regresión lineal de mínimos cuadrados entre la longitud acumulada de los internodos y la edad acumulada de cada uno de los vástagos según Duarte et al (1994).

### **Demografía.**

**Estimas de la edad:** Se colectaron  $92 \pm 3$  vástagos como promedio en las estaciones, a los cuales se les retiraron los restos de vainas foliares para exponer los nodos del rizoma vertical, se contaron los nodos más el número de hojas verdes de cada vástago y se convirtieron a estimas de edad (días) multiplicando el número de internodos (+ hojas verdes) de cada vástago por el IP determinado anteriormente.

**Estimas retrospectivas:** El estudio de la demografía a partir del método retrospectivo se realizó en todas las estaciones a partir de las estimas de edades determinadas previamente, lo que permitió estimar la tasa de mortalidad ( $M_{esp}$ , año<sup>-1</sup>), de reclutamiento ( $R_{esp}$ , año<sup>-1</sup>) y el crecimiento neto de la población ( $CNP_{esp}$ , año<sup>-1</sup>) mediante las ecuaciones:

$$M_{esp} = \frac{\ln(N_t / N_0)}{t}$$

$$R_{esp} = \frac{\ln(N_{tot} / N_t)}{t}$$

$$CNP_{esp} = R_{esp} - M_{esp}$$

Donde  $N_t$  es el número de vástagos más viejos que la moda,  $N_0$  es el número de vástagos con igual edad que la moda,  $N_{tot}$  es el número de vástagos totales y  $t$  es la edad de la moda de los vástagos (un año en este caso).

**Estimas actuales (censos directos):** El estudio de la demografía a partir de censos directos (Short y Duarte 2001) se realizó en las estaciones Larga, Petrolera y Flamenco,



durante un año, comenzando en marzo del 2002. En cada estación se fijaron al azar tres parcelas de 0.25 m<sup>2</sup>, que incluían entre 100 y 200 vástagos de *T. testudinum*, los cuales fueron contados y marcados alrededor del rizoma vertical. Se marcaron 178 ± 7 vástagos por parcela, variando entre 129 en una de las parcelas de la Petrolera y 202 en la estación Larga. Como promedio se marcaron 533 vástagos en cada estación y en total 1601. Cada 4 meses se visitaban las parcelas y se contaban los vástagos supervivientes y los vástagos nuevos (identificados como aquellos que carecían de marca, siendo además de escaso tamaño), los cuales se marcaban de forma distinta a los anteriores.

Este método permitió estimar durante un año y de forma directa las tasas absolutas y específicas de mortalidad ( $M$ , (vástagos m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) y  $M_{esp}$  (mes<sup>-1</sup>) respectivamente) y de reclutamiento ( $R$  (vástagos m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) y  $R_{esp}$  (mes<sup>-1</sup>) respectivamente), así como el crecimiento neto de la población ( $CNP$  (vástagos m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) y  $CNP_{esp}$  (año<sup>-1</sup>) respectivamente), según las siguientes ecuaciones:

$$M = \frac{(N_0 - S)}{A t}$$

$$R = \frac{N_t - S}{A t}$$

$$M_{esp} = \frac{\ln(N_0 / S)}{t}$$

$$R_{esp} = \frac{\ln(N_t / S)}{t}$$

$$CNP = \frac{(N_t - N_0)}{A t} = R - M$$

$$CNP_{esp} = R_{esp} - M_{esp}$$

Donde  $N_0$  es el número de vástagos marcados al inicio de cada período de observación,  $N_t$  el número de vástagos presentes al final de cada intervalo de observación,  $S$  es el número de vástagos que sobrevivieron,  $A$  es el área de la parcela (m<sup>2</sup>) y  $t$  es el tiempo de observación entre cada intervalo de recuento en días.

## **Estructura de las praderas.**

**Extensión de las praderas:** Se realizó un transepto perpendicular a la costa, desde el inicio hasta el final de la pradera, para determinar la extensión y los límites superior e inferior de cada una de las praderas estudiadas.

### **Biomasa foliar**

Para determinar la biomasa foliar se tomaron 4 muestras replicadas con el nucleador en cada estación en un radio de 10 m, a partir de un punto medio del pasto, se colectaron todos los haces (tallos) y hojas verdes de *T. testudinum*, y las algas, se lavó el material cuidadosamente. La vegetación presente se colocó en una bolsa con los datos correspondientes y se refrigeraron hasta su procesamiento en el laboratorio donde de cada réplica se separó el material colectado en 4 grupos:

- hojas verdes de *Thalassia*, a las cuales se les eliminan las epífitas
- macroalgas calcáreas (*Halimeda*, *Penicillum*, *Udotea*)
- otras macroalgas (carnosas, filamentosas, etc.)
- otras fanerógamas que aparezcan (solo hojas verdes)

Cada grupo se seca en la estufa (80-90 °C durante 12-18 horas) hasta llegar a peso seco constante.

### **Extensión de las praderas.**

En cada estación se realizó un transepto perpendicular a la costa, los cuales fueron recorridos por arrastre, en una embarcación, desde el inicio hasta el final de la pradera, para conocer su extensión, límite inferior y superior.

**Densidad:** La densidad de vástagos para las praderas de las estaciones Larga, Petrolera y Flamenco se estimó directamente a partir del número de vástagos marcados para el estudio de los censos directos, en el resto de las estaciones se utilizó un cuadrado de 50 cm de lado el cual se colocó 3 veces al azar en el medio y al final del transepto, dependiendo de la extensión de la pradera (Tabla 1) y se contó el número de vástagos presentes.

Tabla 1. Cantidad de cuadrados en dependencia del largo de la pradera:

Largo aproximado de la pradera	Distancia entre cuadrados	Cantidad de cuadrados
hasta 200 m	Cada 10-25 m	4-8
300-500 m	Cada 50 m	6-10
600-1000 m	Cada 100 m	6-10

Para medir el epifitismo se tomaron cinco haces de *Thalassia testudinum*, se separaron todas las hojas, de afuera hacia dentro, de cada una se anotó si presentan el ápice redondeado, el ancho en milímetros y el largo total de la hoja en centímetros, así como la proporción de la misma que está colonizada por las epifitas y el morfotipo, género o especie de las epifitas predominantes.

