

## Estructura de una comunidad arrecifal en Falcón, Venezuela, antes y después de una mortalidad masiva

Estrella Villamizar

Instituto de Zoología Tropical y Postgrado de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela; fax: 58-26051204, 58-6931653; evillami@strix.ciens.ucv.ve, museomar@telcel.net.ve.

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

**Abstract:** Morrocoy National Park used to be considered the most important continental coral reef of Venezuela. However, in January of 1996, there was a massive mortality of the benthic organisms for unknown reasons. The coral reef community was monitored since 1995, the year before the event, and yearly after that, until June 1999, by sampling linear transects and quadrats. A total of 26 hard corals were recorded in the study site (Playa Mero) in 1995 (36.56% cover), which already had some deterioration because 90.86% of the living coral cover was represented basically by four species, *M. annularis* with 51.36%, *Colpophyllia natans* with 18.22%, *Agaricia agaricites* with 11.58% and *Porites porites* with 9.70%. Three months after the event, living coral cover was only 4.84% and algae, particularly *Dyctiota* spp. covered most of the surface (81.89%). Benthic organisms suffered massive mortality over the whole depth gradient and in most park reefs. Even after three years the reef community shows highly perturbed conditions, with 85% of the total cover represented by the categories: dead coral, dead coral overgrowth by algae and sand. From the initial coral richness of the area (26 species) only nine species were observed although in very low cover (<1%), except for *M. annularis* and *M. franksi*, which presented lightly higher percentages.

**Key words:** Coral reefs, impact, reef community structure, Venezuela, mortality event.

El Parque Nacional Morrocoy se encuentra localizado en la costa centro occidental del país, ocupando una superficie de 32 090 hectáreas al noroeste de Golfo Triste en el Estado Falcón. El Parque ocupa zonas continentales y marinas situadas entre las poblaciones de Tucacas y Chichiriviche (Anónimo 1978). En las zonas marinas se hallan las formaciones de arrecifes coralinos continentales más importantes del país, sin embargo, el estado actual en el que se encuentran son evidencia de una pérdida acelerada y casi total de las mismas. Esta situación es el resultado sinérgico de distintos impactos ecológicos

que han venido presionando desde hace tres décadas. Sin embargo, el impacto negativo tan severo y violento que afectó estas comunidades marinas en enero de 1996, es sin lugar a dudas, el responsable de la mortalidad masiva de la mayor parte de las especies de corales, esponjas y gorgonios, y de un gran número de ejemplares de peces, moluscos y holoturoideos que alguna vez existieron en este importante sistema marino. El factor que desató este evento de mortalidad masivo (EMM) aún está por determinarse. Una situación negativa que ha venido afectando la zona es la intensa demanda turística, la cual

ha conducido, a una acelerada tasa de construcción de hoteles en la línea costera, lo que a su vez ha llevado al deterioro de la calidad del agua, aumentado los niveles de resuspensión de sedimentos y posterior sedimentación en las aguas claras donde habitan las especies bentónicas propias de los arrecifes coralinos; también ha incrementado la descarga de aguas servidas a esta área. Weiss y Goddard (1977) señalaron que la contaminación por aguas servidas era el factor que mayores efectos negativos causaba a los arrecifes del Parque durante la década de los 60. Por otra parte, la gran afluencia de embarcaciones en la zona, ha traído como consecuencia la destrucción directa o indirecta de colonias coralinas y otras especies bentónicas sésiles, mediante operaciones de anclaje poco cuidadosas (Villamizar *et al.* 1996). Bone *et al.* (1993) realizaron un estudio sobre el origen y efecto de los sedimentos sobre las comunidades coralinas del área, destacando la importancia de la descarga de sedimentos provenientes de los ríos Tocuyo, Aroa y Yaracuy.

Eventos de blanqueamiento también han afectado en diversas oportunidades los arrecifes de coral en el área (Losada 1988).

El presente estudio se llevó a cabo en el arrecife de Playa Mero, Cayo de Animas, al sureste del Parque Nacional Morrocoy. Este arrecife forma parte de una extensa barrera coralina, que se extiende, con interrupciones, desde Cayo Sombrero en el extremo norte del parque, hasta Cayo Punta Brava, al sur del mismo; por sus características y ubicación en la parte central de esta barrera arrecifal, el mismo se considera altamente representativo de dicho sistema.

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis comparativo de la estructura de la comunidad arrecifal de Playa Mero, antes y después del evento de mortalidad masivo que ocurrió en 1996, así como determinar la magnitud del daño y la respuesta de la comunidad a partir de la fecha del evento hasta el presente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la estructura de la comunidad arrecifal se utilizó el método combinado de transectos lineales y cuadrículas (modificado de Weinberg 1981). Se ubicaron cinco transectas en dirección perpendicular a la costa, desde la plataforma arrecifal externa hasta la finalización del arrecife en su parte más profunda, que en promedio se extiende hasta los 18 metros. Las cuadrículas de 1 m<sup>2</sup>, fueron colocadas cada 5 m a lo largo de las transectas. De esta forma se estimó la cobertura de las siguientes categorías bentónicas del arrecife: de las distintas especies coralinas, coral vivo, coral muerto, *Millepora*, gorgonios, esponjas, zoántidos, arena y coral muerto sobrecrecido por algas.

