

## ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *ACROPORA PALMATA* (SCLERACTINIA: ACROPORIDAE) EN EL PARQUE NACIONAL SAN ESTEBAN, VENEZUELA

KIMBERLY MARTÍNEZ\* & JOSÉ GREGORIO RODRÍGUEZ-QUINTAL

*Laboratorio de Biología Marino Costera (BioMaC-UC), Departamento de Biología,  
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.*

\*kimberlym2004@hotmail.com

**RESUMEN.** La especie de coral *Acropora palmata* ha experimentado un importante declive a lo largo del Caribe desde los años 80, resultando en una severa reducción poblacional debido a la combinación de distintos factores tales como enfermedades, depredación y anclajes por botes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estructura poblacional y el estado de salud de la especie *A. palmata* dentro del Parque Nacional San Esteban (PNSE), Venezuela. Las colonias de *A. palmata* fueron identificadas en dos islas del PNSE (Isla Larga y Alcatraz), en donde cada colonia fue evaluada en dos tiempos diferentes: el muestreo inicial en el 2009 y el estudio de monitoreo en el 2010. Las colonias fueron clasificadas (reclutas, juveniles, adultos y fragmentos), medidas (diámetro y altura) y su condición de salud (mortalidad parcial, blanqueamiento y enfermedades) fue estimada al igual que la tasa de crecimiento anual. Las evaluaciones realizadas demostraron que las poblaciones de *A. palmata* están siendo dominadas por colonias de tallas medianas y pequeñas; los valores de diámetro fueron <51 cm y los valores de altura fueron >14 cm. La mortalidad parcial fue de 6,3% en el 2009 y de 11,5% en el 2010; mientras que el blanqueamiento total y las enfermedades no fueron observadas. Algunos agentes de mortalidad fueron registrados sobre *A. palmata*, tales como la acumulación de sedimento (60,7%) y los territorios de peces damiselas (31,3%), presentando los mayores porcentajes durante el monitoreo del 2010. La tasa de crecimiento anual fue de 7,9 cm/año en Isla Larga y de 8,9 cm/año en Alcatraz. La especie *A. palmata* demostró señales de supervivencia en el PNSE, con la presencia de colonias saludables y tasas de crecimiento que se encontraron dentro del intervalo esperado.

Palabras clave: *Acropora palmata*, blanqueamiento, enfermedades, mortalidad parcial, tasa de Crecimiento.

**ABSTRACT.** Elkhorn coral, *Acropora palmata*, has undergone significant dwindling in the Caribbean since the 1980s through disease, predation, and boating. We studied the populational structure and health of *A. Palmata* in San Esteban National Park, Venezuela, by sampling two islands of the park, Isla Larga and Alcatraz, first in 2009 and in a subsequent follow-up in 2010. The reef colonies were classified as recruits, juveniles, adults, and fragments; measured by diameter and height; and surveyed for growth and disease (partial mortality, bleaching, and illnesses). *A. Palmata* is being overtaken by medium and small size colonies, its diameter and height averaging 51 and 14 cm, respectively. Mortality was 6.3% in 2009 and 11.5% in 2010. No bleaching or diseases were observed. Detriment-causing agents such as sediment accumulation (60.7%) and territorial encroachment by damselfish were observed, a greater percentage of both occurring in 2010. The annual growth rate was 7.9 cm in Isla Larga and 8.9 cm in Alcatraz. *A. palmata* showed resilience in the face of impingement, with the presence of healthy colonies and growth within the expected range.

Keywords: *Acropora palmata*, bleaching, disease, partial mortality, growth rate

### INTRODUCCIÓN

El coral ramificado *Acropora palmata* es una especie de zonas someras que juega un papel importante dentro de las comunidades coralinas, ofreciendo estructura física y biológica para diferentes organismos arrecifales (GARZÓN-FERREIRA *et al.* 2004). Esta especie ha sufrido un amplio declive a lo largo del Caribe, el cual ha sido atribuido a las

enfermedades coralinas, huracanes, depredación por coralívoros, incremento del nivel del nivel del mar y la temperatura, los cuales de manera combinada han sido las principales fuentes de mortalidad en Acropóridos (ARONSON & PRECHT 2002). La mortalidad masiva ocurrida en los años 80 redujo la cobertura de *A. palmata* y abrió espacio en la mayoría de los arrecifes coralinos para el sobrecrecimiento de algas bentónicas, resultando en

cambios importantes para la estructura comunitaria, pérdida de hábitat y biodiversidad (WEIL *et al.* 2002).

Por estas razones, la recuperación de *A. palmata* ha sido limitada durante los últimos años, en donde estructuras arrecifales que solían ser predominantes son ahora parches coralinos con baja densidad de colonias (GERALDES 2002). La principal causa de este declive ha sido atribuida a un evento epizootico causado por la enfermedad de Banda Blanca (EBB), cuya incidencia y transmisión varía entre arrecifes, con algunas regiones reportando pérdidas de cobertura de hasta 95%, mientras que otras zonas han demostrado menor evidencia de mortalidad causada por esta enfermedad (GLADFELTER 1982).