**Dinámica de costa:** Los datos de dinámica de costa se tomaron de la base de datos del grupo de Dinámica Costera del CIEC, el cuál realiza mediciones mensualmente en las estaciones de estudio, con el uso de un Teodolito electrónico LEICA T460. Durante cada medición se toman los valores de distancia y desnivel de los puntos con variaciones de pendiente dentro del perfil y se determina el diámetro medio de la arena. A partir de los datos tomados en el campo se realizan los cálculos de volúmenes de los perfiles de playa, fijando parámetros de distancia hacia el mar y profundidad de medición para cada perfil y se calcula la diferencia de volumen de cada estación.

### **Análisis estadístico.**

Para cada variable estudiada se determinó el promedio y el error estándar, excepto para la edad que se determinó la mediana por ser mejor indicador de la tendencia central de los datos. Se empleó la prueba t de Student para conocer si existían diferencias en el IP determinado por los dos métodos diferentes. La relación entre las variables de la dinámica de costa (diferencia de volumen) y la biomasa, se determinó mediante la regresión lineal de mínimos cuadrados entre ambas. Todos los análisis se realizaron con STATISTICA v. 6 StatSoft, Inc. (2001).

## RESULTADOS.

### Bahías

La profundidad en las estaciones muestreadas varió entre 0.75 m y 1.50 m. Los fondos son fangosos, de color oscuro, presentan fuertes olores a sulfhídrico y con restos de moluscos muertos en la mayoría de las estaciones. En muchas de las estaciones la transparencia fue nula y existía gran resuspensión de sedimentos.

En ninguna de las estaciones monitoreadas en ambas bahías se encontraron fanerógamas, aunque se observaron pequeños parches en el recorrido desde la embarcación y en las muestras colectadas con la rastra se encontraron rizomas y raíces vivas de *Halodule wrightii* Ascherson, que es una especie, pionera, eurihalina y resistentes a las perturbaciones, más resistente a las amplias fluctuaciones de salinidad y temperatura del agua (Lewis y Estévez, 1998, Duarte 2001), condiciones predominantes en estas bahías.

Se encontraron 6 especies de algas, de modo general existe muy poca diversidad. Las especies encontradas fueron: *Batophora Oerstedii*, muy abundante en algunos puntos, otras especies presentes fueron *Acetabularia crenulata*, *Cladophora sp* *Dasycladus vermicularis*, *Hypnea cervicornis* y *Laurencia sp*.

### Plataforma exterior de los cayos.

#### **Estructura de las praderas estudiadas.**

La extensión media de las praderas estudiadas es  $2045 \pm 1047$  m, la de menor extensión la de Larga (250 m) y la más extensa la de Antón (5000 m), siendo ésta además, la que tiene el límite inferior más profundo 11 m. La densidad de vástagos promedio es  $771.9 \pm 48.9$  vástagos  $m^{-2}$ , variando entre  $668 \pm 93$  vástagos  $m^{-2}$  en Larga y  $925 \pm 138.4$  vástagos  $m^{-2}$  en Flamenco (Tabla 2).

La biomasa foliar de *Thalassia testudinum* tuvo valores promedios de  $165.9 \pm 12.0$  g  $m^{-2}$ , variando entre  $135.1 \pm 9$  g  $m^{-2}$  en Petrolera y  $191.3 \pm 24.5$  g  $m^{-2}$  en Paredón (Tabla 2).

Se encontraron otras especies de fanerógamas como *Syringodium filiformis* y *Halodule wrightii*, con valores de biomasa de  $11.32$  g/ $m^2$  en la estación de el Paso y  $8.85$  g/ $m^2$  en Larga, respectivamente. La biomasa promedio de algas fue  $80.82$  g/ $m^2$ . En los muestreos se encontraron algas calcáreas, filamentosas y carnosas con valores promedios de biomasa de  $78.27$  g/ $m^2$ ,  $2.12$  g/ $m^2$  y  $0.42$  g/ $m^2$  respectivamente. Las algas

calcáreas presentaron la mayor biomasa pero se debe tener en cuenta que no se descalcificaron para el procesamiento.

Tabla 2. Resumen de la estructura de las praderas en cada estación. SE = error estándar de las medias.

Estaciones	extensión (m)	límite inf. (m)	límite sup. (m)	biomasa <i>Thalassia</i>		densidad (vast.)	
				(g m <sup>-2</sup> )	SE	m <sup>-2</sup> )	SE
Larga	250	8,2	2,5	146,4	29,4	721,3	53,5
Petrolera	1800	9,3	0,75	135,1	9,0	745,3	31,3
Flamenco	1215	5,0	0,6	181,7	31,5	668,0	93,7
Paredón	4530	10,0	1,4	191,3	24,5	800,0	63,5
Antón	5000	11,0	1,2	175,2	19,5	925,0	138,4

### Intervalo de plastocrono y formación de hojas.

Mediante el método retrospectivo se obtuvo que al representar gráficamente la secuencia de longitud de internodos para cada vástago analizado, después de pasar por ambos filtros (Fig 2), se visualiza claramente un ciclo anual de producción de hojas comprendido entre dos valores máximos, lo cual es válido para especies con un claro patrón de cambios estacionales en la longitud de los segmentos de rizoma como es el caso de la *Thalassia testudinum* (Short y Duarte, 20002). El número promedio de internodos producidos en un ciclo, que es igual al número promedio de hojas que se producen al año fue  $34 \pm 2$  hojas al año, por tanto el IP determinado por este método resultó ser  $10.8 \pm 0.7$  días.

