

# **Análisis de Vacíos de Representatividad de la Biodiversidad en las Áreas marinas Protegidas del Caribe Continental Colombiano**

DAVID ALONSO<sup>1</sup>, GEORGINA BUSTAMANTE<sup>2</sup>, y DANIEL ROZO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis*  
*INVEMAR*

*Santa Marta, Magdalena, Colombia*

<sup>2</sup>*Caribbean Marine Protected Areas Management and Forum*  
*3800 North Hills Drive, #216*  
*Hollywood, Florida 33021 USA*

## **RESUMEN**

Con el objetivo de aportar información que permita la creación de redes efectivas de áreas marinas protegidas para la conservación de la biodiversidad y los recursos costeros de Colombia, INVEMAR está llevando a cabo un ejercicio para identificar sitios prioritarios de conservación en el Caribe continental colombiano. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de vacíos de la representatividad y heterogeneidad de hábitats como criterio ecológico de representación de elementos de la biodiversidad dentro del conjunto de áreas marinas protegidas existentes en el área en cuestión.

Se utilizó como unidad geográfica de planificación el “sistema costero” definido por Sullivan-Sealey y Bustamante (1999), y se trazaron siete de ellos en el área de estudio, según características fisiográficas como geomorfología de costa, drenaje de agua dulce, etc. Se identificaron, además, siete principales hábitats marinos. El análisis de representatividad de hábitats arrojó que los arrecifes coralinos se encuentran excelentemente representados en toda el área, mientras que los pastos marinos, playas arenosas, lagunas costeras y estuarios se encuentran pobremente representados. Sin embargo, los porcentajes de inclusión de cada hábitat dentro de áreas marinas protegidas son muy desiguales en los diferentes sistemas costeros: en algunos, ciertos hábitats están representados en uno, unos pocos, o ningún sistema costero.

Los resultados de este trabajo muestran la necesidad de realizar investigaciones en el corto plazo para llenar vacíos de información como los patrones de circulación oceánica y dispersión larval, la localización de agregaciones reproductivas de peces, las amenazas naturales y antrópicas, y otros datos socioeconómicos, con el fin de agregar estos criterios a la selección de áreas prioritarias de conservación que permitan el diseño de una red representativa de áreas marinas protegidas que garantice la conservación de la biodiversidad marino costera del Caribe continental colombiano.

**PALABRAS CLAVES:** Hábitats marinos, representatividad, heterogeneidad, áreas marinas protegidas, Caribe continental colombiano

## **Biodiversity Representativeness Gap Analysis in the Continental Colombian Caribbean Marine Protected Areas**

A biodiversity and coastal resources priority conservation site exercise is being carried out by INVEMAR in the Colombian Caribbean coast to provide information for the establishment of an effective marine protected area network. The results of the biodiversity representation and habitat heterogeneity gap analysis within the existing MPA are presented within the study.

Seven “coastal systems” within the study area defined by Sullivan Sealey and Bustamante (1999) based on their drainage system, physiographic, and coastal geomorphology among other characteristics, were used as geographical planning units. Seven marine coastal habitats were also identified. The gap analysis showed that while coral reefs are very well represented in the area, sea grasses, sandy beaches, coastal lagoons, and estuaries as well as soft bottom are poorly represented. However, the enclosure percentages of each habitat within the MPA are very unequal within the different coastal systems; some habitats are represented only in one, or some times, none coastal system.

The results of the study show the need of short term studies to fill information gaps such as ocean circulation, larval dispersal, fishes reproductive sites, natural tretas, and other socio-economic data in order to include these criteria into the conservation site prioritization process.

**KEY WORDS:** Marine habitat, representativeness, heterogeneity, marine protected areas, Colombian continental Caribbean

## INTRODUCCIÓN

Los investigadores sugieren que las AMPs funcionan mejor cuando forman parte de un sistema o red de áreas ecológicamente efectivas y bien manejadas que permita que los recursos de biodiversidad se conserven de manera más efectiva (SCBD 2004).

En Colombia, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) cuenta en la actualidad con 51 Áreas Naturales Protegidas con una extensión aproximada de 10,5 millones ha dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN). Esta cifra representa el 9.0 % del territorio nacional, si consideramos únicamente la parte terrestre (1.138.914 km<sup>2</sup>) (MMA 2001), pero en realidad cubre sólo 4.4% del territorio nacional, si contemplamos también la parte marina (988.000 km<sup>2</sup>). Es decir, Colombia sólo tiene protegido menos del 0.5% de sus áreas marinas, lo cual resulta insuficiente para proteger los ecosistemas marinos del territorio nacional, de acuerdo con los estándares internacionales y las metas del Convenio de Diversidad Biológica (Alonso 2005).

