

## DIVERSIDAD Y CONDICIÓN DE SALUD DE CORALES PÉTREOS EN ALGUNOS ARRECIFES DEL PARQUE NACIONAL ARCHIPIÉLAGO LOS ROQUES, VENEZUELA

Estrella Villamizar<sup>1,2\*</sup>, Anaurora Yranzo<sup>1,2</sup>, Manuel González<sup>3</sup>, Ana Teresa Herrera<sup>4</sup>, Jeannette Pérez<sup>2,5</sup> y Humberto Camissotti<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología de Sistemas Acuáticos, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela. Apartado 20513. Caracas-Venezuela.

<sup>2</sup>Fundación Científica Los Roques. <sup>3</sup>Marine Spatial Ecology Laboratory, University of Queensland, Australia. <sup>4</sup>Postgrado de Ecología, Universidad Central de Venezuela. <sup>5</sup>Postgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Simón Bolívar.

\*estrella.villamizar@ciens.ucv.ve

### RESUMEN

A partir de 2005 se viene realizando el estudio de la riqueza, composición y condición en que se encuentra la comunidad coralina de 5 arrecifes representativos del PNALR. Como metodología de estudio se han utilizado en cada arrecife bandas transeptos de 10m<sup>2</sup>, colocándose tres en la zona somera y tres en una zona más profunda, áreas dentro de las cuales se registran todas las especies de corales y se evalúa su condición de salud. Se han visitado además otras 23 zonas coralinas del parque y registrado mediante buceos aleatorios, las especies coralinas presentes. Hasta la fecha se han identificado un total de 55 especies de corales pétreos y 4 de hidrozoos. Es necesario realizar un mayor número de censos visuales mediante buceos aleatorios, ya que el número aquí reportado subestima aún la riqueza previamente reportada en la década de los 80 (69 sp y 8 ecomorfos), aunque no podemos descartar la posible desaparición de especies poco abundantes en el archipiélago y/o la disminución de este número debido a recientes cambios en la taxonomía de este grupo. En el último monitoreo de los cinco arrecifes, realizado en marzo 2011, se encontró un mayor número de especies en el arrecife de Cayo Sal (cerca del extremo oeste de la Barrera Sur), seguido de Dos Mosquises (al suroeste del archipiélago), luego Boca de Cote (al centro de la Barrera Sur), La Pelona (al suroeste), y finalmente Madrisquí (al noreste). Los corales de los géneros *Orbicella* y *Montastraea* son los más abundantes en todos los arrecifes evaluados, no obstante la condición de salud de estas especies se ha visto comprometida debido a diversos factores, especialmente el blanqueamiento, las enfermedades y la bioerosión.

**Palabras clave:** corales, Los Roques, arrecifes, riqueza, condición salud.

### Diversity and health condition of stony corals in some reefs of the National Park Archipiélago Los Roques, Venezuela

#### Abstract

Since 2005 the richness, composition and health condition of five representative reefs of the National Park Archipiélago de Los Roques have been studied. The main methodology of study is the establishment of six transects of 10 m<sup>2</sup>, three in the shallow zone and three in a deeper zone of each reef. A complementary methodology to evaluate species richness was zig zag random diversings along all the studied reefs. Additionally the richness of 23 coral reef communities of the park has been evaluated with the random dive methodology. A total of 55 hexacorals, and 4 hydrozoos have been

Recibido: febrero 2014

Aceptado: marzo 2015

Compilación "Estudio de la Diversidad Marina del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques"

found, number still low if it is compared with the previously richness reported to Venezuela for the 80's (69 species and 8 ecomorph). However, we can not to lay out the missing of some species of very low occurrence frequency in the archipelago and/or the decreasing of this number due to recent revision and changes of coral taxonomy. In the last monitoring of the five reefs (march 2011) the higher number of species was found in Cayo Sal Reef (at the west tip of the South Barrier reef), followed for Dos Mosquises Sur (to the west of the archipelago), Boca de Cote (at the East Barrier Reef), La Pelona (to the west), and finally Madrisquí (at the North-East). The corals of the genus *Orbicella* and *Montastraea* are the most abundant at all the evaluated reefs, however their health condition it is compromised as consequence of diverse factors, especially bleaching, diseases and bioerosion.

**Keywords:** corals, biodiversity, Los Roques, reefs, health condition.

## INTRODUCCIÓN

Los corales pétreos son los organismos constructores de la estructura física de los arrecifes coralinos, sin los cuales la diversidad biológica de estos sistemas sufriría un colapso, al dejar desprovisto de refugio y alimento a miles de especies de invertebrados y peces que hacen vida de forma temporal o permanente en los mismos. El archipiélago Los Roques está delimitado al este y al sur por dos grandes barreras arrecifales, además alrededor de sus numerosos cayos se encuentran arrecifes franjeantes y/o comunidades coralinas, donde probablemente está representada la mayor parte de las especies de corales del país y de la ecoregión del Caribe Sur, esto último, según datos reportados por Miloslavich *y col.* (2010). A pesar de ser los corales pétreos el grupo de nidarios más estudiado en el archipiélago, se requiere continuar con la evaluación de su riqueza, distribución y abundancia específica, ya que se ha comprobado, para el Caribe en general, que en las últimas tres décadas la cobertura de coral vivo y las poblaciones de ciertas especies han sido severamente diezmadas (Jackson *y col.*, 2001; Gardner *y col.*, 2003; Kramer, 2003; Wilkinson y Stouter, 2008; Hughes *y col.*, 2010; Eakin *y col.*, 2010).

El primer reporte formal de corales en Los Roques fue hecho por Work (1969), en el cual resalta la presencia de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en la mayoría de las localidades evaluadas por el autor (8 cayos). Por su parte, Méndez (1978), en su estudio, de naturaleza geológica y geomorfológica describió siete tipos de comunidades coralinas en el archipiélago: la comunidad de *A. palmata*, la de *A. cervicornis*, la de *Porites*, la de *Agaricia*, la de *Millepora* o "falsos corales", la de *Orbicella* y *Montastraea* (*O. annularis* y *M. cavernosa*) y la comunidad de Alcionarios o corales blandos. A inicios de los 80 la Fundación Científica Los Roques en conjunto con investigadores y estudiantes de varias universidades del país, inició el estudio taxonómico de grupos de invertebrados dominantes en los arrecifes del PNALR, en particular de los corales. En dichos estudios los esfuerzos de muestreo se concentraron en los

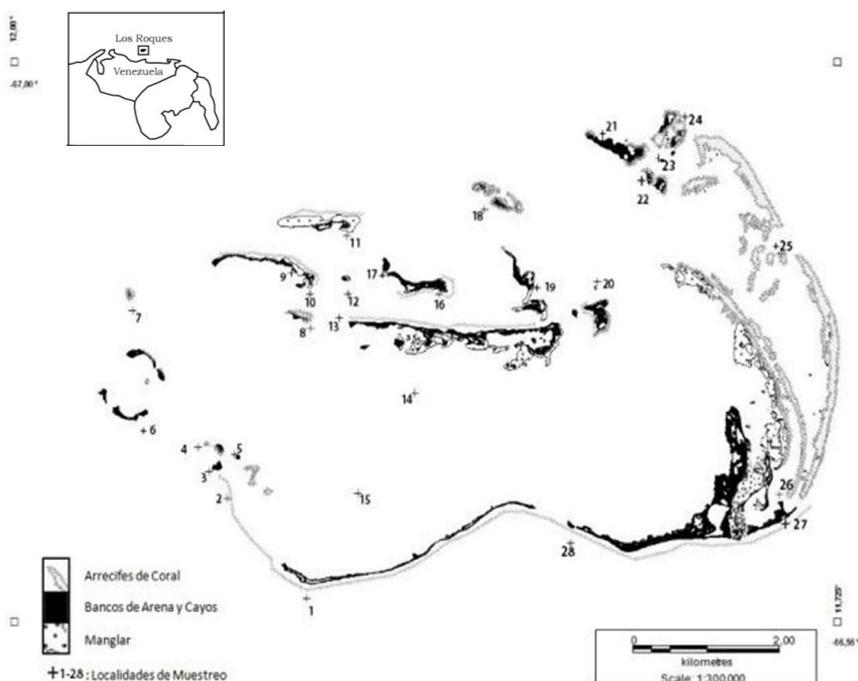
arrecifes y comunidades coralinas al suroeste del archipiélago, en los alrededores de la Estación de Biología Marina Dos Mosquises, de la Fundación Científica Los Roques (Hung, 1985; Weil, 1985). Particular mención se debe hacer al estudio de Hung (1985) quien registró un total de 57 especies de corales pétreos en cuatro localidades al suroeste del parque. Por su parte, Weil (2003) basado en observaciones de los arrecifes de Dos Mosquises, Cayo Sal (en la barrera sur) y algunas zonas lagunares del archipiélago (parches coralinos) reportó 69 especies de corales escleractinios y 8 ecomorfos, indicando que este total de especies representa la diversidad coralina más alta en Venezuela y una de las mayores en el Caribe (Weil, 1985; 1999).

