

ARTICULO ORIGINAL

Composición química de la seiba (*Thalassia testudinum* K.D. Koenig, 1805)

Chemical composition of turtle grass (*Thalassia testudinum* K.D. Koenig, 1805)

René J. Buesa^{1,2*}

¹ Gulf of Mexico Fishery Management Council, 4107 W Spruce Suite #200, Tampa, Florida 33607.

² NOAA Fisheries Southeast Regional Office, St. Petersburg, Florida. (Retirado)

Autor para correspondencia:
rjbuesa@yahoo.com

OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional
(CC BY-NC 4.0)

Editor:
Beatriz Martínez Daranas
Centro de Investigaciones Marinas.
Universidad de La Habana.

Recibido: 20.10.2021
Aceptado: 23.05.2022

Resumen

La perspectiva de usar las hojas de seiba como suplemento alimentario para el ganado o como abono agrícola requirió determinar la composición química de sus hojas con los siguientes resultados: peso seco 17-34%; cenizas 21-52%; carbono 23-50%; proteínas 8-12%; azúcares reductores 2-13%; fibras 29-40% y grasas 0,5-0,7% con variaciones entre hojas sin epífitas o con ellas, por épocas del año (“lluvia” o “seca”) y profundidad. Las hojas verdes tienen más nitrógeno, proteínas, aminoácidos, azúcares reductores y fibras que las mezcladas y estas más materias secas, cenizas y carbono que las verdes. El peso seco y las proteínas son mayores en “seca” y los azúcares y las fibras en “lluvia”. Entre cero y 5 m de profundidad las proteínas son más abundantes (7%) que a más profundidad (6%) mientras que cenizas y azúcares reductores son, respectivamente, 31 % y 9 % a más de 5 m que a menor profundidad (27 % y 6 %, respectivamente). Entre los 14 aminoácidos encontrados en las hojas verdes (0,22 y 2,65 mg por 100 g de peso seco), siete son esenciales. Calcio, sodio y magnesio son los elementos más abundantes entre los 19 encontrados en las cenizas y entre los tóxicos el cobre es el más abundante (promedio de 0,016%) mientras que otros considerados tóxicos (cobalto, plomo y molibdeno) aparecen solo como trazas (< 0,0001%).

Los factores del entorno con mayor influencia sobre la seiba son luz en el fondo (sobre el crecimiento) y la salinidad (sobre los porcentajes de los componentes químicos).

Palabras clave: componentes químicos, entorno, seiba, salinidad.

Abstract

The perspective of using turtle grass leaves as a dietary supplement to cattle or as agriculture fertilizer required determining their chemical composition with the following dry weight

percent ranges: dry weight 17-34%; ashes 21-52%; carbon 23-50%; proteins 8-12%; fibers 29-40%; and fats 0.5-0.7% all variable between leaves without epiphytes (green leaves) or mixed leaves, year periods (rain or dry seasons) and depth. Green leaves contain more nitrogen, proteins, amino acids, sugars and fiber, while mixed leaves contain more dry matter, ashes and carbon. Dry weight and proteins are more abundant in the dry season, while sugars and fibers abound more during the wet season. From zero to 5 m proteins are more abundant (7%) than at greater depth (6%), while ashes and sugars are 31% and 9% respectively more abundant at more than 5 meters, that in shallower waters (27% and 6% respectively). Seven of the 14 amino acids found (0.22 y 2.65 mg per 100 g dry weight) were essential. Calcium, sodium and magnesium were the most abundant of the 19 elements found in the ashes (0.016% average) while others considered as toxic (cobalt, lead and molybdenum) appeared only as traces (< 0.0001%). The environmental factors affecting turtle grass the most were bottom light (on growth) and salinity (on chemical components percentages).

Keywords: chemical components, environment, turtle grass, salinity.

Introducción

Como sucede siempre, los pescadores costeros cubanos conocían de la extensión e importancia de las praderas de seiba (*Thalassia testudinum* K.D. Koenig, 1805) como zonas de cría, pero no fue hasta 1964 que los primeros intentos para cuantificar la superficie que ocupaban en la plataforma noroccidental y la abundancia del zoobentos en ellas tuvieron lugar (Murina *et al.*, 1969). Estos autores calcularon que los seibadales ocupaban cerca de 1800 km² y mencionan una biomasa promedio de 0,29 kg.m⁻² de hojas secas y de hasta 4 kg.m⁻² de plantas enteras frescas, así como una presencia máxima en número y biomasa del zoobentos en fondos de seiba y cieno. Estos primeros cálculos de biomasa en la más pequeña de las plataformas cubanas permitían pensar en una utilización industrial de esta planta a nivel

nacional, bien como abono para la agricultura o como suplemento alimentario para el ganado, algo que más de 50 años después ha sido probado como factible en el ganado ovino (Yero Espinosa *et al.*, 2017).

En 1970 se comenzó un estudio sobre la fisiología (fotosíntesis, respiración, crecimiento y resistencia a la cosecha), densidad y composición química de las hojas de seiba en el rodal de Playa Habana con resultados tan alentadores (Buesa, 1972) que determinaron no solo continuar los estudios durante otro año en Playa Habana, sino hacer también cuatro viajes de investigación en 1972-1973 a la plataforma noroccidental para tomaron muestras de biomasa del macrofitobentos y determinar valores del entorno (tipos de fondos, temperaturas, luz en el fondo y corrientes) en un total de 352 estaciones. Los resultados de esos estudios han sido publicados recientemente, los oceanográficos en 2020 (Buesa, 2020) y los de la biomasa del macrofitobentos en 2021 (Buesa, 2021). El presente trabajo recoge los resultados hasta ahora inéditos de la composición química de las hojas de seiba.

Materiales y métodos

Muestreo de las hojas

Las muestras de hojas de *T. testudinum* se colectaron manualmente en el seibadal de Playa Habana (23.05°N/82.55°W) entre marzo de 1972 y febrero de 1973 áreas de un metro cuadrado. Las muestras durante cuatro viajes a la plataforma noroccidental se tomaron automáticamente con la jaiba "Okean" y manualmente mediante buceo autónomo en áreas de un metro cuadrado también. Los muestreos se extendieron desde los cayos de la Leña e inmediaciones de la punta de Cajones, en la cercanía del Cabo de San Antonio (21.86°N/84.95°W), hasta el puerto de La Mulata, cerca del faro de la Gobernadora (22.98°N/83.32°W). Los viajes tuvieron lugar en abril (88 estaciones de primavera), julio (76 estaciones de verano) y octubre (55 estaciones de otoño) de 1972 y en enero de 1973 (44 estaciones de invierno). El seibadal de Playa Habana,



Fig. 1 - Seibadal de Playa Habana. Límites Norte, Este y Oeste del seibadal (9 100 m²). Los números del “1” al “10” representan las 10 parcelas del muestreo en el seibadal, cada una con 210 m² y una biomasa media de hojas secas de 0,34 ± 0,05 kg.m² (Buesa, 1972 a). CIP - Sede original del Centro de Investigaciones Pesqueras (1955 a 1973).

con una superficie de 0,91 hectáreas, está inmediato a la costa pero en comunicación abierta al agua oceánica, fue dividido para su estudio en diez parcelas de 210 m² cada una (equivalente al 23% de su superficie total), con profundidades entre 0,5 y 1,5 metros (Fig. 1). Durante la primera semana de cada mes se seleccionaron al azar tres parcelas para coleccionar cerca de 6 kilogramos frescos de hojas (unos dos kilogramos de peso seco) en cada una. Cada muestra se dividió en cuatro submuestras

de hojas sin epífitas y con extremo redondeado (“hojas verdes”) y otras tantas de hojas mezcladas (cada una con unos 0,75 kilogramos de peso fresco). Ese muestreo aseguraba cuatro repeticiones mensuales por tipo de hoja a las que se le hacían dos determinaciones paralelas por componente y se lograron 8 grados de libertad por media mensual.

Durante los cuatro viajes a la plataforma noroccidental las hojas siempre fueron mezcladas y se coleccionaron



Fig. 2 - Métodos de muestreo de la seiba en la plataforma noroccidental. A - Jaiba "Okean" (40 kg de peso); B - El marco de 1 m² (SF) es lanzado al mar para el buceo SCUBA.

con un muestreador automático ("jaiba") de fondo, y manualmente (Fig. 2). El muestreador "Okean" de Lisitin y Udintsev (Holme & McIntyre, 1971), con una "mordida" de 0,10 m² y 40 kg de peso, es capaz de penetrar varios centímetros en substratos blandos y obtener muestras de plantas enteras, fue usado 217 veces en 186 estaciones en el Golfo de Guanahacabibes (Cabo de San Antonio a Cayos de Buenavista) y 113 veces en

98 estaciones desde Buenavista al Puerto de La Mulata. Hubo un total de 150 muestras superficiales manuales con la técnica de buceo autónomo (SCUBA) de las cuales 51 fueron concurrentes con muestras "Okean" (entre 0,9 y 11 metros de profundidad) para determinar si los promedios de biomásas calculadas con cada método eran diferentes o no (Buesa, 2021).

Análisis químico

Los resultados mensuales se discriminan por "estaciones" solares (primavera, verano, otoño e invierno) y se agruparon por los períodos climáticos de lluvia que incluye la temporada ciclónica de junio a noviembre (verano y otoño), y de seca desde diciembre a mayo (invierno y primavera) predominantes en todo el Caribe. En las tablas se señalan cuáles valores máximos ocurren en seca y en lluvia.

Las muestras de Playa Habana se dividieron para determinar los valores mensuales de diferentes componentes en hojas verdes y mezcladas: peso seco, cenizas y su composición elemental; proteínas totales y aminoácidos; azúcares reductores totales; fibra cruda; contenido de carbono y clorofila "a". En las muestras de hojas mezcladas de la plataforma se determinaron materia seca y ceniza, proteínas totales, azúcares reductores totales, y contenido en grasa por viaje y a diferentes profundidades. La **materia seca** se determinó en 316 muestras: las de Playa Habana a 105°C durante 24 horas, y las de la plataforma a 70-75°C durante seis a ocho días ambas hasta obtener peso constante (Buesa, 2021). Las pesadas se hicieron con una balanza analítica con sensibilidad de $\pm 0,01$ mg. Un total de 467 muestras secas fueron **incineradas** en un horno mufla a 480°C durante cuatro horas para determinar el porcentaje de cenizas. Los componentes elementales de las cenizas se determinaron con un espectrofotómetro en diluciones sucesivas de las muestras, empleando el grafito como base de dilución. Las placas espectrográficas eran Ilford N30 "ordinarias", y se empleó la tabla de líneas

espectrales de Saidel, Prokofiev y Raisky (Corlis, 1962) para comparar con las lecturas espectrales obtenidas.

