

Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano



Figuras, fotografías y edición de imágenes:

Adriana Bermúdez
Andrea Polanco
Ángela Cecilia López
Arturo Acero
Carlos Torres
Carolina Segura-Quintero
Daniel M. Rozo-Garzón
David Alonso Carvajal
Erika Montoya-Cadavid
Gabriel R. Navas S.
Giomar Helena Borrero-Pérez
Javier Idarraga-García
Jiner A. Bolaños
Johanna Medellín-Mora
José Luis Espriella
Julio Bohórquez
Luis A. Vidal
María Adriana Gracia Clavijo
Marta Patricia Vides Casado
Martha Cecilia Díaz-Ruiz
Milena Benavides Serrato
Nadiezhdá Santodomingo
Natalia Rodríguez Salcedo
Nelson Rangel-Buitrago
Néstor E. Ardila Espitia
Néstor Hernando Campos
Oscar Martínez-Ramírez
Paola Flórez
Yesid Lozano-Duque

Edición general:

Gabriel R. Navas S.
Carolina Segura-Quintero C.
Manuel Garrido-Linares
Milena Benavides-Serrato
David A. Alonso Carvajal

Mapas:

Laboratorio de Sistemas de Información LabSIS-Invemar

Cítese como:

Citación General:

INVEMAR (eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar No. 20 p. 458

Citación por capítulos:

“Autores”. 2010. Título del capítulo. Pp (intervalo de páginas).En INVEMAR (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar No. 20 p. 4588

ISBN: Obra independiente 978-958-8448-29-9

Diseño y Diagramación:

Franklin Restrepo Marín

Impresión:

Marquillas S.A.

Palabras clave:

Biodiversidad, Taxonomía, Caribe, Ecología, Colombia, Sistemas de Información.

Diseño Portada:

Paola Flórez y María Adriana Gracia Clavijo

Fotografía portada:

María Adriana Gracia Clavijo

Derechos reservados conforme a la ley. Los textos pueden ser reproducidos, total o parcialmente, citando la fuente.

© 2010 Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” (Invemar), Santa Marta, Colombia. Vinculado al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, desde 1993 (Ley 99).



Francisco A. Arias Isaza
Director General

Jesús Antonio Garay Tinoco
Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)

Carlos Augusto Pinilla Gonzáles
Subdirector de Recursos y Apoyo a la Investigación (SRAI)

David Alejandro Alonso Carvajal
Coordinador Programa de Biodiversidad
y Ecosistemas Marinos (BEM)

Mario Enrique Rueda Hernández
Coordinador Programa de Valoración y
Aprovechamiento de Recursos Marinos (VAR)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz
Coordinadora Programa de Calidad Ambiental Marina (CAM)

Georgina Guzmán Ospitia
Coordinadora Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Paula Cristina Sierra Correa
Coordinadora Programa de Investigación
para la Gestión de Zonas Costeras (GEZ)

Oscar David Solano Plazas
Coordinador Programa de Servicios Científicos (CSC)



MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA
Hernán Martínez Torres (Saliente)
Carlos Rodado Noriega (Entrante)

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS - ANH -
Decreto Ley 1760 de 2003

DIRECTOR AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS
José Armando Zamora Reyes

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO
Claudia Lafaurie Taboada

COMUNIDADES, MEDIO AMBIENTE Y VIABILIDAD
DE LAS OPERACIONES
Coordinadora de Grupo, Adriana Ospina Zapata (Saliente)
Boris Navarro

PRESENTACIÓN

Con una acelerada proyección de crecimiento en la producción actual de recursos energéticos que contempla la exploración y explotación de gas e hidrocarburos sobre áreas de concesión en el margen continental colombiano, se hace indispensable la identificación de áreas marinas sensibles o vulnerables a ésta actividad. Ante esta perspectiva, la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH -, autoridad en la administración de las áreas de los recursos hidrocarburíferos de Colombia en asocio con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” - Invemar, entidad responsable de brindar asesoría técnica a la nación en los temas de conservación de los recursos renovables de nuestros mares, se han dado a la tarea de caracterizar los ambientes profundos del margen continental del Caribe colombiano, haciendo un especial énfasis en aquellas áreas sujetas a exploración de hidrocarburos mar afuera.

La presente publicación, incluye valiosa información producto de varios años de investigación marina de las aguas profundas, la plataforma continental y el talud superior del Caribe colombiano, llevada a cabo por un grupo multidisciplinario de investigadores en áreas de taxonomía, geología, ecología, cartografía y conservación del Invemar. Dentro de los resultados más destacados se encuentra el haber colectado e identificado más de 1600 especies, de las cuales alrededor del 35% se constituyeron en primeros registros para nuestras aguas y hasta el momento 21 especies nuevas descritas para la ciencia. Igualmente, a través de las investigaciones, se han detectado en diferentes sectores del Caribe colombiano, la presencia de hábitats de gran importancia ecológica, de los cuales no se sabía su existencia, tales como arrecifes de profundidad y comunidades biológicas reductoras, que han demostrado albergar altos niveles de diversidad biológica. Estos hallazgos nos han situado como país líder en el área en estudios de aguas profundas, con la formación de personal especializado, desarrollo de capacidades tecnológicas y ha constituido importantes adelantos para el conocimiento y la ciencia marina a nivel local, regional y mundial.

Los primera parte del libro que presentamos incluye una descripción detallada de la geomorfología, climatología y oceanografía del Mar Caribe colombiano, ampliando la información correspondiente a procesos naturales marinos y atmosféricos, que son fundamentales para el establecimiento de las comunidades biológicas. Posteriormente se presentan los componentes bióticos, empezando por el componente planctónico (fitoplancton y zooplancton), cuya caracterización es un elemento esencial para la elaboración de la línea base biológica ante las actividades de exploración de hidrocarburos en aguas oceánicas; se registraron preliminarmente, 98 especies pertenecientes al fitoplancton y con esto se da el punto de partida para la descripción de un mayor número de especies de zooplancton. Seguidamente se describe la macro y megafauna asociada al margen continental y talud del Caribe colombiano, representada en cnidarios, moluscos, equinodermos, briozoos, crustáceos y peces, principales componentes de los fondos blandos de nuestros mares profundos. Así mismo, el análisis integrado de la información permitió identificar áreas significativas para la biodiversidad en las cuales se presentan algunos valores biológicos o sustitutos de biodiversidad importantes que deben ser tenidos en cuenta en futuros procesos de intervención. Por último, se plantea a través de ejemplos, algunas soluciones aplicadas a las tecnologías de información, los cuales ofrecen modelos para la organización y análisis de datos con el desarrollo e implementación de sistemas de información, bases de datos y herramientas de búsqueda, permitiendo el fácil acceso y la publicación masiva de información sobre biodiversidad marina en el país.

Aunque todavía se hace necesario profundizar en diversos aspectos de la biodiversidad de los márgenes continentales colombianos, en especial el del Océano Pacífico y llegar a explorar nuevas profundidades, este libro es una herramienta valiosa de consulta para investigadores y tomadores de decisiones. La información contenida en él es la línea base de conocimiento que permitirá afrontar nuevos retos en materia de armonizar las necesidades de uso de nuestros recursos naturales en función de los criterios de conservación de la biodiversidad marina, otra de las riquezas estratégicas de la nación.

JOSÉ ARMANDO ZAMORA REYES
Director General ANH

FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General Invemar

ÁREAS SIGNIFICATIVAS PARA LA BIODIVERSIDAD

David Alonso Carvajal¹, Carolina Segura-Quintero², Carlos Torres^{2}, Daniel M. Rozo-Garzón²,
José Luis Espriella², Jiner A. Bolaños² y Ángela Cecilia López²*

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar, Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos, Cerro de Punta Betín, Santa Marta, Colombia. Correo electrónico: dalonso@invemar.org.co

² Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar, Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera, Cerro de Punta Betín, Santa Marta, Colombia Correo electrónico: csegura@invemar.org.co / drozo@invemar.org.co / jose_espriella@invemar.org.co / jiner_bolanos@invemar.org.co / alopez@invemar.org.co

* Dirección actual: catorresa2007@hotmail.com

Figura separador: Vista 3D de profundidad- Bloque Fuerte y ASB. Diseño: Carolina Segura-Quintero.

RESUMEN

Con el fin de identificar áreas significativas para la biodiversidad (ASB) en los ambientes marinos profundos del Caribe colombiano (170 a 3000m), se partió de la identificación de 32 objetos de conservación como elementos de diversidad biológica o sustitutos de esta, que serán foco de los esfuerzos de planificación a diferentes niveles de organización biológica (paisajes, ecosistemas, hábitats, comunidades y especies) y diferentes escalas geográficas. La selección de objetos incluyó diversos paisajes, entre los que se encuentran las montañas y cañones submarinos, asociados recientemente a una gran riqueza y diversidad de especies y endemismos de acuerdo con otros estudios a nivel internacional; así mismo se identificaron especies importantes como corales de profundidad, presentes en ambientes reductores, en listas rojas y CITES, entre otros; la definición de estos objetos y las respectivas metas de conservación permitió generar un portafolio de 43 ASB, las cuales constituyen la base donde deben concentrarse a futuro los diferentes esfuerzos de investigación, manejo y conservación de estos espacios marinos y así garantizar la representatividad de la biodiversidad en el Caribe y su preservación en el tiempo.

El principio de precaución juega un papel importante en este proceso al tener aún alto grado de incertidumbre sobre las comunidades presentes en estos ambientes particulares, los cuales se podrían encontrar a futuro amenazados por actividades antropogénicas como la minería, explotación de hidrocarburos y pesca de arrastre.

Palabras clave: *Áreas significativas para la biodiversidad, conservación, paisajes, ambientes profundos, Caribe colombiano.*

ABSTRACT

In order to identify Biodiversity Significant Areas (ASB) from the Colombian Caribbean deep sea (170 to 3000m), 32 conservation objects were identified as elements of biological or diversity surrogates along planning effort areas, using different biological organization levels (seascapes, habitats, communities and species) and different geographical scales. The selection of objects included seascapes, such as seamounts and canyons, associated recently with great diversity and species richness as well as endemism in agreement with other studies worldwide; likewise important species such as cold water corals and red book and CITES were identified. The definition of these objects and the respective goals of conservation allowed generating a portfolio of 43 ASB, which constitute the base where future efforts of research, management and conservation must concentrate. These areas aimed to guarantee the representation of biodiversity in the Caribbean and its preservation over time. The principle of precaution plays an important role in this process due to a high degree of uncertainty on the permanence of communities in these particular environments, which might be threatened by human activities into the future such as, oil exploitation or fishing bottom trawling.

Key words: *Biodiversity Significant Areas, conservation, seascape, deep realm, Colombian Caribbean.*

INTRODUCCIÓN

Los ambientes profundos en el mar abarcan aproximadamente el 64% de los océanos del mundo (202 millones de km²) (Roberts 2002). En el pasado la creencia de que estos ambientes representaban uno de los sistemas más estables y menos productivos del planeta ha sido desvirtuada gracias a las recientes investigaciones científicas con nueva tecnología y el interés de algunos sectores productivos por evaluar potenciales recursos en los lechos marinos.

Una de las regiones con mayor interés en la actualidad es el margen continental, el cual comprende la zona de transición desde el continente hasta las llanuras abisales adyacentes, incluyendo la plataforma, el talud, las elevaciones continentales, e incluso el margen insular (OHI 2001). Esta porción del lecho marino está caracterizada por multiplicidad de procesos geológicos que favorecen el asentamiento de diferentes comunidades, conformadas principalmente por corales, bivalvos, briozoos, esponjas y gusanos de mar (vestimentífera), los cuales a su vez, generan el incremento relativo de la diversidad de especies respecto a los fondos adyacentes (Mortensen *et al.* 1995, Koslow 1997, Koslow *et al.* 2000, Korn *et al.* 2003).

Muchas de las especies presentes en estas comunidades por lo general tienen formas de vida muy diferentes a las que se encuentran en aguas más someras, presentando, entre otras características, bajas tasas de crecimiento y reproducción y bajo flujo genético. Estas características los hacen especialmente susceptibles ante las acciones humanas, razón por la cual han sido considerados como prioritarios para su conocimiento y conservación por mecanismos internacionales como la Convención de Diversidad Biológica (CDB 2008).

Paisajes o ecosistemas como montes y cañones submarinos, arrecifes coralinos de profundidad y fuentes hidrotermales son el hábitat de una amplia diversidad de especies (Grassle y Maciolek 1992, Gage 1996). El conocimiento de la mayoría de estos ecosistemas es limitado porque no hay suficiente información de línea base en cuanto a su ecología y función. No obstante, la diversidad biológica que sostienen podría encontrarse seriamente amenazada por actividades como la minería de aguas profundas, tendido de cables submarinos, extracción de petróleo y gas, pero actualmente la mayor amenaza es la pesca comercial de arrastre, la cual está equipada con dispositivos de rodadura y de gran peso (rockhoppers), que impactan directamente sobre los fondos marinos (Davies *et al.* 2007).

