

ARTICULO ORIGINAL

Efectos de la cosecha de las hojas de *Thalassia testudinum* K. D. Koenig en Rincón de Guanabo, Cuba

Effects of the harvest of the leaves of *Thalassia testudinum* K. D. Koenig at Rincón de Guanabo, Cuba

Emma Elena Gómez González^{1,2}
Roamsy Volta¹
Amanda Ramos Romero^{1,3}
Yasnay Hernández Rivera⁴
Yulexi Acosta Suárez⁴
Liz Bárbara Pereira Cuni⁴
Beatriz Martínez-Daranas^{1*}

¹ Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. Calle 16, No. 114 entre 1ra y 3ra, Playa, La Habana 11300, Cuba.

² Estudiante de maestría del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), coordinación Mazatlán. Av. Sábalo- Cerritos s/n, Estero del Yugo, Mazatlán, Sinaloa, México.

³ Estudiante de doctorado del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

⁴ Instituto de Ciencias del Mar (AMA-CITMA). Loma y 37, No. 14, Plaza de la Revolución, La Habana 10600, Cuba.

* Autor para correspondencia:
beatriz@cim.uh.cu

OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons CC-BY 4.0

Editor:
Ana María Suárez
Centro de Investigaciones Marinas,
Universidad de La Habana.

Recibido: 15.1.2021

Aceptado: 19.3.2021

Resumen

Las hojas de *Thalassia testudinum* pueden constituir una rica fuente de antioxidantes naturales con aplicaciones potenciales en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética. La cosecha de sus hojas para estos fines debe ser sostenible para la preservación de los bienes y servicios ecológicos que provee. El objetivo de esta investigación fue estudiar la respuesta de la especie ante diferentes frecuencias de corte sobre la especie en el Rincón de Guanabo, Cuba. Se evaluó el efecto de la poda sucesiva de las hojas cada 60, 90 y 120 días en parcelas permanentes, sobre las estructuras vegetativas, reproductivas, y el contenido de carbohidratos y proteínas solubles en la planta. La cosecha cuatrimestral con el uso de tijeras, a más de 5 cm sobre el sedimento y en áreas de 0,25 m², no ocasionó daños en las estructuras vegetativas, reproductivas, ni en los componentes químicos de la planta.

Palabras clave: biomasa foliar, cosecha de las hojas, componentes químicos, reproducción

Abstract

Thalassia testudinum leaves can be rich source of natural antioxidants with potential in the pharmaceutical, food and cosmetic industries applications. Harvesting its leaves for these purposes must be done in a sustainable manner for the preservation of the ecological goods and services they provides. The objective of this research was to evaluate the effects that different cutting frequencies on the species at Rincón de Guanabo, Cuba. The effect of the continuous pruning of the leaves, every 60, 90 and 120 days, on the vegetative and reproductive structures and the content of soluble carbohydrates and proteins in the plant were analyzed on permanent plots. The four-monthly harvesting, with the use of scissors, cutting 5 cm above the sediment and in areas of 0.25 m², did not cause damage to the vegetative and reproductive structures, and there were no changes in the chemical components of the plant.

Keywords: foliar biomass, leaf harvest, proximate constituents, reproduction

Introducción

Los pastos marinos son ecosistemas altamente productivos que brindan numerosos bienes y servicios a la humanidad y a la biodiversidad marino costera (Nordlund *et al.*, 2017). Aunque las angiospermas han sido apreciadas por sus usos directos, sus valores más relevantes consisten en los bienes y servicios que proveen. Entre estos, presentan una elevada productividad primaria (van Tussenbroek *et al.*, 2014), son promotores de la biodiversidad y de la productividad biológica (Nordlund *et al.*, 2017), proveen protección a la zona costera (Paul, 2017) y participan en la regulación del clima (Romero *et al.*, 2006). Los pastos marinos se encuentran entre los ecosistemas más efectivos del planeta en el secuestro de carbono. Junto a las marismas saladas y a los manglares son responsables de la captura de hasta el 70% del carbono orgánico en el medio marino y, por tanto, son importantes contribuyentes a la mitigación del cambio climático (Barry *et al.*, 2018).

Thalassia testudinum K. D. Koenig está ampliamente distribuida en el Golfo de México y el mar Caribe y aporta en gran medida a la producción primaria (van Tussenbroek *et al.*, 2014). Esta angiosperma marina es la especie dominante en las praderas de la plataforma de Cuba (Martínez-Daranas & Suárez, 2018). Recientemente, esta especie fue sugerida como posible fuente de antioxidantes naturales. El extracto hidroalcohólico obtenido de las hojas contiene polifenoles con propiedades analgésicas, antiinflamatorias, efectos regeneradores en la piel, actividad neuroprotectora y efectos citotóxicos (Llanio *et al.*, 2006; Regalado *et al.*, 2008, 2012; Menéndez *et al.*, 2014; García *et al.*, 2017; Rodeiro-Guerra *et al.*, 2017). Las hojas de *T. testudinum* han sido cosechadas en una pradera localizada en el Rincón de Guanabo, al este de La Habana, para comprobar sus posibles aplicaciones para la salud humana. Se desea continuar su cosecha de forma sostenible para la preservación de los bienes y servicios que provee esta pradera. Además, la

vulnerabilidad de estos hábitats en todo el mundo, debido fundamentalmente a causas de origen antrópico (Waycott *et al.*, 2009; Short *et al.*, 2011), indican la necesidad de conocer la resiliencia de estas plantas ante cualquier tipo de explotación.

En la presente investigación se propuso como objetivo evaluar los efectos de diferentes frecuencias de cortes en las hojas de *T. testudinum* sobre varios aspectos de su biología, para así determinar la frecuencia de cosecha que permita su uso sostenible.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la laguna arrecifal del Rincón de Guanabo, localizada en la ensenada Sibarimar, en la zona costera al este de la ciudad de La Habana (23°10'30"N; 82°05'48" W) (Fig. 1). El Rincón de Guanabo está categorizado como Paisaje Natural Protegido (PNP) y contiene una de las playas conocidas como Playas del Este.