Las **proteínas** se determinaron en 439 muestras con el método micro-Kjeldahl y los **aminoácidos** estructurales se calcularon en 32 muestras por densitogrametría de los corrimientos descendentes triples unidimensionales durante 66 horas en papel cromatográfico Whatman No.1, contra patrones. Los corrimientos se efectuaron con n-butanol, ácido acético y agua destilada (4:1:5 v/v) y las manchas se revelaron por inmersión en una solución al 0,4% de ninhidrina en acetona. El triptófano se determinó por colorimetría a 600 nm, después de una hidrólisis enzimática. Las **grasas** de 72 muestras previamente maceradas en frío con etanol en equilibrio Soxhlet, después de un tratamiento inicial durante 10 a 15 horas, la fase acuosa se purificó con carbono activado antes de evaporarlas. Los **carbohidratos** totales se determinaron en 155 muestras con el método de Somogyi-Nelson, y las fibras crudas en 48 muestras con el método de la fibra detergente. La **clorofila "a"** de 25 muestras se extrajo con acetona y se cuantificó con un fotocolorímetro a longitudes de onda de 372 y 642 nm. El **carbono** se calculó en 20 muestras mediante la oxidación húmeda con dicromato de potasio y ácido sulfúrico (Walkey & Black, 1934).

Análisis de los resultados

El estadígrafo "t" para valores no apareados e independientes se usó en el contraste de medias y para más de dos medias se usó el estadígrafo "F" (análisis de variancia) con pruebas de Duncan y Scheffé para determinar las medias causantes de la significación de "F". El portal del Vassar College (New York) se usó en todos los cálculos. En las tablas se presentan los valores medios y sus límites de 95% de confianza. En el texto los términos "diferente" o "no diferente" y los de "mayor" o "menor" usados al comparar resultados implícitamente incluyen el calificativo "estadísticamente". Si no se especifica lo contrario, la palabra "plataforma" se refiere siempre a la noroeste. El nivel mínimo

de significación aceptado fue siempre $p \leq 0,05$, con error de tipo "alfa".

Resultados

Composición química

Los promedios de **peso seco** en Playa Habana entre tipos de hojas no eran diferentes ($t_{214} = 0,24$; $p = 0,90$), pero los valores mensuales sí los eran para hojas verdes ($F_{9,110} = 61,34$; $p = 0,001$) y mezcladas ($F_{9,110} = 2,99$; $p = 0,01$; tabla 1). La materia seca en hojas verdes durante la lluvia ($20,72 \pm 2,19\%$) fue menor que durante la seca ($25,40 \pm 13,31\%$; $t_{158} = 4,66$; $p = 0,0001$) y sucedió lo mismo para las hojas mezcladas: $21,80 \pm 1,60\%$ en lluvia y $28,00 \pm 6,09\%$ en seca ($t_{154} = 7,82$; $p = 0,0001$). Los valores en la plataforma y en Playa Habana durante los mismo meses no fueron diferentes entre hojas mezcladas y verdes ($t_{214} = 0,24$; $p = 0,90$), pero sí entre viajes para hojas verdes ($F_{9,110} = 61,34$; $p = 0,001$) y mezcladas ($F_{9,110} = 2,99$; $p = 0,01$), con valores máximos también en seca.

El contenido de **cenizas** (Tabla 2) fue diferente entre hojas verdes y mezcladas ($t_{205} = 3,43$; $p = 0,0005$), y también mensualmente para verdes ($F_{11,84} = 10,95$;

Tabla 1- Materia seca en hojas de seiba verdes y mezcladas de Playa Habana. Valores: % del peso húmedo; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Fecha	Hojas verdes	Hojas mezcladas
Marzo/72	21.42 \pm 1.02	-----
Abril/72	30.98 \pm 3.52 *	32.61 \pm 4.77 *
Mayo/72	21.49 \pm 0.85	23.63 \pm 0.91
Junio/72	19.38 \pm 1.38 *	21.61 \pm 1.04
Julio/72	17.18 \pm 0.58 *	19.79 \pm 0.76 *
Agosto/72	22.68 \pm 0.61	22.69 \pm 0.95
Septiembre/72	22.29 \pm 3.37	24.45 \pm 1.70
Octubre/72	20.30 \pm 0.32	21.15 \pm 2.50
Noviembre/72	22.51 \pm 3.12	21.13 \pm 0.49
Diciembre/72	18.79 \pm 2.99 *	21.89 \pm 0.40
Enero/73	34.20 \pm 0.65 *	33.79 \pm 1.77 *
TOTAL	22.63 \pm 0.94 (160 muestras)	24.03 \pm 2.80 (156 muestras)

Tabla 2 - Contenido total de cenizas de hojas de seiba verdes y mezclada de Playa Habana. Valores: % del peso seco; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Fecha	Hojas verdes	Hojas mezcladas
Marzo/72	29.97 \pm 1.15	37.05 \pm 4.00
Abril/72	28.53 \pm 1.34	32.14 \pm 1.32
Mayo/72	30.21 \pm 1.70	35.16 \pm 2.39
Junio/72	29.02 \pm 6.42	42.79 \pm 6.93 *
Julio/72	27.34 \pm 4.43	52.41 \pm 2.86 *
Agosto/72	24.22 \pm 0.81 *	42.18 \pm 11.46 *
Septiembre/72	24.53 \pm 3.39 *	35.57 \pm 5.80
Octubre/72	38.28 \pm 2.13 *	37.18 \pm 2.10
Noviembre/72	38.00 \pm 1.80 *	33.87 \pm 2.36
Diciembre/72	22.26 \pm 1.71 *	28.18 \pm 1.57
Enero/73	29.52 \pm 2.01	37.09 \pm 4.92
Febrero/73	20.71 \pm 5.15 *	27.49 \pm 9.65 *
TOTAL	28.68 \pm 1.21 (104 muestras)	36.72 \pm 1.67 (103 muestras)

$p = 0,001$) y mezcladas ($F_{11; 83} = 5,39; p = 0,0001$). En hojas verdes el porcentaje de cenizas fue mayor en lluvia (30,23 \pm 6,38%) que en seca (26,87 \pm 4,24%; $t_{102} = 3,17; p = 0,005$), pero para hojas mezcladas (con sus epífitas) el porcentaje de cenizas en seca (33,05 \pm 10,04%) fue mayor

que en lluvia (30,90 \pm 7,78%; $t_{360} = 2,22; p = 0,025$). Los contenidos de cenizas a diferentes profundidades en la plataforma (Tabla 3) fueron diferentes entre verano ($F_{6; 63} = 24,25; p = 0,05$) y otoño ($F_{2; 39} = 5,94; p = 0,05$) pero no entre primavera ($F_{6; 49} = 0,69; p > 0,05$) e invierno ($F_{3; 30} = 1,77; p > 0,05$). Para el total de valores el porcentaje de cenizas fue diferente según la profundidad ($F_{3; 143} = 10,46; p = 0,0001$) porque los valores en primavera fueron mayores que los de invierno ($p = 0,01$) y los de verano fueron mayores a los de otoño ($p = 0,05$). En seca el porcentaje de cenizas entre 0 y 5 metros de profundidad (28,36 \pm 3,7%) fue menor que a más de 5 metros (33,67 \pm 2,4%; $t_{29} = 4,01; p = 0,0006$) e igual ocurrió en lluvia con 26,13 \pm 3,5% entre 0 y 5 metros, y fue 30,51 \pm 4,9% a más de 5 metros ($t_{27} = 2,10; p = 0,05$). El porcentaje mensual de cenizas entre 0,5 y 1,90 metros de profundidad en Playa Habana (38,14%) fue significativamente mayor que en la plataforma (25,85%; $t_{83} = 8,51; p = 0,001$) durante los mismos meses. Las correlaciones entre profundidad y porcentaje de cenizas no fueron significativas en “verano” ($p=0,79$), otoño e invierno ($p=0,17$), pero sí lo fueron en primavera” ($p=0,049$) y para el año en total ($F_{3; 29} = 10,46; p = 0,0001$).

Tabla 3 - Cenizas totales en hojas mezcladas a diferentes profundidades en la plataforma noroccidental. Valores: % del peso seco; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Profundidad (m)	Abril/1972 *	Julio/1972	Octubre/1972	Enero/1973 *	TOTAL
1	27.39 \pm 0.81	27.36 \pm 4.20*	26.37 \pm 1.51	22.29 \pm 3.52	25.98 \pm 1.37*
2	29.63 \pm 16.79	20.98 \pm 9.92	22.93 \pm 2.78*	-----	24.33 \pm 2.69
3	32.28 \pm 4.50	29.63 \pm 3.43*	24.10 \pm 2.97	25.89 \pm 5.19	28.94 \pm 2.13
4	31.93 \pm 7.00	29.29 \pm 4.01	26.30 \pm 1.31	23.60 \pm 2.17	26.71 \pm 1.38
5	32.61	31.80 \pm 3.30	22.57 \pm 5.00	27.59 \pm 3.47	29.46 \pm 2.57*
6	32.88 \pm 5.50	37.95 \pm 2.99	-----	-----	35.06 \pm 3.39
7	33.99	33.68 \pm 6.54	-----	-----	33.71 \pm 5.61
8	33.98 \pm 7.69	29.06 \pm 9.10	-----	-----	32.34 \pm 5.54
9	36.68 \pm 3.67	26.62 \pm 3.61*	-----	-----	31.09 \pm 3.46
10	34.50 \pm 1.91	31.22 \pm 9.56*	-----	-----	33.19 \pm 3.25
11	28.90	24.52 \pm 8.40*	-----	-----	25.86 \pm 6.30
12	34.75	-----	22.37 \pm 9.81	-----	26.50 \pm 9.20
TOTAL	32.48 \pm 1.61 (70 muestras)	29.27 \pm 1.55 (87 muestras)	24.96 \pm 0.99 (69 muestras)	24.24 \pm 1.51 (34 muestras)	28.33 \pm 0.83 (260 muestras)

Tabla 4 - Composición elemental de las cenizas de hojas verdes y mezcladas muestreadas en Playa Habana en Abril y desde Junio a Agosto de 1972. Valores: % del peso seco; media \pm desviación estándar. Ca (calcio) y Na (sodio) están siempre presentes en cerca de 10% cada uno. Ag (plata); Co (cobalto); Mo (molibdeno); Ni (níquel); Pb (plomo); Sn (estaño); Sr (estroncio); y Ti (titanio) están siempre presentes pero sólo como “trazas”.