En general, la razón del establecimiento de estas áreas en una zona marina continental de Colombia fue la conservación de ecosistemas aislados (arrecife de coral, manglares), o de ciertas especies conspicuas o amenazadas (aves migratorias, anidamiento de tortugas), y no de procesos ecológicos esenciales que garanticen el funcionamiento de especies y hábitats. Es por eso que se ha hecho evidente la necesidad de redefinir los criterios que permitan el diseño de una red representativa de AMPs que comprenda o sólo el análisis de información ecológica y socioeconómica para su diseño, sino que su planificación sea un proceso participativo similar al que se lleva actualmente en la Reserva de la Biosfera Seaflower (Friedlander *et al.* 2003). Colombia ocupa el 11% aproximadamente del área marina del Gran Caribe y el 30%, aproximadamente de la ecorregión marina del Caribe Central (Sullivan-Sealey y Bustamante 1999), de ahí su compromiso de conservación en la región. Hasta ahora los estudios de la representatividad de los ecosistemas marinos dentro de las áreas marinas protegidas del SINAP han sido contados. Rojas (2001) evaluó el estado de representatividad de las áreas coralinas del sector central del Caribe que comprende, el PNN Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB). Este trabajo mostró que aunque las unidades de paisaje coralinas más representativas ocupan el 65% del PNNCRSB, las de mayor grado de vitalidad no se encuentran totalmente dentro del área protegida. Este trabajo pretende evaluar los vacíos de representatividad de los principales hábitats marinos del Caribe continental colombiano, así como identificar de manera preliminar áreas prioritarias de conservar tomando como criterio de selección, debido a la falta de otros datos, la heterogeneidad de hábitats.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el análisis de vacíos de representatividad se tomó como referencia los métodos empleados autores como Bushing (1997), y Roberts *et al.* (2003) que utilizan sistemas de información geográfica (SIG) para analizar la variación ecológica regional, distribución y grado de protección de tipos de ecosistemas o hábitats. Se empleó el programa ArcView versión 3.2 para el análisis cartográfico, y a partir de la rutina denominada “*union*” se hizo la superposición y cruce por capas de información.

Con el fin de analizar la representatividad de los hábitats marinos dentro de cada una de las AMPs existentes, se calcularon los porcentajes bajo protección de cada hábitat con respecto al área total. Asimismo, se analizó la superficie protegida por tipo de hábitat en cada sistema costero.

Posteriormente, y de acuerdo con las metas de conservación preestablecidas en este estudio, se determinaron tres clases de representatividad para los sistemas costeros, a saber: representado ( $\geq 30\%$ ), subrepresentado (10 - 29%) y no representado ( $< 10\%$ ); y cuatro clases de representatividad para los siete tipos de hábitats marinos, a saber: excelentemente representado ( $\geq 60\%$ ), bien representado (30 - 59%), subrepresentados (10 - 29%) y no representados ( $< 10\%$ ).

Para el criterio de heterogeneidad, se determinaron tres ambientes: marino, insular y costero, con el fin de poder diferenciar la presencia del número de hábitats posibles presentes en cada sistema costero y en cada ambiente en particular, y encontrar áreas con mayor heterogeneidad de hábitat. Su aplicación espacial se llevó a cabo dividiendo el área de estudio en 494 unidades de planificación (UP) de 10 km x 10 km, siguiendo líneas latitudinales y longitudinales. Esta escala fue escogida porque su disponibilidad, porque permite detectar cambios en los hábitats, y porque adecuada para planificar a nivel regional (Day y Roff 2000). A cada UP se le asignó un valor de heterogeneidad (alto, medio o bajo), dependiendo del número de hábitats existentes en el sistema costero y presentes en cada uno de los ambientes al que pertenecía.

