



ESTUDIO DE LÍNEA BASE DE LAS FORMACIONES CORALINAS DE YUNDIGUA Y EL MUELLE, ISLA GORGONA, PACÍFICO COLOMBIANO

A. Acosta, D. Galindo-Uribe, P. Isaacs

*UNESIS, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Pontificia Universidad Javeriana. Cra. 7 No. 40-62, Bogotá, Colombia.
laacosta@javeriana.edu.co; dianaguribe@yahoo.com; ecololita@hotmail.com*

RESUMEN

Los arrecifes del Parque Nacional Natural Isla Gorgona han sido considerados los más importantes del Pacífico Oriental Tropical (POT) dada su complejidad estructural y extensión; debido a ello han sido ampliamente estudiados en Colombia. Sin embargo, la estructura de la comunidad coralina de algunas áreas aun no ha sido descrita, particularmente aquellas formaciones coralinas destinadas al uso recreativo. Sólo estudios de línea base y monitoreos permitirán definir cambios temporales causados por las actividades antrópicas y la capacidad de carga soportada por los corales en Gorgona. Por ello, la estructura de la comunidad de escleractíneos se estimó en términos de composición, cobertura, diversidad (alfa y beta) y distribución espacial tanto en Yundigua (bajo uso reciente no extractivo) como en El Muelle (altamente disturbada en el pasado-uso extractivo, y ahora bajo protección). Yundigua, descrito aquí por primera vez para Gorgona, presenta un tipo de arrecife denominado comunidad coralina, siendo dominado por especies masivas y ramificadas que colonizan cantos rodados en un fondo predominantemente arenoso, lo que limita su distribución espacial. Esta comunidad es altamente heterogénea en el espacio en términos de composición y cobertura. El Muelle, arrecife zonificado de tipo franjeante, es dominado por especies ramificadas del género *Pocillopora*, principalmente en la cresta arrecifal. La cobertura relativa de coral vivo no fué significativamente diferente entre las dos formaciones; no obstante, la geomorfología arrecifal si lo fué, por la forma de crecimiento de las especies. La comunidad coralina de Yundigua presentó la mayor riqueza (6 especies), diversidad y uniformidad respecto al arrecife de El Muelle (3 especies) y la prueba t de Shannon corroboró este resultado. La baja similitud estructural entre las dos formaciones coralinas (50%, Bray Curtis), respalda la alta complementariedad taxonómica encontrada (71%) entre las dos formaciones. Por su parte, la diferencia en diversidad puede ser explicada por: 1. el menor tiempo de desarrollo del sistema en Yundigua sumado a variaciones oceanográficas (ej. mayor hidrodinámica); y 2. el daño ocasionado al ecosistema de El Muelle durante la época en que la isla fue prisión. Yundigua y El Muelle deben ser conservados por: su alta vulnerabilidad a disturbios; baja capacidad de carga (ej. buzos, sobrepesca); alta complementariedad en términos de composición, cobertura, diversidad, tipo de formación arrecifal y grado de desarrollo; y por la invaluable contribución a los arrecifes de Gorgona y del POT (en constante degradación).

Palabras clave: estructura de la comunidad, corales escleractíneos, comunidad coralina, arrecife franjeante, Gorgona.

ABSTRACT

Base line study at Yundigua and El Muelle coral formations, Gorgona Island, Colombian Pacific. The Gorgona reefs in the National Natural Park are considered the most important for the Tropical East Pacific (TEP) due its complex development and extension; for this reason they have been widely studied in Colombia. However, the

community structure of some coral formations around the island have not been described yet, particularly those coral formations under the pressure of tourism. Only base line studies and monitoring will allow us to recognize temporal changes caused by anthropic activities and the carry capacity of corals at Gorgona. For these reasons the scleractinian coral community structure was quantified in terms of composition, cover, diversity (alpha, beta), and spatial distribution for Yundigua (under recent non extractive use) and the El Muelle (highly disturbed in the past-extractive use, and now under protection). Yundigua, described here for the first time for Gorgona Island, shows a reef type dominated coral community, which is dominated by massive and branched species colonizing boulders in a predominant sand bottom, which limits its spatial distribution. Yundigua coral community exhibited high coral spatial heterogeneity in terms of composition and cover. El Muelle, a fringing reef type, is dominated by branched species of *Pocillopora* genus, mainly in the reef crest. The live coral cover was not statistically different between the two coral formations; however, the reefs geomorphology is due to the growth form of the species. Yundigua showed higher richness (6 species), diversity, and evenness respect to El Muelle (3 species), and the Shannon t test corroborated these results. Low structural similarity between the two coral formations (50%, Bray Curtis), corresponds with the high taxonomic complementary found (71%, between the two formations). On the other hand, diversity differences may be explained by: 1. the lower building time of Yundigua system, in addition to oceanographic differences (i.e. higher hydrodynamic), and 2. the damage occasionated to the ecosystem while the El Muelle was a prison. Yundigua and El Muelle must be preserved because: its disturbances vulnerability; low carry capacity (i.e. divers and over fishing); high complementary in terms of composition, cover, diversity, reef formation type, and development degree; and for the invaluable contribution to Gorgonas and TEP reefs (in constant degradation).

Key words: community structure, scleractinian corals, coral community, fringing reef, Gorgona.

INTRODUCCIÓN

El Pacífico Oriental Tropical (POT) presenta condiciones geomorfológicas, climáticas y oceanográficas especiales las cuales son poco favorables para la formación y desarrollo de arrecifes coralinos (Zapata y Vargas-Ángel, 2001). Debido a ello, estos arrecifes poseen menor extensión (pocas hectáreas), están distribuidos de forma discontinua (Guzmán y Cortés, 1993) y presentan menor número de especies en comparación con los del Indo Pacífico y el Caribe (Vargas-Ángel, 2001; Díaz *et al.*, 2001; Zapata, 2001).

Existe controversia sobre cuáles son los arrecifes más extensos, desarrollados y diversos del POT; para algunos autores son los de Colombia (Gorgona; Prahly y Erhardt, 1985; Zapata, 2001) y para otros los de Panamá y Costa Rica (Glynn, 1976; Kramer *et al.*, 2000; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2004). En el POT existen diferentes tipos de arrecifes, destacándose el de tipo franjeante, donde los más desarrollados están en Panamá (Glynn, 1976; Guzmán y Cortés, 1993; Garzón-Ferreira *et*

al., 2000), Colombia (Guzmán y Cortés, 1993; Garzón-Ferreira *et al.*, 2000; Vargas-Ángel, 2001) y Costa Rica (Guzmán y Cortés, 1993; Garzón-Ferreira *et al.*, 2000), aunque también existen pequeños parches coralinos en México (Guzmán y Cortés, 1993; Kramer *et al.*, 2000) y Colombia. El total de escleractíneos reportado en el POT es de: 23 para Panamá, 21 en Colombia (Zapata, 2001) y 18 en Costa Rica y México (Kramer *et al.*, 2000).

En el Pacífico colombiano, los arrecifes tipo franjeante y de parche presentan una extensión total de 15 km² y se encuentran distribuidos en torno a la isla Gorgona (Díaz *et al.*, 2001), en la Ensenada de Utría (Prahly y Erhardt, 1985; Vargas-Ángel, 1996), en Punta Tebada (Prahly y Erhardt, 1985) y en la isla Malpelo (Prahly, 1984; Prahly y Erhardt, 1985; Garzón-Ferreira y Pinzón, 1999). En general estos arrecifes franjeantes (6 en total; Vargas-Ángel, 2001) y en particular algunas comunidades coralinas colombianas, presentan baja construcción del andamiaje arrecifal, pobre estructura ecológica, patrones de zonación imprecisamente definidos (Vargas-Ángel, 1996;

Garzón-Ferreira y Pinzón, 1999; Vargas-Ángel, 2001; Barrios y López-Victoria, 2001) y dominancia de ciertos géneros (*Pocillopora*, *Psammocora*, *Gardineroseris* y *Pavona*; Zapata, 2001).