La condición general del arrecife de Playa Mero es poco homogénea espacialmente. Se encuentra interrumpido en su parte más septentrional por un canal, a través del cual tienen acceso numerosas embarcaciones deportivas hasta la playa. Luego se continúa hacia el sur por una longitud aproximada de 500 m, hasta que nuevamente se interrumpe en su parte más sur por un pequeño paso que permite el acceso de pequeñas embarcaciones. Esta última parte del arrecife desde hace más de 8 años se encontraba ya en muy mal estado. Sin embargo, siguiendo el recorrido del arrecife en dirección norte, hacia su zona central, este comienza a mejorar, para finalmente volver a decaer hacia su sector más norte como consecuencia del efecto negativo directo del anclaje y de la resuspensión de sedimentos que este proceso acarrea. Tomando en consideración esta heterogeneidad, para el año 1995, previo al evento, se evaluó la estructura de la comunidad en dos sectores del arrecife de Playa Mero (zona central y zona norte). Asimismo, se realizaron evaluaciones anuales desde el año 1996 hasta 1999. Se realizó un análisis de Concordancia de Kendall (Siegel, 1976), con la finalidad de comparar los promedios de cobertura de las categorías bentónicas para los diferentes años evaluados. De igual forma se aplicó la prueba

de U de Mann-Whitney (Siegel, 1976) para comparar los promedios de cobertura de la especie de coral dominante en el área, *M. annularis*, y de coral muerto entre los dos años más contrastantes (1995 y 1997). A partir de este análisis se obtuvieron los histogramas categorizados para *M. annularis* y coral muerto, en los cuales se cuantifica el número de observaciones correspondientes a los distintos intervalos de cobertura (0-10, 10-20, 20-30, 30-40,...90-100).

## RESULTADOS

Estructura de la comunidad arrecifal previo al EMM: Estudios realizados por

González (1995) y Villamizar *et al.* (1996) permitieron obtener la composición de especies de corales del área de estudio previo al evento de mortalidad del año 1996 (Cuadro 1). Se hallaron un total de 26 especies de corales pétreos, representantes de 10 familias y 2 especies de hidrozoos de la familia Milleporidae. Por su parte, Narváez (1995) y Narváez *et al.* (1995) evaluaron la composición de especies de la comunidad de algas del arrecife de Playa Mero, reportando 33 especies, agrupadas en 18 familias, correspondiendo la mayor diversidad de especies a la Clase Rhodophyceae.

Villamizar *et al.* (1996) cuantificaron la diferencia en la estructura de la comunidad

CUADRO 1

*Especies de corales pétreos presentes en el Arrecife de Playa Mero en el Parque Nacional Morrocoy para 1995, año previo al evento de mortalidad masiva.*

TABLE 1

*Coral species from Playa Mero Reef, Morrocoy National Park for 1995, before the mass mortality event of January 1996.*

Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Especie	
Hydrozoa		Hydroida		Milleporidae	<i>Millepora alcicornis</i>	
					<i>Millepora complanata</i>	
Anthozoa	Hexacorallia	Scleractinia	Astrocoeniina	Astrocoeniidae	<i>Stephanocoenia intersepta</i>	
				Pocilloporidae	<i>Madracis decactis</i>	
					<i>Madracis mirabilis</i>	
				Acroporidae	<i>Acropora palmata</i>	
					<i>Acropora cervicornis</i>	
				Fungiina	Agaricidae	<i>Agaricia grahamae</i>
						<i>Agaricia agaricites</i>
						<i>Agaricia lamarcki</i>
			Siderastreidae		<i>Siderastrea siderea</i>	
			Faviina	Faviidae	Poritidae	<i>Siderastrea radians</i>
						<i>Porites porites</i>
					<i>Porites astreoides</i>	
					<i>Porites furcata</i>	
					<i>Diploria clivosa</i>	
					<i>Diploria strigosa</i>	
					<i>Diploria labyrinthiformis</i>	
<i>Colpophyllia natans</i>						
Mussidae	<i>Solenastrea</i> sp.					
	<i>Montastraea annularis</i>					
	<i>Montastraea cavernosa</i>					
	<i>Mussa angulosa</i>					
	<i>Scolymia wellsi</i>					
	<i>Scolymia lacera</i>					
Caryophylliina	Caryophylliidae		<i>Mycetophyllia</i> sp.			
			<i>Eusmilia fastigiata</i>			
Dendrophylliina	Dendrophylliidae		<i>Tubastrea aurea</i>			

arrecifal entre dos sectores del mismo, en la zona central protegida de la influencia de embarcaciones (arrecife protegido) y en la zona más septentrional, colindante al canal de navegación, sector del arrecife sometido a una perturbación continua. En el Cuadro 2 se muestra el valor de cobertura lineal (% cobertura/m) para estas dos zonas, correspondientes a las categorías bentónicas o de sustrato que presentaron un porcentaje de frecuencia de aparición mayor o igual al 1%.

Tomando en consideración el objetivo del presente trabajo y con base en los resultados anteriores se seleccionó el sector del arrecife denominado "protegido" para hacer las comparaciones de la estructura comunitaria antes y después del EMM, ya que la cobertura de coral muerto en el sector del canal antes del evento era demasiado elevada (54.35%). Así, durante 1995 se estimó la estructura de la comunidad coralina con los resultados provenientes de 74 cuadrículas de 1 m<sup>2</sup>. Tal como se muestra en el Cuadro 3, este arrecife no se encontraba en excelentes condiciones, presentando un valor de cobertura de coral

vivo/m<sup>2</sup> (36.56%) solo levemente superior al valor estimado de cobertura de coral muerto (31.69%). Por otra parte, si consideramos solo la cobertura de las especies coralinas, encontramos que el 90.86% de la cobertura de coral vivo se encontraba representada básicamente por cuatro (4) especies, *M. annularis* con 51.36%, *Colpophyllia natans* con 18.22%, *Agaricia agaricites* con 11.58% y *Porites porites* con 9,70%.

Posteriori al EMM: Se ha estimado que el factor desconocido que impactó las comunidades marinas del Parque Nacional Morrocoy, en particular, a los organismos bentónicos sésiles, tales como los corales, esponjas, gorgonios, etc. actuó entre los días 18 y 22 de enero de 1996. Esta estimación está basada en observaciones realizadas por pobladores de la zona, quienes reportaron para esos días la aparición de numerosos peces e invertebrados marinos muertos en las playas de algunos cayos del Parque, así como la presencia de manchas rojizas y parduzcas en el agua. El efecto destructivo del factor desconocido fue muy violento. No se sabe exactamente si se trató de pocos días o inclusive de horas, ya que las primeras observaciones y evaluaciones cuantitativas de la comunidad científica se realizaron al menos 5 días después de que actuó el tensor

CUADRO 2

Cobertura lineal relativa (%) de las categorías bentónicas en dos zonas del arrecife coralino de Playa Mero en el Parque Nacional Morrocoy en 1995.