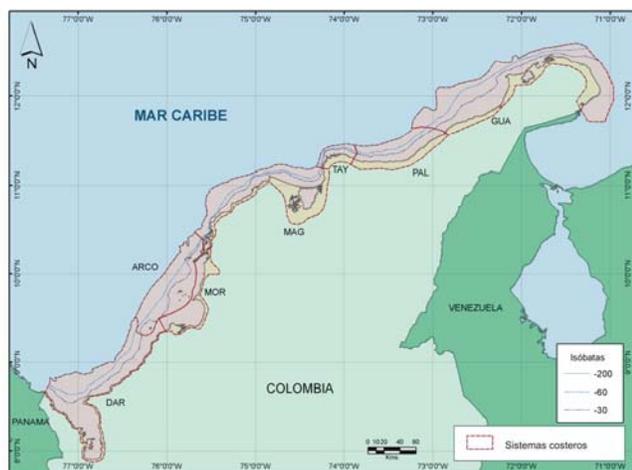
## RESULTADOS

### Escenario Biogeográfico

Se usó la jerarquización de unidades biogeográfica de Sullivan-Sealey y Bustamante (1999) que comprende, de mayor a menor, las provincias costeras biogeográficas, las regiones costeras biogeográficas (o ecorregiones) y los “sistemas costeros” o sectores de la zona costera. Los “sistemas costeros” se tomaron de un ejercicio reciente de clasificación realizado por INVEMAR (2000) que delimitó varias unidades fisiográficas cuya identidad está basada en una combinación de hábitats particular, fundamentada por sus condiciones biofísicas. Estas unidades, de oeste a este, se denominaron así: Guajira (GUA), Palomino (PAL),

Tayrona (TAY), Magdalena (MAG), Morrosquillo (MOR), Archipiélagos coralinos (ARCO) y Darien (DAR). El límite terrestre se ajustó según la definición de zona costera de Colombia, que se extiende hasta una línea paralela a la costa a 2 km de distancia tierra adentro, considerando siempre los siguientes cuatro criterios (MMA 2000):

- i) El 100% de la cobertura espacial de los bosques de manglar, mas 2 km a partir del borde externo del bosque;
- ii) Para el caso de lagunas costeras sin bosques de manglar asociados, a 2 km a partir de la línea de cota máxima de nivel en el margen exterior del sistema lagunar;
- iii) Los terrenos emergidos de todas las áreas declaradas como áreas protegidas marino costeras o costeras, pertenecientes al SINAP y sus zonas de amortiguación, y
- iv) Todos los centros urbanos costeros, mas 2 km desde el borde más externo del perímetro urbano (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de sistemas costeros definidos para el Caribe continental colombiano. Guajira (GUA), Palomino (PAL), Tayrona (TAY), Magdalena (MAG), Morrosquillo (MOR), Archipiélagos coralinos (ARCO) y Darien (DAR).

### Selección de Objetos de Conservación

Para la selección de objetos de conservación se trabajó a nivel del filtro grueso y se seleccionaron siete hábitats marinos representativos de la zona de estudio, a saber: fondos sedimentarios, formaciones coralinas, pastos marinos, playas arenosas, litoral rocoso, manglares, y lagunas costeras y estuarios. Se determinó la cobertura y distribución de cada uno dentro de cada sistema costero y para el total del área de estudio.

### Metas de Conservación

Cuanto del ambiente marino debería protegerse y conservarse de los impactos naturales y humanos es una de las preguntas más discutidas en el ámbito de la planifica-

ción y conservación marina. No existe un consenso científico sobre cuanto espacio o cuantas comunidades o sistemas ecológicos debe preservarse para que sea viable a lo largo de un área determinada. Sin embargo, muchos consideran que el carácter más abierto de los ecosistemas marinos requiere de objetivos altos, y diversos autores citan un 20% como la cifra más apropiada (NRC 2001). Aunque este porcentaje se cita extensamente y a menudo se critica como una medida arbitraria y poco científica, muchas investigaciones científicas recientes han sugerido ampliar más este porcentaje (Gerber *et al.* 2003).

Otro criterio ecológico importante para el diseño de AMP es la protección total o estricta de una cantidad conveniente de cada de tipo hábitat dentro de cada región biogeográfica, por ejemplo, 30–50% (Arimé *et al.* 2003). Según Ballantine (1997) y Roberts *et al.* (2003) una buena aproximación es la protección estricta de hábitat en proporción igual a su cobertura regional.

Teniendo en cuenta la experiencia en otros países de la región del Caribe y la realidad colombiana, pero tratando de que sean ambiciosas pero factibles en el largo plazo, se proponen como metas de conservación para el diseño de una red de áreas marinas protegidas en el Caribe continental colombiano a nivel de sistemas costeros y de tipos de hábitat, a saber:

- i) Representar como mínimo el 30% de cada sistema costero;
- ii) Todos los hábitats presentes en los sistemas costeros deben estar representados dentro del sistema de AMP y deben ser protegidos en más de un área;
- iii) Todos los hábitats deberán tener un 30% de protección estricta;
- iv) La determinación del área total de cada hábitat bajo protección debe estar relacionada con su proporción en cada sistema costero. Por ejemplo, si un hábitat cubre el 90% de un sistema costero, un tercio de este 90% deberá ser dentro de AMPs;
- v) Cada hábitat se debe proteger en más de una área, como protección a catástrofes locales, apoyar el intercambio de propágulos entre sitios, y proporcionar replicas de sitios para monitoreo e investigación y,
- vi) Representar el 100% de los hábitats únicos, raros y/o especiales.