Como resultado, *A. palmata* fue ingresado al U.S. Endangered Species Act (ZUBILLAGA *et al.* 2008), con una distribución actual poco documentada y un estatus poblacional poco conocido. Esta pérdida de corales Acropóridos durante las últimas épocas ha resaltado su importancia en la asociación que tienen estas colonias con algunos invertebrados marinos, sugiriendo que los cambios en el estatus ecológico de esta especie de coral pueden resultar en cambios significativos a la fauna arrecifal asociada (Garzón *et al.* 2004). Sin embargo, un lento proceso de recuperación ha sido reportado en algunas áreas, demostrando la presencia de pequeñas colonias derivadas de reclutamiento sexual, y evidenciando un aparente incremento en el número de corales Acropóridos (MAYOR *et al.* 2006).

En Venezuela, la condición de *A. palmata* ha sido documentada en el Parque Nacional Archipiélago de Los Roques, en donde ZUBILLAGA *et al.* (2005) y ZUBILLAGA *et al.* (2008) demostraron altas densidades de estos corales ramificados, entre 0,04 y 3,22 ind/10m<sup>2</sup>, con la mayoría de las colonias sin daños potenciales. Sin embargo, sólo se han documentado algunos reportes acerca de la presencia de esta especie de coral en el resto de los arrecifes venezolanos (BONE *et al.* 1993, LABOY-NIEVES *et al.* 2001, CRÓQUER *et al.* 2006, SANT *et al.* 2006). Como resultado de la escasa información, algunas medidas de conservación son requeridas para promover la restauración y protección de los corales Acropóridos; tomando en cuenta que *A. palmata* se encuentra clasificada con un estado de "Vulnerable" en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, indicando que estos corales están presentes en algunos Parques Nacionales, pero no se ha confirmado la recuperación de la especie (RODRÍGUEZ & ROJAS 2008), el

propósito de este estudio fue evaluar la estructura poblacional y el estado de salud de la especie coralina *A. palmata* dentro del Parque Nacional San Esteban (PNSE). Se estimó el estado actual de esta especie ramificada por medio de evaluaciones llevadas a cabo en el año 2009 y 2010 para determinar la abundancia de colonias, tallas, condición y tasas de crecimiento. Este estudio provee información acerca de las colonias de *A. palmata* que han sobrevivido diferentes agentes de mortalidad a lo largo del tiempo, logrando establecerse en dos comunidades arrecifales diferentes dentro del PNSE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de Estudio.** El PNSE (10°23' Lat. N, 67°58' Long. W) es un parque marino costero localizado en la costa central de Venezuela (Fig. 1), el cual se encuentra formado por una serie de islas como Isla Larga, El Rey, Ratón, Santo Domingo y Alcatraz. Los muestreos fueron conducidos en dos períodos: el primero se llevó a cabo entre Abril y Julio del 2009 y el segundo entre Abril y Julio del 2010. Durante las dos evaluaciones se identificaron colonias de *A. palmata* en dos islas del PNSE: Isla Larga (10°29'35.62" Lat. N, 67°56'42.17" Long. W) y Alcatraz (10°30'29.24" Lat. N, 67°58'37.63" Long. W), en donde las colonias se ubicaron en las zonas este y oeste de sotavento en las dos islas, formando parches específicos en cada arrecife franjeante.

**Métodos de Campo.** Las colonias de *A. palmata* fueron identificadas en el año 2009 para su cuantificación y evaluación en los arrecifes de Isla Larga y Alcatraz;



Fig. 1 Ubicación del Parque Nacional San Esteban demostrando las diferentes regiones muestreadas y los sitios arrecifales con presencia de parches de *Acropora palmata* identificadas durante el muestreo.

posteriormente, en el 2010, se llevó a cabo el monitoreo de las mismas colonias muestreadas dentro del PNSE. La ubicación de *A. palmata* fue establecida en cada arrecife y varios parámetros fueron estimados, tales como: 1- Tallas: cada colonia de *A. palmata* fue contada y clasificada de acuerdo a las categorías de tallas propuestas por ZUBILLAGA *et al.* (2008): Adultos ( $> 1600 \text{ cm}^2$ ), Juveniles ( $> 60 \text{ cm}^2$  y  $< 1600 \text{ cm}^2$ ), Reclutas ( $< 60 \text{ cm}^2$ ) y Fragmentos. En este caso, los fragmentos fueron definidos como ramas rotas de *A. palmata* que se encontraban sobre el sustrato y carecían de una base definida; mientras que las colonias en pie de *A. palmata* fueron aquellas que permanecían sobre el sustrato con una base definida y bien establecida. Además de esto, el reclutamiento sexual fue reconocido basado en el tamaño, morfología y lugar de establecimiento, en donde WILLIAMS & MILLER (2006) indican que las colonias situadas en superficies inclinadas pueden ser consideradas como reclutas sexuales, ya que es poco probable encontrar fragmentos retenidos en tales ubicaciones, estableciéndose por el contrario en superficies planas. Por su parte, la longitud máxima, ancho máximo y altura máxima de *A. palmata* fueron medidas utilizando una vara calibrada de 1m de longitud. De esta manera se estimó la tasa de crecimiento registrada en Isla Larga y en Alcatraz por un período de un año para determinar la longitud de crecimiento anual en esta especie (PADILLA & LARA 1996). 2- Ramas: un promedio de cuatro ramas pequeñas con actividad de crecimiento en los bordes (evidenciado por el color blanco del coralite) fueron seleccionadas por cada colonia para determinar su longitud y crecimiento a lo largo del tiempo utilizando una cinta métrica que fue colocada a lo largo de cada rama.

