

Mapeo de los Hábitats Sumergidos Alrededor del Cayo Dos Mosquises Sur, Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela en la Serie de Tiempo 1944 - 1999

MARCO A. ROMERO¹, JUDSON BOOMHOWER², RODRIGO LAZO³, WILLIAM D. HEYMAN⁴, SHINICHI KOBARA⁴, HUMBERTO CAMISOTTI⁵, y JUAN M. POSADA¹

¹*Departamento de Biología de Organismos, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000, Caracas 1080A, Venezuela*

²*Fulbright Student Scholarship Program, Universidad Simón Bolívar, Venezuela*

³*Instituto de Tecnología y Ciencias del Mar, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000, Caracas 1080A, Venezuela*

⁴*Department of Geography, Texas A&M University, Eller O&M Building, College Station, Texas 77843-3147 USA*

⁵*Fundación Científica Los Roques, Apartado postal N° 1139, Carmelitas Caracas 1010-A, Venezuela*

RESUMEN

El presente trabajo ofrece una caracterización de los fondos circundantes al cayo Dos Mosquises Sur, Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela. El área está protegida por un régimen especial de manejo, donde se prohíbe la actividad pesquera. Por otra parte, dicho cayo alberga la Estación de Biología Marina de la Fundación Científica Los Roques, en cuyas cercanías se han llevado a cabo numerosos trabajos de interés biológico, ecológico y pesquero. El objetivo del trabajo consiste en realizar un mapeo de los fondos que rodean al cayo, con miras a identificar posibles hábitats esenciales para langostas, caracoles y peces de importancia comercial, así como detectar posibles cambios en la cobertura de los mismos a lo largo del tiempo. Para ello se examinaron fotografías aéreas de 1944 y 1975, además de una imagen satelital de 1999, así como se realizaron observaciones de campo en 100 puntos seleccionados de manera aleatoria dentro del área de estudio. Adicionalmente se realizó levantamiento batimétrico, utilizando una ecosonda marca Lowrance LCX-15 MT en combinación con un GPS. Se observó un incremento en las coberturas de vegetación marina y corales de 1944 a 1999, así como una disminución en la cobertura de fondos arenosos desnudos. Se espera que este estudio contribuya significativamente al mejor conocimiento de los hábitats circundantes en esta importante zona del Parque, así como a entender las fluctuaciones en la cobertura de los mismos y sus potenciales consecuencias sobre la distribución de los recursos pesqueros allí presentes.

PALABRAS CLAVES: Dos Mosquises Sur, hábitats esenciales, batimetría, Los Roques, Venezuela

Mapping the Submerged Habitats Surrounding Dos Mosquises Sur Caye, Los Roques Archipelago National Park, Venezuela in Time Series 1944 - 1998

This provides characterization of the waters surrounding of Dos Mosquises Sur cay, Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. The area is zoned for special protection, including a ban on fishing. Dos Mosquises is also home to the marine station of the Los Roques Scientific Foundation, and base for research in biology, ecology and fisheries. The objective of the study was to conduct a map of the benthic habitats surrounding the cay, in order to identify potential essential habitats for lobsters, conch and fishes of commercial interest, as well as identify changes in the extent of these habitats over the past half century. Aerial photos from 1944 and 1975, as well as a satellite image from 1999 were examined and ground-truthed at 100 points randomly selected within the study area. Additionally, a bathymetric map was created using a Lowrance LCX-15 MT echosounder, attached to a GPS unit. An increment in cover of marine vegetation and corals with a reduction of sand cover bottoms was observed. This study should contribute to understanding the marine habitats in this important national park, as well as the fluctuations in habitat cover over time.

KEY WORDS: Dos Mosquises Sur, essential habitat, bathymetry, Los Roques, Venezuela

INTRODUCCION

El análisis e interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales para la clasificación de fondos marinos someros ha sido una técnica ampliamente utilizada a nivel mundial, especialmente para sistemas de arrecifes coralinos (Hernández-Cruz *et al.* 2006, Shapiro y Rohmann 2006, Bello y Liceaga-Correa 1998 y Schweizer *et al.* 2005). Esta técnica es particularmente útil en países subdesarrollados, que poseen en muchas ocasiones, grandes áreas arrecifales y pocos recursos para estudiar estos sistemas de manera extensiva (Luczkovich *et al.* 1993, Schweizer *et al.* 2005). Nuestro trabajo tuvo lugar en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela, particularmente en las aguas que rodean el cayo Dos Mosquises Sur. En esta isla se encuentra ubicada la Estación de Biología Marina de la Fundación Científica Los Roques, lo que genera una

intensa actividad de investigación en el área. Así mismo, dicha zona está sometida a un régimen de manejo especial en el que se prohíbe la pesca y otras actividades desde 1991, según Decreto N° 1213 (Gaceta Oficial N° 4250, fecha 18 de enero de 1991).

