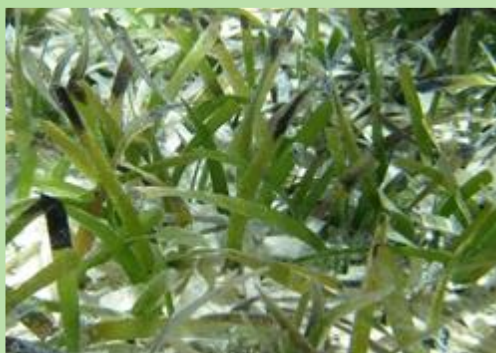




DOCUMENTO TÉCNICO SOPORTE (ANEXO TÉCNICO)

“Por medio de la cual establecen los criterios y procedimientos para la elaboración de los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales, con los cuales se presenta la propuesta de zonificación y el régimen de usos para los pastos marinos por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales y se adoptan otras determinaciones”

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**DIRECCIÓN DE ASUNTOS MARINOS, COSTEROS Y
RECURSOS ACUÁTICOS.**

BOGOTÁ D.C 2017



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. La noción de ecosistema.....	5
3.2. Los pastos marinos, especies clave que fundamentan un ecosistema.....	5
3.3. Las praderas de pastos marinos como ecosistema.....	9
3.4. La importancia de las praderas de pastos marinos.....	11
3.5. Impactos de origen humano sobre las praderas de pastos marinos.....	12
3.6. La noción de ecosistema estratégico.....	14
3.7. Las praderas de pastos marinos en Colombia.....	15
3.8. Rodales, parches, praderas y mosaicos: unificando criterios.....	18
3.9. Naturaleza de los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales en las praderas de pastos marinos con fines de manejo.....	22
4. PRINCIPIOS Y CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE ECOSISTEMAS DE PASTOS MARINOS.....	23
4.1. Principios.....	23
4.2. Criterios.....	24
5. INSUMOS Y VARIABLES.....	26
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables seleccionadas por categorías, con las respectivas calificaciones sobre su pertinencia (1= muy pertinente; 2= medianamente pertinente; 3= baja pertinencia) para estudios de zonificación de áreas de pastos marinos..... 27

Tabla 2. Relación de pertinencia de las variables seleccionadas (números en rojo, ver su correspondencia con la variable que identifican en la página siguiente) con los criterios para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales en las praderas de pastos marinos conducentes a su zonificación y manejo 30

1. INTRODUCCIÓN

Las llamadas praderas de pastos marinos, junto con los manglares y arrecifes de coral, se consideran ecosistemas estratégicos marino - costeros, por la importancia de los servicios ecosistémicos que prestan y el alto grado de vulnerabilidad que tienen ante los eventuales impactos producidos por las actividades humanas en la zona costera.

Es por ello que la Ley 1450 de 2011, en su Artículo 207, señala que “En pastos marinos, se podrá restringir parcial o totalmente el desarrollo de actividades mineras, de exploración y explotación de hidrocarburos, acuicultura y pesca industrial de arrastre con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o quien haga sus veces”. Adicionalmente, dicho Artículo manifiesta que “El Gobierno Nacional, dentro de los noventa (90) días calendario siguientes a la expedición de esta ley reglamentará los criterios y procedimientos para tal efecto”.

En consecuencia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), mediante el Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013 (Hoy Decreto 1076 de 2015), estableció las reglas de procedimiento y unos criterios mínimos para reglamentar la restricción de ciertas actividades en ecosistemas de pastos marinos. Entre las reglas de procedimiento se señala que el MADS “expedirá los términos de referencia para que las Corporaciones Autónomas Regionales o de Desarrollo Sostenible realicen los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales, con base en los cuales harán la propuesta de zonificación de los pastos marinos, que incluya la restricción parcial o total de las actividades mencionadas”.

El presente documento constituye el soporte técnico de soporte con el objeto de construir una propuesta de generación de los criterios y procedimientos para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales en las praderas de pastos marinos, que contó con la retroalimentación derivada de espacios de discusión internos y en especial los desarrollados en el marco del convenio 380 entre MADS/ASOCARS desarrollado durante el año 2016.

Estructuralmente este documento, consta de una sección dedicada a exponer el contexto teórico y conceptual de las praderas de pastos marinos, sus componentes estructurales clave, los factores que limitan su desarrollo y los procesos ecosistémicos esenciales que respaldan la prestación de una amplia gama de servicios ecosistémicos, los cuales permiten otorgarle la condición de ecosistemas estratégicos. Además, se exponen las principales amenazas que atentan contra la integridad de estos ecosistemas, se aclaran aspectos de la nomenclatura para designarlos y se proponen algunas definiciones para distinguir unidades discretas dentro de la amplia gama de variaciones de arreglos espaciales y estructurales de las praderas de pastos marinos (*sensu lato*).

Con el fin de desarrollar y ampliar el alcance de lo señalado en el Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013 (Compilado en el Decreto 1076 de 2015) en cuanto a los criterios para reglamentar la restricción de ciertas

actividades en ecosistemas de pastos marinos y para la expedición de los términos de referencia para que las Autoridades Ambientales costeras realicen los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales que conduzcan a las propuestas de zonificación de los ecosistemas de pastos marinos en sus respectivas jurisdicciones, en la sección 5 se propone una serie de principios técnicos y técnicos para abordar tales estudios y en la sección 6 se presenta el arsenal de variables seleccionadas con el cual se debe buscar dar respuesta a las cuestiones que plantean los criterios.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El proceso de construcción del presente documento estuvo soportado en una síntesis de la información más actual posible en torno los pastos marinos y sus rasgos ecológicos y biogeográficos más relevantes. Dicha información estaba disponible en los archivos de acceso libre, o de colecciones privadas de expertos en la materia, o se accedió a ella a través de búsquedas en internet según criterio y experiencia relacionada, en algunos casos también provino de los archivos de la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos (DAMCRA) de MINAMBIENTE.

Con base en los documentos consultados que incluyen estudios de zonificación de áreas con presencia de praderas de pastos y otros ecosistemas costeros tropicales, se analizaron o dedujeron los principios y criterios técnicos tenidos en cuenta para cotejarlos entre sí y elaborar un primer listado sintético. Igualmente, de los documentos consultados se extrajeron todas las variables técnicas empleadas en estudios de línea base, caracterizaciones, diagnósticos y monitoreo de ecosistemas de pastos marinos en diferentes regiones del mundo y se elaboró un listado de 72 variables.

La depuración y definición de los principios y de los criterios se llevó a cabo en el transcurso de conversaciones sostenidas internamente con profesionales del Ministerio y de las discusiones surgidas durante los espacios de análisis y socialización con personas con experiencia en estudios en ecosistemas de pastos marinos, y manejo costero y funcionarios de las Autoridades Ambientales con jurisdicción costera.

Por otra parte, el inventario preliminar de 72 variables extraídas de la literatura científica fue dividido en cuatro categorías según el ámbito temático (variables fisicogeográficas, bioecológicas, ambientales, socioeconómicas y culturales). Cada variable fue calificada mediante una escala de 1 a 5, de acuerdo con su pertinencia o relevancia para su inclusión en estudios conducentes a obtener una zonificaciones o planes de manejo de áreas de pastos marinos, y según su robustez científica y el nivel de esfuerzo o dificultad para obtener los datos respectivos. La matriz con las 72 variables y sus respectivas calificaciones fue presentada ante expertos en el tema provenientes de instituciones académicas y de investigación para su debate con el fin de revisar las calificaciones y, según el consenso, depurar el conjunto de variable para conformar un listado con las más pertinentes para los propósitos de los estudios en cuestión. Como resultado, se seleccionó un total de 40 variables: siete (7) fisicogeográficas, dieciséis (16) bioecológicas, once (11) socioeconómicas, dos (2) culturales y cuatro (4) ambientales.

Los 13 criterios propuestos fueron cotejados para analizar su correspondencia con las 41 variables con el fin de verificar la consistencia y asegurarse de que todos los criterios pueden ser abordados a través de la inclusión de una o más de las variables.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. La noción de ecosistema.

Existen múltiples definiciones de ecosistema, pero en términos generales una acepción moderna del término ampliamente aceptada es que son unidades estructurales y funcionales de la naturaleza, conformadas por conjuntos de organismos que interactúan entre sí y con el entorno físico o hábitat, a través de intercambios de materia, energía e información (Márquez, 1997).

Aunque los límites entre un ecosistema y otro pueden determinarse teóricamente mediante la ausencia de relaciones o interacciones entre los componentes (vivos y no vivos), trazar fronteras espaciales entre entidades ecológicas conlleva por lo general una cuota importante de subjetividad. En algunos casos, a lo sumo, pueden establecerse zonas o franjas de transición entre ecosistemas próximos (ecotonos). El asunto es aún más complicado cuando se trata de ecosistemas inmersos en el medio acuático, ya que siendo éste un fluido dinámico que transporta energía y materia entre las entidades ecológicas se hace imposible determinar con exactitud dónde termina un ecosistema y empieza otro. Por lo tanto, los límites de un ecosistema son siempre subjetivos y dependen de la escala de trabajo y del tipo de investigación y del propósito de los estudios. Un ecosistema puede abarcar desde un bosque, una llanura, un lago o una isla, hasta un solo árbol, un charco intermareal o el sistema digestivo de un ser humano. En consecuencia, es válido considerar las praderas de pastos marinos como entidades ambientales o ecosistemas. No obstante, dado que los organismos clave de ese ecosistema - aquellos cuya actividad genera un efecto desproporcionado sobre otros organismos de la comunidad y determinan en gran parte la estructura y función del sistema natural (varios autores, en Isasi-Catalá, 2011) – son en este caso precisamente los pastos marinos, se hace necesario establecer criterios claros para juzgar cuándo la mera presencia de pastos se convierte en una entidad ecológica lo suficientemente estructurada y funcional para considerarla una pradera con atributos de ecosistema.

3.2. Los pastos marinos, especies clave que fundamentan un ecosistema.

Los pastos marinos son un grupo funcional de plantas angiospermas, monocotiledóneas, especialmente adaptadas a vivir sumergidas en aguas saladas y salobres, cuyo origen se remonta al Cretácico Superior – hace unos 100 millones de años (Larkum *et al.*, 2006). Actualmente se reconoce la existencia de alrededor de 60 especies que se agrupan en cuatro familias (Green & Short, 2003).

Los pastos marinos se distribuyen actualmente a lo largo de las costas de todo el mundo, excepto en las de la Antártida y en gran parte de las del Pacífico suramericano (Fig. 1). El Indopacífico y el Pacífico occidental tropical son las regiones que concentran la mayor cantidad de especies de pastos marinos – alrededor de 40, mientras que en el Gran Caribe, incluido el Golfo de México están representados por nueve especies pertenecientes a cinco géneros y tres familias (Short *et al.*, 2007) más una especie invasora recientemente

documentada, originaria del Mar Rojo (Willette & Ambrose, 2009). En el Caribe colombiano ha sido registrada la presencia de cinco especies de cuatro géneros (Fig. 2): *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, *Halophila baillonis*, *Ruppia maritima* (un único registro), *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum* (Díaz et al., 2003; INVEMAR, 2012). Pese a la rápida expansión que está experimentando el pasto invasor *Halophila stipulacea* en las Antillas menores desde su arribo en el año 2002 y a que ya se encuentra cerca de las costas colombianas – Aruba, Curacao, Bonaire – (Willette et al., 2014), al parecer todavía no ha hecho su arribo a aguas colombianas, como se deduce de recientes observaciones realizadas a lo largo de las costas de la península de La Guajira (A. Cabrera, com. pers. 23/10/2016), pero no se descarta que en un futuro no lejano expanda su distribución a otras áreas del Caribe, incluidas las costas colombianas. Ninguna especie de pastos marinos ha sido registrada hasta ahora en las costas del Pacífico colombiano, donde su presencia resulta improbable debido al régimen macromareal y a las condiciones de turbidez, baja salinidad y turbulencia de las aguas costeras que imperan en esa región (Díaz et al., 2003).