En la laguna arrecifal predominan los pastos marinos (46%) —con *T. testudinum* y algunas áreas mezclada con *Syringodium filiforme* Kützinger—, seguidos de fondos arenosos desprovistos de vegetación (37% del área), la cresta arrecifal (12%) y fondos rocosos (5%). La profundidad varía entre 0,5 m y 2,5 m (Aguilera Ramírez, 2017). La cresta arrecifal, a una distancia aproximada de 800 m de la costa, delimita la laguna en la región hacia el mar (Fig. 1). Esta es discontinua, lo que permite el intercambio con mar abierto pero, constituye una barrera general que protege a la laguna y a la costa de la erosión ocasionada por las corrientes y el oleaje. La línea costera está bordeada por una franja de arena de más de 2 km de extensión. Las corrientes marinas presentan en su mayoría dirección este-oeste y la marea es semidiurna mixta (Aguilera Ramírez, 2017). La pradera seleccionada para el estudio se ubica cercana a la costa, donde las angiospermas marinas presentan los mayores valores de altura del follaje (Aguilera Ramírez, 2017).

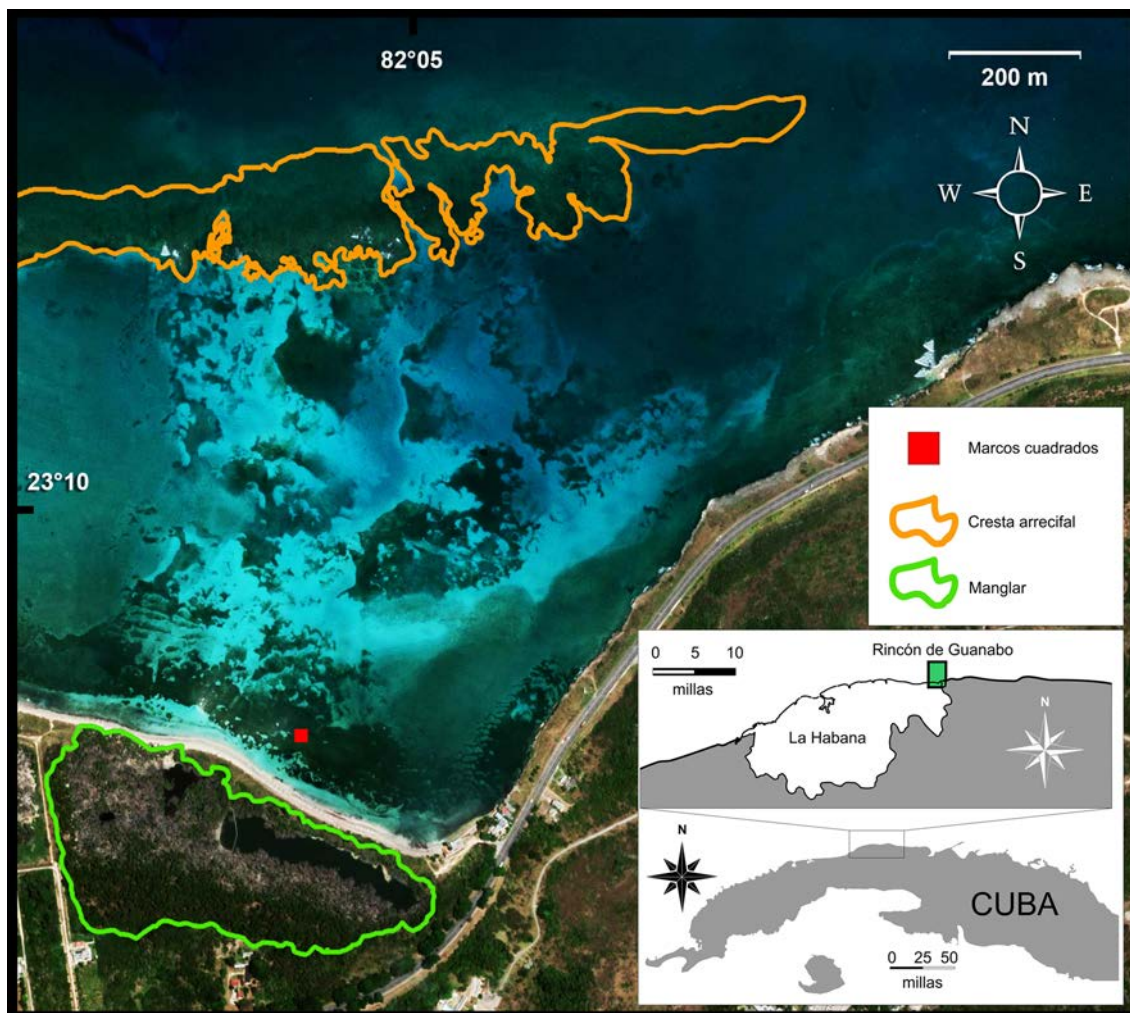


Fig. 1. Localización del Rincón de Guanabo y de la zona donde se realizó el muestreo.

Efectos de la poda de las hojas

El efecto de la poda sucesiva de las hojas de *T. testudinum* se evaluó desde abril de 2017 hasta abril de 2018. Se aplicaron tres tratamientos de poda y un control a las unidades experimentales con cuatro réplicas cada uno. El tratamiento 1 consistió en podar las hojas de *T. testudinum* a intervalos de 60 días; el 2 cada 90 días y el 3 cada 120 días, mientras que en el control no se realizaron cortes. Las unidades experimentales (de 0,25 m²) se ubicaron de forma permanente durante el año de experimentación. Los tratamientos se dispusieron al azar en dos hileras de ocho unidades y se separaron 5 m entre

sí. Los cortes se realizaron con tijeras, aproximadamente a 2 cm por encima del sedimento, sobre el meristemo basal de las hojas.

Una vez culminado el año de experimentación, se colocó dentro de cada unidad de muestreo un marco cuadrado más pequeño de 0,0625 m² para contar el número de vástagos, flores y frutos. Se extrajeron al azar 10 vástagos y se colocaron en bolsas de nailon. En el laboratorio se contó el número de hojas por vástago y se midió el largo y ancho de ellas para estimar el Índice de Área Foliar (IAF) (CARICOMP, 2001). Posteriormente se extrajo la biomasa foliar y enterrada (rizomas + raíces)

de *T. testudinum* con un tubo nucleador de 30 cm de diámetro que se introdujo a una profundidad de 15 cm en el sedimento. En el laboratorio se retiraron las materias ajenas a la angiosperma y se lavaron con agua corriente para eliminar la sal, el sedimento y el material muerto. Se descartaron las epífitas de las hojas de forma manual, raspándolas cuidadosamente con un portaobjetos. Las muestras se secaron en una estufa a 70 °C para estimar el peso seco constante en una balanza técnica (Denver Instruments, 0,01 °C de precisión).