### Análisis de Vacíos de Representatividad

De acuerdo con las metas de conservación descritas anteriormente pudimos determinar que los sistemas costeros Tayrona, Magdalena y Archipiélagos Coralinos están subrepresentados (< 30%), y los sistemas costeros Palomino, Morrosquillo, Guajira y Darién se consideran no representados (< 10%) (Tabla 1). Estos dos últimos, a pesar de abarcar el 50% del Caribe continental colombiano, actualmente no poseen ninguna AMP, por lo que su identidad (dada por el conjunto de hábitats presente en ese

tramo costero) no está debidamente representada en el SINAP.

Por otra parte, el análisis de representatividad de los hábitats marinos dentro de cada AMP para toda el área de estudio (Tabla 2) arrojó que los arrecifes coralinos se encuentran excelentemente representados (> 60%, en su mayoría dentro del PNN Corales del Rosario y San Bernardo); los manglares están bien representados (> 30%, con su mayor extensión dentro del SFF de la Ciénaga Grande de Santa Marta); las playas arenosas, las lagunas

costeras y estuarios, y el litoral rocoso se encuentran subrepresentados (< 30%), y los pastos marinos y fondos sedimentarios no están representados (< 10%) dentro del SINAP.

No obstante, los porcentajes de protección de cada hábitat en los sistemas costeros son muy desiguales, de manera que algunos hábitats sólo están protegidos en uno solo, en muy pocos, o no poseen ninguna protección en algunos sistemas como Guajira, Morrosquillo y Darién (Figura 2).

**Tabla 1.** Área ocupada por Áreas Marinas Protegidas (AMP) en cada sistema costero del Caribe continental colombiano.

Sistema costero	Área total		AMP existente(s) dentro de cada sistema costero		Porcentaje de sistema costero designado como AMP %
	ha	%	(número)	nombre	
Guajira	1.112.522	30	(0)		0
Palomino	359.824	10	(2)	SFF Flamencos, PNN SNSM	2.1
Tayrona	100.868	3	(1)	PNN Tayrona	14.9
Magdalena	696.613	19	(1)	SFF VIPIS	11.9
Archipiélagos Coralinos	451.407	12	(1)	PNN CRSB	26.6
Morrosquillo	252.066	7	(1)	SFF Mono Hernández	1.5
Darién	762.186	20	(0)		0

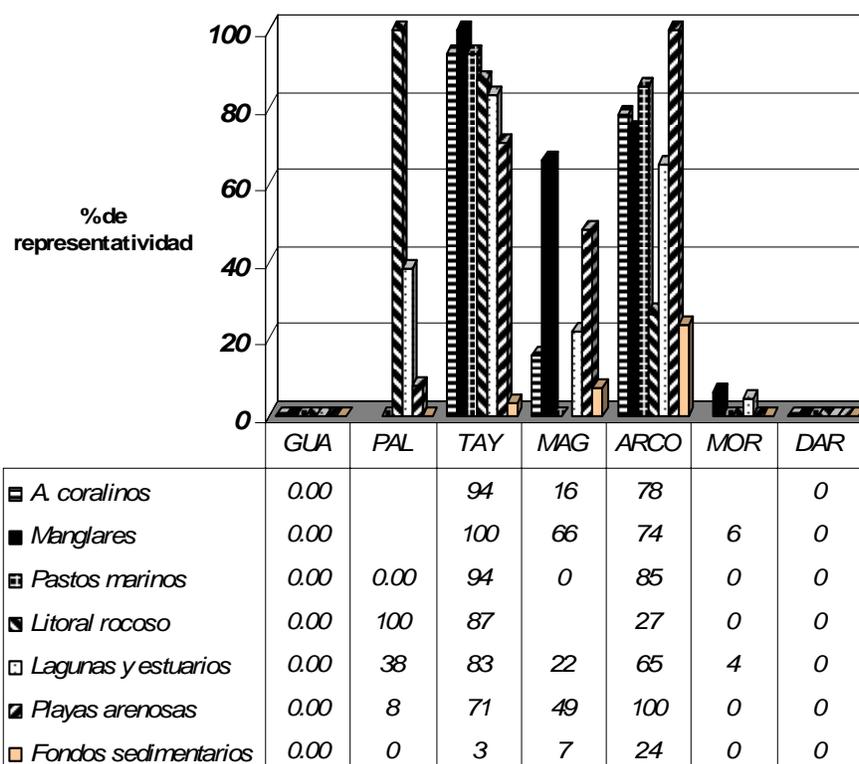
SFF: Santuario de Fauna y Flora; PNN: Parque Nacional Natural

**Tabla 2.** Distribución de cada uno de los hábitats marino costero (en porcentaje de área) dentro de cada una de las AMP del SINAP a lo largo del Caribe continental colombiano y su grado de representatividad (a: excelentemente representado; b: bien representado; c: subrepresentado; d: no representado) (se sombrea en negro cuando el hábitat no está presente).