Los arrecifes de la isla Gorgona son los más extensos, desarrollados y diversos del Pacífico colombiano y también los más conocidos y estudiados, en parte por ser de las pocas áreas afectadas por el fenómeno de El Niño a nivel regional (Glynn *et al.*, 1982; Zapata, 2001). Gorgona además posee especies que no han sido reportadas en ninguna otra parte de la región americana, o que son raras en otras áreas del Pacífico Oriental (Prahl y Mejía, 1985). Estos arrecifes de tipo costero se desarrollan predominantemente hacia el lado oriental o protegido de la isla (Prahl y Erhardt, 1985), exhibiendo crestas compactas, estructura madura y gran andamiaje esquelético.

La primera descripción de las comunidades coralinas en Gorgona fué realizada por Youngbluth (1968), desde entonces la distribución espacial, estructura, composición y zonación coralina ha sido estudiada por varios autores (Prahl *et al.*, 1979; Glynn *et al.*, 1982; Cantera, 1983; López-Giraldo, 1992) y el conocimiento ha sido sintetizado en los trabajos de Prahl y Erhardt (1985), Prahl (1985, 1986a,b,c, 1987), Reyes (2000), Barrios y López-Victoria (2001) y Zapata y Vargas-Ángel (2001). Pese a todos estos esfuerzos, la estructura de las formaciones coralinas en términos de composición, riqueza, zonación, perfil batimétrico, área de la formación y distribución espacial de corales no ha sido descrita en Yundigua (bajo uso reciente no extractivo, Galvis, 1992) y existe una pobre caracterización de estas variables en la literatura para el arrecife franjeante de El Muelle (Cantera, 1983; Prahl y Erhardt, 1985; Zapata, 2001), en el pasado sujeto a disturbio por fuerte uso extractivo y no extractivo.

Aunque el arrecife más desarrollado y complejo estructuralmente del Pacífico colombia-

no, La Azufrada-Gorgona (Vargas-Ángel, 2001), ha sido monitoreado anualmente desde 1998 (SIMAC; Garzón-Ferreira *et al.*, 2004), a la fecha no existen estudios de línea base sobre las únicas formaciones coralinas de la isla que se encuentran accesibles al público (ej. Yundigua). La División de Parques Nacionales ha estimado para Gorgona un poco más de 5000 turistas al año, de los cuales un alto porcentaje visitan Yundigua (buceo a pulmón). La falta de información de línea base impide cuantificar el impacto humano sobre el sistema, diferenciarlo de otras causas naturales, o definir la capacidad de carga del mismo.

De igual forma, en el país no hay formaciones coralinas totalmente delimitadas en el espacio (ej. área conocida de un parche o cresta) que permitan un monitoreo reproducible para determinar si el arrecife crece o decrece horizontalmente; es decir, si avanza (se recupera) o no espacialmente en el tiempo. El objetivo de esta investigación fué describir y comparar la estructura de dos formaciones coralinas expuestas a diferente nivel de disturbio, Yundigua y El Muelle; la primera, actualmente visitada por gran número de buzos y nadadores recreativos y la segunda, área protegida por el Sistema de Parques Nacionales, que recibió gran impacto humano durante 25 años, hasta los ochenta (extracción de coral, de recursos marinos y construcción de muelle), cuando la isla Gorgona era usada como prisión de máxima seguridad. De igual forma generar un estudio de línea base (usando nuevas variables) que permita utilizar la comunidad coralina como indicadora de cambios naturales y/o antrópicos.

ÁREA DE ESTUDIO

Gorgona es una isla de origen volcánico de aproximadamente 9.3 km de largo por 2.6 km de ancho, localizada entre los 2°58'10" N y 78°11'05" W, a 35 km del continente. La isla es afectada por el sistema de corrientes anticiclónicas del Pacífico oriental (corrien-

te del Perú) y la corriente ciclónica de Panamá, con dirección predominante NE (Barrios y López-Victoria, 2001). La temperatura superficial del agua oscila entre 26° y 28°C (Barrios y López-Victoria, 2001). Dos eventos oceanográficos importantes ocurren en la isla afectando la temperatura del agua, la surgencia (18.7°C) y el Fenómeno de El Niño (31°C), que al permanecer en la columna de agua por varias semanas causan episodios de blanqueamiento, mortalidad coralina y menor desarrollo coralino (Glynn, 1984). Las mareas de tipo semidiurno presentan rangos máximos de 5 m y mínimos de hasta -0.64 m (Prahl y Erhardt, 1985; Barrios y López-Victoria, 2001), también ocasionando mortalidad de especies ramificadas someras por exposición. La precipitación en la isla es alta (>3000 mm/año) y depende de la zona de convergencia intertropical (Barrios y López-Victoria, 2001). Ésta genera aportes de agua

dulce alrededor de la isla que se manifiestan de forma negativa sobre los corales durante periodos de mareas bajas extremas (choque osmótico). El continente también aporta gran cantidad de nutrientes a través de ríos lo que desencadena alta productividad del sistema (265-490 mgC/m²/día; Barber y Kogelschatz, 1990).

Debido a que la costa occidental de Gorgona está expuesta al fuerte oleaje y corrientes (velocidades entre 5 y 25 m/min; Barrios y López-Victoria, 2001) las formaciones coralinas allí son poco desarrolladas (Prahl y Erhardt, 1985; Zapata, 2001). Por su parte, la costa oriental de la isla presenta tapetes coralinos hacia los extremos norte y sur y arrecifes franjeantes hacia la parte central, tales como el de La Azufrada y El Muelle (figura 1). En la literatura consultada no se encontró información sobre los corales pre-



Figura 1. Isla Gorgona, Pacífico colombiano. Se indican las dos zonas de estudio, Yundigua y El Muelle (lado protegido). La Azufrada, el mejor arrecife franjeante y el único monitoreado en la isla por SIMAC; El Horno y La Ventana son las comunidades coralinas más extremas.

sentes en Yundigua; mientras que para El Muelle se conoce que posee 10 especies, una cresta dominada por *Pocillopora* y arena (Zapata y Vargas-Ángel, 2001) y un talud con corales que llegan hasta máximo 15 m de profundidad (Cantera, 1983).

MATERIALES Y MÉTODOS

La estructura coralina se cuantificó en dos formaciones coralinas de la isla Gorgona, Yundigua y El Muelle (figura 1). En junio de 2002 se mapeó toda la cresta arrecifal de El Muelle y la totalidad de colonias presentes en Yundigua. El área ocupada por cada formación coralina se calculó multiplicando el largo y el ancho máximos. De la misma forma se estimó el área total de coral muerto reciente en los dos lugares (ej. *Pocillopora* muerta en pie).

En Yundigua, la longitud de la formación coralina se midió paralela a la costa, en sentido norte-sur, teniendo en cuenta los corales extremos o que limitaban la comunidad coralina espacialmente, los cuales coincidieron con corales en cercanía a quebradas que llegan al mar, a lado y lado de la formación de escleractíneos. En El Muelle la longitud de la cresta arrecifal se midió de igual forma, paralela a la playa (sentido N-S). Los corales dispersos y alejados más de 1 m de la cresta continua fueron excluidos para dicha medición. El ancho para la formación coralina de Yundigua, se cuantificó en sentido este-oeste, y se consideró los corales extremos presentes entre 5 y 9 m de profundidad. Mientras que para El Muelle, la parte más ancha de la cresta, en sentido este-oeste, se usó para estimar el ancho. Para no sobreestimar el área ocupada por corales vivos en Yundigua, se sustrajo del valor de área total, el porcentaje de área ocupada por fondo arenoso.