El contenido de proteínas y carbohidratos en las hojas y rizomas se determinó para evaluar el efecto de la poda sobre el estado nutricional de *T. testudinum*. Se prepararon extractos de cada muestra seca de hojas y rizomas, para lo cual se utilizó una relación material vegetal/EtOH (50%) de 1:15. La mezcla se ubicó en zaranda (Retomed, Mizard-2001) durante 72 h, a una temperatura de 50°C con agitación de 100 rpm. Cada extracto se pasó por papel de filtro Whatman No. 1 (180 mm de diámetro) y se concentró con un rota-evaporador BUCHI bajo presión reducida y a 45 °C de temperatura. Luego de la preparación de los extractos se determinó el contenido de sólidos totales de cada muestra, mediante el método gravimétrico.

Para determinar el contenido de proteínas solubles se empleó albúmina de suero bovino (ASB) como estándar de referencia (1 mg/ml). El ensayo consistió en añadir 1 ml de reactivo Bradford a 100 µl de extracto (Bradford, 1976). La mezcla se incubó a 30°C en la oscuridad y se midió la absorbancia a 595 nm en espectrofotómetro Shimadzu UV 1201. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ASB por gramos de extracto seco y en porcentaje. El contenido de carbohidratos solubles se estimó mediante el método del fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956). Se utilizó glucosa como estándar de referencia y agua destilada como blanco. Se mezclaron 200 µl de extracto con 200 µl de una disolución de fenol al 5% y 1 ml de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla se agitó con vórtex y se incubó a 100°C por 5 minutos. Finalmente se incubó

a 30°C en la oscuridad y se midió la absorbancia a 487 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV 1201. El procedimiento se realizó por triplicado. El contenido de carbohidratos solubles se expresó como equivalentes de glucosa en miligramos por gramo de peso seco y en porcentaje.

Análisis de datos

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las variables seguían la distribución normal y la prueba de Levene para la homocedasticidad, como premisas para los análisis paramétricos. Para comparar los resultados en las variables medidas en *T. testudinum* entre los tratamientos, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Newman Keuls (SNK). Las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y de comparación múltiple por rangos, se emplearon cuando no se cumplieron las premisas para el ANOVA, a pesar de realizar transformaciones (número de flores y frutos).

Las variables concentración de carbohidratos y concentración de proteínas fueron transformadas con \log_{10} para alcanzar la homocedasticidad. Se aplicó un análisis de varianza bifactorial para detectar diferencias entre los tratamientos y las partes de la planta (hojas y rizomas) y la prueba de comparación de medias de Tukey (HSD) para n desiguales.

Se empleó un nivel de significación de $p < 0,05$ para todas las pruebas realizadas. Los análisis estadísticos y gráficos se realizaron con el programa STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc., 1996).

Resultados

No se encontraron diferencias significativas en la biomasa foliar (Tabla 1; Fig. 2A), en la biomasa de rizomas (Fig. 2B), en la densidad de vástagos (Fig. 2C) ni en la cantidad de frutos (Fig. 2H) entre los tratamientos y el control. Se encontraron diferencias en las dimensiones de las hojas (Fig. 2E, 2F), en el IAF (Fig. 2D) y en la cantidad de flores entre tratamientos (Fig. 2G). El