Un nuevo pulso en el estudio de la riqueza de especies de corales y en particular de la condición de salud en que los mismos se encuentran, se realiza a partir del año 1999 (Villamizar *y col.*, 2003), expandiéndose de manera significativa la escala espacial de observación de este importante grupo de organismos. En dicha investigación se incluyeron 13 áreas arrecifales (arrecifes de barrera, franjeantes y parches coralinos), las cuales fueron estudiadas con el protocolo de evaluación rápida AGRRA (Atlantic and Gulf Reef Rapid Assessment), Versión 2.2. El resultado más relevante de este estudio fue el conocimiento de que el Archipiélago Los Roques como un todo era aún un sistema arrecifal “saludable”, a pesar de la observación de extensas franjas de corales muertos de las especies *A. palmata*, *A. cervicornis* y *A. prolifera*, en las zonas someras de la barrera este del archipiélago, pérdida atribuida principalmente a la epidemia de la enfermedad de la banda blanca que ocurrió en todo el Caribe en la década de los 80. Por otra parte, Villamizar *y col.* (2003) reportaron a la Banda Amarilla, como la enfermedad más común y ampliamente distribuida en los arrecifes estudiados, afectando principalmente a especies del género *Orbicella*. Otros estudios sobre ecología de los arrecifes han sido realizados en varios arrecifes del PNALR, la mayoría relacionados a la afectación de los mismos por las distintas enfermedades (García *y col.*, 2002, 2003; Zubillaga *y col.*, 2003; Cróquer *y col.*, 2003), o por el incremento de la temperatura promedio del agua y su consecuente expresión como blanqueamiento, en las colonias coralinas (Villamizar *y col.*, 2008; Rodríguez *y col.*, 2010; Bastidas *y col.*, 2012).

Dada la relevancia del Parque Nacional Archipiélago Los Roques como el sistema arrecifal oceánico con más alta diversidad de corales en Venezuela, y posiblemente con mayor riqueza de especies y mejor salud en el Caribe, y tomando en cuenta el veloz deterioro que están sufriendo estas comunidades marinas (Eakin *y col.*, 2010), se desarrolló este estudio con el objetivo de actualizar y ampliar a mayor escala espacial, su conocimiento y la condición en la que se encuentran, a lo largo de esta área insular venezolana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de Estudio.** Este estudio se llevó a cabo en 28 arrecifes del PNALR (Figura 1 y Tabla 1). El registro de especies de corales en los distintos arrecifes se realizó en dos etapas, iniciándose la primera etapa en agosto del 2005. En esta etapa la metodología empleada fue la de censos aleatorios (2005-2009). Se hicieron, dos censos en cada arrecife, hasta completar los 28 arrecifes y alcanzando una cota de profundidad máxima de 30 m. En la segunda etapa (2009-2011), las observaciones (monitoreo) y muestreos de las especies coralinas se realizaron utilizando métodos sistemáticos. Así, se seleccionaron 5 arrecifes representativos de las principales barreras coralinas y arrecifes franjeantes del archipiélago, cuyos nombres y códigos respectivos, son los siguientes: Cayo Sal (1), Dos Mosquises Sur (3), La Pelona (2), Boca de Cote (28) y Madrisquí (22).



**Figura 1.** Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Se indican con números las localidades de estudio. Mapa realizado por Lic. Marijul Narvaez y Lic. Mylene Gutiérrez.

**Tabla 1.** Nombres, códigos, ubicación geográfica y características generales de las localidades de estudio del Proyecto Biodiversidad Marina del Parque Nacional Archipiélago Los Roques. En la primera columna se especifica el nombre completo de la localidad, así como el código numérico al cual corresponde en el mapa del archipiélago.

Código	Localidad	Coordenadas Geográficas	Características Generales
1	Cayo Sal*	11°44'11,2"N 66°50'37,0"O	Sector suroccidental de la barrera sur del archipiélago. Caída gradual entre 2 y 11 m de prof. a partir del cual el talúd se extiende hasta los 21 m aprox y luego aparece una pared vertical que se profundiza en algunas zonas en cuevas. Corrientes moderadas a fuertes.
2	La Pelona de DMS*	11°47'09,3"N 66°53'09,7"O	Arrecife franjeante al oeste del cayo y del archipiélago. Gran diversidad de organismos bentónicos, corales, octocorales, esponjas. Aguas relativamente turbias debido a la acción bastante constante de corrientes moderadas a fuertes.
3	Dos Mosquises Sur*	11°47'56,6" N 66°53'66,5" O	Sector occidental del archipiélago. Arrecife franjeante que alcanza 35 m profundidad. La plataforma es extensa, la cresta se ubica entre los 10 y 12 m de prof y el talúd es de pendiente variable, según la zona. Gran diversidad de especies de corales, dominan las del género <i>Montastraea</i> .
4	Dos Mosquises Norte	11°48'39,4" N 66°53'45,1" O	Pequeño arrecife franjeante al este del Cayo Dos Mosquises Norte. En la zona somera abundan las esponjas ramificadas como <i>Aplysina fulva</i> y el coral <i>A.cervicornis</i> . Es una zona de corrientes moderadas.
5	Dos Mosquises Herradura	11°48'25,5" N 66°52'55,0" O	Arrecife de barrera en forma de herradura ubicado entre los cayos Dos Mosquises Norte y Sur. Máxima profundidad entre 6 y 8 m. Hacia el este presenta franjas de <i>Acropora</i> y hacia el oeste es una zona menos profunda con variedad de corales y esponjas
6	Cayo de Agua	11°49'31,4" N 66°56'05,8" O	Fondo de mosaicos o parches de corales al este de Cayo de Agua entre 2 y 5 m de prof. Presencia de algunas colonias de <i>A.palmata</i> .
7	Selesquí	11°52'39,9" N 66°56'13,1" O	El cayo está ubicado al noroeste del archipiélago y el arrecife en el sector noreste del cayo. Alta diversidad, abundancia y densidad de gorgonios, así como lajas, cuevas y grandes bloques calcáreos colonizados por colonias medianas de corales macizos, esponjas y gorgonias.
8	Mosquitoquí	11°52'09,7" N 66°50'29,9" O	En el sector centroccidental del archipiélago. Fondo arenoso con corales, esponjas y octocorales dispersos. Profundidad no mayor de 9 m.
9	Carenero Zona Lagunar	11° 53'47,6" N 66° 50.66',9" O	Hacia el centro del cayo a sotavento. Fondo arenoso con presencia de fanerógamas marinas, y mosaicos de corales, <i>A.cervicornis</i> , con una alta diversidad de esponjas. No mayor de 6 m de prof.
10	Carenero Arrecife Balovento	11°53'47,6"N 66°50'66,9"O	Sector noreste del Arrecife franjeante del Cayo. Tiene una fuerte pendiente. Aguas muy claras. Gran acumulación de colonias muertas de <i>A.palmata</i> y <i>A.cervicornis</i> .
11	Lo Canquises	11°54'52,6" N 66°49'20,0" O	En el sector nor-occidental del archipiélago. Se caracterizó por parches arrecifales, presencia de muchos montículos de escombros coralinos principalmente <i>M. alicornis</i> , <i>A.cervicornis</i> y <i>A. palmata</i> . Área de corrientes intensas. Prof. máxima de buceo 9 m.
12	Yonquí	11°53'10,2" N 66°49'17,8" O	Fondo arenoso no mayor de 9 m de profundidad con presencia de corales y esponjas dispersos. Hacia la costa del cayo se presenta una franja de corales vivos con gran diversidad de especies.
13		11°51'88,0" N	En el sector occidental del cayo. Fondo arenoso con

