

Evaluación del Potencial de Manglares y Pastos Marinos como Hábitats Esenciales para Peces Juveniles Arrecifales, en un Área Marina Protegida del Caribe Colombiano

Assessment of Potential Mangroves and Seagrasses as Essential Habitat for Juvenile Reef Fish, on Marine Protected Area of Colombian Caribbean

Evaluation du Potentiel des Mangroves et d'Herbes Marines comme Habitats Essentiels pour les Poissons Juvéniles de Récifs, dans une Aire Marine Protégée sur la Mer Caraïbe de la Colombie

XIMENA ROJAS GIRALDO

Biologa Marina MS.c., Santa Marta, Colombia. xrojasg@gmail.com.

RESUMEN

Los manglares y pastos marinos son ecosistemas estratégicos para el desarrollo de las zonas costeras colombianas. No obstante, en las áreas marinas protegidas (AMP) del Caribe continental se desconoce su potencial como Hábitats Esenciales (HE) para el desarrollo de peces juveniles arrecifales. El Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), se localiza en la parte central del Caribe continental colombiano, posee grandes extensiones de praderas de pastos marinos y formaciones de manglar que bordean áreas insulares, lagunas interiores y arrecifales, condiciones que contribuyen a mantener gran cantidad de peces arrecifales. Se realizaron censos visuales junto con la valoración de la complejidad del hábitat en tres localidades del PNNCRSB, durante dos periodos del año 2007 (septiembre – noviembre). Se censaron un total de 4783 peces, pertenecientes a 29 familias y 58 especies. De estas, se escogieron 23 especies pertenecientes a 13 familias por ser las más representativas en densidad entre los hábitats. En promedio fue registrada una mayor proporción de peces juveniles de arrecifes en los hábitats (88.5% en manglares y 65% en pastos marinos) que peces residentes. Los manglares insulares poseen la mayor densidad juveniles (158.7 peces/100 m²), mostrando una correlación significativa con la distancia al arrecife de coral, y la estructura del hábitat, explicando así los factores que inciden en una mayor oferta de refugio y un mayor potencial como HE. Por lo anterior, se enfatiza en la necesidad de adelantar estudios para evaluar la conectividad entre hábitats y en adoptar medidas específicas para la conservación de los HE como el enfoque ecosistémico, programas de monitoreo y educación ambiental dentro del AMP.

PALABRAS CLAVES: Peces arrecifales, hábitat esencial, conectividad, Área Marina Protegida, Caribe Colombiano

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes demuestran que los pastos marinos y manglares en la región Caribe funcionan como las áreas de crianza más importantes para los peces arrecifales, sugiriendo que estos hábitats contribuyen a las comunidades de peces en los arrecifes de coral adyacentes a través de la migración de adultos y sub-adultos desde estas áreas de crianza. Dicha hipótesis, reconoce la importancia de la conservación de estos hábitats como esenciales para el mantenimiento de la comunidad de peces de los arrecifes de coral (Beck et al. 1992, Nagelkerken et al. 2000a, Dahlgren y Eggleston 2000, Lindeman et al. 2000, Roberts et al. 2003).

En las áreas tropicales los manglares y pastos marinos se localizan de manera adyacente a los arrecifes de coral, conformando un mosaico de substratos que constituyen hábitats para los peces ofreciendo diversos beneficios (Adams et al. 2006). Entre estos figura un excelente refugio contra depredadores y abundancia de alimento, por lo cual son utilizados como áreas de crianza por los peces juveniles arrecifales (Ogden y Gladfelter 1983, Parrish, 1989, Nagelkerken et al. 2000a). Los cambios ontogénicos de hábitat que realizan los peces arrecifales en sus estadios tempranos responden a las necesidades biológicas de las especies conforme cambian de tamaño, hasta llegar a su etapa sub-adulta o adulta, en la cual migran al arrecife de coral (Parrish 1989, Mora y Sale 2002). Los desplazamientos de los peces entre hábitats son interpretados como una forma de sobrevivencia, o como movimientos facultativos, que involucra la selección de un hábitat específico (Herzka 2005). La disposición de los pastos marinos de manera continua directa o indirecta con el hábitat de manglar, provee refugio para que algunas especies de peces arrecifales realicen los cambios ontogénicos de hábitat (Dahlgren y Eggleston 2000). Por lo anterior, estos hábitats cumplen un papel crucial en las transiciones de las etapas de vida de los peces arrecifales y en la contribución a las poblaciones adultas, siendo reconocidos como hábitats esenciales (Lindeman et al. 2000, Roberts et al. 2003).

Pocos estudios del Caribe colombiano han caracterizado los peces arrecifales en áreas de manglar y pastos marinos (Solano et al. 1992, Rodríguez-Ramírez 1996, Báez et al. 2002), y datan la presencia de especies arrecifales de interés comercial y ecológico; no obstante no han analizado su papel como hábitats esenciales para peces juveniles arrecifales. Por otra parte, actualmente estos ambientes se reconocen como ecosistemas estratégicos para el desarrollo de la zona costera, y presentan un avanzado estado de deterioro, asociado a causas de origen antrópico y natural, que difieren en intensidad y magnitud a lo largo de la costa Caribe continental colombiana. Por lo cual, resulta importante valorar el papel que potencialmente pueden estar cumpliendo los hábitats para los peces de los arrecifes de coral adyacentes, principalmente en las áreas marinas protegidas (AMP) del Caribe colombiano, donde se localizan las principales áreas coralinas en cuanto a superficie de extensión.