Elemento	Hojas verdes	Hojas mezcladas	TOTAL
Al (aluminio)	0.205 \pm 0.105	0.303 \pm 0.092	0.254 \pm 0.105
B (boro)	0.550 \pm 0.132	0.377 \pm 0.200	0.463 \pm 0.179
Cu (cobre)	0.018 \pm 0.010	0.015 \pm 0.006	0.016 \pm 0.007
Fe (hierro)	0.215 \pm 0.091	0.280 \pm 0.034	0.248 \pm 0.073
Mg (magnesio)	9.770 \pm 0.460	10.0	9.890 \pm 0.325
Mn (manganeso)	0.060 \pm 0.014	1.023 \pm 1.990	0.540 \pm 1.400
Si (silicio)	0.405 \pm 0.079	0.560 \pm 0.183	0.483 \pm 1.540

En las cenizas se identificó un total de 19 **elementos** (Tabla 4), diez en cantidades entre 0,01% y cerca del 10% del peso de las cenizas y 9 como “trazas” (< 0,0001%). Referidos al aluminio, cobre, hierro, magnesio, manganeso y silicio, el contenido en las hojas verdes (0,18 \pm 0,07) fue significativamente menor ($t_{19} = 2,61$; $p < 0,05$) al encontrado en las mezcladas (0,24 \pm 0,09). Para estos mismos elementos las variaciones mensuales no fueron significativas ($F_{3;15} = 1,20$; $p = 0,25$), pero entre los elementos sí ($F_{4;12} = 20,00$; $p = 0,001$) debido a los valores menores de manganeso. Es necesario recordar que en las hojas mezcladas los resultados incluyeron los correspondientes a las epífitas que en Playa Habana incluye algas pardas y rojas, celenterados y briozoarios (Buesa, 1972). Dada la gran variabilidad de los valores de los 19 elementos encontrados, las cantidades en los tipos de hojas no fueron significativas ($t_{150} = 0,96$; $p = 0,34$). Es necesario señalar que algunos de los oligoelementos útiles para el cultivo de plantas terrestres, como el cobalto, estuvieron presentes. El contenido de **nitrógeno** (N) es la base para determinar las proteínas según Kjeldahl y sus valores medios en hojas verdes (1,66 \pm 0,05 %) y mezcladas (1,43 \pm 0,09%) fueron diferentes ($t_{171} = 4,16$; $p = 0,001$) y correspondieron, respectivamente, a valores del 10,4% y 8,9% de proteínas y presentaron las mismas variaciones mensuales y a diferentes profundidades que ellas. El **fósforo** (P) se encontró en cantidades de 0,20 a 0,25%, mientras que el

carbono (C), determinado en seca solamente (mayo de 1972) era el elemento más abundante de todos, con valores de 28,54 \pm 5,69% en hojas verdes, 44,67 \pm 5,18% en las mezcladas y diferentes entre sí ($t_{60} = 4,09$; $p = 0,01$). El contenido combinado de 36,62 \pm 7,65% para ambos tipos de hojas representa la fracción del carbono secuestrado durante la fotosíntesis que termina convertido en tejido.

El promedio de **proteínas** (Tabla 5) en hojas verdes era significativamente mayor ($t_{171} = 3,60$; $p = 0,001$) al encontrado en las mezcladas. Los valores mensuales

Tabla 5 - Proteínas totales de las hojas de seiba verdes y mezcladas de Playa Habana. Valores: % del peso seco; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Fecha	Hojas verdes	Hojas mezclada
Marzo/72	12.17 \pm 0.72*	10.07 \pm 0.07*
Abril/72	10.57 \pm 0.39	8.85 \pm 0.37
Mayo/72	9.64 \pm 0.35	7.99 \pm 0.32*
Junio/72	9.38 \pm 0.62	7.70 \pm 0.44*
Julio/72	8.37 \pm 0.60*	6.93 \pm 0.16*
Septiembre/72	11.57 \pm 0.30	8.60 \pm 1.18
Octubre/72	9.67 \pm 1.39	9.35 \pm 0.65
Noviembre/72	10.83 \pm 0.71	10.70 \pm 0.79*
Diciembre/72	10.00 \pm 1.84	9.27 \pm 1.25
Enero/73	11.98 \pm 1.09	9.64 \pm 1.69
Febrero/73	9.82 \pm 1.13	9.32 \pm 7.74
TOTAL	10.37 \pm 0.34 (85 valores)	8.95 \pm 0.58 (88 valores)

Tabla 6 - Proteínas totales en hojas mezcladas colectadas a diferentes profundidades en la plataforma noroccidental. Valores: % del peso seco; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Profundidad (m)	Abril/72	Julio/72*	Octubre/72	Enero/73*	TOTAL
1	6.82 \pm 0.14	7.11 \pm 0.85	8.40 \pm 0.73*	7.55 \pm 0.54	7.66 \pm 0.36
2	7.05 \pm 2.33	6.73 \pm 0.76	7.31 \pm 0.36	-----	7.40 \pm 0.29
3	7.41 \pm 0.86	7.01 \pm 0.68	6.16 \pm 0.53	7.29 \pm 2.08	7.03 \pm 0.47*
4	7.32 \pm 1.64	6.99 \pm 0.42	7.54 \pm 0.44	9.01 \pm 0.46*	7.89 \pm 0.36*
5	8.37 \pm 0.64	6.92 \pm 0.99*	-----	7.45 \pm 2.57	7.41 \pm 0.68
6	9.29 \pm 2.33	5.47 \pm 0.55*	-----	-----	7.11 \pm 1.45
7	5.35 \pm 2.47	4.98 \pm 1.35	-----	-----	5.13 \pm 1.04
8	6.76 \pm 1.09	5.56 \pm 0.95*	-----	-----	6.25 \pm 0.76
9	6.94 \pm 1.02	6.42 \pm 1.31	-----	-----	6.70 \pm 0.64
10	7.54 \pm 0.69	6.50 \pm 1.03	-----	-----	7.19 \pm 0.59
11	5.94	6.30 \pm 0.81	-----	-----	6.19 \pm 0.59
12	7.17	-----	-----	-----	7.17
TOTAL	7.24 \pm 0.42 (72 muestras)	6.47 \pm 0.26 (88 muestras)	7.59 \pm 0.30 (54 muestras)	8.02 \pm 0.40 (52 muestras)	7.24 \pm 0.18 (266 muestras)

en hojas verdes ($F_{10;55} = 7,17; p = 0,001$) y mezcladas fueron diferentes ($F_{10;77} = 8,50; p = 0,0001$), con medias máximas en primavera para las verdes y en otoño para las mezcladas siendo mínimas en verano para ambas. Para hojas verdes las proteínas fueron más abundantes durante la seca (10,70 \pm 1,11%) que durante la lluvia (9,96 \pm 3,97%; $t_{83} = 2,85; p = 0,005$), y lo mismo sucedió para hojas mezcladas con 7,84 \pm 1,24% en seca y 7,13 \pm 1,35% en lluvia ($t_{352} = 5,07; p = 0,0001$). Las proteínas a diferentes profundidades (tabla 6) no variaron significativamente en primavera ($F_{6;35} = 2,04; p > 0,05$), pero sí en verano ($F_{9;50} = 4,33; p = 0,001$), otoño ($F_{2;39} = 5,00; p = 0,05$) e invierno ($F_{348} = 4,10; p = 0,05$) y para el año en conjunto ($F_{3;150} = 3,39; p = 0,05$) este último con valor máximo a 4 metros de profundidad y mínimo a 11 metros. Durante la seca entre 0 y 5 metros de profundidad el porcentaje de proteínas, aunque mayor (7,59 \pm 0,70%), no fue diferente ($t_{14} = 1,20; p = 0,25$) que a más de 5 metros (7,00 \pm 1,30%), pero en lluvia los porcentajes a los mismos rangos de profundidades (7,13 \pm 0,6% y 5,87 \pm 0,6% respectivamente) sí lo fueron ($t_{13} = 3,88; p = 0,002$). La media de proteínas entre 0,5 y 1,9 metros en Playa Habana

(8,52 \pm 0,73%) no fue diferente a la encontrada en la plataforma (8,69 \pm 0,68%) en esas profundidades ($t_{72} = 0,39; p = 0,40$).

Las proteínas en hojas verdes de Playa Habana contienen siete de los diez **aminoácidos** “esenciales” metionina, fenilalanina, y valina no fueron encontrados (Tabla 7). Excepto por ácido glutámico, lisina, serina, y tirosina, cuyas medias mensuales no eran significativamente diferentes, las medias mensuales de todos los demás siempre lo fueron debido a valores máximos encontrados en marzo y abril (seca). Eliminando los valores de la prolina, las abundancias entre los aminoácidos fueron significativas ($F_{12;60} = 5,17; p = 0,01$) debido a valores mayores de histidina y tirosina ($p = 0,05$).

Los **azúcares reductores** (Tabla 8) entre tipos de hojas fueron diferentes ($t_{86} = 2,80; p = 0,01$). Hubo diferencias significativas en Playa Habana entre valores mensuales para hojas verdes ($F_{10;33} = 22,74; p = 0,001$) y estacionales para las mezcladas ($F_{10;33} = 12,80; p = 0,001$) debido a los valores en otoño y primavera. El porcentaje de azúcares reductores en hojas verdes en lluvia (9,23 \pm 3,99%) fue mayor que en seca (9,08 \pm 2,15%) aunque no diferentes ($t_{42} = 0,16; p = 0,72$); en hojas

Tabla 7 - Aminoácidos en hojas verdes colectados en Playa Habana entre Marzo y Septiembre de 1972. Valores: mg por 100 g de peso seco; media \pm desviación estándar.