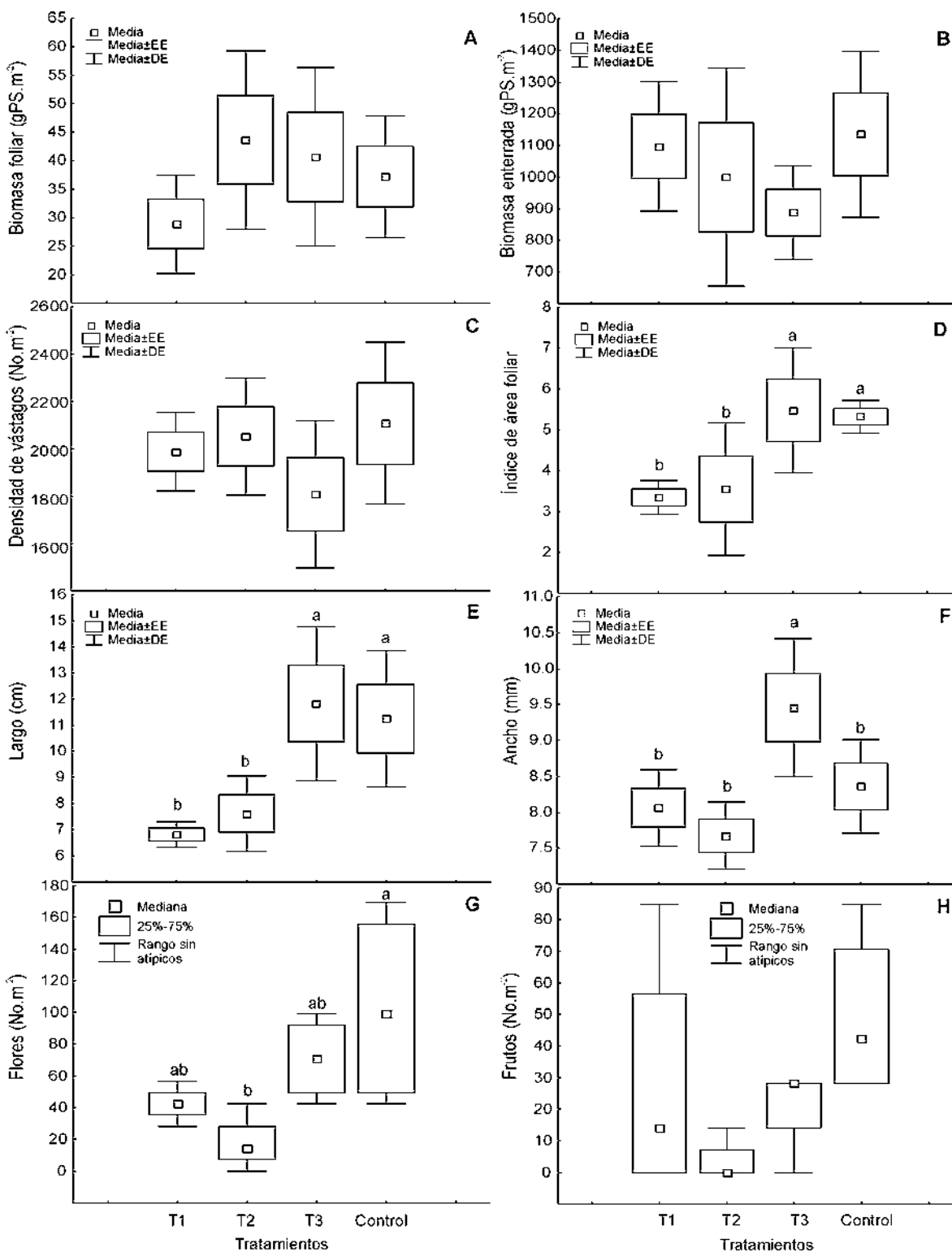


Fig. 2. Resultados de los tratamientos aplicados sobre la biomasa foliar (A), la biomasa enterrada (B), el largo de las hojas (C), el ancho de las hojas (D), la densidad de vástagos (E), el número de frutos (F), el número de flores (G) y el índice de área foliar (H).

Tabla 1. Media, error estándar de la media y resultado del análisis de varianza para cada una de las variables medidas en *T. testudinum* en el experimento de corte de hojas (n = 16).

Variables	Estadígrafo	Tratamientos			
		60 días	90 días	120 días	Control
Biomasa foliar seca (g m ⁻²)	F _{3,12} = 0,96 p = 0,4415	2,0 ± 0,6	3,1 ± 1,1	2,9 ± 1,1	2,6 ± 0,8
Biomasa de rizomas seca (g m ⁻²)	F _{3,12} = 0,78 p = 0,5265	77,5 ± 14,5	70,7 ± 24,3	62,8 ± 10,4	80,3 ± 18,5
Densidad de vástagos (m ⁻²)	F _{3,12} = 0,86 p = 0,4859	32,5 ± 3,5	36,3 ± 10,8	39,0 ± 5,7	40,3 ± 7,5
Ancho de las hojas (cm)	F _{3,12} = 5,08 p = 0,0169	8,1 ± 0,3	7,7 ± 0,2	9,5 ± 0,5	8,4 ± 0,3
Largo de las hojas (cm)	F _{3,12} = 5,75 p = 0,0113	6,8 ± 0,2	7,6 ± 0,7	11,8 ± 1,5	11,3 ± 1,3
Índice de área foliar	F _{3,12} = 95,02 p = 0,000	0,9 ± 0,5	1,0 ± 0,7	2,0 ± 1,2	1,7 ± 0,9
Densidad de flores (m ⁻²)	H _(3,n=16) = 9,30 p = 0,0256	3,0 ± 0,8	1,3 ± 1,3	5,0 ± 1,8	7,3 ± 4,4
Densidad de frutos (m ⁻²)	H _(3,n=16) = 6,73 p = 0,0802	2,0 ± 2,8	0,3 ± 0,5	1,5 ± 1,0	3,5 ± 1,9

tratamiento 3 (T3, cortes cada 120 días) resultó el de mayor media de ancho de las hojas (Fig. 2F). Las medias del largo de las hojas y del IAF fueron mayores en el control y el T3 que en los tratamientos sometidos a cortes más frecuentes (Figs. 2D, 2E). La media del número de flores del tratamiento 2 (T2, cortes cada 90 días) fue menor que la del control (Fig. 2G).

Los valores de carbohidratos solubles no presentaron diferencias entre los tratamientos y el control en ninguna de las dos partes de la planta (Tablas 2 y 3) y fueron más altos en los rizomas que en las hojas (Fig. 3A). El contenido de proteínas entre los tratamientos y el control tampoco tuvo diferencias en ninguna de las dos partes de la planta (Tablas 2 y 3), pero fue superior en las hojas que en los rizomas, fundamentalmente en el T3 (Fig. 3B).

Discusión

Los resultados de la presente investigación muestran que al menos tres meses son necesarios para que *T. testudinum*

se recupere en las condiciones del área de estudio. Los tres tratamientos de corte aplicados, con intervalos de cortes mayores de dos meses, no afectaron de forma significativa la biomasa foliar, la biomasa enterrada ni la densidad

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza bifactorial para la concentración de carbohidratos y proteínas solubles en *T. testudinum* con los datos transformados con log₁₀ por tratamientos y por las partes de la planta (hojas y rizomas).

Carbohidratos	SC	gl	MS	F	p
Intercepto	155,21	1	155,2142	3720,682	0,000000
Tratamientos(Trat.)	0,0659	3	0,0220	0,527	0,668280
Partes	0,9128	1	0,9128	21,881	0,000094
Trat.*Partes	0,1486	3	0,0495	1,187	0,335533
Error	1,0012	24	0,0417		
Proteínas	SC	gl	MS	F	p
Intercepto	31,8690	1	31,86907	439,047	0,000000
Tratamientos	0,46030	3	0,15343	2,114	0,127498
Partes	0,33544	1	0,33544	4,621	0,042833
Trat.*Partes	0,08989	3	0,02996	0,413	0,745437
Error	1,59691	22	0,07259		

