

ANÁLISIS DE VACÍOS DE REPRESENTATIVIDAD EN LAS ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA*

Carolina Segura-Quintero¹, David Alonso C.¹ y Luisa F. Ramírez²

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras —Invemar—. Santa Marta, Colombia. Apartado aéreo 1016, carolina.segura@invemar.org.co; david.alonso@invemar.org.co

2 Wilfrid Laurier University, Waterloo (Ontario), Canadá. almantula@gmail.com

RESUMEN

El análisis de vacíos de representatividad se refiere a un proceso en el cual se identifica y examina la presencia de la biodiversidad o los sustitutos de esta en un sistema de áreas protegidas, para determinar cuáles elementos de la biodiversidad no están representados o lo están de manera insuficiente y en qué áreas protegidas se encuentran. Este trabajo tiene como principal objetivo identificar los vacíos de representatividad de sectores fisiográficos denominados sistemas costeros y oceánicos, y de elementos de biodiversidad a nivel de sistemas ecológicos intermareales y submareales con respecto a las 13 áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) localizadas en la zona marina y costera de Caribe y Pacífico colombianos. Los 18 sistemas costeros y oceánicos que subdividen el área de estudio permiten evaluar el cubrimiento de la variabilidad espacial de los 26 y 12 elementos de biodiversidad identificados para Caribe y Pacífico, respectivamente. Estos elementos fueron representados espacialmente con el programa ArcGis 9.3.1 y estructurados en un sistema de información geográfica, permitiendo realizar las operaciones espaciales entre las capas de información que representan los límites de las áreas protegidas, los sistemas costeros y la distribución de los elementos de biodiversidad. A partir de rangos de representatividad determinados para este análisis se encontró que sólo tres sistemas se encuentran representados ($\geq 30\%$) en el SPNN, cuatro subrepresentados (10 a 29%), cuatro poco representados ($< 10\%$) y siete no representados, mientras que de los elementos de biodiversidad 20 no están representados ($< 10\%$), 13 subrepresentados (10-29%), tres representados (30-59%) y tan sólo dos se encuentran bien representados ($\geq 60\%$). De acuerdo con los resultados se recomienda realizar acciones de conservación in situ con el fin de aumentar la representatividad de los elementos de biodiversidad y fortalecer el SPNN incorporando la variabilidad espacial presente lo largo de las zonas marinas y costeras de Colombia.

PALABRAS CLAVES: Análisis de vacíos, representatividad, áreas marinas protegidas, Sistema de Parques Nacionales Naturales, Colombia.

* Contribución No. 1109 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras —Invemar—.

ABSTRACT

Gap representativeness analysis in the marine protected areas of the National System of Natural Parks of Colombia. Gap representativeness analysis is the process that identifies and assesses biodiversity or a selected surrogate within a protected area system, determining which biodiversity elements are insufficiently represented or which areas are lacking protection. The main objective of this research was to perform a gap analysis based on physiographic areas recognized as coastal and ocean systems, as well as on biodiversity elements of intertidal and subtidal ecological systems with reference to 13 protected areas of the national system of natural parks of Colombia (SPNN) located at the Caribbean and Pacific marine and coastal zones. The spatial variability coverage of the 26 biodiversity elements from the Caribbean and 12 elements from the Pacific was assessed on the 18 coastal and oceanic systems that subdivide the study area. Through the use of the software ArcGis 9.2.1 the biodiversity elements were structured in a geographical information system enabling spatial explicit operations between the layers of marine protected boundaries, coastal systems and distribution of biodiversity surrogates. Based on the representativeness ranges defined in this analysis it was found that only three systems are properly represented in the SPNN (> 30%), four systems are under-represented (10 to 29%), four systems are represented less than 10%, and seven systems are not represented at all. In relation with the elements of biodiversity it was found that twenty elements are not represented (< 10%), 13 elements are under-represented (10-29%), three are represented from 30 to 59%, and only two are well represented (> 60%). According to the results, in order to increase the representativeness of biodiversity elements and to strengthen the SPNN it is recommended to undertake actions to achieve *in situ* conservation including the spatial variability along the marine and coastal areas of Colombia.

KEYWORDS: Gap analysis, marine protected areas, National System of Natural Parks, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas representan la principal estrategia de conservación de la biodiversidad, sin embargo el número de especies en peligro de extinción aumenta y los esfuerzos en conservación resultan ser insuficientes (SCBD, 2004). Esto ocurre en parte porque en el pasado las áreas protegidas fueron creadas principalmente a partir de decisiones políticas y sociales coyunturales que por lo general no incluían criterios técnicos o herramientas de planificación para su selección y delimitación, y en los casos en los que su creación estuvo enmarcada por lineamientos de conservación, estos corresponden a programas diseñados para especies en el límite de la extinción sin abordar el problema desde una perspectiva más amplia como es el control de la pérdida de hábitats clave para las especies más susceptibles a los ambientes transformados (Jennings, 2000).

En Colombia, el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) cuenta en la actualidad con 56 áreas naturales protegidas con una extensión aproximada de 12 millones seiscientas mil hectáreas (Andrade y Corzo, 2011), cubriendo tan solo un 5.9% de los 2 millones de kilómetros cuadrados de territorio nacional (MMA, 2001) y menos del 1.2 % de las áreas marinas bajo este sistema de protección. De acuerdo con el objetivo del Programa de Trabajo en Áreas Protegidas (COP7/Decisión 28/

PTA) del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), de establecer y mantener —a 2010 para las zonas terrestres y a 2012 para las marinas— sistemas nacionales y regionales completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos, con el fin de reducir significativamente el ritmo actual de pérdida de la diversidad biológica, este porcentaje resulta insuficiente para proteger los ecosistemas marinos y costeros en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap).

De acuerdo con Dudley y Parish (2006) y Crist y Csuti (2007), el análisis de vacíos de representatividad se refiere a un proceso en el cual se identifica y examina la presencia de elementos de la biodiversidad (especies y/o ecosistemas) en un sistema de áreas protegidas, para determinar cuáles de estos no están representados o lo están de manera insuficiente, y en cuáles áreas están distribuidos. Se considera como la principal herramienta para el establecimiento de prioridades en la planificación de áreas protegidas (Groves *et al.*, 2000).

El análisis de vacíos propone entonces un manejo proactivo y no reactivo, asumiendo que el mejor momento para disminuir la probabilidad de extinción de los elementos de biodiversidad ocasionada por actividades antrópicas, es antes de que se encuentren en peligro o amenazadas. Las medidas utilizadas de manera reactiva para proteger estos elementos son generalmente más costosas, generan conflictos sociales difíciles de conciliar y presentan poca probabilidad de éxito (Jennings, 2000).

A nivel mundial se han realizado diferentes ejercicios de análisis de vacíos que han utilizado como punto de partida metas de conservación para analizar la representatividad de las Áreas Marinas Protegidas (AMP) de una región o país (Bohnsack, 1992; Ray y McCormick-Ray, 1992; Ballantine, 1997; Baker, 2000; CNAP, 2002; Day *et al.*, 2002; Conabio *et al.*, 2007; Pliscoff y Fuentes, 2008; Sinac, 2008). En Colombia, se han llevado a cabo análisis a nivel nacional en biomasa terrestre, como los de Arango *et al.* (2003) y Fandiño-Lozano y Wyngaarden (2005).