Isla Larga Punta Oeste	66°49'34,7"O	parches de coral y algunas esponjas. Muchos corales muertos sobrecrecidos por <i>Palythoa caribaeorum</i> .
14 Laguna Central	11°49'75,8" N 66°47'09,9" O	Sector centroccidental de la laguna central. Zona de montículos coralinos separados por fondos arenosos y/o por parches de octocorales y esponjas. Domina <i>O.annularis</i> .
15 Isla Larga Sur	11°51'88,0" N N66°49'34,7" O	Mosaicos de arena y corales entre 2 y 4 m prof. Corrientes intermedias.
16 Espenquí	11°53'10,1" N 66°46'23,0" O	Fondo coralino relativamente plano con muchos octocorales y esponjas en el sector noreste del cayó.
17 Sarquí	11°53'47,2" N 66°48'01,4" O	Fondo con restos coralinos erodados y cúmulos de escombros compuestos principalmente por <i>Montastrea</i> spp. y <i>A. cervicornis</i> , con presencia de varias especies de gorgonios. En la zona más somera se visualizaron colonias relativamente grandes de <i>A. palmata</i> muertas cubiertas por <i>Zoanthus</i> , <i>Palythoa</i> y <i>Erythropodium</i> .
18 Noronquises	11° 55'09,9"N 66° 43'51,8"O	Al norte del archipiélago. Lo conforman tres cayos (Noronquí arriba, medio y abajo). En la zona evaluada se observó un pequeño arrecife franjeante con un talud muy corto que termina en un fondo plano con muchos octocorales del género <i>Pseudotrogorgia</i> .
19 Crasqui La Venada	11°52'83,6" N 66°43'21,1" O	Sector suroriental del cayó. Fondo poco profundo (aprox 6 m) con abundancia de <i>A.palmata</i> muertas y colonias de <i>O.annularis</i> parcialmente muertas.
20 La Pelona Rabusquí	11° 53'31,8"N 66° 41'18,6"O	Fondo de poca profundidad (≤8 m), con gran abundancia de <i>Acropora</i> , particularmente <i>A.prolifera</i> y <i>A.cervicornis</i> . Mosaicos coralinos intercalados con parches arenosos.
21 La Buceadora GR	11°57'40,7" N 66°41'7,11" O	Fondo areno-limoso en la base del acantilado rocoso al oeste del Gran Roque. Aguas algo turbias. Son comunes las esponjas tubulares y corales del género <i>Diploria</i> . Presencia de otros invertebrados como pepinos de mar, <i>Diadema antillarum</i> . Se observaron morenas y congrios.
22 Madrisquí*	11°56'02,4"N 66°39'23,0"O	Al noreste del archipiélago y suroeste de la isla Gran Roque. Es un bajo coralino entre los 5 y 9 m de profundidad que luego se continúa con una pendiente poco pronunciada hasta alcanzar los 17 m de profundidad. El grupo dominante son las esponjas, principalmente de formas tubulares, lugar conocido como el "Jardín de las esponjas".
23 Francisquí del medio	11°57'0,92"N 66°38'82,8"O	Arrecife franjeante al sur del cayó. No se observó zona de plataforma sino una pendiente gradual no muy pronunciada que alcanza los 15 m de profundidad. Corales y esponjas dominan el fondo.
24 Francisquí Norte	11° 58'36,2"N 66° 39'06,9"O	A barlovento, en el sector nor oriental del archipiélago. Fondo coralino bastante plano entre 9 y 14 m profundidad. Corrientes fuertes. Dominan octocorales. Entre los corales el género <i>Diploria</i> es muy abundante.
25 Boca del Medio	11°53'48,7"N 66°34'57,9"O	Sector central de la barrera este del archipiélago. Se observaron algunos canales de arena intercalados con domos de corales entremezclados con <i>Millepora</i>
26 Los Castillos	11°46'75,3" N 66°34'88,1" O	Sector sur de la barrera este a sotavento. Aguas muy transparentes. Arrecife franjeante de poca extensión, alcanza los 9 m prof.
27 Sebastopol	11°46'20,1"N 66°35'10,5"O	Sector al sureste de la barrera sur del archipiélago. Presencia frecuente de colonias grandes de <i>O. faveolata</i> y también grandes colonias de octocorales.
28 Boca de Cote*	11°45'49,3" N 66°42'09,0" O	Sector sureste de la barrera arrecifal sur del archipiélago. Dominan colonias grandes de <i>O.faveolata</i> a partir de los 7 m de profundidad. Aguas de gran transparencia. Corrientes moderadas.

En cada arrecife se colocaron seis bandas transeptos (BT) fijas, de 10m de largo por 1m de ancho, tres entre los 5 y 9 m de profundidad y tres entre los 12 y 16 m de profundidad. Las BT fueron colocadas en dirección paralela a la línea de costa. Se identificaron y se observó la condición de salud de todas las especies de corales que se encontraban dentro de las áreas delimitadas por las BT. Entre los factores de daño se consideraron los siguientes: daño mecánico, enfermedades, palidez/blanqueamiento, sobrecrecimiento, depredación y bioerosión, así como el efecto conjunto de varios factores y de otros factores de origen desconocido. En esta etapa se realizó una expedición científica anual (2009, 2010 y 2011), evaluándose todas las BT de los cinco arrecifes en cada expedición (300 m<sup>2</sup> cada vez). De igual forma se continuaron realizando los buceos aleatorios en estos arrecifes, siguiendo un patrón en zigzag, en dirección paralela a la costa, pero incluyendo el tercer estrato de mayor profundidad, entre 15 y 30 m, lo que permitió abarcar una mayor extensión del arrecife e incrementar la probabilidad de encuentro con especies de corales con ubicación preferencial en zonas de mayor profundidad. Las observaciones se realizaron en un tiempo promedio de una hora y quince minutos. También se realizaron búsquedas de especies crípticas en oquedades debajo de corales y sobre o debajo de escombros coralinos.

Las especies de corales fueron identificadas directamente en los arrecifes y cuando se dificultó su identificación se tomaban pequeños fragmentos del coral para su posterior identificación en el laboratorio, mediante claves taxonomicas especializadas. Para la clasificación de los corales se siguió principalmente la nomenclatura de Wells (1973), Humann y Deloach (2002) y Cairns (2012). Mediante los artículos de Stemann (1991) y Budd *y col.* (2012), se reubicaron taxonómicamente algunas especies de la familia Agaricidae en el género *Undaria*. Asimismo se consideró la lista de especies de Cairns *y col.* (1999) sobre corales extintos y corales sobrevivientes, como otro medio de corroborar la validez de los corales pétreos reportados en este estudio.

**Análisis de los datos.** Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), dominancia de Simpson ( $D$ ) y equitatividad ( $J$ ) de las comunidades de corales de las cinco localidades arrecifales monitoreadas. Se realizaron Análisis de Ordenamiento nmMDS (utilizando el Índice de Bray-Curtis) con el fin de explorar posibles agrupamientos entre las cinco localidades de muestreo (un mMDS de acuerdo a su similaridad en la abundancia y composición de las diferentes especies coralinas y otro según la cobertura lineal de las distintas categorías bentónicas). Con el objetivo de comparar la composición y abundancia de las especies, así como la cobertura lineal entre estaciones (sitios), se utilizó el Análisis de Similaridades (ANOSIM) y el análisis de Porcentaje de Similaridades (SIMPER); este último con el fin de cuantificar la contribución de las distintas categorías bentónicas y

de especies particulares (de acuerdo a su abundancia) en las diferencias observadas. En ambos análisis se usó el índice de Bray – Curtis. Todos los análisis se realizaron con el Programa estadístico PAST.

## RESULTADOS

**Riqueza y Composición de especies en el Archipiélago.** Los principales tipos de formaciones coralinas en el parque lo constituyen: arrecifes de barrera, arrecifes franjeantes, bajos arrecifales o arrecifes de banco y mosaicos coralinos en fondos arenosos. En la Tabla 1 se presenta una breve descripción de los fondos evaluados y sus coordenadas geográficas respectivas. Se registraron 55 especies de corales pétreos y 4 especies de hidrozoos para los 28 fondos coralinos evaluados. En la Tabla 2 se listan las especies encontradas. En cuanto a la composición de especies, una de las mayores diferencias entre los arrecifes y comunidades coralinas estudiados fue la presencia de colonias de las especies del género *Acropora*, las cuales se encontraron en sólo seis de los veintiocho fondos coralinos evaluados.

Excepcionalmente se encontró una franja densa de colonias vivas de *Acropora prolifera* en el arrecife de La Pelona de Rabusquí. Por su parte, en el arrecife de Herradura de Dos Mosquises, también se observaron colonias de *Acropora* con ramas muy largas, de forma muy similar a *A. prolifera* entremezcladas con colonias de *Acropora cervicornis* y formando franjas amplias.

**Tabla 2.** Lista taxonómica de las especies de corales pétreos registrados en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques en el período de estudio (2005-2011).

Orden	Suborden	Familia	Especies
Anthothecata	Capitata	Milleporidae	<i>Millepora squarrosa</i> Lamarck, 1816
			<i>Millepora alcicornis</i> Linnaeus, 1758
			<i>Millepora complanata</i> Lamarck, 1816
		Stylasteridae	<i>Stylaster roseus</i> (Pallas, 1766)
Scleractinia	Astrocoeniida	Acroporidae	<i>Acropora cervicornis</i> (Lamarck, 1816) <i>Acropora palmata</i> (Lamarck, 1816) <i>Acropora prolifera</i> (Lamarck, 1816)
	Fungiidae	Agaricidae	<i>Agaricia fragilis</i> Dana, 1846
			<i>Agaricia lamarcki</i> M. Edwards & Haime, 1851
			<i>Agaricia tenuifolia</i> Dana, 1848
			<i>Agaricia undata</i> (Ellis & Solander, 1786)
			<i>Agaricia grahamae</i> Wells, 1973
			<i>Leptoseris cucullata</i> (Ellis & Solander, 1786)
			<i>Leptoseris sp.</i> Milne Edwards & Haime, 1849
		Undaria	<i>Undaria agaricites</i> Stemman, 1991
		Merulinidae	<i>Undaria humilis</i> Stemman, 1991
		<i>Orbicella annularis</i> (Ellis & Solander)	
		<i>Orbicella faveolata</i> (Ellis & Solander, 1786)	