Schweizer *et al.* (2005) realizaron para el Archipiélago Los Roques una clasificación de hábitats marinos basados en el análisis de una imagen de satélite (Landsat, del 16 de agosto de 1999, Scene Id.: L70RWRS.002:2000152977), sin embargo dicha clasificación estuvo limitada por la resolución de la imagen. La disponibilidad de fotos aéreas tomadas en 1944 y 1975, nos permitieron clasificar con mayor nivel de detalle los fondos marinos, además reclasificar la mencionada imagen de satélite para detectar cambios a través del tiempo en la cobertura de los fondos.

Alrededor del cayo Dos Mosquises Sur existen

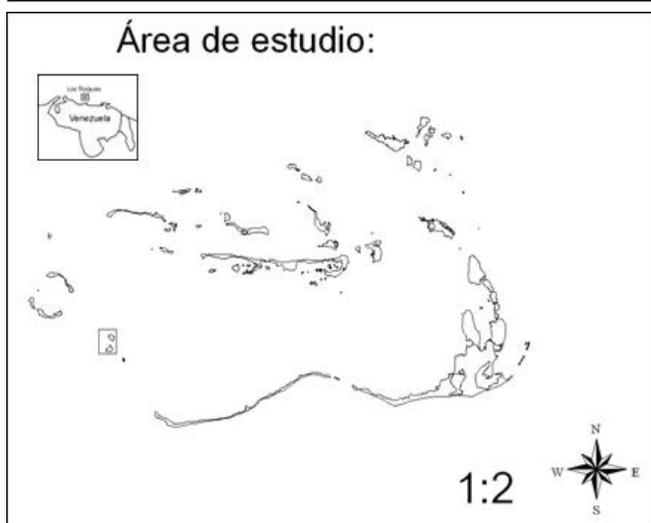


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Parque Nacional Archipiélago Los Roques.

numerosos hábitats submarinos de mucha importancia ecológica, tales como praderas de hierbas marinas (predominantemente de *Thalassia testudinum*), arrecifes coralinos, taludes arrecifales, fondos de octocorales, fondos arenosos y fondos cubiertos de escombros coralinos.

Las praderas de *Thalassia testudinum* y los fondos de escombros coralinos bajo determinadas condiciones ambientales han sido reportados como sitios de reclutamiento para larvas de (*Strombus gigas*) en el Caribe (Stoner 2003). Los arrecifes coralinos tanto someros como profundos son hábitats donde se concentran los individuos juveniles y adultos de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) (Bello et al. 2005, Acosta y Robertson 2003), principal renglón pesquero del archipiélago. El talud arrecifal que bordea la isla se perfila como potencial sitio de agregaciones reproductivas para meros y pargos, según encuestas realizadas a pescadores de la zona (datos no publicados). De esta misma manera los distintos hábitats alrededor del cayo son usados por múltiples especies de peces como los pargos, meros y Haemulidos (Cervigón 1993, vol. I y II).

Realizar un mapa detallado de dichos hábitats, suplementado con un perfil batimétrico, será muy útil en la futura identificación de hábitats esenciales para múltiples especies. Nuestro objetivo es suministrar esta herramienta y además analizar la dinámica natural de dichos hábitats en el tiempo en una zona que ha estado ajena a perturbaciones antropogénicas.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio

El área de estudio, comprendió como ya se mencionó, las aguas que rodean a las islas Dos Mosquises Sur y Dos Mosquises Norte, entre los límites 11° 79' y 11° 81' N/ 66° 90' y 66° 88' O, abarcando un área aproximada de 1.130.000 m² (Figura 1). Entre ambas islas existe una barrera

arrecifal en forma de herradura que las une. La pendiente varía desde caídas suaves a paredes abruptas, siendo las principales especies coralinas que contribuyen a la estructura del arrecife *Montastraea annularis*, *M. faveolata*, *Diploria strigosa*, *D. labyrinthiformis*, *Colpophyllia natans*, *Acropora cervicornis* y *A. palmata*, existiendo también praderas de fanerógamas marinas.