TABLE 2

Relative linear cover (%) of benthic categories for two zones of Playa Mero Reef, Morrocoy National Park for 1995.

Categoría	Zona del canal (%)	Zona protegida (%)
Coral muerto	54.35	12.25
Arena	19.87	22.78
<i>M. annularis</i>	12.99	14.81
Gorgonios	3.20	21.98
<i>D. strigosa</i>	2.30	3.34
<i>Callyspongia vaginalis</i>	2.21	—
<i>C. natans</i>	1.53	6.14
<i>A. agaricites</i>	1.14	4.69
<i>P. astreoides</i>	0.65	0.24
<i>Aplysina archeri</i>	0.30	—
<i>S. radians</i>	0.27	0.43
<i>P. porites</i>	—	9.53
<i>S. siderea</i>	—	1.00
Zoántidos	—	0.79
Otras esponjas	—	0.72

CUADRO 3

Cobertura por área (%) de las categorías bentónicas en el arrecife de Playa Mero en el Parque Nacional Morrocoy, en 1995. Se agruparon las especies coralinas en la categoría coral vivo.

TABLE 3

Relative Area cover (%) of benthic categories at two zones of Playa Mero Reef, Morrocoy National Park for 1995. Several coral species placed together under the live coral category.

Categoría de sustrato	Cobertura relativa (%)
Coral vivo	36.56
Coral muerto	31.69
Gorgonios	14.81
Arena	13.21
<i>Millepora</i> sp.	1.59
Esponjas	1.52
Zoántidos	0.59

(26/01/96), al momento de recibir la notificación del evento. Para esa fecha el arrecife se encontraba altamente perturbado, con serias evidencias de deterioro. Se observó en casi la totalidad de las colonias coralinas, así como en distintas especies de esponjas, una capa o cubierta blanquecina no mucilaginoso recubriendo sus superficies, que al ser desalojada mostraba las colonias coralinas casi sin coloración y con el esqueleto de carbonato cálcico intacto, así como el esqueleto de fibras de esponjina de algunas esponjas tubulares. Durante los días de muestreo también se encontraron ejemplares muertos de los gastrópodos *Voluta mussica*, *Cypraea* sp., algunos individuos de *Hermodices carunculata*, y de *Aulostomus maculatus*.

Aproximadamente a 15 días del evento (02/02/96), se realizó una nueva evaluación de la comunidad arrecifal, encontrándose que únicamente permanecían vivas colonias de muy pocas especies de coral, el hidrozooario *Millepora alcicornis* aunque en muy baja proporción, y que la cobertura de las esponjas y zoántidos era muy baja (<1%), mientras que la de gorgonios resultó superior a cualquiera de las coberturas estimadas para los pocos corales sobrevivientes. En el Cuadro 4 se presentan los valores obtenidos.

Por su parte, la cobertura de coral muerto alcanzó un valor de 58.98%, la categoría denominada coral muerto con algas de 4.75% y la de arena de 21.01%. Fue evidente en la localidad la muerte reciente de colonias de las especies de coral *M. annularis*, *C. natans*, *A. agaricites*, y *D. strigosa*, las cuales mostraban los esqueletos de carbonato cálcico intactos, aunque ya se encontraban sobrecrecidos por algas filamentosas.

A un mes del evento (26/02/96) la cobertura de algas sobre las colonias coralinas muertas había aumentado y aún algunas se encontraban recubiertas parcialmente de la capa o película blanquecina, que ahora presentaba una consistencia mucilaginoso.

Aunque no se estudió la comunidad de algas luego del evento de mortalidad masiva, se observó durante los primeros 15 días luego

CUADRO 4

Cobertura por área de los taxa bentónicos presentes en el arrecife de Playa Mero 15 días después del evento de mortalidad masiva en enero de 1996, en el Parque Nacional Morrocoy.

TABLE 4

Area cover of benthic taxa at Playa Mero Reef (Morrocoy National Park) 15 days after the massive mortality event of January 1996.

Taxa	Cobertura/area (%)
Gorgonios	7.63
<i>Siderastrea siderea</i>	2.16
<i>Millepora alcicornis</i>	1.87
Zoántidos	0.86
<i>Siderastrea radians</i>	0.72
Esponjas	0.72
<i>Madracis</i> sp.	0.43

del suceso, abundancia de cianobacterias del género *Lyngbia* sobre el fondo y al mes una gran cobertura de especies del género *Dyctiota*, en particular *D. divaricata* y *D. lineare*, que de acuerdo a Soler (com. pers.) corresponden a especies representantes de estados sucesionales intermedios de las comunidades de algas.

Para mediados del mes de abril (tres meses después del evento) todas las colonias coralinas muertas se encontraban sobrecrecidas por algas y aproximadamente solo un 5% de cobertura de coral vivo fue observada en el arrecife. (Cuadro 5).

Las especies de corales que contribuyeron

CUADRO 5

Cobertura por área (%) de las categorías bentónicas observadas en el arrecife de Playa Mero, a tres meses de haber ocurrido el evento de mortalidad masivo en el Parque Nacional Morrocoy.

TABLE 5

Area cover (%) of benthic categories in Playa Mero Reef, three months after the massive mortality event of 1996, Morrocoy National Park.

Categoría	Cobertura relativa (%)
Coral muerto con algas	81.89
Arena	8.40
Coral vivo	4.84
<i>Briareum asbestinum</i>	4.34
Esponjas	0.53

con la poca cobertura de coral vivo encontrada se muestran en el Cuadro 6.

Se realizó una última visita durante el año 1996 en octubre. Fue evidente la dominancia en el arrecife de *Briareum asbestinum* y *Palythoa caribaeorum* las cuales se encontraban sobrecreciendo exitosamente sobre los domos de las colonias coralinas muertas, o directamente sobre el sustrato rocoso en el

CUADRO 6

Cobertura por área de las especies de coral observadas en el arrecife de Playa Mero, a tres meses de haber ocurrido el evento de mortalidad masivo en el Parque Nacional Morrocoy

TABLE 6

Area cover for coral species at Playa Mero Reef, three months after the massive mortality event of 1996, Morrocoy National Park.