En el medio marino se han realizado análisis en algunas regiones del Caribe. Rojas (2001) evaluó la representatividad de áreas coralinas en el Parque Nacional Natural (PNN) Corales del Rosario y San Bernardo; Alonso (2005) realizó la evaluación de la representatividad dentro del SPNN para los seis principales ecosistemas marinos y costeros; Alonso *et al.* (2008a) diseñaron una red de AMP para el norte del Caribe a través de un proceso sistemático de planificación, con el propósito de aportar a la construcción de un sistema representativo; Zamora *et al.* (2008) en el marco del proceso de definición de lineamientos y estrategias de manejo para la Unidad Ambiental Costera del Darién analizó la representatividad para definir áreas de protección. Por último, un análisis a nivel nacional (Caribe y Pacífico) fue realizado por Alonso *et al.* (2008b), donde se determinaron los vacíos en las áreas del SPNN para las AMP existentes en 2007 y cuyos resultados son la base del presente artículo.

En el Congreso Mundial de Parques en Bali (1982) se recomendó que los países reservaran el 10% de su territorio en áreas protegidas; posteriormente la Comisión Brundtland recomendó el 12% (Groves *et al.*, 2000). Sin embargo, muchos expertos piensan que el carácter más abierto de los ecosistemas marinos requiere que las metas de conservación sean más altas, y diversos autores citan entre un 20 o 30% como la cifra más apropiada (Schmidt, 1997; Allison *et al.*, 2003; Botsford *et al.*, 2003; Gerber *et al.*, 2003; Hastings y Botsford, 2003; Roberts *et al.*, 2004). El objetivo de esta investigación fue identificar los vacíos de representatividad de los sistemas costeros y de los elementos de biodiversidad marina y costera seleccionados a priori, con respecto a las AMP del SPNN, proporcionando a los planificadores información actualizada para direccionar los esfuerzos de conservación con miras a la construcción de un sistema representativo de áreas marinas protegidas, como fundamento para la conservación de biodiversidad en Colombia.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la zona marina y costera de Caribe y Pacífico colombianos, de acuerdo con el concepto definido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MMA, 2000), subdividida en unidades fisiográficas denominadas sistemas costeros o sistemas oceánicos según el caso (Sullivan-Sealy y Bustamente, 1999; Alonso, 2005) definidos a partir de los límites de las ecorregiones marinas propuestos por Invemar (2000). Estos sistemas corresponden a características geomorfológicas similares, tipo de sedimentos de la plataforma continental, grado de exposición o nivel de energía del oleaje, presencia de unidades ecológicas particulares o de mosaicos, ecosistemas costeros presentes y productividad biológica de la columna de agua (Figura 1). En el Caribe son siete sistemas costeros en la plataforma continental (Guajira, Palomino, Tayrona, Magdalena, Morrosquillo, Archipiélagos Coralinos y Darién), uno en el Caribe insular (San Andrés) y un sistema oceánico; en el Pacífico son seis sistemas costeros sobre la plataforma (Pacífico Norte, Baudó, Buenaventura, Naya, Sanquianga y Tumaco), dos asociados a las islas (Gorgona y Malpelo) y un sistema oceánico.

Las áreas protegidas del SPNN tenidas en cuenta para el análisis son trece, localizadas en la zona marina y costera de Colombia. Están distribuidas una en el Caribe insular en la isla de Providencia, una en la isla Malpelo en el Pacífico insular, cuatro y siete en el Pacífico y el Caribe continental respectivamente (Tabla 1), diferenciadas en categorías como Parque Nacional Natural (PNN), Santuario de Fauna y Flora (SFF) y Vía Parque, equivalentes a las categorías II y III de acuerdo con la UICN (Dudley, 2008).

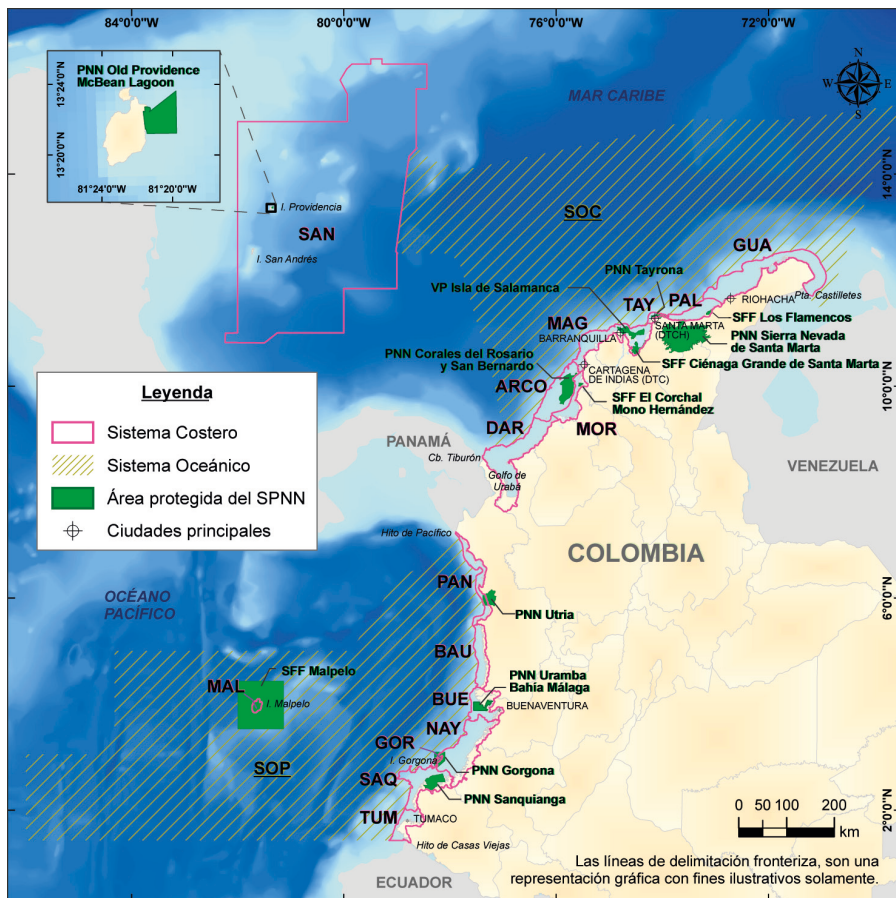


Figura 1. Sistemas costeros y oceánicos presentes en Caribe y Pacífico colombianos y áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN). Sistemas costeros (GUA: Guajira, PAL: Palomino, TAY: Tayrona, MAG: Magdalena, MOR: Morrosquillo, ARCO: Archipiélagos Coralinos, DAR: Darién, SAN: San Andrés, PAN: Pacífico Norte, BAU: Baudó, BUE: Buenaventura, NAY: Naya, GOR: Gorgona, SAQ: Sanquianga, TUM: Tumaco, MAL: Malpelo). Sistemas oceánicos (SOC: Sistema Oceánico del Caribe, SOP: Sistema Oceánico del Pacífico). Categorías del SPNN: (PNN: Parque Nacional Natural, SFF: Santuario de Fauna y Flora, VP: Vía Parque).

Tabla 1. Áreas marinas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN). PNN: Parque Nacional Natural; SFF: Santuario de Fauna y Flora. (*) La extensión de las áreas corresponde a valores oficiales declarados por Resolución. (**) El PNN Sierra Nevada de Santa Marta posee 12 km de frente costero donde principalmente se encuentra el hábitat de litoral rocoso (Alonso, 2005), aproximadamente 3000 ha en zona costera. (***) El PNN Utría cuenta con 18500 ha en zona costera aproximadamente.