Aminoácido	No. muestras	Media \pm desviación estándar	F entre meses
ALA (alanina)	30	1.06 \pm 0.35	F _{4;25} = 3.42 (p = 0.05)
ARG (arginina)	32	0.52 \pm 0.20	F _{4;27} = 2.84 (p = 0.05)
ASP (ácido aspártico)	32	0.50 \pm 0.20	F _{4;27} = 2.81 (p = 0.05)
GLU (ácido glutámico)	32	1.25 \pm 0.37	F _{4;27} = 0.96 (p = 0.25)
GLY (glicina)	31	0.70 \pm 0.27	F _{4;26} = 4.62 (p = 0.05)
HIS (histidina) (AE)	32	2.65 \pm 0.82	F _{4;27} = 8.53 (p = 0.001)
ILEU (isoleucina) (AE)	32	0.81 \pm 0.27	F _{4;27} = 3.13 (p = 0.05)
LEU (leucina) (AE)	32	0.76 \pm 0.29	F _{4;27} = 3.23 (p = 0.05)
LYS (lisina) (AE)	20	0.22 \pm 0.17	F _{3;16} = 2.00 (p = 0.50)
PRO (prolina)	3	2.13 \pm 2.97	-----
SER (serina)	30	0.43 \pm 0.29	F _{4;25} = 2.36 (p = 0.45)
THRE (treonina) (AE)	31	0.56 \pm 0.14	F _{4;26} = 4.36 (p = 0.05)
TYR (tirosina)	29	1.36 \pm 0.45	F _{4;24} = 1.13 (p = 0.10)
TRY (triptofano) (AE)	28	0.23 \pm 0.10	F _{4;22} = 9.33 (p = 0.001)

mezcladas en seca (7,05 \pm 1,57%) que fue menor que en lluvia (7,60 \pm 2,32%) pero no diferente ($t_{109} = 1,49$; $p = 0,10$). La correlación entre contenido de azúcar en hojas mezcladas y la profundidad (Tabla 9) no fue significativa ($R^2 = 0,03$; $p = 0,66$). Durante la seca el porcentaje de azúcares entre 0 y 5 metros (6,10 \pm 0,4%) no fue diferente al porcentaje a más de 5 metros (6,39 \pm 0,2%; $t_{15} = 1,11$; $p = 32$), e igual ocurrió durante la lluvia a los mismos rangos de profundidad (7,62 \pm 2,3% y 8,19 \pm 1,2% respectivamente; $t_{12} = 0,46$; $p = 0,65$). Las medias en Playa Habana (7,62%) para los mismos meses que en la plataforma (7,52%) entre 0,5 y 1,9 metros de profundidad no fueron diferentes ($t_{11} = 0,15$; $p > 0,20$).

La **fibra cruda** se determinó en Playa Habana desde Marzo a Junio de 1972 con valores en hojas verdes (34,37 \pm 2,75%) no diferentes al de las mezcladas (31,76 \pm 1,84%; $t_{46} = 1,53$; $p = 0,80$) con una media de 32,39 \pm 3,44% para ambas. Las variaciones mensuales en hojas verdes fueron significativas ($F_{3;20} = 5,27$; $p = 0,01$) porque los valores en seca (30,91 \pm 2,96%) fueron menores que en lluvia (39,61 \pm 2,75%; $t_{22} = 3,21$; $p = 0,005$). En hojas mezcladas el valor de 31,12 \pm 0,66% en "seca" fue menor que el de 33,42 \pm 5,02% en "lluvia"

pero no estadísticamente diferente ($t_{22} = 1,07$; $p = 0,15$).

Las **grasas** fueron determinadas en hojas mezcladas de la plataforma colectadas durante los viajes de 1972 con valores de 0,74 \pm 0,16% en abril (primavera o seca) diferentes al promedio de 0,59 \pm 0,10% durante lluvia

Tabla 8 - Azúcares reductores en hojas de seiba verdes y mezcladas de Playa Habana. Valores: % del peso húmedo; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Fecha	Hojas verdes	Hojas mezcladas
Marzo/72	9.35 \pm 0.54	7.25 \pm 1.40
Abril/72	12.64 \pm 0.67 *	12.97 \pm 2.54 *
Mayo/72	7.65 \pm 3.72	8.46 \pm 0.64
Junio/72	11.75 \pm 1.94 *	11.69 \pm 2.13 *
Julio/72	2.03 \pm 3.27 *	1.93 \pm 2.45 *
Agosto/72	8.56 \pm 0.89	7.70 \pm 1.49
Septiembre/72	10.75 \pm 1.08 *	8.97 \pm 5.66
Octubre/72	8.88 \pm 1.59	7.66 \pm 2.03
Noviembre/72	13.43 \pm 4.90 *	6.52 \pm 3.18
Diciembre/72	7.28 \pm 0.35	7.31 \pm 0.83
Enero/73	8.49 \pm 1.46	7.90 \pm 0.76
TOTAL	9.17 \pm 1.01 (44 muestras)	8.03 \pm 0.93 (44 muestras)

Tabla 9 - Azúcares reductores en hojas mezcladas colectadas a diferentes profundidades en la plataforma noroccidental. Valores: % del peso húmedo; * valores causantes de la diferencia; media \pm desviación estándar.

Profundidad (m)	Abril/1972	Julio/1972 *	Octubre-1972 *	TOTAL
1	6.44	10.25 \pm 2.00	7.39 \pm 1.02	7.74 \pm 1.11
2	5.71	11.50	4.63 \pm 0.55	5.47 \pm 1.30
3	5.75	8.58 \pm 3.10	6.38	7.46 \pm 1.59
4	6.50	9.44 \pm 2.60	4.84 \pm 0.58	5.54 \pm 0.95
5	-----	7.60	5.63	6.29 \pm 0.95
6	6.56	6.53 \pm 0.72	-----	6.54 \pm 0.38
7	-----	-----	-----	-----
8	6.25	9.00	-----	7.17 \pm 3.96
9	6.37	9.25	-----	7.33 \pm 4.13
10	-----	8.00	-----	8.00
11	-----	-----	-----	-----
12	-----	-----	6.13	6.13
TOTAL	6.23 \pm 0.23 *	8.79 \pm 1.40 *	5.51 \pm 0.47 *	6.47 \pm 0.46 *
	(16 muestras)	(16 muestras)	(35 muestras)	(67 muestras)

(0,63 \pm 0,18% en julio o verano y 0,54 \pm 0,13% en octubre otoño; $t_{70} = 4,00$; $p = 0,0001$); los valores entre los tres viajes no fueron diferentes ($F_{2; 69} = 1,23$; $p = >0,05$); la media general fue de 0,64 \pm 0,10% del peso seco con un valor máximo en seca. La **clorofila "a"** se determinó en hojas verdes en Playa Habana en seca (marzo primavera y diciembre de 1972 o invierno) con valores respectivos de 0,155 \pm 0,002 mg.g⁻¹ y 0,162 \pm 0,005 mg.g⁻¹ ambos diferentes ($t_{23} = 3,47$; $p = 0,01$).

Discusión

El clima en Cuba

Antes de describir los resultados de la composición química es necesario señalar que, a pesar de las variaciones del azimut solar, de las horas de insolación y de la temperatura del aire a lo largo del año que pudieran identificar estaciones solares diferentes, el clima en todo el Caribe tiene solo dos épocas: la de lluvia y la de seca. Contraria a esta clasificación, en Cuba se han definido dos estaciones: invierno (poco lluvioso) de noviembre a abril, con enero y febrero como meses más

fríos, y verano (lluvioso) de mayo a octubre, con julio y agosto como los más calurosos (Planos Gutiérrez *et al.*, 2012). Adoptar la clasificación cubana causaría problemas de interpretación porque, debido a la disminución de la temperatura y al aumento de la humedad durante los numerosos días nublados, en Costa Rica, Panamá y Colombia se designa invierno a la época de lluvia exactamente opuesto al verano en la clasificación cubana. Debido a esa posible confusión se ha adoptado la clasificación caribeña de lluvia que incluye la temporada ciclónica del Atlántico de junio a noviembre (verano y otoño) (<https://www.nhc.noaa.gov/data/>) durante la que se recibe el 75% de las precipitaciones anuales y como época "seca" desde Diciembre a Mayo (invierno y primavera). En las Tablas se señalan cuáles valores máximos ocurren en "seca" o en "lluvia" y en la Fig. 3 la evolución promedio mensual de tres indicadores climáticos en Pinar del Río (<https://www.accuweather.com/en/cu/pinar-del-rio/125412/weather-forecast/125412>).