Por otro lado, los efectos del cambio climático por el aumento de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera están alterando el equilibrio químico de los océanos del mundo mediante la reducción del pH (Raven *et al.* 2005), acidificándolo e impactando el crecimiento y composición de comunidades como el fitoplancton y organismos que dependen del carbonato de calcio como los corales de profundidad (Turley *et al.* 2007). Actualmente el 7% del total de CO₂ antropogénico encontrado en el océano ha penetrado hasta profundidades de 1500m (Sabine *et al.* 2004).

Hoy en día muchos países están comenzando a diseñar diversas estrategias para la conservación, el manejo y uso sostenible de hábitats de aguas profundas que van desde medidas altamente restrictivas hasta lineamientos específicos para el manejo de estos ambientes ante diferentes actividades antropogénicas.

En este capítulo como avance en el conocimiento de la biodiversidad marina del talud continental y fondos abisales del Caribe colombiano (170-3000m), se identificaron áreas significativas para la biodiversidad (ASB). Estas áreas constituyen la base sobre la cual deben concentrarse a futuro los diferentes esfuerzos de investigación, manejo y conservación de estos espacios marinos y así garantizar la representatividad de la biodiversidad y su preservación en el tiempo.

Obtener portafolios de ASB requiere la implementación de una metodología de planificación que identifique como pasos críticos, primero, la selección de objetos de conservación (OdC) como elementos de diversidad biológica o sustitutos de esta que serán foco de los esfuerzos de planificación a diferentes niveles de organización biológica (sistemas, paisajes, hábitats, comunidades y especies) y diferentes escalas geográficas (Groves *et al.* 2000); y segundo, la identificación de metas de conservación cuantitativas con el propósito principal de estimar un esfuerzo de manejo y conservación a futuro sobre cada uno de los objetos y garantizar la representación en el área de estudio.

La conservación de los “arreglos naturales” provee condiciones para la supervivencia y persistencia de la mayoría de las especies; se sabe que en los paisajes hay una organización en la cual las especies integran comunidades que, junto con el medio físico, conforman ecosistemas y así mismo una organización de estos en forma de mosaicos, no ocurre al azar (Zonneveld 1995). Si una parte extensa de este arreglo natural se conserva, la gran mayoría de las especies encontraran en estos sitios el hábitat que requieren para sobrevivir y perpetuarse.

No obstante, dado el escaso conocimiento sobre los procesos ecológicos en estos ambientes profundos, para este análisis no es posible aun definir sitios altamente prioritarios donde se deban aplicar estrategias específicas de conservación pero si identificar áreas con un alto valor en biodiversidad importante para futuras investigaciones y estrategias de manejo en el momento de intervenir estas áreas.

MÉTODOS

El método empleado en la selección de áreas significativas para la biodiversidad (ASB), considera como marco conceptual el descrito por Groves *et al.* (2000) de planificación para la conservación ecorregional, el cual se esquematiza en la Figura 1.

A partir de la definición del área de estudio (170-3000m), se identificaron y seleccionaron objetos de conservación (OdC), metas de conservación y finalmente las ASB.

SELECCIÓN DE OBJETOS DE CONSERVACIÓN

La identificación de los OdC consideró dos enfoques de acuerdo a lo propuesto por Groves *et al.* (2000): el

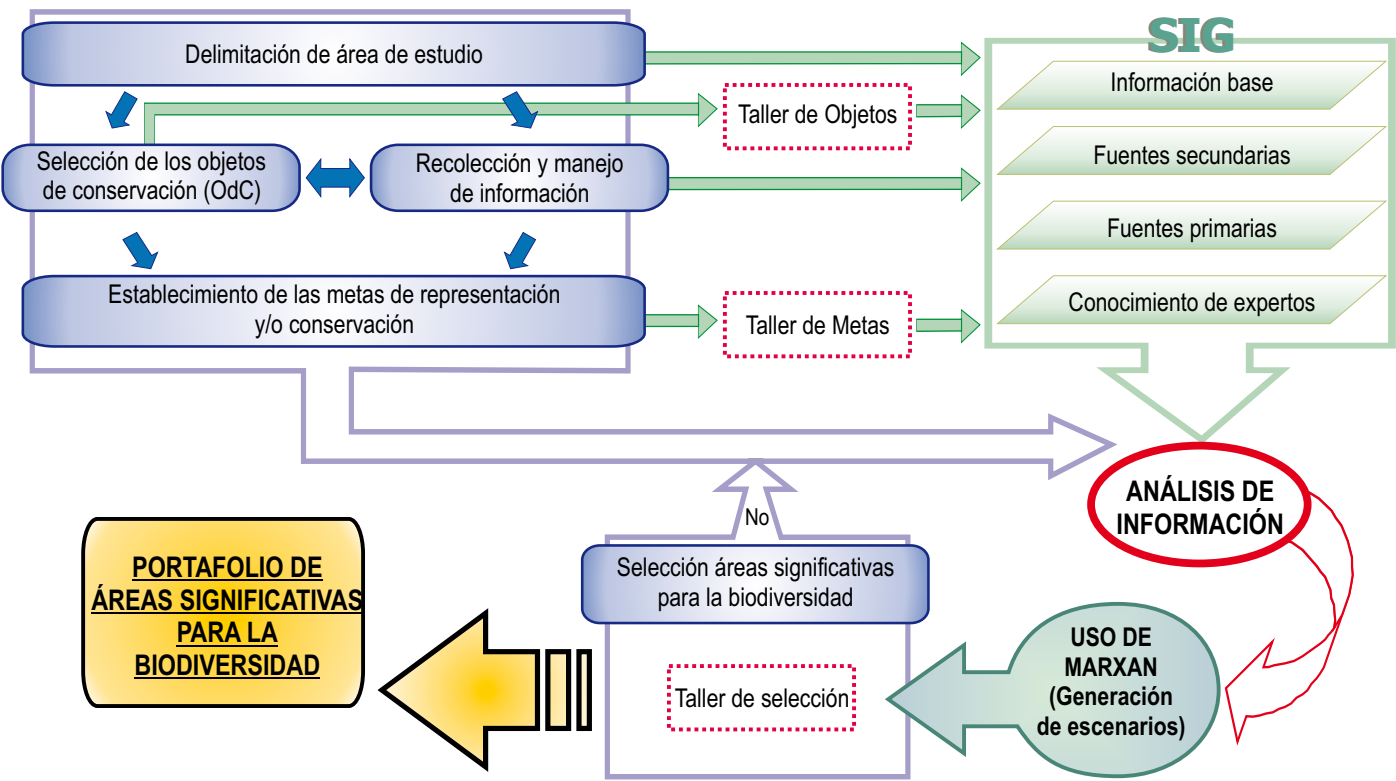


Figura 1. Adaptación de diagrama metodológico “planificación para la conservación ecorregional” descrito por Groves *et al.* (2000).

primero llamado filtro grueso que para este análisis se asume a nivel de paisajes y el segundo filtro fino a nivel de especies.

La clasificación de paisajes marinos sobre el talud continental y los fondos abisales, se realizó a partir de cuatro atributos, a saber: (1) morfología, (2) zonación vertical (3) tipo de sustrato y (4) rugosidad del fondo, asumiendo la hipótesis de que al conservar ejemplos múltiples y viables de estos objetos (paisajes) se conservarán también la mayoría de las especies y comunidades contenidas en estos.

El establecimiento de la morfología se basó en el estudio general de las formas del fondo marino visto como un mosaico, donde cada unidad que lo compone corresponde a una clase. Estas clases fueron delimitadas a través del uso de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica, que a partir de la integración de información batimétrica y de pendientes, permitió generar un modelo digital de profundidades que posteriormente fue interpretado, segmentado y clasificado de acuerdo a parámetros definidos por el detalle de la información fuente y la precisión requerida para el análisis. (Invemar-ANH 2008). Entre las formas identificadas se pueden resaltar: abanicos, domos, canales, cañones submarinos, colinas, cuencas, escarpes, faldas, hoyos, llanuras abisales, mesetas, montes submarinos y plataforma continental (OHI 2001).

Para la zonación vertical, el área de estudio se dividió en cinco gradientes de profundidad: (1) 170-300m; (2) 300-800m; (3) 800- 2000m; (4) 2000-3000m y (5) >3000m, dada la influencia de las diferentes masas de agua predominantes conocidas en el Caribe colombiano (Andrade 2000).

Los atributos de tipo de sustrato y rugosidad del fondo, fueron generados a partir de datos obtenidos con ecosonda multihaz (93/98 kHz para zonas de profundidad menor a 500m y de 11.25/12.75 kHz de 500m a 3000m), propor-

cionando imagen retrodispersada para el 8% del área de estudio y datos detallados de profundidad para un 24%.

El tipo de sustrato como atributo ecológico fue clasificado en duro y blando y asignado a cada una de las clases morfológicas preestablecidas. Fue definido a través de la construcción de un algoritmo que incluyó el análisis de la imagen retrodispersada (duro de 8 a 24 dB y blando de 25 a 34 dB) y la pendiente, partiendo de la premisa que a mayor pendiente menor probabilidad de presencia de sedimentos finos (>21°) (Invemar-ANH 2008, Maill 1978).

La rugosidad del fondo permite estimar la complejidad o aspereza del fondo (“desigualdad”), entendida como la relación entre la superficie real entre puntos de diferentes alturas (en tres dimensiones) y el área calculada en un plano entre los mismos puntos (dos dimensiones) (Lundblad *et al.* 2006, Jenesse, 2010). Ésta fue representada y cuantificada a través del uso de la herramienta “Rugosity builder” de ArcGIS (Wright 2005) y clasificada en tres clases (grados de rugosidad) así: alto (>=1.04), medio (1,01 a 1,04) y bajo (<=1,01), denominados para efectos de éste análisis como A, B y C respectivamente.

Para los OdC a nivel de especies, con base en el análisis de información secundaria y criterio de experto, se seleccionaron aquellos objetos claves desde el punto de vista de la biodiversidad, teniendo en cuenta su función ecológica dentro del ecosistema (ej. bioconstructores), nivel de amenaza (lista roja y CITES), distribución restringida en Colombia e importancia de uso.

DEFINICIÓN DE METAS

Como paso posterior a la identificación y selección de objetos se definieron metas mínimas de conservación para cada uno, con el propósito principal de: (a) estimar un esfuerzo de manejo y conservación a futuro de cada uno de los objetos y (b) garantizar la representación de todos los objetos en el área de estudio.

Dado el escaso conocimiento e información sobre estos ambientes de profundidad en nuestro país, la definición de metas se llevó a partir de la calificación cualitativa de algunos atributos ecológicos a través de la asignación de pesos en escala de 1 y 3; estableciendo el valor más alto a aquellos atributos que expresan una mayor importancia biológica del objeto y que permitan por medio de estrategias de conservación y manejo garantizar la viabilidad en el tiempo.

Los objetos a nivel de paisajes fueron ponderados como se describe a continuación:

Para la morfología del objeto, el peso asignado dependió de los lineamientos en cuanto a las prioridades de conservación que han dado convenios y organizaciones internacionales (UNEP-CDB 2004, CDB 2008) y a partir del conocimiento que existe sobre paisajes similares en otros lugares del mundo, en los que se reconoce su gran importancia en términos de biodiversidad marina (ej. mayor peso a montes, canales y cañones submarinos, menor peso a abanicos y llanuras abisales).

Para la zonación vertical, se partió del supuesto que las áreas menos profundas se encuentran más vulnerables a diversos usos y variadas técnicas de extracción de recursos, por lo tanto les fue asignado un mayor peso que a las áreas menos profundas (Tabla 1).

Tabla 1. Asignación de pesos al atributo de zonación vertical (masas de agua) y sigla utilizada para la codificación de paisajes.

Gradientes de profundidad	Sigla	Peso
Inferiores a -170 m	z	3
-170 m a -300 m	a	3
-300 m a -800 m	b	2
-800 m a -2000 m	c	1
-2000 m a -3000 m	d	1
Mayores a 3000 m	e	1

En cuanto al tipo de sustrato, se asume entonces la hipótesis que para comunidades como corales, octocorales e invertebrados (serpúlidos, vermétidos, braquiópodos) es más fácil asentarse en sustratos duros por estar libres de sedimentos finos o en muchos casos “lavados” por corrientes con cierto grado de velocidad, proporcionando así mayor estabilidad para su desarrollo. Es el caso de laderas pronunciadas de montes en las que suelen asentarse este tipo de comunidades, mientras que en cimas de mesetas, cimas de montes o en laderas menos pronunciadas hay una menor probabilidad de asentamiento pues se pueden presentar sustratos blandos (Fredericksen *et al.* 2002). Se asignó un valor de 3 para los objetos con sustrato duro (Tabla 2).

Tabla 2. Asignación de pesos para el atributo de tipo de sustrato y sigla utilizada para la codificación de paisajes.

Sustrato	Sigla	Peso
Duro	Dr	3
Blando	Bl	1

El análisis de rugosidad ayuda a identificar áreas potencialmente con alta biodiversidad, partiendo del supuesto que a mayor rugosidad, mayor complejidad y heterogeneidad en el paisaje, aumentando así la probabilidad de existencia de nichos disponibles que faciliten la colonización por diferentes organismos bentónicos, así como de numerosas cavidades que ofrecerán refugio a la fauna (ej. zonas de desove) (López de la Rosa 1996); por lo tanto fue asignado para el atributo de rugosidad del fondo, mayor peso al grado alto (Tabla 3).

