

Población de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) y características estructurales de las praderas de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Mochima, Venezuela

Nicida Noriega¹, Aldo Cróquer¹ y Sheila M. Pauls²

1 Instituto de Tecnología y Ciencias Marinas, Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas, Caracas – Venezuela; nicidanoriega@latinmail.com y croquer@telcel.net.ve

2 Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas – Venezuela; smarquez@strix.ciens.ucv.ve

Recibido 23-III-2000. Corregido 05-XII-2000. Aceptado 17-X-2001.

Abstract: To compare the general features of *Thalassia testudinum* seagrass at Mochima Bay with sea urchin (*Lytechinus variegatus*) abundance and distribution, three *T. testudinum* seagrass beds were selected, from the mouth (strong wave exposure) to the inner bay (calm waters). Each site was surveyed by using 5 line transects (20 m long) parallel to the coast and 1 m² quadrats. *In situ* measurements of *T. testudinum* cover, shoot and leaf density were taken. Estimation of dry biomass for each seagrass fraction (leaves, rhizomes and roots) and leaf length were obtained from 25 vegetation samples extracted per site using cores (15 cm diameter). A multivariate analysis of variance (Manova) and a less significative difference test (LSD) were performed to examine differences between sites and within sites at different depths. A stepwise multiple regression analysis was done, dependent variable was sea urchin density; independent variables: vegetation values at each site. The only seagrass species found in the three sites was *T. testudinum*, and cover was 56-100%, leaf density 100-1000 leaf/m², lengths 6-18.8 cm and shoot density 20-475 shoots/m². The highest sea urchin densities were found at Isla Redonda and Ensenada Toporo (1-3.6 ind/m²), the lowest at Playa Colorada (0.6-0.8 ind/m²). Significant differences in seagrass features between sites were obtained (Manova $p < 0.001$), but not between depths (Manova $p < 0.320$). The regression coefficient between sea urchin density and seagrass parameters was statistically significant ($r^2 = 0.154$, $p < 0.007$), however, total biomass was the only variable with a significant effect on sea urchin distribution ($\beta = 0.308$, $p < 0.032$). The other variables did not explain satisfactorily *L. variegatus* abundance and distribution.

Key words: *Thalassia testudinum*, *Lytechinus variegatus*, sea urchins, abundance, distribution, Venezuela, Mochima.

Las praderas de pastos marinos se definen como uno de los ecosistemas más productivos y conspicuos en las zonas costeras tropicales e intertropicales. En Venezuela estos ambientes se encuentran bien representados en la mayoría de los parques nacionales marinos, siendo *Thalassia testudinum* (Konig) la especie dominante. En el Caribe muchos organismos se alimentan exclusivamente de las fanerógamas y sus epífitas (Odgen y Zieman 1977); entre los principales herbívoros que consumen directamente las hojas de *T. testudinum* se encuentran las tortugas verdes, los peces loros (Scaridae),

los cirujanos (Acanthuridae) y algunas especies de erizos de mar como *Diadema antillarum*, *Tripneustes ventricosus* y el más común de todos, *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Randall 1965, Odgen *et al.* 1973, Zieman *et al.* 1984). Los hábitos alimenticios de estos organismos pueden modular y producir cambios dramáticos en la estructura de estas comunidades vegetales en períodos de tiempo relativamente cortos.

En Venezuela y específicamente en la Bahía de Mochima, se conoce muy poco sobre el estatus poblacional de *L. variegatus* y como

influye este organismo sobre las características estructurales de los pastos marinos (relación herbívoro – planta). Trabajos como el de Vera (1978, 1992), Rodríguez y Losada (1986) proporcionan información sobre algunos aspectos de la ecología de esta especie. Este trabajo tiene como objetivo determinar el estatus de las poblaciones del erizo *L. variegatus* y su relación con las características estructurales de las praderas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área: El estudio se realizó en el Parque Nacional Mochima, en la Bahía de Mochima (64°19'30"-64°22'30" N; 10°20'-10°24' W). Presenta una comunicación directa con la fosa de Cariaco a través de una boca de 1.7 km de ancho y 60 m de profundidad hacia el norte de la bahía, posee una extensión de 0.3-3.5 km de ancho y 7.6 km de largo, en dirección norte – sur constituyendo un área de 24 km² (Okuda *et al.* 1968). Su zona interna se caracteriza por pendientes suaves y regulares que alcanzan profundidades que no exceden los 20 m en aguas tranquilas, la zona central con pendientes muy pronunciadas, cuyas profundidades llegan hasta 27 m y la zona de la boca donde predominan costas con acantilados y profundidades que alcanzan los 60 m con fuerte oleaje (Caraballo 1968). Las estaciones de muestreo se ubicaron desde zonas expuestas al oleaje Playa Colorada (64°21'15" N; 10°23'47" W), zonas muy tranquilas en el bajo de Isla Redonda (64°22'17" N; 10°23'56" W) y áreas con intensidad de oleaje intermedia como Ensenada Toporo (64°22'20" N; 10°23'60" W).