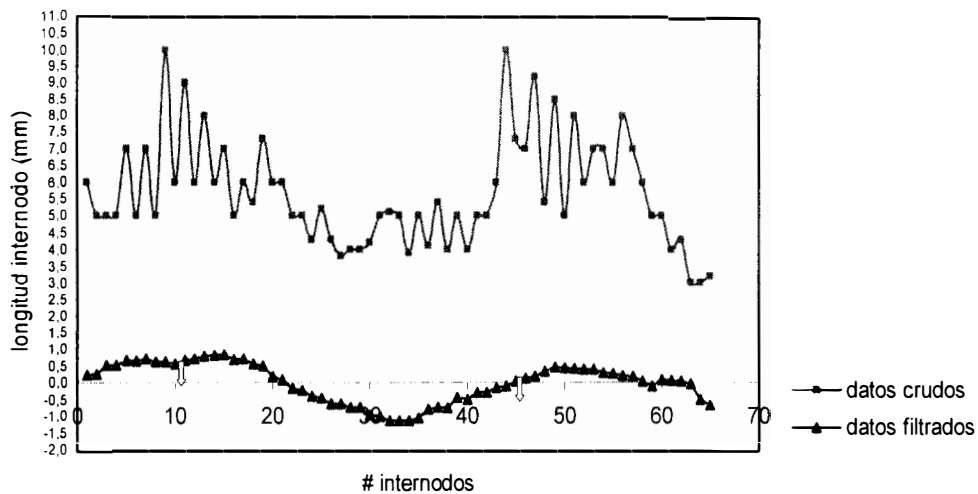


Figura 2. Ejemplo de la secuencia de longitud de internodos para uno de los vástagos de la estación de Flamenco, las flechas delimitan un ciclo anual entre dos valores máximos.

Con la aplicación del método directo mediante marcaje de los vástagos, el IP resultante fue de  $11.8 \pm 0.31$  días, lo equivalente a la formación de  $31.2 \pm 0.8$  hojas al año.

Las estimas obtenidas por los dos métodos no son estadísticamente diferentes ( $t > 0.05$ ). Por ello se utilizó la estima derivada del método de marcaje, que es directa, para transformar estimas de edad o tiempo en unidades de IP a unidades de tiempo cronológico (días o años).

### Crecimiento.

La tasa de crecimiento vertical obtenida a partir del promedio del valor de las pendientes de las regresiones lineales (Fig. 3) tuvo valores medios para la zona de  $6.2 \pm 0.19$  mm IP<sup>-1</sup> variando entre 5.6 mm IP<sup>-1</sup> en Larga y 6.7 mm IP<sup>-1</sup> en Antón (Tabla 3).

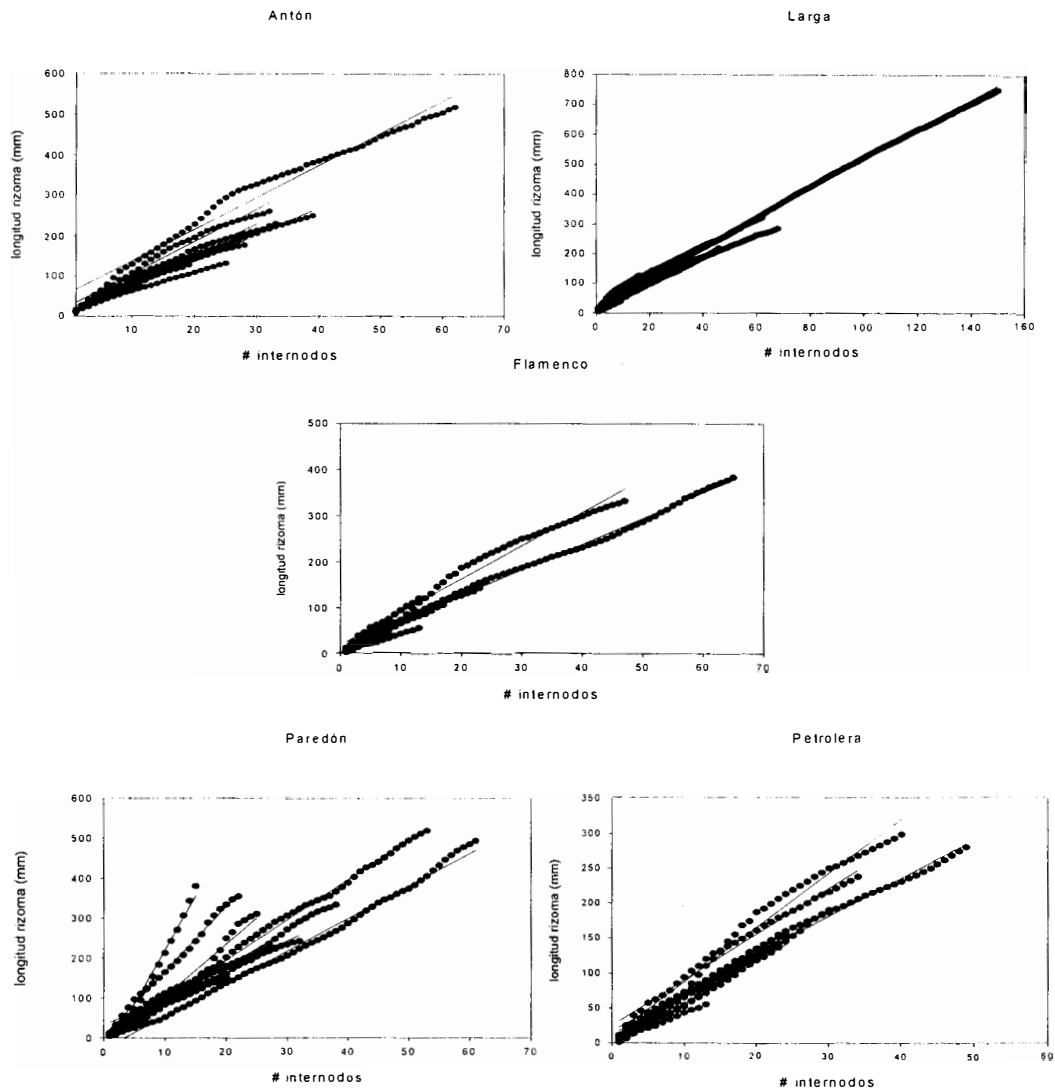


Figura 3. Regresión lineal de mínimos cuadrados obtenida para determinar la tasa de crecimiento vertical de los vástagos a partir del valor promedio de las pendientes.