Metodología

Inicialmente se realizó el procesamiento de la imagen satelital Landsat (la misma empleada por Schweizer et al. 2005). Para esto se le realizó una corrección atmosférica y batimétrica. Para la corrección atmosférica se llevaron los valores digitales a radiancia y luego se le aplicó un algoritmo sencillo de substracción oscura (Dark subtraction), mientras que para la corrección batimétrica se generó un modelo batimétrico, en función de los valores de profundidad de la carta náutica del archipiélago. Para ello se identificaron fondos arenosos a diferentes profundidades y de calculó, por medio de una regresión lineal, un coeficiente de atenuación de luz para la columna de agua, en cada una de las bandas (1, 2 y 3) de la imagen. Con estos coeficientes se corrigió el efecto de la profundidad en los valores de radiancia de cada una de las bandas visibles. Finalizados estos procesos, se construyó la imagen a clasificar con una combinación de bandas 3, 2 y 1.

Posteriormente se realizó una interpretación visual de esta imagen, definiendo los tipos de fondo. Este proceso fue apoyado con información proveniente de visitas de campo realizadas a 100 puntos aleatorios en los cuales se describió el tipo de fondo que predominó; una vez hecho esto se procedió a realizar la clasificación supervisada. En esta fase se utilizó la extensión "Image Analysis" de ArcView y se definieron polígonos de entrenamiento para cada tipo de fondo identificado en la interpretación visual (vegetación marina, formaciones coralinas y arena desnuda). El algoritmo con que cuenta la extensión de "Image Analysis" es el del paralelepípedo, el cual hay que reconocer no es muy preciso.

Utilizando las fotos aéreas de 1944 y 1975, se generaron mapas de fondos marinos a partir de la interpretación visual de dichas imágenes, la digitalización de los fondos se realizó empleando el programa ArcView. Para este ejercicio fue necesario georeferenciar ambas fotografías aéreas, utilizando como base la carta náutica y la imagen Landsat. El proceso fue bastante difícil. Básicamente se trató de identificar puntos, en la línea de costa de los cayos o en arrecifes coralinos que no hubieran sufrido cambios morfológicos en el tiempo. En consecuencia, hay que reconocer que la georeferenciación no es precisa.

Finalmente para la elaboración de los mapas batimétricos se empleó una ecosonda marca Lowrance, modelo LCX-15_{MT}. Este aparato posee un transductor dual de 50/200 kHz, empleándose la frecuencia de 200 kHz preferentemente ya que posee un cono de señal más estrecho, lo que implica mayor precisión en las mediciones

Tabla 1. Área para cada tipo de fondo y para las islas en cada una de las fotografías aéreas e imágenes satelitales analizadas.

Tipo de fondo	Cobertura (m ²) 1944	Cobertura (m ²) 1975	Cobertura (m ²) 1999
Arena	738.819,42	486.059,72	377.062,42
Coral	242.255,77	306.128,20	404.052,43
Escombros coralinos	99.997,55	60.802,79	-----
Octocorales + arena	14.775,74	16.268,14	-----
Vegetación marina	237.199,41	480.793,50	575.076,17
Islas	269.945,47	250.346,19	253.945,65

de profundidad. Solo se empleó la frecuencia de 50 kHz en zonas muy profundas, ya que esta frecuencia tiene mayor alcance pero menor precisión en las mediciones al ser su cono de señal más amplio (Ecochart *et al.* 2003). El aparato emite una señal hacia el fondo y la recibe de vuelta cuando esta rebota con el mismo o choca contra algún objeto en la columna de agua, originando datos de profundidad y presencia de peces. Así mismo, tiene incorporado un GPS que asigna coordenadas de posición a cada medición de profundidad, originando una serie de puntos espaciales. Cada sitio estudiado fue navegado en zigzag y longitudinalmente a fin de escanearlo completamente y poder generar datos suficientes para la elaboración de los mapas de batimetría según describen Ecohard *et al.* (2003). Estos datos fueron posteriormente introducidos en ArcView para generar los mapas batimétricos tridimensionales.