		<i>Orbicella franksi</i> (Gregory, 1895)
	Montastraeidae	<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)
	Siderastreidae	<i>Siderastrea radians</i> (Pallas, 1766)
		<i>Siderastrea siderea</i> (Ellis & Solander, 1786)
		<i>Porites astreoides</i> Lamarck, 1816
		<i>Porites furcata</i> Lamarck, 1816
	Poritidae	<i>Porites porites</i> (Pallas, 1766)
		<i>Porites divaricata</i> Le Sueur, 1821
		<i>Porites branneri</i> Rathbun, 1888
		<i>Porites colonensis</i> Zlatarski, 1990
		<i>Colpophyllia natans</i> (Houttuyn, 1772)
		<i>Colpophyllia breviserialis</i> ** Milne Edwards & Haime,
		<i>Favia fragum</i> (Esper, 1795)
		<i>Pseudodiploria clivosa</i> (Ellis & Solander, 1786)
		<i>Pseudodiploria strigosa</i> (Dana, 1846)
		<i>Diploria labyrinthiformis</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Manicina areolata</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Solenastrea bourmoni</i> M. Edwards & Haime, 1850
		<i>Mussa angulosa</i> (Pallas, 1766)
	Mussidae	<i>Isophyllia sinuosa</i> (Ellis & Solander, 1786)
		<i>Isophyllastrea rigida</i> (Dana, 1846)
		<i>Mycetophyllia aliciae</i> Wells, 1973
		<i>Mycetophyllia ferox</i> Wells, 1973
		<i>Mycetophyllia lamarckiana</i> Milne Edwards & Haime,
		<i>Mycetophyllia dantiana</i> Milne Edwards & Haime, 1849
Faviina		<i>Scolymia lacera</i> (Pallas, 1766)
		<i>Scolymia cubensis</i> Milne Edwards & Haime, 1849
		<i>Scolymia wellsii</i> Laborel, 1967
		<i>Scolymia</i> sp. Haime, 1852
		<i>Meandrina danae</i> Milne-Edwards and Haime, 1848
		<i>Meandrina meandrites</i> (Linnaeus, 1758)
	Meandrinidae	<i>Dendrogyra cylindrus</i> Ehrenberg, 1834
		<i>Dichocoenia stokesi</i> M. Edwards & Haime, 1848
		<i>Eusmilia fastigiata</i> (Pallas, 1766)
		<i>Madracis decactis</i> (Lyman, 1859)
	Pocilloporidae	<i>Madracis auretenra</i> Locke, Weil & Coates, 2007
		<i>Madracis formosa</i> Wells, 1973
	Dendrophyllidae	<i>Stephanocoenia intersepta</i> (Lamarck, 1816)
	Rhizangiidae	<i>Astrangia solitaria</i> (Lesueur, 1817)
	Dendrophylliina	<i>Tabastraea coccinea</i> Lesson, 1829

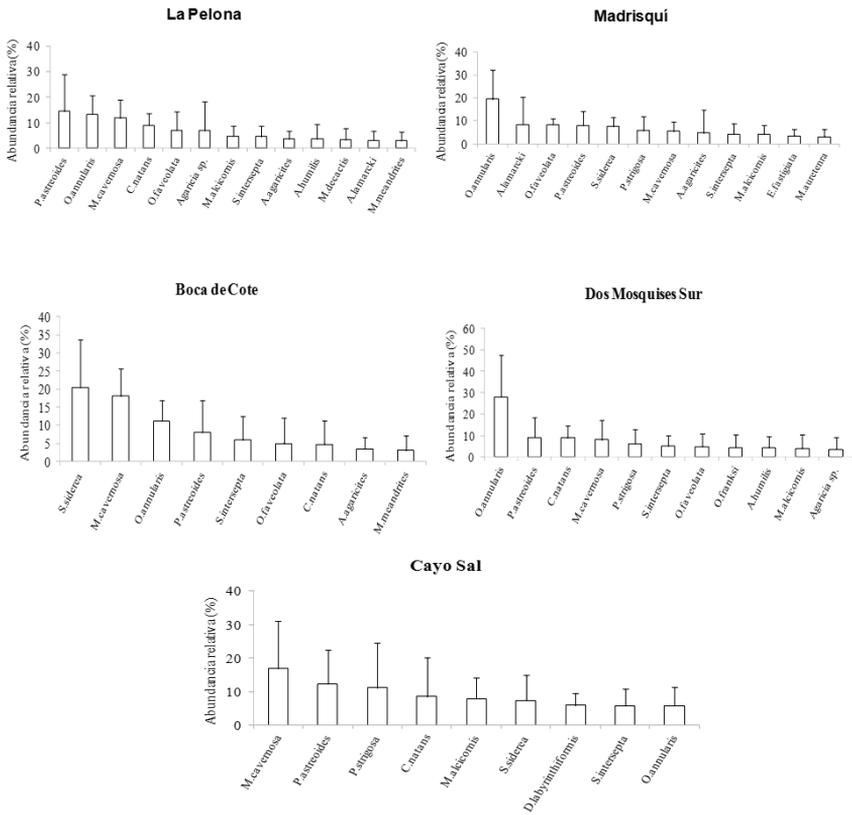
\*\* = Taxa con estatus taxonómico dudoso

La riqueza de especies (Tabla 3) y abundancia relativa (Figura 2) resultó variable entre los arrecifes estudiados, alcanzándose el mayor número de especies en el arrecife de Cayo Sal, con un total de 36 especies, seguido del arrecife de Dos Mosquises Sur con 31, en tercer lugar el de Boca de Cote con 29, seguido de La Pelona de Dos Mosquises, con 27 y finalmente Madrisquí con 23 especies. Todos estos arrecifes fueron evaluados con el método sistemático y en repetidas ocasiones en los distintos años de este estudio. Entre los fondos coralinos donde se realizaron censos visuales, los sitios de menor riqueza de especies (entre 5 y 9 especies) fueron Laguna Central (14), Crasquí La Venada (19), Francisquí Norte (24), e Isla Larga Sur (15). En cuanto a la dominancia

de las especies en términos de su abundancia relativa varió según el arrecife (Figura 2). Así, en Cayo Sal dominan *M. cavernosa* y *P. astreoides*, en Dos Mosquises, *O. annularis* tiene una abundancia relativa muy superior al resto, en el de Boca de Cote, *S. siderea*, *M. cavernosa* y *O. annularis* son las dominantes, en La Pelona *P. astreoides*, *O. annularis* y *M. cavernosa* tienen abundancias relativas semejantes, y en Madrisquí, *O.annularis* fue la de mayor abundancia. Por otra parte, dentro de un mismo arrecife se observaron diferencias en la abundancia relativa de las especies entre los niveles de profundidad, lo que evidencia la zonación de las especies, como respuesta a cambios en los parámetros fisicoquímicos en el perfil de profundidad. Así, en la Tabla 4 se presentan los resultados para marzo de 2011, cuando se evaluaron un total de 950 colonias de corales. Para el estrato somero se puede observar que únicamente en los arrecifes de Dos Mosquises Sur y Madrisquí predomina la misma especie: *O. annularis*. Por su parte en la zona profunda, *Montastraea cavernosa* fue la especie con mayor abundancia relativa en 3 de los 5 arrecifes evaluados. En general se puede evidenciar la predominancia de especies del género *Orbicella* y *Montastraea* para todas las localidades de muestreo.

**Tabla 3.** Riqueza de especies de corales pétreos e hidrozoos en los arrecifes evaluados durante el presente estudio (2005-2011). Se indican con asterisco (\*) las localidades arrecifales que fueron evaluadas del 2009-2011 y sombreados de gris, los valores de riqueza más altos.

Nro. Localidad	Nombre de la localidad	Nro. Esp. hexacorales	Nro. Esp. Hidrozoos
1	Cayo Sal*	36	3
2	La Pelona DMS*	27	2
3	Dos Mosquises Sur*	31	3
4	Dos Mosquises Norte	23	2
5	Dos Mosquises Herradura	12	2
6	Cayo de Agua	11	2
7	Selesquí	17	3
8	Mosquitoquí	15	2
9	Carenero Zona Lagunar	18	1
10	Carenero Arrecife Barlovento	10	1
11	Los Canquises	21	3
12	Yonquí	18	2
13	Isla Larga Punta Oeste	13	2
14	Laguna Central	5	2
15	Isla Larga Sur	6	1
16	Espenquí	14	2
17	Sarquí	19	2
18	Noronquises	21	2
19	Crasquí La Venada (El Paso)	9	2
20	La Pelona Rabusquí	26	2
21	La Buceadora GR	13	1
22	Madrisquí*	23	3
23	Francisquí (del medio)	14	2
24	Francisquí Norte	6	1
25	Boca del Medio	23	2
26	Los Castillos	14	3
27	Sebastopol	17	1
28	Boca de Cote*	29	4



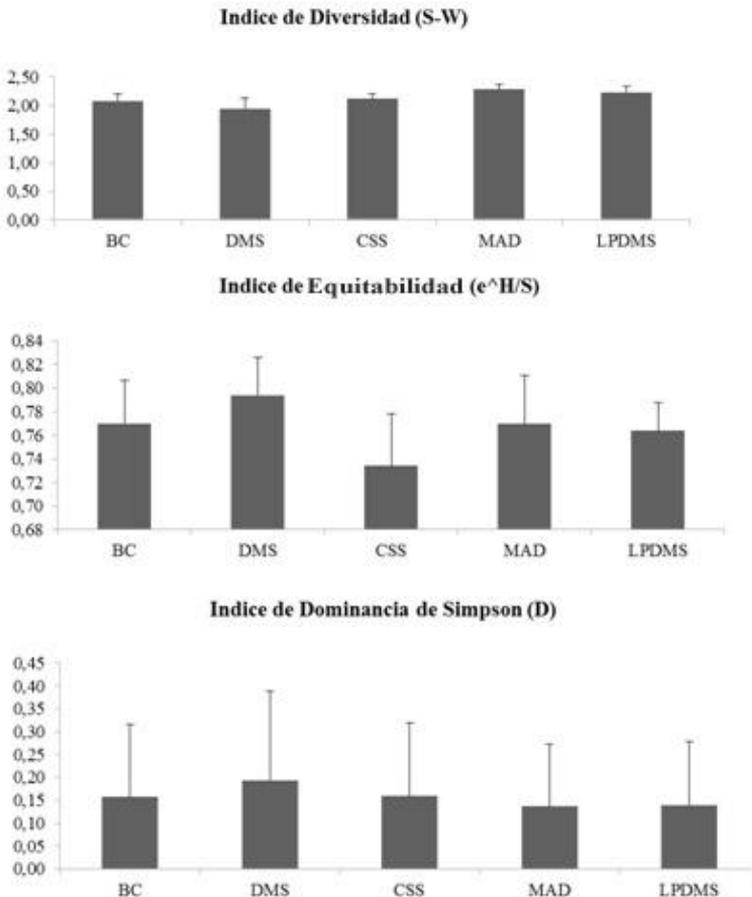
**Figura 2.** Especies con mayor abundancia relativa en los cinco arrecifes monitoreados anualmente en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques (2009-2011).