### Demografía.

**Edad:** La vida media de los vástagos para cada estación, varió entre 347 días para la estación de Larga y 470 días para la de Paredón, el vástago más longevo se encontró en la estación Larga con 1755 días (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de la edad y de la tasa de crecimiento vertical para cada estación. SE = error estándar de la media.

Estaciones	vida media (días)	SE	edad máxima (días)	tasa crec.vert.(mm IP <sup>-1</sup> )	SE
Larga	347,2	33,7	1755,0	5,6	0,5
Petrolera	364,9	26,2	1310,0	6,1	0,3
Flamenco	370,8	33,0	1684,0	6,1	0,4
Paredón	470,8	27,1	1053,0	6,6	0,6
Antón	388,4	22,3	936,0	6,7	0,3

**Estimas retrospectivas:** La mortalidad estimada mediante este método resultó ser mayor que el reclutamiento en todas las estaciones, excepto en la estación Larga que fue ligeramente mayor y por tanto es la única donde hubo un crecimiento neto de la población positivo (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de la demografía obtenida por las estimas retrospectivas.  $M_{esp}$  = mortalidad específica,  $R_{esp}$  = reclutamiento específico,  $CNP_{esp}$  = crecimiento neto de la población.

Estaciones	$M_{esp}$ (año <sup>-1</sup> )	$R_{esp}$ (año <sup>-1</sup> )	$CNP_{esp}$ (año <sup>-1</sup> )
Larga	0,75	0,85	0,09
Petrolera	1,03	0,79	-0,24
Flamenco	0,73	0,69	-0,04
Paredón	0,51	0,41	-0,10
Antón	1,58	0,62	-0,96

**Estimas directas:** Los resultados obtenidos a partir de los censos directos (Tabla 5) muestran que el reclutamiento, tanto absoluto como específico, en todas las estaciones y en todos los períodos es mayor que la mortalidad, por tanto hubo un crecimiento neto absoluto y específico de la población en todas las parcelas estudiadas durante el año de muestreo (Fig 4).



Tabla 5. Resumen de los datos de demografía obtenidos por los censos directos.

1) durante los tres periodos de observaciones en el año. 2) al completar el año de observaciones. M = mortalidad absoluta, R = reclutamiento absoluto, CNP = crecimiento neto absoluto de la población, con unidades: (vástagos  $m^{-2}d^{-1}$ ) para 1 y (vástagos  $m^{-2}año^{-1}$ ) para 2,  $M_{esp}$  = mortalidad específica,  $R_{esp}$  = reclutamiento específico,  $CNP_{esp}$  = crecimiento neto específico de la población, con unidades ( $mes^{-1}$ ) para 1 y ( $año^{-1}$ ) para 2, SE = error estándar de la media.

1)

Estaciones	mes	M	SE	R	SE	$M_{esp}$	SE	$R_{esp}$	SE	CNP	SE	$CNP_{esp}$	SE
Larga	julio	0,130	0,080	0,543	0,038	0,005	0,003	0,021	0,002	0,413	0,063	0,016	0,003
	noviembre	0,226	0,046	0,398	0,080	0,009	0,002	0,016	0,004	0,172	0,073	0,007	0,003
	marzo	0,203	0,013	0,587	0,035	0,008	0,000	0,023	0,002	0,384	0,045	0,015	0,002
Petrolera	julio	0,174	0,025	0,557	0,049	0,008	0,002	0,025	0,006	0,383	0,043	0,017	0,004
	noviembre	0,156	0,027	0,389	0,027	0,007	0,001	0,017	0,002	0,233	0,000	0,010	0,001
	marzo	0,231	0,062	0,518	0,118	0,010	0,002	0,021	0,005	0,287	0,075	0,012	0,004
Flamenco	julio	0,197	0,028	0,348	0,025	0,008	0,001	0,014	0,001	0,151	0,038	0,006	0,002
	noviembre	0,133	0,047	0,300	0,047	0,005	0,002	0,012	0,001	0,167	0,047	0,006	0,002
	marzo	0,198	0,023	0,452	0,118	0,008	0,001	0,018	0,005	0,253	0,129	0,010	0,005

Estaciones	M	SE	R	SE	$M_{esp}$	SE	$R_{esp}$	SE	CNP	SE	$CNP_{esp}$	SE
Larga	68,944	10,340	186,556	12,500	0,101	0,016	0,254	0,031	117,611	17,206	0,153	0,030
Petrolera	67,593	8,761	175,741	14,434	0,108	0,009	0,263	0,043	108,148	11,939	0,156	0,035
Flamenco	63,537	1,656	132,481	12,931	0,089	0,002	0,178	0,020	68,944	14,339	0,089	0,020

En el transcurso del año nacieron  $163 \pm 10$  vástagos  $m^{-2}$  como promedio en las estaciones, variando entre  $131 \pm 13$  vástagos  $m^{-2}$  en la estación de Flamenco y  $184 \pm 12$  vástagos  $m^{-2}$  en Larga. Hubo como promedio un 91.2 % de vástagos supervivientes entre las tres estaciones, la de menor de supervivencia fue petrolera con 89.9 % y la de mayor fue Larga con 92.2 % (Fig 5).

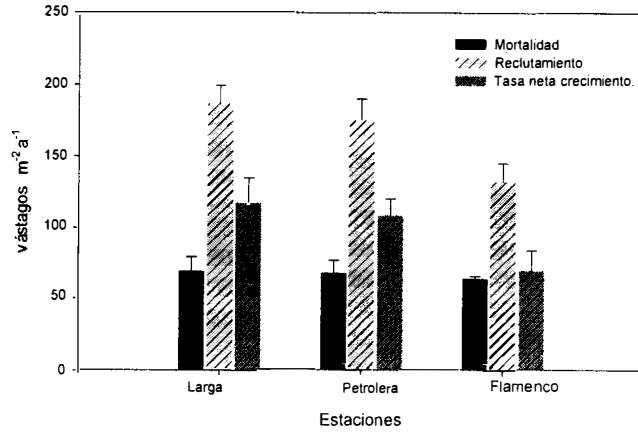


Figura 4. Demografía resumen de las praderas estudiadas.