RESULTADOS

En términos generales, como se aprecia en las tablas 1 y 2, la cobertura de los principales hábitats (vegetación marina y corales) experimentó un aumento considerable desde 1944 a 1999, con la consecuente disminución para el mismo período de los fondos arenosos que fueron parcialmente ocupados, así como de los espacios con predominancia de escombros coralinos. El área ocupada por las islas se mantuvo sin muchas variaciones, aunque con tendencia a la reducción, perdiendo en ese lapso de tiempo 16.000,32 m².

En la foto correspondiente a 1944 (Figura 2) puede apreciarse que la vegetación marina se concentra básicamente al noroeste del Dos Mosquises Sur (DMS) y al suroeste de Dos Mosquises Norte (DMN), ocupando un área total de 237.199,41m². El desarrollo coralino se concentra fundamentalmente al oeste y al norte de DMN, con un área total de 242.255,77 m², mientras que los escombros coralinos pueden verse al norte de DMN y al oeste de DMS, con un área de 99.997,55 m². Los fondos arenosos con desarrollo de octocorales se localizan al noroeste de DMN en un área de 14.775,74 m². La superficie ocupada por fondos arenosos desnudos es de 738.819,42 m² (tabla1).

En 1975 (Figura 3), la vegetación marina registra una expansión notable, ocupando ahora toda la zona noroeste,

norte y noreste de DMS, aunque desaparece de la zona suroeste de DMN, quedando en esta zona solo algunos parches aislados. El área total que ocupa este tipo de fondo es de 480.793,50 m², lo que representa un aumento de un 50.67 % respecto a 1944. Los fondos de coral permanecen hacia el oeste y norte de DMN sin cambios notables de cobertura, sin embargo, al oeste de DMS aparece un área considerable ocupada por este tipo de fondo donde en 1944 existían escombros coralinos. En total, el área ocupada por arrecifes coralinos en 1975 es de 306.128,20 m², 20.86 % más que en 1944. Los escombros coralinos solo se observan hacia el norte de DMN, abarcando un área total considerablemente menor a la de 1944 (60.802,79 m²). El área cubierta por fondos arenosos con octocorales permanece sin cambios notables en ubicación y cobertura en la imagen de 1975 con 16.268,14 m². Los fondos arenosos desnudos se vieron reducidos en un 34.21 % respecto a 1944, ahora ocupan un área de 486.059,72 m², lo cual se debe predominantemente al aumento del área cubierta por vegetación marina (tablas 1 y 2).

En la imagen satelital de 1999 (fig.4), solo pueden discriminarse dos tipos de fondo además del arenoso (vegetación marina y coral) debido a las restricciones que impone la calidad de la imagen. No obstante se sigue observando una tendencia al aumento para ambos tipos de fondo en detrimento de la cobertura de arena desnuda. De esta manera la vegetación marina ahora se ubica al oeste,

Tabla 2. Porcentajes de variación de las áreas ocupadas por cada tipo de fondo y las islas respecto a 1944.

Tipo de fondo	Porcentaje de variación 1975	Porcentaje de variación 1999
Arena	-34,21	-48,96
Coral	20,86	40,04
Escombros coralinos	-39,20	-----
Octocorales + arena	-9,17	-----
Vegetación marina	50,67	58,75
Islas	-7,26	-5,93

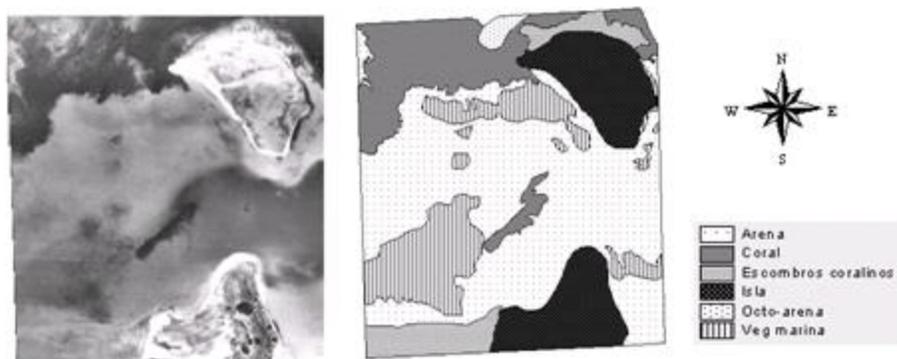


Figura 2. Izquierda: Foto aérea año 1944. Derecha: Cobertura de los distintos tipos de fondos según la interpretación realizada.