La radiación solar es la menos variable anualmente (3,5 a 6,2 kWh. m⁻². día⁻¹ = 1,8:1) y la lluvia es la más

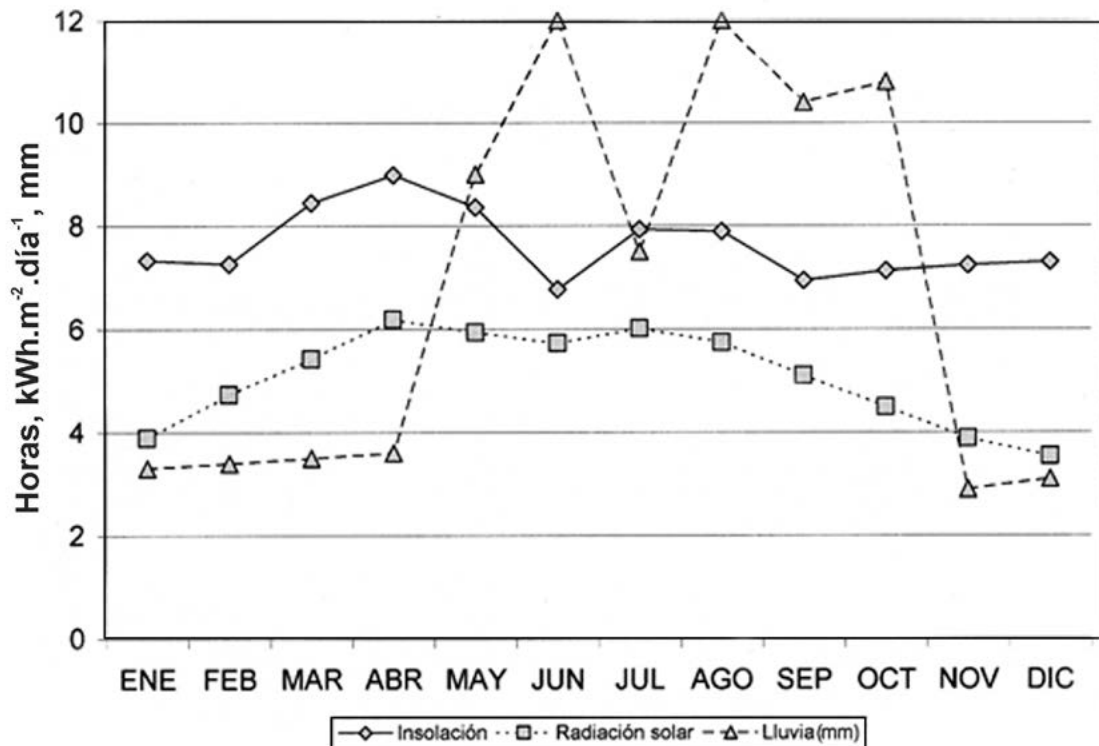


Fig. 3 - Promedios mensuales históricos en Pinar del Río de insolación (horas), radiación solar ($\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y precipitación (mm).

variable (2,9 a 12,0 cm = 4,1:1). También se evidenció una correlación negativa entre horas de insolación y precipitación.

La precipitación promedio anual de 1272 mm entre 1972 y 1974 es solo 5,6% menor que la media de 1343 mm para el período 1972-2010 en la estación meteorológica de Santiago de las Vegas (22,97°N/82,28W; Durán-Llacer, 2012). También hay que añadir que la mayoría de las 18 depresiones o tormentas tropicales, 22 huracanes de categorías uno a tres, y 12 de categorías cuatro y cinco que pasaron por Pinar del Río entre 1960 y 2010 también afectaron a la plataforma noroccidental (<https://www.aoml.noaa.gov/general/lib/lib1/nhclib/mwreviews/mwreviews.html>).

El entorno de los seibadales

La discusión de los resultados requiere considerar el efecto del **entorno** en la fisiología de la seiba: luz en el

fondo, transparencia, temperatura, salinidad, nutrientes disponibles y tipo de fondo, aislados o combinados, gobiernan la producción de biomasa de la seiba (crecimiento). La fotosíntesis, y por ende el crecimiento, están directamente relacionados con la cantidad de luz (Buesa, 1990) con una correlación inversa y significativa entre biomasa, profundidad y tipo de fondo que varía desde ausencia de biomasa sobre coral y piedra, a una biomasa máxima a 1 metro de profundidad en fondos de arena y fango orgánico (Buesa, 2021). En zonas costeras las condiciones son bastante estables durante la seca, pero durante la lluvia las descargas de agua grandemente aumentadas por paso de perturbaciones ciclónicas reducen la salinidad y la transparencia del agua aunque también esos efluentes incorporan nutrientes como los $3\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ de fosfatos entre Puerto Esperanza y Santa Lucía en Septiembre y Noviembre de 1964 (lluvia) reportados por Kondratieva y Sosa (1967).

El estudio de Berns (2003) cultivando semillas de seiba en salinidades entre cero y 60 psu es la clave para entender el efecto de la salinidad sobre la seiba. Ella reportó un mejor crecimiento a partir de 30 psu y una tasa de duplicación máxima a 40 psu con un crecimiento disminuido fuera de ese rango. Tomasco y Hall (1999) estudiaron los seibadales en la bahía de Charlotte (la Florida) y determinaron que el crecimiento es máximo entre 25,0 y 38,5 psu y que se puede calcular usando los valores de salinidad y temperatura. Una disminución de la salinidad produce un gradiente osmótico estresante para la seiba (Arecas y Araujo, 1996) que la hace incorporar agua para compensarlo llegando a alterar la proporción porcentual de algunas sustancias en lluvia.

En el Golfo de Guanahacabibes el agua es descargada en 14 puntos de la costa (Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, 2015) mientras que en el puerto de La Fe y áreas de la Bahía de Guadiana desaguan de tres pantanos, cinco lagunas y seis estuarios. Entre Buenavista y La Gobernadora hay 29 puntos de desagüe (Iturralde-Vinent y Serrano Méndez, 2015) nueve de los cuales son ríos más caudalosos y casi equidistantes entre sí de oeste a este (González-Sansón y Aguilar-Betancourt, 2007). Tápanes (1972) reportó salinidades de menos de 35 en diciembre/1969 en el Golfo de Guadiana y valores de entre 36,1 y 36,9 en seca y 35,7 en lluvia en el Golfo de Guanahacabibes, donde en abril de 1972 se detectó una entrada de agua oceánica del Golfo de México a unos 13 km al norte de Cabo de San Antonio (Buesa, 2020). Según Fernández Vila *et al.* (2010) la plataforma noroeste tiene variaciones de salinidad entre 34,08 en lluvia y 37,16 en seca.

En la plataforma suroccidental los seibadales con densidades entre “media y densa” se encuentran a un rango de 7,3 a 64,4 km de la costa (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2008), en áreas con 36 a 38 y turbidez con una a cinco “unidades de formazina” (Betanzos *et al.*, 2019). En la zona de Diego Pérez, alejada de la costa, en 1970 la biomasa fue de 210 g.m⁻² con salinidad entre 35,82 y 36,01 (Buesa y Olaechea, 1970), mientras que en 1971

en la cayería de San Felipe e influenciada por la descarga del río Cuyaguatete fue de sólo 80 g.m⁻² (Buesa, 1972).

Los porcentajes de elementos químicos variando con relación a las descargas de ríos en el Caribe variando desde la ausencia de ríos en Bermuda a sólo 1 en Andros (Bahamas). En Yucatán hay tres según Coria y Durán (2015) o ninguno según Hudson *et al.* (2005). En la Florida hay 109 ríos en la costa este y flujos desde los Everglades en el sur y 83 ríos en la costa oeste que causan una disminución en la salinidad durante las lluvias intensas a finales del verano y principios del otoño (Durako y Moffler, 1985) con el 53% de las precipitaciones entre junio y septiembre (Zieman y Zieman, 1989). Belice tiene una cuenca con 74 tributarios que forman 35 ríos, y Puerto Rico tiene 20 ríos en su costa caribeña.

En cuanto a la temperatura la seiba tiene una tolerancia a corto plazo de 13°C a 33°C (Zieman y Zieman, 1989) y está presente desde Cabo Cañaveral al Norte, en todas las Antillas y en las costas continentales del Caribe hasta Venezuela al Sur correspondiente a un rango de entre 20 y 30°C. El efecto adverso de temperaturas mayores de 30°C se debe a que por encima de ese límite la incorporación del CO₂ durante la fotosíntesis es menor que su pérdida durante la respiración (Buesa, 1972).

Períodos de muestreo

En la Tabla 10 se presentan 27 rangos de valores de la composición química de la seiba desde Bermudas hasta las Antillas francesas, correspondientes a un total de 25 estudios publicados entre 1959 y 2017, 12 con datos Florida y 5 de Cuba; tres tienen valores en seca, cuatro en lluvia, 15 en meses durante ambos períodos, y tres no identifican la época del muestreo.

Los muestreos se hicieron durante un mes de lluvia (en octubre por Vicente *et al.*, 1978; y en julio por Kramer y Dawes, 1987; y por Coria y Durán, 2015); uno de seca (Enero) y otro de lluvia (Agosto por Bjorndal,

Tabla 10 - Rangos de los componentes químicos principales de la seiba (*Thalassia testudinum*). Todos los valores son % del peso seco, excepto los del peso húmedo, que son % del peso húmedo. <Porcentaje de proteínas> no usados en los promedios por el uso de tres metodologías poco precisas (Lowry, Folin y azul brillante). Período de las muestras: LL = lluvia y S = seca. FL = Florida. Fr = francesas.

Peso seco	Cenizas	Carbono	Proteínas	Azúcar	Grasas	Fibras	Referencias (Zona del estudio)
17-23	21-38	23-35	8-12	2-13		29-40	Hojas verdes (Playa Habana) (LL/S)
20-34	22-52	40-50	5-11	6-12	0.5-0.7	31-33	Hojas mezcladas (plataforma NW) (LL/S)
8-19	25-47		11-13	38	0.7	36-38	Bauersfeld <i>et al.</i> , 1969 (FL) (LL/S)
	22-67		17-40	36		40-72	Bjorndal, 1980 (Bahamas) (LL/S)
	19-35		4-10		2-9	39-50	Buesa, 1972 (Playa Habana) (LL/S)
	25		13		0.5	30	Burkholder <i>et al.</i> , 1959 (Puerto Rico) (S)
		34	13-16	17			Campbell y Fourqurean, 2013 (FL)
12	23-39		8-10		0.8-2.1	15-19	Coria y Duran, 2015 (Yucatán) (LL)
15-22	30-40		<4-10>	5-8	1.3-1.5	21-38	Dawes, 1986 (FL) (LL/S)
	29-44		8-22	6-9	0.9-4	41-50	Dawes y Lawrence, 1980 (FL) (LL/S)
15-21	34-43		<3-12>	5-10	2-5		Dawes <i>et al.</i> 1979 (FL) (LL/S)
						18-32	Dawes <i>et al.</i> , 2004 (FL) (LL/S)
		24-44					Duarte, 1990 ("trópico") (LL/S)
10-12	25-43		<2-5>	10-16			Durako y Moffler, 1985 (FL) (LL/S)
			35-37	10-16			Fourqurean <i>et al.</i> , 2010 (Bermuda) (LL)
			29-43	6-25			Fourqurean y Zieman, 2002 (FL) (LL/S)
				<0.4-4.1>	7-27		Hernández <i>et al.</i> , 2016 (Habana) (LL/S)
			3-16				Kerninon <i>et al.</i> , 2011 (Antillas Fr) (S)
	25-30		5-16	3-5	2.4-4.1	47-59	Kramer y Dawes, 1987 (FL) (LL)
	27-35		9-25	4-8	1.2-2.9	34-54	Kramer y Dawes, 1987 (Belice) (LL)
			13-15	10-15			Lacey <i>et al.</i> , 2014 (Yucatán) (LL/S)
			16	6	0.6		Regalado <i>et al.</i> , 2012 (Habana) (S)
28-36	53-59		9-13	9-25	0.4-0.8	37-67	Siegal-Willot <i>et al.</i> , 2010 (FL) (LL/S)
			16-18			46-65	Vicente <i>et al.</i> , 1978 (Puerto Rico) (LL)
	25		10-30	24			Walsh y Grow, 1972 (FL)
14			10			25	Yero Espinosa <i>et al.</i> , 2017 (Cuba)
			8-22	7-9			Zieman y Zieman, 1989 (FL) (LL/S)
8-36	19-67	23-50	3-34	2-38	0.4-9	16-72	Rango total en referencias
19 ± 8	32 ± 9	36 ± 8	14 ± 8	12 ± 9	2.1 ± 1.9	39 ± 13	Media ± desviación estándar