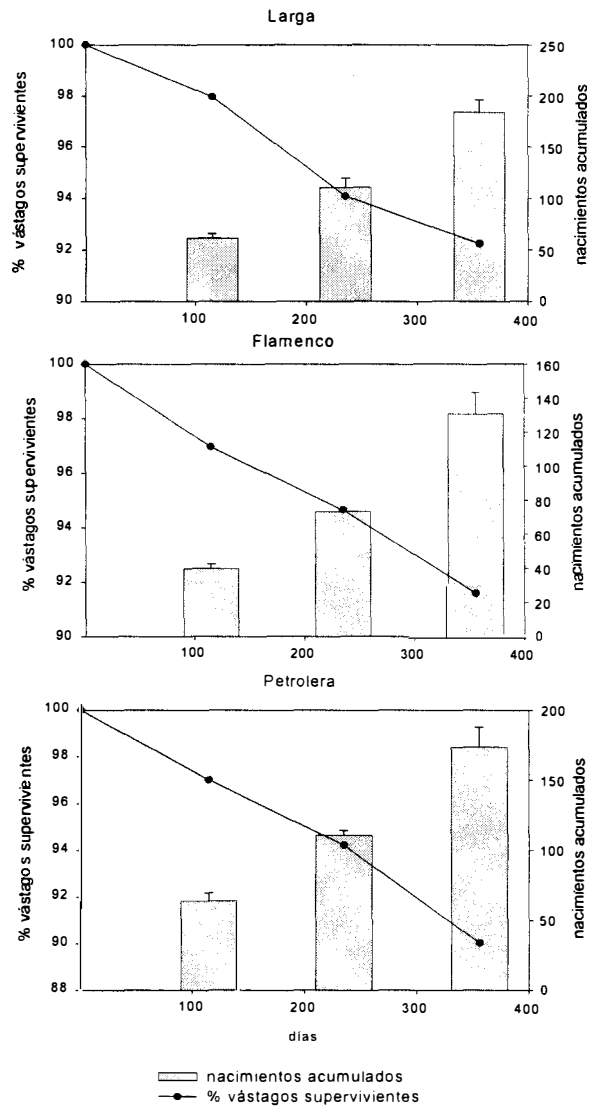


Figura 5. Vástagos nacidos y % de vástagos supervivientes en cada estación al año.

## Dinámica de costa.

Las características granulométricas de los sedimentos que conforman las estaciones de estudio responden principalmente al bajo valor de pendiente de los perfiles y al régimen hidrodinámico moderado y según la clasificación de Wentworth corresponde a arena media. El promedio del diámetro medio de la arena es de  $0.28 \pm 0.006$  mm. Existen estaciones con una dinámica de sedimentos mayor como el caso de la estación de Paredón, que pierde  $62 \text{ m}^3$  de arena durante el período estudiado y otras como Larga y Petrolera que no tienen apenas diferencia de volumen (Tabla 6).

Tabla 6. Características de la dinámica de sedimentos en cada estación. MD = diámetro medio de la arena, DV = diferencia de volumen de arena en el perfil, entre los meses de marzo y septiembre.

Estaciones	MD (mm)	DV ( $\text{m}^3$ )
Larga	0,29	-0,47
Petrolera	0,26	0,50
Flamenco	0,27	-51,57
Paredón	0,28	-62,40
Antón	0,27	-16,00

Se encontró que existe relación entre la diferencia de volumen de sedimentos de la playa adyacente y la biomasa foliar, en cada pradera (Fig 6).

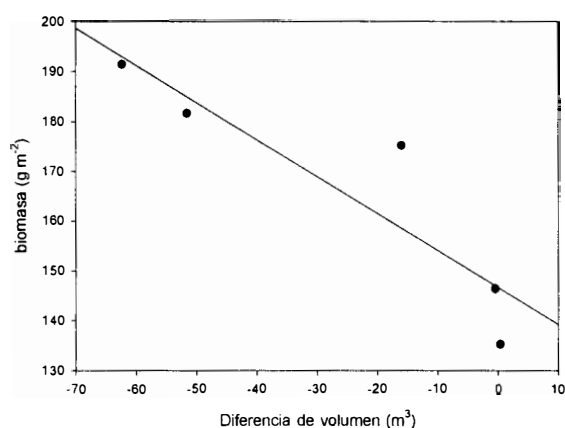


Figura 6. Relación entre la biomasa y la diferencia de volumen.  $R^2 = 0.81$

## DISCUSIÓN.

Las praderas estudiadas se encuentran en la laguna prearrecifal extendiéndose hasta la cresta del arrecife o hasta el inicio de la meseta rocosa en las estaciones donde no existe cresta. La extensión y el límite inferior de éstas varían dependiendo de la profundidad a la que comienza el sustrato rocoso, por tanto no están limitadas por la profundidad, es decir la intensidad de luz, sino por la disponibilidad de hábitat. Las praderas son más extensas a medida que se encuentran más hacia el Este de Cayo Coco como el caso de las estaciones de Paredón y Antón, ya que la franja arrecifal se va separando de la costa hacia esa zona. Estas praderas no presentan ninguna barrera física que las separe y sus características demográficas son similares, por tanto se puede decir que constituyen una pradera continua a lo largo de la zona estudiada.