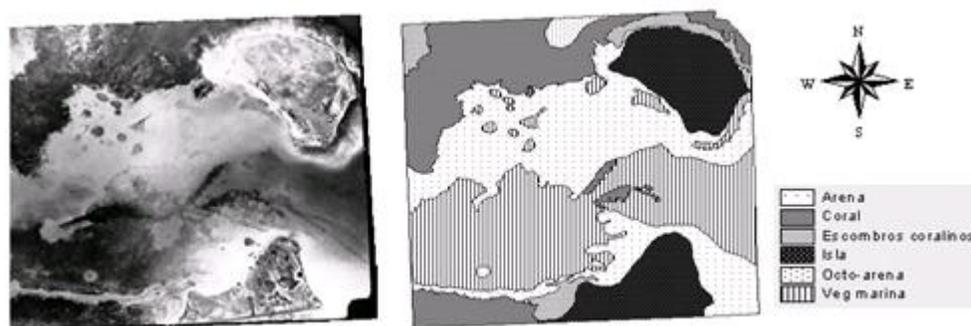


Figura 3. Izquierda: Foto aérea año 1975. Derecha: Cobertura de los distintos tipos de fondos según la interpretación realizada.

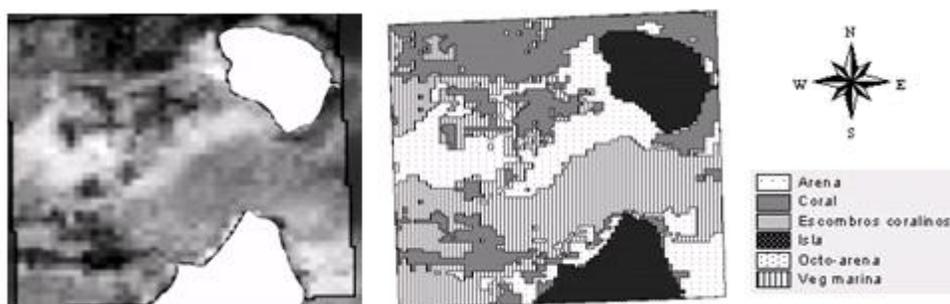


Figura 4. Izquierda: Imagen satelital año 1999 con correcciones atmosférica y batimétrica realizadas. Derecha: Cobertura de los distintos tipos de fondos según la clasificación supervisada.

nor oeste, norte y noreste de DMS y al oeste distante de DMN, ocupando un área total de 575.076,17 m², 58,75 % más que en 1944. La vegetación marina situada al oeste de DMS y al oeste distante de DMN probablemente corresponda a desarrollos coralinos, pues los corales y la vegetación marina tienen una respuesta muy parecida en la baja resolución que posee la imagen satelital empleada. Los arrecifes coralinos se ubican rodeando al cayo DMN por el sur, este, norte y oeste-noroeste, así mismo al noroeste de DMS. De estos arrecifes, los situados al sur y este de DMN y al noroeste de DMS probablemente correspondan a vegetación marina, por las razones

anteriormente expuestas. El área total correspondiente a los arrecifes coralinos en esta imagen de 1999 es de 404.052,43 m², superior a la reportada en 1975 y casi dos veces la reportada para 1944 (Tablas 1 y 2).

La Figura 5 representa un perfil batimétrico del área de estudio que puede usarse como información complementaria al mapeo de los tipos de fondos. Puede observarse que predominan las profundidades someras, excepto al sur de DMS, donde se encuentra un talud arrecifal muy pronunciado con profundidades muy superiores a 20 m.