Tabla 3. Asignación de pesos para el atributo de rugosidad del fondo y sigla utilizada para la codificación de paisajes.

Grado de Rugosidad	Sigla	Peso
Alto	A	3
Medio	B	2
Bajo	C	1

Fue realizada una codificación de paisajes con fines prácticos para la identificación resumida de cada objeto de filtro grueso, a partir de la agrupación de las siglas establecidas para cada uno de los atributos descritos anteriormente, tal como se ilustra en la Figura 2 (Invemar-ANH, 2010).

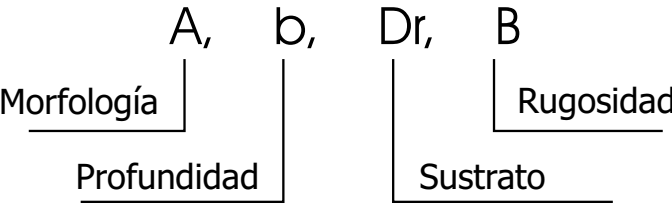


Figura 2. Codificación de paisajes para cada objeto de conservación (paisaje) en el Caribe colombiano. (A) abanico, (b) profundidad menor a 170m, (Dr) sustrato duro y (B) rugosidad media.

Para determinar la meta de conservación de los objetos a nivel de especies, se partió de la importancia ecológica documentada en otros lugares del mundo y de las prioridades de conservación que se han establecido en diferentes convenios y organizaciones internacionales (CDB 2008). Esto permitió evaluar la vulnerabilidad frente a potenciales amenazas como explotación de hidrocarburos y pesca de arrastre principalmente.

DEFINICIÓN DE PORTAFOLIO DE ÁREAS SIGNIFICATIVAS PARA LA BIODIVERSIDAD

Para la integración de información que permitiera la definición de las áreas significativas para la biodiversidad (ASB), se empleó la herramienta tipo soporte de decisiones llamada MARXAN (versión 1.8.2) diseñada en Australia por Ball y Possingham (2000), utilizada en los últimos años para diversos procesos de planificación marina (Possingham *et al.* 2000, Beck y Odaya 2001, Stewart y Possingham 2002, Sala *et al.* 2002, Areces *et al.* 2003, Leslie *et al.* 2003).

Se definió una grilla de 137154 unidades de planificación (UP) cada una de 64,9 ha aproximadamente y forma hexagonal, de tal manera que cubriera en su totalidad el área de estudio. Su tamaño y forma fueron definidos a partir de la evaluación del tamaño relativo de los objetos de conservación. La UP, corresponde entonces a la unidad de análisis en cuyos términos se entregan todos los resultados del proceso.

Para la generación de los portafolios, se utilizó el algoritmo heurístico de recombinación simulada (simulated annealing), el cual optimiza automáticamente la selección de todas aquellas UP que en suma permiten cumplir con las metas de conservación preestablecidas abarcando una menor área. A diferencia de otros algoritmos empleados con el mismo fin, numerosos autores reconocen su potencia (McDonnell *et al.* 2002, Stewart *et al.* 2003).

La función objetivo utilizada por MARXAN, empleó las variables descritas en la Tabla 4.

La función objetivo utilizada es:

Costo total del portafolio = $\sum \text{costo} + \text{BLM} * \sum \text{perímetro} + \sum \text{penalización}$

MARXAN proporcionó diferentes portafolios, de las cuales a través de un análisis de eficiencia fue seleccionado el que implicara que todos los OdC estuvieran representados y cumplieran con las metas de conservación preestablecidas. Entre más se aproxima a 1 mayor es la eficiencia.

Eficiencia= $1 - (\text{No. de UP seleccionadas} / \text{No. total de UP})$

Las simulaciones se hicieron con 100 corridas de un millón de iteraciones cada una, evaluando diferentes niveles de agregación. Fueron probados BLM entre 0,001 y 1.

Tabla 4. Definición de términos de la función objetiva utilizada por MARXAN.

Término	Definición
Costo	Se refiere al valor asignado a cada unidad de planificación (UP), el cual puede ser el área de la UP o un valor calculado que represente el costo económico, social o una combinación de estos. La “Σ costo” es la suma del costo de cada una de las UP seleccionadas en el portafolio.
Perímetro	Es la suma de la longitud de los lados de una o de un grupo de UP en cuyo caso corresponde a la suma de los lados externos de la agrupación. La “Σ perímetro” es entonces la suma de los perímetros de todas las UP seleccionadas o grupos de estas.
Modificador de Longitud de Perímetro -BLM	Corresponde al factor de modificación de la longitud del perímetro, el cual controla la importancia de ésta variable en la función objetivo, en donde a mayor BLM menor fragmentación de la solución.
Penalización	Es un valor adicional que es sumado a la función por cada meta que no se cumpla, afectando directamente el costo total del portafolio. Por lo tanto presiona para que la solución generada cumpla a cabalidad con las metas de conservación preestablecidas y así obtener un menor costo. La “Σ penalización” es la suma del valor establecido tantas veces como metas de conservación no cumplidas.

Teniendo en cuenta la reconocida importancia para el país de los tres bancos de corales de profundidad localizados recientemente y presentes en el área de estudio (Reyes *et al.* 2005, Santodomingo *et al.* 2007), las áreas en las que se distribuyen, fueron seleccionadas a priori como ASB, siendo marcadas como “áreas semilla”, con el fin de que estas quedaran incluidas como parte del portafolio final, aportando directamente a la meta de conservación del objeto.

RESULTADOS

Selección de objetos de conservación

Se identificaron en total 25 OdC de filtro grueso determinando la abundancia en hectáreas para cada uno. Paisajes importantes en términos de biodiversidad como cañones submarinos (1,4%), canales (1,8%) montes submarinos (3,3%), colinas y lomas (3,9%) y colina –colina alargada (4,9%) presentaron bajos porcentajes de cobertura con respecto al área total de estudio (Tabla 5). La descripción de estos objetos se puede consultar en el Anexo 1.

Así mismo, se identificaron siete OdC de filtro fino, determinando la abundancia en hectáreas para cada uno (Tabla 5). En general estas especies con respecto al área de estudio presentaron porcentajes de cobertura muy bajos (<0,4%) a excepción de los corales de profundidad (4%). La descripción de estos objetos se puede consultar en el Anexo 2.

Definición de metas

La calificación de criterios arrojó como resultado metas de conservación del 100% para todos los objetos de filtro fino o especies (Tabla 6). Por otra parte, para los paisajes las metas establecidas una vez calificados los atributos ecológicos y la vulnerabilidad fueron de 3, 5 y 100%, predominando para estas últimas, paisajes como montañas y cañones submarinos, canales, colinas, montes y lomas con características de atributos de sustrato duro y rugosidad de grado alto y medio (Tabla 6).

Tabla 5. Abundancia (ha) y cobertura (%) con respecto al total del área de estudio, de los objetos de conservación en el talud continental y fondos abisales del Caribe colombiano (la descripción de estos objetos se puede consultar en el anexo 1

	Número	Objeto de conservación	Abundancia (ha)	Cobertura (%) *
Filtro grueso (paisajes)	1	Abanico submarino (A)	131952,5	1,5
	2	Campo de domos (CD)	1236,21	0,01
	3	Canal (C)	163037,16	1,8
	4	Cañón (Ca)	125205,64	1,4
	5	Colina (Co) - colina alargada (CAL)	428457,65	4,9
	6	Colinas y lomas (CL)	342757,96	3,9
	7	Cono (Cn)	24772,03	0,3
	8	Cuenca (Cc)	498047,19	5,6
	9	Delta (De)	421936,32	4,8
	10	Domo (D)	32049,59	0,4
	11	Escarpe (E)	2752748,34	31,2
	12	Espolón (Ep)	333788,47	3,8
	13	Falda (F)	1551407,97	17,6
	14	Hoyo (H) – hundimiento (Hu)	33109,66	0,4
	15	Levee – bordo (Le)	151331,02	1,7
	16	Llanura abisal (LA)	236708,98	2,7
	17	Llanura abisal con ondulaciones (LAO)	142170,81	1,6
	18	Loma (Lo)– loma aislada (LoA)	21119,95	0,2
	19	Meseta (M)	21408,67	0,2
	20	Monte submarino (MS)	292342,47	3,3
	21	Movimiento en masa (MM)	25299,3	0,3
	22	Plataforma continental (PC)	31214,62	0,4
	23	Terraza (T)	536251,25	6,1
	24	Valle submarino (Vs)	417424,99	4,7
	25	Zona de flujo (ZF)	117815,9	1,3
Filtro fino (especies)	26	Especies de corales de profundidad (CoP)	357274,85	4,0
	27	Especies de ambientes reductores (AmR)	41571,21	0,5
	28	Especies bioconstructoras (Bic)	351,81	< 0,01
	29	Especies de interés en bioprospección (Bip)	4,61	< 0,01
	30	Especies susceptibles a explotación (SuE)	1211,45	< 0,01
	31	Especies amenazadas (Amz)	2037,15	< 0,02
	32	Especies de distribución restringida (DiR)	778,49	< 0,01

(*) área total del área de estudio: 8833595 ha.

Tabla 6. Metas de conservación para los objetos de conservación de filtro grueso (paisaje) en el Caribe colombiano. Rango de profundidad: (a) 170m a 300m, (b) 300m a 800m, (c) 800m a 2000m, (d) 2000m a 3000m, (e) mayores a 3000m y (z) inferiores a 170m; tipo de sustrato: (Bl) blando y (Dr) duro; rugosidad del fondo:(A) grado alto, (B) grado medio y(C) grado bajo.

OdC	Rango de profundidad	Sustrato	Rugosidad	Área total (ha)	Meta (%)	Meta (ha)
1. Abanico submarino (A)	a	Bl	B	1298,46	5	64,92
			C	678,07	5	33,90
	b	Bl	C	3574,1	3	107,22
	d	Dr	B	3036,02	100	3036,02
			C	3440,48	5	172,02
		--	--	103614,19	3	3108,43
	e	--	--	16241,35	5	812,07
2. Campo de domos (CD)	z	Bl	C	69,83	5	3,49
	c	Bl	A	475,21	5	23,76
			B	761	3	22,83
3. Canal (C)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
4. Cañón (Ca)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
5. Colina (Co) colina alargada (CAL)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
6. Colinas y lomas (CL)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
7. Cono (Cn)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
8. Cuenca (Cc)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
9. Delta (De)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
10. Domo (D)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
11. Escarpe (E)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
12. Espo-lón (Ep)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
13. Falda (F)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
14. Hoyo (H) – hun-dimiento (Hu)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
15. Levee – bordo (Le)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
16. Llanu-ra abisal (LA)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
17. Llanu-ra abisal con ondu-laciones (LAO)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
18. Loma (Lo)– loma aislada (LoA)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18
19. Meseta (M)	a	Bl	A	244,94	100	244,94
			B	278,51	100	278,51
	b	Bl	A	313,73	100	313,73
			B	10665,15	100	10665,15
			C	2841,9	5	142,10
		Dr	A	913,34	100	913,34
			B	1174,89	100	1174,89
			C	109,45	100	109,45
	c	Bl	A	8756,24	100	8756,24
			B	47987,28	5	2399,36
			C	99,74	5	4,99
		Dr	A	9421,33	100	9421,33
			B	18962,23	100	18962,23
	d	Bl	A	6200,75	100	6200,75
			B	34133,75	5	1706,69
20. Monte submarino (MS)			C	20663,78	5	1033,19
	e	Bl	B	241,97	3	7,26
	z	Bl	A	28,18	100	28,18

OdC	Rango de profundidad	Sustrato	Rugosidad	Área total (ha)	Meta (%)	Meta (ha)
4. Cañón (Ca)	d	Bl	A	5621,75	100	5621,75
		Dr	B	0,01	100	0,01
		--	--	19303,24	100	19303,24
	e	Bl	B	632,77	3	18,98
	z	Bl	A	385,47	100	385,47
			C	29,76	100	29,76
	a	Bl	C	198,34	100	198,34
5. Colina (Co) colina alargada (CAL)	b	Bl	B	23177,66	100	23177,66
			C	978,21	5	48,91
		Dr	C	565,38	100	565,38
	c	Bl	A	93538,83	5	4676,94
			B	59556,48	5	2977,82
		Dr	A	77573,75	100	77573,75
			B	21260,4	100	21260,40
			C	8436,32	5	421,82
	d	Bl	A	102573,35	5	5128,67
			B	12808,42	5	640,42
		Dr	A	25319,38	100	25319,38
			B	26,9	100	26,90
	e	Bl	B	1723,17	5	86,16
		Dr	A	721,06	100	721,06
	6. Colinas y lomas (CL)	a	--	--	2574,73	100
b		--	--	2735,17	100	2735,17
c		--	--	110709,11	5	5535,46
d		--	--	226738,95	5	11336,95
7. Cono (Cn)	a	Bl	B	521,1	5	26,06
	b	Bl	B	2254,3	5	112,72
	c	Bl	A	4659,84	5	232,99
	d	Bl	B	14464,4	5	723,22
			A	2872,39	3	86,17
8. Cuenca (Cc)	a	Bl	B	3,81	5	0,19
	b	Bl	C	1301,73	3	39,05
		Dr	B	2467,22	100	2467,22
	c	Dr	C	5189,46	5	259,47
	d	--	--	489084,97	3	14672,55
9. Delta (De)	a	--	--	118421,84	5	5921,09
	b	--	--	214364,2	3	6430,93
	c	--	--	89150,28	5	4457,51
10. Domo (D)	a	Bl	C	692,65	100	692,65
	b	Bl	A	242,07	100	242,07
			B	8700,97	5	435,05
			C	1596,5	5	79,83
		Dr	B	45,49	100	45,49
	c	Bl	B	860,77	3	25,82
			A	5962,12	5	298,11
			B	10787,47	3	323,62
			C	659,78	3	19,79
		Dr	A	1889,66	100	1889,66
			B	536,16	5	26,81
			C	55,41	5	2,77
	d	Dr	B	20,54	5	1,03

Continuación Tabla 6.