**Tabla 4.** Especies de corales más abundantes por estrato de profundidad en cada arrecife evaluado. Estratos: S= somero; P=profundo. n= número total de colonias coralinas Evaluación del Año 2011.

LOCALIDAD	ESTRATO	ESPECIE	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	n
<b>La Pelona</b>	S	<i>P. astreoides</i>	18,59 (SE= 9,85)	107
	P	<i>M. cavernosa</i>	16,60 (SE= 3,02)	107
<b>Madrisquí</b>	S	<i>O. annularis</i>	30,90 (SE= 1,17)	74
	P	<i>A. lamarkii</i>	13,78 (SE= 8,90)	89
<b>Boca Cote</b>	S	<i>S. siderosa</i>	29,40 (SE= 7,86)	52
	P	<i>M. cavernosa</i>	22,85 (SE= 1,53)	148
<b>DMS</b>	S	<i>O. annularis</i>	40,44 (SE= 10,93)	62
	P		15,51 (SE= 7,06)	86
<b>Cayo Sal</b>	S	<i>P. strigosa</i>	20,42 (SE= 7,65)	91
	P	<i>M. cavernosa</i>	28,17 (SE= 4,75)	134

**Análisis de diversidad SW para los cinco arrecifes monitoreados.**

En la Figura 3 se muestran en forma comparativa los valores de Diversidad, Equitabilidad y Dominancia de las comunidades de corales evaluadas. Los índices de diversidad y de dominancia resultaron similares en las cinco localidades de estudio. Únicamente el índice de equitabilidad mostró una diferencia leve, particularmente en el caso de Cayo Sal, cuyo valor fue significativamente menor que los estimados para el resto de las localidades.



**Figura 3.** Resultados del Análisis de Diversidad de las cinco comunidades de corales monitoreadas en el Parque Nacional Archipiélago de Los Roques. LPDMS: La Pelona de Dos Mosquises Sur, MAD: Madrisqui, BC: Boca de Cote, DMS: Dos Mosquises Sur, y CSS: Cayo Sal Sur.

**Condición de salud de los arrecifes monitoreados.** En la Tabla 5 se presenta la condición de los cinco arrecifes monitoreados para el 2011, tomando como indicadores de salud la cobertura de coral vivo y de coral muerto. Las coberturas fueron variables entre los cinco arrecifes. La de coral vivo osciló entre 19,82 % (Cayo Sal) y 43,40% (Madrisquí) y la de coral muerto entre 21,78% (Madrisquí) y 54,13% (DMS). Estos valores de cobertura de coral vivo son notablemente bajos en comparación con los estimados al inicio de esta investigación (2005-2006), con coberturas de 37,1% (SE=7,93) para Cayo Sal, 61% (SE=3,24) para Boca de Cote y 66 % (SE=5,04) para Dos Mosquises Sur. Los arrecifes de La Pelona y Madrisquí no fueron considerados en las evaluaciones del periodo 2005/2006, esta es la razón por la cual no se incluyen sus datos. Los valores estimados de cobertura de coral muerto y los de coral vivo de 2011, indican un deterioro importante en la comunidad arrecifal en casi todas las localidades estudiadas, alcanzando valores muy altos en los arrecifes de Dos Mosquises y La Pelona (Tabla 3), al suroeste del archipiélago. El valor de cobertura de coral vivo para Dos Mosquises Sur disminuyó notablemente, esto es consecuencia de la mortalidad de colonias muy grandes de *O.annularis* y *C.natans* y lechos extensos de *Madracis auretenra*, las cuales muy probablemente murieron después del blanqueamiento que sufrieron entre octubre y noviembre del 2010, o por la aparición de enfermedades, en colonias previamente afectadas y debilitadas por el blanqueamiento. Dicho resultado se corresponde con el alto valor de cobertura promedio de coral muerto para Dos Mosquises Sur en 2011 (54,13%); de igual forma para Boca de Cote, la cobertura promedio de coral muerto (similar en magnitud a la de coral vivo), explica la disminución de la cobertura de coral vivo en 2011. En el caso de Cayo Sal y La Pelona, los valores de cobertura de coral vivo registrados para 2011 no se deben exclusivamente a la pérdida de tejido coralino en 2010, sino también a la aleatoriedad en la colocación de los transeptos, ya que los mismos quedaron sobre fondos con alta predominancia de octocorales y arena. Con respecto a Madrisquí, la situación es distinta, ya que varios de los transeptos realizados coincidieron con una alta presencia de corales, especialmente en la zona somera, lo cual condujo a una estimación elevada de cobertura de coral vivo; también en un transepto se halló una alta cobertura de esponjas. En este caso no es posible afirmar que el evento de blanqueamiento del 2010 condujo a una alta mortalidad de corales en este arrecife.

**Tabla 5.** Cobertura promedio (%) de coral vivo y muerto en la evaluación del año 2011 (marzo). Entre paréntesis se presenta el error estándar (SE).

Arrecife	Coral Vivo 2011 (%)	Coral muerto 2011 (%)
Boca de Cote	29,01 (2,63)	31,20 (8,83)
Cayo Sal	19,82 (2,92)	24,44 (10,34)
Dos Mosquises	29,50 (8,99)	54,13 (13,62)
La Pelona	20,67 (11,40)	45,50 (7,98)
Madrisquí	43,40 (6,73)	21,78 (8,26)

La identificación y cuantificación de los distintos factores que se encuentran afectando a los corales en los arrecifes de estudio se muestran en la Tabla 6. En la evaluación del mes de marzo de 2011, fue particularmente frecuente la observación de palidez en colonias coralinas de diversas especies, lo que evidencia la etapa de recuperación de muchas colonias del proceso de blanqueamiento de los últimos meses del 2010, durante los cuales se produjo un incremento notable de la temperatura promedio de las aguas del archipiélago, por aproximadamente 4 meses, afectando la condición de estos organismos. Para el total de arrecifes evaluados, entre el 25% y 36% de las afectaciones que presentaron los corales correspondieron a blanqueamiento o palidez en las colonias. Las enfermedades se ubicaron como el segundo factor más observado, siendo la plaga blanca, banda amarilla y lunares oscuros las más comunes (en la tabla se presenta el porcentaje total de colonias enfermas, sin discriminar la enfermedad). Cabe mencionar que los arrecifes de la Pelona de Dos Mosquises Sur (2 ) y el de Cayo Sal (1), ambas al suroeste del archipiélago, fue donde se observaron un mayor número de colonias enfermas. Entre las especies coralinas más afectadas están *Colpophyllia natans*, *Siderastrea siderea*, *Agaricia agaricites*, *Montastraea cavernosa*, *O. annularis* y *O. faveolata*.

Por otra parte, se cuantificó un gran número de colonias, cuya afectación no pudo ser identificada, en parte, debido al estado de deterioro de las mismas o de partes de estas.

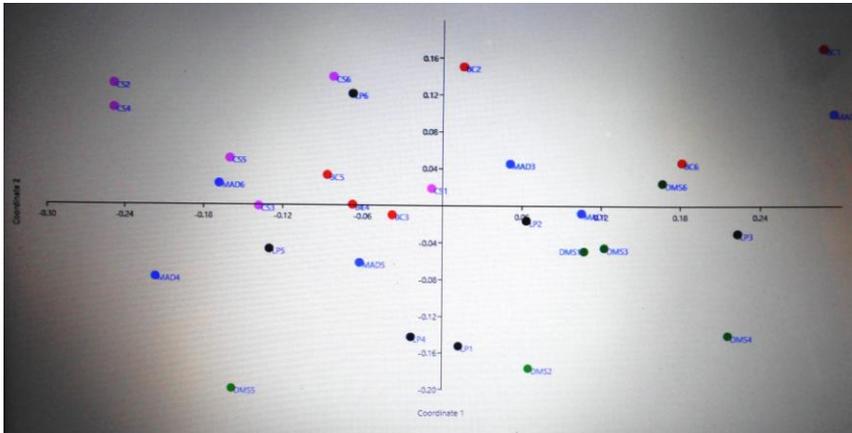
**Tabla 6.** Importancia relativa de los distintos factores de daño que afectan los corales en las cinco localidades de estudio (% de colonias con la afectación). Los datos corresponden a la evaluación de marzo 2011. LPDMS: La Pelona de Dos Mosquises Sur, MAD: Madrisqui, BC: Boca de Cote, DMS: Dos Mosquises Sur, y CSS: Cayo Sal Sur.