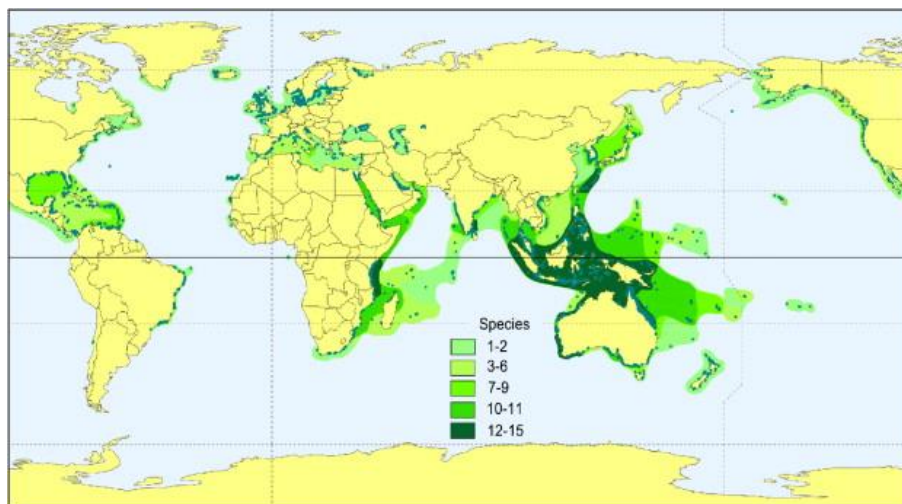


Figura 1. Distribución global de los pastos marinos (tomado de Short et al., 2007)



a) *Halodule wrightii* (Fuente:
www.sjrwmd.com/snook/seagrasses.html)



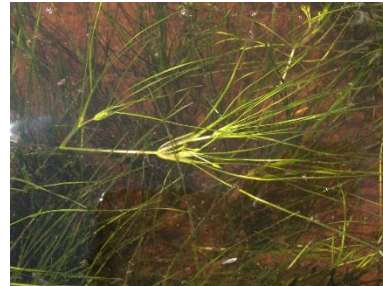
b) *Halophila baillonis* (Fuente:
www.flmnh.ufl.edu/fish/gallery/photoout.asp?id=714)4



c) *Halophila decipiens* (Fuente:
<http://environment.bm/seagrass-beds/>)



d) *Syringodium filiforme* (Fuente:
www.sms.si.edu/irlspec/Syring_filifo.htm)



e) *Ruppia maritima* (Fuente:
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/ruippia/maritima/>)



f.) *Thalassia testudinum* (Fuente:
www.nickhiggs.com/seagrass-communities.html)



g) *Halophila stipulacea* (Fuente:
<http://stcroixsource.com/content/news/local-news/2014/12/08/uvi-researchers-seek-help-stop-invading-sea-grasses>)

Figura 2. Especies de pastos marinos presentes en el Caribe colombiano (a-f) y la especie invasora aún no registrada en Colombia (g)

Aunque varias de las especies de pastos marinos pueden crecer juntas en el mismo lugar y entremezclarse, cada una de ellas tiene unos requerimientos ambientales más o menos particulares (tipo de sustrato, nutrientes, luz, turbulencia del agua, etc.) y ciclos de vida distintos. De cierta manera, ello se expresa en una serie de rasgos morfológicos, formas de crecimiento y estrategias de ocupación y expansión del espacio que son determinantes de las características estructurales y funcionales del ecosistema que fundamentan: las praderas submarinas.

En términos generales, puede decirse que las características morfológicas y las estrategias de vida particulares sitúa a cada especie en dentro de un orden jerárquico de complejidad en términos de su importancia en la estructuración y desarrollo de las praderas (Fig. 3). Así, de izquierda a derecha en la figura 3, las especies muestran una cierta tendencia a tener mayor porte, hojas más largas y gruesas, rizomas más extendidos, mayor biomasa por unidad de área y semillas más grandes. Además, las especies de la mitad izquierda de la gráfica tienen ciclos de vida más cortos – son más efímeras y la tasa de recambio es mayor – y adoptan una estrategia de expansión tipo “guerrilla” que les permite colonizar rápidamente nuevos espacios. En contraste, las especies de la derecha, especialmente *Thalassia testudinum*, son más longevas, permanecen más tiempo en el lugar que han colonizado y adoptan una estrategia de tipo “falange” para la colonización de nuevas áreas, es decir, avanzan gradualmente sobre el sustrato ampliando lentamente la extensión de las praderas.

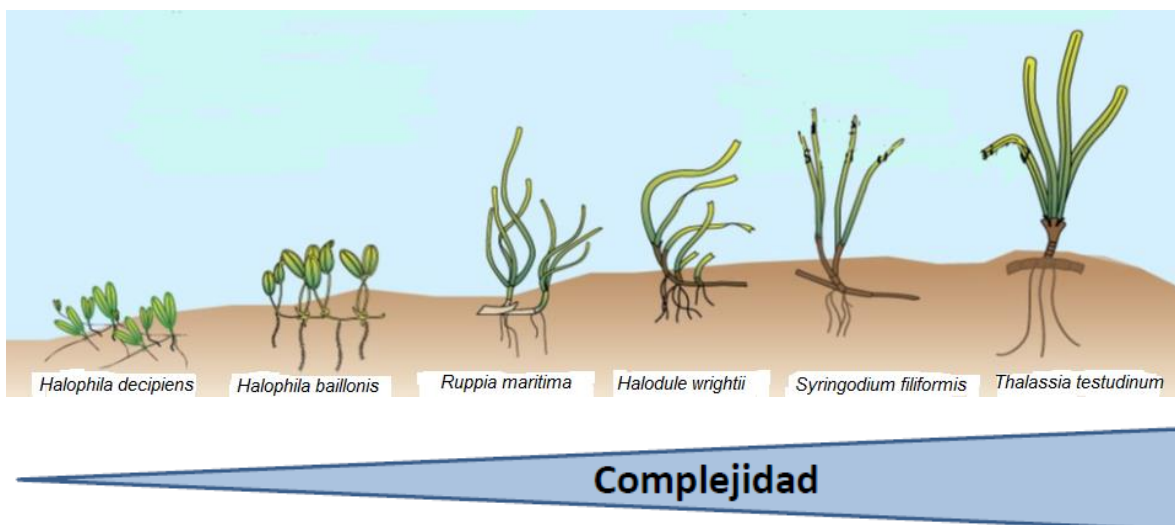


Figura 3. Estrategias de vida de los pastos marinos (modificado de Beckert, 2012)

La colonización de los fondos sedimentarios desnudos por parte de los pastos marinos suele ocurrir siguiendo un esquema general de sucesión ecológica, en la que unas especies pioneras van siendo remplazadas por otras – de izquierda a derecha en el esquema de la figura 3 - a medida que las condiciones del medio son modificadas en el transcurso del proceso hasta su relativa estabilización.

3.3. Las praderas de pastos marinos como ecosistema.

El conocimiento disponible sobre los ecosistemas fundamentados en pastos marinos está basado principalmente en estudios locales. Aún es poco lo que se conoce acerca de la importancia de estos ecosistemas en el mantenimiento de la biodiversidad regional o global, la productividad y los recursos, debido en parte a que son sistemas menos emblemáticos que los manglares, los arrecifes coralinos y otras entidades ecológicas marinas. Es por ello que la incorporación específica de las praderas de pastos marinos en los planes de manejo costero apenas empieza a darse en la mayoría de países, incluido Colombia, pese a la dependencia económica, y en algunos casos cultural, de muchas comunidades costeras de los recursos que suministran esos ecosistemas.

La principal fuente de producción primaria de las praderas son los pastos y las algas asociadas. La biomasa foliar seca de *Thalassia testudinum*, la especie predominante, en praderas del Caribe colombiano alcanza valores promedio cercanos a 150 g/m² (Díaz *et al.*, 2003), lo que, considerando la elevada tasa de renovación de hojas de esta especie – entre 30 y 60 días (Zieman, 1982, citado por Díaz *et al.*, 2003), representa una contribución importante de detrito al ecosistema y al balance total de carbono en los ecosistemas marinos del Caribe colombiano (Díaz *et al.*, 2003).

La estructura de las praderas proporciona hábitat a una diversa comunidad de invertebrados y peces, para muchos de los cuales las praderas representan precisamente hábitats esenciales dentro de sus ciclos de vida, principalmente en sus primeras etapas de desarrollo Heck *et al.*, 2003).

Los pastos mismos no son consumidos como alimento por muchas especies, aparte de unas cuantas especies de erizos, gasterópodos y peces, la tortuga verde y el manatí, pero las praderas albergan una diversa comunidad animal que se nutre de las algas y de micro y meiofauna. Las hojas de los pastos son el sustrato de una amplia variedad de organismos epífitos que sirven de alimento a muchos invertebrados y peces herbívoros, pero también dan origen de una compleja red trófica basada en el detritus a partir de la descomposición de la hojarasca. El sedimento de las praderas suele ser rico en materia orgánica y alberga una abundante población bacteriana y una diversa comunidad de invertebrados filtradores y detritívoros compuesta mayoritariamente por bivalvos y gusanos poliquetos (varios autores, en Díaz *et al.*, 2003).

Se ha demostrado que la abundancia de macrofauna endobentónica en praderas de pastos marinos supera de dos a 25 veces a la que habita en fondos arenosos adyacentes, desprovistos de vegetación. En un estudio

general de las praderas del Caribe colombiano (Díaz et al., 2003) se registró la presencia de 226 especies de macrofauna epibentónica y demersal, con diferencias notorias en la composición entre las áreas geográficas.

Aparte de la recirculación de nutrientes que tiene lugar en la cadena trófica (Fig.4), las praderas producen y exportan nutrientes y materia orgánica a los ecosistemas adyacentes. Ese complejo sistema de intercambio de materia y energía, cuando tiene lugar entre praderas, arrecifes coralinos y/o manglares –, produce un efecto sinérgico que redundo en el incremento de la biodiversidad y la productividad ecosistémica regional.