OdC	Rango de profundidad	Sustrato	Rugosidad	Área total (ha)	Meta (%)	Meta (ha)
21. Movimiento en masa (MM)	a	Bl	C	139,24	5	6,96
	b	Bl	B	4506,34	5	225,32
	c	Bl	A	6096,86	5	304,84
			B	3503,51	3	105,11
			C	103,86	3	3,12
			A	2472,32	100	2472,32
	d	Bl	A	2342,38	5	117,12
			B	5122,93	3	153,69
			B	1011,86	3	30,36
	e	Bl	B	234,51	0	0,00
22. Plataforma continental (PC)	a	Bl	C	28006,72	5	1400,34
	--	--	--	2973,39	0	0,00
	z	Bl	C	5039,64	3	151,19
23. Terra-za (T)	c	Bl	B	7092,44	5	354,62
		Dr	B	63588,09	5	3179,40
		--	--	2643,3	3	79,30
	d	Bl	B	2562,49	3	76,87
			C	455325,29	3	13659,76
			--	2108,37	5	105,42
24. Valle submarino (Vs)	b	--	--	250820,43	3	7524,61
	c	--	--	164496,19	3	4934,89
	d	--	--	1545,4	5	77,27
25. Zona de flujo (ZF)	b	Bl	A	2271,05	5	113,55
			B	941,34	3	28,24
			C	12,44	100	12,44
			B	41054,13	3	1231,62
			A	25546,75	100	25546,75
	c	Dr	B	4,75	5	0,24
			C	39809,77	3	1194,29
			B	6630,27	5	331,51
			C			

PORTAFOLIO DE ÁREAS SIGNIFICATIVAS PARA LA BIODIVERSIDAD

El portafolio de ASB seleccionado presentó una eficiencia de 0,91 a partir de un valor de 0,01 de BLM, el cual incluye más del 92% de las UP que contienen entre cinco y diez OdC (figura 3).

Se identificaron en total 43 ASB equivalentes a un área de 776745 ha es decir un 8,8% del área de estudio (Figura 4). En general, el portafolio cumplió con la mayoría de las metas de conservación propuestas para cada objeto y de acuerdo con la zonación vertical la mayoría de las áreas se encuentran en los dos primeros gradientes, es decir, entre los 170 y 800m.

De las ASB identificadas, se destacan las áreas 4 y 7 frente al golfo de Morrosquillo, el área 16 sobre el cañón de Turipaná y sectores circundantes y la 24 frente al cañón de La Aguja por su alta heterogeneidad de

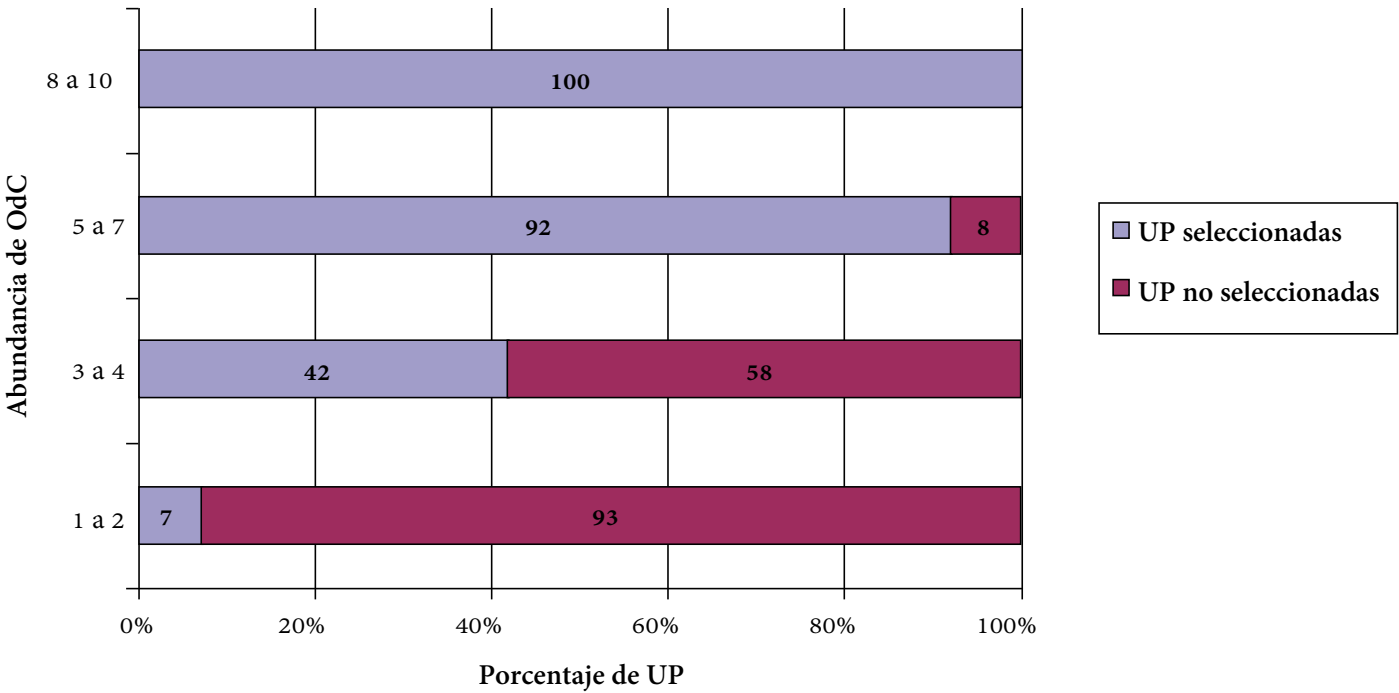


Figura 3. Porcentaje de unidades de planificación (UP) seleccionadas en el portafolio de áreas significativas para biodiversidad (ASB) de acuerdo a la abundancia de objetos de conservación (OdC)

objetos (entre 16 y 18), el área 2 frente a Arboletes y 5 frente al golfo de Morrosquillo (entre 11 y 15) con una heterogeneidad media (Figura 5). Estas mismas áreas se caracterizan por tener la mayor abundancia de OdC de filtro fino (entre cuatro y seis especies) (Figura 6).

En la Tabla 7, se presenta el listado de OdC que contiene cada una de las 43 ASB identificadas.

ANÁLISIS

Se encontró que la selección de objetos basada en paisajes y especies permitió la identificación de ASB extensas (entre 180 y 153822 ha), con lo cual se puede lograr áreas más funcionales y con una mayor representatividad de la biodiversidad marina (Day y Roff 2000, Harris y Whiteway 2009). No obstante, es importante complementar en el corto y mediano plazo los vacíos de información de objetos a nivel de especies, ya que muchas de estas se encuentran amenazadas o en peligro por lo que requieren especial atención individual, debido a que declinan mucho más rápido que los hábitats que las soportan (Zacharias y Roff 2001).

Aunque el establecimiento de metas de conservación en ambientes marinos es bastante complejo debido al poco entendimiento de los procesos ecológicos a las diferentes escalas espaciales y temporales, a la fecha se han definido principalmente para objetos de ambientes someros o sobre la plataforma continental (Beck y Odaya 2001, Areces *et al.* 2003, Guevara *et al.* 2004, DeBlieu *et al.* 2005, Morgan *et al.* 2005, Ulloa *et al.* 2006), incluso para Colombia (Alonso *et al.* 2008a,b). Sin embargo para ambientes profundos del talud continental solo se han establecido metas para paisajes reconocidos mundialmente como los corales de profundidad, montes y cañones submarinos, en los que se conoce una alta productividad, endemismos y presencia de comunidades únicas como en fumarolas hidrotermales (hydrothermal vents) y filtraciones frías (cold seeps) (Butler *et al.* 2001).

Las metas de conservación para paisajes con base en la

evaluación de los atributos de morfología, zonación vertical, tipo de sustrato y rugosidad del fondo, proporciona una menor incertidumbre; los últimos dos atributos permiten diferenciar metas mientras el atributo de zonación vertical introduce la variabilidad espacial de los objetos, este último de acuerdo con los resultados alcanzados por el Invemar en diferentes estudios de macrofauna bentónica entre 50 y 900 m (Macrofauna I y II, Marcoral y ANH I) permite evidenciar cómo es la distribución espacial de la fauna en hábitats profundos y someros, dando una aproximación de la conformación de ensamblajes de especies (ver capítulo 11 de este libro).

El portafolio de ASB obtenido garantiza que en la menor cantidad de área se concentre una amplia diversidad de objetos, por lo que es posible suponer que en estas se deben concentrar esfuerzos para proponer esquemas de manejo y conservación coherentes con las políticas ambientales y sectoriales del país. No obstante, la mayor cantidad de ASB localizadas sobre la franja de los 170 a 800m obedece al mayor conocimiento científico que existe en el Caribe colombiano proveniente de los diferentes cruceros de investigación realizados en los últimos 10 años, por lo que es necesario ampliar el conocimiento y el entendimiento de áreas más profundas con mejor tecnología.

El uso de la herramienta MARXAN para la identificación de ASB no identificadas previamente fue importante, dada la capacidad de combinar gran cantidad de información a diferentes niveles de resolución y permitir una gama de posibles soluciones que cumplieran con las metas de conservación preestablecidas en diferentes escenarios.

El presente ejercicio de planificación es un importante avance en el conocimiento de la biodiversidad en ambientes de profundidad, lo que permite avanzar en las metas adquiridas por Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Aunque se trabajó con la mejor información espacial y biológica disponible, la investigación de punta para entender los procesos ecológicos y por ende los atributos ecológicos y definición de paisajes se vuelve una necesidad urgente antes que se pierda la biodiversidad del país ante las potenciales amenazas antropogénicas y el cambio climático.

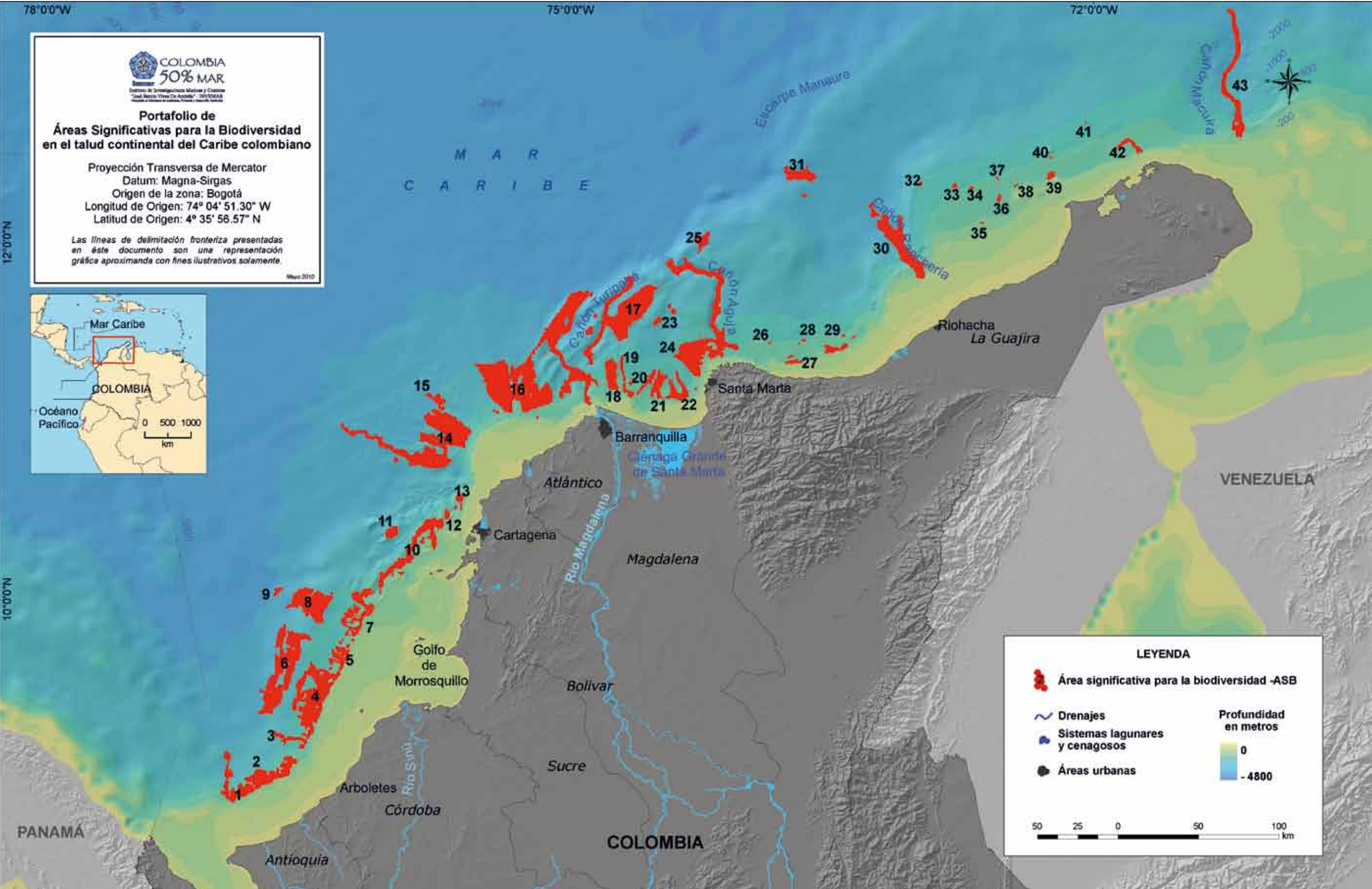


Figura 4. Portafolio de áreas significativas para la biodiversidad en el talud continental (170 y 3000 m) del Caribe colombiano.