Métodos: Los muestreos se llevaron a cabo entre agosto y diciembre de 1997. En cada una de las localidades se estableció un transecto perpendicular desde la línea de costa hasta el límite inferior de cada pradera y cinco paralelos a la costa de 20 m de longitud, separados entre sí por una distancia de 5 m. Se emplearon 5 cuadratas de 1 m² por transecta para la estimación de la cobertura vegetal, densidad de plantas, densidad foliar y densidad de erizos.

Simultáneamente se extrajeron veinticinco muestras de vegetación con nucleadores de 15 cm de diámetro para la estimación de la biomasa vegetal total en cada localidad. Las muestras se trasladaron al laboratorio, donde cada parte (hojas, raíces y rizomas) fue separada, las hojas fueron tratadas con ácido acético al 10% para la descalcificación de las epífitas. Finalmente estas partes fueron colocadas en bandejas e introducidas en una estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante. Los valores obtenidos se extrapolaron a g/m².

Análisis estadísticos: Con la finalidad de contrastar las características estructurales de cada pradera y la abundancia y distribución de los erizos asociados a éstas se aplicó un análisis de varianza multivariado (Manova) con un $\alpha = 0.05$, considerando como hipótesis nula que las características estructurales de las praderas y la densidad de erizos asociados son independientes de la localidad y la profundidad. Se realizó una prueba *a posteriori* de diferencias mínimas significativas (LSD), con un $\alpha = 0.05$, para determinar las diferencias entre cada una de las variables consideradas en el análisis para cada una de las localidades seleccionadas. Adicionalmente se realizó un análisis de regresión lineal múltiple paso a paso, con la finalidad de determinar la correlación entre cada una de las variables de vegetación estimadas (cobertura, biomasa total, densidad foliar y densidad de plantas) y la abundancia de erizos (ind/m²).

RESULTADOS

Características estructurales de las praderas de *Thalassia testudinum*: Las praderas de fanerógamas de la Bahía de Mochima se caracterizaron por ser monoespecíficas de *T. testudinum*. En Playa Colorada la densidad foliar osciló entre 100 y 400 hojas/m² con una cobertura máxima de 72%, una densidad promedio de 91.5 plantas/m² y una longitud foliar de 6-16 cm con muy pocas epífitas asociadas. Los mayores valores de cobertura vegetal, densidad y longitud foliar se encontraron en

zonas intermedias de la pradera. La pradera ubicada en la Ensenada Toporo resultó más exuberante que la anterior, con valores de densidad foliar de 164-628 hojas/m², altas coberturas de *T. testudinum* (56.2-100%), plantas con hojas muy largas (14.86-18.18 cm) y con un alto grado de epifitismo (algas filamentosas e incrustantes, hidrozoarios, etc). Esta pradera presentó una densidad promedio de 151.2 plantas/m². Los menores valores de densidad foliar y cobertura vegetal se encontraron en zonas profundas (4 m); no obstante, la longitud foliar se mantuvo constante a lo largo de toda la pradera. Finalmente en el bajo de Isla Redonda se encontró la pradera más heterogénea y compleja con altos valores de cobertura (80-100%), valores de densidad foliar de hasta 1000 hojas/m² con longitudes que rara vez excedían los 15 cm de largo y una densidad promedio de 322 plantas/m² (Fig. 1).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas de las características estructurales de las praderas entre las localidades (Manova $p < 0.001$) y no se encontraron diferencias significativas dentro de las localidades a diferentes niveles de profundidad (Manova $p < 0.320$) (Cuadro 1). La prueba a posteriori mostró diferencias significativas para la densidad foliar entre todas las localidades (LSD $p < 0.001$), la densidad de plantas resultó estadísticamente significativa entre Playa Colorada y Ensenada Toporo (LSD $p < 0.005$), Isla Redonda y Playa Colorada (LSD $p < 0.001$) y entre Ensenada