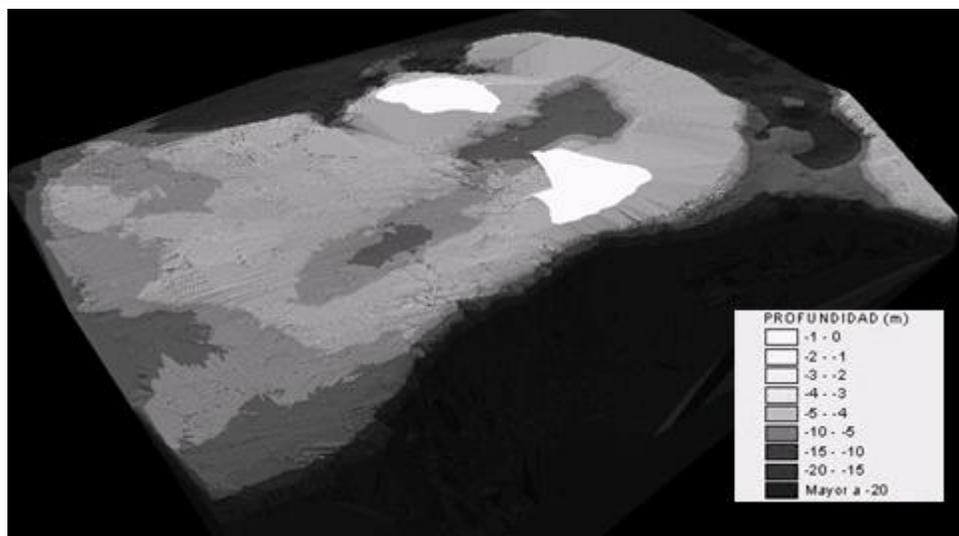


Figura 5. Modelo batimétrico en tres dimensiones del área de estudio.

DISCUSION

Variación en la Cobertura y Distribución de la Vegetación Marina

La vegetación marina (fanerógamas marinas y algas) experimentó una expansión progresiva a lo largo del período de tiempo estudiado, duplicando su área de cobertura de 1944 a 1975; de esta fecha a 1999 se mantuvo sin mucha variación, aunque con tendencia al aumento. El crecimiento, a juzgar por el patrón que se observa en las fotografías aéreas, responde básicamente a la expansión horizontal de los lechos de vegetación ya existentes, aunque es probable que haya tenido lugar el desarrollo de parches aislados de fanerógamas originados por la dispersión de semillas que posteriormente fueron absorbidos por la expansión horizontal de los lechos más antiguos, lo cual, debido al margen de tiempo entre una fotografía y otra, es imposible de determinar. Estudios realizados en Bahía Salina del Sur, Vieques, Puerto Rico evaluando fotografías aéreas en el período 1937 - 2000 (Hernández-Cruz *et al.* 2006) y en Buck Island Channel, Islas Vírgenes Norteamericanas para el período 1971 - 1999 (Kendall *et al.* 2004) manifiestan una tendencia de crecimiento similar al reportado en este estudio. Otro trabajo, el de Shapiro y Rohmann (2004), en el Estrecho de Vieques, Puerto Rico para la serie temporal 1985 - 2000, reporta más expansión que decrecimiento, manifestándose las disminuciones de cobertura fundamentalmente en las zonas someras cercanas a la costa, mientras que los crecimientos sostenidos se ubicaron en las aguas profundas, protegidas de las tormentas y aisladas de las fuentes de sedimentos de origen terrestre y la intervención antropogénica.

Las comunidades de fanerógamas marinas pueden ser afectadas por diversos factores naturales y antrópicos. La herbivoría ocasionada por algunos organismos como manatíes, tortugas y erizos puede mermar el desarrollo de estas plantas marinas, así como también la sedimentación

natural, erosión por el oleaje y tormentas (Williams 1988). Desde el punto de vista antrópico, estas comunidades se ven afectadas por la eutrofización, el aporte de sedimentos terrígenos, la alteración del patrón natural de las corrientes marinas y el sombreado prolongado por embarcaciones (Kendrick *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2004, Frederiksen *et al.* 2004). En Los Roques y particularmente en nuestra área de estudio, los factores antropogénicos anteriormente mencionados no constituyen una amenaza para estas comunidades. Los cambios observados deben responder básicamente a procesos endógenos del sistema, lo que convierte a dicha locación en un excelente laboratorio para evaluar las variables naturales que regulan a esta comunidad.

Es lamentable no disponer de material fotográfico que rellene el vacío de información que existe entre los años analizados. Así mismo hubiese sido interesante analizar fotos anteriores a 1944 para observar la cobertura de la vegetación marina previa. Pues observando la continua expansión de estas comunidades es difícil pensar que previo a 1944 no hubiesen alcanzado una cobertura similar a la de 1975 que se mantiene más o menos similar hasta 1999. El archipiélago Los Roques, no se encuentra en la ruta de las tormentas tropicales que suelen desarrollarse en el Caribe. Durante el periodo estudiado solo 4 tormentas tropicales han azotado la zona. Pudiera pensarse que la tormenta que en 1933 pasó cerca de las costas venezolanas pudo ser la causa de la baja cobertura de 1944, sin embargo las otras 3 tormentas, aparentemente no alteraron la cobertura de la vegetación marina, a pesar que una de ellas (Alma) pasó por las cercanías un año antes de la toma fotográfica de 1975 y las tormentas Joan y Bret pasaron en 1988 y 1993, previas a la imagen satelital de 1999.