1980); dos de seca (enero y abril) y dos de lluvia (julio y octubre por Dawes y Lawrence, 1980). Durante siete meses (julio a enero por Campbell y Fourqurean, 2013); en períodos de seca y lluvia (Lacey *et al.*, 2014); durante 14 meses (Dawes, 1986). Los muestreos anuales fueron los más frecuentes (Bauersfeld *et al.*, 1969; Buesa, 1972; Dawes *et al.*, 1979; Durako y Moffler, 1985; Zieman y Zieman, 1989; Fourqurean *et al.*, 2010; Siegal-Willot *et*

al., 2010; Hernández *et al.*, 2016; y en el presente trabajo). Los valores correspondientes a períodos de muestreo cortos se deben considerar como "anecdóticos".

Tipos de hojas, métodos químicos y comparaciones regionales

Las hojas "nuevas" (verdes) en el presente trabajo quizá sean las que Yero Espinosa *et al.* (2017) describen

como “tiernas”. Vicente *et al.* (1978); Durako y Moffler (1985); Zieman y Zieman, 1989; Fourqurean *et al.* (2010); Siegal-Willot *et al.* (2010); Kerninon *et al.* (2011); Lacey *et al.* (2014); Coria y Durán (2015); y Hernández *et al.* (2016) removieron las epífitas, pero Bauersfeld *et al.* (1969); Dawes *et al.* (1979) y Dawes (1986) no las removieron y sus resultados son comparados con los de nuestras hojas mezcladas. Kramer y Dawes (1987) estudiaron la composición química de la seiba durante Julio (lluvia) en la Florida y en Belice con promedios no diferentes entre ambos lugares ($t_{46} = 0,10; p = 0,50$).

El **peso seco** constante se logró a 50°C (Fourqurean *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2016); a 60°C durante 24 horas (Vicente *et al.*, 1978; Dawes *et al.*, 1979; Durako y Moffler, 1985; Lacey *et al.*, 2014) o durante 48 horas (Kerninon *et al.*, 2011); a 70-75°C (Campbell y Fourqurean, 2013; Buesa, 2021); a 80°C (Fourqurean y Zieman, 2002) durante siete días (Buesa, 1972); a 90°C durante dos días (Buesa, 1972); y a 115°C (Coria y Durán, 2015), mientras Dawes (1986) desecó las muestras al vacío sobre ácido sulfúrico concentrado a temperatura ambiente hasta alcanzar un peso constante, en tanto Siegal-Willot *et al.* (2010) determinaron la humedad usando espectroscopia infrarroja. Todos los resultados son comparables, excepto los de Yero Espinosa *et al.* (2017) pues ellos secaron las hojas en un lugar oscuro sin calor durante 12 días y no señalan un peso final constante. En la Florida, con salinidad de menos de 35 psu, el promedio del peso seco ($12,8 \pm 3,9\%$) es menor que en la plataforma noroccidental ($22,1 \pm 5,7\%$; $t_{50} = 6,47; p = 0,0001$) con salinidad entre 36,9 en febrero (seca) y alrededor de 35 entre julio y septiembre de 1970 (Tápanes, 1972).

Las **cenizas** totales siempre se obtuvieron por incineración: a 450°C por cinco horas (Kerninon *et al.*, 2011); entre 480° y 500°C durante cuatro horas (Dawes *et al.*, 1979; Durako y Moffler, 1985); a 550°C durante 5 horas (Coria y Durán, 2015) o durante 6 horas (Buesa, 1972). El valor medio en Cuba ($30,5 \pm 6,4\%$)

fue menor que en la Florida ($35,2 \pm 7,6\%$; $t_{97} = 3,28; p = 0,001$) porque con una cantidad de materia seca menor las cenizas son porcentualmente más. Añadiendo el promedio para el resto del Caribe ($36,0 \pm 17,8\%$) la comparación total es significativa ($F_{2; 101} = 5,00; p = 0,009$) debido a la diferencia entre Cuba y la Florida. La diferencia entre Cuba y el resto no es significativa ($t_{65} = 0,69; p = 0,30$). Los valores de cenizas cuantificada por Durako y Moffler (1985) no son diferentes ni entre “seca” y “lluvia” ($p = 0,46$) ni con los del presente trabajo ($t_{34} = 1,72; p = 0,09$).

Los valores de algunos elementos reportados para Puerto Rico por Vicente *et al.* (1978) fueron siempre menores que los de Cuba: **calcio** (cerca de 10% contra 0,5 - 1,5%); **potasio** (5,69% contra 2,5-3,3%) y **magnesio** (6,3-10% contra 1,1-1,4%) pero las diferencias no se pueden explicar pues se desconoce el método usado por Vicente *et al.* (1978). El contenido de **calcio** reportado por Yero Espinosa (2017) y determinado según el método de la AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analíticos) es también menor (0,752 %). Burkholder *et al.* (1959) y Bauersfeld *et al.* (1969) determinaron los elementos en las cenizas por el método de diluciones y sus valores para el **calcio** (1-10%); **potasio** (0,3-3%) y **magnesio** (1-10%) son también menores a los del presente trabajo. La cantidad de **fósforo** (0,20-0,25%) es la que más se asemeja a la reportada por otros autores: 0,19-0,23% en Vicente *et al.* (1978); 0,05-0,24% (Fourqurean y Zieman, 2002); menos de 0,2% (Kerninon *et al.*, 2011) y 0,23% por Yero Espinosa (2017). El valor de fósforo en Lacey *et al.* (2014) en seca (0,182%) es mayor y diferente al reportado para lluvia (0,148%; $p = 0,001$).

Referido al **carbono**, Fourqurean y Zieman (2002); Fourqurean *et al.* (2010) y Campbell y Fourqurean (2013) usaron auto-analizadores de CHN para determinarlo, mientras Duarte (1990) usó valores de la bibliografía. El rango del carbono en este trabajo (23 - 50%) incluye el reportado por Martínez-Daranas (2010) para la plataforma suroccidental (33,37%) y es

7% mayor que el rango mundial de 24-44% en Duarte (1990). El carbono fue mayor en las hojas mezcladas que en las verdes probablemente porque las mezcladas incluyen los valores correspondientes a los organismos epífitos.

El método de Kjeldahl para **proteínas** fue usado por Burkholder *et al.* (1959); Bauersfeld *et al.* (1969); Buesa (1972); Vicente *et al.* (1978); Campbell y Fourqurean (2013); Coria y Durán (2015) y en este trabajo se obtuvo un rango de 7-18% (media de $10,6 \pm 3,7\%$) mientras que Siegal-Willot *et al.* (2010) usaron un auto analizador. El porcentaje de proteínas en los datos de Cuba fue menor ($8,0 \pm 1,9\%$) pero no diferente al determinado en la Florida ($8,7 \pm 6,3\%$; $t_{83} = 0,72$; $p = 0,47$). Los valores en lluvia y seca en Lacey *et al.* (2014) son diferentes ($p = 0,001$). Martínez-Daranas (2010) reporta un contenido de nitrógeno del 1,90%, ligeramente mayor que el reportado aquí y correspondiente a un nivel de proteínas del 11,9% (calculado como proteína = $N \times 6,25$). Durako y Moffler (1985) usaron el método de Folin (rango de 2-5%); Dawes (1986) (rango de 4-10%) y Dawes *et al.* (1979) (rango 3-12%) usaron el de Lowry (1951); mientras Hernández *et al.* (2016) usaron el método descrito por Bradford (1976) del “azul brillante” (rango de 0,4-4,1%) todos considerados menos confiables que el de Kjeldahl por lo que son excluidos de los promedios totales.

La media combinada por **aminoácido** de $0,54 \pm 0,36$ mg. 100g secos⁻¹ reportada para Puerto Rico (Burkholder *et al.*; 1959) y Florida (Bauersfeld *et al.* 1969) usando el método biológico (bacteriano) es significativamente menor que en el presente trabajo ($1,10 \pm 1,24$ mg. 100g secos⁻¹; $t_{51} = 2,24$; $p = 0,03$) debido a la menor sensibilidad del método bacteriano. El rango de los valores en el trabajo presente (0,23 - 2,65 mg. 100g secos⁻¹) es menor que en Buesa (1972) de 0,13 - 7,20 mg. 100g secos⁻¹ para el total, para el triptófano ($0,23 \pm 0,10$ vs. $0,47$ mg. 100g secos⁻¹) y para la lisina ($0,22 \pm 0,17$ vs. $7,20$ mg. 100g secos⁻¹) todos debido a la menor sensibilidad del método usado 1972.