Hábitats	Áreas Marinas Protegidas														TOTAL	
	SFF Los Flamencos		PNN SNSM		PNN Tayrona		SFF CGSM		SFF VIPIS		PNN CRSB		SFF Mono Hernández		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
A. coralinos					649	2,6			122	0,5	1723 4	69, 6			18005	73 <sup>a</sup>
Manglares					11	<0, 1	1474 6	19	8958	11, 5	659	0,9	1961	2,5	26335	34 <sup>b</sup>
Pastos marinos					91	0,2 2					3342	8,1			3433	8 <sup>d</sup>
Litoral rocoso			12	2,7	83	17, 6					12	2,7			107	23 <sup>c</sup>
Lagunas y estuarios	173 0	1,7			30	<0, 1	8985	8,6	1043 1	10	270	0,3	312	0,3	21758	21 <sup>c</sup>
Playas arenosas	850	1,2			216 5	3,0			7000	9,8	182	0,3			10197	14 <sup>c</sup>
Fondos sedimentarios					225 9	0,1			2787 8	1	9942 5	3,5			129562	5 <sup>d</sup>

SFF: Santuario Fauna y Flora  
SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta  
VIPIS: Vía Parque Isla de Salamanca

PNN: Parque de Nacional Natural  
CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta



**Figura 2.** Proporción de cada hábitat marino-costero (en porcentaje de área) que está incluido dentro de áreas marinas protegidas en cada sistema costero del Caribe continental colombiano (ExR: excelentemente representado; BR: bien representado; SubR: subrepresentado; NoR: no representado).

### Criterio de Heterogeneidad de Hábitats

El criterio de heterogeneidad de hábitats es considerado un criterio de primer nivel porque captura el espectro completo de la biodiversidad biológica (Roberts et al. 2003), a la vez que proporciona medios importantes para evaluar y comparar sitios candidatos rivales. Si dos o más áreas rivales se consideran futuras AMP, uno de los principales factores para su evaluación debe ser el número de hábitats que estos contienen (Hockey y Branch 1997). Sin embargo, este indicador solo puede usarse como criterio para ubicar AMP dentro de un mismo “sistema costero”, ya que la composición o mosaico de hábitats varía de uno a otro por definición (Sullivan-Sealey y Bustamante 1999). Así, la heterogeneidad de hábitats en un área específica se determinó dividiendo el número de hábitats presentes en el AMP por el número total existente en el sistema costero. Este número no es aplicable para otro sistema costero con condiciones biofísicas diferentes.

Para aplicar el criterio anterior se construyó una matriz con tres ambientes, marino, insular y costero, con el fin de identificar los sitios con mayor heterogeneidad de hábitat, teniendo en cuenta la presencia de los diferentes hábitats en cada sistema costero (Tabla 3). Como ambiente marino se definieron, todos los hábitats que se encuentran bajo la columna de agua (arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos y fondos sedimentarios); para el ambiente insular,

se identifican todos los hábitats marino costeros asociados a terrenos emergidos o islas sobre la plataforma continental, y para el ambiente costero, todos los hábitats asociados a la franja costera continental. Un rango alto de heterogeneidad equivale a una mayor combinación o presencia de tres o más hábitats presentes en un mismo sitio; un rango medio a dos o cuatro hábitats presentes, de acuerdo con el sistema costero a evaluar y el respectivo ambiente, y un bajo rango de heterogeneidad con al menos dos hábitats presentes.

De esta manera, encontramos áreas con un rango alto de heterogeneidad en Guajira, específicamente en la Ensenada de Puerto López y Bahía Portete (Figura 3). Lo mismo se halló en el sistema costero de Palomino (en la Laguna de Navío Quebrado y Laguna Grande), en el sistema costero Tayrona (en el PNN Tayrona), en Magdalena (Isla Arena), en Archipiélagos Coralinos (en los archipiélagos de Rosario y San Bernardo, Isla Fuerte, bajo Bushnell y Burbujas y la península de Barú), en el sistema costero Morrosquillo (en Punta San Bernardo, Isla Boquerón y Ciénaga de la Caimanera y Bahía Cispatá), y en el sistema costero Darién (en áreas como isla Tortuguilla).