El perímetro de la cresta arrecifal en El Muelle se midió, bordeando con decámetro la formación coralina continua. Se excluyeron del

perímetro todas aquellas colonias dispersas o pequeños parches de coral ubicados a una distancia mayor a 60 cm del borde de la cresta arrecifal continua. En el caso de Yundigua no se determinó el perímetro, ya que los corales no conforman un parche continuo y se encontraban dispersos en el espacio.

En El Muelle la distribución espacial de las especies dominantes, zonación y topografía del fondo se estimó mediante la elaboración de dos perfiles batimétricos, realizados una hora antes de marea alta. El primer perfil se efectuó perpendicular a la costa hasta una profundidad máxima de 15 m en sentido occidente-orientado. El segundo perfil se realizó sobre la cresta arrecifal (paralelo a la costa) en la zona con mejor desarrollo coralino, que correspondió a una profundidad en marea alta de 7 m. El perfil batimétrico se construyó empleando decámetros colocados sobre el fondo, donde cada 2 m de distancia se registró la profundidad, al igual que las especies y el tipo de sustrato dominante. En Yundigua se efectuó un perfil batimétrico desde la costa hasta máximo 10 m de profundidad donde terminaba la formación coralina e iniciaba el fondo arenoso. *In situ* se graficó la distribución espacial de cada una de las especies, colonias o parche de coral, usando varias líneas guía marcadas cada metro y colocadas en sentido norte-sur (paralelo a la costa).

Adicional a la información lograda en los perfiles, la estructura coralina se cuantificó en El Muelle y en Yundigua usando 4 transectos lineales, cada uno de 10 m de longitud, escogidos al azar en zonas visualmente homogéneas (siguiendo a Galvis, 1992). En los transectos se definió la composición y se cuantificó el porcentaje de cobertura de coral vivo, coral muerto, macroalgas y el porcentaje ocupado por otros tipos de sustrato. El índice de rugosidad (siguiendo a Rogers *et al.*, 1994) se calculó en El Muelle, mas no en Yundigua, dada la alta dispersión y talla de las colonias sobre la matriz de arena.

ANÁLISIS DE DATOS

Basados en la composición y en la cobertura relativa se estimó la diversidad alfa (programa PAST), para ello se calculó Shannon-Wiener, alfa, el índice de dominancia de Simpson y de equitabilidad de Shannon (Magurran, 1989). Se aplicó la prueba “t” para comparar la diversidad de Shannon entre El Muelle y Yundigua. La similaridad de los transectos en y entre las dos zonas estudiadas se observó empleando el índice de Bray-Curtis (véase Ramírez, 1999; programa PAST).

La comparación de la diversidad estructural de las dos formaciones se realizó siguiendo a Magurran, (1989), utilizando para ello la cobertura y no la abundancia de los géneros presentes. La complementariedad taxonómica para las especies se estimó siguiendo a Colwell y Coddington (1995). La cobertura relativa fué comparada entre formaciones con Mann-Whitney. Por la alta complejidad taxonómica que presenta el género *Pocillopora*, todas las especies y morfos identificados se consideraron dentro de un solo grupo en los análisis.

RESULTADOS

El análisis de las variables estructurales, indica que El Muelle es un arrecife coralino de tipo franjeante (figuras 2 y 3); en tanto que Yundigua, es una comunidad coralina, donde los corales están dispersos en el espacio (matriz de arena) y no logran conformar una estructura continua consolidada (figuras 4 y 5).

La longitud para la comunidad coralina de Yundigua fué de 125 m y para la cresta arrecifal en El Muelle de 62 m. El área de la cresta arrecifal de El Muelle fué de 2032.6 m², de los cuales 1953 m² corresponden a coral vivo y 80 m² a escombros de *Pocillopora* (ubicados al NE de la cresta). El perímetro de la cresta fué de 144.8 m y el ancho de 33 m. Por su parte, la comunidad coralina de Yundigua ocupa un área de 3750 m², donde el 70,3% (2625 m²) está compuesto por arena, cantos rodados y escombros (figura 5) y el restante 29,7% corresponde a colonias o parches de coral vivo (1125 m²).

El perfil batimétrico de El Muelle, descrito desde la costa a mar adentro (figura 2) pre-

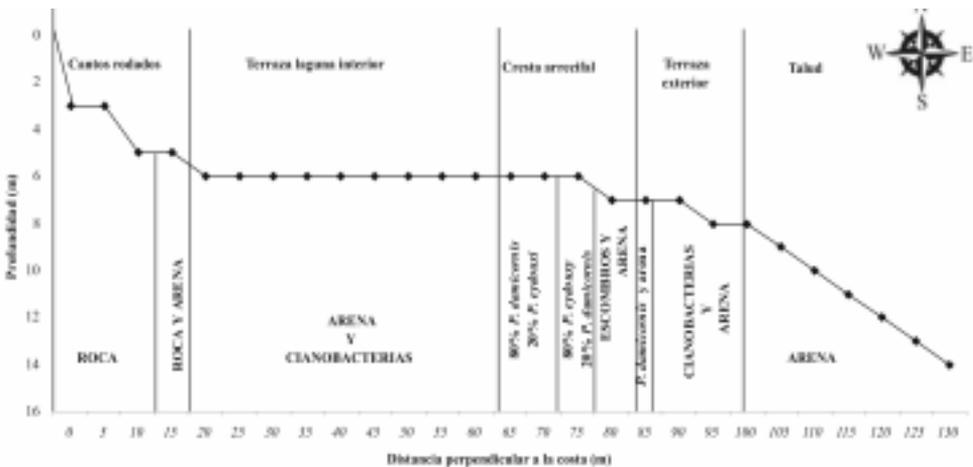


Figura 2. Perfil batimétrico de El Muelle. Se representa, de la costa hacia mar adentro, las zonas arrecifales con el tipo de sustrato y especies dominantes.

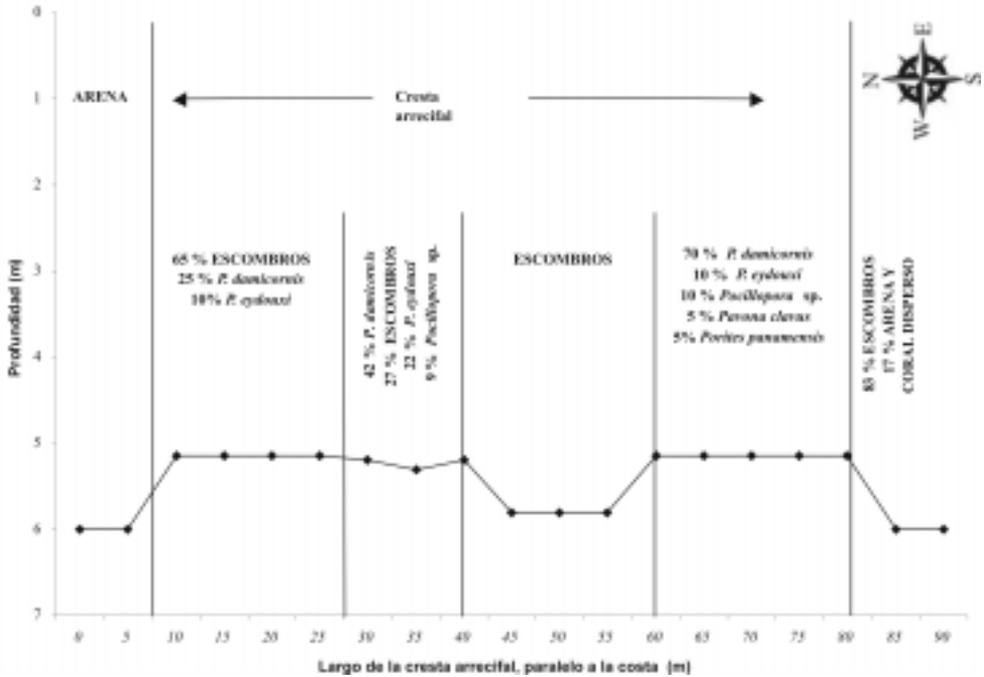


Figura 3. Perfil batimétrico de la cresta arrecifal de El Muelle. El perfil, de Norte a Sur y paralelo a la costa, incorpora la longitud total de la cresta. Note las especies dominantes.