Especie	Cobertura relativa (%)
<i>Porites porites</i>	1.40
<i>Montastraea annularis</i>	1.07
<i>Madracis</i> sp.	0.96
<i>Porites asteroides</i>	0.75
<i>Siderastrea siderea</i>	0.64

fondo del arrecife. Se observaron igualmente, algunas colonias de *M. alcicornis* y *M. complanata* y únicamente colonias de las especies de coral *P. porites* y *S. siderea*.

Posteriormente se realizó al menos una evaluación anual del arrecife de Playa Mero hasta el año 1999 (Fig. 1), período durante el cual se hicieron además algunas visitas ocasionales a otras localidades del Parque, entre estos Boca Seca, Boca Grande, Playa Azul, Cayo Sombrero, encontrándose que en todas estas, excepto en Cayo Sombrero, la comunidad arrecifal se encontraba en muy malas condiciones, encontrándose para todos los casos coberturas de coral vivo inferiores al 5%.

Comparación de la cobertura de las distintas categorías bentónicas durante el período 1995-1999. Análisis de Concordancia de Kendall: En la Fig. 1 se representa mediante un histograma la cobertura promedio de las distintas especies de organismos y categorías

de sustrato para el año 1995 (previo al evento de mortalidad masivo), y anualmente hasta 1999.

Es evidente la diferencia en el valor estimado de cobertura de coral muerto para los distintos años, en particular resalta el menor valor obtenido para el año 1995 y su incremento marcado desde 1996 hasta 1997, para posteriormente comenzar a decrecer en forma

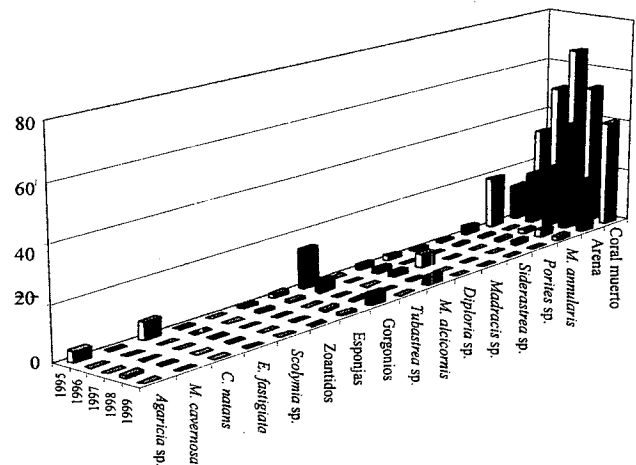


Fig. 1. Distribuciones anuales de las coberturas promedio de las distintas categorías bentónicas consideradas. Fig. 1. Annual distribution of mean coral cover from the benthic categories.

más gradual para 1998 y 1999. Es notable también la pérdida de cobertura de la especie *M. annularis*, cuyo valor estimado para 1995 fue de 19.28%, cayendo bruscamente casi hasta 0 en 1996 y alcanzando valores inferiores al 3% en los años subsiguientes. Por otra parte, la especie *C. natans* solo fue observada viva para el año 1995, con un valor promedio estimado de 6.45%, en los años posteriores al evento no se observaron colonias vivas. No se encontraron diferencias significativas entre las 5 distribuciones de promedios comparadas, señalando de esta manera concordancia entre los valores promedios de cobertura entre los 5 años considerados. Sin embargo, al hacer el mismo análisis únicamente con las distribuciones más contrastantes, esto es, las de 1995 y 1997, el resultado fue diferente, encontrándose en este caso la falta de concordancia entre ambas distribuciones (Kendall,  $p < 0.13$ ). Con base en el resultado anterior, en la Fig. 2 se representan con histogramas los

porcentajes promedios de las categorías coral muerto, coral vivo (juntando la cobertura de todas las especies de corales), otros organismos (gorgonios, esponjas, zoántidos) y arena.

Como se observa, las coberturas de coral vivo y de otros organismos resultaron significativamente superiores en el año 1995, en comparación con las estimadas para el año

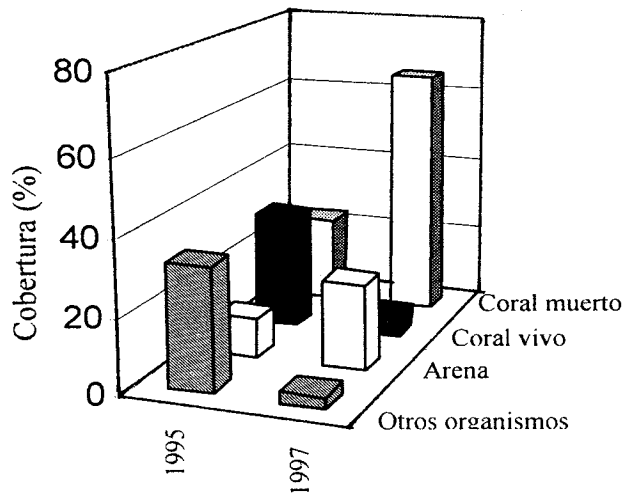


Fig. 2. Histogramas porcentuales de la cobertura promedio de las categorías bentónicas coral muerto, coral vivo (uniendo la cobertura de todas las especies de corales), otros organismos (gorgonios, esponjas, zoántidos) y arena.

Fig. 2. Percentual histograms of mean cover for the benthic categories: dead coral, live coral (several coral species), other organisms (gorgonians, sponges, zoanths) and sand.

1997. Por el contrario las categorías coral muerto y arena en el año 1997, resultaron superiores a las obtenidas para el año 1995, tal como era de esperarse. Con el fin de determinar la significancia estadística de estas observaciones se realizó la prueba de U de Mann Whitney para comparar los valores promedios de cobertura de las categorías coral muerto y de *M. annularis* entre los años 1995 y 1997. Ambas pruebas arrojaron diferencias significativas entre los promedios comparados, tanto de coral muerto como de la especie *M. annularis*. Finalmente se construyeron los correspondientes histogramas categorizados (Fig. 3). Los resultados más resaltantes de este análisis fueron los siguientes:

Con relación a la cobertura de *M. annularis*. La distribución obtenida para el año 1995 corresponde a una exponencial negativa, en la cual la mayoría de las observaciones señalan coberturas de la especie entre 0 y 10%, y entre 10 y 20%. También un grupo de observaciones indicaron coberturas en el resto de los intervalos considerados (>20%). Sin embargo, tal como el gráfico lo muestra, en el año 1997, la situación es totalmente diferente, únicamente se observaron cuadrículas con valores de cobertura de *M. annularis* menores al 10%.