La biomasa encontrada en las estaciones estudiadas es similar a la biomasa obtenida en otras praderas de *T. testudinum* que se han estudiado en Cuba, como en la plataforma NW (Bueza, 1974; Jiménez, 1990; Martínez-Daranas et al., 1996). En la zona de estudio también se han reportado valores similares de biomasa, que se consideran intermedios para la zona del Caribe (CARICOMP, 1997). Se encontró además que existe relación entre la biomasa foliar de las praderas estudiadas y la dinámica de la playa adyacente (diferencia de volumen de arena través del año, Fig.6), observando que la biomasa es mayor en aquellas praderas donde la playa adyacente tuvo una diferencia de volumen mayor, es decir aquellas que presentaron una dinámica más intensa de sus sedimentos en el transcurso del año, en las cuales se produjo una pérdida neta de sedimentos en las playas adyacentes que probablemente se ha depositado sobre las praderas.

El IP determinado para las praderas estudiadas es de los más cortos que se han reportado en la literatura (Patriquin, 1973; Gallegos, 1993; Durako, 1994; Marbà et al, 1994), aproximadamente la mitad de la media reportada para la especie (Tabla 7). Valores muy bajos de IP (4 días) han sido reportados por Durako (1994) en algunos vástagos que sobrevivieron en praderas que han sufrido mortalidad severa en Florida. Estos resultados muestran un ritmo de crecimiento rápido en las praderas de Cayo Coco.

La producción anual de hojas para las praderas de *Thalassia testudinum* se ha estimado en valores entre 12 y 31 hojas al año por cada vástago (Kaldy et al, 1999). Las praderas estudiadas se encuentran entre las de mayor producción anual de hojas, sobrepasando los valores promedios para la especie (Tabla 7). Esta alta producción de hojas esta relacionada con el crecimiento vertical de los vástagos, que varía en respuesta al enterramiento (Marbà et al, 1994).

El crecimiento vertical de los vástagos de *Thalassia testudinum* en las praderas estudiadas es de los más altos encontrados en la literatura, siendo casi cinco veces superiores al promedio para la especie, sobrepasando los valores de crecimiento máximo en algunas estaciones. Estos valores de crecimiento máximo fueron reportados después del paso del huracán Gilberto por México, el cual provocó el enterramiento de las praderas situadas en Bahía Mujeres (Yucatán) al desplazar una ola de arena sobre las praderas de *T. testudinum* (Marbà et al., 1994).

El incremento de la longitud de los internodos del rizoma vertical en praderas que han sufrido enterramiento ha sido reportado para especies en el Caribe (Patriquin, 1973; Marbà et al, 1994), en el Mediterráneo (Marbà y Duarte, 1994) y en el sur de Asia (Duarte et al, 1997), donde se ha observado que después del enterramiento, la longitud de los internodos de los rizomas verticales aumenta con respecto su valor medio (Marbà y Duarte, 1998; Duarte, 2002). Por tanto los resultados obtenidos indican que ha existido un enterramiento importante durante los últimos años que ha llevado a una tasa de crecimiento tan elevada.

Tabla 7. Valores reportados para praderas de *Thalassia testudinum*. Valores entre paréntesis indican el promedio del valor, \* mediciones directas por marcaje.

Intervalo Plastocono (días)	Producción de hojas (hojas año <sup>-1</sup> )	Crecimiento vertical (cm año <sup>-1</sup> )	Longitud internodos verticales (mm)	Referencias
10. 0-26 (21,9)	-23,3	2,0-20,0 (4)	7,0-18 (2)	Marbà y Duarte, 1998; Hemminga y Duarte, 2000
10,5-14 (11,7)*	26,0-34,7 (31,2)*	17,5-20,9 (19,1)	5,0-7,0 (6)	este estudio

Los valores de demografía obtenidos por las estimas retrospectivas, que resumen la dinámica durante los últimos 4-5 años (Tabla 4), muestran que las praderas experimentaron una pérdida neta, debido a una mortalidad considerable en los años anteriores a este estudio, con valores similares a los encontrados en otras praderas (Tabla 8), las cuales han experimentado mortalidades grandes debido al paso de huracanes (Gallegos et al, 1993) o por episodio de mortalidad masiva (Durako et al, 1996).

Los disturbios que producen redistribución de los sedimentos y provocan enterramiento generan mortalidad de las praderas, seguido por un incremento del crecimiento de los vástagos sobrevivientes (Preen et al, 1995; Duarte et al, 1997). Por tanto la mortalidad ocurrida en las praderas de estudio y el crecimiento vertical que han experimentado los vástagos, se pueden vincular al enterramiento que se ha producido en las praderas, que se puede relacionar con una frecuencia elevada de eventos meteorológicos como tormentas y huracanes, que han generado una importante erosión en las playas

adyacentes a las praderas y que han provocado desplazamiento de sedimentos sobre éstas. Se conoce que en sentido general el movimiento sedimentológico en toda la zona es longitudinal a la costa en dirección predominante de Este a Oeste, pero puntualmente también se detectan movimientos perpendiculares a la costa. En cualquiera de los dos casos es posible que las praderas estén siendo afectadas por eventos acumulativos sobre todo las más cercanas a la playa, lo que se incrementa con los disturbios ocasionados por los eventos meteorológicos. (Zúñiga com. pers.).

Sin embargo los valores de mortalidad obtenidos mediante el método de los censos directos son mucho menores con respecto a los valores estimados para los años anteriores (Tabla 5). Además se constató un crecimiento neto de la población durante el año de estudio (Fig. 4) indicando que actualmente las praderas están en expansión en Cayo Coco lo que indica que están en recuperación probablemente por la disminución de los eventos que han ocasionado su mortalidad.

Tabla 8. Resumen de la demografía para diferentes poblaciones de *Thalasia testudinum*.