Los resultados que se desprenden del análisis de estas imágenes nos permiten afirmar que la vegetación marina ha ganado espacio en los alrededores de los cayos DMS y DMN y se encontraba, por lo menos hasta 1999 en proceso

de expansión, teniendo en cuenta que para la fecha existe un área de fondo arenoso desnudo de 377.062 m² a profundidades que oscilan entre 0 y 5 m, ideal para el desarrollo de las fanerógamas marinas.

Variación en la Cobertura y Distribución de los Arrecifes Coralinos

Las formaciones coralinas se ubican en su mayoría hacia la parte oeste y norte de DMN. Al igual que la vegetación marina, los fondos coralinos experimentaron un aumento de cobertura en el período de estudio, con la consecuente disminución de los fondos cubiertos de escombros coralinos. El cambio más notable es el ocurrido entre 1944 y 1975 en la zona oeste de DMS. Esta zona inicialmente era un fondo de escombros coralinos sobre la roca de playa y posteriormente aparece en 1975 como fondo coralino de coloración mucho más densa. Esto nos hace pensar que antes de 1944 probablemente esta área estuvo ocupada por desarrollos coralinos favorecidos por la disponibilidad de sustrato duro (roca de playa). Por alguna razón, quizás debido a la tormenta de 1933, o a un cambio en el patrón de depósito de sedimentos, se cubrió de arena esta estructura hasta que nuevamente fue puesta al descubierto y recolonizada por corales. Nuevamente hubiese sido de mucha utilidad el análisis de fotos aéreas anteriores al inicio de nuestra serie temporal. Las formaciones arrecifales al oeste y norte de DMN permanecieron sin mayores variaciones a lo largo del periodo de tiempo analizado. El aumento observado en la cobertura de este tipo de fondo en 1999, es originado en parte por errores en la clasificación supervisada, pues debido a la baja resolución de la imagen, el método no puede discernir entre fondo coralino, escombros coralinos y octocorales. Así mismo, la respuesta del fondo coralino y la vegetación marina es muy parecida, por lo que el método ha interpretado fondos de vegetación marina como fondos coralinos, fundamentalmente al este, sureste y suroeste de DMN. Otra limitante del método es que por medio de él se detecta la cobertura de las formaciones coralinas, más no permite saber en que condiciones se encuentra el coral, si este está muerto o no. Es conocido que las formaciones coralinas al oeste y norte de DMN corresponden mayormente a la especie *A. palmata*. Esta especie, desde principios de los años 80 ha sido afectada por la enfermedad de la banda blanca en todo el Caribe (Aronson y Precht 2001), situación de la cual Los Roques no ha estado exento, predominando actualmente en nuestra área de estudio una alta mortalidad para esta especie. Los fondos clasificados como octocorales + arena se ubican al noroeste de DMN, no experimentando cambios notables entre 1944 y 1975.

El Archipiélago Los Roques como todo sistema arrecifal insular, está siendo moldeado continuamente por la acción de los elementos, las corrientes marinas, el oleaje, las tormentas (muy escasas y aisladas) y otros factores de origen físico, químico y biológico. Una muestra de esto quizás se evidencia al analizar los cambios sufridos por las

islas, que en el período de tiempo estudiado han disminuido su área respecto a 1944 en un 7,26 % para 1975 y en un 5,93 % para 1999. Esta dinámica tendrá que ser tomada en cuenta en el momento de elaborar planes de manejo para la conservación de los hábitats esenciales de las especies que se explotan o se explotaban en el archipiélago (*P. argus* y *S. gigas* respectivamente), así como de la gran variedad de peces de importancia comercial y ecológica que existen en esta área. La abundancia de estos recursos, bajo una circunstancia dada, pudiera disminuir no debido a la falta de protección, sino a los cambios en la cobertura de los hábitats que son determinantes en el reclutamiento, crecimiento y reproducción de estas especies.