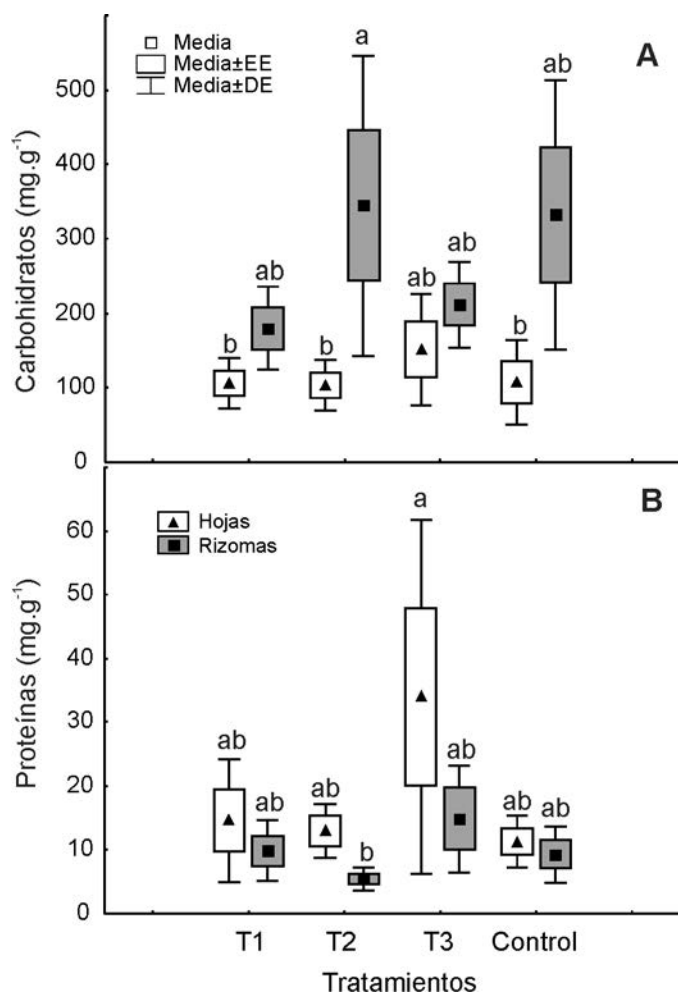


Fig. 3. Contenido de carbohidratos (A) y proteínas (B) solubles en las hojas y rizomas en los diferentes tratamientos.

de vástagos de *T. testudinum* en el área de estudio. Otros trabajos en distintas zonas del Caribe muestran que el

restablecimiento de la biomasa foliar, tras la poda, ocurre en dos o tres meses (Taylor, 1973; Buesa, 1974; Greenway, 1974). El análisis de la recuperación de la biomasa foliar realizado por Buesa (1974) mostró que el crecimiento de las hojas es mayor durante los primeros 15 días, debido quizás al uso de la energía almacenada, o por un factor ambiental, o porque las hojas no están bajo el efecto del epifitismo ni del sombreado, lo que favorece una fotosíntesis más efectiva. A partir de los 16 días la productividad disminuye y los incrementos en el peso seco se hacen cada vez menores, hasta que se logra un pico máximo alrededor de los 70 días (Buesa, 1974). Este autor encontró en Playa Habana afectaciones sobre la producción de biomasa foliar, cuando los cortes se realizaron a intervalos menores de 50 días. Daños mayores sobre las estructuras vegetativas, especialmente sobre la biomasa foliar, la biomasa enterrada y el ancho de las hojas, se han observado a intervalos de corte entre 12-38 días (Moran & Bjorndal, 2005, 2007; Tussenbroek & González Morales, 2017). Greenway (1974) encontró que, aunque las hojas se recuperaron sobre los 70 días, la biomasa foliar disminuyó de forma ligera en un año de cosecha, tras realizar cortes a este intervalo de tiempo. Sin embargo, esta autora no estableció un control (sin manipulación) para comparar con sus resultados, por lo que no está claro si la disminución en esta variable fue consecuencia de un año de poda continua o debido a variaciones temporales.

Las primeras investigaciones sobre la cosecha de las hojas de angiospermas marinas se realizaron en la década de los 70 y 80 del siglo XX. Son escasos estudios

Tabla 3. Contenido (media ± DE) de carbohidratos (n = 24) y proteínas (n = 22) en hojas y rizomas en los diferentes tratamientos.

Variables	Tratamientos			
	60 días	90 días	120 días	Control
Carbohidratos en hojas (mg g ⁻¹)	106,1 ± 16,9	103,1 ± 17,1	151,7 ± 37,4	107,4 ± 28,5
Carbohidratos en rizomas (mg g ⁻¹)	180,2 ± 28,1	345,1 ± 100,9	211,9 ± 28,7	332,9 ± 90,7
Proteínas en hojas (mg g ⁻¹)	15,8 ± 4,2	13,2 ± 3,6	27,9 ± 10,6	10,6 ± 2,7
Proteínas en rizomas (mg g ⁻¹)	13,1 ± 2,1	5,5 ± 0,9	13,5 ± 3,7	9,3 ± 2,2

posteriores, debido quizás al incremento del conocimiento sobre la importancia ecológica de los pastos marinos en la comunidad científica. No obstante, se han estudiado los efectos de la herbivoría sobre estas plantas que muestran que la planta posee mecanismos de adaptación para su recuperación ante cierta intensidad de pérdida de material foliar (Moran & Bjorndal, 2005, 2007; Lal *et al.*, 2010; Lacey *et al.*, 2014; Molina Hernández & van Tussenbroek, 2014; van Tussenbroek & González Morales, 2017).

Las concentraciones de carbohidratos y proteínas solubles estimadas en las hojas en este trabajo estuvieron en el rango reportado por Hernández *et al.* (2016) para el Rincón de Guanabo (Tabla 4). No obstante, el contenido de proteínas en las hojas fue bajo en comparación a los resultados de investigaciones realizadas en otras zonas (Tabla 4). Los valores de carbohidratos en los rizomas fueron superiores a los hallados por Fourqurean *et al.* (2010) y Lacey *et al.* (2014) en condiciones de alta herbivoría, y están dentro del rango de los reportados

por otros autores en condiciones de ausencia de poda o poda moderada (Tabla 4). Sin embargo, el contenido de estos metabolitos no varió de forma significativa con los tratamientos de corte respecto al control. Como era de esperar, las diferencias se encontraron en el contenido de carbohidratos entre los rizomas y las hojas de la planta. Aunque este metabolito se puede encontrar en todas las partes de la planta formando granos de almidón, está en mayor concentración en los rizomas que constituyen los órganos de reserva energética (Peek & Clementz, 2012). El contenido de proteínas fue ligeramente mayor en las hojas que en los rizomas, fundamentalmente en el tratamiento con cortes cada 120 días. Dawes y Lawrence (1980) obtuvieron niveles superiores de proteínas en las hojas regeneradas de las plantas cortadas, pero a intervalos más cortos de tiempo (4-8 semanas).