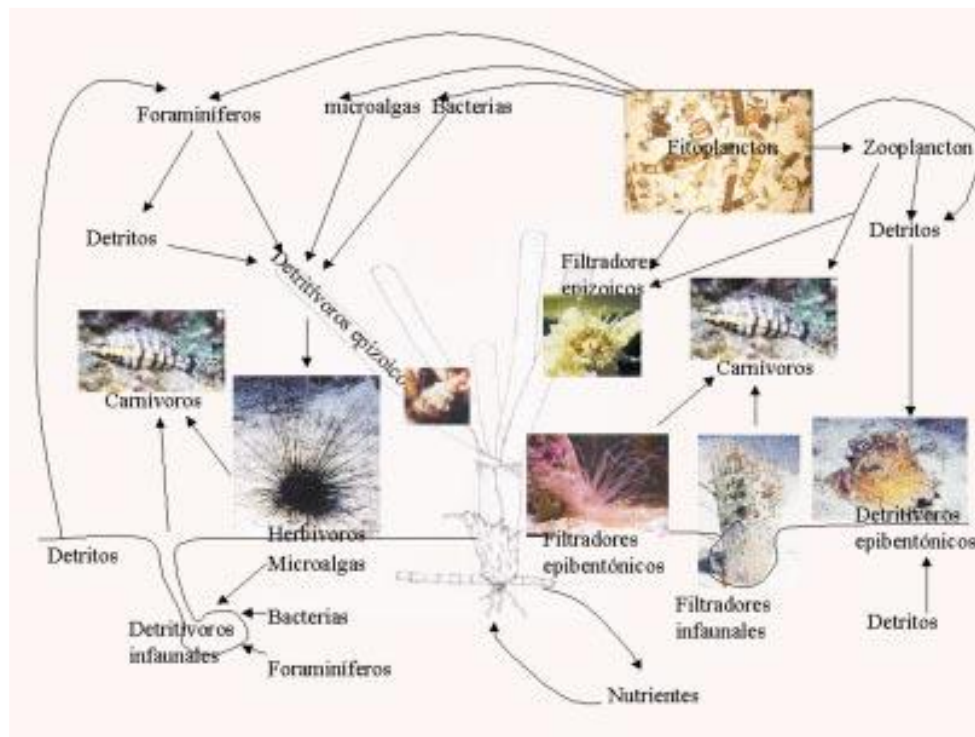


Figura 4. Esquema simplificado del flujo de materia y energía en el ecosistema de pastos marinos (tomado de Díaz et al., 2003).

Además de una serie de factores fisicoquímicos que controlan la presencia, la abundancia y el desarrollo de los pastos – luz (dependiente de la profundidad y la transparencia del agua), sustrato, nutrientes en el “suelo”, temperatura, salinidad y turbulencia del agua, entre otros –, existe una serie de factores biológicos que también influyen el desarrollo de los pastos marinos y la estructura de las praderas. Entre ellos se destaca la acción de los animales herbívoros, principalmente erizos, tortugas marinas y algunos peces. Ocasionalmente pueden presentarse proliferaciones de herbívoros que pueden alterar la densidad y la fenología de los pastos (ver Díaz et al., 2003). También las proliferaciones de organismos patógenos de los pastos marinos, especialmente los hongos del género *Labyrinthula* (Fig. 5a), pueden transformar radicalmente las praderas y en algunos casos hasta erradicarlas (Sullivan et al., 2013). La presencia de animales grandes, principalmente tortugas, manatís,

rayas y algunos tiburones que remueven el fondo (Fig. 5b) para procurar su alimento del bentos, también ejerce influencia sobre la estructura de las praderas (Christianen *et al.*, 2002).

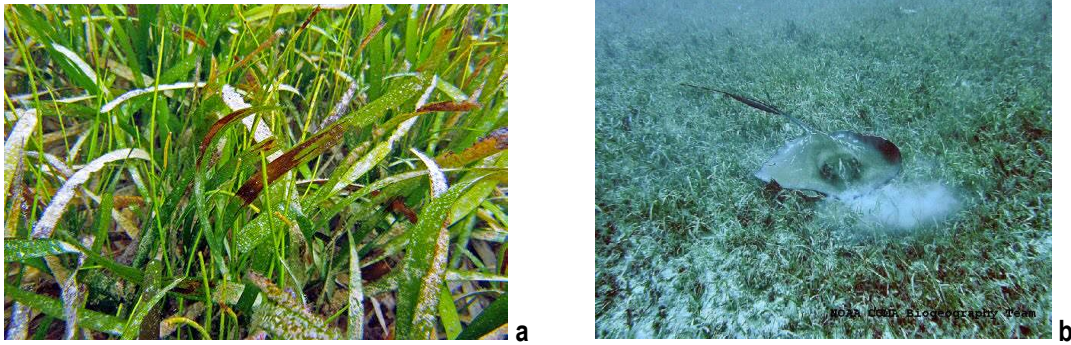


Figura 5. a) El color oscuro de las hojas de *Thalassia* denota la infestación por *Labyrinthula* (tomada de Gómez-López *et al.*, 2014b). b) Efecto perturbador de rayas (*Dasyatis* sp.) sobre una pradera de pastos marinos (tomada de <http://www.uprm.edu/cima/seagrass%20biota.html>)

Las oscilaciones regulares o periódicas de uno o más factores biofísicos derivadas de la estacionalidad climática u oceanográfica hacen parte de la dinámica habitual de los ecosistemas, como también la ocurrencia episódica de eventos naturales calificados usualmente como “extremos”. Estos últimos pueden causar perturbaciones significativas que representan generalmente retrocesos en la trayectoria de la sucesión ecológica, reorganizando la composición y la estructura de las comunidades biológicas. Por lo tanto, conocer la frecuencia e intensidad de tales eventos, es decir analizar mediante estimaciones probabilísticas el régimen de perturbaciones relativo a los eventos “extremos” (tormentas, huracanes, mares de leva provocados por el paso de ondas Kelvin, tsunamis, etc.) en el área geográfica particular del ecosistema, puede contribuir a comprender mejor la configuración espacial y otras características de las praderas de pastos marinos.

3.4. La importancia de las praderas de pastos marinos.

Las praderas de pastos marinos se cuentan entre las asociaciones vegetales más productivas y de mayor tasa de crecimiento, rivalizando incluso con muchos cultivos agrícolas. Su productividad se debe no sólo al metabolismo propio de los pastos, sino también a las algas asociadas a las praderas. Esa producción de biomasa vegetal sustenta una compleja red alimentaria y proporciona hábitat a una diversa comunidad de animales que encuentran refugio entre los estolones y rizomas de los pastos.

Una función importante de las praderas es la derivada del efecto moderador que ejercen sobre el movimiento del agua. Como consecuencia, las partículas suspendidas tienden a precipitarse y depositarse sobre el fondo y el agua se vuelve más transparente. Además, el intrincado sistema de estolones y raíces de los pastos le da estabilidad a los sedimentos del fondo y evita que se re-suspendan y sean transportados por la corriente.

Los complejos procesos ecológicos que tienen lugar en las praderas de pastos marinos son responsables de que el ecosistema genere y mantenga eficientemente una serie de funciones ecosistémicas que, a su vez, sustentan una variedad de servicios ecosistémicos o beneficios directos e indirectos para la sociedad (Fig. 6)

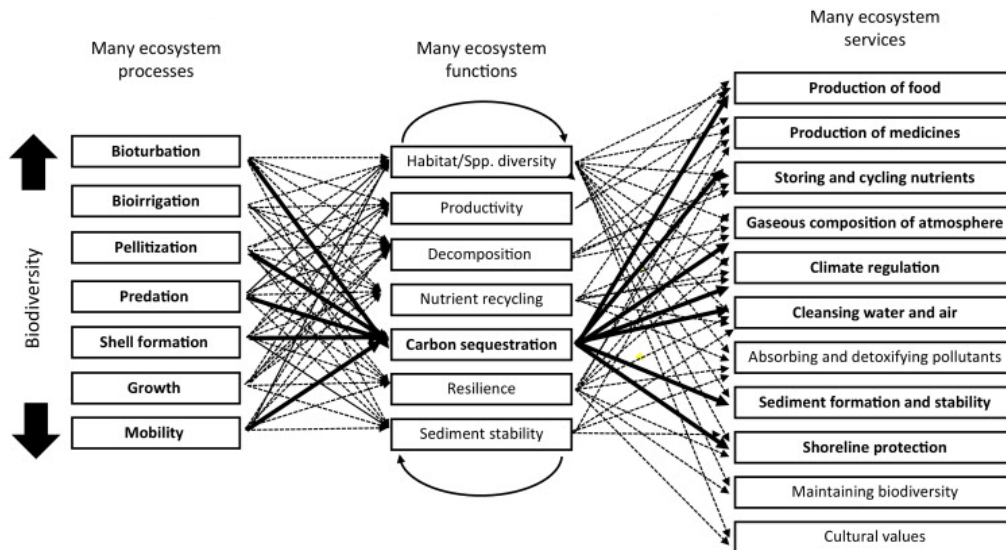


Figura 6. Esquema conceptual de la relación entre procesos, funciones y servicios ecosistémicos en las praderas marinas (tomado de Snelgrove *et al.*, 2014)

La amplia gama de servicios ecosistémicos (reales o potenciales según si son aprovechados directa o indirectamente por grupos humanos) de las praderas de pastos marinos abarca desde los llamados de aprovisionamiento (pescado y otros alimentos, medicinas, abonos, fibras y materiales para uso doméstico o industrial) y de regulación (biorremediación, control de erosión, regulación biológica y del clima, del clima, reciclaje de nutrientes, secuestro de carbono, producción y estabilización de sedimentos, etc.) hasta culturales (recreación, turismo, representación estética y cultural, información, etc.). La oferta de servicios puede reflejarse o no en los usos directos y en las actividades humanas. Estas pueden ser extractivas (pesca, extracción de organismos y materiales), no extractivas (navegación, deportes acuáticos, contemplación, investigación, etc.) y aditivos/ transformadores (dragados, boyas, construcción de infraestructura, navegación, vertimientos, iluminación artificial, ruido, etc.).

3.5. Impactos de origen humano sobre las praderas de pastos marinos.

Dado que las praderas de pastos marinos se desarrollan en aguas someras, muy cerca de la interfase agua/tierra, donde precisamente ocurre un crecimiento acelerado de la población humana a escala global, este

ecosistema es particularmente vulnerable a los efectos de las múltiples actividades humanas que tienen lugar en las zonas costeras (Phillips & Durako, 2000, en Díaz *et al.*, 2003).

En la última década del siglo XX se documentó la pérdida de alrededor de 290.000 ha de praderas en varias partes del mundo por causas antrópicas, y estimaciones mediante extrapolación a nivel global arrojaron una cifra de 1,2 millones de hectáreas (Short & Wyllie-Echeverría, 2000). Una síntesis más reciente de 215 estudios realizados alrededor de todo el mundo (Waycott *et al.*, 2009) reveló que la tasa promedio de pérdida de praderas de pastos marinos entre 1980 y 2006 fue de 11.000 ha por año (Fig. 7).

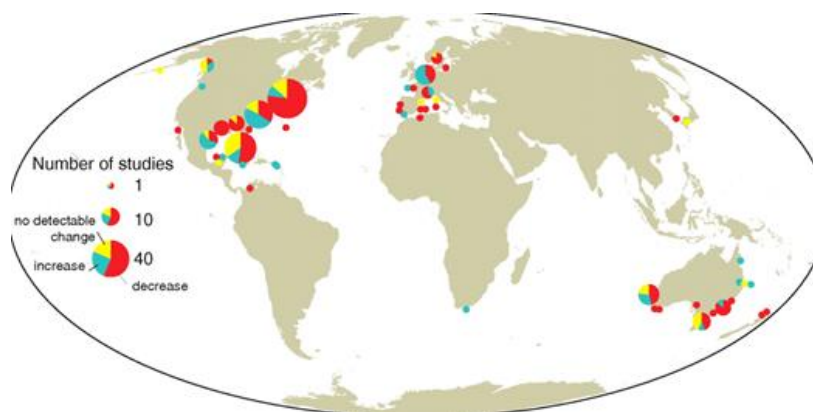


Figura 7. Distribución mundial de estudios que documentan la pérdida o ganancia de áreas de pastos marinos entre 1980 y 2006 (tomado de waycott *et al.*, 2009).