Este trabajo pretende ser, con todas sus limitaciones, el inicio de un análisis más profundo que incluirá fotografías aéreas actuales y la ampliación del área de estudio a los bajos arrecifales cercanos a las islas, incluyendo al cayo La Pelona, formado por la acumulación de arena sobre la base de conchas vacías de *S. gigas* que fueron cosechadas por pescadores prehispanicos.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue cofinanciado por la Fundación Científica Los Roques y la Universidad Simón Bolívar, así como por el Programa Ambiental de Naciones Unidas (UNEP, por sus siglas en inglés). Por su parte, uno de los investigadores (JB) recibió apoyo económico a través del Fullbright Student Scholarship Program. Agradecemos al Instituto Nacional de Parques (INPARQUES) por el permiso otorgado para realizar el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Acosta, C.A. and D.N. Robertson. 2003. Comparative spatial ecology of fished spiny lobster *Panulirus argus* and an unfished congener *P. guttatus* in an isolated marine reserve at Glover's Reef atoll, Belize. *Coral Reef* 22:1-9.
- Aronson, R.B. and W.F., Precht. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reef. *Hydrobiología* 460(1-3):25-38.
- Bello, J. y M.A. Liceaga-Correa. 1998. Propuesta de un sistema de clasificación para los tipos de fondo del Parque Nacional Arrecife Alacranes compatible con una imagen Landsat TM. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 50:
- Bello, P.J., L.V. Ríos, M.A. Liceaga-Correa, M.C. Zetina, C.K. Cervera, B.P. Arceo, y N.H. Hernandez. 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes Reef, Yucatán, México. *Fisheries Research* 37:37-47.
- Cardoso, P.G., M.A. Pardal, A.L. Lilleboe, S.M. Ferreira, D. Raffaelli, and J.C. Marques. 2004. Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for recovery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 302(2):233-248.
- Cervigón, F. 1993. *Los Peces Marinos de Venezuela. Segunda Edición. Volumen I.* Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. 425 pp.
- Cervigón, F. 1993. *Los Peces Marinos de Venezuela. Segunda Edición. Volumen II.* Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. 497 pp.
- Ecochart, J.L.B., W.D. Heyman, N. Requena, and E. Cuevas. 2003. Adaptive Bathymetric System (ABS). The Nature Conservancy. Arlington VA. Disponible en: www.conserveonline.org
- Frederiksen, M., D. Krause-Jensen, M. Holmer, and J.S. Laursen. 2004. Long-term changes in area distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Danish coastal waters. *Aquatic Botany* 78 (2):167-181.

- Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4250, fecha 18 de enero de 1991.
- Hernández-Cruz, L.R., S.J. Purkis, and B.M. Riegl. 2006. Documenting decadal spatial changes in seagrass and *Acropora palmata* cover by aerial photography analysis in Vieques, Puerto Rico: 1937-2000. *Bulletin of Marine Science* **79**(2):401-414.
- Kendall, M.S., T. Battista, and Z. Hillis-Starr. 2004. Long term expansion of a deep *Syringodium filiforme* meadow in St. Croix, US Virgin Islands, the potential role of hurricanes in the dispersal of seeds. *Aquatic Botany* **78**:15-25.
- Kendrick, G.A., M.J. Aylward, B.J. Hegge, M.L. Cambridge, K. Hillman, A. Wyllie, and D.A. Lord. 2002. Changes in seagrass coverage in Cockburn Sound, Western Australia between 1967 and 1999. *Aquatic Botany* **73**(1): 5-87.
- Luczkovich, J.J., T.W. Wagner, J.L. Michalek, and R.W. Stoffle. 1993. Discrimination of coral reefs, seagrass meadows, and sand bottom types from space: a Dominican Republic case study. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **59**:385-389.
- Schweizer, D., R.A. Armstrong, and J. Posada. 2005. Remote sensing characterization of benthic habitats and submerged vegetation biomass in Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. *International Journal of Remote Sensing* **26**(12):2657-2667.
- Shapiro, A.C. and S.O. Rohmann. 2006. Mapping changes in submerged aquatic vegetation using Landsat imagery and benthic habitat data: coral reef ecosystem monitoring in Vieques Sound between 1985 and 2000. *Bulletin of Marine Science* **79**(2):375-388.
- Stoner, A.W. 2003. What constitutes essential nursery habitat for a marine species? A case study of habitat form and function for queen conch. *Marine Ecology Progress Series* **257**:275-289.
- Williams, S.L. 1988. Disturbance and recovery of a deep-water Caribbean seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* **42**:63-71.