sentó la siguiente zonación: cantos rodados; terraza lagunar (6 m de profundidad) dominada por cianobacterias sobre un fondo arenoso; cresta arrecifal, dominada por *Pocillopora*; terraza exterior dominada por *P. damicornis*, cianobacterias y arena; y talud, con muy pocos corales dispersos y arena. El perfil batimétrico ubicado sobre la cresta de El Muelle (figura 3) está conformado principalmente por especies del género *Pocillopora*, donde se destaca *P. damicornis* y en menor proporción *P. eydouxi*; otras especies presentes con baja cobertura fueron *Pavona clavus* y *Porites panamensis*.

El perfil batimétrico de Yundigua (figura 4) exhibió un litoral rocoso compuesto por cantos rodados, al igual que terraza y talud dominados por fondo arenoso y pocas colonias aisladas de *Pavona clavus* que llegan hasta máximo 10 m de profundidad. La distribución

espacial de corales para Yundigua indica que la mayor cobertura de coral vivo se concentra hacia la parte media, mientras que en los límites de la formación, en cercanía de las dos quebradas, la cobertura coralina, el tamaño de los parches y de las colonias disminuyó (figura 5). Se encontraron en Yundigua 19 colonias de *P. clavus*, 12 parches de *Pocillopora eydouxi*, 12 colonias de *Porites panamensis*, y 1 parche en zonas crípticas de *Tubastrea coccinea*. *P. clavus* se observó a mayor profundidad y distancia de la costa, mientras que *P. panamensis* (ausente en transectos pero presente en el área de estudio, ver perfiles) tuvo un patrón inverso.

En los transectos con cadena se registraron 3 especies de escleractíneos para El Muelle y 6 especies de corales para Yundigua (tabla 1). Otras especies vistas en Yundigua fuera de los transectos durante la elaboración de perfiles

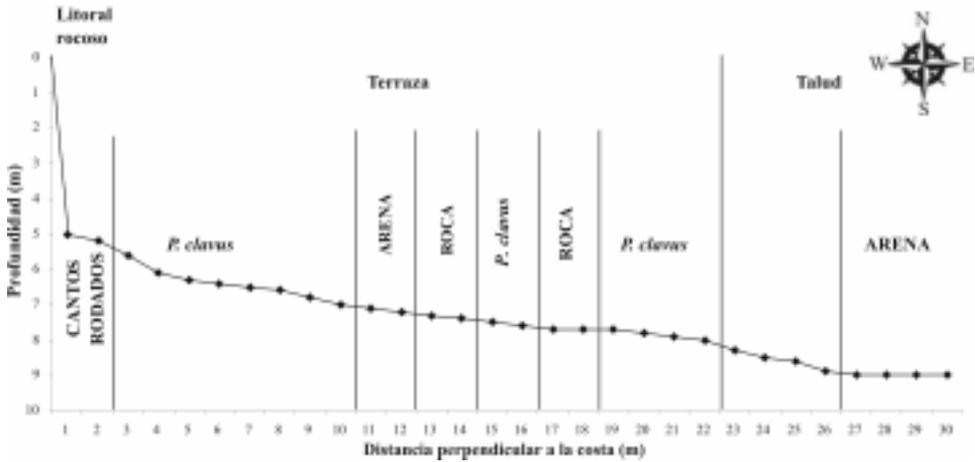


Figura 4. Perfil batimétrico de Yundigua. Se representa, de la costa hacia mar adentro el tipo de sustrato y especies dominantes.

fueron las dos especies y el morfo de *Pocillopora*, que también se diferenciaron y cuantificaron en los transectos de El Muelle (*Pocillopora eudoxi* 38.5 +/- 36%, cobertura promedio +/- SD, n = 4 transectos; *P. damicornis* 37.7 +/- 38.4 y *Pocillopora* morfo verde 3.9 +/- 2.1). De igual forma dos de las especies del género *Psammocora* (c.f. *obtusangula* y *stellata*) fueron observadas en los perfiles realizados en El Muelle y Yundigua.

La cobertura promedio de coral vivo no presentó diferencias significativas al comparar El Muelle y Yundigua ($p=0.225$; alfa 0.05; $U=466$); no obstante, la cobertura relativa de corales por transecto fue mayor en la cresta arrecifal de El Muelle que en Yundigua (tabla 1).

El género con mayor cobertura tanto para El Muelle como para Yundigua fue *Pocillopora*, seguida por *Pavona* (Yundigua). Los géneros y especies raras (menos de 4% de cobertura promedio) fueron *Gardineroseris* sp., *P. clavus* y *Pocillopora* morfo verde en El Muelle y

P. frondífera, *Psammocora* sp. y *T. coccinea* en Yundigua (tabla 1).

En el arrecife del Muelle el sustrato dominante fue arena - escombros, mientras que el sustrato canto rodado estuvo ausente (tabla 1). En Yundigua el sustrato canto rodado y arena (70,3%), no colonizado por corales, fue relativamente mayor a El Muelle (18,1% respectivamente).

Aunque los índices de diversidad indicaron que Yundigua es más diverso (Alfa: 0.95; Shannon: 1.13; y Simpson: 0.41) que El Muelle (0.37; 0.141; 0.94, respectivamente), al igual que más uniforme (0.63 y 0.12 respectivamente), la prueba t de Shannon no dio diferencias significativas entre las formaciones ($p>0.05$). La complementariedad taxonómica entre El Muelle y Yundigua dio 71%, indicando bajo número de especies comunes.

Los transectos cuantificados en El Muelle exhibieron alta similitud, superior al 90%. Mientras que aquellos de Yundigua fueron menos

Tabla 1.
Composición y porcentaje relativo de cobertura de coral vivo y de otros tipos de sustrato cuantificados en El Muelle y Yundigua. T = transectos. Entre paréntesis valores de desviación estándar. 0 = ausencia.