Toporo e Isla Redonda (LSD $p < 0.001$). Solo se encontraron diferencias significativas en la biomasa total entre Playa Colorada y Ensenada Toporo e Isla Redonda y Playa Colorada (LSD $p < 0.001$), no se encontraron diferencias significativas en la longitud foliar entre Isla Redonda y Playa Colorada (LSD $p < 0.103$) y Ensenada Toporo e Isla Redonda (LSD $p < 0.292$). Finalmente no se encontraron diferencias en la densidad de erizos entre Isla Redonda y Ensenada Toporo (LSD $p < 0.205$) (Cuadro 2).

Densidad de *Lytechinus variegatus*: Las densidades del erizo *L. variegatus* oscilaron entre 0.4-0.6 ind/m² en Playa Colorada, 1.0-2.6 ind/m² en Toporo y 3.0-3.5 ind/m² en Isla Redonda. La abundancia y distribución de estos organismos dentro de cada pradera también fueron variables: En Playa Colorada todos los individuos se ubicaron entre 0.9-2.2 m de profundidad (zonas con mayor cobertura vegetal y densidad foliar). En Ensenada Toporo, una pradera con altas coberturas vegetales a lo largo de todo el perfil submarino, las mayores densidades se encontraron entre 2.0 y 3.8 m de profundidad (2.0-2.6 ind/m²). Finalmente, en Isla Redonda las mayores densidades se ubicaron a 0.4 y a 3.0 m, esto es en los extremos de la pradera. En la zona más cercana a la línea de costa (0.4 m), se encontró una densidad de juveniles de 3.0 ind/m² y *T. testudinum* fue el sustrato predominante. En la zona más apartada de la línea de costa, la densidad registrada fue de 3.3 ind/m² (Fig. 2), con un sustrato mixto de *T. testudinum*,

CUADRO 1

Análisis de varianza multivariado (MANOVA)

TABLE 1

Multivariate analysis of variance (MANOVA)

	Wilks Lambda	Rao R	Gl 1	Gl 2	Significancia
Profundidad	0.586	1.118	28	196	0.320
Localidad	0.081	19.231	14	108	0.001*
Interacción	0.278	1.414	56	296	0.066

* Significativo ($p < 0.05$) Gl = grados de libertad. Variables independientes: profundidad, localidad. Variables dependientes: densidad de erizos, biomasa total de *Thalassia testudinum*, densidad de plantas, densidad de hojas, longitud foliar y cobertura vegetal.