<b>Factor de estrés</b>	<b>LPDMS (n=122)</b>	<b>MAD (n=86)</b>	<b>BC (n=133)</b>	<b>DMS (n=94)</b>	<b>CSS (n=97)</b>
Sobrecrecimiento	2.46	5.81	3.01	1.06	6.19
Daño mecánico	2.46	10.46	0.00	4.26	4.12
Enfermedades	15.57	4.65	8.27	8.51	12.37
Bioerosión	3.28	1.16	9.02	2.13	2.06
Depredación	0.82	0.00	0.75	0.00	1.03
Palidez/Blanqueamiento	25.41	31.40	27.07	36.17	29.90
Combinación de factores	6.56	2.33	3.76	9.57	5.15
Desconocido	43.44	44.19	48.12	38.30	39.18

### **Comparación de los arrecifes mediante los Análisis Multivariados.**

En general, no se observaron agrupaciones muy definidas de los arrecifes estudiados. La aplicación del análisis no paramétrico MDS considerando el número de colonias por especie, no produjo ninguna agrupación ni separación de los transeptos correspondientes a una misma localidad, ni tampoco agrupaciones de dos o más localidades

sobre una zona particular del gráfico. Estos resultados indican que el número de colonias por especie en cada transecto es muy variable, y no refleja ningún patrón de agrupación para un mismo arrecife o entre arrecifes distintos. Al realizar el MDS considerando la cobertura lineal de las distintas categorías bentónicas (coral, esponjas, octocorales, arena, escombros, arena y escombros), por transecto y localidad, el análisis separó únicamente a los transectos de dos localidades, la de Dos Mosquises Sur y la de Cayo Sal, cada una en un sector distinto del plano, para el resto de los arrecifes se encontró una alta sobreposición de transectos (Figura 4). De acuerdo con esto, tanto el arrecife de Dos Mosquises Sur, como el de Cayo Sal parecen ser más homogéneos internamente, en cuanto a la cobertura lineal que presentan las categorías bentónicas consideradas. De acuerdo al ANOSIM para este análisis se demuestra que los arrecifes de Cayo Sal y Dos Mosquises presentan diferencias en las coberturas lineales de las categorías consideradas ( $R=0,199$  y  $p=0,0041$ ). De igual forma, los resultados del ANOSIM, que compara el número de colonias por especie entre los arrecifes, también indica que existen diferencias entre los arrecifes estudiados ( $R=0,1791$  y  $p=0,0049$ ).



**Figura 4.** Resultados del Análisis MDS con cobertura lineal de las categorías bentónicas: coral, esponjas, octocorales, arena, escombros, arena y escombros, por transecto y localidad en los cinco arrecifes monitoreados. Año 2011.

Finalmente, en el análisis SIMPER considerando nuevamente la cobertura lineal de las seis categorías bentónicas se encuentra que la disimilaridad global, entre todos los grupos es relativamente baja, de 40,81%. No obstante cuando se aplica este análisis comparando las localidades de Cayo Sal y Dos Mosquises (previamente identificadas por

el ANOSIM como distintas), el valor de disimilitud incrementa al 50,02%. Las pruebas a posteriori indican que la cobertura de octocorales y de coral vivo son las variables que más contribuyen a estas diferencias, aportando un valor acumulativo de 80,69% entre ambas.

Al aplicar el SIMPER para el número de colonias por especie considerando todos los arrecifes, se obtuvo un valor de disimilaridad global de 63,07% siendo las especies *M.cavernosa*, *P.astreoides*, *O.annularis*, *S.siderea*, *C.natans*, *P.strigosa*, *S.intersepta*, y *O.faveolata*, las que más contribuyen a estas diferencias, acumulando un total de 63,89% de la disimilitud total. Cuando se realizaron las comparaciones por pares de arrecifes (Tabla 7), se encontraron valores muy similares al de disimilitud total, siendo los valores más altos los obtenidos entre los arrecifes de Cayo Sal y Dos Mosquises (68,19%) y Cayo Sal y Madrisqui (68,01%).

**Tabla 7.** Resultados de las pruebas a posteriori del Análisis SIMPER, al considerar como variable el número de colonias de cada especie de coral (no incluye Hydrozoa) en los cinco arrecifes para el 2011. Los valores indican el porcentaje de disimilitud entre las localidades comparadas.

Arrecife	La Pelona	Madrisqui	Dos Mosquises	Cayo Sal	Boca Cote
<b>La Pelona</b>		60,72	57,29	64,5	61,65
<b>Madrisqui</b>			57,56	68,01	62,84
<b>Dos Mosquises</b>				68,19	66,41
<b>Cayo Sal</b>					63,57

## DISCUSIÓN

El total de especies de corales pétreos registradas en el presente estudio (55) es bastante cercano al registrado por Hung (1985), quien reportó 57 especies para cuatro comunidades coralinas y arrecifes, del sector noroccidental del parque (Dos Mosquises Norte, Dos Mosquises Sur, y dos montículos arrecifales al este del cayo Dos Mosquises Norte) y menor que las 69 especies (61 hermatípicos con zooxantelas y 8 ecomorfos) reportadas por Weil (2003). Podríamos considerar que parte de estas diferencias se deben a la presencia de especies de corales no hermatípicos, ubicados en zonas crípticas en los arrecifes (oquedades, superficies no expuestas de otros corales, etc), ya que probablemente nuestro esfuerzo de muestreo en estos hábitats ocultos fue menos intensivo que el realizado por Weil. Tal es el caso de los corales, *Madracis asperula*, *Madracis senaria*, *Madracis pharensis*, *Rhizosmilia maculata*, *Astrangia solitaria*, *Cladocora arbuscula* y *Gardineria minor*, especies de hábitats crípticos, hallados por dicho autor, pero no en el presente estudio. Por otra parte, los valores reportados por Weil (2003) se refieren

a evaluaciones realizadas durante la década de los 80 y principios de los 90, es posible que con los avances en la taxonomía molecular algunas especies previamente separadas, no lo estén en la actualidad. Lo anterior podría ser ejemplificado con las especies del género *Agaricia*, actualmente designado como *Undaria*, muchas de las cuales son morfotipos de una misma especie (*A. agaricites* forma *carinata*, *A. agaricites* forma *purpurea*, *A. agaricites* forma *danai*), no obstante fueron incorporadas previamente como especies diferentes, por otros autores (Hung, 1985; Weil, 2003) en la lista total de especies para Los Roques (69 especies). El tipo de muestreo empleado también pudiera tener alguna influencia. Bruckner y Bruckner (2006) reportaron un máximo de 25 especies de corales por transecto (de 10 m de largo) en 6 arrecifes al noroeste de Curazao, los cuales evaluaron hasta los 25 m de profundidad, y al igual que en este estudio, encontraron que las especies del género *Orbicella* dominan estos arrecifes. Las colonias de estas especies son bastante grandes, es posible que la utilización de estos transectos cortos en la evaluación de las comunidades coralinas limite encontrar un alto número de especies de corales y en consecuencia una mayor riqueza de especies. Por otra parte, la alta variabilidad en la riqueza de especies para las 28 localidades evaluadas es consecuencia de la diferencia en el tipo de arrecife o comunidad coralina evaluada y quizás en parte, del esfuerzo de muestreo realizado. Los arrecifes en los cuales se realizó un monitoreo desde el 2009 hasta el 2011 fue donde mayor número de especies se encontró, lo cual podría ser un indicador de la importancia de la magnitud del área muestreada (300 m<sup>2</sup> muestreados en cada arrecife por expedición, total de 1200 m<sup>2</sup>). Sin embargo este argumento no es válido para todos los fondos coralinos evaluados en esta investigación, ya que en algunas comunidades coralinas ubicadas a poca profundidad (< 4 m) y en zonas de altas corrientes, se hallan naturalmente muy pocas especies (ej. Isla Larga Sur y Laguna Central). Por otra parte, consideramos que la implementación de censos visuales en recorridos amplios por el arrecife, como método de muestreo complementario a las bandas transectos elimina en gran medida la limitación del área en la consecución de más especies de corales, lo que nos lleva a concluir que el número de especies hallado en este estudio es un buen estimador de la riqueza real de las especies de corales, al menos para las observables a simple vista (no crípticas).

Por su parte, Miloslavich (2010) en su revisión y recopilación de datos generados por diversos autores sobre la diversidad de los grupos de invertebrados marinos de Venezuela, señaló que existen 79 especies de corales en el país, lo que indica la relevancia del archipiélago Los Roques como lugar que reúne la gran mayoría de especies coralinas del país (82,69% del total). Parte de las especies ausentes en Los Roques corresponden a corales ahermatípicos, solitarios y adaptados a condiciones de aguas más frías, tales como las que existen en la zona

oriental del país, *Oculina robusta*, *Oculina valenciennesi* y *Oculina varicosa* (Ramírez-Villarroel, 2001). La riqueza de especies de corales hallada en este estudio para el archipiélago Los Roques es cercana y en la mayoría de los casos, superior a la hallada en áreas arrecifales de otras islas de Venezuela. Así, Urich (1977) reportó 62 especies para un arrecife de La Orchila (54 hermatípicos); Weil (2003) en un muestreo realizado en La Blanquilla en 1984 encontró 47 especies (43 con zooxantelas); Del Mónaco *y col.* (2010) registraron 23 especies en la isla de La Tortuga; Ramírez-Villarroel y González (1974, 1975, 1978) 22 especies en Margarita; Buccimazza (1984) encontró 25 para la Isla de Coche; Weil (no publicado) registró 31 especies (26 hermatípicos) en las islas de Coche y Cubagua al sur de Margarita; Boadas (2011) reportó un total de 12 especies para la isla de Los Frailes, cerca de la isla de Margarita, y finalmente Yranzo *y col.* (en prensa) encontraron 36 especies de corales pétreos y 4 de hidrozoos en Isla de Aves.