Especies	El Muelle					Yundigua				
	T1	T2	T3	T4	Promedio	T1	T2	T3	T4	Promedio
<i>Gardineroseris</i> sp.	3	0	0	0	0.8 (1.5)	0	0	0	0	0
<i>Pavona ciliatus</i>	4.1	0	0	0	1 (2)	10	6.1	0	2.3	4.6 (4.4)
<i>Pavona frondifera</i>	0	0	0	0	0	0	3.4	0	2.5	1.5 (1.7)
<i>Pavona gigantea</i>	0	0	0	0	0	0	0	22.7	0	5.7 (11.4)
<i>Pocillopora</i> spp.	56.4	95.3	84.3	84.6	80.15 (16.6)	23.4	9.3	21.8	15.7	17.6 (6.4)
<i>Pranioscira</i> sp.	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.2 (0.5)
<i>Tubastrea coccinea</i>	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0.2 (0.3)
% Total de coral vivo	63.5	95.3	84.3	84.6	81.9 (13.3)	34.3	19.5	44.5	20.5	29.7 (12)
Arena - Escombro	36.6	4.8	0	0	10.3 (17.6)	0	0	0	0	0
Escombro	0	0	9.1	14.8	6 (7.3)	3.9	0	4.1	0	2 (2.3)
Arena	0	0	4.5	0	1.1 (2.3)	22.7	19.3	38	21.6	25.4 (8.5)
Canto rodado	0	0	0	0	0	39.1	61.1	13.4	58	42.9 (21.9)
Macroalgas	0	0	2	0.7	0.7 (1)	0	0	0	0	0
Total (no escleractíneos)	36.6	4.8	15.7	15.5	18.1 (13.3)	67.5	80.5	55.5	79.5	70.3 (12)

similares, por encima de 50%. La similitud de los transectos de las dos zonas fue superior a 50%; donde los transectos de El Muelle son más parecidos entre sí, formando un grupo (similitud >85%) y los de Yundigua, aunque menos parecidos entre sí (similitud >50%) conformaron otro grupo. No obstante, un transecto de Yundigua se asoció con los de El Muelle (similitud a 75%).

La curva de la distribución de la cobertura basada en la secuencia ordenada de géneros (de mayor a menor; escala semi log) indicó que cada formación presenta comunidades coralinas poco diversas (tendiendo a modelo de serie geométrica) caracterizadas por bajo número de géneros y alta pendiente. Este análisis corrobora el resultado de diversidad, donde El Muelle es una comunidad menos diversa respecto a Yundigua, dado el menor número de géneros y la mayor pendiente de la curva (menor equitabilidad). La poca estructura tridimensional actual en El Muelle se reflejó con el bajo

índice de rugosidad cuantificado (1.16) y la menor altura promedio de las colonias (<70 cm, ramificadas).

DISCUSIÓN

El tipo de formación coralina encontrado en El Muelle y Yundigua concuerda con lo sugerido por Zapata y Vargas-Ángel (2001), quienes reportaron a El Muelle como un pequeño arrecife franjeante y a Yundigua como una comunidad de corales que no conforma un andamiaje arrecifal. Los mismos autores hipotetizan que El Muelle podría llegar a ser un fragmento del arrecife de La Azufrada. Evidencia de ello podría ser la depresión a manera de cráter (Zapata, 2001) en la porción norte del arrecife de La Azufrada (Zapata y Vargas-Ángel, 2001) y la similitud entre Azufrada y El Muelle en: tipo de arrecife (franjeante), composición coralina, especies dominantes (ej. *Pocillopora*), diversidad (mayor en la cresta arrecifal que en otras zonas), grosor del andamiaje arrecifal entre 2 y 8.3 m

(Glynn *et al.*, 1982) y deposición ininterrumpida de CaCO_3 (*P. damicornis* y *P. sammocora*) durante los últimos 2700 años (Vargas-Ángel, 2001). Sin embargo, esta hipótesis de separación de El Muelle al igual que sus causas requiere ser comprobada.

Además de Yundigua, la isla Gorgona posee otras comunidades coralinas en El Horno, El Remanso, La Gómez, La Ventana y Paso de Tasca (a excepción de Playa Pizarro; Zapata, 2001) las cuales se encuentran hacia los extremos norte (al igual que Yundigua) y suroriental de la isla. Díaz *et al.*, (2001) sugiere que el bajo desarrollo de la comunidad coralina en los extremos norte (ej. El Horno) y sur de Gorgona (ej. Paso de Tasca) podría explicarse por fuertes corrientes del suroccidente. El desarrollo estructural de la comunidad coralina de Yundigua hacia la conformación de un arrecife franjeante podría estar limitado además por otros factores tales como: 1. La presencia de fuentes de agua dulce permanentes en los límites de la comunidad coralina; lo que concuerda con lo indicado por Zapata *et al.*, (2001), quienes sugieren que los límites de los parches coralinos de Playa Blanca son afectados por la desembocadura de las quebradas (causan baja salinidad y bajos niveles de luz producto del sedimento); 2. La falta de sustrato consolidado (roca o coral fósil) para el reclutamiento coralino; y 3. La constante mortalidad coralina por causas bióticas (competencia, depredación, bioerosión, enfermedades; Cantera *et al.*, 2001; Zapata, 2001), abióticas (alta temperatura; Glynn, 1984; Prahl, 1986c; Vargas-Ángel, 1996; Vargas-Ángel *et al.*, 2001; Zapata y Vargas-Ángel, 2003) y antrópicas (buceo a pulmón, anclas, turismo, sobrepesca). Factores similares que limitan el desarrollo de comunidades coralinas en el Pacífico colombiano han sido reportados por Vargas-Ángel (2001) para La Azufrada (Gorgona), La Chola (Ensenada de Utría) y Tebada (Golfo de Cupica) y por Garzón-Ferreira y Pinzón (1999) para isla Malpelo. Según Vargas-Ángel (2001) las formaciones coralinas insulares del Pacífico co-

lombiano son más desarrolladas (mayor brillo solar), poseen mayor cobertura (mayor crecimiento coralino) y diversidad que las costeras (ej. Utría y Tebada).

Evidencia del menor desarrollo estructural de Yundigua respecto a El Muelle es dada por Glynn *et al.*, (1982) quienes reportan construcción arrecifal vertical acumulada superior a 6 m en El Muelle, no así en Yundigua. Esto indica que El Muelle se ha desarrollado por mayor tiempo (2700 años, según Vargas-Ángel, 2000) que Yundigua y que la última ha sido posiblemente sometida a diferentes condiciones fisicoquímicas y geológicas. La baja cobertura de coral vivo y muerto (matriz de carbonato) y la ausencia de zonación en Yundigua sugieren de igual forma escasa construcción arrecifal. Según Vargas-Ángel (2001) La Azufrada es la única formación coralina del Pacífico colombiano donde la cobertura coralina presenta zonación respecto a la profundidad; lo cual podría asemejarse a lo encontrado en El Muelle.

Si las formaciones de coral aquí estudiadas se desarrollaran (ocupando nuevo espacio horizontal) o se deterioraran en el tiempo (ver isla Malpelo; Garzón-Ferreira y Pinzón, 1999) es una pregunta difícil de resolver dada la falta de estudios de línea base y criterios claros para la medición de variables claves a seguir. Un caso concreto es la cresta arrecifal de El Muelle, que se cree disminuyó su longitud en el tiempo de 69 m de longitud en el pasado (1980; Díaz *et al.*, 2000) a 45 m en la actualidad (Zapata, 2001); mientras que el área coralina reportada por varios autores sospechosamente ha permanecido estable 0.16 ha (Díaz *et al.*, 2000; Zapata, 2001; Zapata y Vargas-Ángel, 2001). Estos valores difieren a los encontrados en este estudio (62 m de largo y 0.20 ha de área); sin embargo, por la diferencia en área, con estudios previos, se podría sugerir una posible expansión horizontal de la cresta y por ende recuperación del sistema respecto a décadas pasadas (blanqueamiento masivo; Glynn, 1984), ello asumiendo que la metodología y criterios usa-

dos por otros autores fué similar y que la ausencia de tensores antrópicos como la presión y las medidas de protección por parte de Parques han surtido un efecto positivo. La relación de cobertura de coral vivo y muerto es según Vargas-Ángel (2001) el parámetro que mejor describe y diferencia cambios temporales en la estructura de las comunidades coralinas en el Pacífico colombiano, y una proporción menor a 4% de coral muerto encontrada en El Muelle podría corroborar un sistema en buen estado. El monitoreo del perímetro y del área de coral vivo (nuevas variables) en un sistema delimitado espacialmente podrá indicar a futuro si esta tendencia de posible expansión horizontal del largo de la cresta arrecifal en El Muelle es cierta.