3- Porcentaje de Cobertura Coralina Muerta: la mortalidad parcial de *A. palmata* fue estimada desde la superficie de cada colonia, separando la mortalidad antigua (como zonas muertas del coral con sobrecrecimiento por algas) y la mortalidad reciente (como zonas muertas del coral con ausencia o sobrecrecimiento insignificante de algas). 4- Causas de Mortalidad Parcial: se registró el porcentaje de colonias vivas de *A. palmata* que se vieron afectadas por distintos agentes de mortalidad, tales como (A) presencia de enfermedades coralinas, entre las cuales se encuentra la Banda Blanca (EBB), (B) blanqueamiento coralino, clasificado en tres categorías dependiendo del grado de decoloración como Pálido (leve decoloración del tejido), Parcialmente Blanqueado (parches de tejido blanco) y Blanqueado (tejido totalmente blanco), (C) también se registró el porcentaje de colonias que se vieron afectadas

por otros agentes de mortalidad tales como los territorios de peces damiselas, sobrecrecimiento por algas, esponjas y zoántidos, acumulación de sedimento sobre la superficie de las colonias, daños por tormentas y la abundancia de gasterópodos coralívoros como *Coralliophila abbreviata* (LAMARK 1816) por colonia. 5- Análisis de Imágenes: las colonias adultas, juveniles, reclutas y fragmentos fueron fotografiadas para establecer el área coralina de cada una de las mismas por medio del procesamiento de imágenes digital con Image Tool v. 3.0. 6- Colonias muertas en pie de *A. palmata* fueron seleccionadas de manera aleatoria para estimar sus tallas y tasas de sobrecrecimiento por parte de organismos colonizadores, para así realizar una comparación con las colonias vivas y registrar la magnitud de la reducción en Acropóridos, de esta manera se utilizó una escala cualitativa: Grado 1, sobrecrecimiento mínimo con cobertura de delgadas capas de algas (0-20%); Grado 2, sobrecrecimiento intermedio con cobertura de organismos colonizadores (20-60%); Grado 3, sobrecrecimiento máximo con alta cobertura de organismos asociados (60-100%). Las tallas coralinas y la mortalidad parcial no presentaron una distribución normal, por lo tanto, fueron analizadas por medio de la prueba de los signos de Wilcoxon para comparar diferencias en la estructura y condición de salud de *A. palmata* entre los dos sitios arrecifales dentro del Parque Nacional.

## RESULTADOS

Una baja abundancia de colonias de *A. palmata* fue registrada en los arrecifes de Isla Larga y Alcatraz, en donde se observaron Acropóridos con una distribución en forma de parches, ubicándose en zonas arrecifales relativamente amplias. Se encontraron 30 colonias de esta especie a lo largo de los dos arrecifes muestreados en el 2009; mientras que en el 2010 se redujo la abundancia a 21 colonias. El primer muestreo demostró que la mayoría de las colonias en los sitios arrecifales fueron dominadas por tallas pequeñas y medianas (Fig. 2). Un total de 11 colonias de *A. palmata* estuvieron presentes en Isla Larga con una dominancia de fragmentos con medidas entre  $95,4$  y  $880,6 \text{ cm}^2$  y reclutas entre  $17,2$  y  $58,7 \text{ cm}^2$ . El diámetro promedio fue de  $30,8 \pm 44,8 \text{ cm}$  y la altura promedio fue de  $14,7 \pm 16,6 \text{ cm}$  (Tabla 1). Otras colonias de *A. palmata* también fueron identificadas en el mismo año en Alcatraz, cuantificando un total de 19 fragmentos entre  $7,5$  y  $49,5 \text{ cm}^2$ . El diámetro promedio fue de  $21 \pm 26,2 \text{ cm}$  y la altura promedio fue de  $15,9 \pm 21,9 \text{ cm}$ . A su vez, las ramas de las

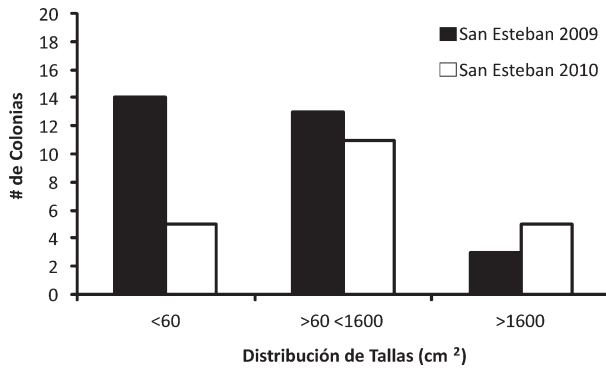


Fig. 2 Distribución de la frecuencia de tallas en las colonias de *Acropora palmata* dentro del Parque Nacional San Esteban entre el periodo 2009-2010.

colonias de *A. palmata* en Isla Larga ( $17,5 \pm 9,2$  cm) presentaron mayor longitud que en Alcatraz ( $4,6 \pm 1,6$  cm) y las proto-ramas registraron medidas inferiores a 3 cm en ambos sitios evaluados. La mayoría de las colonias se encontraron en condiciones saludables en el PNSE en el año 2009, con porcentajes de mortalidad parcial variando entre 0 y 40% (Fig. 3). Isla Larga reportó un  $4,4 \pm 2,8$  % de mortalidad parcial; mientras que Alcatraz presentó  $6,9 \pm 1,9$  % de mortalidad. Aunado a esto, la mortalidad antigua ( $9,9 \pm 3,1$  %) fue superior a la mortalidad reciente ( $1,4 \pm 1,3$  %).