En este trabajo se presenta los resultados de la evaluación del potencial de los pastos marinos y manglares como hábitats esenciales para peces juveniles en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), área marina protegida (AMP) que se localiza en la parte central del Caribe continental colombiano y las consideraciones para su manejo y protección.

METODOLOGÍA

Diseño del Estudio

Se investigó la ocurrencia y densidad de peces juveniles mediante la realización de censos visuales tanto en pastos marinos como en manglares en dos de las localidades del sector norte del PNNCRSB que presentan la mayor extensión de estos hábitats de manera continúa: ciénaga de Cholón-Barú; ii) ciénaga de Cocoliso -Isla Grande, durante dos periodos (septiembre - noviembre) del año 2007 (Figura 1). Los censos fueron realizados en cada localidad mediante buceo a pulmón libre a profundidades que oscilaron entre 1 y 0,4 m de profundidad. Se realizaron entre 7 y 10 transectos de manera paralela a la línea de costa, en diferentes estaciones ubicadas a lo largo de la extensión del hábitat en cada lugar. En total se realizaron 44 transectos cubriendo un área de 4100 m² (Tabla 1).

Durante los censos visuales se contaron los peces vistos a lo largo del transecto y sus tamaños fueron estimados en seis clases de talla de 5 cm, así: A (0 - 5 cm), B (5 - 10 cm), C (10 - 15 cm), D (15 - 20 cm), E (20 - 25 cm), F > a 25 cm. Las especies se distinguieron por sus características según su etapa de vida (Humann 1996). Se tomaron en cuenta las especies cuyos estadios juveniles y subadultos fueran mayores a 5 cm (Longitud total), tomando como referencia la talla de madurez citada para cada especie en la literatura (Acero 1977, Acero y Garzón 1985, Nagelkerken et al. 2001, Cocheret de la Morinière et al. 2002) para distinguirlos de su estadio adulto.

Adicionalmente se evaluaron variables estructurales que explican la complejidad de cada hábitat y describen la oferta de refugio disponible. Para los manglares se contabilizó el número total de raíces principales sumergidas y su longitud total en intervalos de 10 m, en un área de muestreo horizontal de 1 m x 0,50 m. Teniendo en cuenta el área de muestreo de cada transecto, la abundancia de raíces se expresó como la densidad de raíces por 100 m² (Nagelkerken et al. 2000b). Para los pastos marinos, en cada transecto se seleccionaron al azar dos cuadrantes de 50 x 50 cm, y en cada uno se estimó el porcentaje de cobertura de la pradera, el promedio de la altura de las hojas sobre el sedimento, expresado como la “altura de los pastos” y la densidad de pastos por 100 m², mediante el conteo de plántulas individuales (Nagelkerken et al. 2000b).