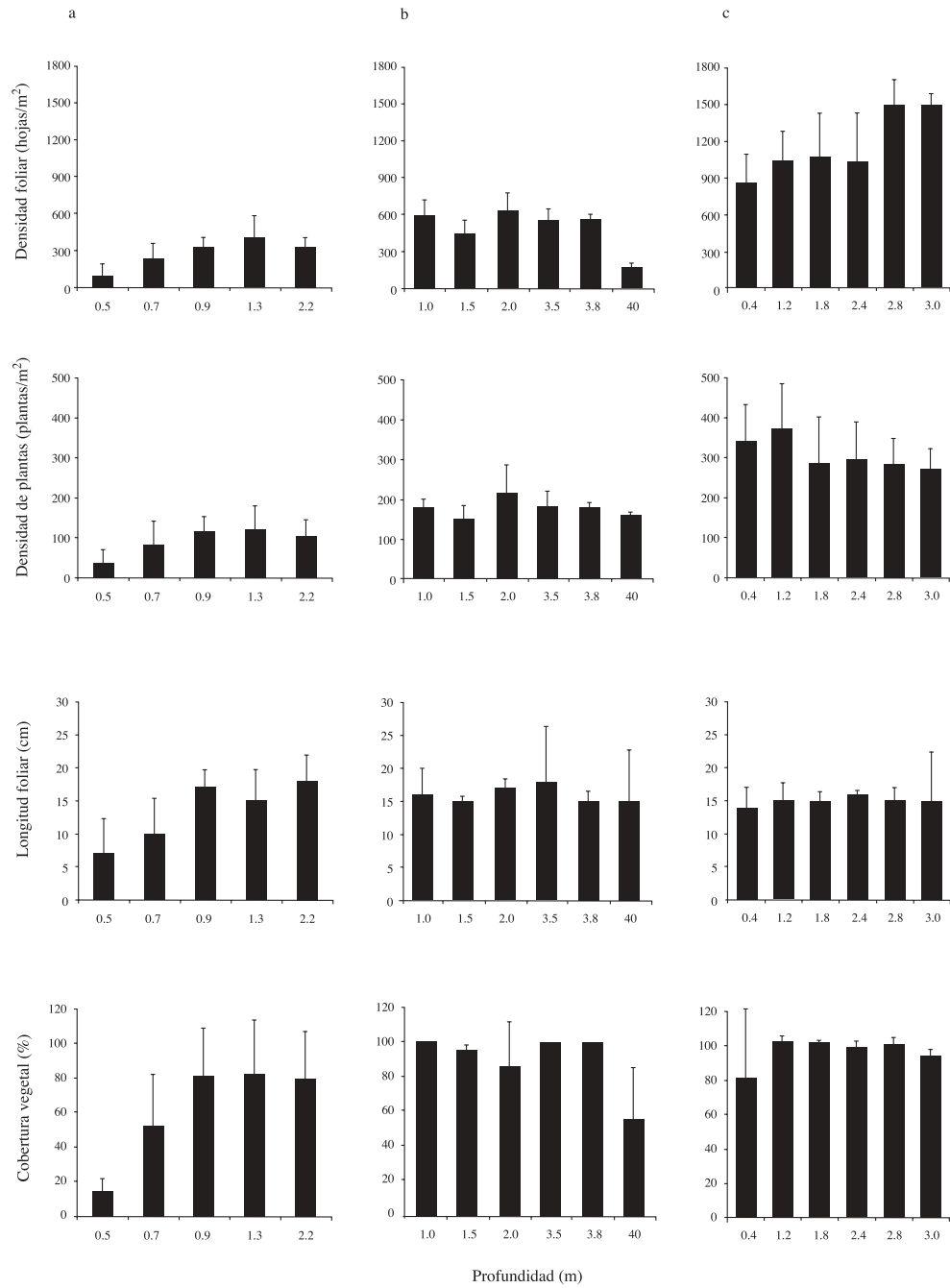


Fig. 1. Características estructurales de las praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima [densidad foliar (hojas/m²), densidad de plantas (plantas/m²), longitud foliar (cm) y cobertura vegetal(%) eje Y] en un gradiente de profundidad. Barra = media \pm desviación estándar. a. Playa Colorada. b. Ensenada Toporo. c. Bajo de Isla Redonda.

Fig. 1. Structural characteristics of *Thalassia testudinum* seagrass beds at Mochima Bay [leaf density (leaf/m²), shoot density (shoots/m²), leaf length (cm) and plant coverage (%) Y axis] in a gradient of depth (X axis). Bar = median \pm standard deviation. a. Playa Colorada. b. Ensenada Toporo. c. Bajo de Isla Redonda.

CUADRO 2

Prueba de mínimas diferencias significativas (LSD) para comparaciones múltiples entre localidades

TABLE 2

Less significant difference test (LSD) for multiple comparison between sites

	Playa Colorada	Ensenada Toporo	Isla Redonda
Densidad foliar			
Playa Colorada		0.001*	0.001*
Ensenada Toporo	0.001*		0.001*
Isla Redonda	0.001*	0.001*	
Densidad de plantas			
Playa Colorada		0.005*	0.001*
Ensenada Toporo	0.005*		0.001*
Isla Redonda	0.001*	0.001*	
Biomasa total			
Playa Colorada		0.001*	0.001*
Ensenada Toporo	0.001*		0.168
Isla Redonda	0.001*	0.168	
Longitud foliar			
Playa Colorada		0.008*	0.103
Ensenada Toporo	0.008*		0.292
Isla Redonda	0.103	0.292	
Cobertura vegetal			
Playa Colorada		0.001*	0.001*
Ensenada Toporo	0.001*		0.823
Isla Redonda	0.001*	0.823	
Densidad de erizos			
Playa Colorada		0.001*	0.007*
Ensenada Toporo	0.001*		0.205
Isla Redonda	0.007*	0.205	