Aunque se diferenciaron algunas especies, varios morfotipos quedaron sin identificar. La dificultad para identificar las especies existentes en Gorgona (claves), agravado con la imposibilidad de colectar ejemplares en la isla (permisos) ha generado incertidumbre sobre

el número de especies de escleractíneos en Gorgona; por ejemplo Cairns *et al.*, (1999) reporta un total de 17 especies; Zapata (2001) 21 y Zapata y Vargas-Ángel (2001) 18. Para conocer el número real de especies de escleractíneos en Gorgona y en el Pacífico Oriental Tropical (37 ?) se hace necesario estudios que apliquen técnicas moleculares. Pese a las dificultades taxonómicas, la composición de Yundigua es similar a la reportada en otras comunidades de Gorgona (Zapata, 2001) y el Pacífico colombiano (ver Vargas-Ángel, 1996). Díaz *et al.*, (2000) sin embargo, sugieren que la riqueza de El Muelle ha disminuido en el tiempo respecto a 10 especies registradas en 1979 por Cantera (1983); el bajo número de especies encontrado en este estudio podrían dar evidencia a esta hipótesis, aunque también podría indicar un arrecife más desarrollado.

La composición de especies de escleractínios resultó ser complementaria entre Yundigua y El Muelle, Yundigua con mayor número

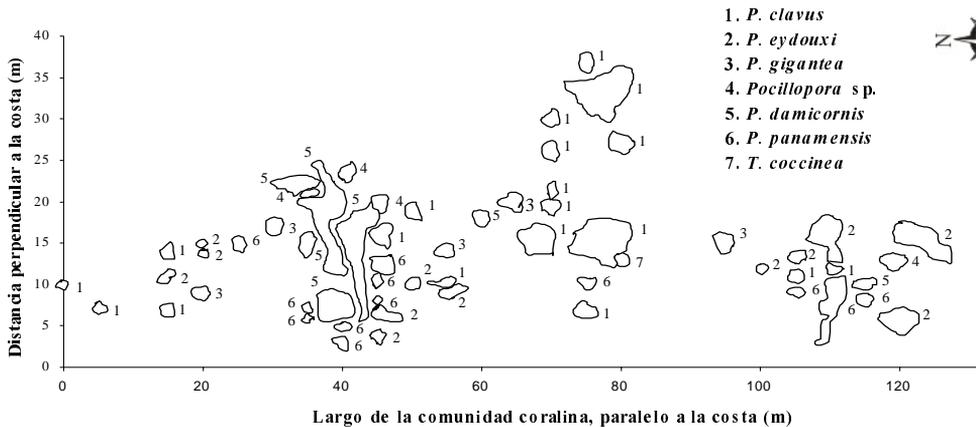


Figura 5. Vista de planta de la distribución espacial de corales en Yundigua. El eje Y representa la distancia de los corales desde la costa hacia mar adentro (a mayor distancia mayor profundidad) y el eje X el largo total de la formación (esta es distancia paralela a la costa). Los corales ilustrados incluyen profundidades entre 5 y 10 m máximo. Las áreas no ocupadas por coral corresponden a fondo arenoso. Las quebradas que llegan al mar y que limitan la formación coralina se ubican sobre el eje X a cero y 130 m respectivamente.

de corales exclusivos (*Pavona frondifera*, *P. gigantea*, *T. coccinea* y *Psammocora* sp.), mientras que El Muelle sólo con *Gardineroseris* sp. La alta complementariedad taxonómica (áreas con alto número de especies exclusivas) indica la importancia de conservar las dos formaciones coralinas para salvaguardar la biodiversidad de la isla y del POT. Sin embargo, el incremento del turismo en la isla Gorgona entre 2002 y 2005 (5000 personas/año) estimado en 37% (Mosquera N, com. pers.), podría repercutir negativamente en la diversidad y cobertura coralina de Yundigua, por ser este el único arrecife marino de la isla accesible al público (natación, buceo a pulmón) y estar expuesto a una presión humana que supera posiblemente su capacidad de carga. Jameson *et al.*, (1999) indican que arrecifes sometidos a alta presión anual por buzos pierden rápidamente cobertura coralina. De igual forma, Martínez y Acosta (2005) evidencian cómo arrecifes del Caribe colombiano, incluyendo los parques marinos, han disminuido el número de géneros, de especies y el área de cobertura de coral vivo en la última década, principalmente por intervención antrópica.

Zapata (2001) y Vargas-Ángel (2000) han reportado para El Muelle un aumento en la dominancia de *Pocillopora* y *Psammocora* en el tiempo y reducción en la cobertura de otros géneros (*Porites*); alta cobertura de estas dos especies y baja de *Porites* también fue evidente en este estudio. La dominancia de *Pocillopora* en la zona de estudio ha sido explicada por: 1. Aceleradas tasas de crecimiento (20-30 mm/año; Prah, 1986b; Hernández-Cuervo, 1999; Vargas-Ángel, 2001) versus *Pavona varians* (3.2 mm/año; Vargas-Ángel, 2001); 2. Alta cobertura de este género en isla Gorgona, en el Pacífico colombiano y en el Pacífico Oriental, lo que implicaría mayor área de pólipos, de esfuerzo reproductivo y de reclutas sexuales; 3. Marcada competencia extracelentérica, lo cual impide la colonización por parte de otras especies (Prah y Alberico, 1986); 4. Alta tolerancia a temperatura extrema y a blanqueamiento respecto a es-

pecies masivas (Zapata y Vargas-Ángel, 2003); y 5. La posibilidad de colonizar sustrato arenoso vía fragmentación (Cantera *et al.*, 2001).

De acuerdo a lo indicado por Zapata y Vargas-Ángel (2001) y Rodríguez-Ramírez *et al.*, (2004) los arrecifes de la isla Gorgona son los más desarrollados y diversos en el Pacífico Oriental Tropical. Sin embargo, la dramática pérdida de cobertura coralina registrada entre 1998 y 2003 de 50 a 30%; el remplazo de corales por macroalgas en la parte somera (CARICOMP; Garzón-Ferreira *et al.*, 2004); y el bajo porcentaje de cobertura coralina viva en el Pacífico colombiano hacen necesarias medidas para mitigar los factores que ejercen presión negativa sobre la persistencia de formaciones coralinas como las de Yundigua. Dado que el manejo adecuado de las formaciones y su viabilidad depende de su uso (capacidad de carga) y vulnerabilidad, la siguiente información compilada en este estudio (tabla 2) debería considerarse en la toma de decisiones: 1. El Muelle es un arrecife que podría expandirse horizontalmente, mientras que Yundigua dentro de su proceso sucesional es mucho más joven y presenta además varios factores limitantes (falta de sustrato) para su desarrollo hacia un tipo de arrecife más complejo; 2. Yundigua podría ser más representativo de la riqueza y diversidad de especies y por lo tanto, de la diversidad genética reportada para la isla en contraste con El Muelle; 3. La cresta de El Muelle podría tener mayor resiliencia en comparación con los corales de Yundigua, debido a la dominancia y alta cobertura relativa de especies ramificadas de rápido crecimiento (Vargas-Ángel, 2001; Zapata, 2001); en contraste, y por la condición opuesta, recuperar el coral masivo que se pierda en Yundigua no sólo requeriría más tiempo, sino que además podría resultar más costoso y dispendioso usando técnicas de restauración como trasplantes (Cuervo, 1999) o fragmentación (Vargas-Ángel, 2001; Clark, 2002); 4. Los corales de El Muelle son menos resistentes al daño por contacto físico causado por los turistas (buzos a pulmón; ver

Tabla 2.