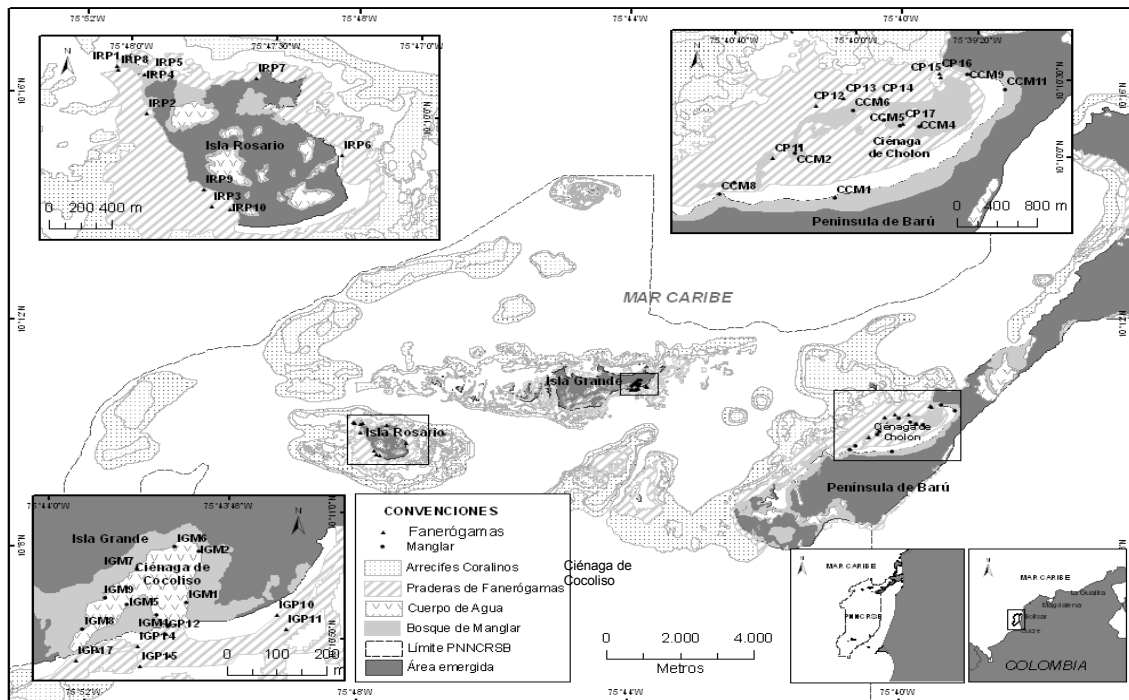


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio (ciénaga de Cholón, ciénaga de Cocoliso en Isla Grande e Isla Rosario) en el archipiélago del Rosario y los transectos de muestreo en los hábitats estudiados. Abreviaturas: Transecto de manglar en Isla Grande – IGM, transecto de pastos marinos en Isla Grande - IGP, transecto de manglar en ciénaga de Cholón – CCM; transecto de pastos marinos en ciénaga de Cholón – CCP, transecto de pastos marinos en Isla Rosario – IRP.

Tabla 1. Cuantificación del número de transectos de muestreo, tamaño y área muestreada por hábitat y sitio de estudio.

Hábitats de muestreo	Número de transectos	Tamaño promedio del transecto (m ²)	Total área muestreada (m ²)	Número de transectos por sitio		
				Ciénaga de Cocoliso-Isla Grande	Ciénaga de Cholón-Barú	Isla Rosario
Pastos marinos	25	100	2500	8	7	10
Manglares	19	85	1600	9	10	0
Total	44	-	4100	17	17	10

Almacenamiento y Análisis de Datos

Los datos de campo fueron digitados y almacenados en bases de datos elaboradas en Excel. Las especies se registraron teniendo en cuenta el hábitat, área de muestreo del transecto, orden, familia, abundancia registrada en campo, densidad, talla media de madurez registrada en la literatura, clase o categoría de talla registrada en campo y la clasificación de la especie de acuerdo a su hábitat característico en la fase juvenil. Las categorías empleadas para la clasificación fueron dos:

- i) Especies juveniles de arrecifes de coral: son aquellas que se han encontrado en estudios previos (Nagelkerken et al. 2000a, 2001, Nagelkerke y van der Velde 2002), altamente asociadas con manglares y/o pastos marinos, y que se ha encontrado con bajas densidades o como especies ausentes en el estadio juvenil en los arrecifes de coral en la región Caribe;
- ii) Residentes: se refiere a las especies que son relativamente abundantes en los ambientes estudiados, y no presentan una relación dependiente con los arrecifes de coral en su fase adulta (Nagelkerken et al. 2000b).

Se realizaron análisis estadísticos para contrastar la estructura de la comunidad entre los hábitats y sitios de estudio, mediante análisis univariados. Los datos de abundancia fueron estandarizados a 100 m² y luego transformados logarítmicamente ($\text{Log}_{10}(x+1)$). Solo se tomaron en cuenta para el análisis, las especies que presentaron abundancia mayor al 3% del total en al menos uno de los transectos de muestreo. Para comparar la densidad media de los peces juveniles entre los diferentes hábitats, se empleó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no se ajustaron a una distribución normal, ni cumplieron con la homogeneidad de varianzas (Sokal y Rohlf 1995).

La distribución espacial de los peces en los manglares y pastos marinos fue estudiada a través de la realización de análisis de ordenación. Para esto se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) bajo el programa PAST-Paleontological STatistics (Hammer et al. 2001). Los datos ambientales y de estructura del hábitat fueron correlacionados con la matriz biótica usando el coeficiente de correlación de Spearman (Clarke y Ainsworth 1993). La distancia al arrecife de coral de cada hábitat de manglar y pastos marinos en el AMP, fue medido en los mapas SIG como la ruta más corta que recorren los peces entre estos puntos

(Nagelkerke y van der Velde 2002). Finalmente se proporcionaron las recomendaciones para el manejo de los hábitats dentro del AMP.

RESULTADOS

Composición, Abundancia y Densidad de Peces Juveniles

Se censaron un total de 4783 peces, pertenecientes a 29 familias y 58 especies. De estas, se escogieron 23 especies pertenecientes a 13 familias por ser las más representativas en densidad entre los hábitats. De acuerdo con los datos de abundancia relativa, se encontró que estos hábitat son usados como área de crianza para al menos 12 especies de peces de arrecifes de coral, representando más del 80% de la abundancia total de peces en las raíces de manglar y del 65% en pastos marinos (Figura 2). En los manglares las especies más frecuentes fueron el ronco *Haemulon flavolineatum*, los loros *Scarus* spp. y el pargo *Lutjanus apodus*. En los pastos marinos se destacaron los géneros de loros *Scarus*, *Sparisoma* y *Halichoeres* (Tabla 2)

Tabla 2. Abundancia relativa (% del total por sitio) de las principales especies de cada hábitat en los diferentes sitios. C: ciénaga de Cholón; G: Isla Grande, ciénaga de Cocoliso; IR: Isla Rosario.