*Significativo ($p < 0.05$).

los corales *Millepora alcicornis* y *Porites porites*. El coeficiente de correlación entre la densidad de erizos y las características de la vegetación resultó estadísticamente significativo ($r^2 = 0.154$, $p < 0.007$). La única variable de la vegetación que mostró un efecto significativo sobre la densidad de erizos fue la biomasa total ($\beta = 0.308$, $p < 0.032$), las otras no explicaron satisfactoriamente la abundancia y distribución de *L. variegatus* en las praderas estudiadas (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

El erizo *L. variegatus* se encontró ampliamente distribuido a lo largo de toda la bahía aunque fue menos abundante en las zonas más expuestas, mientras que en áreas más protegidas

presentó densidades significativamente mayores (LSD $p < 0.001$). Las características generales de las praderas de *T. testudinum* variaron significativamente (LSD $p < 0.001$) desde las zonas internas hasta las zonas expuestas en la Bahía de Mochima. El mayor desarrollo de estos pastos se encontró asociado a zonas internas con baja intensidad de oleaje o dentro de pequeñas ensenadas. Las praderas ubicadas en zonas más expuestas al oleaje presentaron hojas menores y bajos valores de cobertura y biomasa vegetal. A pesar de estas diferencias, solo se encontró una correlación positiva y estadísticamente significativa entre la biomasa total de *T. testudinum* y la densidad de erizos, sin embargo, tanto el valor del coeficiente de correlación parcial de ésta variable ($\beta = 0.308$, $p < 0.032$) como el coeficiente de regresión ($r^2 = 0.154$, $p < 0.007$), aunque significativos,

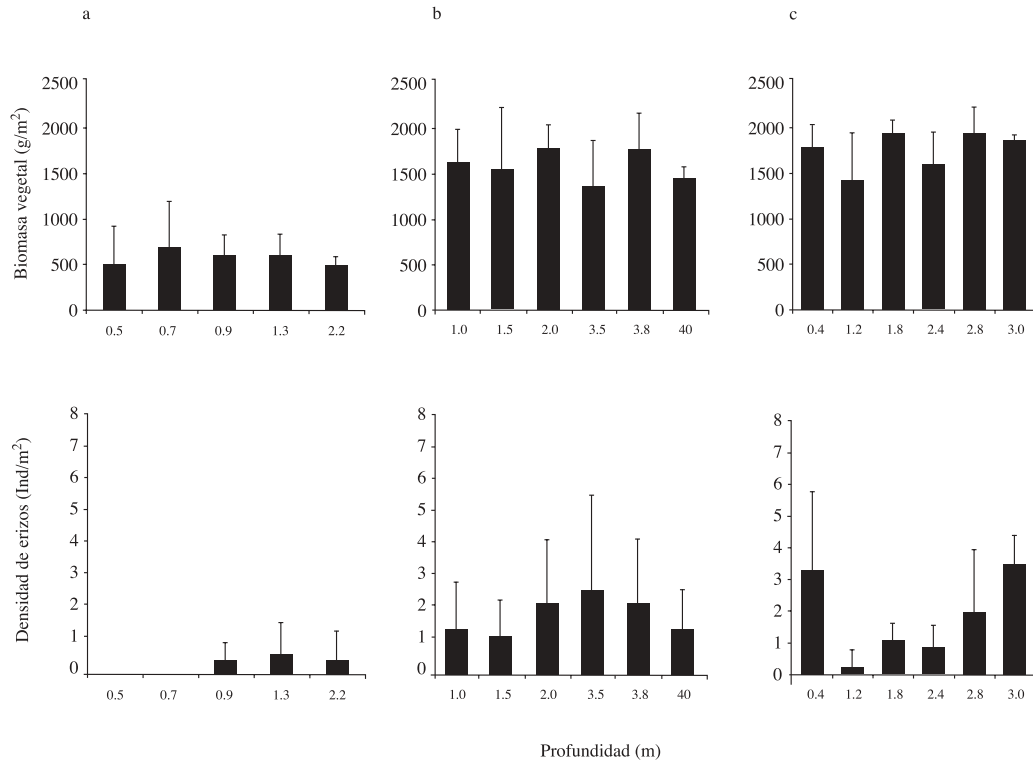


Fig. 2 Variaciones espaciales de la biomasa vegetal (g/m^2) y densidad del erizo *Lytechinus variegatus* (ind/m^2) (eje Y) en las praderas de la Bahía de Mochima. Barra = media \pm desviación estándar. a. Playa Colorada. b. Ensenada Toporo. c. Bajo de Isla Redonda.