Comparación de atributos ecológicos entre El Muelle y Yundigua, PNN Isla Gorgona, Colombia. La riqueza y el número de géneros se representa como rango, donde el primer valor fué obtenido con transectos lineales y el segundo incluye las especies observadas en los perfiles batimétricos. Especies raras (< 4 % cobertura).

La resiliencia y resistencia del sistema están basadas en el conocimiento existente de las especies dominantes y el estimativo de 5000 turistas que visitan la isla (particularmente Yundigua) por año.

	El Muelle	Yundigua
Tipo de Formación	Arrecife franjeante	Comunidad coralina
Área Total de la Formación (m ²)	2033	3750
Área Total de Coral Vivo (m ²)	1953	1125
Riqueza	4 - 6	6 - 9
Número de géneros	3 - 4	4 - 5
Uniformidad	Menor	Mayor
Número de corales exclusivos	1	4
Número de especies raras	3	3
Disponibilidad de sustrato para colonización	Baja (escombros de <i>Pocillopora</i> y arena)	Baja (cantos en la parte somera y arena a > profundidad)
Sustrato para colonización	Inestable (escombros de <i>Pocillopora</i> y arena)	Estable / Inestable (cantos en la parte somera y arena a > profundidad)
Resistencia del sistema a disturbio por buceo	Baja	Moderada
Resiliencia del sistema a disturbio por buceo	Moderada	Baja
Resistencia a Blanqueamiento	Moderada	Baja
Resiliencia a blanqueamiento	Moderada	Baja

Allison, 1996; Jameson *et al.*, 1999) y a exposición a mareas bajas (Glynn, 1976) que en Yundigua, esto debido a la dominancia relativa de colonias ramificadas en El Muelle; pero a su vez las colonias ramificadas resultan más resistentes al blanqueamiento (ENSO) que las especies masivas (Prahl, 1985; Vargas-Ángel, 2001); y 5. Deben reconocerse los niveles permisibles de uso-explotación del ecosistema para definir planes de manejo que eviten drásticos cambios estructurales o deterioro adicional del arrecife; de igual forma, es aconsejable tener criterios biológicos al momento de definir dentro de un parque marino las zonas destinadas a diferentes usos (turismo, monitoreo, educación, conservación). Aunque se supone que los pocos parques marinos de Colombia deben proveer la base para poder comparar los ecosistemas de estas áreas no impactadas por el hombre de las que sí lo están, y en el caso de Gorgona definir el impacto sobre el arrecife del cambio climático global a través del fenómeno de El Niño.

CONCLUSIONES

Yundigua exhibe una comunidad coralina poco desarrollada, con colonias distribuidas heterogéneamente en el espacio y mayor diversidad alfa que El Muelle, este último arrecife franjeante, dominado por *Pocillopora* en la cresta. Las dos formaciones resultan complementarias entre sí en el tipo de formación, composición, cobertura, diversidad y grado de desarrollo y por lo tanto, son parte representativa de la biodiversidad de Gorgona. Conservar estas formaciones coralinas en la isla depende de monitorear de cerca la capacidad de carga (número de turistas) que el sistema es capaz de tolerar y la resistencia de colonias a los eventos naturales (ej. blanqueamiento).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración al Sistema Nacional de Parques Naturales por el permiso respectivo para la toma de datos durante la

realización del curso de campo titulado Técnicas de Muestreo y Análisis de Ecosistemas Terrestres y Acuáticos (2002), Departamento de Biología, Unidad de Ecología y Sistemática UNESIS, PUJ. Agradecemos a los funcionarios del parque y a los siguientes estudiantes por su participación en campo: Gina García, María Estela Matallana, Gustavo Lara, Flavia Cárdenas, Andrés Sandoval, Elizabeth López, Marta María Carmona, Diana Montañez, Margarita Ordóñez, Mónica Ávila, Liliana Torres, Daniel García, Adriana Suárez, Andrea Clavijo, Judith Aranda, Olga Orjuela.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, A. & MARTÍNEZ, S. 2005. *Continental and oceanic coral reefs in Colombian Caribbean after a decade of degradation*. Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, June to July 2004, Okinawa. Japón, págs. 1-8.
- ALLISON, W.R. 1996. *Snorkeler damage to reef corals in the Maldive Islands*. Coral Reefs 15:215-218.
- BARBER, R.T. & KOGELSCHATZ, J.E. 1990. *Nutrients and productivity during the 1982-83. El Niño*. Global Ecological Consequences of the 1982-83. El Niño-Southern Oscillation. Glynn. P.W. Ed. Elsevier Oceanog. Ser. 21-54.
- BARRIOS, L.M. & LÓPEZ-VICTORIA, M. 2001. Formaciones coralinas de la isla Gorgona. En: Barrios, L.M. y M. López-Victoria (eds.) 2001. *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales, No. 7, Santa Marta 160 págs.
- CAIRNS, S.D.; HOEKSEMA, B.W.; LAND, J.V. 1999. Appendix: list of extant stony corals. Atoll. Research Bulletin 459: 13-46.

- CANTERA, J.R. 1983. Distribution des peuplements des scléractiniaires sur un récif de l'Île de Gorgona (Cote Pacifique de Colombie). *Tethys* 11: 25-31.
- CANTERA, J.R.; ZAPATA, F.A.; FORERO, P.; FRANCISCO, V.; JIMÉNEZ, J.M.; LONDOÑO, E.; NARVÁEZ, K.; NEIRA, R.; OROZCO, C.A.; TORO-FARMER, Y.G. 2001. Organismos bioerosionadores en arrecifes de la isla Gorgona. 51-65. En: Barrios, L.M. & López-Victoria, M. (eds.). *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Serie publicaciones especiales No. 7, Santa Marta 160 págs.
- CLARK, S. 2002. Coral reefs. Capítulo 8. En: Perrow, M.R. & Davy, A.J. (eds.). 2002. *Handbook of ecological restoration*, vol. 2. Restoration in practice. Cambridge University Press. London. England. 171-196.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1995. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. 101-118. In: Hawksworth, D.L. (ed.). *The quantification and estimation of organismal biodiversity*. Special volume, Phil Trans R Soc. London 140 págs.
- CUERVO, H.H. 1999. Trasplante de fragmentos y colonias de *Pocillopora damicornis* en el riscal de la Chola, parque nacional Utría, Chocó, Pacífico colombiano. Tesis Biología Marina. Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá Colombia.
- DÍAZ, J.M.; BARRIOS L.M.; CENDALES M.H.; GARZÓN-FERREIRA, J.; GEISTER, J.; LÓPEZ-VICTORIA, M.; OSPINA, H.; PARRAVELANDIA, F.; PINZÓN, J.; VARGAS-ÁNGEL, B.; ZAPATA, F. & ZEA, S. 2000. *Áreas coralinas de Colombia*. Serie publicaciones especiales, No. 5. Panamericana Formas e Impresos S.A. INVEMAR. Santa Marta. Colombia. 176 págs.
- DÍAZ, M.; PINZÓN C., J.H.; PERDOMO, A.M.; BARRIOS, L.M. & LÓPEZ-VICTORIA, M. 2001. Generalidades. 17-27. En: Barrios, L.M. & López-Victoria, M. (eds.). 2001. *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Santa Marta, Serie Publicaciones Especiales, No. 7, 160 págs.
- GALVIS, N.H. 1992. *Monitoring coral reef: two case studies in Colombia*. M.Sc. thesis, University of Miami. Coral Gables. Florida. 80 págs.
- GARZÓN-FERREIRA, J. & PINZÓN, J.H. 1999. Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la isla de Malpelo, Pacífico colombiano. *Bol Invest Mar Cost* 28: 137-154.
- GARZÓN-FERREIRA, J.; CORTÉS, J.; CROQUER, A.; GUZMÁN, H.; LEAO, Z. & RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, A. 2000. Status of coral reefs in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panamá and Venezuela: 331-348. Capítulo 18. En: Wilkinson, C. (ed.). 2000. *Status of coral reefs of the world*. Australian Institute of Marine Science (AIMS), Queensland, Australia. 359 págs.
- GARZÓN-FERREIRA, J.; CORTÉS, J.; CROQUER, A.; GUZMÁN, H.; LEAO, Z. & RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, A. 2004. Consolidation of the STA-GCRMN regional node and status of coral reefs in southern tropical America. 10th Int. Coral Reef Symp. Okinawa. Japan. 415 págs.
- GLYNN, P.W. 1976. *Algunos factores físicos y biológicos que determinan la estructura de las comunidades de coral en el Pacífico oriental*. *Ecol Monograph* 46: 431-456.
- GLYNN, P.W. 1984. *Widespread coral mortality and the 1982-83. El Niño warming event*. *Envir Cons* 11 (2): 133-146.