Aunque existen algunas evidencias puntuales de pérdida de áreas de praderas marinas en Colombia (bahías del Rodadero y Santa Marta), el único caso documentado científicamente es el de la Bahía de Cartagena y zonas adyacentes (Díaz y Gómez-López, 2003; ver también Restrepo *et al.*, 2006), el cual muestra una reducción de más del 92% de la cobertura de pastos marinos entre las décadas de 1940 y 1990 debido a una serie de impactos antrópicos acumulativos.

Los mayores impactos a escala global han sido atribuidos a los dragados y rellenos litorales y a la construcción de infraestructuras en el litoral – muelles, espolones, rompeolas, etc. (Erftemeijer & Lewis, 2006). En zonas someras con intenso tráfico de embarcaciones a motor, las hélices producen cicatrices lineales muy características (Fig. 8) cuya regeneración suele tardar varios años (Kenworthy *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2003). Aún más drásticos pueden ser los impactos por el empleo de redes de arrastre para la pesca.

Dependiendo de la localización, otros factores de degradación y pérdida de pastos marinos actúan independiente o en sinergia con los anteriores, incluyendo la eutrofización por exceso de nutrientes (Burkholder

et al., 2007) y de sedimentos (De Boer, 2007), la presencia de especies invasoras (Williams, 2007) y las epidemias por organismos patógenos (Sullivan *et al.*, 2013).



Figura 8. Impactos causados en praderas marinas por el tráfico de embarcaciones. a) Perturbación del fondo y resuspensión de sedimentos al paso de un barco (imagen tomada de www.getup.org.au/campaigns/great-barrier-reef-3/save-the-reef/save-the-reef?t=4QtnteW); b) Vista aérea de las cicatrices causadas por hélices de embarcaciones en una pradera en La Florida (imagen tomada de <http://nature.nps.gov/water/management.cfm>); c) Detalle bajo el agua de una cicatriz (imagen tomada de Repanshek, 2013)

3.6. La noción de ecosistema estratégico.

En torno al concepto de ecosistema estratégico (EE) pueden existir percepciones muy diversas y controversiales, y el carácter estratégico de los ecosistemas puede plantearse desde la simple intuición (Márquez, 1997). A nivel mundial se han planteado ideas sobre el carácter vital, esencial y prioritario de ciertas entidades ambientales - áreas, sitios, ecosistemas, ecorregiones - y la necesidad de jerarquizar acciones de gestión alrededor de un concepto de ese tipo. Tal es el caso, por ejemplo, de los esfuerzos para priorizar áreas terrestres de conservación de biodiversidad a través de conceptos tales como “sitios clave o hotspots” (Myers, 1988), “áreas de interés crítico” (Sisk *et al.*, 1994) o “áreas geográficas de máxima prioridad” (Dinerstein *et al.*, 1995); esos conceptos han sido también extrapolados con ciertas variaciones al ámbito marino - sitios, áreas y ecorregiones marinas prioritarias en muchas regiones del mundo (p. ej. Arriaga *et al.*, 1998; Beck & Odaya, 2001; Lourie & Vincent, 2004; Chatwin, 2007), incluso en Colombia (p.ej. Alonso *et al.*, 2008).

La primera referencia a los ecosistemas y áreas estratégicas en Colombia se encuentra en la Ley 99 de 1993, la cual afirma que estos deben ser prioritarios en las políticas de gobierno, pero no especifica cuáles son esos ecosistemas ni define qué características tienen. Poco después, en el marco de una asesoría a Planeación Nacional y al entonces Ministerio del Medio Ambiente, el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia (IDEA, 1994) desarrolló el concepto, los criterios y metodologías para identificación de EE con base en el argumento de que ciertas áreas de páramo, bosque, sabanas y otras entidades ambientales terrestres tienen importancia fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y económicos. Sobre esta base, a manera de definición, dicho estudio destaca que “los EE deben entenderse como partes diferenciadas del territorio donde se concentran funciones naturales de las cuales dependen, de manera

especial y significativa, bienes y servicios ecológicos vitales para el mantenimiento de la sociedad y de la naturaleza”.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “los ecosistemas estratégicos garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país. Estos ecosistemas se caracterizan por mantener equilibrios y procesos ecológicos básicos tales como la regulación de climas, del agua, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos; la conservación de la biodiversidad” (<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=408:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-10>).

Como lo señala Herrera (2014) en un análisis reciente del concepto, “lo estratégico es una categoría social, no natural, en la medida en que el carácter de estratégico lo asigna un grupo social en función de sus propios intereses”. Así, el tamaño y la localización del grupo social determinan la escala a la que tiene valor un EE, y tanto la importancia (nacional, local, sectorial, etc.) como el carácter estratégico (conservación, suministros, etc.), dependen de intereses humanos. En consecuencia, dicho autor considera un EE como “un espacio determinado con significados y valores únicos para un determinado grupo social, en un momento dado de su historia” y lo define como “una porción geográfica concreta, delimitable, en la cual la oferta ambiental, natural o inducida por el hombre, genera un conjunto de bienes y servicios ambientales, imprescindibles para la población que los define como tales”.

En Colombia, el apelativo de “estratégico” referido a ecosistemas ha sido otorgado por los sectores académico y político-ambiental en múltiples ocasiones, no siempre con un sustento conceptual sólido, aunque aludiendo por lo general a necesidades de conservación de espacios naturales basadas en criterios tales como endemismo, nivel de amenaza, rareza, representatividad, etc. o la relevancia de las áreas en la prestación de servicios vitales de provisión, principalmente agua.

En el ámbito marino, los ecosistemas tradicionalmente considerados estratégicos por esos mismos sectores son los arrecifes de coral, los manglares y las praderas de pastos marinos.

3.7. Las praderas de pastos marinos en Colombia.

En Colombia, los pastos marinos están presentes únicamente en el Caribe, representados por seis de las nueve especies conocidas en el Gran Caribe, pero solo tres de ellas son relevantes para la formación, conjunta o individualmente, de praderas. Aunque usualmente en las praderas tiende a dominar claramente alguna de ellas (dependiendo de las condiciones locales de sustrato y turbidez y del estado sucesional), que por lo general es *Thalassia testudinum* (lo que denota mayor madurez y estabilidad del ecosistema), no es raro que aparezcan zonas donde se entremezclan dos o más especies.

Según el trabajo de Díaz *et al.*, (2003), la extensión total de praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano suma 43.223 ha. De esta cifra, el 95,3% se distribuye discontinuamente a lo largo de la costa continental y

alrededor de las islas de la plataforma continental, aunque la costa occidental de la península de La Guajira concentra casi el 80 % de la cobertura total. El restante 4,7% se distribuye alrededor de las islas y cayos del archipiélago oceánico de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (Fig. 9).

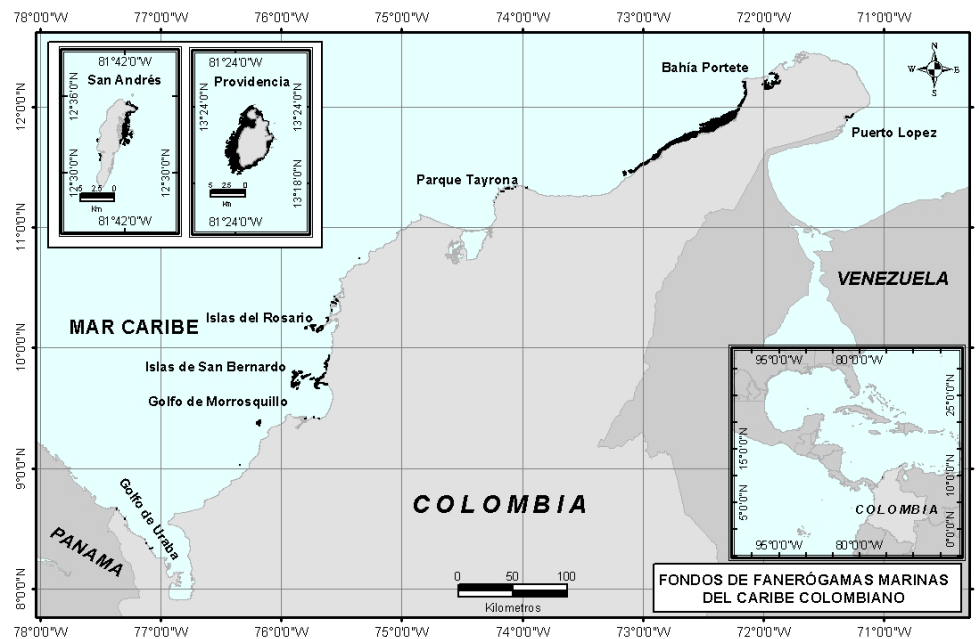


Figura 9. Distribución geográfica de las praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano (tomado de Díaz *et al.*, 2013).

Una actualización cartográfica reciente del trabajo anterior (Gómez-López *et al.*, 2014a) para las praderas marinas de las costas de La Guajira y de los departamentos de Sucre y Chocó (Fig. 10), elevó la cobertura total a 66.132 ha, lo que se atribuye a la mejora en la resolución de los productos de sensores remotos utilizados y a que se incorporaron áreas de pastos marinos entremezcladas con praderas de macroalgas y corales. Adicionalmente, dicha actualización estimó otras 82.039 ha de fondos con presencia potencial de pastos marinos contiguas o adyacentes a las praderas detectadas con base en la existencia de condiciones adecuadas de sustrato y profundidad en esas áreas.