Con respecto a la cobertura de coral muerto, la situación es la opuesta. En el año 1997 un mayor número de cuadrículas presentó coberturas de coral muerto superiores al 60%.

Relación entre el efecto letal del tensor y la profundidad: Con la finalidad de determinar posibles diferencias en el efecto letal del tensor sobre los organismos arrecifales para las distintas profundidades, se graficaron los valores de cobertura, de las mismas cate-

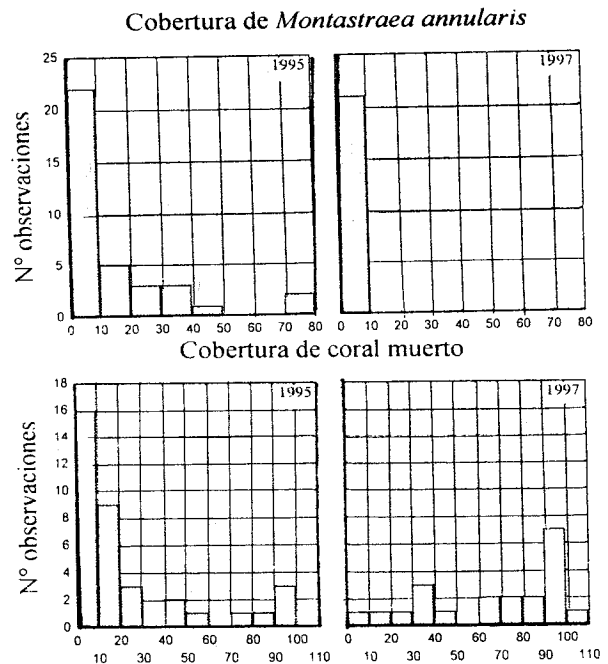


Fig. 3. Histogramas categorizados de las categorías bentónicas: *Montastraea annularis* y Coral muerto, para los años 1995 (previo al evento de mortalidad masivo de 1996) y 1997.

Fig. 3. Categorized histograms of benthic categories *Montastraea annularis* and dead coral, for 1995 (before mortality event in 1996) and 1997.

gorías consideradas en la Fig. 2, pero ahora a lo largo de todo el gradiente de profundidad para los dos años considerados (1995 y 1997, Fig. 4).

En primer lugar es clara la diferencia existente en la cobertura de coral vivo entre ambos años, en 1995 a excepción de dos o tres niveles, a todas las profundidades se encontró coral vivo, a pesar de representar

organismos era casi nula, con solo una leve representación para los 14 y 16 m de profundidad. Por su parte el incremento en la cobertura de coral muerto para 1997 fue muy alto, en particular a partir de los 5 metros de profundidad, alcanzando valores cercanos a un 90%. Finalmente, la gráfica pareciera indicar también un incremento en la cobertura de arena, aunque el mismo estaría limitado a

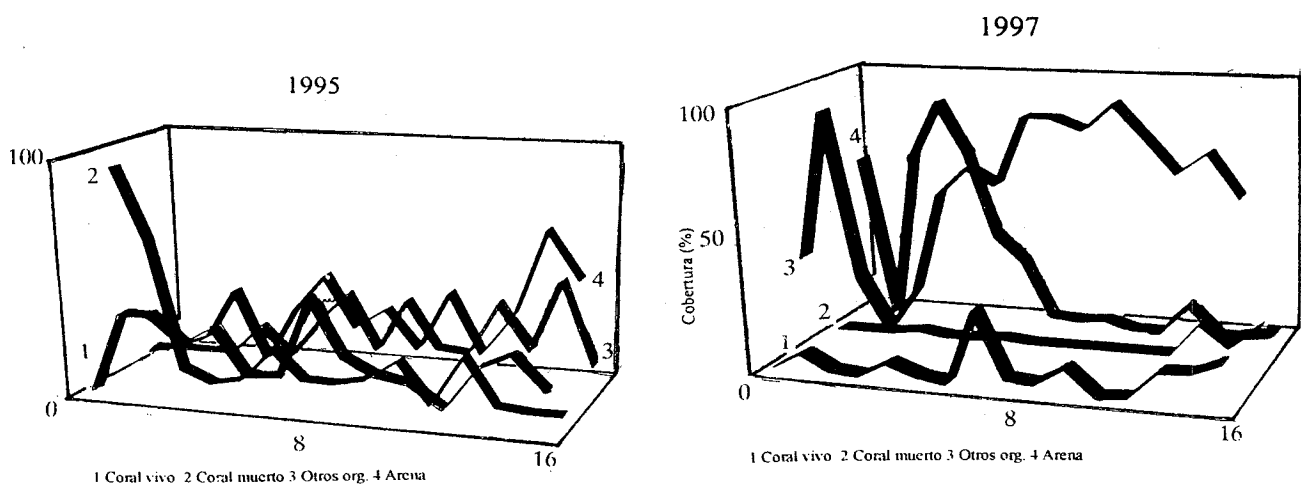


Fig. 4. Variaciones en la cobertura de las distintas categorías bentónicas a lo largo del gradiente de profundidad: A. Para el año 1995, previo al evento de mortalidad masivo, y B. Para el año 1997, después del evento.  
Fig. 4. Cover variations of different benthic categories along depth gradient: A. For 1995, before masive mortality event, and B. for 1997, after the event.

valores de cobertura inferiores al 40%. Sin embargo, para el año 1997 únicamente a 8 metros de profundidad se estimó un valor de cobertura de coral vivo levemente alto, y en las zonas más profundas (>14 m) también se hallaron colonias parcialmente vivas, pero con un valor bastante pequeño de cobertura; en el resto de las profundidades la misma resultó nula o casi nula. Con relación a la presencia de otros organismos vivos a lo largo del perfil de profundidad la disminución en la cobertura de los mismos luego de la perturbación fue contundente. Para 1995 organismos como las esponjas, gorgonios, zoántidos, hidrozooos, etc. se hallaban presentes a lo largo de todo el gradiente de profundidad, alcanzando sus máximos valores de cobertura en el extremo más profundo del arrecife (>14 m prof.). Ya para 1997 la cobertura de estos

profundidades inferiores a los 9 m.