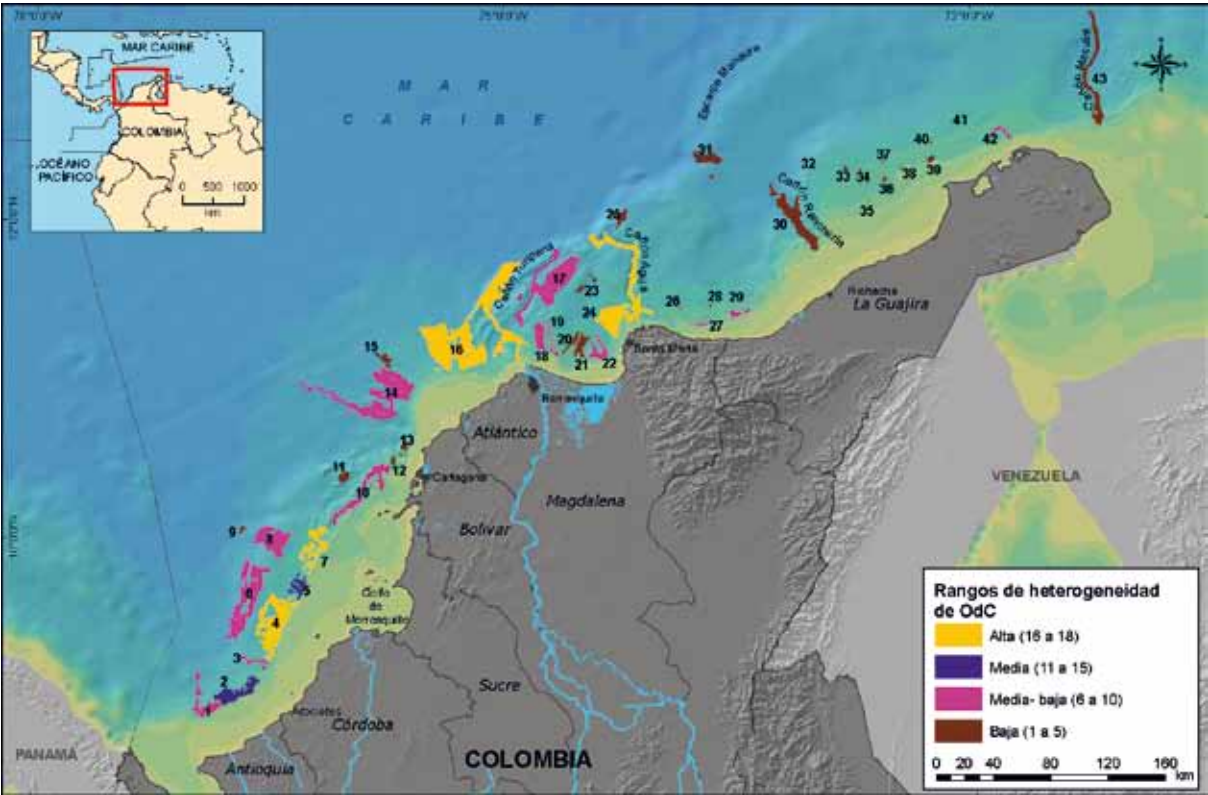


Figura 5. Clasificación de áreas significativas a la biodiversidad (ASB) de acuerdo a la heterogeneidad de objetos de conservación (OdC).

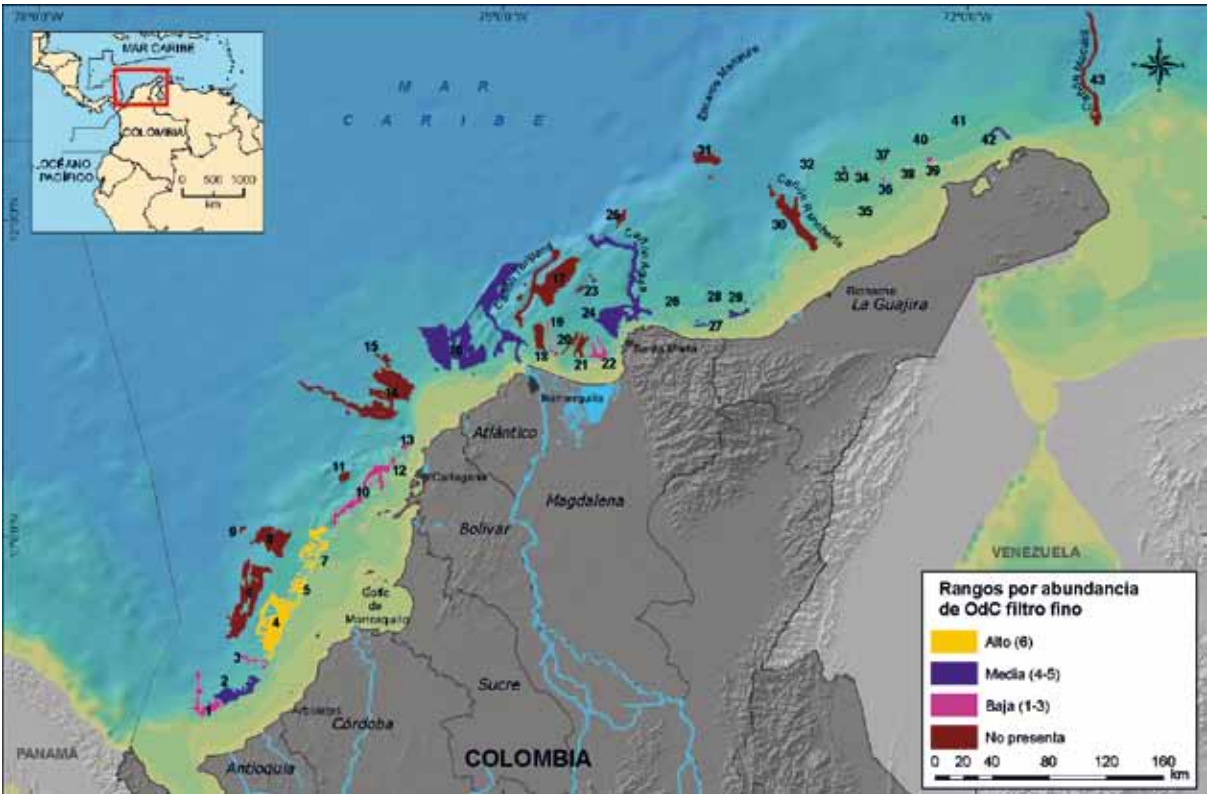


Figura 6. Clasificación de áreas significativas a la biodiversidad (ASB) de acuerdo a la abundancia de objetos de conservación (OdC) de filtro fino (especies).

Tabla 7. Listado de objetos de conservación (OdC) por Área Significativa para la Biodiversidad.

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)	# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)						
1	17824,1	8	Especies de ambientes reductores	AmR	351,94	2	22722,15	13	Falda	F_a_Bl_A	2127,95						
				Ca_b_Bl_C	299,68					F_a_Bl_B	1282,91						
			Cañón	Ca_c_Bl_C	121,79					F_b_Dr_A	6378,28						
				De_a	974,9					F_b_Dr_B	1450,33						
			Delta	De_b	166,88					F_c_Dr_B	438,36						
				D_b_Bl_C	106,77					F_z_Bl_B	423,76						
			Domo	D_c_Dr_C	0,07					F_z_Bl_C	140,89						
				Escarpe	E_c					126,09	LAO_a_Bl_B	281,57					
				F_b	167,53					Llanura abisal con ondulaciones	LAO_b_Bl_C	2012,56					
				F_c	117,57					LAO_c_Bl_C	16,61						
				F_a_Dr_A	559,68					LA_a_Bl_C	0,13						
				F_b_Bl_A	5508,77					LA_b_Bl_C	591,69						
			Falda	F_a_Dr_B	118,15					Llanura abisal	LA_c_Bl_C	38,84					
				F_c_Dr_B	282,19					Plataforma continental	PC_a_Bl_C	147,05					
				F_z_Bl_B	14,63				PC_z_Bl_C	480,15							
				LA_a_Bl_C	2,23												
			Llanura abisal	LA_b_Bl_B	195,72				Especies de ambientes reductores	AmR	351,93						
				LA_b_Bl_C	1445,84					Ca_a_Bl_B	24,51						
				LA_c_Bl_B	191,59				Cañón	Ca_b_Dr_C	1267,11						
				LA_c_Bl_C	466,6					Ca_c_Dr_C	840,94						
				M_b_Bl_A	1319,66				Delta	De_b	183,94						
				M_c_Bl_C	8,38					D_b_Bl_A	106,99						
			Meseta	M_c_Dr_B	5922,38				Domo	D_b_Bl_C	72,05						
										D_c_Bl_A	727,94						
									Especies de ambientes reductores	AmR	1265,21	3	6223,47	7	Escarpe	E_c_Bl_A	149,09
										Especies susceptibles a explotación	SuE					12,77	Hoyo - hundimiento
Especies amenazadas	Amz	154,91				Llanura abisal con ondulaciones	LAO_a_Bl_C	167,36									
Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	33,47				LAO_b_Bl_C	1828,35										
		Ca_a_Bl_A				549,93	LAO_c_Bl_C	714,21									
		Ca_a_Bl_B				169,96	Especies de corales de profundidad	CoP	87,98								
	Ca_a_Bl_C	35,31				Especies susceptibles a explotación	SuE	112,4									
	Ca_b_Bl_A	116,69				Especies amenazadas	Amz	206,03									
	Ca_b_Bl_B	55,98				Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	34,9									
Cañón	Ca_b_Bl_C	2,62				Especies de ambientes reductores	AmR	4622,31									
	Ca_b_Dr_A	307,03				Especies bioconstructoras	Bic	37,73									
	Ca_b_Dr_B	28,96					A_a_Bl_B	601,14									
	Ca_b_Dr_C	4,4					A_a_Bl_C	532,12									
Cuenca	Ca_z_Dr_C	18,75				Abanico submarino	A_b_Dr_B	3036,02									
	Cc_a_Bl_B	3,81					A_b_Dr_C	673,28									
	Cc_b_Bl_C	484,53					A_z_Bl_C	45,62									
	Cc_b_Dr_B	2467,22					Ca_a_Bl_A	1609,28									
	Delta	Cc_c_Dr_C				306,64		Ca_a_Bl_B	86,47								
		De_a				97,6		Ca_a_Bl_C	263,38								
D_a_Bl_C		692,65				Cañón	Ca_b_Bl_B	10974,86									
D_b_Bl_A		65,76					Ca_b_Bl_C	55,4									
Domo	D_b_Bl_B	1465,04					Ca_c_Bl_A	144,34									
	D_b_Bl_C	38,16					Ca_c_Bl_B	747,52									
							Ca_z_Bl_A	375,78									
							Ca_z_Dr_C	11,01									
						Colina - colina alargada	Co_b_Bl_B	2578,86									
			Co_b_Bl_C	36,13													
			Co_b_Dr_C	565,38													
			Co_c_Bl_A	1436,27													
				Co_c_Bl_B	1149,53												

Continuación de Tabla 7.