Por otra parte, la riqueza de corales del archipiélago es muy superior a la de las islas cercanas a la costa continental del país. Así en la región centro-occidental del país encontramos que en las Islas Ratón, El Rey, Isla Larga, Alcatraz y Santo Domingo (en el área de Puerto Cabello) se han registrado 19 especies de corales pétreos (Rodríguez *y col.* 2011; Del Mónaco *y col.*, 2012); del Parque Nacional Morrocoy se han reportado cambios en el número de especies a lo largo del tiempo, así Pauls (1995) reportó 45 especies, mientras que Villamizar (2000) sólo reportó 26 especies, posiblemente como consecuencia del evento de mortalidad masiva que impactó los arrecifes de este parque en el año 1996; también en la región occidental, en la Bahía de Adícora, se registraron 13 especies (Eizaga, 2013). En el oriente del país se han evaluado varias localidades. Así para el Parque Nacional Mochima se conocen 37 especies (Olivares, 1971, Campos Villarroel, 1972; Pauls, 1982); en dos localidades del Golfo de Cariaco Sant *y col.* (2002) encontraron 33 especies de corales pétreos; en las Bahías de Santa Fe, Bahía de Mochima y Manzanillo, Sant *y col.* (2002) hallaron 22 especies. Por su parte, a nivel regional, la riqueza de especies del Phylum Cnidaria en el Caribe es 994, de los cuales aproximadamente 91 son corales hermatípicos, pudiendo variar la riqueza según el país. Como ejemplo, en el Caribe Sur tenemos los siguientes datos: Caribe Colombiano 65 especies (Díaz *y col.*, 2000), en Aruba-Curazao-Bonaire (ABC) 68, y en Trinidad-Tobago (TT), 41 especies (Miloslavich *y col.*, 2010). Con relación al Caribe Norte, la riqueza de especies de corales encontrada en este estudio es comparable a la de la República Dominicana, en el Parque Nacional Jaragua (Weil, 2006), donde encontraron 56 especies, 51 con zooxantelas y 5 sin éstas.

Los valores de los índices de diversidad en los arrecifes de Los Roques resultaron altos (1,25 - 2,28), seguramente influenciados por la alta riqueza de especies encontrada. La ausencia de diferencias en los índices

de diversidad, dominancia y en menor grado de equitabilidad, entre los cinco arrecifes monitoreados, pareciera indicar que las comunidades evaluadas tienen estructuras ecológicas similares, sin embargo debemos recordar que los mismos fueron estimados a partir de los valores de abundancia de las especies y no de la cobertura de las mismas. Existe una gran diferencia entre la cobertura de coral vivo estimada para los cinco arrecifes (Tabla 4), la cual no sólo es atribuible a la pérdida de tejido coralino en los mismos, sino a diferencias en las especies dominantes y en las dimensiones de las colonias de corales en las áreas monitoreadas. Como ejemplo podemos mencionar el predominio de grandes colonias de *O. annularis*, *O. faveolata* y *C. natans* en los arrecifes de Dos Mosquises Sur y La Pelona, las cuales al ser afectadas por el blanqueamiento y *a posteriori* por patógenos, derivan en una gran pérdida de cobertura en estos arrecifes (mortalidad parcial de las colonias), a pesar de que dicha afectación no cambie de forma notable la abundancia de las mismas.

Los análisis multivariados revelaron que la variable número de colonias por especie, no permite una separación clara entre las distintas localidades arrecifales estudiadas, mientras que la cobertura de las distintas categorías bentónicas resultó de mayor utilidad en la diferenciación de algunos arrecifes, particularmente la cobertura de coral vivo, la de gorgonios y de ciertas especies coralinas como, *M. cavernosa*, *P. astreoides*, *O. annularis*, *S. siderea*, *C. natans*, *P. strigosa*, *S. intersepta* y *O. faveolata*. No obstante, la disimilitud entre los arrecifes no es muy alta, a excepción de la hallada entre el arrecife de Dos Mosquises Sur y el de Cayo Sal.

Con relación a la evaluación de la condición de salud de las colonias y sus principales fuentes de daño, se identificó en primer lugar al blanqueamiento, luego a la enfermedad de la plaga blanca, seguidamente por la banda amarilla y finalmente por la enfermedad de los lunares oscuros, resultados que concuerdan con los encontrados para diversas localidades del Caribe. En contraste, Bastidas *y col.* (2012) reportaron para febrero de 2011 una alta prevalencia de la enfermedad de la banda negra en Dos Mosquises (6%) y resaltaron que dicho valor es muy superior al estimado para la misma enfermedad en el 2007 (1%).

Entre los cinco arrecifes monitoreados, las comunidades bentónicas del arrecife de Dos Mosquises Sur (DMS), particularmente su comunidad coralina, podría ser considerado como un sistema modelo de la evolución de los mismos dentro del archipiélago, testigo de los cambios ocurridos a lo largo del tiempo en estas comunidades. Desde el año 1999 se ha evaluado la condición de este arrecife, considerando como indicadores de su condición, la cobertura de coral vivo, cobertura

de coral muerto, riqueza y abundancia de sus especies, así como la condición de salud de las colonias coralinas. También se tiene conocimiento de sus comunidades de peces y de la cobertura de los distintos grupos funcionales de algas en este arrecife. En la actualidad este arrecife muestra evidencias claras del deterioro de sus corales, habiendo disminuido la cobertura de coral vivo de estas comunidades en un 100%, en comparación con el año 1999 (Villamizar *y col.*, 2003). Es discutible si la nueva condición del arrecife de DMS ocurrió o no gradualmente. Consideramos que un gran número de sus colonias coralinas se vieron afectadas por repetidos eventos de estrés (años 2005, 2008, 2010) durante épocas de severos incrementos de la temperatura del agua (Villamizar, 2008; Bastidas, 2012) lo que fue disminuyendo su capacidad de recuperación a lo largo del tiempo. Bastidas *y col.* (2012) estimaron para el arrecife de DMS una cobertura de coral vivo de sólo 29,1%, pérdida atribuida al incremento de la temperatura del agua por encima de 29°C por un período de más de 4 meses en 2010, evento que no sólo afectó los arrecifes de Los Roques, sino también los de otras zonas del país. La condición futura de las comunidades coralinas del arrecife de Dos Mosquises Sur dependerá de varios factores, entre éstos, la disponibilidad de sustrato duro y el consecuente reclutamiento coralino, una comunidad de peces con presencia equilibrada de los distintos grupos tróficos, muy especialmente de herbívoros, de los cuales depende en gran parte el pastoreo de macroalgas que invaden los sustratos duros. De acuerdo a Hughes *y col.* (2013), la reversión del estado de arrecifes degradados requiere de una reducción en impactos humanos tales como la sobrepesca, contaminación y emisiones de gases invernadero. La reversión requiere además el manejo de algunos procesos ecológicos, tales como el reclutamiento coralino y la herbivoría, que simultáneamente debilitan la resiliencia del estado degradado y fortalecen el estado dominado por corales. La evolución de la condición de este arrecife servirá de modelo en investigaciones relativas a la resiliencia de estos sistemas, al menos para arrecifes oceánicos en la región del Caribe Sur, especialmente debido a que las presiones o agentes de estrés antropogénico sobre el mismo son mínimos y cualquier signo de cambio de estado en el mismo sería producto de la acción de agentes naturales o del cambio climático.

El deterioro o pérdida de los sistemas arrecifales del Archipiélago de Los Roques, podría representar para Venezuela, una disminución sin parangón de biodiversidad marina, de hábitats para invertebrados y peces, y un fuerte impacto negativo sobre la economía de los pobladores locales (roqueños), los cuales basan gran parte de su sustento en los recursos marinos que allí viven temporal o permanentemente y de la actividad turística, como producto del extraordinario atractivo escénico de estos sistemas.

## AGRADECIMIENTOS

Al personal de la FCLR por todo su apoyo durante la realización de este trabajo y muy especialmente a “Moncho” por su amistad y a su equipo de trabajo en la Estación de Biología Marina de Dos Mosquises Sur. A la operadora de Buceo “Arrecife Divers” quienes nos apoyaron con el préstamo de equipos de submarinismo y el llenado de los tanques para las actividades de buceo. A INPARQUES y al MPPA, por haber autorizado la realización de esta investigación en el PNALR. A las Instituciones que nos financiaron: Conservación Internacional, Capítulo Venezuela, el FONACIT (LOCTI) y Rolex de Venezuela.