Los **azúcares reductores** en este trabajo se determinaron con el método de Somogyi-Nelson; Durako y Moffler (1985) usaron el del 5% ácido tricloroacético; Campbell y Fourqurean (2013); Fourqurean *et al.* (2010) usaron el de “3-metil 2-benzotiazolina-hidrazona-hidrocloruro” (MBTH). Dawes *et al.* (1979) y Hernández *et al.* (2016) usaron el del fenol-sulfúrico (conocido como método de Dubois). Buesa (1972) y Siegal-Willot *et al.* (2010) determinaron los azúcares por diferencias entre el peso seco y el de los otros componentes. El promedio en Cuba ($8,7 \pm 3,9\%$) es menor pero no diferente al de la Florida ($9,8 \pm 4,6\%$; $t_{70} = 1,13$; $p = 0,26$) ni tampoco lo son cuando se comparan con los del resto del Caribe ($9,3 \pm 4,6\%$; $F_{2;73} = 0,64$; $P = 0,72$). Los valores en lluvia encontrados por Dawes *et al.* (1979), aunque mayores que en seca, no son diferentes ($p = 0,44$) en Durako y Moffler (1985), pero sí ($p = 0,001$) en Lacey *et al.* (2014).

Los métodos de permanganato de potasio (Vicente *et al.*, 1978), de la AOAC (Coria y Durán, 2015) y el del ácido con neutralización con detergente (Dawes, 1986) fueron usados para determinar el contenido en **fibras**. Los valores en Cuba ($34,7 \pm 9,1\%$) no son diferentes a los de la Florida ($38,1 \pm 13,0\%$; $p = 0,37$) o a los restantes ($41,8 \pm 17,1\%$; $p = 0,54$).

La extracción caliente con éter de petróleo (Siegal-Willot *et al.*, 2010; Coria y Durán, 2015) y la técnica de Soxhlet (Buesa, 1972) se usaron para determinar las **grasas** con valores entre 2% y 9% (Buesa, 1972); de $1,20 \pm 0,9\%$ (rango entre 0,4 - 3,6%) en Siegal-Willot *et al.* (2010), y entre 0,83 y 2,13 en Coria y Durán (2015). Los valores de grasa en la hojas de *T. testudinum* en Cuba ($2,2 \pm 3,4\%$) no son diferentes a los encontrados en la Florida ($2,1 \pm 1,2\%$; $p = 0,59$) o el resto ($1,5 \pm 1,2\%$; $p = 0,72$).

La **clorofila “a”** en este trabajo tiene un promedio de $0,158 \pm 0,003$ mg.g⁻¹, mayor que el obtenido en 2012 por Hernández *et al.* (2016) en muestras en la Habana ($0,78 \pm 0,33$ mg.g⁻¹, rango entre 0,27 y $1,52$ mg.g⁻¹), pero menor que todos los rangos reportados: de 0,209

Tabla 11 – Comparación de los máximos valores obtenidos en varios artículos con metodologías semejantes en hojas “sin” y “con” epífitas y muestreos en “seca” y “lluvia”.

Referencia	Localidad	Duración	Tipo de hojas	Peso seco	Cenizas	Proteínas	Azúcares
Dawes <i>et al.</i> , 1979	Florida	12 meses	Hojas con epífitas	LL	S	LL	LL
Durako y Moffler, 1985	Florida	12 meses	Hojas sin epífitas	S	S	LL	LL
Dawes, 1986	Florida	14 meses	Hojas con epífitas		S	LL	LL
Zieman y Zieman, 1989	Florida	12 meses	Hojas sin epífitas			LL	LL
Siegal-Willot <i>et al.</i> , 2010	Florida	12 meses	Hojas sin epífitas	LL	LL	S	LL
Lacey <i>et al.</i> , 2014	Yucatán	Seca y lluvia	Hojas sin epífitas			S	LL
Hernández <i>et al.</i> , 2016		12 meses	Hojas sin epífitas			LL	LL
Presente trabajo	Playa Habana	12 meses	Verdes	S	LL	S	LL
Presente trabajo	Plataforma NW	2 meses de seca y 2 de lluvia	Mezcladas	S	S	S	LL
TOTALES				3 S / 2 LL	4 S / 2 LL	4 S / 5 LL	8 LL
Relación LL/S				0.67	0.50	1.25	

- 0,295 mg.g⁻¹ en marzo de 1958 para Puerto Rico (Burkholder *et al.*, 1959); de 0,239 - 0,486 mg.g⁻¹ en la Florida (Dawes *et al.*, 2004) y de 0,343 mg.g⁻¹ al noreste de la Habana (Regalado *et al.*, 2012).

La Tabla 11 compara los resultados del presente trabajo con los de siete artículos con metodologías semejantes en cuanto a los análisis químicos en hojas “sin” y “con” epífitas y muestreos en seca y lluvia. Referidos a los resultados en hojas con epífitas sólo los valores mayores de cenizas y azúcares (seca y lluvia respectivamente) se repiten en Dawes *et al.* (1979) y Dawes (1986), mientras que los otros componentes son más abundantes en épocas inversas en las otras referencias. Para hojas verdes, el “peso seco” es más abundante en seca en este trabajo y sólo en Durako y Moffler (1985); las proteínas son más abundantes en seca en este trabajo y en Siegal-Willot *et al.* (2010) y en Lacey *et al.* (2014). Para los azúcares reductores la mayor abundancia en lluvia existe en este trabajo, en los dos anteriores, en Durako y Moffler (1985) y en Hernández *et al.* (2016) pero en épocas contrarias en todos los demás. Los valores máximos en épocas opuestas de estos cuatro indicadores en hojas con y

sin epífitas entre este trabajo los otros siete con metodologías semejantes indican que, en cuanto a la influencia del entorno sobre todas ellas, las características del entorno prevalecen.

En sentido general las relaciones de máximos en lluvia a seca en hojas con epífitas (LL/S = 1,20) comparado con aquellas sin epífitas (LL/S = 1,83) no son diferentes ($t_{11} = 0,60$; $p = 0,39$) resaltando la influencia prevalente que tienen el entorno y la metodología.

Conclusiones

Existen tres correlaciones significativas entre entorno, crecimiento y biomasa: una negativa con la profundidad (cantidad de luz en el fondo) y dos positivas: una con la salinidad entre 20 y 40 psu; y otra con la salinidad y la temperatura combinadas a menos de 5 metros de profundidad en la Florida (Buesa, 2021).

Las correlaciones entre los porcentajes de componentes químicos en las hojas de *T. testudinum* varían según el componente: el porcentaje de peso seco es 73% mayor en la plataforma noroccidental (con mayor salinidad) que en la Florida en general (con menor salinidad), y es 23% a 28% mayor en seca, diferente entre

viajes pero no cuando se compara Playa Habana con la plataforma a menos 1,9 metros de profundidad.

Los porcentajes de cenizas aumentan con la profundidad, siendo 28% mayores en las hojas mezcladas en “seca” en Playa Habana que en la plataforma noroccidental, pero 15% menos que en la Florida. Los porcentajes de las proteínas fueron mayores a menor profundidad, máximas a 4 metros y mínimas a 12 metros; 16% más en hojas “verdes”, 2% menos en Playa Habana que en la plataforma noroccidental, 9% más en “lluvia” y que en la Florida. Los azúcares reductores fueron menos entre cero y 5 metros, aunque la correlación con la profundidad no fue significativa; fueron 14% más en hojas verdes, 5% más en “lluvia” en la Florida que en la plataforma pero no diferentes entre ésta y Playa Habana. La fibra cruda fue 27% mayor en “lluvia” y menos en la plataforma que en la Florida, mientras que con las grasas ocurrió lo inverso: 25% más en “seca” y en la plataforma que en la Florida. El nitrógeno fue 16% más en hojas verdes y el carbono 57% más en las mezcladas debido al epifitismo.

Todo lo anterior permite concluir que además de la profundidad (cantidad de luz en el fondo), la salinidad es fundamental para *Thalassia testudinum* porque, junto con la luz, controla su crecimiento y por sí misma altera osmóticamente los porcentajes de sus componentes químicos. También se concluye que no tiene sentido comparar resultados de la composición química de la seiba entre diferentes lugares si se desconocen las características de los entornos correspondientes y las metodologías usadas en las determinaciones de los componentes químicos.

Agradecimientos

Los análisis en 1972-1973 de la composición química se coordinaron con el Departamento de Análisis Instrumental de la Escuela de Bioquímica Farmacéutica de la Universidad de la Habana bajo la dirección de Ruth D. Enríquez quien dirigió el trabajo de A. Iraizos, D. Rodríguez, M. Defin, M.A. Barrios y varios alumnos encargados de las determinaciones

químicas. La prestación de servicios fue coordinada por Ana L. Brizuela, Directora de la citada Escuela de la Universidad de la Habana. Algunas determinaciones químicas adicionales, así como las de grasas fueron efectuadas por E. Perigó, J. Almeyda y A. Hernández en el Departamento de Control de calidad del Instituto Nacional de la Pesca. Beatriz Martínez-Daranas comentó una versión inicial de este manuscrito. A todos ellos el autor expresa su agradecimiento, así como a R. Toro, E. Godínez y M. Formoso por los muestreos en Playa Habana y la plataforma.

Declaraciones:

Financiamiento:

No se recibió ningún tipo de financiamiento para la realización de este estudio.

Conflicto de intereses:

No existen conflicto de intereses financieros o no financieros que declarar que sean relevantes para el contenido del manuscrito.

Comportamiento ético:

Se han seguido todas las recomendaciones aplicables tanto internacionales, nacionales como institucionales relacionadas con el uso y manejo de animales para la investigación.

Permisos de muestreo y otros permisos:

El autor ha recibido de las autoridades pertinentes los permisos necesarios para realizar los muestreos.

Referencias

- Areces, A.J., Araujo, M. (1960). Influencia de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento de *Bryothamnion triquetrum* (Rodophyta: Rhodomelacea). *Rev. Biol. Trop.*, 44(2), 449-545
- Bauersfeld, P., Kleer, R.R., Durrant, W., Sykes, J.E. (1969). Nutrient content of turtle grass. (*Thalassia testudinum*). *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6, 637-645.