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)
4	55335,73	16	Delta	De_a	1037,04
				De_b	39,21
			Domo	D_b_Bl_C	0,14
				F_a_Bl_A	1651,97
				F_a_Bl_B	2471,92
				F_a_Bl_C	1300,61
				F_b_Bl_A	23,74
				F_b_Bl_B	557,6
				F_b_Bl_C	834,13
			Falda	F_b_Bl_A	1292,21
				F_b_Bl_B	2927,75
				F_b_Bl_C	8286,41
				F_c_Bl_B	130,31
				F_z_Bl_A	204,32
				F_z_Bl_B	619,35
				F_z_Bl_C	371,66
				H_b_Bl_C	27,18
			Hoyo - hundimiento	H_c_Bl_C	451,56
				LAO_b_Bl_C	3590,15
			Llanura abisal con ondulaciones	LAO_b_Dr_C	766,83
				LAO_c_Bl_C	69,2
				LA_b_Bl_C	1127,75
			Llanura abisal	LA_b_Dr_C	1580,05
				LA_c_Bl_C	224,97
			Plataforma continental	PC_z_Bl_C	675,28
			Especies de corales de profundidad	CoP	214,29
			Especies de ambientes reductores	AmR	2299,12
			Especies susceptibles a explotación	SuE	169,99
			Especies amenazadas	Amz	168,68
			Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	168,68
			Especies bioconstructoras	Bic	128,05
			Abanico submarino	A_b_Bl_C	492,42
				C_a_Bl_A	244,94
5	10038,91	13	Canal	C_b_Bl_B	1630,94
				C_z_Bl_A	28,18
				Ca_a_Bl_C	114,72
			Cañón	Ca_b_Bl_B	184,73
				Ca_b_Bl_C	660,71
			Delta	De_a	367,5
				De_b	330,08
				F_a_Bl_A	586,12
				F_a_Bl_B	506,82
				F_a_Bl_C	62,29
			Falda	F_b_Bl_B	2422,63
				F_b_Bl_C	21,16
				F_z_Bl_C	4,95
				LAO_a_Bl_A	38,61
				LAO_b_Bl_C	1262,77
				LAO_z_Bl_A	8,78
			Llanura abisal con ondulaciones	LA_b_Bl_C	844,88
			Cañón	Ca_d_Bl_A	538,26
				Ca_c_Bl_B	9505,14
				Ca_c_Bl_C	89
6	59574,43	8	Cañón		

Continuación de Tabla 7.

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)
16	153822,72	16	Cañón	Ca_d	500,35
				Ca_b	802,58
				Ca_a	319,44
				Co_a_Bl_C	198,34
				Co_d_Bl_A	113,25
			Movimiento en masa	Co_d_Bl_B	237,58
				Co_d_Dr_A	23033,96
				Co_d_Dr_B	25,41
				Co_b_Bl_B	19292,07
			Colina - colina alargada	Co_c_Bl_A	3019,61
				Co_c_Bl_B	8132,59
				Co_c_Dr_B	17479,32
				Co_e_Bl_B	228,96
				Co_e_Dr_A	707,3
			Delta	De_a	1049,61
				De_b	970,3
			Escarpe	E_d	211,74
				F_d	759,39
				F_b	945,23
				F_c	121,17
				F_b_Bl_B	2858,96
			Falda	F_b_Bl_C	0,49
				F_c_Bl_A	38,31
				F_c_Bl_B	4136,1
				F_c_Dr_A	7491,53
				F_c_Dr_B	19,27
			Levee - bordo	Le_d_Bl_B	4357,59
				Le_b_Bl_B	38,8
				Le_b_Dr_B	404,08
				Le_c_Bl_A	180,97
				Le_c_Bl_B	885,33
			Llanura abisal	Le_c_Dr_A	562,31
				Le_c_Dr_B	290,28
				LA_d_Bl_C	515,23
				LA_e_Bl_B	48,38
			Movimiento en masa	MM_c_Bl_B	1113,91
				T_c_Bl_B	2619,46
			Terraza	T_c_Dr_B	801,41
				ZF_d_Bl_C	22,86
			Zona de flujo	ZF_d_Dr_B	68,2
				ZF_b_Bl_A	1228,62
				ZF_b_Bl_B	561,92
				ZF_b_Bl_C	333,8
				ZF_b_Dr_B	12,44
				ZF_c_Bl_C	1496,51
				ZF_c_Dr_A	14550,56
				ZF_c_Dr_B	4,75
			Canal	C_c_Bl_B	374,99
				Co_d_Bl_A	4021,81
			Colina - colina alargada	Co_d_Bl_B	940,07
				Co_d_Dr_B	1,49
				Co_c_Bl_B	1429,04
				Co_c_Dr_C	430,01
				D_d_Dr_B	16,56
17	67101,06	8	Domo	D_c_Bl_A	622,85
				D_c_Bl_B	205
				D_c_Dr_B	136,16
				E_d	0,14
				F_c_Bl_B	663,2
			Falda	LA_d_Bl_B	4235,13
				LA_c_Bl_B	5237,06
				LA_c_Bl_C	2061,87
			Canal	C_c_Bl_B	374,99
				Co_d_Bl_A	4021,81

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)
17	67101,06	8	Monte submarino	MS_d_Bl_B	1789,12
				MS_c_Bl_B	132,75
				MS_c_Dr_B	39840,4
			Movimiento en masa	MM_d_Bl_B	104,77
				MM_d_Bl_	2315,27
18	11615,31	6	Canal	MM_c_Bl_B	764,63
				MM_c_Dr_A	1778,49
				C_b_Bl_B	1745,1
				C_b_Bl_C	964,25
				C_c_Bl_B	129,85
			Delta	De_a	117,73
				De_b	195,23
			Domo	D_b_Bl_B	1,04
				D_b_Dr_B	25,9
				D_c_Bl_B	2,9
				F_b_Bl_B	3876,86
			Falda	F_b_Dr_B	273,72
				F_c_Bl_B	34,86
			Loma- loma aislada	Lo_b_Bl_B	3904,71
				Lo_c_Bl_B	230,25
			Movimiento en masa	MM_b_Bl_B	113,17
				Amz	43,45
			Especies de distribución restringida en Colombia	Amz	43,45
				DiR	35,27
				C_a_Bl_B	131,15
				C_b_Bl_C	70,13
			Canal	C_b_Dr_A	911,75
				C_b_Dr_B	0,12
19	5321,27	7	Delta	C_c_Bl_B	68,22
				De_a	898,27
			Domo	De_b	1,12
				D_b_Bl_B	210,03
			Falda	D_c_Bl_B	1,8
				F_a_Bl_B	404,93
			Movimiento en masa	F_b_Bl_B	2513,66
				F_c_Bl_B	5,22
				MM_a_Bl_C	22,48
				MM_b_Bl_B	79,82
20	3894	5	Canal	C_b_Bl_B	967,3
				C_c_Bl_C	49
			Delta	De_b	102,75
				D_b_Bl_B	14,38
			Escarpe	E_b	15,49
				F_b_Bl_B	2703,01
			Falda	F_c_Bl_B	33,93
				F_c_Dr_B	8,14
			Canal	C_b_Bl_B	815,61
				C_b_Dr_B	1139,39
21	8112,51	5	Domo	C_c_Bl_B	25,09
				D_b_Bl_B	23,42
			Escarpe	D_b_Dr_B	19,59
				E_b	80,58
			Falda	F_b_Bl_B	5744,51
				F_c_Bl_B	7,62
			Hoyo - hundimiento	F_c_Dr_B	0,79
				H_b_Dr_B	256
			Canal	C_b_Bl_B	815,61
				C_b_Dr_B	1139,39

Continuación de Tabla 7.

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)
22	10190,23	7	Especies susceptibles a explotación	SuE	17,04
			Especies amenazadas	Amz	17,04
				C_a_Bl_B	147,36
			Canal	C_b_Bl_B	2056,46
				C_c_Bl_B	69,12
			Cañón	Ca_a	2,3
				E_a	738,02
			Escarpe	E_b	18,04
				F_a_Bl_A	64,59
				F_a_Bl_B	969,65
				F_a_Bl_C	77,53
			Falda	F_b_Bl_B	4414,52
				F_b_Dr_B	664,07
				F_c_Bl_B	91,14
				F_c_Dr_B	3,89
Hoyo - hundimiento	Hu_a_Bl_B	95,8			
	Hu_b_Dr_B	765,81			
23	3050,3	4	Canal	C_c_Bl_B	133,8
			Domo	D_c_Dr_A	1616,47
			Llanura abisal	LA_c_Bl_C	336,97
			Monte submarino	MS_c_Bl_B	963,14
24	68934,13	16	Especies de corales de profundidad	CoP	504,31
			Especies susceptibles a explotación	SuE	178,67
			Especies amenazadas	Amz	286,71
			Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	22,02
			Especies bioconstructoras	Bic	56,92
			Campo de domos	CD_c_Bl_B	27,18
				C_b_Bl_B	1152,96
			Canal	C_b_Dr_C	109,45
				C_c_Bl_B	644,85
				Ca_b	184,59
				CA_c	1485,7
				Ca_d_Bl_A	4429,86
				Ca_d_Dr_B	0,01
			Cañón	Ca_b_Bl_B	686,43
				Ca_c_Bl_B	61,59
				Ca_c_Bl_C	127,69
				Ca_c_Dr_A	7779,64
				Ca_e_Bl_B	533,13
			Colinas y lomas	CL_c	79,25
			Delta	De_c	175,51
			Domo	D_c_Dr_A	273,19
				E_a	246,88
				E_b	541,28
				E_c	695,55
			Escarpe	E_a_Bl_B	3282,35
	E_b_Bl_B	3810,55			
	E_c_Dr_C	15,92			
	E_z_Dr_B	282,78			
Espolón	Ep_c	19,5			
	F_b_Bl_B	995,56			
Falda	F_c_Bl_B	0,04			
	F_c_Dr_B	217,97			

Continuación de Tabla 7.

# ASB	Área (ha)	# OdC presentes	OdC presentes	Codificación	Área total de OdC (ha)
33	714,56	1	Escarpe	E_b	714,56
34	389,76	3	Especies susceptibles a explotación	SuE	19,27
			Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	19,27
			Escarpe	E_b	389,76
35	194,91	4	Especies de corales de profundidad	CoP	16,54
			Especies amenazadas	Amz	16,54
			Especies bioconstructoras	Bic	16,54
			Plataforma continental	PC_a	90,13
36	909,58	3	Especies susceptibles a explotación	SuE	43,42
			Especies amenazadas	Amz	43,42
			Escarpe	E_a E_b	355,85 553,72
37	259,88	1	Escarpe	E_b	259,88
38	259,9	2	Especies amenazadas	Amz	1,9
39	1819,44	3	Escarpe	E_a	259,9
			Especies susceptibles a explotación	SuE	149,41
			Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	149,41
			Escarpe	E_a E_b	1634,45 184,98
			Especies amenazadas	Amz	10,53
40	194,94	2	Escarpe	E_b	194,94
41	129,98	3	Especies susceptibles a explotación	SuE	3,14
			Especies amenazadas	Amz	3,14
			Escarpe	E_b E_c	56,82 73,16
			Especies de corales de profundidad	CoP	65,61
42	3964,81	6	Especies susceptibles a explotación	SuE	65,61
			Especies amenazadas	Amz	83,53
			Especies de distribución restringida en Colombia	DiR	36,07
			Especies bioconstructoras	Bic	65,61
			Escarpe	E_a E_b	1778,16 1999,97
			Cañón	Ca_d	5318,79
				Ca_b	719,07
				Ca_c	3560,41
43	27242,75	4	Escarpe	Ca_a	134,75
				E_a	579,57
				E_b	3394,21
			Plataforma continental	E_c	550,45
				PC_a	124,8
			Valle submarino	Vs_d	7135,45
				Vs_c	5724,63

CONCLUSIONES, VACÍOS Y PERSPECTIVAS

Las escalas de la información fuente y la escala final de trabajo con la que son identificadas estas áreas tienen sus limitaciones, siendo necesario a medida que se obtenga información in situ especialmente sobre comunidades y especies biológicas, llevar en el corto plazo, análisis más detallados.

La presencia de especies indicadoras de ambientes reductores o quimiosintéticos (bivalvos) en el Caribe suroccidental colombiano debe fomentar procesos de investigación para caracterizarlos y en caso de ser necesario incluirlos como objetos de conservación y complementar de esta forma los portafolios de ASB.

Con el fin último de garantizar la representatividad del mayor espectro posible de biodiversidad y su preservación en el tiempo, y al hacer uso de la mejor información disponible existente a la fecha, las ASB deberán constituir una guía para la implementación de diversas estrategias de manejo y conservación, convirtiéndose en un instrumento de soporte para direccionar la planificación de futuras actividades de algunos sectores productivos en el país, tales como el tendido de cables submarinos, la extracción de recursos mineros, hidrocarburos y pesqueros (pesca de arrastre), siendo este último el de mayor preocupación dado el deterioro que este tipo de pesca ha generado un muchas regiones del mundo, donde se han cuantificado sus efectos.

A pesar de que aun no se tienen evidencias sobre la presencia de bancos o conglomerados de esponjas en el país estas comunidades se vuelven un objeto de conservación próximo a evaluar dada la importancia como organismos bioconstructores que pueden modificar su entorno a través de la acumulación de biomasa bacteriana conformando una estructura biogénica, además que desempeñan un papel fundamental en el acopla-

miento del hábitat bentopelágico en ambientes de aguas profundas.