Especie	Manglar		Pastos marinos		
	C	G	C	G	IR
<i>Scarus</i> spp.	20,6	19,3	58,7	38,8	26,1
<i>Haemulon flavolineatum</i>	17,8	39,6			5,0
<i>Lutjanus apodus</i>	11,9	5,1			
<i>Lutjanus griseus</i>	9,3				
<i>Haemulon</i> spp.	7,9				
<i>Chaetodon capistratus</i>	5,3	5,1			
<i>Diodon holocanthus</i>	4,9				
<i>Sphyræna barracuda</i>	3,5	7,8			
<i>Abudefduf saxatilis</i>		11,0			
<i>Halichoeres</i> spp.			9,1	31,2	27,8
<i>Sparisoma</i> spp.				10,8	7,3
<i>Stegastes leucostictus</i>				5,0	4,5
<i>Eucinostomus</i> spp.				4,9	
<i>Sparisoma radians</i>					12,0
<i>Ocyurus chrysurus</i>					5,7
<i>Acanthurus chirurgus</i>			7,5		5,0

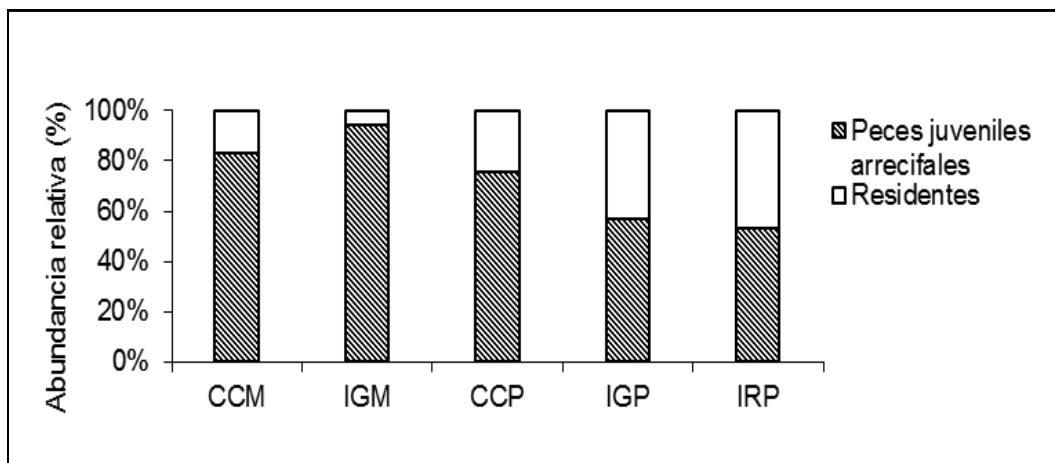


Figura 2. Abundancia relativa total de especies juveniles de arrecifes de coral (Ja) vs. Residentes (R) en los sitios de estudio. CCM: ciénaga de Cholón-Manglar; IGM: Isla Grande, ciénaga de Cocoliso-Manglar; CCP: ciénaga de Cholón-Pastos marinos; IGP: Isla Grande, ciénaga de Cocoliso-Pastos marinos; IRP: Isla Rosario-Pastos marinos.

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis reveló que la densidad de todas las especies de peces juveniles (estimada por transecto en cada sitio) difiere significativamente entre los sitios ($H_c = 10,1$; $p < 0,038$), en igual forma que la densidad de las especies de peces juveniles de arrecifes de coral ($H_c = 16,9$; $p < 0,001$). También se encontraron Variaciones significativas en la densidad de juveniles entre los manglares de la ciénaga de Cholón (Densidad promedio de $159,6$ peces/ $100\text{ m}^2 \pm 99,3$) de carácter continental con los manglares y praderas de Isla Grande ($167,8$ peces/ $100\text{ m}^2 \pm 170,9$ y $94,1$ peces/ $100\text{ m}^2 \pm 36,6$ respectivamente (Tabla 3).

Distribución Espacial de la Densidad de Peces

Al realizar el análisis de ordenación de la comunidad de los peces, a partir de los datos de densidad promedio de peces juveniles, los transectos revelaron un patrón de distribución espacial diferenciado según el hábitat, ubicándose al lado izquierdo del plano de ordenación los transectos de manglar (ver Grupo 1, Figura 3) y al derecho los de pastos marinos (ver grupo 2, Figura 3). Las correlaciones de Spearman mostraron una correlación significativa negativa entre los dos primeros ejes y la distancia al arrecife de coral (Coeficiente de correlación de Spearman $r_{eje1} = -0,7$, $p < 0,01$; $r_{eje2} = -0,33$, $p < 0,05$). El análisis de