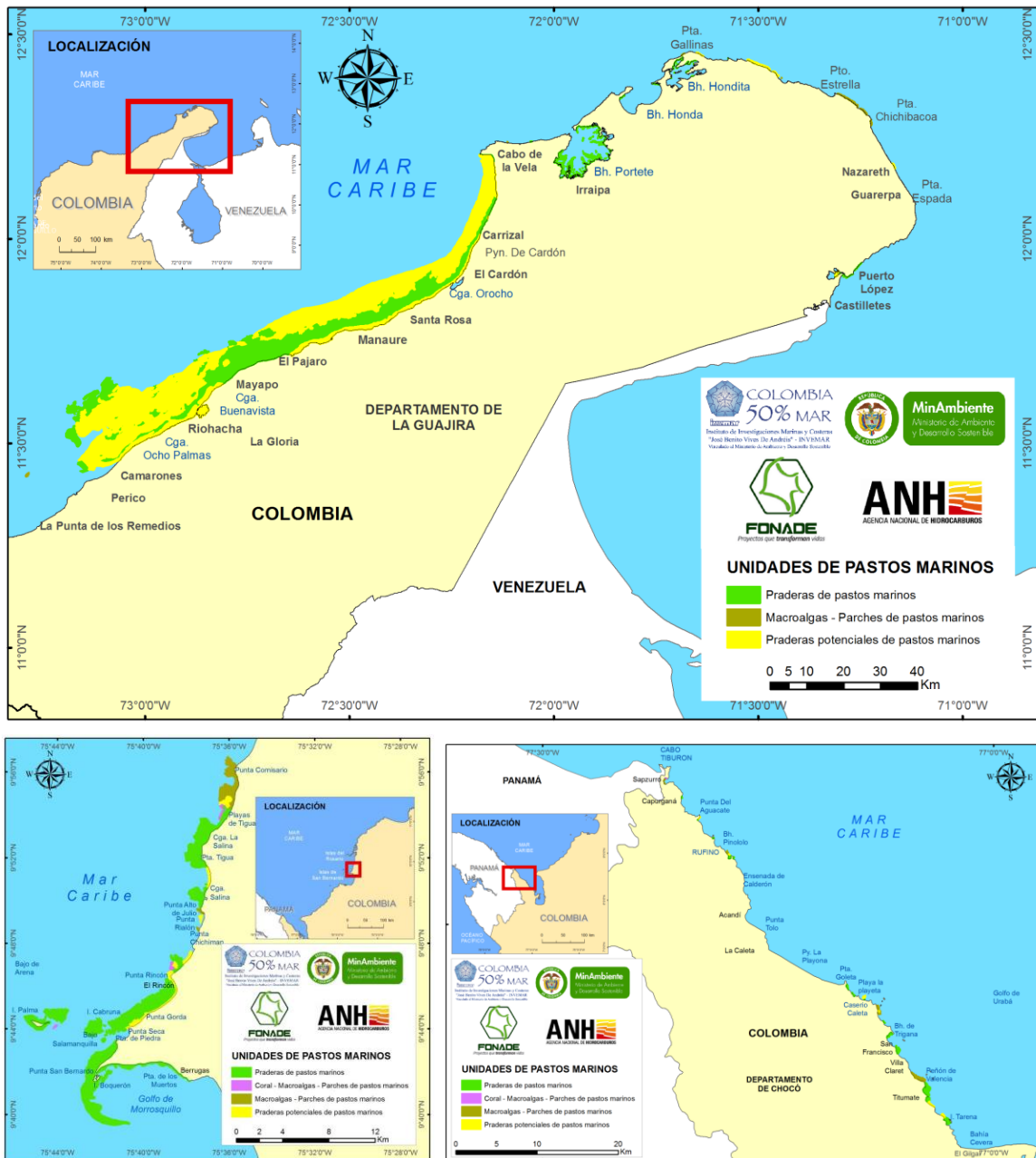


Figura 10. Mapas actualizados (2014) de las praderas y mosaicos mixtos de pastos de las costas de La Guajira (arriba), Sucre (abajo izquierda) y Chocó (abajo derecha) (tomado de Gómez-López *et al.*, 2014a).

3.8. Rodales, parches, praderas y mosaicos: unificando criterios.

Es usual encontrar en la literatura en castellano cuatro términos para referirse a los fondos marinos cubiertos o vegetados por pastos marinos, los cuales pretenden dar una idea relativa acerca de las dimensiones espaciales ocupadas por estos. Así, “rodales de pastos marinos” se emplea para señalar áreas más bien modestas y redondas del fondo tapizadas por pastos marinos (también se usa en la jerga forestal, p.ej. en manglares). De acuerdo con el diccionario de la real Academia de la Lengua Española (RAE), rodal es un sitio o espacio pequeño que por alguna circunstancia particular se distingue de lo que le rodea, por lo que su aplicación en este caso resulta más apropiada que el término “parche”, adoptado del inglés (patch) y de uso extendido para el mismo propósito y cuya definición según la RAE designa una “cosa sobrepuesta a otra y como pegada, que desdice de la principal”. Por lo tanto, se propone privilegiar el uso del término “rodal” sobre el de “parche”.

Por otro lado, el término “pradera” (meadow, en inglés) se define, según la RAE, como “un prado grande o un conjunto de prados”, lo que también se ajusta y es aplicable en el ámbito de los pastos marinos.

Ahora bien, “pequeño” y “grande”, utilizados respectivamente en las definiciones anteriores, son adjetivos relativos, por lo que conviene establecer con algún criterio objetivo el límite entre ambas medidas subjetivas. En consideración de las limitaciones impuestas por la resolución de las herramientas empleadas para el trabajo cartográfico de praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano, Díaz *et al.* (2003) aplicaron el término “pradera” a aquellas porciones del fondo marino con una cobertura continua de pastos superior al 30% y que ocupan áreas superiores a 100m² (10x10m). Por tanto, “rodal” corresponde a aquellas porciones de menor extensión que la “pradera”.

Una definición similar de pradera fue adoptada por el estudio de actualización cartográfica de Gómez-López *et al.*, (2014a): “unidades de cobertura constituidas por fondos dominados por pastos marinos, con una extensión mayor a 100 m², siendo la especie *Thalassia testudinum* dominante, seguida por *Syringodium filiforme*. Se pueden encontrar también otras especies de pastos marinos, en la mayoría de casos se encuentran acompañadas por parches o varios individuos de macroalgas típicas de este ecosistema, así como algunos corales pétreos dispersos, octocorales y esponjas. Se presentan sobre fondos de sedimentos compuestos por arenas gruesas y gravas, hasta arenas muy finas”.

En ambas definiciones hay coincidencia en cuanto a las dimensiones espaciales pero la segunda no hace alusión a la cobertura relativa de pastos; en cambio, excluye como praderas las áreas del fondo marino vegetadas por especies distintas a *Thalassia* y *Syringodium*, lo que parece conveniente si se tiene en cuenta que son esas dos especies las que demuestran mayor permanencia y denotan estadios avanzados de la sucesión ecológica del ecosistema. Sin embargo, igualmente conveniente es precisar la proporción mínima del fondo marino que deben cubrir los pastos, no sólo para que sea detectable su presencia mediante sensores remotos, sino también para que tenga los atributos estructurales y funcionales que caracterizan al ecosistema. Para ello y de acuerdo con la experiencia de estudios anteriores (Díaz *et al.*, 2003) se propone fijar el umbral mínimo de cobertura en 30%, para lo cual resulta ilustrativo el empleo de la escala de Dahl (1971, citado por Wilkinson & Baker, 1997), (Fig.11).

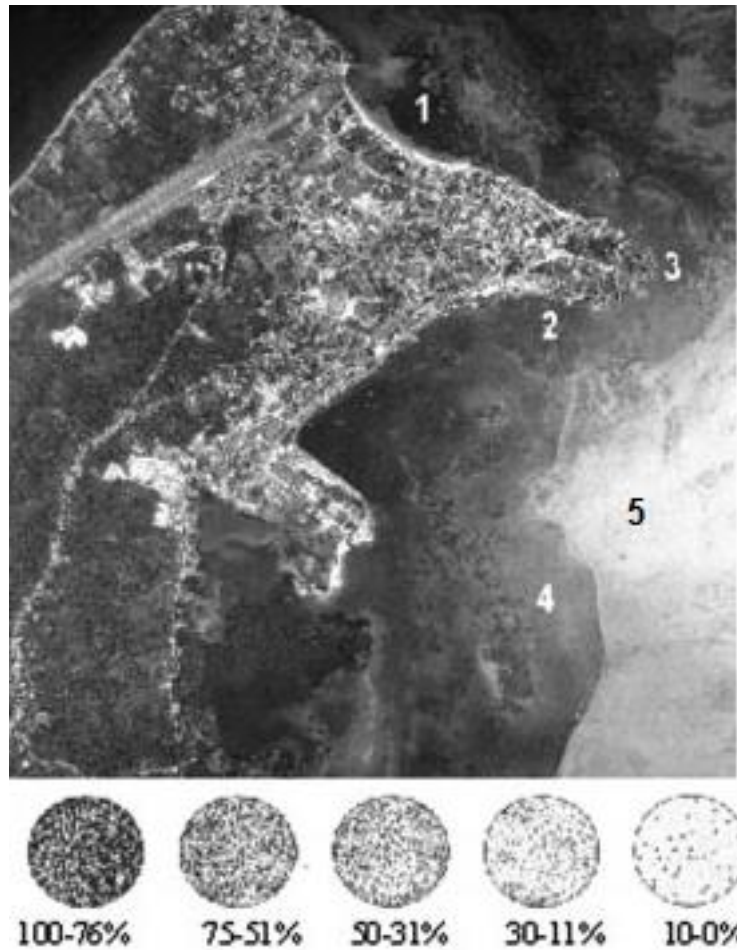


Figura 11. Aplicación de la escala de cobertura de Dahl sobre una fotografía aérea del sector norte de la isla de San Andrés para la estimación de coberturas de pastos marinos. Intervalos de cobertura en la fotografía: 1= 100-76%, 2= 75-51%, 3= 50-31%, 4= 30 -11%, 5= 10-0% (modificada de Díaz *et al.*, 2003).

En ocasiones, las praderas de pastos marinos limitan directamente o forman un ecotono con sistemas de manglar y/o con formaciones rocosas o coralinas vecinas, como efectivamente ocurre en Colombia alrededor de las islas de los archipiélagos y en las costas de Barú y del Parque Nacional Natural Tayrona. También es usual encontrar al interior de la matriz de las praderas, concentradas o dispersas, áreas menores que por su apariencia y composición biótica no corresponden al ecosistema conformado a partir de los pastos marinos. En este caso, se trata usualmente de colonias aisladas de corales pétreos o de tapetes o pequeños parches aislados de sustratos duros colonizados en mayor o menor medida por corales pétreos, octocorales, esponjas, rodolitos de algas pétreas y otros organismos sésiles que, según su abundancia y patrón de distribución en la matriz de la pradera, pueden configurar una especie de mosaico más o menos heterogéneo de sistemas ecológicos combinados. Adicionalmente, es común que las praderas de pastos en algunas zonas se den transiciones más o menos graduales a praderas de macroalgas o que en ciertos sectores de una pradera predomine la cobertura algal sobre la de los pastos.

Estos tipos de mosaicos, que son muy comunes en determinadas áreas, constituyen una configuración que propicia el flujo de biomasa y energía entre los sistemas, diversifica los nichos y exagera la diversidad de organismos (Mumby, 2001) (Fig. 11). Las unidades de mosaicos fueron incorporadas a la cartografía y a la contabilidad de las áreas de pastos marinos en Colombia en el trabajo de Gómez-López *et. al.*, (2014a) bajo dos categorías o nomenclaturas adicionales a la de “praderas de pastos marinos”, definidas como sigue:

- “Macroalgas-Parche de pastos marinos: fondos cuyas unidades de cobertura están representadas por macroalgas (>40 %), de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Caulerpa*, *Avrainvillea*, *Dictyota*, entre otras. Además, deben estar acompañadas por parches (<100 m²) de pastos marinos de cualquier especie, inclusive si están expuestas en el intermareal”.
- “Coral-Macroalga-Parches de pastos marinos: coberturas del fondo marino donde los corales, macroalgas y pastos marinos se encuentran entremezclados, pero la cobertura de coral es mayor (>10 %), siendo característicos los géneros *Manicina*, *Porites*, *Pseudodiploria*, *Diploria*, *Dichocoenia* y *Siderastrea*. El componente algal puede estar representado en su mayoría por los géneros *Halimeda*, *Caulerpa* y *Penicillus* con coberturas iguales o mayores a las de pastos marinos. Los pastos marinos se encuentran en parches con extensiones menores a (<100 m²), incluyendo una o varias de las siguientes especies *T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. wrightii*, *H. baillonis* y *H. decipiens*, inclusive si están expuestas en el intermareal”.

Ambas definiciones son claras, aunque poseen un exceso de detalles sobre la identidad específica de los organismos que intervienen y pueden abreviarse para hacerlas más genéricas y comprensibles.

Finalmente, a continuación se presentan las definiciones que se proponen para unidades ecológicas espaciales del Caribe colombiano en las que los pastos marinos toman parte fundamental como especies clave (definidas éstas según Isasi-Catalá (2011) como “especies cuya actividad genera un efecto desproporcionado sobre otros organismos de la comunidad y determinan en gran parte la estructura y función del sistema natural”).