El blanqueamiento total no fue registrado durante el primer muestreo; sin embargo, 27,2% de las colonias en Isla Larga y 42,1% en Alcatraz fueron identificadas con palidez o parcialmente blanqueada (Tabla 2). Las enfermedades coralinas no afectaron a las colonias de *A.*

*palmata*, pero otros agentes de mortalidad fueron reportados en los sitios de estudio afectando ciertas porciones de estos corales, tales como la acumulación de sedimento, que afectó un 53,3% de colonias, territorios de peces damiselas (26,6%) y sobrecrecimiento por algas (20%). A su vez, el gasterópodo coralívoro *C. abbreviata* también fue localizado sobre las colonias de *A. palmata*, con 9 gasterópodos observados sobre un fragmento en Isla Larga y 5 gasterópodos afectando un fragmento en Alcatraz. Adicionalmente, 24 colonias muertas en pie de *A. palmata* fueron seleccionadas de manera aleatoria en un Bajo Arrecifal y en Isla Larga, presentando un diámetro promedio de  $106 \pm 33,9$  cm y  $59,5 \pm 6,3$  cm de altura promedio; además de esto, el grado de sobrecrecimiento fue clasificado como Grado 3 con una alta cobertura de algas y esponjas como principales organismos colonizadores.

La segunda evaluación en el 2010 demostró un declive de colonias de *A. palmata* en ambas islas, con pérdidas de hasta un 30%, en donde la mayoría de las colonias fueron dominadas por tallas pequeñas y medianas (Fig. 2). Un monitoreo de 10 colonias de *A. palmata* fue realizado en Isla Larga, en donde los fragmentos fueron predominantes con medidas entre 60,5 y 378,4 cm<sup>2</sup>. Los corales ramificados registraron un diámetro promedio de  $43,4 \pm 50,4$  cm y una altura promedio de  $15,9 \pm 17,6$  cm (Tabla 1). En Alcatraz fueron reportadas 11 colonias de *A. palmata* durante el monitoreo con una dominancia de fragmentos entre 92,7 y 1397,7 cm<sup>2</sup>. El diámetro promedio fue de  $31,1 \pm 27,3$  cm y la altura promedio fue de  $16,9 \pm 17,9$  cm. La distribución de tallas presentó diferencias significativas entre arrecifes y años de evaluación

TABLA 1 Abundancia y distribución de tallas en las colonias de *Acropora palmata* por sitio y año de muestreo en los arrecifes coralinos de San Esteban, Venezuela.

Área Arrecifal	Número de Colonias					*Diámetro máx (cm)	*Diámetro mín (cm)	*Altura máx (cm)
	Adultos	Juveniles	Reclutas	Fragmentos	Total			
Isla Larga 2009	1	2	3	5	11	$39,6 \pm 52$	$22,1 \pm 38,4$	$14,7 \pm 16,6$
Alcatraz 2009	-	-	3	16	19	$26,5 \pm 34,2$	$15,7 \pm 18,4$	$15,9 \pm 21,9$
Isla Larga 2010	2	2	-	6	10	$50,3 \pm 55,3$	$36,3 \pm 45,9$	$22,9 \pm 17,6$
Alcatraz 2010	-	1	1	9	11	$39,1 \pm 34,6$	$23,2 \pm 23,3$	$16,9 \pm 17,9$

Media  $\pm$  desviación estándar

(Wilcoxon test,  $n = 51$ ,  $Z = 6.1$ ,  $P \hat{=} 0,001$ ), con los mayores diámetros en Isla Larga para ambas evaluaciones; mientras que los mayores valores de altura fueron dominados por las colonias de Isla Larga, solamente en el segundo periodo de muestreo. La longitud promedio de ramas fue de  $24,2 \pm 11,9$  cm en isla Larga; mientras que en Alcatraz se observaron ramas más pequeñas con promedios de  $7,9 \pm 2,7$  cm. En adición, las proto-ramas de los fragmentos de *A. palmata* fueron superiores a 7 cm en ambos arrecifes. Aunque las colonias de *A. palmata* mostraron un intervalo o margen de mortalidad entre 0 y 60% (Fig. 3), la mayoría de estos corales ramificados no evidenciaron altos porcentajes de mortalidad. Los arrecifes de Isla Larga (11,2%) y Alcatraz (10.6%) fueron afectados por parte de la mortalidad parcial, en donde la mortalidad antigua (19,3%) fue superior a la reciente (1,8%). La mortalidad parcial obtenida presentó diferencias significativas entre los distintos sitios de estudio y las fechas de muestreo (Wilcoxon test,  $n = 51$ ,  $Z = 3,5$   $P \hat{=} 0,001$ ), demostrando menores valores de mortalidad durante la primera evaluación.