Zona	Área protegida	Tipo	Área (ha)*
Caribe continental	PNN Tayrona	Marino costero	15000
	PNN Sierra Nevada de Santa Marta**	Costero	383000
	PNN Corales del Rosario y San Bernardo	Marino	120000
	Vía Parque Isla de Salamanca	Costero	56200
	SFF Los Flamencos	Costero	7682
	SFF Ciénaga Grande de Santa Marta	Costero	26810
	SFF Mono Hernández	Costero	4144
Caribe insular	PNN Old Providence McBean Lagoon	Marino costero	995
Pacífico continental	PNN Utría***	Marino costero	54000
	PNN Gorgona	Marino costero	61887
	PNN Sanquianga	Costero	80000
	PNN Uramba Bahía Málaga	Marino	47094
Pacífico insular	SFF Malpelo	Marino	872500

MATERIALES Y MÉTODOS

Como método general se utilizó el propuesto por Jennings (2000), el cual consiste principalmente en comparar la distribución de los elementos de la biodiversidad con la distribución de las áreas protegidas. Para su aplicación, se debe contar con un Sistema de Información Geográfica (SIG) que contenga los mapas digitales o capas de información estructurada sobre la distribución de los elementos de biodiversidad (especies, comunidades, ecosistemas, hábitats o paisajes) y los límites de las áreas protegidas.

El análisis fue realizado adelantando los siguientes pasos: 1) Selección de elementos de biodiversidad; 2) Establecimiento de la meta de representatividad; y 3) Análisis de vacíos.

Selección de elementos de biodiversidad

Los elementos de biodiversidad responden a niveles de organización biológica desde genes, especies, comunidades, ecosistemas o hábitats/paisajes marinos (Sarkar y Margules, 2002). Aunque las especies pueden ser identificadas como un elemento de biodiversidad importante, se prefiere seleccionar comunidades y sistemas, o los hábitats que los sustentan, partiendo de la base de que la conservación de los mismos contribuye en gran medida a la conservación de las especies (Groves *et al.*, 2000).

Se toman como elementos de biodiversidad los sistemas ecológicos intermareales y submareales identificados por Alonso *et al.* (2008a) y Alonso *et al.*

(2008c), estudios en los cuales se seleccionaron 27 sistemas ecológicos para el Caribe y 14 para el Pacífico. La información geográfica que representa su cobertura y distribución proviene del Sistema de Información Ambiental Marino (SIAM) de Colombia, el cual incluye diversas fuentes, a múltiples escalas desde 1:5000 hasta 1:250000. La escala predominante es de 1:100000, a excepción de formaciones coralinas (1:5000 a 1:25000), fondos vegetados por fanerógamas, algas carnosas y calcáreas (1:10000 a 1:50000) y fondos móviles carbonatados y no carbonatados (1:250000). Toda la información fue estructurada y analizada con el programa ArcGis 9.3.

Metas de representatividad y análisis de vacíos

Según Roberts *et al.* (2003), el aspecto más importante a considerar al momento de definir una meta de representatividad, es el área de un elemento de biodiversidad que debe ser cubierta por un sistema de áreas protegidas, pues cuanto mayor sea, mayor es el beneficio. Sin embargo, este aspecto debe ir de la mano con la viabilidad que, aunque en términos generales es proporcional al área cubierta, depende de la calidad del área para conservación, es decir la probabilidad de persistir con toda su integridad ecológica a largo plazo, sin deterioro de la biodiversidad y de los procesos ecológicos.

El principal propósito de la determinación de metas cuantitativas de representatividad es estimar el valor que se expresa como un porcentaje de la extensión o cobertura actual o histórica del elemento de biodiversidad en un sistema de áreas protegidas. A partir de la propuesta de Alonso (2005) para este análisis se definieron cuatro clases de representatividad para los elementos de biodiversidad: bien representado o BR ($\geq 60\%$), representado o R (30-59%), subrepresentado o SR (10-29%) y no representado o NR ($< 10\%$).

Por otra parte, se definió la representatividad de cada sistema costero con el fin de abarcar la variabilidad espacial de los elementos de biodiversidad y protegerlos de posibles pérdidas inesperadas, salvaguardar la variación genética y asegurar la redundancia ecológica (Allison *et al.*, 2003). Se asumieron las siguientes cuatro clases de representatividad: representado ($\geq 30\%$), subrepresentado (10-29%), poco representado ($< 9\%$) y no representado (0%).

Para el análisis espacial de los datos se empleó el programa ArcGis versión 9.3 con el que se realizaron operaciones de superposición con la herramienta o rutina “unión” entre las capas del área de estudio con la subdivisión en sistemas costeros, límites de las áreas marinas protegidas del SPNN y la distribución de los elementos de biodiversidad. En este sentido, esta herramienta permite registrar cuánto de la superficie de cada elemento se encuentra bajo protección en las AMP y en cada sistema costero, asumiendo la precisión de acuerdo con la escala en la que cada uno se encuentra representado espacialmente, sin asociar entre si las capas de los elementos de biodiversidad de diferentes escalas.

RESULTADOS

Elementos de biodiversidad

De un total de 28 elementos de biodiversidad se seleccionaron 15 sistemas ecológicos intermareales y 11 submareales para el Caribe; así mismo, para el Pacífico se seleccionaron ocho sistemas ecológicos intermareales y cuatro submareales (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de elementos de biodiversidad presentes en Caribe y Pacífico colombianos.

Elemento de biodiversidad	Caribe	Pacífico
Sistemas ecológicos intermareales		
Playas de alta energía	X	X
Playas de baja energía	X	X
Playones fluviomarineros	X	
Playones intermareales de lodo		X
Playones salinos	X	
Playas rocosas	X	
Acantilado de roca dura	X	X
Acantilado de roca blanda	X	X
Manglares de aguas mixohalinas	X	X
Manglares de aguas marinas	X	
Helechales de la ensenada de Rionegro	X	
Panganales (<i>Raphia</i> sp.)	X	
Corchales (<i>Pterocarpus officinalis</i>)	X	
Arracachales (<i>Monntrichardia arborescens</i>)	X	
Bosque mixto de guandal		X
Lagunas costeras	X	
Estuarios	X	X
Sistemas ecológicos submareales		
Formaciones coralinas profundas	X	
Formaciones coralinas	X	X
Fondos vegetados por fanerógamas	X	
Fondos vegetados por algas carnosas (macroalgas)	X	
Fondos de algas calcáreas	X	
Diapiros submarinos	X	
Fondos móviles carbonatados de grano grueso	X	X
Fondos móviles carbonatados de grano fino	X	
Fondos móviles no carbonatados de grano grueso	X	X
Fondos móviles no carbonatados de grano fino	X	X
Áreas de surgencia productivas (agregación de pelágicos)	X	

Análisis de vacíos de sistemas costeros

En la Tabla 3, se observa que de los sistemas costeros continentales, insulares y oceánicos del país, solo tres se encuentran representados ($\geq 30\%$), quedando cuatro subrepresentados (10-29%), seis poco representados ($< 9\%$) y cinco no representados (0%).

En el Caribe el único sistema clasificado como representado es Tayrona (TAY) con un 35%, estando subrepresentados Archipiélagos Coralinos (ARCO) y Magdalena (MAG) con 24 y 15% respectivamente, y con valores de 4% para Palomino (PAL) y 2% para Morrosquillo (MOR), poco representados. No representados se encuentran Guajira (GUA) y Darién (DAR), evidenciando que un 68% del área de Caribe continental no está representada. El Sistema Oceánico Caribe (SOC) y San Andrés (SAN) con porcentajes menores al 0.1%, se consideran de igual manera como no representados.

Para el Pacífico los sistemas costeros de las áreas insulares, Gorgona (GOR) y Malpelo (MAL) cuentan con un porcentaje de representatividad del 100%, mientras que Buenaventura (BUE) con 14% y Sanquianga (SAQ) con 18% están subrepresentados. Pacífico Norte (PAN) y Naya (NAY) con porcentajes de 6 y 5% respectivamente, se encuentran poco representados. Como no representados están Baudó (BAU) y Tumaco (TUM) con total ausencia de áreas protegidas, teniendo un 66% del área de Pacífico continental clasificada como no representada. De igual manera el sistema oceánico (SOP), con un porcentaje de 3%, proporcionado por el PNN de Malpelo, se considera no representado.