- **Rodal incipiente:** superficie del fondo marino con una cobertura promedio superior al 30% de *Halodule wrightii* y/o *Halophila* spp. y ocupa un área inferior a 100 m², que está separada de otra similar o de una pradera de pastos marinos por distancias mayores a 50 m.
- **Rodal maduro o consolidado:** superficie del fondo marino con una cobertura promedio superior al 30% de *Syringodium filiforme* y/o *Thalassia testudinum* y área inferior a 100 m², que está separada de otra similar o de una pradera de pastos marinos por distancias mayores a 50 m.
- **Pradera incipiente:** superficie del fondo marino con una cobertura promedio de *Halodule wrightii* y/o *Halophila* spp. superior al 30%, que ocupa un área continua superior a 100 m², o un área discontinua, o que abarca 10 o más rodales dentro de un área no menor a 10.000 m².
- **Pradera madura o consolidada:** superficie del fondo marino con una cobertura promedio de *Syringodium filiforme* y/o *Thalassia testudinum* superior al 30%, que ocupa un área continua superior a 100 m², o un área discontinua, o que abarca 10 o más rodales dentro de un área no menor a 10.000 m².
- **Pradera mixta de pastos y algas:** superficies del fondo marino con una cobertura promedio de pastos marinos (de cualquier especie) superior al 30% y en todo caso mayor que la cobertura promedio de macroalgas sésiles, que ocupa un área continua no menor a 100 m², incluso si están expuestas en el intermareal.
- **Mosaico Pastos-Corales-Macroalgas:** superficie del fondo marino de no menos de 1.000 m² de extensión configurada por una matriz mixta o mosaico de rodales y/o praderas de *Syringodium filiforme* y/o *Thalassia testudinum*, colonias masivas, tapetes o estructuras conformadas por corales pétreos, octocorales, esponjas y/o algas pétreas y áreas dominadas por macroalgas sésiles; las coberturas de los tres componentes pueden estar a lo sumo equitativamente distribuidas y en ningún la proporción de la cobertura sumada de los rodales de pastos puede ser inferior a la de alguno de los otros componentes del mosaico.

De otra parte, las superficies de fondos con presencia potencial o en las que se sospecha la ocurrencia de pastos marinos contiguas o adyacentes a las praderas efectivamente detectadas, bajo el supuesto de la existencia de condiciones adecuadas de sustrato, hidrodinámica y profundidad, no deberían considerarse como praderas (*sensu lato*) en virtud de la incertidumbre que ello genera para efectos de zonificación y manejo y al débil sustento jurídico para la adopción de medidas de gestión.

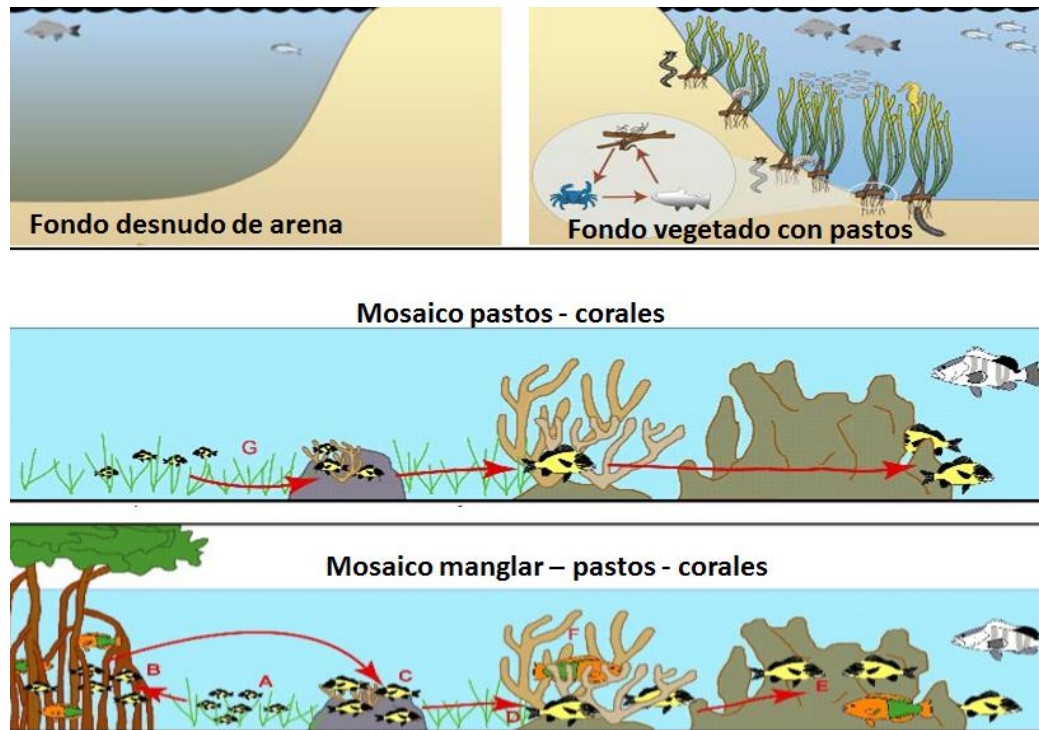


Figura 12. Efecto sinérgico de complejización de las interacciones e incremento de la diversidad de organismos en los sistemas de mosaico (modificado de Beckert, 2012)

3.9. Naturaleza de los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales en las praderas de pastos marinos con fines de manejo.

Los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales orientados a tomar medidas y acciones de manejo en los ecosistemas de pastos marinos, que culminan con la puesta en marcha de un Plan de Manejo consisten en una serie de productos derivados de procesos de investigación más o menos secuenciales. No obstante, cada uno de los estudios o productos intermedios puede ser ya un insumo para que la autoridad, en este caso la ambiental, pueda tomar decisiones a través de actos administrativos o instrumentos de política que establezcan las acciones necesarias para ordenar las actividades humanas (evitar conflictos entre usuarios) y prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados directa e indirectamente por las actividades humanas o las perturbaciones naturales en un territorio determinado (en este caso las áreas con ecosistemas de pastos marinos).

Dichos procesos se inician generalmente con la delimitación del área geográfica en cuestión y el acopio de toda la información secundaria disponible sobre esa área, en especial la que atañe a obtener una caracterización socioambiental, integral, de la misma (Jiménez, 2012). Los productos individuales de todo el proceso suelen ser: 1) Caracterización, 2) Diagnóstico, 3) Zonificación y 4) Plan de ordenamiento o de manejo. La caracterización es un inventario descriptivo de las características propias del sistema, en la cual se identifica su entorno, componentes, funciones, recursos, potencialidades, restricciones o limitaciones y el proceso evolutivo que lo ha llevado a la situación actual (CEPPIA, 2016).

El diagnóstico consta de un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en un determinado ámbito geográfico o territorial (CEPPIA, 2016). La zonificación, como lo define el Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Hoy Decreto 1076 de 2015), es un “proceso mediante el cual se establece la sectorización de zonas homogéneas al interior de las Unidades Ambientales Costeras y se definen sus usos y esquemas de manejo” y que para el tema que nos atañe consiste en definir unidades cartográficas de gestión, como figuras de ordenamiento ambiental, en las que se establecen zonas susceptibles de conservación, de recuperación o de uso sostenible en las áreas de ecosistemas de pastos marinos. Finalmente, el plan de ordenamiento o manejo es un documento, basado en los productos anteriores, que establece de manera detallada las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados directa e indirectamente por las actividades humanas en un territorio determinado (Jiménez, 2012).

Para el propósito prioritario de obtener en el menor plazo posible una zonificación y un plan de manejo de las áreas de ecosistemas de pastos marinos, con el fin de dar cumplimiento al Artículo 207 de la Ley 1450 de 2011 y de precisar las disposiciones relacionadas en el Artículo 15 del Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013 (Hoy Decreto 1076 de 2015), en las secciones siguientes se exponen los principios y criterios para la elaboración de los estudios conducentes a obtener específicamente la zonificación de las áreas de ecosistemas de pastos marinos.

4. PRINCIPIOS Y CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE ECOSISTEMAS DE PASTOS MARINOS

4.1. Principios.

En primer lugar, conviene establecer unos preceptos o principios básicos de carácter técnico y ético que deben tenerse presentes durante el proceso de zonificación, en todos sus componentes temáticos.

1. El proceso de zonificación debe realizarse con el mayor rigor técnico y científico posible.

2. La delimitación del área de estudio debe ser lo suficientemente amplia para permitir el análisis considerando eventuales interacciones de conectividad o la continuidad espacial entre ecosistemas de pastos marinos y/o de otros ecosistemas y o mosaicos de ecosistemas presentes en inmediaciones o adyacentes a los límites jurisdiccionales de la Unidad Ambiental Costera (UAC) en cuestión.
3. La escala geográfica de trabajo debe establecerse en consecuencia con el nivel de esfuerzo y el tiempo razonable para la obtención de datos e información de acuerdo las dimensiones del área de estudio y las posibilidades de acceso y no exclusivamente considerando el nivel de detalle de la información secundaria disponible.
4. La escala geográfica de trabajo a establecer debe permitir la integración de todos los elementos cartográficos generados en todos y cada uno de los componentes temáticos del estudio (físicos, bióticos, sociales, económicos, ambientales y culturales) y con el mayor nivel de detalle posible.
5. Adoptar una posición neutral y objetiva frente a los diversos intereses sectoriales y de los actores institucionales y de las comunidades.
6. Plasmar los resultados de la zonificación de la manera más clara posible y evitando ambigüedades en su interpretación.
7. Tener en consideración que la zonificación de las áreas de ecosistemas de pastos marinos debe ser incorporada, a posteriori o simultáneamente, al proceso de zonificación integral de la UAC respectiva

4.2. Criterios.

Por otra parte, los criterios técnicos que se proponen para desarrollar el proceso de zonificación, pretenden garantizar que los resultados reflejen efectivamente la realidad actual a través de la medición más rigurosa posible de las variables más pertinentes, relevantes y científicamente robustas que den respuesta a cada uno de esos criterios, a saber:

- ✓ **Vulnerabilidad:** estimar o establecer el grado de vulnerabilidad de las áreas de pastos marinos ante las perturbaciones naturales y los impactos antrópicos. estabilidad temporal de cada uno de los polígonos que identifican coberturas de pastos marinos.
- ✓ **Resiliencia:** estimar o establecer la variabilidad espacial de los atributos que caracterizan la composición y estructura de las áreas de pastos marinos, identificando las zonas homogéneas y heterogéneas, como medida del grado de resiliencia.
- ✓ **Integralidad:** estimar el grado de integralidad ecológica (estructural, funcional) de las áreas de pastos marinos.

- ✓ **Configuración espacial:** determinar la configuración espacial y la geometría de los parches o polígonos de la matriz del paisaje submarino formado por las áreas de pastos marinos (incluidos los mosaicos) para establecer el grado de heterogeneidad espacial y mosaicismo del sistema.
- ✓ **Conectividad:** establecer la posible importancia para la conectividad ecológica entre áreas de pastos marinos de la UAC donde se hace el estudio y las vecinas. Igualmente, determinar la posible relevancia para la conectividad ecológica de las áreas de pastos marinos según su proximidad a manglares y/o formaciones coralinas, tanto dentro de la UAC de estudio como de las vecinas.
- ✓ **Especies amenazadas, endémicas y focales**¹ (bandera, piedranguales, del paisaje, etc.)¹: estimar o establecer las zonas de presencia de especies amenazadas, endémicas y focales (p. ej. tortugas, flamencos)
- ✓ **Hábitats esenciales:** establecer las zonas que son hábitats esenciales (fundamentales para la reproducción, crianza y alimentación) para especies de importancia comercial o para la seguridad alimentaria de las comunidades (p.ej. langostas, pargos).
- ✓ **Especies invasoras y patógenos:** identificar las zonas de concentración de especies invasoras (p. ej. pez león, jaiba exótica *Charybdis helleri*) y causantes de enfermedades en pastos marinos (p. ej. *Labyrinthula*)
- ✓ **Usos actuales:** identificar las actividades humanas actuales (extractivas, no extractivas, aditivas y transformadoras) y los respectivos espacios de uso en el área de estudio y sus impactos posibles en las áreas de pastos marinos.
- ✓ **Usos proyectados:** identificar las actividades humanas (extractivas, no extractivas, aditivas y transformadoras) proyectadas y los respectivos espacios de uso en el área de estudio y sus impactos posibles en las áreas de pastos marinos.
- ✓ **Servicios ecosistémicos:** valorar los servicios ecosistémicos que presta el conjunto de áreas de pastos marinos en el área de estudio.
- ✓ **Valor cultural:** identificar las zonas con especial valor cultural (pecios, yacimientos arqueológicos, zonas de representación estética y cultural) en el área de estudio y su relación con las áreas de pastos marinos.