Estado actual de la comunidad arrecifal de Playa Mero: A pesar de que ya han pasado más de 3 años, la comunidad arrecifal de Playa Mero, así como la de otras localidades del parque, muestra condiciones de deterioro severo, estando representado el 85% de la cobertura total por las categorías coral muerto, coral muerto colonizado por algas y arena. Sin embargo, pudo observarse la presencia, aunque en muy baja cobertura, de algunas especies de corales y esponjas que caracterizaban con anterioridad esta zona. En la Fig. 5, se representan mediante histogramas la cobertura de las distintas categorías observadas para el mes de junio de 1999, en dos sectores del arrecife de Playa Mero. Únicamente las especies *M. annularis* y *M. franksi* presentaron valores de cobertura



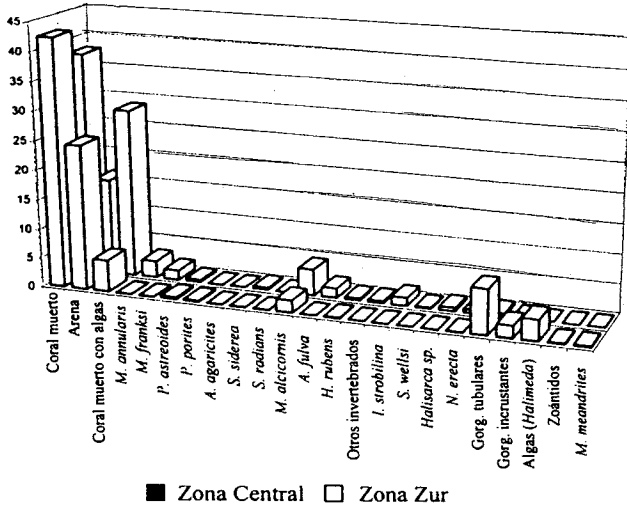


Fig. 5. Cobertura de las categorías bentónicas observadas durante la evaluación de 1999.

Fig. 5. Benthic categories cover estimated in the 1999 evaluation.

superiores al 1%. Asimismo resaltan los valores de cobertura levemente superior de los gorgonios tubulares, gorgonios incrustantes y de *Millepora* spp. Se registraron en esta oportunidad un total de 9 especies de corales pétreos, muchos de los cuales solo estaban representados por nuevos reclutas, lo que explica su poca cobertura.

### DISCUSIÓN

Los arrecifes coralinos del Parque Nacional Morrocoy en la actualidad se consideran ambientes altamente perturbados, formando parte de la categoría de arrecifes en alto riesgo. Bryant *et al.* (1998), clasificaron a los arrecifes de la zona como de riesgo intermedio, sin embargo, luego del evento de mortalidad masivo ocurrido en enero de 1996, el nivel de daño alcanzado justifica la inclusión de los arrecifes del área en la categoría de alto riesgo. Las posibilidades de recuperación natural de los mismos son muy limitadas, ya que estas comunidades coralinas se ven sometidas constantemente a una alta descarga de sedimentos, originada principalmente por el desmedido y poco controlado

desarrollo costero, como respuesta a una elevada demanda turística a lo largo de toda la línea de costa de la región. Por otra parte, durante la temporada de lluvias un gran volumen de agua dulce y una pesada carga de sedimentos, nutrientes y materia orgánica (troncos, restos de propágulos de mangles, hojas, etc.), desemboca en el parque marino a través de los ríos Tocuyo, Aroa y Yaracuy y de las industrias y centros poblados de la región. Bone *et al.* (1993) destacaron la importancia de la descarga de sedimentos que llega a las comunidades coralinas del Parque a través de estos 3 sistemas riverinos.

Durante el presente trabajo se llegaron a medir salinidades entre 11 y 15 ‰ en la capa de agua superficial de la localidad de estudio, esto a pesar de encontrarse en la región más externa del parque, que tiene conexión con la región oceánica con condiciones de oleaje moderado, lo que indica la influencia negativa que pueden tener los afluentes riverinos sobre las comunidades marinas presentes. No se puede dejar de considerar el efecto negativo que han tenido los recurrentes eventos de blanqueamiento que se presentan a intervalos de tiempo cada vez menores (cada 3 - 4 años) en las zonas tropicales y subtropicales y que afectan las comunidades de arrecifes coralinos (Williams & Williams 1990, Glynn 1993). Durante los meses de septiembre y octubre de 1995 pudimos observar la ocurrencia de un evento de blanqueamiento que afectó la gran mayoría de los corales pétreos de Morrocoy, sin embargo para finales de diciembre la mayor parte de las colonias afectadas ya habían comenzado a recuperar su color (zooxantelas) y el arrecife se encontraba en recuperación aunque probablemente las especies presentaban una mayor sensibilidad a posibles condiciones ambientales negativas como las que se presentaron en enero de 1996.