El análisis temporal de las reservas de carbohidratos y proteínas solubles en las hojas de *T. testudinum* en el Rincón de Guanabo mostró que existe variabilidad

Tabla 4. Rangos del contenido de carbohidratos y proteínas solubles en hojas y rizomas registrados para *T. testudinum* (%).

Carbohidratos en hojas	Carbohidratos en rizomas	Proteínas en hojas	Proteínas en rizomas	Fuente
5,5-11	21-51	5,1-17,3	4,8-13,6	Dawes & Lawrence (1979)
9,9-16,1	19,4-31,8	2,4-5,1	1-2,8	Durako & Moffler (1985)
9-17		8-12		Dawes (1986)
	8,7-13,0			Fourqurean <i>et al.</i> (2010)
6,8-26,7		0,3-4,1		Hernández <i>et al.</i> (2012)
	5,1-15,3			Lacey <i>et al.</i> (2014)
	37,3		8,5	Coria-Monter y Duran-Campos (2015)
10,6-15,2	18-34,5	1,1- 2,8	0,5-1,4	Este estudio

anual en estos metabolitos con valores superiores en octubre y noviembre -período lluvioso- (Hernández *et al.*, 2016). Estudios sobre la variabilidad temporal de estos compuestos en rizomas no se han llevado a cabo. Se requiere, por tanto, la realización de más investigaciones en la zona y de otras que comparen la recuperación de la biomasa foliar tras la poda entre los períodos lluvioso y poco lluvioso.

La biomasa enterrada seca (raíces y rizomas) no disminuyó de forma significativa con la aplicación de los tratamientos, ni el contenido de nutrientes posterior a continuos cortes, lo que difiere de otros estudios (Dawes & Lawrence, 1979; Moran & Bjorndal, 2005, 2007; Fourqurean *et al.*, 2010; van Tussenbroek & González Morales, 2017). Estos autores plantean que la biomasa enterrada disminuye por el agotamiento de las reservas, debido al empleo de estas en la recuperación de la biomasa foliar, y por la carencia de tejido fotosintético que limita el metabolismo del carbono, la formación de almidón en estos órganos de la planta; así como la formación de estructuras constituyentes. Las diferencias entre dichos resultados y los de esta investigación pueden estar dadas por los intervalos de forrajeo en comparación con los intervalos de corte empleados en el actual experimento. Otro aspecto que pudo influir en que no hubiera diferencias en la biomasa enterrada o en el contenido de carbohidratos y proteínas entre los tratamientos, es el contenido de nutrientes en el medio circundante (sedimento y columna de agua). En nuestra área de estudio existen algunas fuentes de nutrientes, tales como el manglar aledaño, el río Guanabo y los asentamientos urbanos a la orilla de la playa. Evaluaciones hidroquímicas en el Rincón de Guanabo realizadas en el año 2016 y en mayo y julio de 2017 muestran que la zona presenta características eutróficas, al menos en junio y julio, por las elevadas concentraciones de amonio y nitrato en la columna de agua (Ileana García Ramil, comm. pers.). Esto corrobora que existe un aporte efectivo de nutrientes en el período lluvioso.

Las plantas marinas o terrestres intensifican su crecimiento en respuesta a la pérdida de biomasa foliar debido a la herbivoría. Para lograr esto, las plantas afectadas aumentan la absorción de nutrientes desde el medio circundante o los obtienen de los ramets integrados fisiológicamente (Valentine *et al.*, 2004; Valentine & Duffy, 2006). *T. testudinum* responde a la defoliación aumentando su producción con diferentes estrategias de crecimiento (aumento de la longitud de las hojas, el ancho de las hojas, la densidad de hojas o la densidad de vástagos), si presenta una entrada efectiva de nutrientes (Holzer & McGlathery, 2016). Estas respuestas en las formas de crecimiento mediadas por los nutrientes generan consecuencias variables para la función del ecosistema, como la calidad del hábitat para peces o las tasas de producción de sedimentos (Holzer & McGlathery, 2016). Estos autores encontraron que en ausencia de una fuente de nutrientes, en la pradera sometida a cortes, el reclutamiento aumenta en un inicio, pero a largo plazo (dos años) disminuye de forma significativa la densidad de vástagos. Además, observaron que en presencia de una fuente de nutrientes la respuesta en un año fue el aumento de la densidad de hojas y en dos años el aumento de la densidad de vástagos. Es probable que en nuestra área de estudio las praderas respondan de forma diferente si se extiende por más tiempo la defoliación, al menos para los tratamientos de cortes más frecuentes. Sin embargo, habría que analizar cuán considerable es el aporte de nutrientes y si perdura a lo largo de todo el año.

En el área de estudio no se han observado diferencias entre las medias mensuales de la biomasa foliar, aunque sí en la densidad de vástagos, el largo de las hojas y el IAF. Estas variables fueron más altas en el mes de julio, mientras que la producción diaria y la tasa de reemplazo fueron superiores en abril y julio, cuando podría producirse la recuperación de biomasa foliar, luego de la pérdida del tejido fotosintético (Gómez González *et al.*, 2019). Es posible que además de la temperatura y la radiación solar, existan otros factores locales que influyan

en las fluctuaciones anuales de las variables biológicas analizadas.

El epifitismo podría afectar la calidad del extracto que se obtiene de las hojas de *T. testudinum*. En el área de estudio los valores mínimos de biomasa seca de las epífitas se hallaron en abril y julio, cuando aparecen los valores máximos en la tasa de producción foliar diaria y en la tasa de reemplazo (Gómez González *et al.*, 2019). Por esta razón, estos meses también podrían ser favorables para la extracción de biomasa foliar. Sin embargo, el estudio temporal arrojó que la mayor presión de herbivoría se encuentra en el mes de julio (Gómez González *et al.*, 2019). Estos factores deben tenerse en cuenta debido a que la cosecha en este mes ocasiona presión adicional. No obstante, las marcas en las hojas revelaron que los principales herbívoros en el área de estudio son peces, los cuales remueven de forma discreta solo pequeñas porciones de las hojas (Moran & Bjorndal, 2005).