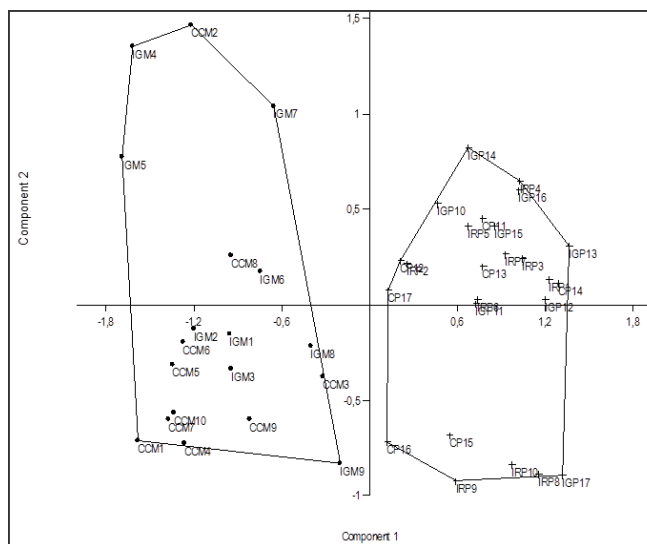


Figura 3. Análisis de componentes principales (ACP) de la densidad media de peces por transecto en manglares y pastos marinos. El eje horizontal representa el primer eje del ACP y el eje vertical el segundo eje del ACP. CC: ciénaga de Cholón; IG: Isla Grande; IR: Isla Rosario; M: manglar, P: pastos marinos. Las líneas rectas demarcan el grupo de transectos de cada hábitat. Los tres primeros ejes explicaron al menos el 54,1% de la variación de los datos (eje 1: 33,5 %, eje 2: 12,1%, eje 3: 8,6%).

Tabla 3. Comparación de la densidad de peces juveniles de todas las especies y especies de arrecifes de coral entre los cinco sitios de estudio mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas entre los sitios.

Sitio	Juveniles totales				Juveniles de arrecifes de coral			
	Media	D.E.	H	p	Media	D.E.	H	p
CCM	159,6 ^B	99,3	10,1	0,038	133,17 ^C	85,5	16,9	0,001
IGM	167,8 ^{AB}	170,9			158,70 ^{bc}	172,1		
CCP	61,3 ^A	45,5			46,43 ^a	42,1		
IGP	94,1 ^{AB}	36,6			53,88 ^{ab}	29,5		
IR	71,6 ^A	42,9			38,10 ^a	27,1		

ordenación por cada uno de los hábitats, arrojó resultados similares y evidencio que la complejidad del hábitat incide en el patrón de distribución de los datos (Figura 4). En el manglar, la variable densidad de raíces/m², se correlacionó negativamente con el segundo eje del análisis de ordenación ($r = -0,5, p < 0,05$), concomitantemente con la densidad de peces ($r = -0,69, p < 0,01$). Mientras en los pastos marinos, la variable que más influyó fue la densidad de vástagos, seguida por la altura de la planta (Figura 5). La altura de las hojas, a su vez, se correlacionó negativamente con la densidad de vástagos ($r = -0,47, p < 0,01$).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Composición, Abundancia y Densidad de Peces Juveniles

De acuerdo con los resultados expuestos anteriormente, es posible afirmar que los manglares y los pastos marinos estudiados del AMP, cumplen el rol de hábitats esenciales para juveniles de arrecifes de coral, exhibiendo diferencias significativas en la densidad media de las especies, con valores más conspicuos en las raíces de manglar. Estos resultados coinciden con la alta presencia de peces juveniles y especies arrecifales que reportan Solano et al. (1992) y Rodríguez-Ramírez (1996) para la ciénaga de Cocoliso. No obstante, en estos estudios no se estimó la proporción de especies arrecifales sobre el total de especies de la comunidad muestreada.

Distribución Espacial de la Densidad de Peces

Altos valores de densidad de peces juveniles arrecifales se relacionan con la complejidad estructural del hábitat, demostrando ser ésta, una variable determinante en la oferta de refugio para el manglar y los pastos marinos como hábitats esenciales. Estos resultados coinciden con lo reportado por Bell y Westoby (1986), Nagelkerken et al. (2000b), Cocheret de la Morinière et al. (2004), quienes atribuyen diferencias en la densidad de peces entre los hábitats a la complejidad estructural y la cantidad de refugio que pueden ofrecer para los juveniles. Las principales variables estructurales que se correlacionaron con la densidad de los peces fueron la densidad de raíces de manglar sumergidas, la densidad de plántulas y la altura de las hojas. Resultados similares encontraron Nagelkerken et al. (2000b), Dorenbosch et al. (2007), Cocheret de la Morinière et al. (2004), afirmando que altos valores de riqueza de especies y de densidad de peces juveniles se encontraron cuando había mayor oferta de refugio en el manglar, y Aliaume et al. (1990) en pastos marinos.

Además de la complejidad del hábitat, la distancia al arrecife de coral se relacionó significativamente con la distribución espacial de la densidad de juveniles. Los resultados de este estudio, demuestran que los peces juveniles tienden a estar en mayor densidad en los puntos más cercanos del hábitat al arrecife de coral. Al respecto, Dorenbosch et al. (2004) encontró que las significativas densidades de juveniles en manglares y pastos marinos