Con relación a la riqueza de especies de corales de la localidad de estudio y de otras zonas del parque, la misma ha disminuído notablemente a partir de 1996. Almeida (1976) reportó 25 especies, las cuales observó

en 7 estaciones de muestreo del parque; Pauls (1995) a partir de observaciones realizadas en numerosas localidades del parque, señala un total de 45 especies de corales pétreos. En la actualidad solamente se observan con una frecuencia intermedia, colonias de muy pocas especies, solo 9 (Fig. 6), las cuales sobrevivieron al evento de mortalidad masivo o que constituyen nuevos reclutas de los géneros *Siderastrea*, *Porites*, *Agaricia*, y *Madracis*; es posible encontrar también partes vivas y en crecimiento de algunas colonias de *Montastraea*. El resultado anterior concuerda con lo señalado por Bak y Engel (1979) y Hughes (1985), quienes resaltan el hecho de que del 50 al 90% de los reclutas de corales en estos sistemas son típicamente de las familias Agaricidae y Poritidae. Asimismo, tal como lo señalan Guzmán *et al.* (1991) en su estudio sobre las consecuencias ecológicas que tuvo el gran derrame de petróleo ocurrido en Bahía de Minas en Panamá, el impacto que sufren las diferentes especies de coral es variable, como consecuencia de una sensibilidad diferencial de las mismas. El tipo de reproducción es uno de los factores que podría explicar el mantenimiento de estas especies en un ambiente tan perturbado como el área de estudio del presente trabajo. Así, *S. radians* es una especie bisexual vivípara, *P. astreoides* y *A. agaricites* son hermafroditas vivíparas (probablemente también *Madracis*) y *M. annularis* ha sido reconocida como hermafrodita con liberación de gametos (Sorokin 1995). Todas estas estrategias reproductivas resultan ventajosas en un marco ambiental tan poco propicio para el reclutamiento y crecimiento de corales.

Luego de la perturbación ocurrida en enero de 1996, la cobertura coralina estimada para el arrecife de Playa Mero fue muy baja, no superando el 5% de la cobertura de todas las categorías bentónicas consideradas. Al transcurrir el tiempo, las pocas colonias coralinas sobrevivientes disminuyeron cada vez más su cobertura y en el arrecife dominaron, en primer lugar, las macroalgas, principalmente del grupo de las feofitas

(*Dyctiota*) y únicamente octocorales incrustantes como *Briareum* y zoántidos como *Palythoa*, eran los organismos bentónicos que predominaban en el sistema hasta mediados de 1999. Se sabe que en poblaciones de las especies *Zoanthus sociatus* y *P. caribaeorum* se presentan simultáneamente colonias con pólipos hermafroditas y con pólipos de ambos sexos, y también colonias con pólipos únicamente monosexuales; estas características aunado a la resistencia reportada por Haywick y Mueller (1997) sobre *Zoanthus*, de sobrevivir a grandes descargas de sedimentos a través de la secreción de grandes cantidades de mucus y a la incorporación del sedimento, y a la alta capacidad competitiva de *Palythoa* y *Zoanthus* (Bastidas y Bone 1996) figuran entre algunos de los factores que explican el éxito de estas especies en este ambiente altamente impactado. Rodríguez y Villamizar (en prensa) estimaron una población de peces herbívoros de 75.4% para el año 1997, a consecuencia de una muy elevada disponibilidad del recurso algas, lo que probablemente propicia una mayor densidad de organismos herbívoros en la localidad. Se debe señalar también que algunos ejemplares del erizo *Diadema antillarum* han sido observados en la localidad de estudio, especie que a mediano plazo pudiera ser, entre otros organismos herbívoros, un agente controlador de la biomasa de la comunidad de algas en este arrecife.

Definitivamente, la acción sinérgica de tensores ambientales (antropogénicos o naturales) de diversas índoles por más de tres décadas en el sector marino del Parque Nacional Morrocoy, ya habían conducido a los arrecifes coralinos del mismo a una condición intermedia de deterioro. No obstante, aún se mantenían en estos arrecifes el conjunto de especies bentónicas (corales pétreos, esponjas, octocorales, anémonas, zoántidos) características de un ambiente arrecifal costero de la región caribeña. Sin embargo, a partir de mediados de enero del año 1996, la condición del 98% de las comunidades arrecifales de la zona se encuentran en estado críti-

co, los efectos causados por el tensor ambiental, aún desconocido, que produjo la mortalidad masiva aquí referida, cambió en forma violenta la composición y estructura de tales comunidades arrecifales. La proliferación de algas y el incremento de su cobertura luego del evento de mortalidad es sin lugar a dudas, un factor negativo que impide la recuperación de los corales (Liddell y Ohlhorst 1986, Cortés 1993), al competir de manera eficiente por el sustrato libre, disminuyendo así la posibilidad del establecimiento de las larvas de coral y sofocando los pólipos de colonias parcialmente dañadas. Otro factor en contra de la recuperación de estos arrecifes, en particular del arrecife de Playa Mero, es la ausencia de suficientes colonias sanas que pudieran generar el pool de gametos y/o larvas necesarios. Tampoco la reproducción asexual pareciera ser un mecanismo factible y efectivo en el arrecife, ya que la cobertura de coral vivo es excesivamente baja (<5%). Finalmente las condiciones climáticas en los últimos cinco años se han presentado en una forma más severa. En la población de Tucacas, situada al este del parque, el promedio de precipitación anual es de 1 213 mm. La precipitación en 1995 fue de 1 907 mm, y en 1996 de 1 713, valores que superan hasta en un 55%, los promedios regulares de precipitación para la zona. Esto ha producido bajas de salinidad intensas que han causado grandes mortandades de la flora y fauna de las raíces de *Rhizophora mangle* de las comunidades de manglares costeros, así como el desprendimiento de una gran biomasa de *Thalassia testudinum* de praderas contiguas al margen costero del parque. Pérez y Galindo (1999) reportaron una disminución de la biomasa promedio de hojas verdes durante los meses de enero y febrero de 1997, llegando a representar solo el 5% de la registrada para el mes de septiembre del año 1996. El gran volumen de agua que desemboca en el sector marino del parque en las épocas de máximos de pluviosidad (octubre-diciembre) y la carga de sedimentos, nutrientes, y materia orgánica que este caudal transporta, crean condiciones

ambientales poco apropiadas en el parque para el reclutamiento y crecimiento de corales y de otras especies bentónicas características de las comunidades de arrecifes coralinos.

## AGRADECIMIENTOS

A mis estudiantes Alicia González, José Gregorio Rodríguez, Aldo Cróquer, y Paola Mondaca, invaluable compañeros de trabajo de campo quienes contribuyeron en algunas de las evaluaciones realizadas. A José Renato Nóbrega por su asesoría en los análisis estadísticos realizados y especialmente a Bladimir Rodríguez por su desinteresada y valiosa ayuda sobre diferentes aspectos de este trabajo.