- Berns, D. M. (2003). *Physiological responses of Thalassia testudinum and Ruppia maritima to experimental salinity levels*. (Graduate Theses and Dissertations). (<https://scholarcommons.usf.edu/etd/1330>)
- Betanzos-Vega, A., Capetillo-Piñar, N., Lopeztegui-Castillo, A., Garcés-Rodríguez, Y., Tripp Quezada, A. (2019). Parámetros meteorológicos, represamiento fluvial y huracanes. Variaciones en la hidrología del golfo de Batabanó, Cuba. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 54(3), 308-318; DOI: <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.3.2024>
- Bjorndal, K.A. (1980). Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Mar. Biol.* 56, 147-154.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248-254
- Buesa, R.J. (1972). Producción primaria de las praderas de *Thalassia testudinum* de la plataforma noroccidental de Cuba. *INP/CIP, Cuba; Reun. Bal. Trab. CIP*, 3(1), 101-143
- Buesa, R.J. (1990). Light assimilation curves of some tropical macroscopic marine plants. *Aquat. Bot.*, 37(4), 315-324
- Buesa, R.J. (2020). Annual benthic irradiance levels at the Northwestern Cuban shelf. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 33, 1-12 (<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100969>)
- Buesa, R.J. (2021). Macrophytobenthos biomass in the Northwestern Cuban shelf, almost 50 years ago. *Aquat. Bot.*, 170(2), 1-9 (<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103355>)
- Buesa, R.J., Olaechea, A. (1970). *Estudios sobre la biajaiba: zona B y área de Diego Pérez*. *INP/CIP, Cuba*. (Informe interno de investigación)
- Burkholder, P.R., Burkholder, L.M., Rivero, J.A. (1959). Some chemical constituents of turtle grass, *Thalassia testudinum*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 86(2), 88-93.
- Campbell, J.E., Fourqurean, J.W. (2013). Effects of in situ CO₂ enrichment on the structural and chemical characteristics of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Mar Biol.*, 160, 1465-1475 (DOI 10.1007/s00227-013-2199-3)
- Cerdeira-Estrada, S., Lorenzo-Sánchez, S. Areces-Mallea, A., Martínez-Bayón, A. (2008). Mapping of the spatial distribution of benthic habitats in the Gulf of Batabanó using Landsat-7 images. *Cienc. Mar.*, 34(2), 213-222
- Coria-Monter, E., Durán-Campos, E. (2015). Proximal analysis of seagrass species from Laguna de Términos, Mexico. *Hidrobiológica*, 25 (2), 249-255
- Corlis, C.H. (1962). *Experimental gf-values for seventy elements*. Natl. Bureau of Standards, Washington D.C.
- Dawes, C.L. (1986). Seasonal proximate constituents and caloric values in seagrasses and algae on the West coast of Florida. *J. Coastal Res.*, 2(1), 25-32
- Dawes, C.L., Lawrence, J.M. (1980). Seasonal changes in the proximate constituents of the sea grasses *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, and *Syringodium filiforme*. *Aquat. Bot.* 8, 371-380.
- Dawes, C.J., Phillips, Morrison. G. (2004). *Seagrass Communities of the Gulf Coast of Florida: Status and Ecology*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission Fish and Wildlife Research Institute and the Tampa Bay Estuary Program. St. Petersburg, FL.
- Dawes, C.J., Bird, K. Durako, M., Goddard, R., Hoffman, W., McIntosh, R. (1979). Chemical fluctuations due to seasonal and cropping effects on an algal-seagrass community. *Aquat. Bot.*, 6, 79-86.
- Duarte, C.M. (1990). Seagrass nutrient content. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 67, 201-207
- Durako, M.J., Moffler, M.D. (1985). Spatial influences on temporal variations in leaf growth and chemical composition of *Thalassia testudinum* Banks ex König in Tampa Bay, Florida. *Gulf Res. Reports*, 8(1), 43-49
- Durán Llacer, I. (2012). *Comportamiento de la Precipitación en Estaciones Meteorológicas Seleccionadas de Cuba*. (Tesis de Grado). Ministerio de Educación Superior, Univ. Habana, (<https://www.researchgate.net/publication/322235859>)
- Fernández-Vila, L.J., López-García, D., Ramírez-Stout, O. (2010). *Características termohalinas de las aguas de la plataforma cubana*. Memorias del VI Taller Internacional CONyMA 2010, La Habana. [CD-ROM]

- Fourqurean, J.W., Zieman, J.C. (2002). Nutrient content of the seagrass *Thalassia testudinum* reveals regional patterns of relative availability of nitrogen and phosphorus in the Florida Keys USA. *Biogeochemistry*, 61, 229-245
- Fourqurean, J.W., Manuel, S., Coates, K.A., Kenworthy, W.J., Smith, S. R. (2010). Effects of excluding sea turtle herbivores from a seagrass bed: Overgrazing may have led to loss of seagrass meadows in Bermuda. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 419, 223-232 (doi:10.3354/meps08853)
- González-Sansón, G., Aguilar-Betancourt, C. (2007). Marine ecosystems in the northwestern region of Cuba. In K. Withers, M. Nipper (Eds.) *Environmental Analysis of the Gulf of Mexico, Special Publication Series 1* (pp. 373-390). Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Corpus Christi, TX, USA. Holman, K.E., 2007.
- Hernández, Y., González K., Valdés-Iglesias, O., Zarabozo, A., Portal, Y., Laguna, A., Martínez-Daranas, B., Gutiérrez, R. (2016). Seasonal behavior of *Thalassia testudinum* Hydrocharitaceae) metabolites. *Rev. Biol. Trop.*, 64(4), 1527-1535
- Holme, N.A., McIntire, A.D. (Eds.) (1971). *Method of the study of marine benthos. IBP Handbook, No.16* - Oxford and Edinburg.
- Hudson, P.F., Hendrickson, D.A.; A. C. Benke, A.C., Varela-Romero, A., Rodiles-Hernández, Wendell, R., E. Minckley, E. (2005). 23 Rivers of Mexico, In *Rivers of North America* (pp.1031-1084). Elsevier, 1st. Edition, E Book and Paperback.
- Iturralde-Vinent, M.A., Serrano Méndez, H. (2015). *Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100*. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Kerninon, F., Payri, C.E., Le Loc'h, F. Alcoverro, T. et al. (2021). Selection of parameters for seagrass management: Towards the development of integrated indicators for French Antilles. *Mar. Pollut. Bull.*, 170, 1-15 (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112646>)
- Kondratieva, T., Sosa, E. (1967). Productividad primaria de las aguas cubanas. Acad. Ciencias, Cuba; *Inst. Oceanol., Estudios*, 2(2), 21-44
- Kramer, R.J., Dawes, C.J. (1987). Comparison of proximate constituents in two seagrasses from the Gulf of Mexico, Florida Keys, and Belize, Central America. *J. Coast. Res.*, 3(4), 445-450
- Lacey, E. A., Collado-Vides, L., Fourqurean, J. W. (2014). Morphological and physiological responses of seagrasses (Alismatales) to grazers (Testudines: Cheloniidae) and the role of these responses as grazing patch abandonment cues. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol)*. 62 (4), 1535-1548
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193(1), 256-275, ([https://web.itu.edu.tr > ~dulekgurgen > Proteins](https://web.itu.edu.tr/~dulekgurgen))
- Martínez-Daranas, B. (2007). *Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba*. (Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Biológicas), Universidad de la Habana, Cuba
- Martínez Daranas, B. (2010). Los pastos marinos de Cuba y el cambio climático. (2010). En A. Hernández-Zanuy y P.M. Alcolado (Eds.). *La biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de Iberoamérica y el cambio climático* (pp. 49-60). I. Memorias del Primer Taller de la RED CYTED BIODIVMAR. La Habana, Julio 2010.
- Murina, V.V., Chujchin, V.D., Gómez, O., Suárez, G. (1969). Distribución cuantitativa de la macrofauna bentónica del sublitoral superior de la plataforma cubana (región noroccidental). Acad. Ciencias, Cuba. *Ser. Oceanol. Inst. Oceanol.*, (6), 1-14
- Planos Gutiérrez, E., Rivero Vega, R., Guevara Velazco, V. (Eds.) (2012). *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Realizado en el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cuba al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, La Habana, Cuba. Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Editorial AMA.
- Regalado E.L., Menéndez, R., Valdés, O., Morales, R.A., Laguna, A., Thomas, O.P., Hernández, Y., Nogueiras,

- C., Kijjoa, A. (2012). Phytochemical analysis and antioxidant capacity of BM-21, a bioactive extract rich in polyphenolic metabolites from the Sea Grass *Thalassia testudinum*. *Article in Natural Product Communications*, 7(1), 47-50 (DOI: 10.1177/1934578X1200700117)
- Siegal-Willott, J.L., Harr, K., Hayek, L-A.C., Scott, K.C., Gerlach, T., Sirois, P., Renter, M., Crewz, D.W., Hill, R.C. (2010) Proximate nutrient analyses of four species of submerged aquatic vegetation consumed by Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) compared to romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*). *J. Zoo Wildl. Med.*, 41(4), 594-602. DOI: 10.1638/2009-0118.1 (<http://www.bioone.org/doi/full/10.1638/2009-0118.1>)
- Tápanes, J.J. (1972). Hidrología de la plataforma cubana (Segunda Parte). *Juventud Técnica*, (74), 73-88
- Tomasko, D.A., Hall, M. O. (1999). Productivity and biomass of seagrass *Thalassia testudinum* along a gradient of freshwater influence in Charlotte Harbor, Florida. *Estuaries*, 22(4), 592-602.
- Vicente, V.P., Arroyo-Agiuhi, J.A., Rivera, J.A. (1980). *Thalassia* as a food source: importance and potential in the marine and terrestrial environment. *J. Agric. Univ. P.R.*, 64, 107-120.
- Walkley, A., Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37, 29-37.
- Walsh, G.E., Grow, T.E. (1972). Composition of *Thalassia testudinum* and *Rupia maritima*. *Quart. J., Florida Acad. Sci.*, 35, 97-108
- Yero Espinosa, L., Rodríguez Fernández, Y., Pérez Sosa, N.D. (2017). Caracterización fitoquímica y bromatológica de la *Thalassia testudinum* usada en la alimentación de ovinos pelibuey de Cuba (*Ovis aries*). *Ciencia y Futuro*, 7(3), 25-36. (ISSN 2306-823X)
- Zieman, J. C., Zieman, R.T. (1989). The ecology of the seagrass meadows of the west coast of Florida: a community profile. *U.S. Fish Wild. Serv. Biol. Rep.* 85(7.25).

Como citar este artículo

Buesa, R.J. (2022). Composición química de la seiba (*Thalassia testudinum* K.D. Koenig, 1805). *Rev. Invest. Mar.*, 42(2), 1-20.