Localidad	R (año <sup>-1</sup> )	M (año <sup>-1</sup> )	Edad media (años)	Edad máxima (años)	Referencia
Península de Yucatán, México	0,27-1,03	0,6-0,75	1,1-1,4	9	Gallegos et al, 1993
Bahía Florida, E.U.A	0,39-1,51	0,37-2,18	0,3-1,6		Durako et al, 1996
Playa Larga, Cuba					
censos directos	0,20-0,28	0,08-0,12			este estudio
reconstrucción	0,85	0,75	0,95	5	este estudio
Playa Petrolera, Cuba					
censos directos	0,20-0,32	0,09-0,11			este estudio
reconstrucción	0,79	1,03	0,99	4	este estudio
Playa Flamenco, Cuba					
censos directos	0,15-0,21	0,08-0,09			este estudio
reconstrucción	0,69	0,73	1,01	5	este estudio

Estudios recientes sobre la relación alométrica que existe entre la biomasa de los vástagos y su espaciado (Marbà y Duarte, 2003) han encontrado que la arquitectura básica clonal de las especies se refleja dentro de las poblaciones durante su desarrollo, dando lugar a una estrecha relación entre la densidad de vástagos y la biomasa desarrollada en poblaciones que están bien establecidas, con esta relación se pueden predecir los límites superiores de biomasa y densidad que pueden alcanzar las poblaciones (Fig. 7).

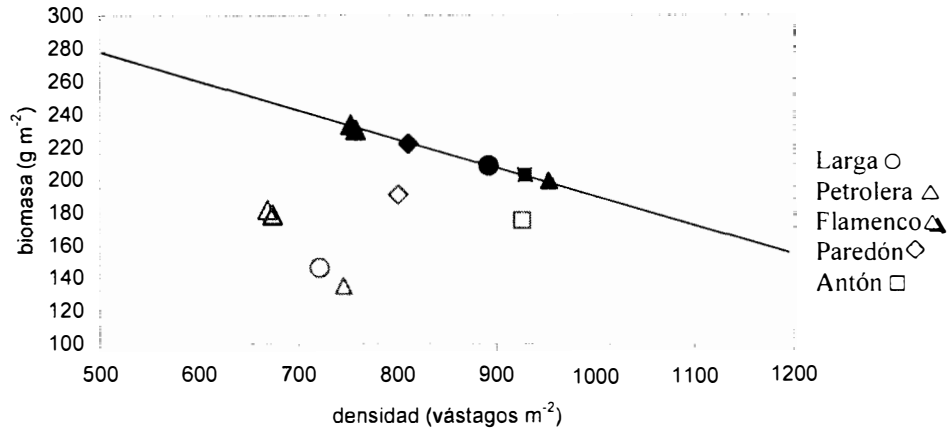


Figura 7. Relación entre la densidad y la biomasa en cada estación. La línea indica el límite superior de biomasa y densidad.

Teniendo en cuenta esta relación, las praderas estudiadas se encuentran por debajo de los valores de densidad y biomasa máximos que pueden alcanzar (Fig. 7) por lo que pueden aún expandirse y aumentar su densidad. De mantenerse las condiciones actuales, sin la ocurrencia de perturbaciones que aumenten su mortalidad, lo alcanzarán en el período de 1,3 a 1,6 años, teniendo en cuenta que han alcanzado entre el 78 y el 89 % de la densidad posible según su arquitectura (Tabla 9).

Tabla 9. Biomasa y densidad que han alcanzado las praderas estudiadas y tiempo para alcanzar el límite superior. \* no determinados en el estudio.

Estaciones	% densidad alcanzada	% biomasa alcanzada	t (años)
Larga	80,9	70,1	1,4
Petrolera	78,3	67,6	1,6
Flamenco	88,8	77,6	1,3
Paredón	98,6	85,9	*
Antón	99,6	86,2	*

Estos resultados permiten predecir una rápida recuperación —entre 2 y 4 años— de las praderas de *Thalassia testudinum* de Cayo Coco, tras perturbaciones que provoquen enterramiento como el paso de huracanes.

## CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos sugieren que las praderas estudiadas sufrieron un enterramiento importante que ha provocado una alta mortalidad durante los últimos años, a lo que han respondido con un aumento del crecimiento vertical de sus vástagos para compensar la mortalidad y poder recuperarse. Actualmente la mortalidad ha disminuido probablemente por la disminución de los eventos que la provocaban y las praderas se encuentran en expansión y están aumentando su densidad. Los resultados obtenidos indican que la recuperación de las praderas se habrá completado en 1-2 años más, de mantenerse los ritmos de recuperación evidenciados en este estudio.

La combinación de estudios demográficos retrospectivos y directos tiene una amplia aplicación para determinar el estado de las poblaciones. Los censos directos son un método efectivo para determinar el estado actual de las poblaciones, mientras que los métodos reconstructivos proporcionan conocimiento sobre la demografía pasada (reciente) de las praderas y se pueden realizar con poco tiempo y esfuerzo, en sitios que no podrán ser visitados nuevamente, lo que permite aumentar el conocimiento sobre la dinámica de las praderas marinas.

La incorporación de los estudios demográficos al programa de monitoreo de las praderas marinas en Cuba permitiría tener un conocimiento adecuado sobre la dinámica de las poblaciones y por tanto evaluar de forma efectiva el estado actual de las praderas y detectar cambios de forma oportuna que otros métodos como la determinación de la densidad de vástagos o la cobertura empleando cuadrados al azar, solo reflejan cuando la magnitud del cambio es muy grande.

La integración de otras disciplinas al estudio de la ecología de las praderas marinas, como la dinámica de costas, puede ayudar a esclarecer la respuesta de las praderas a las perturbaciones y a dar un diagnóstico más acertado sobre su estado.



## REFERENCIAS.

- Buesa, R.J., 1974. Population and biological data on turtle grass (*Thalassia testudinum* König) on the northwestern Cuban shelf. *Aquaculture* 4, 207-226.
- CARICOMP, 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP network. Proceedings 8th International Coral Reef Symposium, Panama City, Panama, 1996, 1, 663-668.
- Duarte, C. M., 1991. Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Marine Ecology Progress Series* 77: 289-300.
- Duarte, C. M., 2000. Marine biodiversity and ecosystem services: an elusive link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250: 117-131.
- Duarte, C. M., 2000a. Seagrasses. *Encyclopedia of Biodiversity* 1: 1-14.
- Duarte, C. M., 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental conservation* 29(2): 192-206.
- Duarte, C. M. and H. Kirkman, 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. *Global Seagrass Research Methods*. F. T. S. a. R. G. Coles, Elsevier Science B.V. Chapter 7: 141-153.
- Duarte, C. M. and J. Cebrian, 1996. The fate of marine autotrophic production. *Limnol. Oceanogr.* 4(8): 1758-1766.
- Duarte, C. M. and K. Sand-Jensen, 1990. Seagrass colonization: biomass development and shoot demography in *Cymodocea nodosa* patches. *Marine Ecology Progress Series* 67: 97-103.
- Duarte, C.M., J. Terrados, N.S.R. Agawin, M.D. Fortes, S. Bach, W.J. Kenworthy., 1997. Response of a mixed Philippine seagrass meadow to experimental burial. *Marine Ecology Progress Series* 147: 285-294.
- Duarte, C.M., 1989. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 51: 269-276.