## RESUMEN

El Parque Nacional Morrocoy ha sido considerado como el sistema de arrecifes coralinos continentales más importante de Venezuela. Sin embargo, en enero de 1996 un factor ambiental, de naturaleza aún no precisada, produjo una mortalidad masiva de organismos bentónicos, la cual se propagó en una amplia escala espacial dentro del parque. De 1995 a 1999 se muestreo mediante transección lineal y cuadrículas. El arrecife presentaba ya cierto grado de deterioro en 1995 y empeoró con el fenómeno, que afectó los organismos bentónicos a todas las profundidades y en la mayor parte de los arrecifes del parque. Luego de transcurridos tres años, la comunidad arrecifal aún muestra condiciones de deterioro severo, con 85% de la cobertura total representado por las categorías coral muerto, coral muerto cubierto por algas y arena. De la riqueza de especies de corales pétreos inicial para la zona (26), únicamente nueve fueron observadas, aunque en coberturas muy bajas (<1%), a excepción de *M. annularis* y *M. franksi*, las cuales presentaron porcentajes levemente superiores.

## REFERENCIAS

- Almeida, P. 1976. Biología y Ecología de los arrecifes coralinos de Tucacas-Cayo Sombrero, Estado Falcón - Venezuela. Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat. 32: 43 - 70.
- Anónimo. 1978. Parques Nacionales y Monumentos Naturales de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas, 192 p.
- Bak, R.P.M. & M.S. Engel. 1979. Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. Mar. Biol. 54: 341-352.
- Bastidas, C. & D. Bone. 1996. Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus* (Cnidaria: Anthozoa) at a reef flat environment in Venezuela. Bull. Mar. Sci. 59: 543-555.
- Bone D., F. J. Losada & E. Weil. 1993. Origin of sedimentation and its effect on the coral communities of a Venezuelan National Park. Ecotrópicos 6: 10 - 21.
- Bryant D., L. Burke, J. McManus y M. Spalding. 1998. Reefs at Risk. A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs. World Resources Institute Report, New York, 56 p.
- Cortés, J. 1993. A reef under siltation stress: a decade of degradation. Proc. of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History. University of Miami, RSMAS, Miami: 240 - 246.
- Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral Reefs 12: 1-17.
- González, A. 1995. Peces depredadores de corales pétreos en un arrecife coralino del Parque Nacional Morrocoy, Edo. Falcón. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Guzmán, H., J.B.C. Jackson & E. Weil. 1991. Short-term ecological consequences of a major oil spill on Panamanian subtidal reef corals. Coral Reefs 10: 1-12.
- Haywick, D.W. & E.M. Mueller. 1997. Sediment retention in encrusting *Palythoa* spp. abiological twist to a geological process. Coral Reefs 16: 39-46.
- Hughes, T. P. 1985. Life histories and population dynamics of early successional corals. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp. 4: 101-106.
- Liddell, W.D. & S.L. Ohlhorst. 1986. Changes in benthic community composition following the mass mortality of *Diadema* at Jamaica. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 95: 2271-278.
- Losada, F. J. 1988. Report on Coelenterate bleaching in the Southern Caribbean, Venezuela. 38 - 41. In: Ogden, J. & R. Wicklund (eds.), Mass Bleaching of Coral Reefs in the Caribbean: a research strategy. National Undersea Research Program RReport, 88-2.
- Narváez, A. 1995. Ecología de comunidades de algas que se establecen sobre sustratos artificiales en un arrecife coralino del Parque Nacional Morrocoy. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Narváez, A., E. Villamizar & S. Gómez. 1995. Ecología de Comunidades de Algas que se establecen sobre sustratos artificiales en un arrecife coralino. Libro de Resúmenes del III Congreso Latinoamericano de Ecología, Mérida, Venezuela. p., 11-9.
- Pauls, S. 1995. Inventario de fauna (Porifera, Cnidaria y Echinodermata) y caracterización de comunidades marinas de algunos cayos del Parque Nacional Morrocoy. En: Klein, E & D. Bone (eds.). Ecosistema Morrocoy: estado actual de la investigación y perspectivas futuras. INTECMAR, Universidad Simón Bolívar, pp: 34-35.
- Pérez, D. & L. Galindo. 1999. Cambios de densidad, biomasa y productividad foliar de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Parque Nacional Morrocoy por efecto de perturbaciones de origen natural. V. Vigésima Novena Reunión Asociación de Laboratorios Marinos del Caribe (AMLC), Cumaná, Venezuela, p: 128.
- Rodríguez, J.G. & E. Villamizar (en prensa). Estructura de la comunidad de peces arrecifales de Playa Mero, Parque Nacional Morrocoy, Estado Falcón. Rev. Biol. Trop.
- Siegel, S. 1976. Estadística no paramétrica aplicadas a las ciencias de la conducta. Editorial Trilla, Méjico. 346 p.
- Sorokin, Y.I. 1995. Coral Reef Ecology. Ecological Studies, Vol. 102, Springer-Verlag, Berlin, 465 p.
- Villamizar, E., A. González, B. Rodríguez & J. Navarro. 1996. Impacto causado por el proceso de anclaje sobre la estructura comunitaria de un arrecife coralino del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. 8vo Simposio Internacional sobre Arrecifes de Coral, Panamá, p: 203.
- Weinberg, S. 1981. A comparison of Coral Reef Survey Methods. Bijdr. tot de Dierk., 51: 1199 - 218.
- Weiss, M.P. & D.A. Goddard. 1977. Man's impact on coastal reefs: an example from Venezuela. En: S.H. Forst, M.P. Weiss & J.B. Saunders (eds.). Reefs and related carbonates: Ecology and Sedimentation. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, pp: 11-124.
- Williams, E. H. Jr. & L. Bunkley-Williams. 1990. The world-wide coral reef bleaching cycle and related sources of coral mortality. Atoll Research Bulletin, N° 335: 1-71.