Fig. 2. Spatial variations of the biomass (g/m^2) and sea urchin *Lytechinus variegatus* densities (ind/m^2) (axis Y) in the *Thalassia testudinum* seagrass beds at Mochima Bay. Bar = median \pm standard deviation. a. Playa Colorada. b. Ensenada Toporo. c. Bajo de Isla Redonda.

CUADRO 3

Análisis de correlación múltiple paso a paso entre la densidad de erizos y las características estructurales de las praderas de Thalassia testudinum (densidad foliar, densidad de plantas, longitud foliar y cobertura vegetal)

TABLE 3

Stepwise multiple regression análisis between sea urchin density and structural characteristics of seagrass beds of Thalassia testudinum (leaf density, shoot density, leaf length and coverage)

	Beta	Error estándar Beta	B	Error estándar B	T(71)	Significancia
Intercepto			- 0.546	0.558	-0.978	0.331
Biomasa Total	0.308	0.141	0.008	0.003	2.174	0.032*
Cobertura	0.271	0.139	0.015	0.007	1.944	0.055

*Significativo ($p < 0.05$), $R^2 = 0.154$, R^2 Ajustado = 0.118, $F_{(3,71)} = 4.325$, $p < 0.007$. Error Estándar = 1.519. Variables incluidas en el análisis: biomasa total, longitud foliar, densidad de plantas, cobertura y densidad foliar. Variables seleccionadas por el modelo: biomasa total y cobertura vegetal.

resultaron bajos. Esto indica que la mayoría de las variables de la vegetación estimadas no explicaron completamente la distribución y abundancia de estos organismos en las praderas de *T. testudinum* de Mochima. Una hipótesis alternativa es que el patrón de circulación del agua dentro de la bahía podría determinar la distribución de las larvas de los erizos favoreciendo o no el establecimiento de éstas en distintos puntos de la bahía. Las áreas internas (aguas tranquilas) podrían actuar como sumideros de larvas, mientras que las larvas que se producen en áreas cercanas a la boca de la bahía y el canal central podrían ser transportadas por las corrientes hacia las zonas internas de la bahía.

Las densidades de *L. variegatus* obtenidas fueron mucho menores a las informadas para otras localidades del Caribe y de Venezuela. Por ejemplo en Jamaica Greenway (1976) reportó valores de 636 ind/m², mientras que Valentine y Heck (1991) informaron valores de 20 ind/m² en invierno y 40 ind/m² en verano. Estos autores mencionan que altas densidades de erizos son capaces de remover más del 50% de la biomasa de *T. testudinum*. Rodríguez y Losada (1989), encontraron que *L. variegatus* era capaz de remover hasta 3% de la biomasa total en la pradera de Isla Larga (Mochima), en un período de una semana. En la Isla de Margarita (Venezuela), las densidades informadas oscilan entre 4.7 y 11.2 ind/m² (Montealegre y Gómez 1999), mientras que en Cubagua se han informado valores entre 15 y 82 ind/m² (Gómez 1999). La baja densidad de *L. variegatus* registrada en la Bahía de Mochima podría explicar la alta biomasa y cobertura vegetal que caracterizan a estas praderas.

Durante todo el período de muestreo (agosto - diciembre 1997), no se observaron juveniles de *L. variegatus* en ninguna de las praderas muestreadas a excepción de Isla Redonda, donde éstos aparecieron con una densidad de 3 ind/m². Estos hechos soportan la idea de que el reclutamiento de larvas de esta especie dentro de la bahía, debe ser estudiado en detalle como posible factor determinante en la distribución y abundancia de *L. variegatus* en las praderas de la Bahía de Mochima.