Duarte, C.M., 1991. Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.* 40: 363-377.

Duarte, C.M. and Chiscano, C.L., 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic Botany*, 65: 159-174.

Duarte, C.M., Marbà, N., Agawin, N., Cebrián, J., Enríquez, S., Fortes, M.D., Gallegos, M.E., Merino, M., Olesen, B., Sand-Jensen, K., Uri, J., Vermaat, J., 1994. Reconstruction of seagrass dynamics: age determinations and associated tools for the seagrass ecologist. *Marine Ecology Progress Series*, 107: 195-209.

Durako, M.J., 1994. Seagrass die-off in Florida Bay (USA): changes in shoot demographics in *Thalassia testudium*. *Marine Ecology Progress Series* 110, 59-66.

Durako, M.J. and Duarte, C.M., 1997. On the use of reconstructive aging techniques for assessing seagrass demography: a critique of the model test of Jensen et al., (1996). *Marine Ecology Progress Series* 146: 297-303.

Erickson, R. O. and F. J. Michelini, 1957. The plastochron index. *The journal for march* 44: 209-296.

Fourqurean, J. W., G. V. N. Powell, W.J. Kenworthy, J.C. Zieman, 1995. The effects of long-term manipulation of nutrient supply on competition between the seagrasses *Thalassia testudinum* and *Halodule wrightii* in Florida Bay. *OIKOS* 72.

Gallegos, M. E., M. Merino, N. Marbà, C.M. Duarte, 1993. Biomass and dynamics of *Thalassia testudinum* in the Mexican Caribbean: elucidating rhizome growth. *Marine Ecology Progress Series* 95: 185-192.

Harper J.L., 1977. *Population biology of plants*. Academic Press.

Hemminga, M.A. and Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 298.

Jensen, S. L., B. D. Robbins, S.S., Bell, 1996. Predicting population decline: seagrass demographics and the reconstructive technique. *Marine Ecology Progress Series* 136: 267-276.

- Jiménez, C., 1990. Características del macrofitobentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó. In: Alcolado, P.M. (Ed.), El bentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó, pp. 8-12, Editorial Academia, La Habana.
- Jiménez, C., Alcolado, P.M., 1989. Comportamiento estacional de la biomasa vegetal en un seibadal en Cuba. *Acta Botánica Cubana* 71: 1-10.
- Kaldy, J.E., Fowler, N., Dunton, K. H., 1999. Critical assessment of *Thalassia testudinum* (turtle grass) aging techniques: implications for demographic inferences. *Marine Ecology Progress Series* 181: 279-288.
- Marbà N. and C.M. Duarte., 1994 Growth response of the seagrass *Cymodocea nodosa* to experimental burial and erosion. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 107:307-311.
- Marbà, N. and C. M. Duarte, 1998. Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series* 174: 269-280.
- Marbà N., C.M. Duarte, E. Díaz-Almela, J. Terrados, E. Álvarez, R. Martínez, R. Santiago, E. García, A.M. Grau, (enviado). Direct evidence of imbalanced seagrass (*Posidonia oceanica*) population dynamics in the Spanish Mediterranean.
- Marbà, N., C.M. Duarte, J. Cebrián, S. Enríquez, M.E. Gallegos, B. Olesen and K. Sand-Jense, 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* in the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 137: 203-213.
- Martínez-Daranas B., P. Alcolado y C.M. Duarte (enviado). Aboveground production and shoot dynamics of *Thalassia testudinum* in the northern coast of Havana, Cuba.
- Martínez-Daranas, B., Jiménez, C., Alcolado, P.M., 1996. Fitobentos en los fondos blandos del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Avicennia* 4, 77-88.
- Patriquin D.G., 1973. Estimation of growth rate, production and age of the marine angiosperm *Thalassia testudinum* Konig. *Caribb J. Sci* 13:111-123.
- Peterson, B.J., Fourqurean, J.W., 2001. Large-scale patterns in seagrass (*Thalassia testudinum*) demographics in south Florida. *Limnology and Oceanography* 46, 1077-1090.

Phillips, R.C., 1960. Observations on the ecology and distribution of the Florida seagrasses.

Preen, A. R., L. W. J. Long, R.G. Coles. 1995. Flood and cyclone related loss, and partial recovery, of more than 1000 km<sup>2</sup> of seagrass in Hervey Bay, Queensland, Australia. *ELSEVIER* 52: 3-17.

PNUD/GEF CUB/92/G31, 1999. Informe final 1<sup>ra</sup> etapa del Proyecto GEF-PNUD. Proyecto Sabana - Camagüey CUB/92/G31 (1998): Protección de la Biodiversidad y Establecimiento de un Desarrollo Sustentable en el Ecosistema Sabana-Camagüey. 254 pp.

StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)

Short, F.T. and Duarte, C.M., 2001. Methods for the measurement of seagrass growth and production. In: Chapter 8: Global Seagrass Research Methods, F.T. Short, R.G. Coles, (Eds.), pp. 155-182.

Terrados, J. and C. M. Duarte, 2000. Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *Journal of Experimental marine biology and ecology* 243: 45-53.

Tomlinson, P. B. 1974. Vegetative morphology and meristem dependence- the foundation of productivity in seagrass. *Aquaculture* 4: 107-130.

Zieman, J. C. 1974. Methods for the study of the growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum* König. *Aquaculture* 4: 139-143.