Hoy en día muchos países están comenzando a diseñar diversas estrategias para la conservación, el manejo y uso sostenible de hábitats de aguas profundas que van desde medidas altamente restrictivas hasta lineamientos específicos para el manejo. Es importante en un corto y mediano plazo identificar y priorizar cuáles de estas ASB podrían apuntar a estrategias de conservación específicas como el Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) al interior del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) en el cual se incluirían elementos de la biodiversidad no representados dentro de los actuales sistemas de protección o AMP del país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” -Invemar por el apoyo brindado en la realización de este estudio, especialmente a los investigadores del Instituto quienes han aportado a la ciencia información valiosa pues sin cada uno de estos aportes, el conocimiento de la biodiversidad marina de profundidad y el análisis integral de la misma no estaría hoy iniciando. Muy especialmente a la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH por los recursos otorgados para la generación de este nuevo conocimiento con miras a desarrollar una planificación estratégica sobre los ambientes de profundidad y por ende un mejor desarrollo sostenible basado en la ciencia. Al Laboratorio de Sistemas de Información del Invemar, al Museo de Historia Natural Marina de Colombia y a cada uno de los participantes del proceso que de una u otra forma proporcionaron apoyo a los diversos aspectos que comprendió esta investigación.

REFERENCIAS

Alonso D., C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres y J. Gerhantz-Muro. 2008b. Avances en el diseño de una red de áreas marinas protegidas: Estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 37(1):129-156.

Alonso D., L. Ramírez, C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres, J.M. Diaz y T. Walschburger. 2008a. 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-UAES-PNN. Santa Marta, Colombia, 20p.

Andrade C. 2000. Circulation and variability of the Colombian Basin in the Caribbean Sea. Tesis Ph.D., University of Wales, U.K. 223p.

Arecos 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. 25p.

Ball I. y H.P. Possingham. 2000. Marxan (v1.8.2): Marine Reserve Design using Spatially Explicit Annealing, a Manual. Queensland, Australia. 70p.

Beck M. y M. Odaya. 2001. Ecoregional planning in marine environments: identifying priority sites for conservation in the northern Gulf of Mexico. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11:235-242.

Brooks G. 2002. *Bugula neritina*. Recuperado el 15 de agosto de 2009, del sitio Web de California Academy of Sciences: http://www.serc.si.edu/labs/benthic_ecology/

Brooks J.M., C. Fisher, H. Roberts, B. Bernard, I. McDonald, R. Carney, S. Joye, E. Cordes, G. Wolff y E. Goehring. 2008. Investigations of chemosynthetic communities on the lower continental slope of the Gulf of Mexico: Interim Report 1. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region. New Orleans, Louisiana. OCS Study MMS, 2008-009. 332p.

Bruck T.B., W.M. Bruck, L.Z. Santiago-Vázquez, P.J. McCarthy y R.G. Kerr. 2007. Diversity of the bacterial communities associated with the azooanthellate deep water octocorals *Lepetogorgia minimata*, *Icilogorgia scammii*, and *Swiftia exertia*. *Marine Biotechnology*, 9:561-576.

- Butler A.J., J.A. Koslow, P.V.R. Snelgrove y S.K. Juniper. 2001. A review of the biodiversity of the Deep Sea. Environmental Australia, Canberra. Recuperado el 15 de Diciembre de 2006, del sitio web de Department of the Environment, Water, Heritage and The Arts, Australian Government: <http://www.ea.gov.au/marine>
- CDB. 2008. Convention on Biological Diversity, Synthesis and review of the best available scientific studies on priority areas for biodiversity conservation in marine areas beyond the limits of national jurisdiction. UNEP/CBD/SBSTTA/13/INF/11. 52 p.
- Davies A.J., J.M. Roberts y J. Hall-Spencer. 2007. Preserving deep-sea natural heritage: emerging issues in offshore conservation and management. *Biological Conservation*, 138:299-312.
- Day J. y J. Roff. 2000. Planning for representative marine protected areas. A framework for Canada's Oceans. Report prepared for World Wildlife Fund (WWF), Toronto. 148p.
- De Ferranti J. 2009. Designations: Their Codes and Definitions. Recuperado el 15 de Mayo de 2010, de <http://www.viewfinderpanoramas.org/GNIS/DESIG.HTM#F>
- DeBlieu J., M. Beck, D. Dorfman y P. Ertel. 2005. Conservation in the Carolinian Ecoregion: An ecoregional assessment. The Nature Conservancy, Arlington. 60p.
- Flórez P., E. Montoya-Cadavid, J.O. Reyes y N.K. Santodomingo. 2007. *Briozoos cheilostomados* del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 36:229-250.
- Fredericksen R., A. Jensen y H. Westerberg. 1992. The distribution of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* around the Faroe Island and the relations to internal tidal mixing. *Sarsia*, 77:157-171.
- Gage J.D. 1996. Why are there so many species in deep-sea sediments? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 200:257-286.
- Garzón S.P., A.D. Rodríguez, J.A. Sánchez y E. Ortega-Barría. 2005. Sesquiterpenoid metabolites with antiplasmodial activity from a Caribbean gorgonian coral, *Eunicea sp.* *Journal of Natural Products*, 68: 1354-1359.
- Gracia M.A., N. Rangel-Buitrago y J. Sellanes. 2009. Algunas evidencias de ambientes reductores en el margen continental del Caribe colombiano. 1036. Memorias XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar COLACMAR. CD-ROM. La Habana, Cuba. 2443p.
- Grassle J.F. y N.J. Maciolek. 1992. Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *American Naturalist*, 139:313-341.
- 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. 2a Edición. Arlington, EE.UU. 215p.
- Guevara M., M.C. Terán, F. Campos, K.E. Clark, D. Ruiz, P. Guarderas, P. Jiménez, J. Denkinger y E. Ortiz. 2004. Evaluación ecorregional del Pacífico ecuatorial: ecorregión marina Guayaquil. Informe final, Simbioe Nazca y The Nature Conservancy (TNC), Quito, Ecuador. 70p.
- Gutiérrez M., T.L. Capson, H.M. Guzmán, J. González, E. Ortega-Barría, E. Quiñoá y R. Riguera. 2005. Leptolide, A new furanocembranolide diterpene from *Leptogorgia alba*. *Journal of Natural Products*, 68:614-616.
- Gutiérrez M., T.L. Capson, H.M. Guzmán, J. González, E. Ortega-Barría, E. Quiñoá y R. Riguera. 2006. Antiplasmodial metabolites isolated from the marine octocoral *Muricea austere*. *Journal of Natural Products*, 69:1379-1383.
- Harris P.T y T. Whiteway. 2009. High seas marine protected areas: Benthic environmental conservation priorities from a GIS analysis of global ocean biophysical data. *Ocean & Coastal Management*, 52:22-38.
- Invemar-ANH. 2008. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. Editores. Informe técnico final, Santa Marta, 461p + Anexos, <http://cinto.invemar.org.co/anh/logros.htm>
- Invemar-ANH. 2010. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos Fase II: Identificación de áreas significativas para La biodiversidad y lineamientos de manejo de manejo. Informe técnico final, Santa Marta, 259p + anexos.
- Jenness J. 2010. Surface Area and Ratio Manual. Jenness Enterprises. Recuperado el 20 de Abril de 2010, del sitio Web de Jenness Enterprises: http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm
- 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. 84p.
- Koslow J.A. 1997. Seamounts and the ecology of deep-sea fisheries. *American 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 Journal of Marine Science*, 57:548-557.
- Lattig P. 2000. Porifera, Cnidaria y Annelida de la Franja Superior del Talud Continental (300-500 m) del Caribe colombiano. Tesis Biología Universidad Javeriana, Bogotá. 192 p.
- Leslie H., M. Ruckelshaus, I. Ball, S. Andelman y H. Possingham. 2003. Using sitting algorithms in the design of marine reserve networks. *Ecological Applications*, 13(1):185-198.
- López de la Rosa. 1996. Crustáceos decápodos capturados durante las campañas del IEO ARSA 0393 y ARSA 1093 en el golfo de Cádiz: distribución batimétrica. X Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino, Alcalá de Henares, Madrid. Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía 23:199-206.
- Lundblad E., D.J. Wright, J. Miller, E.M. Larkin, R. Rinehart, T. Battista, S.M. Anderson, D.F. Naar, y B.T. Donahue. 2006. A benthic terrain classification scheme for American Samoa, *Marine Geodesy*, 29(2): 89-111.
- Mayr J. 2002. Presentación. 11-12. En: Libro rojo de peces marinos de Colombia. Mejía, L. y A. Acero (Eds.). 2002. Instituto de Investigaciones marinas y costeras Invemar, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 174p.
- McDonnell M.D., H.P. Possingham, I.R. Ball y E.A. Cousins. 2002. Mathematical methods for spatially cohesive reserve design. *Environmental Modeling and Assessment*, 7(2):107-114.
- Miall A.D. 1978. Tectonic setting and syndepositional deformation of molasse and other nonmarine-paralic sedimentary basins. *Canadian Journal of Earth Science*, 15:1613-1632.
- Morgan L., S. Maxwell, F. Tsao, T.A.C. Wilkinson y P. Etnoyer. 2005. Marine priority conservation areas. Baja California to the Bering Sea. Commission for Environmental Cooperation of North America (CEC) and the Marine Conservation Biology Institute (MCBI), Montreal. 123p.
- Mortensen P.B., M. Hovland, T. Brattgard y R. Farestveit. 1995. Deep water bioherms of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* (L.) at 64°N on the Norwegian shelf: structure and associated megafauna. *Sarsia*, 80:145-158.
- OHI. 2001. Organización Hidrográfica Internacional. Normalización de los nombres de las formas del relieve submarino: directrices formulario de propuesta terminología. Bureau Hidrográfico Internacional, versión inglesa/española, 3a ed., Publicación batimétrica No. 6, Mónaco. 42p.
- Ospina C.A., A.D. Rodríguez, J.A. Sánchez, E. Ortega-Barría, T.L. Capson y A.M.S. Mayer. 2005. *Caucanolides A-F*, unusual antiplasmodial constituents from a Colombian collection of the Gorgonian coral *Pseudopterogorgia bipinnata*. *Journal of Natural Products*, 68:1519-1526.
- Possingham H.P., I.R. Ball y S. Andelman. 2000. Mathematical Methods for Identifying Representative Reserve Networks. 291-305. En: Ferson, S. y M. Burgman (Eds.). Quantitative methods for conservation biology. Springer Verlag, New York. 653p.
- Raven J., K. Caldeira, H. Elderfield, O. Hoegh-Guldberg, P. Liss, U. Riebesell, J. Shepherd, C. Turley y A. Watson. 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. The Royal Society, 12, 68p.
- Reyes J.O. y N.K. Santodomingo. 2002. Manual de identificación CITES de Invertebrados marinos de Colombia. Invemar Serie de documentos generales, 8, 100p.
- Reyes J.O., N. Santodomingo, M.A. Gracia, G.H. Borrero-Pérez, G.R. Navas, L.M. Mejía-Ladino, A. Bermúdez y M. Benavides. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities off Colombia. 309-330. En: Freiwald A. y J.M. Roberts (eds.). *Coldwater Corals and Ecosystems*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 1243p.
- Reyes J.O., N.K. Santodomingo y S.D. Cairns. 2009. *Caryophylliidae (Scleractinia)* from the Colombian Caribbean. *Zootaxa*, 2262:1-39.
- Roberts C.M. 2002. Deep impact: the rising toll of fishing in the deep sea. *Trends in Ecology & Evolution*, 17:242-245.
- Rodríguez I., Y.P. Shi, O.J. Garcia, A.D. Rodríguez, A.M.S. Mayer, J.A. Sánchez, E. Ortega-Barría y J. Gonzáles. 2004. New Pseudopterossin and seco-Pseudopterossin diterpene glycosides from two Colombian isolates of *Pseudopterogorgia elisabethae* and their diverse biological activities. *Journal of Natural Products*, 67(10):1672-1680.
- Sabine C.L., R.A. Feely, N. Gruber, R.M. Key, K. Lee, J.L. Bullister, R. Wanninkhof, C.S. Wong, D.W.R. Wallace, B. Tilbrook, F.J. Millero, T.H. Peng, A.Kozyr, T. Ono y A.F. Rios. 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO2. *Science*, 305:367-371.
- 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.
- Santodomingo N.K., J.O. Reyes, M.A. Gracia, A. Martínez, G. Ojeda y C. García. 2007. Azooxanthellate *Madracis* coral communities off San Bernardo and Rosario Islands (Colombian Caribbean). *Bulletin of Marine Science*, 82(3):273-287.
- Shi Y.P., A.D. Rodríguez, C.L. Barnes, J.A. Sánchez, R.G. Raptis y P. Baran. 2002. New Terpenoid Constituents from *Eunicea pinta*. *Journal of Natural Products*, 65(9):1232-1241.
- Stewart R.R. y H.P. Possingham. 2002. A framework for systematic marine reserve design south Australia: A case study. 132-143. En: Beumer, J. P., A. Grant, y D. C. Smith (Eds.). Proceedings of the world congress on aquatic protected areas - what works best and how do we know?. Australian Society for Fish Biology, Brisbane, Australia.

Stewart R.R., T. Noyce y H.P. Possingham. 2003. Opportunity cost of ad hoc marine reserve design decisions: An example from South Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 253: 25-38.

Turley C., J.M. Roberts y J. Guinotte. 2007. Corals in deep water: Will the unseen hand of ocean acidification destroy cold water ecosystems? *Coral Reefs*, 26:445-448.

Ulloa R., J. Torre, L. Bourillón, N. Alcántar y A. Gordon. 2006. Planeación ecorregional para la conservación marina: Golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Informe Final a The Nature Conservancy (TNC). Comunidad y biodiversidad, A.C. Guaymas, México. 153p.