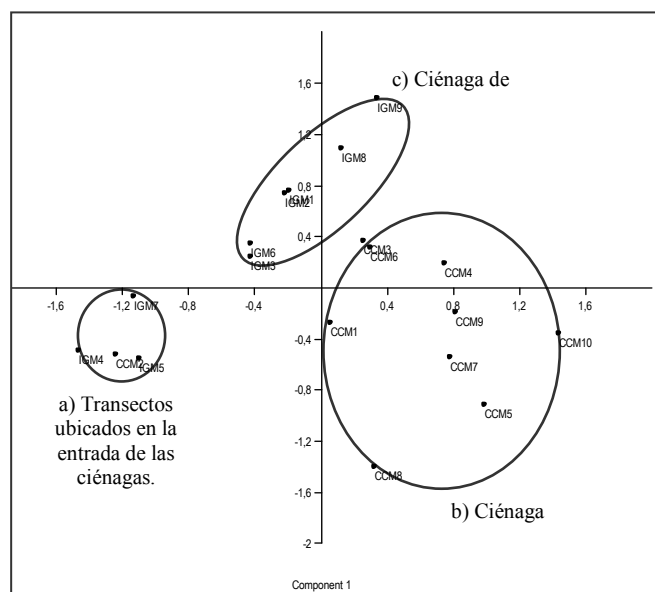


Figura 4. Análisis de componente principal (ACP) de la densidad por especie de peces en los transectos de manglar. Cc: ciénaga de Colón; IG: Isla Grande; IR: Isla Rosario. Se identificaron 3 grupos de transectos con base en la densidad y ubicación espacial dentro de las ciénagas: a) Ubicados en la entrada de las ciénagas, b y c) Transectos localizados en la parte interna de las ciénagas.

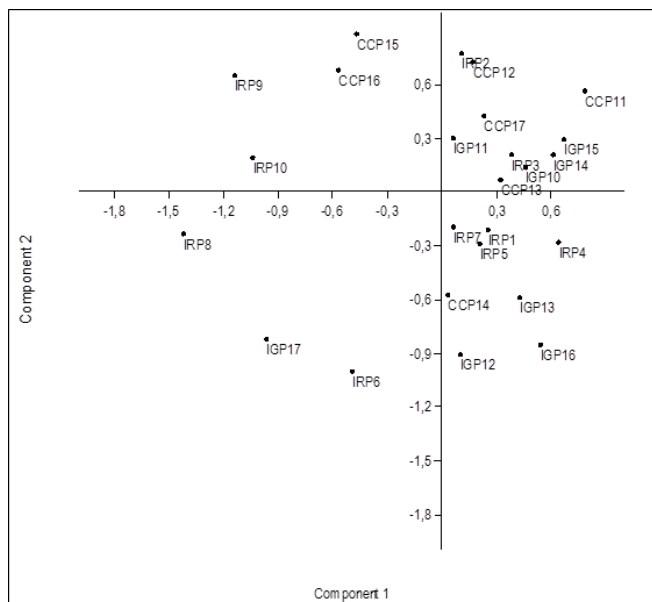


Figura 5. Análisis de componente principal (ACP) de la densidad por especie de peces en transectos de pastos marinos. El eje horizontal representa el segundo eje del ACP y el eje vertical el tercer eje del ACP. Áreas de muestreo: CC: ciénaga de Cholón; IG: Isla Grande; IR: Isla Rosario.

adyacentes a arrecifes de coral, se relacionaron con individuos que estaban alcanzando su estado adulto y en proceso de migración hacia el arrecife de coral más cercano. Partiendo de lo anterior y asumiendo que los peces se mueven lo más directamente posible de los hábitats de crianza a los arrecifes de coral más cercanos (Mumby 2006), es posible afirmar que las inmediaciones de las bocas de las ciénagas estudiadas (donde se registró la mayor densidad de peces juveniles), constituyen hábitats esenciales que potencialmente están conectados mediante las migraciones de individuos hacia los arrecifes de coral más cercanos.

A partir de la densidad de juveniles arrecifales obtenida, y asumiendo que estos peces al llegar a su estado sub-adulto pueden migrar hacia los arrecifes de coral, se realizó un estimativo de cual podría llegar a ser la contribución potencial de los hábitats a la población adulta de peces de los arrecifes de coral adyacente. Para ello, se estimó la contribución total de los hábitats al AMP, como el resultado de sumar la densidad de juveniles de todos los hábitats tenidos en cuenta y posteriormente obtener el porcentaje de contribución de cada hábitat al total (Tabla 4).

Los porcentajes de contribución obtenidos en la Tabla 4, indican que el hábitat de manglar albergaría la mayor densidad (casi el doble) de peces juveniles por unidad de área. Aunque este hábitat, no es muy extenso dentro del AMP en comparación con los pastos marinos, si resulta de gran interés para la conservación de los peces arrecifales, dado que sus valores de contribución superan el promedio de los demás ambientes estudiados, pudiendo considerarse como ejemplo de un hábitat juvenil efectivo y crítico para la población adulta de peces arrecifales (Dahlgren *et al.* 2006).

Adicionalmente, se encontró que las raíces de manglar son utilizadas de manera exclusiva por algunas especies juveniles como *Lutjanus apodus* y *L. griseus*, las cuales tienen alta importancia comercial y ecológica para los arrecifes coralinos protegidos y las zonas de pesca fuera del AMP.

Mumby (2006) resalta la importancia de diferenciar los sitios que proveen hábitats de alta calidad para los peces juveniles de arrecifes de coral de los que no lo hacen, al permitir establecer los hábitats más críticos en cuanto a su función como áreas de crianza, y los arrecifes que se ven más beneficiados de aquellas áreas proflícas. Al respecto, con base en los resultados de este estudio, es posible afirmar que las áreas de las raíces de manglar del AMP, potencialmente pueden contribuir con más del 80% de sus individuos al stock de peces del arrecife de coral.