RESUMEN

Para comparar las características estructurales de algunas praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima y su relación con la abundancia y distribución del erizo *Lytechinus variegatus*, se seleccionaron 3 praderas de *T. testudinum* desde la boca (oleaje intenso) hasta el interior de la bahía (aguas calmadas). En cada localidad se fijaron 5 transectos paralelos a la costa de 20 m de longitud. Se emplearon cuadratas de 1 m² para determinar la cobertura vegetal, densidad de plantas, densidad foliar y densidad de erizos. Paralelamente se extrajeron veinticinco muestras de vegetación con nucleadores de 15 cm de diámetro para la estimación de la biomasa seca de las diferentes fracciones de las plantas (hojas, rizomas y raíces). Se realizó un análisis de varianza multivariado (Manova) y una prueba diferencia mínima significativa (LSD) para contrastar las características estructurales de las praderas entre localidades y diferentes profundidades. Un análisis de regresión múltiple paso a paso entre la densidad de erizos y los diferentes parámetros de la vegetación estimados fue llevado a cabo. Las praderas de fanerógamas de la bahía se caracterizaron por ser monoespecíficas de *T. testudinum* en las tres localidades estudiadas, con coberturas que oscilaron entre 56-100%. La densidad foliar varió entre 100-1000 hojas/m² con longitudes de 6.0-18.8 cm y una densidad de plantas entre 20-475 plantas/m². Las mayores densidades de erizos se encontraron en Isla Redonda y Toporo (1.0-3.6 individuos/m²), mientras que en Playa Colorada la densidad fue baja (0.6-0.8 individuos/m²). Se determinaron diferencias significativas de las características estructurales de las praderas entre localidades (Manova $p < 0.001$) pero no entre profundidades (Manova $p < 0.320$). El coeficiente de correlación entre la densidad de erizos y las características de la vegetación resultó estadísticamente significativo ($r^2 = 0.154$, $p < 0.007$). La única variable de la vegetación que mostró un efecto significativo sobre la densidad de erizos fue la biomasa total ($\beta = 0.308$, $p < 0.032$) las otras no explicaron satisfactoriamente la abundancia y distribución de *L. variegatus* en las praderas estudiadas.

REFERENCIAS

- Caraballo, L.F. 1968. Sedimentos recientes de la Bahía de Mochima. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente 7: 45-64.
- Gómez, A. 1999. Abundancia del erizo *Lytechinus variegatus* en la Isla de Cubagua, Venezuela. 29^{na} Reunión Asociación de Laboratorios Marinos del Caribe. p.70.
- Greenway, M. 1976. The grazing of *Thalassia testudinum* in Kingston Harbour, Jamaica. Aquat. Bot. 2: 117-126.

- Montealegre, S. & A. Gómez. 1999. Aspectos biológicos de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustiidae) en tres localidades al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. 29^{na} Reunión Asociación de Laboratorios Marinos del Caribe. p. 113.
- Ogden, J.C., R. Brown & N. Salesky. 1973. Grazing by the echinoid *Diadema antillarum* Philippi: Formation of halos around West Indian patch reef. *Science* 182: 715-717.
- Ogden, J.C. & J.C. Zieman. 1977. Ecological aspects of coral reef- seagrass bed contacts in the Caribbean. Proceedings of the 3rd International Symposium on Coral Reef, University of Miami. 3: 377-382.
- Okuda, T., J. Benítez, A.J. García & E. Fernández. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas de la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 7: 7-37.
- Randall, J.E. 1965. Grazing effect on seagrasses by herbivorous reef fish in the West Indies. *Ecology* 46: 255-260.
- Rodríguez, J.L. & F. Losada. 1986. Efecto del apacantamiento de los erizos *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* sobre las comunidades marinas de la Bahía de Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 25: 69-84.
- Valentine, J.F. & K.L. Heck. 1991. The role of sea urchins grazing in regulating subtropical seagrass meadows: Evidence from field manipulations in the northern Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 154: 215-230.
- Vera, B.E. 1978. Introducción al conocimiento taxoecológico de la comunidad de *Thalassia*, en las aguas costeras de la región nor-occidental del Estado Sucre. Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Vera, B. 1992. Seagrasses of the Venezuelan coast: Distribution and community components, p. 135-140. *In* U. Seeliger (ed.). Coastal plant communities of Latin America. Academic, Nueva York.
- Zieman, J.C., R.L. Iverson & J.C. Ogden. 1984. Herbivory effects on *Thalassia testudinum* leaf growth and nitrogen content. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15: 151-158.