Análisis de vacíos de elementos de biodiversidad

Se determinó la presencia y abundancia de los elementos de biodiversidad dentro de cada una de las áreas del SPNN, para el Caribe (Tabla 4) y el Pacífico (Tabla 5), identificando el área y porcentaje de representatividad de los sistemas ecológicos submareales e intermareales en cada AMP. Así mismo, se identificaron las cuatro clases de representatividad de cada sistema ecológico para el Caribe (Figura 2) y el Pacífico (Figura 3).

Caribe. De los 26 elementos de biodiversidad seleccionados para el Caribe, solo los acantilados de roca dura con un 62% en dos áreas protegidas se encuentran BR y R, los manglares de aguas marinas y mixohalinas en dos y cuatro áreas, respectivamente, y los fondos móviles carbonatados de grano fino, están presentes en una sola área.

Como SR se encontraron seis elementos con valores entre 0.6 y 17%. El de mayor porcentaje en esta clase es Corchal que, al igual que diapiros submarinos, se encuentra presente en solo una AMP; elementos como fondos de algas calcáreas, fondos vegetados por fanerógamas y formaciones coralinas se encuentran presentes cada uno en tres áreas; playas de alta energía se encuentra en cuatro áreas.

Tabla 3. Representatividad de los sistemas costeros y oceánicos del Caribe y Pacífico colombianos en las áreas marinas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN). PNN: Parque Nacional Natural; SFF: Santuario de Fauna y Flora.

Región	Sistemas costeros (SC) y/o oceánicos			Áreas protegidas del SPNN		Porcentaje de representación de cada SC en el SPNN %	
	Nombre	Extensión ha	%	Nombre	Extensión %		
Caribe Continental	Guajira (GUA)	986834	28	Ninguna	0	0	
	Palomino (PAL)	240247	7	PNN Sierra Nevada de Santa Marta SFF Los Flamencos	1 3	4	
	Tayrona (TAY)	44737	1	PNN Tayrona	35	35	
	Magdalena (MAG)	579126	16	SFF Ciénaga Grande de Santa Marta Vía Parque Isla de Salamanca	5 10	15	
	Archipiélagos Corallinos (ARCO)	517979	15	PNN Corales del Rosario y San Bernardo	24	24	
	Morrosquillo (MOR)	235292	7	SFF El Corchal Mono Hernández	2	2	
	Darién (DAR)	912258	26	Ninguna	0	0	
	Total:	3516474	100				
	Caribe Insular	San Andrés (SAN)	15880950	100	PNN Old Providence McBean Lagoon	0.01	0.01
	Total:	15880950	100				
Caribe Oceánico	Oceánico Caribe (SOC)	34520436	100	Ninguna	0	0	
Pacífico Continental	Total:	34520436	100				
	Pacífico Norte (PAN)	288559	12	PNN Ensenada de Utría	6	6	
	Baudó (BAU)	299436	12	Ninguna	0	0	
	Buenaventura (BUE)	347876	14	PNN Uramba Bahía Málaga	14	14	
	Naya (NAY)	781250	32	PNN Gorgona	5	5	
	Sanquianga (SAQ)	490191	20	PNN Gorgona PNN Sanquianga	0,3 18	18	
Pacífico Insular	Tumaco (TUM)	253727	10	Ninguna	0	0	
	Total:	2461039	100				
	Gorgona (GOR)	8476	17	PNN Gorgona	100	100	
	Malpelo (MAL)	41236	83	SFF Malpelo	100	100	
Pacífico Oceánico	Total:	49711	100				
	Oceánico Pacífico (SOP)	34303336	100	SFF Malpelo	3	3	
	Total:	34303336	100				

Tabla 4. Representatividad de los elementos de biodiversidad (en área y porcentaje) dentro de cada área marina protegida del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) a lo largo del Caribe continental, insular y oceánico de Colombia. Los espacios en blanco corresponden a la ausencia del elemento de biodiversidad en el área protegida. SFF: Santuario de Fauna y Flora; PNN: Parque Nacional Natural; VP: Vía Parque; SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta; CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta.

Elementos de biodiversidad	SFF Flamencos		PNN SNSM		PNN Tayrona		SFF CGSM		VP Isla de Salamanca		SFF El Corchal Mono Hernández		PNN Corales Rosario y San Bernardo		PNN Old Providence McBean Lagoon		Total en SPNN	
	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)
Playas de alta energía	13396	(2)	8254	(1)	9800	(2)			66425	(11)							97875	(16)
Playas de baja energía					14734	(5)							514	(0.2)			15248	(5)
Playas rocosas																	0	(0)
Acantilados de roca dura					70312	(51)							14623	(11)			84935	(62)
Acantilados de roca blanda			7264	(3)													7264	(3)
Playones fluviomarinos			ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)	0	(0)
Manglares de aguas mixohalinas	51	(0.1)					12143	(19)	7742	(12)	2171	(3)					22107	(35)
Manglares de aguas marinas													473	(43)	30	(3)	503	(46)
Playones salinos	617	(3)															617	(3)
Fondos móviles carbonatados de grano grueso													38044	(5)			38044	(5)
Fondos móviles carbonatados de grano fino													13112	(34)			13112	(34)
Fondos móviles no carbonatados de grano grueso	0.0002	(0)	0.001	(0)					2397	(0.7)	0.02	(0)	3607	(0.1)	0.001	(0)	6004	(0.8)
Fondos móviles no carbonatados de grano fino			0.001	(0)	6668	(0.5)			26768	(2)			69711	(5)	0.001	(0)	103147	(8)

Continuación de Tabla 4.

Elementos de biodiversidad	SFF Flamencos		PNN SNSM		PNN Tayrona		SFF CGSM		VP Isla de Salamanca		SFF EI Corchal Mono Hernández		PNN Corales Rosario y San Bernardo		PNN Old Providence McBean Lagoon		Total en SPNN	
	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)
Fondos de algas calcáreas			33	(0.2)									1917	(9)	286	(1)	2236	(10)
Fondos vegetados por fanerógamas			88	(0.2)									6444	(14)	71	(0.2)	6603	(14)
Fondos vegetados por algas carnosas													26	(0.9)			26	(0.9)
Formaciones coralinas infralitoral			660	(0.6)									18862	(15)	389	(0.4)	19911	(16)
Formaciones coralinas profundas			51	(1)													51	(1)
Diapiros submarinos													0.1	(10)			0.1	(10)
Estuarios									238	(0.6)	0.007	(0)					238	(0.6)
Lagunas costeras	2267	(3)	12	(0.02)					2909	(4)	173	(0.3)	264	(0.4)			5625	(8)
Áreas de surgencia productivas			1921	(2)													1921	(2)
Arracachal (<i>Montrichardia</i>)																	0	(0)
Corchal (<i>Pterocarpus officinalis</i>)											369	(17)					369	(17)
Helechales (ensenada de Rionegro)																	0	(0)
Panganales (desembocadura del río Atrato)																	0	(0)

Tabla 5. Representatividad de los elementos de biodiversidad (en área y porcentaje) dentro de cada área marina protegida del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) a lo largo del Pacífico continental, insular y oceánico de Colombia. Los espacios en blanco corresponden a la ausencia del elemento de biodiversidad en el área. SFF: Santuario de Fauna y Flora; PNN: Parque Nacional Natural.