- GLYNN, P.W.; PRAHL, H. & GUHL, F. 1982. Coral reefs of Gorgona Island, with special reference to corallivores and their influence on community structure and reef development. *An Inst Invest Mar Punta Betín* 12: 185-214.
- GUZMÁN, H.M. & CORTÉS, J. 1993. *Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical*. Revisión y Perspectivas. *Rev Biol Trop* 41: 535-557.
- HERNÁNDEZ-CUERVO, H. 1999. *Trasplante de fragmentos y colonias de Pocillopora damicornis en el riscal de La Chola Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Pacífico colombiano*. Trabajo de grado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. Bogotá, Colombia. 130 págs.
- JAMESON, S.C.; AMMAR, M.S.A.; SAADALLA, E.; MOSTAFA, H.M. & RIEGL, B. 1999. *A coral damage Index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea*. *Coral Reefs* 18: 333-339.
- KRAMER, P.; RICHARDS, P.; ARIAS-GONZÁLES, E. & MCFIELD, M. 2000. Capítulo 16. En: Wilkinson, C. (ed.). 2000. *Status of coral reefs of the world*. Australian Institute of Marine Science (AIMS), Queensland, Australia. 359 págs.
- LÓPEZ-GIRALDO, J.D. 1992. *Study of marine zonation at the Gorgona and Gorgonilla National Park (Colombia) for management purposes*. M.Sc. thesis, University Newcastle upon Tyne, England. 149 págs.
- MAGURRAN, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. España, Ediciones Vedra. 192 págs.
- PRAHL, H. 1985. *Lista anotada de arrecifes coralinos y corales de Colombia*. *Actuallidades Biológicas* 14: 26-37.
- PRAHL, H. 1986a. *Corales y arrecifes coralinos*. Capítulo 4. En: Pral., H.V. & Alberico, M. (eds.). 1986. *Isla Gorgona*. Biblioteca Banco Popular, Textos Universitarios, Bogotá, Colombia. 252 págs.
- PRAHL, H. 1986b. Crecimiento del coral *Pocillopora damicornis* durante y después del Fenómeno de El Niño 1982-1983 en la isla de Gorgona, Colombia. CPPS, Boletín *EFRÉN*, No. 18.
- PRAHL, H. 1986c. *Mortandad de corales hermatípicos en América a consecuencia del fenómeno de El Niño 1982-1983*. CPPS, Boletín *EFRÉN* No. 17.
- PRAHL, H. 1987. Corales hermatípicos colectados en el Pacífico colombiano. *Rev Biol Trop* 35: 227-232.
- PRAHL, H. & ERHARDT, H. 1985. *Colombia, corales y arrecifes coralinos*. Fondo FEN Colombia, Bogotá, 295 págs.
- PRAHL, H. & ALBERICO, M., 1986. *Isla de Gorgona*. Biblioteca, Banco Popular, Textos Universitarios. Bogotá-Colombia.
- PRAHL, H.; GUHL, F. & GROGL, M. 1979. *Gorgona*. Bogotá, Colombia, Futura Grupo Editorial Ltda. 279 págs.
- PRAHL, H. & MEJÍA, A. 1985. Primer reporte de un coral acroporido, *Acropora valida* (Dana, 1846) Scleractinia: Astrocoeniida: Acroporidae) para el Pacífico Americano. *Revista de Biología Tropical* (Costa Rica). 33: 39-43.
- RAMÍREZ, A. 1999. *Manual de métodos y procedimientos estadísticos*. Ministerio del Medio Ambiente - PAMRN, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. Bogotá. 158 págs.

- REYES, J. 2000. Lista de los corales (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de Colombia. *Biotá Colombiana* 1 (2): 164-176.
- RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, A.; ZAMBRANO, C. & GARZÓN-FERREIRA, J. 2004. Status and recent dynamics (1998-2003) of the coral reefs of Colombia. 10th International Coral Reef Symposium. Okinawa. Japan. 410
- ROGERS, C.S.; GARRISON, G.; GROBER, R. & FRANKE, M. 1994. Coral reef monitoring manual for the Caribbean and Western Atlantic. Virgin Island National Park. Virgin Island, 50 págs.
- VARGAS-ÁNGEL, B. 1996. Distribution and community structure of the reef: corals of Ensenada de Utría, Pacific coast of Colombia. *Rev Biol Trop* 44 (2): 643-651.
- VARGAS-ÁNGEL, B. 2001. Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia with a special reference to spatial and temporal patterns of environmental disturbances. Ph.D. Dissertation. University of Miami, Coral Gables, Florida, USA 209 págs.
- VARGAS-ÁNGEL, B.; ZAPATA, F.A.; HERNÁNDEZ, H. & JIMÉNEZ, J.M. 2001. Coral and coral reef responses to the 1997-98 El Niño event on the Pacific coast of Colombia. *Bull Mar Sci* 69:111-132.
- YOUNGBLUTH, M.J. 1968. Stony corals collected in the shallow subtidal along the tropical coasts of Central and South America: 280-283. En: Abbot, D.P. & Evans, W.G. (eds.). 1968. Report of Stanford Oceanographic Expedition 18. Stanford University, Stanford, California, EE.UU. 280-283.
- ZAPATA, F.A. 2001. Formaciones coralinas de la isla Gorgona. 27-41. En: Barrios, L.M. & López-Victoria, M. (eds.). 2001. *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Santa Marta, Serie Publicaciones Especiales, No. 7, 160 págs.
- ZAPATA, F.A. & VARGAS-ÁNGEL, B. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia. *Latin American Coral Reefs*. En: Cortés, J. (ed.). Elsevier Science B. V. 419-447.
- ZAPATA, F.A.; VARGAS-ÁNGEL, B. & GARZÓN-FERREIRA, J. 2001. Salud y conservación de las comunidades coralinas. 41-51. En: Barrios, L.M. & López-Victoria, M. (eds.). 2001. *Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única*. INVEMAR, Santa Marta, Serie Publicaciones Especiales, No. 7, 160 págs.

Recibido: 6.08.2006
Aceptado: 7.05.2007