**Tabla 3.** Heterogeneidad de hábitats por ambientes (marino, insular y costero) para cada uno de los sistemas costeros del Caribe continental colombiano.

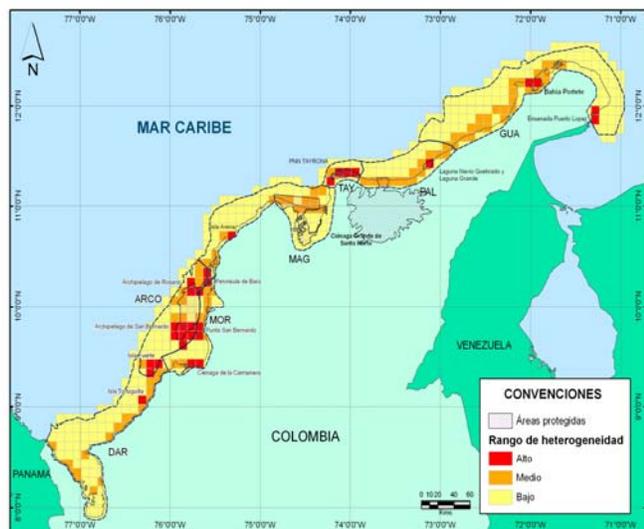
Sistemas costeros	No. de hábitats existentes	Ambiente	No. de hábitats presentes	Rango de heterogeneidad		
				bajo	medio	alto
Guajira	7	Marino	3	1	2	3
		Insular	-	-	-	-
		Costero	7	1-2	3-4	5-7
Palomino	5	Marino	2	1	2	-
		Insular	-	-	-	-
		Costero	5	1	2-3	4-5
Tayrona	7	Marino	3	1	2	3
		Insular	5	1	2-3	4-5
		Costero	7	1-2	3-4	5-7
Magdalena	6	Marino	3	1	2	-
		Insular	5	1	2-3	4-5
		Costero	6	1-2	3-4	5-6
Archipiélagos Coralinos	7	Marino	2	1	2	-
		Insular	5	1	2-3	4-5
		Costero	7	1-2	2-3	5-7
Morrosquillo	6	Marino	3	1	2	3
		Insular	4	1	2	3-4
		Costero	6	1-2	3-4	5-6
Darién	7	Marino	3	1	2	3
		Insular	5	1	2-3	4-5
		Costero	7	1-2	3-4	5-7

### DISCUSIÓN

#### Representatividad de Sistemas Costeros y Hábitats

El objetivo de representar todos los sistemas costeros y los hábitats marinos presentes en cada uno de esto parte del reconocimiento de la importancia de diseñar redes efectivas de AMP como un sistema jerárquico de conservación (Ballantine 1997, Day y Roff 2003), en donde la identidad de cada uno de los sistemas costeros y su combinación de hábitats particular fundamentadas por sus condiciones biofísicas, permiten proteger los requerimientos de vida de muchas especies explotadas e inexploradas.

De acuerdo con los resultados anteriores es necesario dirigir esfuerzos en el corto plazo hacia el diseño de nuevas AMP en los sistemas costeros de Guajira y Darién. En ellos están presentes los siete hábitats marinos seleccionados para este estudio, pero hasta la fecha no se han llevado a cabo ejercicios de planificación para la identificación y selección de AMP quizás por ser igualmente áreas poco estudiadas en comparación con otras áreas del Caribe colombiano. Sin embargo, en estas áreas se conoce la existencia de zonas de afloramiento (ascenso de masas de agua profunda hacia la superficie) en la Guajira, importan-



**Figura 3.** Áreas con mayor heterogeneidad de hábitats presentes por sistemas costeros y áreas marinas protegidas existentes del SINAP en el Caribe continental colombiano.

tes por su productividad biológica y su consecuentemente alta abundancia de peces, aves, mamíferos (INVEMAR 2004).