Los resultados obtenidos en este trabajo son aplicables para fundamentar la definición de estrategias de conservación de los hábitats tales como el establecimiento de las AMP y el manejo basado en ecosistemas. Esto es de gran importancia, si se analiza a la luz de la declinación actual que atraviesan las poblaciones de peces de los arrecifes de coral, asociada a la alta presión por pesca y los niveles de intervención a que están expuestos tanto en el AMP (Díaz *et al.* 2000, 2003) como en la región Caribe (Mumby *et al.* 2004, Paddock *et al.* 2009).

Bajo las condiciones actuales de amenaza por actividades antrópicas, se recomienda adelantar acciones de monitoreo de los hábitats y programas de educación ambiental. Igualmente, es necesario aumentar las medidas de control y manejo de impactos negativos, y los esfuerzos para establecer corredores de conectividad entre los hábitats productivos, incluyendo otros menos productivos (Mumby *et al.* 2004). Los esquemas de manejo deben ser más flexibles y proteger hábitats que estén conectados más que guiarse por su representatividad.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio presenta parte de los resultados de la tesis de maestría titulada "Manglares y pastos marinos como hábitats de peces juveniles de arrecifes de coral y criterios para su conservación en el Caribe colombiano" la cual fue posible gracias al apoyo brindado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR y a través del Convenio de esta entidad con la Universidad Nacional de Colombia. Se agradece a Sven Zea por la dirección de este trabajo y a Alberto Rodríguez por su asesoría en el manejo de la información. A Arturo Acero y Adolfo San Juan Muñoz, quienes participaron en la revisión y evaluación de este trabajo; así mismo a los funcionarios del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo por su colaboración y apoyo logístico.

Tabla 4. Estimación de la contribución potencial (porcentaje %) de peces juveniles arrecifales de los hábitats de manglar y pastos marinos a los arrecifes de coral adyacente. *La clasificación de hábitat efectivo aplica para el hábitat que su contribución sea superior al promedio (Dahlgren *et al.* 2006). **Las áreas de los hábitats fueron calculadas en el Sistema de Información Geográfico (LabSIS-INVEMAR 2009).

Hábitat	Contribución total (%)	Hábitat efectivo*	Superficie de área (m ²) en el AMP**
CCM	32,9	Si	26.566
IGM	39,0	Si	4.096
CCP	9,4	No	2.900.000
IGP	10,9	No	55.245
IRP	7,8	No	1.089.542
Total	100,0		4.075.449
Promedio	20,0		815.090