Elementos de biodiversidad	PNN Utría		PNN Gorgona		PNN Sanquianga		SFF Malpelo		PNN Uramba Bahía Málaga		Total	
	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)	m	(%)
Playas de alta energía	4121	(3)	2366	(2)							6487	(5)
Playas de baja energía					15715	(6)					15715	(6)
Acantillados de roca dura	32732	(10)	18307	(6)			6975	(2)			58014	(18)
Acantillados de roca blanda									42336	(19)	42336	(19)
Manglares de aguas mixohalinas	69	(0.03)			41213	(19)			389	(0.2)	41671	(19)
Bosque mixto guandál					7	(0.01)					7	(0.01)
Planos intermareales de lodo					10168	(16)			1776	(3)	11944	(19)
Montañas submarinas											0	(0)
Formaciones coralinas	2	(2)	48	(80)			0.6	0.5			51	(83)
Estuarios					12960	(13)					12960	(13)
Fondos móviles no carbonatados grano fino	7284	(0.9)	22575	(2)	1968	(0.2)					31827	(4)
Fondos móviles carbonatados grano grueso	2238	(3)	9818	(13)					3609	(5)	15665	(21)
Fondos móviles no carbonatados grano grueso	16	(0.002)	15855	(2)	22647	(3)			38490	(5)	77008	(10)

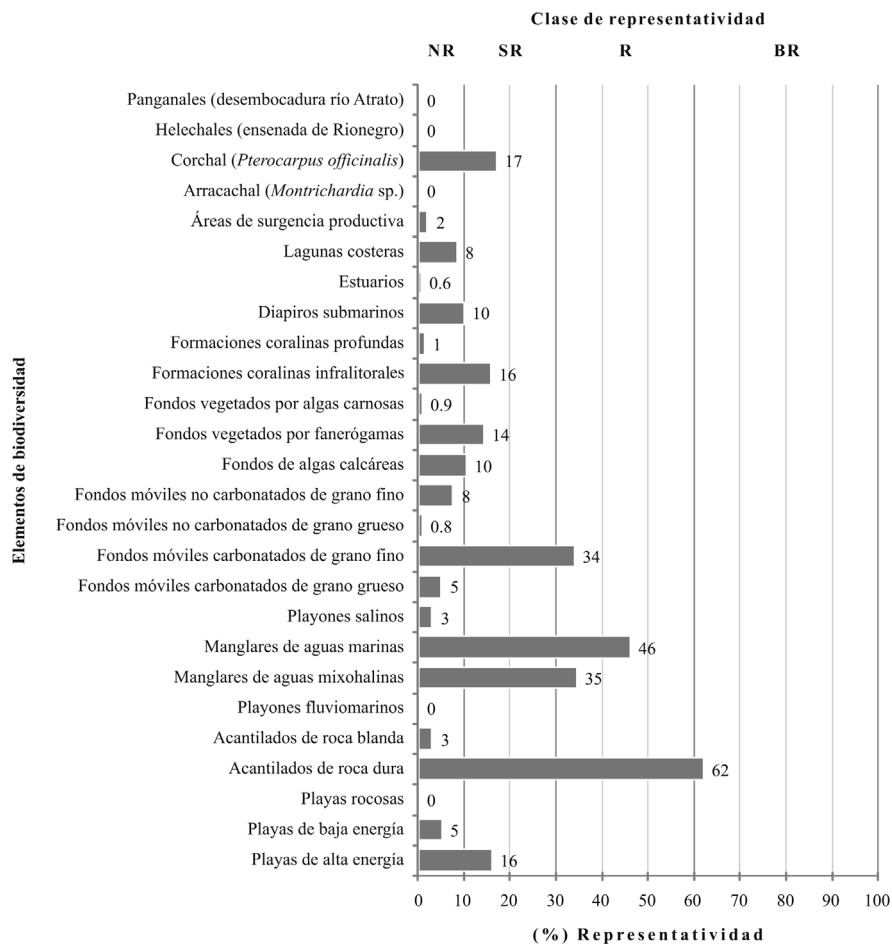


Figura 2. Porcentaje de representatividad de los elementos de biodiversidad en las áreas marinas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales en el Caribe colombiano de acuerdo con las siguientes clases: bien representado (BR) $\geq 60\%$, representado (R) 30-59%, subrepresentado (SR) 10-29% y no representado (NR) 0%.

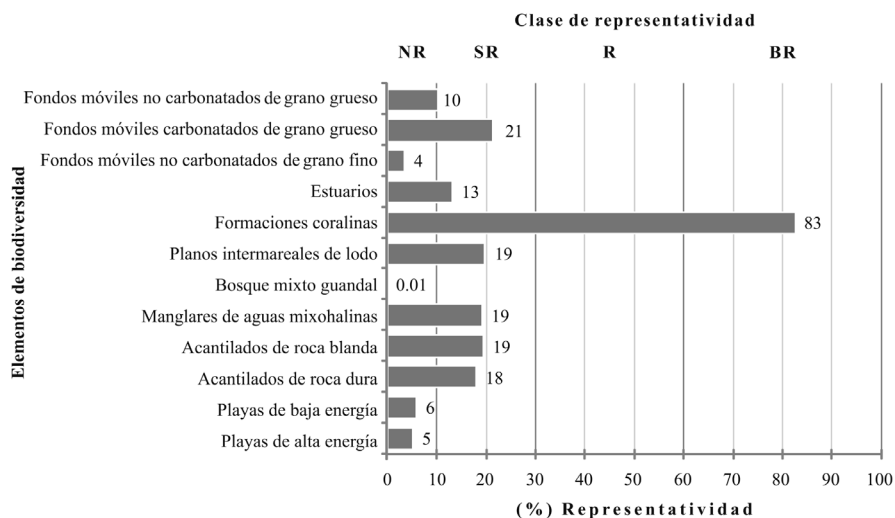


Figura 3. Porcentaje de representatividad de los elementos de biodiversidad en las áreas marinas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales en el Pacífico colombiano de acuerdo con las siguientes clases: bien representado (BR) $\geq 60\%$, representado (R) de 30-59%, subrepresentado (SR) de 10 a 29% y no representado (NR) 0%.

Como NR, se encontraron 16 elementos. Playones salinos, acantilados de roca blanda, áreas de surgencia productiva, corales de profundidad y fondos móviles carbonatados de grano grueso se encuentran presentes cada uno en solo una AMP; así mismo, playas de baja energía y estuarios se encuentran representados cada uno en dos áreas; por otra parte, fondos móviles no carbonatados de grano fino y lagunas costeras en cinco áreas y fondos móviles no carbonatados de grano grueso en seis áreas. Por último, no se encuentran en ningún AMP los sistemas ecológicos intermareales de playas rocosas, playones fluviomarinos, arracachales, helechales y panganales.

Pacífico. Sólo uno de los 12 elementos de biodiversidad se encuentra BR, este es formaciones coralinas con un 83%, presente en tres de las cinco AMP del Pacífico. Se observa que ningún elemento se encuentra en el ámbito de R, entre 30 y 59%.

Como SR se encontraron siete elementos, los acantilados de roca blanda y estuarios en una sola área cada uno; los planos intermareales de lodo en dos áreas cada uno; los fondos móviles carbonatados de grano grueso, acantilados de roca dura y manglares de aguas mixohalinas en tres áreas y los fondos móviles no carbonatados grano grueso en cuatro AMP. Entre los NR, se encuentra el bosque mixto de guandal y playas de baja energía en una sola área cada uno; playas de alta energía en dos áreas y fondos móviles no carbonatados de grano fino en tres AMP.

DISCUSIÓN

La identificación y uso de sistemas ecológicos como sustitutos de biodiversidad permite que en el análisis de vacíos de representatividad se incluyan elementos contenidos en ellos como comunidades y especies supliendo así la falta de información más precisa sobre su distribución en ambientes marinos (Noss *et al.*, 1995).