El segundo muestreo dentro del PNSE presentó un 20% de colonias de *A. palmata* pálidas en Isla Larga y 45.4% de colonias pálidas o parcialmente blanqueadas en Alcatraz (Tabla 2). A pesar de que la enfermedades coralinas no fueron reportadas sobre *A. palmata*, algunos agentes de mortalidad estuvieron afectando a las colonias ramificadas, en donde un 66.6% de las colonias fueron observadas con acumulación de sedimento sobre ciertas zonas de los corales, mientras que los territorios de peces damiselas afectaron un 38% de estas colonias y el sobrecrecimiento por algas presentó un 28.5% de colonias afectadas. El gasterópodo coralívoro *C. abbreviata* también fue

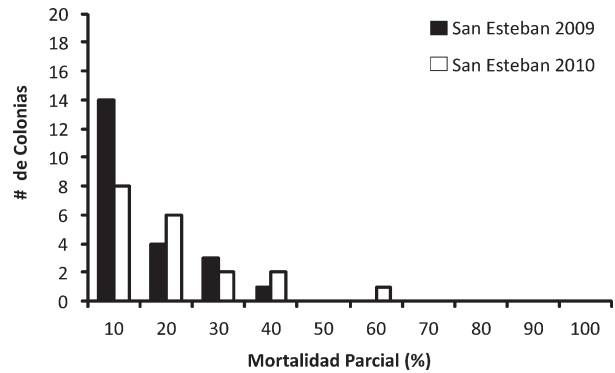


Fig. 3 Mortalidad parcial de las colonias de *Acropora palmata* dentro del Parque Nacional San Esteban entre el periodo 2009-2010.

identificado durante el muestreo de monitoreo, pero sólo fue observado en Isla Larga con 21 gasterópodos sobre un sólo fragmento. La tasa de crecimiento anual o extensión lineal para las colonias de *A. palmata* entre Junio del 2009 y 2010 fue de 7,9 cm/año en Isla Larga y 8,9 cm/año de longitud en Alcatraz.

## DISCUSIÓN

Las zonas arrecifales evaluadas durante los años 2009 y 2010 demostraron un deterioro en la estructura de la comunidad coralina somera, con la presencia de escasos parches de *A. palmata* aislados en algunas áreas arrecifales tanto en Isla Larga como en Alcatraz; mientras que el resto de las islas dentro del PNSE no evidenciaron la presencia de esta especie ramificada. La baja abundancia de colonias de *A. palmata* que se identificaron dentro de las zonas de estudio reflejan el declive poblacional que esta especie ha presentado en diferentes arrecifes Venezolanos, en

TABLA 2 Condición de salud de las colonias de *Acropora palmata* por sitio y año de muestreo en los arrecifes coralinos de San Esteban, Venezuela.

Área Arrecifal	Mortalidad Parcial (%)			Colonias Afectadas (%)				
	*Antigua	*Reciente	Blanqueamiento	Enfermedad	Damiselas	Algas	Gasterópodos	Sedimento
Isla Larga 2009	7,3 ± 14	1,4 ± 3,2	18,1P – 9PB	-	27,2	18,1	9	45,5
Alcatraz 2009	12,4 ± 15,9	1,3 ± 2,8	36,8P – 5,2PB	-	26,3	21	5,2	57,8
Isla Larga 2010	21,5 ± 18,8	1 ± 3,1	20P	-	50	40	10	70
Alcatraz 2010	18,6 ± 21,5	2,7 ± 4,1	36,3P – 9PB	-	27,2	36,3	-	72,7

P pálido, PB parcialmente blanqueado

\*Media ± desviación estándar

donde la susceptibilidad que poseen estas colonias de Acropóridos podría continuar incrementándose debido a los diferentes disturbios, tanto físicos como biológicos que están afectando actualmente el PNSE. A pesar del bajo porcentaje de Acropóridos que fueron registrados en los arrecifes, tanto en Isla Larga como Alcatraz estuvieron dominadas por colonias de *A. palmata* con tallas pequeñas y medianas, lo cual puede representar una mayor oportunidad de supervivencia y persistencia para la especie, ya que las pequeñas colonias tienen mayores probabilidades de acumular altos porcentajes de energía para invertirlo en incrementar las tasas de crecimiento (JACKSON & HUGHES 1985).

A su vez, la predominancia de fragmentos de *A. palmata* en los sitios de estudio evaluados implica que la reproducción asexual es el principal mecanismo de propagación para mantener y expandir las poblaciones de Acropóridos, permitiendo que las nuevas colonias se distribuyan en forma de parches, alrededor de las colonias parentales vivas. Por esta razón, la especie se distribuye como colonias aisladas, limitando su presencia en ciertos sitios arrecifales. Adicionalmente, Alcatraz obtuvo la mayor abundancia de fragmentos de *A. palmata* debido a un evento de mar de fondo que tomó lugar en el arrecife coralino (observ. pers.), causando la ruptura de una colonia madura en diferentes fragmentos de distintas tallas. Este evento permitió el comienzo de un proceso de reproducción asexual, que debería ser monitoreado a lo largo del tiempo para reportar el éxito o el declive de estos Acropóridos. Isla Larga también reportó la ruptura de una colonia madura en diferentes fragmentos; sin embargo, a diferencia de Alcatraz, el reclutamiento sexual (evidenciado por la forma, tamaño y lugar de establecimiento) tuvo una mayor frecuencia en Isla Larga, lo cual incrementa la diversidad genotípica de la especie, siempre y cuando los reclutas tengan un exitoso reclutamiento en el sitio arrecifal (WILLIAMS & MILLER 2006).