LITERATURA CITADA

- Acero, A. 1977. Observaciones ecológicas de la ictiofauna de la pradera de *Thalassia* de la orilla oriental de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona, Santa Marta). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Tesis pregrado Biología Marina. Bogotá. 73 pp.
- Acero, A. y J. Garzón. 1985. Peces de las islas del Rosario y de San Bernardo (Colombia). I. Características del área y listas de especies. *Actualidades Biológicas* **14**(54):137-148.
- Adams, A.J., C.P. Dahlgren, G. Todd Kellison, M.S. Kendall, C.A. Layman, J.A. Ley, I. Nagelkerken y J. E. Serafy. 2006. Nursery function of tropical back-reef systems. *Marine Ecology Progress Series* **318**:287-301.
- Aliaume, C., G. Lasserre y M. Louis. 1990. Organisation spatiale des peuplements ichtyologiques des herbiers à *Thalassia* du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* **23**(3):231-250.
- Beck, M.W., K.L. Heck, K.W. Able, D.L Childers, D.B. Eggleston, B.M. Gillanders, B. Halpern, C.G. Hays, K. Hoshino, T.J. Minello, R.J. Orth y P.F. Sheridan. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience* **51**:633-641.
- Bell, J.D. y M. Westoby. 1986. Importance of local changes in leaf height and density to fish and decapods associated with seagrasses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **104**:249-274.
- Clarke, K.R. y M. Ainsworth. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* **92**:205-219.
- Cocheret de la Morinière, E., B.J.A. Pollux, I. Nagelkerken y G. van der Velde. 2002. Post-settlement life cycle migration patterns and habitat preference of coral reef fish that use seagrass and mangrove habitats as nurseries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **55**:309-321.
- Cocheret de la Morinière, E., I. Nagelkerken, H. van der Meij y G. van der Velde. 2004. What attracts juvenile coral reef fish to mangroves: habitat complexity or shade? *Marine Biology* **144**:139-145.
- Dahlgren, C.P. y D.B. Eggleston. 2000. Ecological processes underlying ontogenetic habitat shifts in a coral reef fish. *Ecology* **81**:2227-2240.
- Dahlgren, C.P., G.T. Kellison, A.J. Adams, B.M. Gillanders, M.S. Kendall, C.A. Layman, J.A. Ley, I. Nagelkerken y J.E. Serafy. 2006. Marine nurseries and effective juvenile habitats: concepts and applications. *Marine Ecology Progress Series* **312**: 291-295.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra, J. Pinzón, B. Vargas, F. Zapata y S. Zea. 2000. *Áreas Coralinas de Colombia*. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales. No. 5. Santa Marta, Colombia. 176 pp.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, y D. I. Gómez-López (eds). 2003. *Las Praderas de Pastos Marinos en el Caribe Colombiano. Distribución y Estructura de un Ecosistema Estratégico*. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales. No 10. Santa Marta, Colombia. 159 pp.
- Dorenbosch, M., W.C.E P. Verberk, I. Nagelkerken y G. van der Velde. 2007. Influence of habitat configuration on connectivity between fish assemblages of Caribbean seagrass beds, mangroves and coral reefs. *Marine Ecology Progress Series* **334**:103-116.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* **4**(1):9 pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Herzka, S.H. 2005. Assessing connectivity of estuarine fishes based on stable isotope ratio análisis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **64**:58-69.
- Humann, P. 1996 *Reef Fish identification Florida Caribbean, Bahamas*. Segunda edición. New World Publications, Jacksonville, Florida USA. 396 pp.
- LabSIS-INVEMAR. 2009. Cartografía de línea base del Parque Corales del Rosario y San Bernardo. Laboratorio de Sistemas de Información. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR Santa Marta. Archivos digitales.
- Lindeman, K.C., R. Pugliese, G.T. Waugh y J.S. Ault. 2000. Developmental patterns within a multispecies reef fishery: Management applications for essential fish habitats and protected areas. *Bulletin of Marine Science* **66**(3):929-956.
- Mora, C. y P.F. Sale. 2002. Are populations of coral reef fish open or closed? *Trends in Ecology and Evolution* **17**(9):422-429.
- Mumby, P.J. 2006. Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation* **128**:215-222.
- Mumby, P.J., A.J. Edwards, J.E. Arias-González, K.C. Lindeman, P.G. Blackwell, A. Gall, M.I. Gorczynska, A.R. Harborne, C.L. Pescod, H. Renken, C.C.C. Wabnitz y G. Llewellyn. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature* **427**:533-536.
- Nagelkerken, I., G. van der Velde, M.W. Gorissen, G.J. Meije, T. van't Hof y C. den Hartog. 2000a. Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuarine Coastal Shelf Science* **51**:31-44.
- Nagelkerken, I., M. Dorenbosch, W. C. E. P. Verberk, E. Cocheret de la Morinière y G. van der Velde. 2000b. Importance of shallow-water biotopes of a Caribbean bay for juvenile coral reef fishes: patterns in biotope association, community structure and spatial distribution. *Marine Ecology Progress Series* **202**:175-192.
- Nagelkerken, I., S. Kleijnen, T. Klop, R.A.C.J. van den Brand, E. Cocheret de la Morinière y G. van der Velde. 2001. Dependence of Caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/ seagrass beds. *Marine Ecology Progress Series* **214**: 225-235.
- Nagelkerken, I. y G. van der Velde. 2002. Do non-estuarine mangroves harbour higher densities of juvenile fish than adjacent shallow-water and coral reef habitats in Curaçao (Netherlands Antilles)? *Marine Ecology Progress Series* **245**:191-204.
- Ogden, J.C. y E.H. Gladfelter. 1983 Coral reefs, seagrass beds, and mangroves: their interactions in the coastal zones of the Caribbean. *UNESCO Reports in Marine Science* **23**. 133 pp.
- Paddock, M.C., J.D. Reynolds, C. Aguilar, R.S. Appeldoorn, J. Beets, E.W. Burkett, P.M. Chittaro, K. Clarke, R. Esteves, A.C. Fonseca, G.E. Forrester, A.M. Friedlander, J. García-Sais, G. González-Sansón, L.K.B. Jordan, D.B. McClellan, M.W. Miller, P.P. Molloy, P.J. Mumby, I. Nagelkerken, M. Nemeth, R. Navas-Camacho, J. Pitt, N.V.C. Polunin, M.C. Reyes-Nivia, D.R. Robertson, A. Rodríguez-Ramírez, E. Salas, S.R. Smith, R.E. Spieler, M.A. Steele, I.D. Williams, C.L. Wormald, A.R. Watkinson e I.M. Côté. 2009. Recent Region-wide Declines in Caribbean Reef Fish Abundance. *Current Biology* **19**:1-6.
- Parrish, J.D. 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Marine Ecology Progress Series* **58**:143-160.
- Roberts, C.M., S. Andelman, G. Branco, R. Bustamante, J.C. Castilla, J. Dungan, B. Harper, K. Laferty, H. Leslie, J. Lubchenco, D. McArdle, H.P. Possingham, M. Rucelshaus y R. Warner. 2003. Ecological criteria for evaluating candidate sites for marine reserves. *Ecological Applications* **13** (1) Supplement, 199-214.
- Rodríguez-Ramírez A. 1996. Ictiofauna bentónica asociada a praderas de *Thalassia testudinum* Banks ex König 1805 en Isla Grande e Isla Rosario, estación seca (Caribe colombiano): Relación entre la estructura ictica y de las praderas. Trabajo de grado presentado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 110 pp.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd Edition. W. H. Freeman. New York, New York USA. 887 pp.
- Solano, O.D., J.A. Figueroa, R. García, J.A. González, L.E. Mejía, B. Rivas y A. Rodríguez. 1992. Caracterización de la ictiofauna asociada a *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* en Cocoliso (Caribe colombiano). *Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. CCO, Santa Marta, Colombia. **1**. 531 pp.