Una de las mayores falencias del actual SINAP en cuanto a representatividad de hábitats es el de las praderas de pastos marinos y fondos lodosos. En el sector norte del área de estudio (Palomino y Guajira) se encuentran las mayores coberturas de pastos marinos y donde se presenta una zoocenosis con estructura algo diferente a las demás. Generalmente se le da poca importancia a los fondos lodosos, no sólo en Colombia, sino también en otras partes del mundo, en contraste con los arrecifes coralinos y las especies carismáticas como las ballenas, los delfines, las tortugas, entre otros, que acaparan la atención del público. Esto ocurre por el desconocimiento del papel ecológico que desempeñan estos ecosistemas marinos y su fauna bentónica, la cual constituye un importante eslabón en el flujo de energía de los productores primarios a los peces, y en el reciclamiento de la materia orgánica (Crisp 1984). Por eso, el entendimiento de factores que afectan la producción de invertebrados bentónicos y el reconocimiento de su importancia es esencial para la conservación de los ecosistemas y hábitats marinos en Colombia.

A pesar de estar los arrecifes coralinos excelentemente representados, con más del 82% de cobertura en dos AMPs (PNN Tayrona y PNN Corales del Rosario y San Bernardo), el vacío existente en las demás áreas donde hay presencia de este hábitat no garantiza una verdadera representatividad a lo largo de la costa continental, ya que no se cumple con la meta de replicabilidad de todos los hábitats y asegurar que las AMP se sostengan unas a otras mutuamente, al igual que las poblaciones que ellas contienen (Roberts *et al.* 2003).

De igual forma, es importante mencionar que las AMP del Caribe continental colombiano no poseen una clara zonificación dentro de ellas que incluya zonas de protección estricta, ni siquiera un plan de manejo fundamentado en las características biofísicas de su territorio, ni elaborado de forma participativa con todo los actores. La información de este trabajo podrá ser utilizada para reevaluar, a partir de las metas de conservación consideradas, las áreas protegidas que existen actualmente y comenzar a trabajar sobre la selección de nuevos posibles sitios, para poder alcanzar la meta de protección estricta propuesta (al menos el 30% de cada hábitat). Es preciso aclarar que aún teniendo esta información, es difícil predecir los resultados de la designación de cierta extensión de área costera como protegida (Ballantine 1997). Esto tiene que ver con fenómenos poco comprendidos como las conexiones biológicas de las especies y ecosistemas de zonas adyacentes, pero también con factores ligados a la efectividad de la gestión de las áreas protegidas.

Cabe mencionar que aún cuando el SINAP actual no cumple con las metas de conservación planteadas anteriormente, es importante reconocer que el sistema, tal y como

existe ahora, constituye un primer paso en la conservación de la biodiversidad costera del Caribe colombiano. Se sabe que el sistema está en su primera etapa de desarrollo y hay poco conocimiento de las características de los hábitats marinos. Al menos algunos hábitats importantes a nivel nacional cumplen, en unos casos, no se acercan, en otros, a las metas de conservación propuestas.

### Heterogeneidad de Hábitats

La metodología requiere llevar a cabo una secuencia lógica para la aplicación de criterios ecológicos en el diseño y selección de una red efectiva de AMP (Roberts *et al.* 2003). La aplicación de estos criterios es necesario, ya sea para mejorar el sistema existente (redefinir su forma y tamaño), sin importar cuántas áreas protegidas existen, o para crear nuevas AMP en una región.

Áreas heterogéneas presentan un mayor grado de complejidad por la presencia de tres o más hábitats importantes para la supervivencia y desarrollo de las diferentes fases del ciclo de vida de muchas especies (Appeldoorn *et al.* 1997). Por ejemplo, se conoce la fuerte vinculación entre los arrecifes coralinos y los pastos marinos y los manglares adyacentes (Ogden y Gladfelter 1983). El aumento del número de hábitats incrementa el valor del AMP al elevarse el número de especies protegidas. Para Colombia, al igual que para otros países, no es posible esperar por la compilación de información a una escala espacial fina para tomar decisiones de conservación, por consiguiente, la heterogeneidad de hábitat se convierte en un criterio fundamental a aplicar en la actualidad.

La información analizada sugiere la existencia de una serie de posibles áreas de conservación a escala local para el Caribe continental colombiano ubicadas de manera general en las zonas marcadas como de mayor diversidad de hábitat, adicional a las que se encuentran actualmente (Figura 3). Estas áreas sirven de marco general para complementar el actual sistema y trabajar sobre una futura red de AMP, que requiere de la aplicación de otros criterios ecológicos a una escala mucho más fina, no sólo para la ubicación de sitios prioritarios, sino también para la elaboración de los esquemas de manejo.

Queda aún por aplicar otros criterios para los cuales se necesita información que requiere de investigaciones en el corto plazo como son los procesos de conectividad a través de patrones de circulación oceánica y dispersión larval, la ubicación de etapa de vida vulnerables como son las agregaciones reproductivas de peces, crustáceos, entre otros, así como la evaluación de las amenazas naturales y antrópicas y otros datos socioeconómicos.