El estudio de monitoreo para *A. palmata* en el PNSE demostró que la reducción de las colonias durante el segundo muestreo fue ocasionado por la pérdida de fragmentos, los cuales pueden fácilmente desaparecer debido a la acumulación de sedimento durante la acción del oleaje. Sin embargo, la evaluación de monitoreo también demostró que las colonias vivas que permanecieron en ambos arrecifes coralinos cambiaron su estatus de reclutas a juveniles y algunos juveniles a adultos, dando evidencia de supervivencia en estos corales Acropóridos. Debido a

esta condición de supervivencia encontrada en los sitios arrecifales, la distribución de tallas de *A. palmata* se incrementó entre 2009 y 2010, con los menores valores presentes en Alcatraz debido a que los fragmentos poseen una mayor probabilidad de mortalidad afectando el tamaño y la recuperación en esta especie de coral (LIRMAN 2002). Al igual que la distribución de tallas, el número total y la longitud de ramas también están relacionadas con la supervivencia y el proceso de reproducción (WILLIAMS *et al.* 2008), por lo tanto, las ramas pequeñas estimadas en Alcatraz pueden contribuir con un bajo éxito en la liberación de los gametos. Sin embargo, la presencia de nuevas ramas llamadas proto-ramas en ambos arrecifes podría permitir que las poblaciones de *A. palmata* tengan una rápida recuperación a partir de disturbios, ya que las proto-ramas crecerán eventualmente y formarán parte de la condición reproductiva en estas poblaciones (WEIL *et al.* 2002). No obstante, se debe tomar en cuenta que esta condición puede variar dependiendo de la ubicación geográfica y el estatus ambiental local (HIGHSMITH *et al.* 1980).

Aunque los corales Acropóridos han sido afectados por una combinación de factores naturales y antropogénicos a lo largo del Caribe (ARONSON & PRECHT 2002, MILLER 2002, WILLIAMS & MILLER en imprenta), se presentaron bajos niveles de mortalidad parcial y Alcatraz demostró los mayores porcentajes, debido al proceso de fragmentación que ocurrió en este arrecife, el cual puede resultar en una mayor susceptibilidad por parte de las colonias a disturbios físicos y naturales, tomando en consideración el efecto de la mortalidad sobre los fragmentos de *A. palmata*, cuando parte de las colonias vivas quedan enterradas en el sedimento por largos períodos de tiempo con ausencia de luz solar, impidiendo la realización de sus procesos fotosintéticos. Por esta razón, la sedimentación es una de las principales causas de mortalidad y puede estar disminuyendo la recuperación de la especie en arrecifes someros (BONE *et al.* 1993). Otros agentes de mortalidad, tales como territorios de peces damiselas y sobrecrecimiento por algas, también fueron identificados en ambos sitios evaluados, pero sólo afectaron pequeñas proporciones en las colonias de *A. palmata*. El gasterópodo coralívoro *C. abbreviata* fue reportado en Isla Larga y Alcatraz; sin embargo, BAUMS *et al.* (2003) encuentran que este depredador es una amenaza significativa cuando se encuentran más de 23 gasterópodos por colonia, por lo tanto, la abundancia de este gasterópodo encontrada en *A. palmata* no representa

un impacto potencial sobre la reducción de tejido coralino en las zonas de estudio. A su vez, la predominancia de palidez y blanqueamiento parcial ha sido reportada en otros trabajos, como el de PINZÓN *et al.* (1998), los cuales identificaron en el Caribe Colombiano 1% de colonias pálidas y 2,7% de colonias parcialmente blanqueadas, mientras que el blanqueamiento total no fue reportado. La ausencia de EBB en los Acropóridos del PNSE puede deberse a la distribución que posee *A. palmata*, ya que la incidencia de enfermedades esta relacionada con la distribución de la especie a la cual afecta (GARCÍA *et al.* 2002), en donde la predominancia de colonias pequeñas y parches aislados podría reducir la probabilidad de infección. A pesar de que no se reportaron enfermedades coralinas durante las dos evaluaciones realizadas, debería considerarse que la mortalidad observada en ambos sitios arrecifales pudo haber sido causada por la EBB en el pasado, pero no hay información disponible para confirmar la incidencia de este agente de mortalidad en el PNSE.