En ambientes marinos la discusión con respecto al porcentaje mínimo de cada elemento de biodiversidad que debe ser representado y conservado es amplia. Un diverso número de modelos y estudios empíricos han examinado metas cuantitativas desde diferentes puntos de vista, en la Tabla 6 se compara el presente estudio con diferentes autores cuyo objetivo central es garantizar la representatividad de la diversidad a diferentes niveles de organización biológica (ecosistemas, hábitat y especies).

Tabla 6. Estudios a nivel mundial que examinan el porcentaje de área que debe incluirse en un sistema de áreas protegidas para garantizar la representatividad de la diversidad biológica. Tomado de NRC (2001) y Alonso (2005).

Meta de representatividad (área)	Criterio	Fuente
10-36%	Representación de especies y complementariedad (peces).	Turpie <i>et al.</i> (2000)
36%	Representatividad de hábitat.	Bustamante <i>et al.</i> (1999)
40%	Ensamblaje de especies y hábitat.	Ward <i>et al.</i> (1999)
10%	Representación o replicación de hábitat.	Roberts y Hawkins (2000)
37-56%	Hábitats representativos.	Sala <i>et al.</i> (2002)
5-50%	Hábitats representativos y especies.	Areces <i>et al.</i> (2002)
30-60%	Hábitats representativos y especies (peces) en San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Friedlander <i>et al.</i> (2003)
28-50%	Hábitats representativos en Archipiélago Corales del Rosario y San Bernardo.	Invemar <i>et al.</i> (2003)
30-50%	Hábitats representativos y especies .	Airamé <i>et al.</i> (2003)
> 30%	Representatividad de sistemas ecológicos submareales e intermareales.	Presente estudio

De acuerdo con los resultados, para los sistemas costeros de Guajira, Darién, Baudó, Tumaco y, Caribe y Pacífico oceánicos, es necesario enfocar en el corto plazo esfuerzos de conservación in situ, a través del establecimiento de nuevas áreas marinas protegidas, permitiendo garantizar que dentro del SPNN se asegure la variabilidad espacial de los elementos a lo largo de Caribe y Pacífico colombianos. Así mismo, al integrar al análisis el concepto de replicabilidad, estas áreas pueden garantizar que cada uno de los elementos de biodiversidad distribuidos en diferentes

unidades fisiográficas (sistemas costeros) permitan balancear una adecuada representación y asegurar la redundancia ecológica necesaria para la viabilidad en el tiempo (Allison *et al.*, 2003; Dudley y Parish, 2006), generando además un escenario ideal para la conformación de un sistema de AMP.

En el Caribe 16 sistemas ecológicos no se encuentran representados en el SPNN, por lo que se deberán concentrar en estos mayores esfuerzos para establecer AMP y alcanzar metas mínimas de representatividad. Tal es el caso de algunos sistemas como estuarios y lagunas costeras de alta productividad y refugio de peces e invertebrados en diferentes fases de su ciclo de vida (Day y Roff, 2000), por lo que requieren grandes niveles de protección considerando que en la actualidad se encuentran bajo considerable estrés (Invemar, 2003, 2004; Paramo *et al.*, 2009). Así mismo, sistemas raros o únicos en el Caribe como los helechales y arracachales, ubicados entre el manglar y los ecosistemas terrestres adyacentes, cumplen en las zonas de transición una importante función de protección y recepción de aguas (Zamora *et al.*, 2008).

Por otra parte, es necesario considerar las formaciones coralinas de profundidad como una prioridad de conservación dentro del sistema, dado el rol ecológico que cumplen, similar al de los arrecifes de aguas someras, proveyendo refugio, áreas de descanso, alimentación, desove y crianza de las especies que habitan los fondos circundantes (Krieger, 2001; Tunesi *et al.*, 2001). Así mismo, la presencia de cinco especies de peces comúnmente asociadas a arrecifes someros, sugiere que estos ecosistemas podrían estar ecológicamente relacionados con los arrecifes someros (Reyes *et al.*, 2005).

No obstante, debido a sus características demográficas y su entorno oceanográfico, estas comunidades son particularmente vulnerables a los daños físicos, por lo que grandes extensiones han desaparecido en poco tiempo a causa de actividades pesqueras en diferentes partes del mundo (Freiwald *et al.*, 2004; Davies *et al.*, 2007). La información recopilada sobre usos actuales y potenciales evidencia un alto riesgo de amenaza a la conservación para las comunidades coralinas de profundidad, a causa del crecimiento de la industria de hidrocarburos, la creciente tecnificación en artes de pesca para acceder a caladeros cada vez más profundos (Paramo y Saint-Paul, 2012) y el incremento en la instalación de cables submarinos; por lo anterior, el manejo de estas áreas debe apuntar a estrategias de conservación estrictas y de no extracción. En las tres áreas identificadas con presencia de corales de profundidad en el Caribe se colectaron 338 especies, de las cuales el 25% fueron nuevos registros para Colombia (Reyes *et al.*, 2005), poniendo en evidencia su importancia biológica y el desconocimiento científico que aún existe sobre los ambientes profundos del país.

En el Pacífico colombiano, a excepción de las formaciones coralinas, es necesario aumentar la representatividad de los elementos de biodiversidad presentes. Para el sistema de manglares mixohalinos a pesar de alcanzar una representatividad del 19% (principalmente en el PNN Sanquianga) las coberturas en la actualidad se encuentran amenazadas por el patrón de uso de la tierra y el aprovechamiento de sus recursos (Invemar *et al.*, 2001), lo que hace necesario aumentar la representatividad del mismo en áreas donde no hay AMP, como en los sistemas costeros de Baudó y Tumaco.

Por otro lado, cuatro sistemas ecológicos no se encuentran representados en el SPNN. Los esfuerzos en esta región deberán concentrarse en aumentar la representatividad de sistemas como bosques mixtos de guandal y playas de baja y alta energía.

En general para ambas costas la falta de representatividad de los fondos sedimentarios (móviles de grano fino y grueso, carbonatados y no carbonatados) es un fenómeno común. El público suele darle poca importancia a este tipo de sistemas, no sólo en Colombia, sino también en otras partes del mundo, en contraste con las formaciones coralinas, pastos marinos, manglares y las especies carismáticas como ballenas, delfines y tortugas, entre otros, que acaparan la atención del público. Esto ocurre por el desconocimiento del papel ecológico que desempeñan estos ecosistemas costeros 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, 1971). Las comunidades bentónicas tropicales de fondos blandos (poliquetos, crustáceos, moluscos) forman la base del alimento de muchas especies de peces demersales (Longhurst y Pauly, 1987). Por eso, el entendimiento de factores que afectan la producción de los invertebrados bentónicos y el reconocimiento de su importancia es esencial para la conservación de los ecosistemas y hábitats costeros en Colombia (Invemar, 2004).

La totalidad de los elementos de biodiversidad seleccionados se distribuyen sobre la plataforma continental y áreas insulares adyacentes, por lo que se hace necesario en el corto plazo incluir otros elementos, presentes en los sistemas oceánicos de Caribe y Pacífico colombianos (talud continental y ambientes profundos). Hasta hace tres décadas se consideraba que estas áreas tenían características oceanográficas y fauna asociada homogéneas (Koslow, 1997). Actualmente, se sabe que existen geoformas como cañones y montañas submarinas, fosas, fuentes hidrotermales, entre otros, que representan hábitats propicios para muchas especies donde ocurre un incremento de diversidad en comparación con los fondos adyacentes (Koslow *et al.*, 2000; Korn *et al.*, 2003) y que pueden ser usados como sustitutos de biodiversidad para un análisis de este tipo.