¹ En términos generales, una especie focal es aquella en la que se concentra o “enfoca” la atención, con dos propósitos: (1) servir como especie sustituta, bien sea para la planificación o para el monitoreo y manejo, y (2) como objeto de conservación per se. Para definiciones y conceptos, ver Kattan y Naranjo (2008)

- ✓ **Potencial de restauración, rehabilitación y recuperación (reclamación):** De acuerdo con la integralidad de las áreas de pastos marinos, identificar las zonas susceptibles de ser intervenidas con acciones de restauración, rehabilitación y recuperación o reclamación².

5. INSUMOS Y VARIABLES

Cada uno de los 13 criterios enunciados en la sección anterior, debe ser abordado mediante la medición de una variable o un conjunto de variables. Los valores producto de las mediciones, ya sea individualmente, sumados o ponderados, deben permitir asignar un valor numérico, el cual se traduce generalmente en un juicio de valor a partir de la cual los investigadores a cargo del estudio determinan si los valores numéricos obtenidos son normales, óptimos, altos, bajos, etc., si son confiables y si reflejan lo esperado. Por supuesto, se asume que la variable o variables escogidas para abordar cada criterio son relevantes y científicamente robustas (pertinentes).

En la tabla 1 se relacionan las variables técnicas seleccionadas según su categoría (siete (7) fisicogeográficas, dieciséis (16) bioecológicas, once (11) socioeconómicas, dos (2) culturales y cuatro (4) ambientales), las cuales fueron calificadas según su importancia o pertinencia en términos de su relevancia para estudios de zonificación y su robustez científica para dar respuesta a uno o más de los criterios propuestos en la Sección 4, en una escala de 1 a 3 (1 = muy pertinente; 2 = medianamente pertinente; 3 = baja pertinencia). Las metodologías específicas y formas de medición de las variables o de generación/obtención de la información respectiva dependerán en buena parte de la cantidad y calidad de la información previa y disponible, y hacen parte del diseño del estudio de zonificación. En cualquier caso, se recomienda acoger en lo posible las metodologías reconocidas en estudios previos o en guías técnicas o protocolos existentes (P. Ej. el protocolo para obtener el Indicador de Condición y Tendencia en praderas de pastos marinos, publicado por el INVEMAR, Gómez-López, 2014b).

En la matriz de la tabla 2 se indica cuáles de las 40 variables seleccionadas sirven o contribuyen a dar respuesta a cada uno de los 13 criterios propuestos. Como se observa en la tabla 2, el conjunto de variables es redundante, es decir, más de una variable responde a cada criterio, lo que permite obtener una gama lo suficientemente amplia de opciones para emitir juicios de valor que, en conjunto, aumentan la probabilidad de tomar las decisiones más acertadas y científicamente bien respaldadas. Dicha redundancia posibilita, además, contar con alternativas para la toma de decisiones en cuanto a la zonificación en caso de que alguna de las

² Definiciones y conceptos en MADS (2012)

variables no pueda ser medida o sus valores no sean confiables. Sin embargo, es muy recomendable que, por lo menos, todas las variables calificadas como muy pertinentes sean incluidas en los estudios.

Tabla 1. Variables seleccionadas por categorías, con las respectivas calificaciones sobre su pertinencia (1= muy pertinente; 2= medianamente pertinente; 3= baja pertinencia) para estudios de zonificación de áreas de pastos marinos.

CATEGORÍA	VARIABLES	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Fisicogeográficas	Delimitación espacial de rodales, praderas y mosaicos de pastos marinos y otras unidades adyacentes	1	Debe establecerse la escala más apropiada
	Análisis de métricas del paisaje	1	Debe contemplar: Riqueza, número y tamaño medio de parches, proporción superficial de clases y distancia media al parche más próximo
	Determinación del tipo de sustrato	2	Debe contemplar la variabilidad espacial
	Determinar batimetría del área de estudio y modelar relieve del fondo	1	Generalmente disponible en cartas de navegación
	Analizar patrón de corrientes superficiales	3	
	Analizar patrón de oleaje o de energía de oleaje/turbulencia	2	Deben contemplar la variabilidad estacional y espacial
	Tendencias históricas de la línea de costa (acreción-erosión)	2	Factible sólo si se dispone o existe información secundaria, mapas o series históricas de productos de sensores remotos
Biológicas	Especies de pastos presentes	1	
	Grado de pastoreo/ramoneo en hojas	3	
	Densidad de vástagos de pastos	1	Deben contemplar la variabilidad espacial
	Biomasa foliar	1	
	Relación biomasa foliar - biomasa de epífitos	1	
	Área foliar	2	
	Macrofauna acompañante (inventario)	1	Implican un mismo esfuerzo de muestreo/medición; algunas deben contemplar la variabilidad espacial
	Abundancia relativa por grupos taxonómicos de fauna acompañante	1	
	Abundancia relativa por gremios alimenticios de fauna	1	

	Especies de fauna obligatoriamente dependientes del ecosistema (reproducción, alimentación, crianza o refugio)	1	
	Presencia de especies amenazadas, endémicas y focales	1	
	Presencia de especies invasoras y de Labyrinthula	1	
	Macroalgas asociadas (inventario)	2	
	Análisis histórico sobre cambios en el arreglo espacial del ecosistema	1	Depende de disponibilidad de mapas y/o productos de sensores remotos históricos
	Análisis de diversidad alfa, beta gamma y de similitud	1	Debe considerar la variabilidad espacial y diseñar un muestreo representativo. Eventualmente restringir el análisis a grupos indicadores de macrofauna demersal (peces, moluscos, crustáceos y/o equinodermos)
	Analizar patrón de distribución de áreas y mosaicos de pastos en relación con otras comunidades y sistemas vecinos	1	Puede derivarse del análisis de métricas del paisaje
CATEGORÍA	VARIABLES	PERTINENCIA	COMENTARIOS
Socioeconómicas	Actividades económicas actuales	3	No tiene una expresión espacial definida en el área de estudio
	Identificar y espacializar usos proyectados en el área de estudio	1	
	Mapeo de actores en el área de influencia	2	No necesariamente tiene expresión espacial en el área de estudio
	Localización de asentamientos humanos	1	
	Determinación del nivel de acceso y cobertura de servicios públicos de la población en el área de estudio	3	No tiene expresión espacial en el área de estudio
	Estimación de volúmenes (biomasa) de captura pesquera por zona o caladero	1	Una de estas dos variables puede sustituir a la otra en caso de insuficiencia de datos recientes. Se debe considerar la temporalidad de la pesca
	Estimación de la captura pesquera por unidad de esfuerzo (CPU) por zona o caladero	1	

	Espacialización de actividades extractivas	1	Implican un mismo esfuerzo de muestreo/medición; deben contemplar la eventual temporalidad de las actividades
	Identificación y espacialización de actividades no extractivas actuales (obras civiles, boyas, zonas de fondeo, rutas navegación, balneario, buceo, activ. náuticas, etc.)	1	
	Valoración económica de Servicios Ecosistémicos	1	Deben tenerse en cuenta los estudios de valoración de SE en ecosistemas marino-costeros realizados por el MADS
	Análisis espacial de conflictos de uso	1	Puede hacerse a partir de matriz de incompatibilidades de usos
Culturales	Identificación y espacialización de usos y prácticas culturales (en relación con el ecosistema)	1	
	Localización de sitios con valor histórico-cultural (ruinas, pecios, arqueológicos, etc.)	1	
Ambientales	Localización de actividades aditivas actuales (sólidos y líquidos, luz y ruido) y de zonas de dispersión/acumulación de residuos	1	Los sitios fuente pueden ser muy localizados, pero su área de influencia puede ser amplia y debe ser representada mediante observaciones o modelación
	Calidad del agua	2	Se debe contemplar la información generada por la REDCAM y evaluar la representatividad de los datos en relación con la magnitud del área
	Identificación de amenazas y vulnerabilidad (análisis de riesgos) de la pradera a fenómenos meteomarineros	2	
	Identificación de zonas susceptibles de restauración	1	Si es el caso, contemplar las zonas previamente identificadas por el Invemar y las CAR

Tabla 2. Relación de pertinencia de las variables seleccionadas (números en rojo, ver su correspondencia con la variable que identifican en la página siguiente) con los criterios para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales en las praderas de pastos marinos conducentes a su zonificación y manejo

CRITERIOS	VARIABLES																																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41		
Vulnerabilidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X								X		X						X	X	X	X	X	X		X			X	X	X			
Resiliencia	X	X	X		X	X	X	X		X		X										X	X												X			X	X	X			
Integralidad	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X							X	X	X	X		X			X				
Configuración espacial	X	X		X				X		X	X													X																			
Conectividad	X	X		X	X									X	X								X	X																			
Especies amenazadas, endémicas y focales														X	X	X	X	X	X												X								X	X			
Hábitats esenciales	X	X		X			X							X	X		X	X	X			X		X							X	X	X										
Especies invasoras y patógenos									X					X	X	X				X	X																		X	X			
Usos actuales																									X		X	X		X	X	X	X		X	X		X					
Usos proyectados																										X	X	X							X			X		X			
Servicios ecosistémicos	X	X					X	X		X	X			X	X			X							X	X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				
Valor cultural																											X	X		X	X	X	X	X		X	X	X					
Potencial de restauración, rehabilitación y recuperación	X	X		X		X	X	X	X	X				X	X	X			X			X				X	X					X	X		X	X		X	X	X	X		

	VARIABLES
1	Delimitación espacial de rodales, praderas y mosaicos de pastos marinos
2	Análisis de métricas del paisaje
3	Determinación del tipo de sustrato
4	Determinar batimetría del área de estudio y modelar relieve del fondo
5	Analizar patrón de corrientes superficiales
6	Analizar patrón de oleaje o de energía de oleaje/turbulencia
7	Tendencias históricas de la línea de costa (acreción-erosión)
8	Especies de pastos presentes
9	Grado de pastoreo/ramoneo en hojas
10	Densidad de vástagos de pastos
11	Biomasa foliar
12	Relación biomasa foliar - biomasa de epífitos
13	Área foliar
14	Macrofauna acompañante (inventario)
15	Abundancia relativa por grupos taxonómicos de fauna acompañante
16	Abundancia relativa por gremios alimenticios de fauna
17	Especies de fauna obligatoriamente dependientes del ecosistema
18	Presencia de especies amenazadas, endémicas y focales
19	Presencia de especies invasoras y de <i>Labyrinthula</i>
20	Macroalgas asociadas (inventario)
21	Análisis histórico sobre cambios en el arreglo espacial del ecosistema
22	Análisis de diversidad alfa, beta gamma y de similitud
23	Analizar distribución de áreas y mosaicos de pastos en relación con sistemas vecinos
25	Actividades económicas actuales
26	Identificar y espacializar usos proyectados en el área de estudio
27	Mapeo de actores en el área de influencia
28	Localización de asentamientos humanos
29	Determinación del nivel de acceso y cobertura de servicios públicos de la población
30	Estimación de volúmenes (biomasa) de captura pesquera por zona o caladero
31	Estimación de la captura pesquera por unidad de esfuerzo
32	Espacialización de actividades extractivas
33	Identificación y espacialización de actividades no extractivas actuales
34	Valoración económica de Servicios Ecosistémicos
35	Análisis espacial de conflictos de uso
36	Identificación y espacialización de usos y prácticas culturales