El nivel del corte también se ha considerado como un elemento importante. Cuando las hojas son cortadas por encima de las vainas, los carbohidratos solubles y las proteínas del área meristemática de los vástagos son movilizados para el nuevo crecimiento del tejido fotosintético (Dawes & Lawrence, 1979). En este estudio las hojas fueron cortadas por encima de las vainas, aproximadamente a 2 cm por encima del sedimento. Las tortugas verdes realizan los cortes a este nivel y permiten la recuperación de la biomasa foliar (Greenway, 1974; Dawes & Lawrence, 1979; Molina-Hernández & van Tussenbroek, 2014; van Tussenbroek & González, 2017). Este nivel de corte fue adecuado para la reposición de la biomasa foliar en 60-120 días. Sin embargo, en el presente estudio se observaron afectaciones en el número de flores respecto al control, lo que pudo estar dado porque la altura del pedicelo de las flores superó el nivel del corte. Van Tussenbroek y González (2017) plantean que las flores y los frutos de *T. testudinum* presentan una longitud entre 1-3 cm por encima del fondo. Estos autores encontraron que los cortes en las hojas a

3 cm por encima del fondo, realizados por las tortugas, no ocasionan daños en el esfuerzo (número de flores) ni el éxito reproductivo de las plantas (número de semillas y frutos). Como el nivel de corte empleado durante el experimento fue menor, es probable que se hayan dañado algunas estructuras reproductivas. Por ello, deben realizarse cortes por encima de los 5 cm del fondo en futuras cosechas, teniendo en cuenta la época de su reproducción. No obstante, se observaron flores y frutos en diferentes estadios de desarrollo, en abril de ambos años, al inicio y al final del experimento (Gómez González *et al.*, 2019), lo que indica que no hubo una interrupción en el ciclo reproductivo, a pesar de las cosechas. La reproducción sexual de *T. testudinum* se produce entre marzo y septiembre, aunque pueden encontrarse flores fuera de este periodo (van Tussenbroek *et al.*, 2006).

A partir del análisis de los efectos de la poda de las hojas de *T. testudinum* en esta zona del litoral habanero se puede plantear que la cosecha cada 4 meses, con el método empleado en el presente trabajo, es la estrategia más sostenible. Ello permitirá continuar las investigaciones dirigidas tanto a evaluar los efectos de la cosecha sobre el ecosistema a una mayor escala de tiempo y espacio, como a producir extractos a una escala media para estudiar sus efectos sobre la salud humana.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por el proyecto “Uso sostenible y beneficios de un extracto obtenido a partir de la planta marina *Thalassia testudinum*” del Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), por Ivan Rodríguez y Anthony Sardiñas del CIM-UH y por el personal del PNP Rincón de Guanabo, para poder realizar la presente investigación. De igual forma, se reconoce a los revisores que hicieron posible mejorar sustancialmente este manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Aguilera Ramírez, L. (2017). *Cartografía de la distribución espacial del pasto marino en el PNP "Rincón De Guanabo"*, La Habana. (Presentado como requisito para optar por el título de Licenciada en Geografía), Universidad de La Habana.
- Barry, S.C., Bianchi, T.S., Shields, M.R., Hutchings, J.A., Jacoby, C.A. y Frazer, T.K. (2018). Characterizing blue carbon stocks in *Thalassia testudinum* meadows subjected to different phosphorus supplies: A lignin biomarker approach. *Limnol. Oceanogr.*, 63, 2630-2646. doi.org/10.1002/lno.10965
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248-254.
- Buesa, R.J. (1974). Population and biological data on turtle grass (*Thalassia testudinum* König, 1805) on the north-western Cuban shelf. *Aquaculture*, 4, 207-226. doi.org/10.1016/0044-8486(74)90035-0
- CARICOMP. (2001). *CARICOMP Methods Manual-Level I: Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean*. Mona, Kingston, Jamaica: CARICOMP Management Center, University of the West Indies, Mona, Kingston, Jamaica y Florida Institute of Oceanography, University of South Florida, St. Petersburg Florida, U.S.A.
- Coria-Monter, E. y Durán-Campos, E. (2015). Proximal analysis of seagrass species from Laguna de Términos, Mexico. *Hidrobiológica*, 25(2), 249-255.
- Dawes, C.J. (1986). Seasonal proximate constituents and caloric values in seagrasses and algae on the west coast of Florida. *J. Coast. Res.*, 2(1), 25-32.
- Dawes, C.J. y Lawrence, J.M. (1979). Effects of blade removal on the proximate composition of the rhizome of the seagrass *Thalassia testudinum* Banks ex König. *Aquat. Bot.*, 7, 255-266.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. y Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Biochem.*, 28, 350-356.
- Durako, M.J. y Moffler, M. (1985). Spatial influences on temporal variations in leaf growth and chemical composition of *Thalassia testudinum* Banks ex König in Tampa Bay, Florida. *Gulf Res. Rep.*, 8(1), 43-49.
- Fourqurean, J.W., Manuel, S., Coates, K.A., Kenworthy, W.J. y 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. Progr. Ser.*, 419, 223-232. doi.org/10.3354/meps08853
- García, T. E., Menéndez, R., Rivera, F., Garateix, A., Morales, R. A., Regalado, E., ... Dajas, F. (2017). Neuroprotective effects of *Thalassia testudinum* leaf extract BM-21 on focal ischemia in rats. *J. Pharm. Pharmacogn. Res.*, 5(3), 174-186.
- Gómez González, E.E., Ramos-Romero, A., Volta Rodríguez, R. ... Martínez-Daranas, B. (2019). Variación temporal de la productividad foliar de *Thalassia testudinum* K. D. Koenig en una pradera del Rincón de Guanabo, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 39(1), 21-38.
- Greenway, M. (1974). The effects of cropping on growth of *Thalassia testudinum* (König) in Jamaica. *Aquaculture*, 4, 199-206.
- Hernández, Y., González, K., Valdés-Iglesias, O., Zarabozo, A., Portal, Y., Laguna, A., ... Gutiérrez, R. (2016). Seasonal behavior of *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) metabolites. *Rev. Biol. Trop.*, 64(4), 1527-1535.
- Holzer, K.K. y McGlathery, K.J. (2016). Cultivation grazing response in seagrass may depend on phosphorus availability. *Mar. Biol.*, 163:88(88). doi.org/10.1007/s00227-016-2855-5
- Lacey, E.A., Collado-Vides, L. y 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.*, 62(4), 1535-1548.
- Lal, A., Arthur, R., Marbá, N., Lill, A.W.T. y Alcoverro, T. (2010). Implications of conserving an ecosystem modifier: increasing green turtle (*Chelonia mydas*) densities