Esperar que la representatividad de la biodiversidad marina y costera del país sea garantizada exclusivamente por el SPNN es una expectativa poco viable y efectiva,

sobre todo hoy en día cuando se cuenta con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) del cual el SPNN hace parte fundamental. En el Sinap se integran las áreas protegidas del SPNN y se incorporan áreas regionales y locales, públicas y privadas, que aportan a la representatividad de la biodiversidad. A manera de ejemplo podemos mencionar, las áreas de protección de carácter regional que complementan y fortalecen las metas de conservación de ecosistemas de manglar importantes en el Caribe, como son: 1) Distrito de Manejo Integrado (DMI) del área de manglar de la bahía de Cispatá, La Balsa, Tinajones y sectores aledaños al delta estuarino del río Sinú; 2) DMI de la Ciénaga de la Caimanera; 3) DMI de la ensenada de Rionegro; 4) Parque Regional Natural (PRN) Boca Guacamaya; 5) PRN del sistema manglárico del río Atrato; y 6) PRN Old Point. En el Pacífico son: 1) DMI La Plata, y 2) PRN La Sierpe. Así como también a las formaciones coralinas del infralitoral en el Caribe insular en donde con el Sistema Regional de Áreas Marinas Protegidas (Resolución 876 de 2004) se cubre cerca del 95% de este ecosistema. Por último, para complementar este análisis de vacíos es necesario incluir las figuras de conservación regional, así como sustitutos de biodiversidad a nivel de especies (e.g. amenazadas o en listas rojas), aumentando la escala de trabajo a otros niveles de organización biológica, lo cual en ambientes marinos resulta mucho más complejo que para sus homólogos terrestres, debido a la distribución espacial que pueden presentar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” —Invermar— por el apoyo brindado en la realización de este estudio, a The Nature Conservancy por los asesoría técnica y financiera para adelantar esta investigación, así como a Conservación Internacional Colombia y a Parques Nacionales Naturales por proveer información y participar en su realización. Así mismo a todas las instituciones y profesionales que de una u otra forma han aportado a la construcción de la información base utilizada en el presente análisis, siendo un gran avance para el Sistema Nacional Ambiental y por consiguiente para el país y la conservación de nuestra biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Airamé, S., J. E. Dugan, K. D. Lafferty, H. Leslie, D. A. McArdle y R. Warner. 2003. Applying ecological criteria to marine reserve design: A case study from the California Channel Islands. *Ecol. Appl.*, 13 (1): 170-184.
- Allison, G. W., S. D. Gaines, J. Lubchenco y H. P. Possingham. 2003. Ensuring persistence of marine reserves: catastrophes require adopting an insurance factor. *Ecol. Appl.*, 13: 8-24.



- Alonso, D. 2005. Modelo de planificación de un sistema representativo de áreas marinas protegidas para el Caribe continental colombiano. Tesis Maestría en Ciencias, Univ. Palmas de La Gran Canaria, Santa Marta. 135 p.
- Alonso, D., C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres y J. Gerhantz-Muro. 2008a. Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: Estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37 (1): 129-156.
- Alonso, D., L. F. Ramírez, C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres, T. Walschburger y N. Arango. 2008b. Hacia la construcción de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) y The Nature Conservancy (TNC), Santa Marta. 20 p.
- Alonso, D., L. Ramírez, C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres, J. M. Díaz y T. Walschburger. 2008c. Prioridades de conservación in situ para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), The Nature Conservancy (TNC) y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), Santa Marta. 20 p.
- Andrade, G. I. y G. Corzo. 2011. ¿Qué y dónde conservar? Mesa Nacional de Prioridades de Conservación, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), Bogotá. 197 p.
- Arango, N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gosttsman, O. L. Hernández, C. L. Matallana, M. Morales, L. G. Naranjo, L. M. Renjifo, A. F. Trujillo y H. Villareal. 2003. Vacíos de conservación del sistema de parques nacionales naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF e Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. 64 p.
- Areces, J. A., J. Gerhartz, H. Alidina, R. Duttit y C. Martínez. 2003. Validación del sistema de áreas marinas protegidas (SAMP) cubano mediante el análisis de brechas en su representatividad. IDO-CNAP-Environmental Defense-WWF. Resumen informe final técnico, Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana. 25 p.
- Baker, J. L. 2000. Guide to marine protected areas. Department for Environment and Heritage, Government South Australia, Adelaida, Australia. 184 p.
- Ballantine, W. J. 1997. Design principles for systems of "no-take" marine reserves. Workshop on the design and monitoring of marine reserves. Fisheries Center, Univ. British Columbia, Vancouver. 19 p.
- Bohnsack, J. A. 1992. Reef resource habitat protection: the forgotten factor. *Mar. Recreat. Fish.*, 14: 117-129.
- Botsford, L. W., F. Micheli y A. Hastings. 2003. Principles for the design of marine reserves. *Ecol. Appl.*, 13: 25-31.
- Bustamante, R. H., P. Martínez, F. Rivera, R. Bensted-Smith y L. Vinueza. 1999. A proposal for the initial zoning scheme of the Galápagos marine reserve. Charles Darwin Research Station Technical Report, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. 89 p.
- CNAP. 2002. Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Cuba, Plan 2003-2008. Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP). Citma-GEF-PNUD, La Habana. 222 p.

- Conabio, Conanp, TNC y Pronatura. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), The Nature Conservancy (TNC) Programa México y Pronatura, México D. F. 75 p.
- Crisp, D. J. 1971. Energy flow measurements. 197-279. En: Holme, N. A. y A. D. McIntyre (Eds.). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, IBT Handbook 16, Oxford, Reino Unido. 334 p.
- Crist, P. y B. Csuti. 2007. Gap analysis. 151-157. En: Scott, J. M. (Ed.). *A handbook for conducting gap analysis*. Gap analysis program, USGS, Univ. Idaho, Moscow, EE. UU. 221 p.
- Davies, A. J., J. M. Roberts y J. Hall-Spencer. 2007. Preserving deep-sea natural heritage: Emerging issues in offshore conservation and management. *Biol. Cons.*, 138: 299-312.
- Day, J. C y J. C. Roff. 2000. Planning for representative marine protected areas: A framework for Canada's Oceans. Report prepared for World Wildlife Fund Canada, Toronto. 148 p.
- Day, J., L. Fernandes, A. Lewis, G. De'ath, S. Slegers, B. Barnett, B. Kerrigan, D. Breen, J. Innes, J. Oliver, T. Ward y D. Lowe. 2002. The representative areas program for protecting biodiversity in the Great Barrier Reef World Heritage Area. 687-696. En: Kasim-Moosa, M., S. Soemodihardjo, A. Soegiarto, K. Romimoharto, A. Nontji y S. Suharsono (Eds.). *Proceedings of the Ninth International Coral Reef Symposium 2000*. Ministry of Environment, Indonesian Institute of Sciences and International Society for Reef Studies. Bali, Indonesia. 1279 p.
- Dudley, N. (Ed.). 2008. *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. IUCN. Gland, Suiza. 96 p.
- Dudley, N. y J. Parish. 2006. Closing the gap-creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the convention on biological diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Tech. Ser., 24, Montreal. 114 p.
- Fandiño-Lozano, M. y W. van Wyngaarden. 2005. *Prioridades de conservación biológica para Colombia*. ARCO, Bogotá. 188 p.
- Freiwald, A., J. H. Fossa, A. Grehan, T. Koslow y J. M. Roberts. 2004. Cold-water coral reefs: Out of sight-no longer out of mind. UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido. 84 p.
- Friedlander, A., J. Salader, R. Appeldoorn, P. Usseglio, C. McCormick, S. Bejarano y A. Mitchell-Chui. 2003. Designing effective marine protected areas in Seaflower Biosphere Reserve, Colombia. Based on biological and sociological information. *Cons. Biol.*, 17 (6): 1769-1784.
- Gerber, L. R., L. W. Botsford, A. Hastings, H. Possingham, S. D. Gains, S. R. Palumbi y S. Andelman. 2003. Population models for marine reserves design: a retrospective and prospective synthesis. *Ecol. Appl.*, 13: 47-64.
- Groves, C. B., L. Valutis, D. Vosick, B. Neely, K. Wheaton, J. Touval y B. Runnels. 2000. *Diseño de una geografía de la esperanza: manual para la planificación de la conservación ecorregional*. The Nature Conservancy, Vol. I y II, Segunda Edición. Arlington, EE. UU. 215 p.
- Hastings, A. y L. W. Botsford. 2003. Comparing designs of marine reserves for fisheries and for biodiversity. *Ecol. Appl.*, (13): 65-70.
- Invemar. 2000. Programa Nacional de Investigaciones en Biodiversidad Marina y Costera (PNBIM). Invemar-Fonade-MMA, Santa Marta. 83 p.