Las colonias de *A. palmata* evaluadas indicaron que no están siendo afectadas por altos niveles de mortalidad parcial, lo cual puede atribuirse a la ausencia de enfermedades y escasas colonias blanqueadas, tomando en consideración que la fecha de este estudio no representa la época de mayor temperatura del agua; pudiendo contribuir con los bajos niveles de mortalidad. La EBB está disminuyendo las poblaciones de *A. palmata* a lo largo del Caribe y es una de las principales fuentes de mortalidad en las colonias ramificadas (PATTERSON *et al.* 2002); por esta razón, la ausencia de enfermedades podría reducir los niveles de mortalidad en las zonas muestreadas, incrementando las probabilidades de supervivencia en los Acropóridos. Sin embargo, durante el segundo muestreo, las colonias evaluadas fueron afectadas en un mayor grado por factores de pequeña escala tales como la sedimentación y los territorios de peces damiselas. Similar a este resultado, HERNÁNDEZ (2002) encontró que el comportamiento territorial de la familia Pomacentridae y las altas tasas de sedimentación fueron dos de los principales agentes estresantes que contribuyen con el declive de los corales Acropóridos.

La tasa de crecimiento de *A. palmata* durante el periodo de estudio permaneció en el intervalo esperado. Jaap (1974) reportó valores de crecimiento similares a los resultados obtenidos en este trabajo, encontrando una tasa de crecimiento para *A. palmata* entre 4 y 11 cm/año en los Cayos de Florida, y GLADFELTER *et al.* (1978) encontró tasas

entre 4,7 y 9,9 cm/año para la misma especie en el Caribe nororiental, mencionando que algunos corales como *A. palmata* presentan diferentes tasas de crecimiento dependiendo de la temperatura, zona arrecifal y área geográfica. De igual manera, PADILLA & LARA (1996) señalaron 6,8 cm de extensión lineal anual en México para la misma especie ramificada. Como se mencionó anteriormente, el proceso de crecimiento en los Acropóridos demuestra una relación directa entre la talla de la colonia y el tiempo de reproducción sexual, ya que el incremento en la fecundidad reduce el crecimiento coralino, llevando a una extensión lineal (longitud total de ramas) que permanece constante durante el desarrollo de éstos corales (PADILLA & LARA 1996). Adicionalmente, una variedad de factores pueden tener influencia sobre el crecimiento de *A. palmata* tales como la temperatura del agua, los regimenes de luz y las tasas de sedimentación, los cuales afectan la habilidad de las colonias para crecer activamente (WEIL *et al.* 2002).

Las colonias muertas en pie de *A. palmata* fueron más abundantes y de mayores tallas comparado con las colonias vivas muestreadas, indicando la dominancia que esta especie presentó anteriormente en el PNSE antes de la mortalidad masiva en los años 80. A su vez, éstas colonias muertas en pie dan una sugerencia sobre las poblaciones antiguas y su importancia como hábitat para otros organismos arrecifales, además de la oportunidad que brinda un área en particular para apoyar el reclutamiento en los arrecifes evaluados (WEIL *et al.* 2002).

La abundancia y condición de las poblaciones de *A. palmata* variaron entre arrecifes y los resultados demuestran colonias saludables desarrollándose sin enfermedades o blanqueamiento intenso, posiblemente por la fecha de muestreo como se ha mencionado anteriormente. Aunque Isla Larga y Alcatraz perdieron colonias de *A. palmata* durante el monitoreo, debido a diferentes agentes de mortalidad que redujeron y afectaron las colonias muestreadas, estos corales evidenciaron su capacidad de supervivencia. Las colonias en Isla Larga demostraron un incremento en la distribución de tallas, en donde algunos reclutas identificados en el 2009 se han convertido en juveniles, mientras que algunos juveniles están actualmente cercanos a la madurez sexual; sin embargo, las colonias de Alcatraz no evidenciaron un incremento en la distribución de tallas, por el contrario, éstas presentaron una gran reducción en la abundancia de Acropóridos. Por estas razones, la condición de *A.*

*palmata* en ambas islas debería ser continuamente monitoreada para confirmar la posible recuperación o el declive de la especie dentro del PNSE.

#### AGRADECIMIENTO

Agradecemos especialmente a la Iniciativa de Especies Amenazadas (IEA): PROVITA y al Departamento de Biología de la Universidad de Carabobo por proveer los fondos, equipos e instrumentos que fueron necesarios para apoyar la realización de este proyecto. Estamos agradecidos también por la asistencia de campo y laboratorio provista por M. COLMENARES, L. MOLINS y A. PÉREZ durante esta investigación. Gracias al Centro de Estudios Oceanográficos (CEO) de la Universidad Simón Bolívar por facilitar la estadía y laboratorios durante la metodología de campo.