## LITERATURA CITADA

- Bastidas, C., D. Bone, A. Cróquer, D. Debrot, E. García, A. Humanes, R. Ramos y S. Rodríguez. 2012. Massive hard coral loss after a severe bleaching event in 2010 at Los Roques, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 60(Supl.1):29-37.
- Boadas, H. 2011. Caracterización de las comunidades de corales escleractíneos más representativas de la franja de sotavento de los islotes la Pecha y Puerto Real, Archipiélago de Los Frailes, Dependencia Federal, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas al Mar (ECAM). 72 pp.
- Bruckner, A.W. y R.J. Bruckner. 2006. The recent decline of *Montastraea annularis* (complex) coral populations in western Curaçao: a cause for concern? *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol.) 54 (Suppl. 3):45-58.
- Buccimazza, V. 1984. Corales escleractinios y algunas relaciones ambientales en la Isla de Coche, Venezuela. Trab. Grado Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 89 pp.
- Budd, A. F., H. Fukami., N.D. Smith y N. Knowlton. 2012. Taxonomic classification of the reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society* 166:465–529. doi: 10.1111/j.1096-3642.2012.00855.x.
- Cairns, S.D., B.W. Hoeksema y J. Van Der Land. 1999. Appendix: List of Extant Stony Corals. Pp:13-46.
- Cairns, S.D. y M.V. Kitahara. 2012. An illustrated key to the genera and subgenera of the recent azooxanthellate *Scleractinia* (Cnidaria, Anthozoa), with an attached glossary. *ZooKeys* 227:1–47.
- Campos-Villaroel, R.A. 1992. Aporte al estudio de los corales (Coelenterata) de la Bahía de Mochima, Edo. Sucre. *Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat.* 29 (122-123):545-599.
- Cróquer A., S.M. Pauls y A.L. Zubillaga. 2003. Coral disease outbreak in a coral reef at Los Roques National Park. *Journal of Tropical Biology* 51(3):39-45.
- Eakin, M., J.A. Morgan, S.F. Heron, T.B. Smith, G. Liu, L. Alvarez-Filip, B. Baca, E. Bartels, C. Bastidas, C. Bouchon, [...], S.C.C. Steiner, E. Villamizar, S.M. Walsh, C. Walter, E.Weil, E.H. Williams, K.W. Roberson y Y. Yusuf. 2010. Caribbean Corals in Crisis: Record Thermal Stress, Bleaching, and Mortality in 2005. *PLoS ONE* 5: e13969.
- Del Mónaco, C., S. Narciso, F. Alfonso, E. Gimenez y F. Bustillos. 2010. Evaluación de las comunidades de corales y peces de algunos arrecifes de la Isla la Tortuga y cayos adyacentes, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 44(3):353-376.

- Del Mónaco, C., G. Haiek, S. Narciso y M. Galindo. 2012. Massive bleaching of coral reefs induced by the 2010 ENSO, Puerto Cabello, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 60(2):527-538.
- Eizaga, M. 2013. Estructura de las comunidades coralinas de Adicora, estado Falcón, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. 89 pp.
- Díaz, J.M., G. Díaz-Pulido y J.A. Sánchez. 2000. Distribution and structure of the southernmost Caribbean coral reefs: Golfo de Urabá, Colombia. *Scientia Marina* 64(3):327-336.
- García A., A. Cróquer y 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(9):448-453.
- García, A., A. Cróquer y S.M. Pauls. 2003. Estado actual de las enfermedades y otros signos de deterioro coralino en siete arrecifes del Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 51(Supl. 4):173-180.
- Gardner, T., I. M. Cote, J. A. Gill., A. Grant. y A. R. Watkinson. 2003. Corals Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean. *Science* 301:958-960.
- Hughes, T. P., N. A. Graham, J.B.C. Jackson, P.J. Mumby y R.S. Steneck. 2010. Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends In Ecology & Evolution* 25(11):633-642.
- Hughes T.P., C. Linares., V. Dakos., I. A. van de Leemput y E. H. van Nes. 2013. Living dangerously on borrowed time during slow, unrecognized regime shifts. *Trends in Ecology & Evolution* 28(3):149-155.
- Humann, P y N. Deloach. 2002. *Reef Coral Identification: Florida, Caribbean, Bahamas*. New World Publications, Second Edition. Florida. 278 p.
- Hung, M. 1985. Los corales pétreos del Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 204 pp.
- Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B. J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner† y R.R. Warner. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293:629-637.
- Kramer, P. 2003. Synthesis of coral reef health indicators for the Western Atlantic: results of the AGRRA program (1997-2000). En: Status of Coral Reefs in the Western Atlantic: Results of the initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program (J.C.Lang, Ed.). *Atoll Res. Bull.* 496:1-55.
- Méndez, J. 1978. Archipiélago Los Roques/Islands de Aves. Cuadernos Lagoven, Serie Ecología, Cromotip. 48 pp.
- Miloslavich, P., J.M. Díaz, E. Klein, J.J. Alvarado, C. Díaz, J. Gobin, E. Escobar-Briones, J.J. Cruz-Motta, E. Weil, J. Cortes, A.C. Bastidas, R. Robertson, F. Zapata, A. Martín, J. Castillo, A. Kazandjian y M. Ortiz. 2010. Marine Biodiversity in the Caribbean: Regional Estimates and Distribution Patterns. *PLoS ONE* 5(8): e11916. doi:10.1371/journal.pone.0011916.
- Olivares, M. 1971. Estudio taxonómico de algunos madreporarios del Golfo de Cariaco, Sucre Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente* 10:73-78.
- Pauls, S. 1982. Estructura de las comunidades coralinas de la Bahía de Mochima, Venezuela. Trabajo de Grado de Maestría. Ciencias Marinas I.O.V. Universidad de Oriente. 124 pp.
- Pauls, S. 1995. Inventario de fauna (Porifera, Cnidaria y Echinodermata) y caracterización de comunidades marinas de algunos cayos del Parque Nacional Morrocoy. En: *Ecosistema Morrocoy: estado actual de las investigaciones y*

- perspectivas futuras* (Klein, E y D. Bone, Eds.). INTECMAR, Universidad Simón Bolívar, pp:34-35.
- Ramirez-Villarroel, P. 2001. Corales de Venezuela. Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente; Fundaconferry. Porlamar, Venezuela, 219 pp.
- Rodríguez, S., A. Cróquer., D. Bone., y C. Bastidas. 2010. Severity of the 1998 and 2005 bleaching events in Venezuela, Southern Caribbean. *Journal of Tropical Biology* 58(3):189-196.
- Rodríguez, J.G., A.T. Herrera R., M. Colmenares y C.T. Rodríguez. 2011. Estructura de la comunidad íctica arrecifal en el Parque Nacional San Esteban, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 50(1):31-40.
- Stemann, T.A. 1991. Evolution of the reef coral family Agariciidae (Anthozoa: Scleractinia) in the Neogene through Recent of the Caribbean. Ph.D dissertation. Univ. of Iowa, Iowa, EEUU. 321 pp.
- Sant, S. A. Prieto y E. de Elguezabal. 2002. Composición y estructura de la comunidad de corales en dos localidades del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 41:39-44.
- Rutten, L.M., M. Chiappone., D.W.Swanson., S.L .Miller. 2008. Stony coral species diversity and cover in the Florida Keys using design-based sampling. Proceedings of the 11<sup>th</sup>. International Coral Reef Symposium, Session number 18.
- Urich, J.F. 1977. Estructura comunitaria de un arrecife coralino al suroeste de la Orchila, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Escuela Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas.147 pp.
- Villamizar, E. 2000. Estructura de una comunidad arrecifal en Falcón, Venezuela, antes y después de una mortalidad masiva. *Rev. Biol. Trop.* 47 Supl:19-30.
- Villamizar, E., J.M. Posada y S.Gómez. 2003. Rapid Assessment of Coral Reefs in the Archipiélago de Los Roques National Park, Venezuela (Part I: Stony Corals and Algae). En Status of Coral Reefs in the western Atlantic: results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program (J.C. Lang, Ed.), Atoll Research Bulletin 496. Pp:512-529.
- Villamizar, E., H. Camisotti., B. Rodríguez., J. Pérez y M. Romero. 2008. Impacts of the 2005 Caribbean bleaching event at Archipiélago de Los Roques National Park, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 56(Supl.1):255-270.
- Weil, E. 1985. Corales escleractinidos del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques. Informe Técnico Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 5 pp.
- Weil, E. 2003. The corals and coral reefs of Venezuela: 303-330 En: Latin American Coral Reefs (Cortes, J., Ed.). CIMAR, Universidad de Costa Rica San Pedro, Elsevier Science.
- Weil, E. 2006. Diversidad y abundancia relativa de corales, octocorales y esponjas en el Parque Nacional Jaragua, República Dominicana. *Rev. Biol. Trop.* 54(2):423-443.
- Wells, J.W.1973. New and old scleractinian corals from Jamaica. Corals from Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 23(1):16-58.
- Wilkinson, C y D. Souter. 2008. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 pp.
- Work, R.C. 1969. Systematics, Ecology, and Distribution of the Mollusks of los Roques, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 19(3):614-711.
- Yranzo, A., E. Villamizar., M. Romero y H. Boadas. 2014. Estructura de las comunidades de corales y octocorales de Isla de Aves, un refugio de Venezuela en el Caribe Nororiental. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*, 62 (Suppl. 3):115-136.
- Zubillaga, A., S.M. Pauls y A. Cróquer. 2003. Evaluación de las actividades del buceo recreativo sobre la estructura comunitaria de algunos arrecifes del Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 51(3):189-195.