- Invemar. 2003. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2002. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Serie de publicaciones periódicas No. 7, Santa Marta. 292 p.
- Invemar. 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2003. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Serie de publicaciones periódicas No. 8, Santa Marta. 329 p.
- Invemar, CRC, Corponariño e IIAP. 2001. Formulación del plan de manejo integrado de la zona costera del complejo de las bocanas de Guapi-Iscuandé, Pacífico colombiano. Fase I Caracterización y diagnóstico. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Santa Marta. 621 p.
- Invemar, UAESPNN, Cardique y EPA Cartagena. 2003. Modelo de desarrollo sostenible para los archipiélagos del Rosario y San Bernardo, Resolución 456/03. Informe técnico, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Santa Marta. 256 p.
- Jennings, M. 2000. Gap analysis: concepts, methods and recent results. *Landscape Ecol.*, 15: 5-20.
- Korn, H., S. Friedrich y U. Feit. 2003. Deep-sea genetic resources in the context of the Convention on Biological Diversity and the United Nations Convention on the Law of the Sea. *Bundesamt für Naturschutz, Bonn*. 84 p.
- Koslow, J. A. 1997. Seamounts and the ecology of deep-sea fisheries. *Am. Scientist*, 85 (2):168-176.
- Koslow, J. A., G. W. Boehlert, J. D. M. Gordon, R. L. Haedrich, P. Lorange y N. Parin. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 548-557.
- Krieger, K. 2001. Coral (*Primnoa*) impacted by fishing gear in the Gulf of Alaska. 106-116. En: Willison, J. H. M., J. Hall, S. E. Gass, E. L. R. Kenchington, M. Butler y P. Doherty (Eds.). *Proceedings of the First International Symposium on Deep-Sea Corals*. Ecology Action Centre and Nova Scotia Museum, Halifax. 231 p.
- Longhurst, A. R. y D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, San Diego. 407 p.
- 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, Bogotá D. C. 95 p.
- MMA. 2001. Política de participación social en la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá. 73 p.
- NRC. 2001. Marine protected areas: tools for sustaining ocean ecosystems. National Research Council (NRC), National Academic Press. Washington DC. 272 p.
- Noss, R. F., E. T. LaRoe y J. M. Scott. 1995. Endangered ecosystems of the United States: a preliminary assessments of loss and degradation. Biological Report 28. National Biological Service, Washington. 421 p.
- Paramo, J. y U. Saint-Paul. 2012. Deep-sea shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Pleoticus robustus* (Crustacea: Penaeoidea) in the Colombian Caribbean Sea as a new potential fishing resource. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 92 (4): 811-818.
- Paramo, J., L. Guillot-Illidge, S. Benavides, A. Rodríguez y C. Sánchez-Ramírez. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona norte del Caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar áreas marinas protegidas para el manejo pesquero. *Caldasia*, 31 (1): 123-144.
- Plischoff, P. y T. Fuentes. 2008. Análisis de representatividad ecosistémica de las áreas protegidas públicas y privadas en Chile. Informe final, GEF, Conama y PNUD, Santiago de Chile. 103 p.

- Ray, G. C. y M. McCormick-Ray. 1992. Marine and estuarine protected areas: A strategy for a national representative system within Australian coastal and marine environments. Australian National Parks and Wildlife Service. Canberra. 52 p.
- Reyes, J., N. Santodomingo, A. Gracia, G. Borrero-Pérez, G. Navas, L. M. Mejía-Ladino, A. Bermúdez y M. Benavides. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities off Colombia. 309-330. En: Freiwald, A. y M. Roberts (Eds.). Cold-water corals and ecosystems. Springer-Verlag, Berlin. 1243 p.
- Roberts, C. M., F. R. Gell y J. P. Hawkins. 2004. Protecting nationally important marine areas in the Irish Sea Pilot Project region. Environment Department, Univ. York, York, EE. UU. 133 p.
- Roberts, C. M., S. Andelman, G. Branch, R. Bustamante, J. C. Castilla, D. Dugan, B. Halpern, K. Lafferty, H. Leslie, J. Lubchenco, D. Mcardle, H. Possingham, M. Ruckelshaus y R. Warner. 2003. Ecological criteria for evaluating candidate sites for marine reserves. *Ecol. Appl.*, 13 (1): 199-214.
- Roberts, C. y K. Hawkins. 2000. Fully-protected marine reserves: a guide. Word Wildlife Fund (WWF) y Environment Department University of York. Washington. 141 p.
- Rojas, X. 2001. Representatividad de las áreas coralinas de la región central de la costa continental del Caribe colombiano [ecorregión Archipiélagos Coralinos (ARCO)] en el sistema de áreas protegidas. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 90 p.
- Sala, S., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C. Barrera y P. K. Dayton. 2002. General model for designing networks of marine reserves. *Science*, 298: 1991-1993.
- Sarkar, S. y C. Margules. 2002. Operationalizing biodiversity for conservation planning. *Bioscience*, 27 (2): 299-308.
- 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. 160 p.
- Schmidt, K. F. 1997. No-take areas spark fisheries debate. *Science Total Env.*, (277): 489-491.
- Sinac. 2008. Grúas II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 3: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad marina y costera. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (Minaet), San José. 60 p.
- Sullivan-Sealy, K. y G. Bustamante. 1999. Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington, EE. UU. 125 p.
- Tunesi, L., G. Diviacco y G. Mo. 2001. Observations by submersible on the biocenosis of the deep-sea corals off Portofino promontory (Northwestern Mediterranean Sea). 76-87. En: Willison, J. H. M., J. Hall, S. E. Gass, E. L. R. Kenchington, M. Butler y P. Doherty (Eds.). Proceedings of the First International Symposium on Deep-Sea Corals. Ecology Action Centre and Nova Scotia Museum, Halifax. 231 p.
- Turpie, J. K., L. E. Beckley y S. M. Katua. 2000. Biogeography and the selection of priority areas for conservation of South African coastal fishes. *Biol. Cons.*, 92: 59-72.
- Ward, T. J., M. A. Vanderklift, A. O. Nicholls y R. A. Kenchington. 1999. Selecting marine reserves using habitats and species assemblages as surrogates for biological diversity. *Ecol. Appl.*, 9: 691-698.

Zamora, A. P., A. López y P. C. Sierra-Correa (Eds.). 2008. Formulación de los lineamientos y estrategias de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera del Darién. Invemar, Gobernación de Antioquia, Corpourabá y Codechocó. Serie de documentos generales de Invemar, No. 22, Santa Marta. 208 p.

FECHA DE RECEPCIÓN: 24/11/2011

FECHA DE ACEPTACIÓN: 14/08/2012