UNEP-CDB. 2004. Decision VII/28 Protected areas, adopted by the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity at its seventh meeting. Kuala Lumpur. 24p.

Wei X., A.D. Rodríguez, P. Bran, R.G. Raptis, J.A. Sánchez, E. Ortega-Barría y J. Gonzáles. 2004. *Antiplasmoidal cembradiene diterpenoids* from a Southwestern Caribbean gorgonian octocoral of the genus Eunicea. *Tetrahedron*, 60:11813-11819.

Wright D.J., E.R. Lundblad, E.M. Larkin, R.W. Rinehart, J. Murphy, L. Cary-Kothera y K. Draganov. 2005. Benthic Terrain Modeler -BTM extension for ArcGIS 8.x/9.x, (version 1.0). Corvallis, Oregon, USA. Department of Geosciences - Oregon State University, Davey Jones Locker Seafloor Mapping/ Marine GIS Laboratory y NOAA Coastal Services Center. Recuperado en 2008 del sitio Web: <http://www.csc.noaa.gov/products/btm/>

Zacharias M.A. y J.C. Roff. 2001. Use of focal species in marine conservation and management: a review and critique. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11: 59–76.

Zonnoveld I.S. 1995. Land ecology: An introduction in landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation. SPV Academic publishing, Amsterdam. 198p.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de objetos de conservación (OdC) de filtro grueso (paisajes).


#	OdC	Descripción (*)
1	Abanico submarino (A)	Cuerpo de origen sedimentario con forma de abanico de contornos relativamente suaves y extendido en declive a partir de la desembocadura de una zona de flujo (canal, cañón submarino o sistema de cañones submarinos).
2	Campo de domos (CD)	Área caracterizada por la presencia de varios domos que da pie a una morfología ondulada que se extiende por centenas de metros o kilómetros.
3	Canal (C)	Depresión alargada de pendiente continua, frecuente en zonas de abanicos, planicies y zonas de flujo; generalmente flanqueada por bordes en ambos o en uno de sus lados.
4	Cañón (Ca)	Depresión profunda, relativamente angosta y de paredes abruptas, cuyo fondo generalmente se hace más profundo de forma continua. Es característica de algunos taludes continentales.
5	Colina (Co) - colina alargada (CAL)	Elevación de menos de 1000 m. Se denomina alargada cuando presenta a lo largo o ancho una mayor extensión.
6	Colinas y lomas (CL)	Grupo de elevaciones aisladas, menores a 1000 m.
7	Cono (Cn)	Cuerpo de origen sedimentario similar a un abanico, de contornos relativamente suaves, extendido en declive a partir de la desembocadura de una zona de flujo (canal, cañón, entro otros). Se diferencia de la geoforma abanico por no presentar esta forma.
8	Cuenca (Cc)	Una depresión, en el fondo marino, de extensión variable, más o menos equidimensional en planta.
9	Delta (De)	Zona plana formada por depósitos aluviales en la desembocadura de una corriente.
10	Domo (D)	Protuberancia suavemente redondeada en laderas o llanuras. En el Caribe colombiano está asociada al diapirismo de lodos.
11	Escarpe (E)	Pendiente submarina, característicamente lineal, muy abrupta y alargada, que divide zonas llanas o suavemente pendientes del fondo marino en zonas que no son plataforma.
12	Espolón (Ep)	Elevación subordinada en una cresta o aumento de la proyección exterior de un rasgo más grande o sobresaliente.
13	Falda (F)	Suave pendiente que asciende desde las profundidades oceánicas hasta la base del talud continental.
14	Hoyo (H) – hundi- miento (Hu)	Pequeña depresión local que a menudo es escarpada en los lados.
15	Levee – bordo (Le)	Pequeña elevación situada en terrenos bajos aledaños y paralelos a zonas de canales y cañones.
16	Llanura abisal (LA)	Zona abisal llana, extensa, subhorizontal o de escasa pendiente.
17	Llanura abisal con ondula- ciones (LAO)	Zonas planas ligeramente onduladas limitadas por zonas altas o elevadas.
18	Loma (Lo)– loma aislada (LoA)	Elevación algo menor que un monte submarino y de forma redondeada, puede presentarse aislada o como un grupo en el fondo marino.
19	Meseta (M)	Zona llana o casi llana de extensión considerable, con una brusca ruptura de pendiente por uno o más lados.



Continuación de Anexo 1.

#	OdC	Descripción (*)
20	Monte submarino (MS)	Elevación o grupo de elevaciones anchas aisladas, mayores de 1000 m en relieve por encima del fondo marino, característicamente de forma cónica.
21	Movimiento en masa (MM)	Flujo que se desplaza bruscamente por zonas de alta pendiente, arrastrando gran cantidad de material rocoso, el principal agente es la gravedad. Estos procesos pueden variar desde un pequeño flujo superficial hasta una gigantesca masa que puede alcanzar grandes dimensiones.
22	Plataforma continental (PC)	Zona adyacente a un continente (o rodeando una isla) que se extiende desde la línea de bajamar hasta una profundidad en la que generalmente hay un incremento marcado de las pendientes hacia las profundidades oceánicas.
23	Terraza (T)	Zona relativamente plana, horizontal o ligeramente inclinada, a veces larga y angosta, limitada por una pendiente ascendente en un lado y por otra pendiente descendente más marcada en el lado opuesto.
24	Valle submarino (Vs)	Depresión ancha y relativamente poco profunda cuyo fondo generalmente presenta un gradiente continuo. Por lo general este término no se utiliza en aquellos rasgos que presenten las características de un cañón a lo largo de tramos significativos de su recorrido.
25	Zona de flujo (ZF)	Flujo que se desplaza lentamente por zonas de pendiente. Estos procesos pueden variar desde un pequeño flujo superficial hasta una gigantesca masa que puede alcanzar grandes dimensiones.


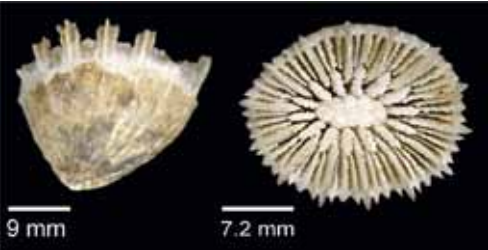

(*) OHI 2001, De Ferranti 2009.

Anexo 2. Descripción de los objetos de conservación (OdC) de filtro fino (especies).


Objeto de conservación	Importancia
Especies de ambientes reductores	
	Realizan quimiosíntesis, se cree que estos organismos han desempeñado un papel importante en el desarrollo de la vida marina. Esta fauna es altamente especializada, presentándose en ambientes de una relativa baja diversidad y alto endemismo, con tasas de crecimiento muy lentas (un gusano tubícola puede tener hasta 400 años de edad) y con comunidades enteras de cientos de años de edad (MMS 2000). Las especies características de este tipo de ambientes van desde bacterias quimiosintéticas hasta gusanos tubícolas, almejas gigantes y cangrejos blancos. En varias estaciones de los proyectos Macrofauna I, ANH I y II, fueron encontradas algunas especies que pertenecen a las familias que generalmente se encuentran estructurando estas comunidades (p. ejm. Vesicomidae, Lucinidae y Solemyidae) y que se caracterizan por poseer bacterias endosimbiontes quimiosintéticas; así como algunas evidencias geológicas (Gracia <i>et al.</i> 2009).
Gusanos tubícolas <i>Escarpia laminata</i> , organismos teñidos para estudiar su tasa de crecimiento (Fotografía tomada de Brooks <i>et al.</i> 2008).	

Objeto de conservación	Importancia
Especies bioconstructoras	
	La complejidad del hábitat está directamente relacionada con la riqueza de especies y algunas especies pueden modificarlo mediante la formación de estructuras biogénicas como los esqueletos coralinos. Otros organismos de acuerdo a la forma de su cuerpo y sus movimientos, pueden manipular los sedimentos y formar madrigueras o depresiones de alimentación contribuyendo a generar valiosos micro ó macro hábitats que son aprovechados por muchas especies que los utilizan como refugios ante los depredadores, para el apareamiento o cría, o como recursos alimenticios entre otros. En el Caribe colombiano se han identificado a los briozoos como bioconstructores asociados al coral azooxantelado <i>Cladocora debilis</i> y a diferentes especies de antipatarios (Flórez <i>et al.</i> 2007, Reyes <i>et al.</i> 2005).
<i>Cladocora debilis</i> Ehrenberg, 1834 (Fotografía tomada de Reyes <i>et al.</i> 2009).	
Especies de corales de profundidad o de aguas frías	
	Crecen en ambientes oscuros y a diferencia de los corales someros no tienen en sus tejidos algas simbióticas que dependen de la luz para su supervivencia. Debido a esto tienen una dependencia de las corrientes de agua que transportan partículas de materia orgánica y zooplancton para su alimentación. Son alimentadores marinos suspensívoros, tienen tasas de crecimiento muy lentas y muchos de ellos producen carbonato de calcio conformando pequeñas colonias dispersas de pocos metros de diámetro hasta vastos complejos de arrecifes de varias decenas de kilómetros de diámetro, alcanzando bancos arrecifales de miles de años de antigüedad. Se tiene evidencia de tres puntos en donde existen bancos coralinos de profundidad, 1. Frente a Islas de San Bernardo y el Rosario, 2. Frente al Tayrona y 3. Frente a la Guajira (Reyes <i>et al.</i> 2005, Santodomingo <i>et al.</i> 2007).
<i>Madracis myriaster</i> Milne-Edwards y Haime, 1849 (Fotografía tomada de Santodomingo <i>et al.</i> 2007).	

Continuación Anexo 2.

Objeto de conservación	Importancia
<p>Especies de distribución restringida en Colombia</p>  <p><i>Heterocyathus antoninae</i> (Fotografía tomada de Reyes <i>et al.</i> 2009).</p>	<p>Especies cuya distribución se restringe a una ecorregión (o a un área geográfica pequeña dentro de una ecorregión), que depende completamente de un área específica y única para su supervivencia y que, por lo tanto, es más vulnerable (Groves <i>et al.</i> 2000). Este es un criterio importante para la conservación de la biodiversidad dado que las especies de distribución restringida son más susceptibles a la extinción. En las expediciones Macrofauna I, II y Marcoral, en estos ambientes se tiene como especie restringida al coral <i>Heterocyathus antoninae</i> (Invemar-ANH, 2008).</p>
<p>Especies amenazadas</p>  <p><i>Caryophyllia ambrosia caribbeana</i> Cairns 1979 (Fotografía tomada de Lattig 2000)</p>	<p>La pérdida de la biodiversidad es una problemática que no solo atañe a Colombia sino al resto del mundo, paulatinamente se pierden especies silvestres y recursos genéticos. Las causas son muchas, bajo conocimiento, escasez de recursos para la protección de las especies amenazadas y las deficiencias jurídicas y administrativas para su recuperación y manejo (Mayr 2002). Todos las especies de cnidarios pertenecientes a los ordenes <i>Scleractinia</i> y <i>Antipatharia</i> están listadas en los apéndices Cites (Reyes y Santodomingo 2002).</p>
<p>Especies susceptibles a explotación</p>  <p><i>Hoplostethus occidentalis</i> Woods, 1973. (Imagen: Adela Roa-Varón y Lina Saavedra D.)</p>	<p>Muchas especies de peces frecuentan a los arrecifes de aguas profundas, aunque la relación funcional entre las especies presentes en los arrecifes de coral de profundidad y la importancia de estos arrecifes como hábitat de los peces de arrecife no está bien entendida, las investigaciones en los arrecifes del Atlántico nororiental conformados por el coral <i>Lophelia</i> se han registrado 25 especies de peces de los cuales 17 fueron de importancia comercial (CBD 2008). Entre las especies de peces demersales que se han caracterizado como susceptibles de explotación se encuentran <i>Coryphaenoides sp.</i> <i>Dipturus bullisi</i>, <i>D. garricki</i> y <i>Hoplostetus occidentalis</i>, y entre los corales de profundidad se pueden mencionar los corales negros: <i>Antipathes atlantica</i>, <i>Antipathes furcata</i>, <i>Antipathes gracilis</i>, <i>Antipathes lenta</i>, <i>Antipathes salis</i>, <i>Aphanipathes abietina</i> y <i>Stichopathes luetkeniy</i>.</p>

Continuación Anexo 2.

Objeto de conservación	Importancia
<p>Especies de interés en bioprospección</p>  <p><i>Bugula neritina</i> Linnaeus, 1758 (Fotografía tomada de Brooks, 2002)</p>	<p>La bioprospección básicamente orienta su actividad hacia la búsqueda de sustancias químicas, genes, etc., presentes en organismos marinos que puedan ser utilizados por las industrias farmacéutica, médica, biotecnológica, cosmética, nutricional y agrícola. Estudios previos nacionales e internacionales han evidenciado que los conglomerados de Cnidarios son productoras de sustancias bioactivas (Shi <i>et al.</i> 2002, Rodríguez <i>et al.</i> 2004, Wei <i>et al.</i> 2004, Garzón <i>et al.</i> 2005, Gutiérrez <i>et al.</i> 2005, Ospina <i>et al.</i> 2005, Gutiérrez 2006, Bruck <i>et al.</i> 2007).</p>