#### REFERENCIAS

- ARONSON, R. & W. PRECHT. 2002. *Threats to Acropora* spp. in the Caribbean. In; Bruckner AW (ed), Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 pp.
- BAUMS, I. B., M. W. MILLER & A. M. SZMANT. 2003. Ecology of a corallivorous gastropod, *Coralliophila abbreviata*, on two scleractinian hosts. I: Population structure of snails and corals. *Mar. Biol.* 142: 1083-1091.
- BONE, D., F. LOSADA & E. WEIL. 1993. Origin of sedimentation and its effects on the coral communities of a Venezuelan National Park. *Ecotrópicos* 6: 10-21.
- CRÓQUER, A., C. BASTIDAS, D. LIPSCOMP, R. E. RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, E. JORDAN-DAHLGREN & H. M. GUZMÁN. 2006. First report of Folliculinid ciliates affecting Caribbean scleractinian corals. *Coral Reefs* 25: 187-191.
- GARCÍA, A., A. CRÓQUER & S. M. PAULS. 2002. Relación entre la incidencia de enfermedades y la estructura de tallas y especies en corales del Parque Nacional Archipiélago de los Roques, Venezuela. *Interciencia* 27: 448-453.
- GARZÓN-FERREIRA, J., M. MORENO-BONILLA & J. M. VALDERRAMA. 2004. Current condition of *Acropora palmata* and *A. cervicornis* coral formations in the Tayrona National Natural Park (Colombia). *Bol. Investig. Mar. Costeras* 33: 117-136.
- GERALDES, F. 2002. Status of the acroporid coral species in the *Dominican Republic*. In; Bruckner AW (ed), Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 pp.
- GLADFELTER, E. H., R. K. MONAHANAND & W. B. GLADFELTER. 1978. Growth rates of five reef-building corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 28: 728-734.
- GLADFELTER, W. B. 1982. White-band disease in *Acropora palmata*: Implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull. Mar. Sci.* 32(2):639-643.
- HERNÁNDEZ, E. A. 2002. *Status of Acropora* spp. populations in northern and eastern Puerto Rican coral reefs. In: A. W. Bruckner (ed) Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 p.
- HIGHSMITH, R. C., A. C. RIGGS & C. M. D'ANTONIO. 1980. Survival of hurricane-generated coral fragments and a disturbance model of reef calcification/growth rates. *Oecologia* 46: 322-329.
- JACKSON, J. B. & T. P. HUGHES. 1985. Adaptive strategies of coral-reef invertebrates. *Am. Sci.* 73: 265-273.
- JAAP, W. C. 1974. Scleractinian growth rate studies. Proc Fl Keys Coral Reef Wrkshp. FL Dept Nat Res Coastal Coordinating Council. 17 p.
- LABOY-NIEVES, E. N., E. KLEIN, J. E. CONDE, F. LOSADA, J. J. CRUZ & D. BONE. 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 68: 163-179.
- LIRMAN, D. 2002. Population dynamics and life-history traits of *Acropora palmata*: costs and benefits of fragmentation. In; A. W. Bruckner (ed) Proceedings



- of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 p.
- MAYOR, P. A., C. S. ROGERS & Z. M. HILLIS-STARR. 2006. Distribution and abundance of elkhorn coral, *Acropora palmata*, and prevalence of white-band disease at Buck Island Reef National Monument, St. Croix, US Virgin Islands. *Coral Reefs* 25: 239-242.
- MILLER, M. 2002. Focal *Acropora* spp. Assessment in the Florida Keys. In; Bruckner AW (ed), Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 pp.
- PADILLA, C. & M. LARA. 1996. Efecto del tamaño de las colonias en el crecimiento de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quinta Roo, México. *Hidrobiologica* 6: 17-24.
- PATTERSON, K. L., J. W. PORTER, K. B. RITCHIE, S. W. POLSON, E. MUELLER, E. C. PETERS, D. L. SANTAVY & G. W. SMITH. 2002. The etiology of white pox a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral *Acropora palmata*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99: 8725-8730.
- PINZÓN, J. H., A. M. PERDOMO, O. D. SOLANO & G. R. NAVAS. 1998. Blanqueamiento coralino de 1995 en la Región de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Caribb. J. Sci.* 34: 330-333.
- RODRÍGUEZ, J. & F. ROJAS. 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela, 364 p.
- SANT, S., A. S. PRIETO & E. MÉNDEZ. 2006. Cambios en la composición y estructura de una comunidad coralina después de un fenómeno de Mar de Fondo en Cautaro, Parque Nacional Mochima, Estado Sucre, Venezuela. *Ciencia* 12: 5-12.
- WEIL, E., E. A. HERNÁNDEZ-DELGADO, A. W. BRUCKNER, A. L. ORTIZ, M. NEMETH & H. RUIZ. 2002. Distribution and status of Acroporid coral (Scleractinia) populations in Puerto Rico. In; A. W. Bruckner (ed) Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 p.
- WILLIAMS, D.E. & M. W. MILLER. 2006. Morphology offers no clues to asexual vs. sexual origin of small *Acropora cervicornis* (Scleractinia: Acroporidae) colonies. *Rev. Biol. Trop.* 54: 145-151.
- \_\_\_\_\_, M. W. MILLER & K. L. KRAMER. 2008. Recruitment failure in Florida Keys *Acropora palmata*, a threatened Caribbean coral. *Coral Reefs* 27: 697-705.
- \_\_\_\_\_. & M. W. MILLER. (In press). Attributing mortality among drivers of population decline in *Acropora palmata* in the Florida Keys (USA). *Coral Reefs*.
- ZUBILLAGA, A. L., C. BASTIDAS & A. CRÓQUER. 2005. High densities of the elkhorn coral *Acropora palmata* in Cayo de Agua, Archipiélago Los Roques National Park, Venezuela. *Coral Reefs* 24: 86.
- \_\_\_\_\_, L. M. MÁRQUEZ, A. CRÓQUER & C. BASTIDAS. 2008. Ecological and genetic data indicate recovery of the endangered coral *Acropora palmata* in Los Roques, Southern Caribbean. *Coral Reefs* 27: 63-72.

RECIBIDO: Agosto 2012

ACEPTADO: Noviembre 2012