- substantially alters seagrass meadows. *Biol. Conserv.*, 143, 2730-2738. doi.org/10.1016/j.biocon.2010.07.020
- Llanio, M., Fernández, M.D., Cabrera, B., Bermejo, P., Abad, M.J., Payá, M. y Alcaraz, M.J. (2006). The marine plant *Thalassia testudinum* possesses anti-inflammatory and analgesic properties. *Pharmacologyonline*, 3, 594-600.
- Martínez-Daranas, B. y Suárez, A.M. (2018). An overview of Cuban seagrasses. *Bull. Mar. Sci.*, 94(2), 269-282. doi.org/10.5343/bms.2017.1014
- Menéndez, R., García, T., Garateix, A., Morales, R.A., Regalado, E.L., Laguna, A., ... Fernández, M.D. (2014). Neuroprotective and antioxidant effects of *Thalassia testudinum* extract BM-21, against acrylamide-induced neurotoxicity in mice. *J. Pharm. Pharmacogn. Res.*, 2(3), 53-62.
- Molina Hernández, A.L. y Van Tussenbroek, B.I. (2014). Patch dynamics and species shifts in seagrass communities under moderate and high grazing pressure by green sea turtles. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 517, 143-157. doi.org/10.3354/meps11068
- Moran, K.L. y Bjorndal, K.A. (2005). Simulated green turtle grazing affects structure and productivity of seagrass pastures. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 305, 235-247.
- Moran, K.L. y Bjorndal, K.A. (2007). Simulated green turtle grazing affects nutrient composition of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Mar. Biol.*, 150, 1083-1092.
- Nordlund, L.M., Jackson, E.L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P. y Creed, J.C. (2017). Seagrass ecosystem services-What's next? *Marine Poll. Bull.*, 134, 145-151. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.014
- Paul, M. (2017). The protection of sandy shores —can we afford to ignore the contribution of seagrass? *Mar. Poll. Bull.*, doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.1008.1012.
- Peek, S. y Clementz, M.T. (2012). Starch grain morphology of the seagrasses *Halodule wrightii*, *Ruppia maritima*, *Syringodium filiforme*, and *Thalassia testudinum*. *Aquat. Bot.*, 96(1), 63-66. doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.10.001
- Regalado, E.L., Menéndez, R., Valdés, O., Morales, R.A., Laguna, A., Thomas, O.P., ... Kijjoad, A. (2012). Phytochemical analysis and antioxidant capacity of BM-21, a bioactive extract rich in polyphenolic metabolites from the sea grass *Thalassia testudinum*. *Nat. Prod. Commun.*, 7(1), 47-50.
- Regalado, E.L., Rodríguez, M., Menéndez, R., Concepción, Á.A., Nogueiras, C., Laguna, ... Hernandez, Y. (2008). Repair of UVB-damaged skin by the antioxidant sulphated flavone glycoside Thalassiolin B isolated from the marine plant *Thalassia testudinum* Banks ex König. *Mar. Biotechnol.* doi.org/10.1007/s10126-008-9123-8
- Rodeiro-Guerra, I., Hernández-Ojeda, S.L., Herrera-Isidrón, J.A., Hernández-Balmaseda, I., Padrón-Yaquis, S., del Rosario Olguín-Reyes, S., ... del Valle, R. (2017). Study of the interaction of an extract obtained from the marine plant *Thalassia testudinum* with phase I metabolism in rats. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 33(4), 547-557. doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.01
- Romero, J., Lee, K.-S., Pérez, M., Mateo, M. A. y Alcoverro, T. (2006). Nutrient dynamics in seagrass ecosystems. In A.W.D. Larkum, R.J. Orth & C.M. Duarte (Eds.), *Seagrasses: Biology, ecology and conservation* (pp. 227-254). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., Bujang, J.S., ... Zieman, J.C. (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biol. Conserv.*, 144(7), 1961-1971.
- Taylor, J.L., Saloman, C.H. y Prest, K.W. (1973). Harvest and regrowth of turtle grass (*Thalassia testudinum*) in Tampa bay, Florida. *Fish. Bull.*, 71(1), 145-148.
- Valentine, J. F. y Duffy, J. E. (2006). The central role of grazing in seagrass ecology. In A.W.D. Larkum, R.J. Orth & C.M. Duarte (Eds.), *Seagrasses: Biology, ecology and conservation* (pp. 463-501). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Valentine, J.F., Blythe, E.F., Madhavan, S. y Sherman, T. D. (2004). Effects of simulated herbivory on nitrogen enzyme levels, assimilation and allocation in *Thalassia testudinum*. *Aquat. Bot.*, 79(3), 235-255.
- Van Tussenbroek, B.I. y González Morales, L.F. (2017). Grazing by green sea-turtles does not affect

- reproductive fitness in *Thalassia testudinum*. *Aquat. Bot.* doi.org/doi:10.1016/j.aquabot.2017.05.003
- Van Tussenbroek, B.I., Cortés, J., Collin, R., Fonseca, A.C., Gayle, P.M.H., Guzmán, H. M., ... Weil, E. (2014). Caribbean-Wide, Long-Term Study of Seagrass Beds Reveals Local Variations, Shifts in Community Structure and Occasional Collapse. *PLoS ONE*, 9(3), e90600. doi.org/10.1371/journal.pone.0090600
- Van Tussenbroek, B.I., Vonk, J.A., Stapel, J., Erftemeijer, P.L.A., Middelburg, J. J. y Zieman, J.C. (2006). The biology of *Thalassia*: Paradigms and recent advances in research. In A.W.D. Larkum, R.J. Orth & C.M. Duarte (Eds.), *Seagrasses: Biology, ecology and conservation* (pp. 409-439). The Netherlands: Springer.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., ... Williams, S.L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS*, 106(30), 12377–12381. doi.org/10.1073/pnas.0905620106

Como citar este artículo

Gómez González, E.E., Volta, R., Ramos Romero, A., Hernández Rivera, Y., Acosta Suárez, Y., Pereira Cuni, L.B. y Martínez-Daranas, B. (2021). Efectos de la cosecha de las hojas de *Thalassia testudinum* K. D. Koenig en Rincón de Guanabo, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41(1), 56-68.