Por consiguiente, aunque la identificación y selección de estas áreas no es definitiva, la aplicación de nuevos criterios obliga a un cambio de perspectiva dentro del SINAP, donde los sitios existentes y potenciales se puedan ver como parte de una red representativa de áreas marinas protegidas, jerarquizada de manera que cada sistema costero pueda ser concebido como una red autónoma de

AMP dentro del sistema, garantizando de esta forma, la conservación de la biodiversidad marino costera del Caribe continental colombiano.

#### LITERATURA CITADA

- Alonso, D. 2005. Modelo de planificación de un sistema representativo de áreas marinas protegidas para el Caribe continental colombiano. M.S. Tesis. Universidad de las Palmas de la Gran Canaria. 135 pp.
- Airamé, S. J. Dugan, K. Lafferty, H. Leslie, D. McArdle and R. Warner. 2003. Applying ecological criteria to marine reserve design: a case study from the California Channel Islands. *Ecological Applications* **13**:170–184.
- Appeldoorn, R.S., C.W. Recksiek, R.L. Hill, F.E. Pagan, and G.D. Dennis. 1997. Marine protected areas and reef fish movements: the role of habitat in controlling ontogenetic migration. *Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium, Volume 2*. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama.
- Ballantine, W.J. 1997. Design principles for systems of 'no take' marine reserves. Page 4 in: T.J. Pitcher, (ed). *The Design and Monitoring of Marine Reserves: 9 (1)*. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Bushing W. 1997. GIS-based gap analysis of an existing marine reserve network around Santa Catalina Island. *Marine Geodesy* **20**: 205-234.
- Crisp, D.J. 1984. Energy flow measurements. Pages 284-367 in: N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds.). *Methods for the Study of the Marine Benthos*. IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford, England.
- Day, J., and J. Roff. 2000. *Planning for Representative Marine Protected Areas. A framework for Canada's Oceans*. J. Laughren (ed.). Report prepared for World Wildlife Fund, Toronto, Canada. 147 pp.
- Friedlander, A, J. Sladek Nowlis, J.A. Sanchez, R. Appeldoorn, P. Usseglio, C. McCormack, S. Bejarano, and A. Mitchell-Chui. 2003. Designing effective marine protected areas in Seaflower Biosphere Reserve, Colombia, based on biological and sociological information. *Conservation Biology* **17**(6):1769-1784.
- Gerber, L.R., L.W. Botsford, A. Hastings, H. Possingham, S.D. Gains, S.R. Palumbi, and S. Andelman. 2003. Population models for marine reserves design: a retrospective and prospective synthesis. *Ecological Applications* **13**:47-64.
- Hockey P. and G. Branch. 1994. Conserving marine biodiversity on the African coast: implications of a terrestrial perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **4**:345-362.
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera -PNIMB. Serie de documentos generales No.1. Santa Marta, Colombia. 83 pp.
- INVEMAR. 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2003. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 329 pp.
- MMA. 2000. *Política Nacional Ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia. 95 pp.
- MMA. 2001. *Política de participación social en la Conservación, Parque con la gente*. Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia. 85 pp.
- NRC. 2001. *Marine Protected Areas: Tools for Sustaining Ocean Ecosystems*. National Research Council. National Academic Press, Washington, D.C. USA. 272 pp.
- Ogden, J.C. and E.H. Gladfelter. 1983. Coral reefs, seagrass beds, and mangroves: their interaction in the coastal zones of the Caribbean. *UNESCO Reports in Marine Science* **23**:1–133.
- Roberts, C.R. G. Branch, G. Bustamante, J.C. Castilla, J. Dugan, B. Halpern, K. Lafferty, H. Leslie, J. Lubchenco, D. McArdle, M. Ruckelshaus, and R. Warner. 2003. Application of ecological criteria in selecting marine reserves and developing reserve networks. *Ecological Applications* **13** (1):199-214.
- Rojas, X. 2001. Representatividad de las áreas coralinas de la de la región central de la costa continental del caribe colombiano (Ecorregión Archipiélagos Coralinos-ARCO) en el sistema de áreas protegidas. B.S. Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 78 pp.
- SCBD. 2004. *Biodiversity issues for consideration in the planning, establishment and management of protected area sites and networks: Some considerations on marine and coastal protected areas network design*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity - SCBD, (CBD Technical Series No. 13). Montreal, Canada. 40 pp.
- Sullivan-Sealey, K. and G. Bustamante. 1999. *Setting Geographic Priorities for Marine Conservation in Latin America and the Caribbean*. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia USA. 125 pp.