	VARIABLES
37	Localización de sitios con valor histórico-cultural
38	Localización de actividades aditivas actuales y de zonas de dispersión/acumulación
39	Calidad del agua
40	Identificación de amenazas y vulnerabilidad de la pradera a fenómenos meteomarineros
41	Identificación de zonas susceptibles de restauración

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los pastos marinos son especies clave (su actividad genera un efecto desproporcionado sobre otros organismos de la comunidad y determinan en gran parte la estructura y función del sistema), pero su sola presencia y expansión sobre el fondo marino, aun en grandes extensiones, pero en bajas densidades (menos del 30%), no debería considerarse necesariamente como un ecosistema de pastos marinos.
- Pese a la rápida expansión que está experimentando el pasto invasor *Halophila stipulacea* desde su arribo al Caribe en 2002, todavía no ha sido registrada su presencia en aguas colombianas; es muy probable que dicha especie se incorpore a las comunidades de pastos marinos del Caribe colombiano en un futuro cercano, lo que seguramente afectará en alguna medida la composición y estructura de esos ecosistemas.
- Comunidades dominadas por *Halophila* spp. y/o *Halodule wrightii* representan estadios más tempranos de la sucesión ecológica que las dominadas por *Syringodium filiforme* y/o *Thalassia testudinum*. Por lo tanto, las primeras son comunidades más jóvenes, efímeras, vulnerables (frágiles) y menos resilientes que las segundas, que son más maduras, perdurables, resistentes y más resilientes).
- Las unidades espaciales de fondos con coberturas de pastos marinos que se propone que sean abarcados por el concepto generalizado de “pradera” (*sensu lato*) son:
 - ✓ Rodal maduro o consolidado
 - ✓ Pradera (*sensu stricto*) incipiente
 - ✓ Pradera (*sensu stricto*) madura o consolidada
 - ✓ Pradera (*sensu stricto*) mixta de pastos y algas
 - ✓ Mosaico pastos-corales-macroalgas
- Las superficies de fondos con presencia potencial o en las que se sospecha la ocurrencia de pastos marinos contiguas o adyacentes a las praderas efectivamente detectadas, bajo el supuesto de la existencia de condiciones adecuadas de sustrato, hidrodinámica y profundidad, no deberían considerarse como praderas (*sensu lato*) en virtud de la incertidumbre que ello genera para efectos de zonificación y manejo y al débil sustento jurídico para la adopción de medidas de gestión.
- Las praderas (*sensu lato*) de pastos marinos, por constituir una porción geográfica concreta, delimitable, en la cual la oferta ambiental, natural o inducida por el hombre, genera un conjunto de bienes y servicios ecosistémicos, imprescindibles para la población que los define como tales, pueden considerarse como un ecosistema estratégico.

- Se postulan siete principios o preceptos técnicos y éticos para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales conducentes a la adopción de medidas y acciones de manejo de las áreas pastos marinos de Colombia
- Se proponen 13 criterios técnicos para desarrollar estudios proceso de zonificación y manejo, con el fin de procurar que los resultados reflejen efectivamente la realidad a través de la medición más rigurosa posible de las variables más pertinentes, relevantes y científicamente robustas
- Se seleccionaron 40 variables a estudiar que son concordantes en mayor o menor medida con los criterios propuestos. Las variables fueron calificadas según su importancia o pertinencia para estudios de zonificación y robustez científica.
- La redundancia del conjunto de variables seleccionadas permite obtener una gama amplia de opciones para emitir juicios de valor que, en conjunto, aumentan la probabilidad de tomar las decisiones más acertadas y científicamente bien respaldadas.
- Se recomienda incluir en los estudios, al menos todas las variables calificadas como muy pertinentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, D., Ramírez, L., Segura-Quintero, C., Castillo-Torres, P., Díaz, J.M. y T. Walschburger. 2008. 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 y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Santa Marta, 20 p.
- Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz y V. Aguilar. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- Beck, M. W. & M. Odaya. 2001. Ecoregional planning in marine environments: identifying priority sites for conservation in the northern Gulf of Mexico. *Aquatic Conservation*, 11:235-242.
- Beckert, K. 2012. Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (<http://ian.umces.edu/imagelibrary>. Recuperado el 21/08/2016).
- Burkholder, J.M., D.A. Tomasko y B.W. Touchet. 2007. Seagrasses and eutrophication. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 350: 46-72.
- CEPPIA. 2016. Centro de Estudios en Planificación, Políticas Públicas e Investigación Ambiental. (<http://www.ceppia.com.co/>)
- Chatwin, A. (Ed.). 2007. Priorities for coastal and marine conservation in South America. The Nature Conservancy, Arlington VA, 63 p.
- Christianen, M.J.A., P.M.J. Herman, T.J. Bouma, L.P.M. Lamers, M.M. van Katwijk, T. van der Heide, P.J. Mumby, B.R. Silliman, S.L. Engelhard, M. van de Kerk, W. Kiswara & J. van de Koppel. 2002. Hábitat collapse due to overgrazing threatens turtle conservation in marine protected áreas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 226: 265-271
- De Boer, W.F. 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia*, 591: 5-24.
- Díaz, J.M. y D.I. Gómez-López. 2003. Cambios históricos en la distribución y abundancia de praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena y áreas aledañas (Colombia). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 32: 57-74.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios y D.I. Gómez-López. 2003. Las praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano: distribución y estructura de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Publicación Serie Publicaciones Especiales, No. 10, Santa Marta, 140 p.

- Dinnerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder, y G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF y Banco Mundial, Washington, D. C.
- Erftemeijer, P.L.A. & R.R.R. Lewis. 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. Mar. Pol. Bull., 52: 1553-1572.
- Green, E.P. & F.T. Short. 2003. World Atlas of Seagrasses. UNEP-WCMC, University of California Press, Berkeley, 293 p.
- Gómez-López, D., C. Díaz, E. Galeano, L. Muñoz, R. Navas, S. Millán, J. Bolaños y C. Garcia. 2014a. Informe técnico Final Proyecto de Actualización cartográfica del atlas de pastos marinos de Colombia: Sectores Guajira, Punta San Bernardo y Chocó: Extensión y estado actual. PRY- BEM-005-13 (convenio interadministrativo 2131068) FONADE -INVEMAR. Circulación restringida. Santa Marta. 136 págs.
- Gómez-López, D. I., S. M. Navarrete-Ramírez, R. Navas-Camacho, C. M. Díaz-Sánchez, L. Muñoz-Escobar y E. Galeano. 2014b. Protocolo Indicador Condición Tendencia Praderas de Pastos Marinos (ICTPM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar, 68, Santa Marta. 36 p.
- Heck, K.L., G. Hays & R.J. Orth. 2003. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. Mar. Ecol. Prog. Ser., 253:123-136.
- Herrera, A.C. 2014. Ecosistemas Estratégicos: análisis crítico del concepto. Fundamentos conceptuales para formalizar la aplicación de la noción de ecosistema estratégico en los ejercicios de planificación y gestión del territorio. Tesis de Maestría en Estudios Urbano Regionales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- IDEA. 1994. Ecosistemas estratégicos colombianos. Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia (IDEA/UN). Informe presentado a IDEAM – Ministerio de Medio Ambiente, Bogotá
- INVEMAR, 2012. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2011. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8, Santa Marta, 203 p.
- Isasi-Catalá, E. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. Interciencia, 36(1): 31-38
- Jiménez, J.A. 2012. Ordenamiento Espacial Marino: Una Guía de Conceptos y Pasos Metodológicos. Fundación MarViva, San José de Costa Rica, 84 p.
- Kattan, G. y L.G. Naranjo. 2008. Especies focales. Cap. 11 en G. Kattan y L.G. Naranjo, Regiones biodiversas, elementos para la planificación de Sistemas Regionales de Áreas Protegidas. WCS Colombia, Fundación Ecoandina, – WWF Colombia, Cali.

- Kenworthy, W.J., M.S. Fonseca, P.E. Whitfield & K.K. Hammerstrom. 2002. Analysis of seagrass recovery in experimental excavations and propeller-scar disturbances in the Florida Keys National Marine Sanctuary. *J. Coast. Res.*, 37: 75-85.
- Larkum, A., R.J. Orth, & C. Duarte (eds.). 2006. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands, 495 p.
- Lourie, S.A. & S.C.J. Vincent. 2004. Using biogeography to help set priorities in marine conservation. *Conservation Biology*, 18(4): 1004-1020.
- MADS, 2012. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, 80 p.
- Márquez, G. 1997. Ecosistemas como factores de bienestar y desarrollo. *Ensayos de Economía*, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Fac. Cien. Hum. Econom, Vol. 7: 113-141.
- Myers, N. 1988. Threatened biota: hot spots in tropical forest. *Environmentalists* 8: 1-20.
- Mumby, P.J. 2001 Beta and habitat diversity in marine systems: A new approach to measurement, scaling and interpretation. *Oecologia*, 128, 274–280.
- Restrepo, J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira & C.B. García. 2006. Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. *Global and Planetary Change*, 50 (1-2): 33-49.
- Short, F.T. & S. Wyllie-Echeverría. 2000. Global seagrass declines and effects of climate change. Pp. 10-11 En: C. Sheppard (ed), *Seas at the Millennum: An Environmental Evaluation*. Elsevier Science, Amsterdam
- Short, F.T., T. Carruthers, W. Dennisonb & M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 350 (1-2): 3–20
- Sisk, T., A.E. Launer, K.R. Switky & P.R. Ehrlich. 1994. Identifying extinction threats. *BioScience* 44 (9): 592-604.
- Snelgrove, O.V.R., S.F. Thrush, D.H. Wall, A. Norkko. 2014. Real world biodiversity–ecosystem functioning: a seafloor perspective. *Trends Ecol. Evol.*, 29 (7): 398–405
- Sullivan, B.K., T.D. Sherman, V.S. Damarec, O. Liljed & F.H. Gleasond. 2013. Potential roles of *Labyrinthula* spp. in global seagrass population declines. *Fungal Ecology*, 6(5): 328–338
- Waycott, M., C.M. Duarte, T.J.B. Carruthers, R.J. Orth, W.C. Dennison, S. Olyarnik, A. Calladine, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, , A.R. Hughes, G. Kendrick, W.J. Kenworthy, F.T. Short & S. . Williams. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 106 (30): 12377-12381.

- Willette, D.A. & R.F. Ambrose. 2009. The distribution and expansion of the invasive seagrass *Halophila stipulacea* in Dominica, West Indies, with a preliminary report from St. Lucia. *Aquatic Botany*, 91: 137–142
- Willette, D.A., J. Chalifour, A.O. Dolfi Debrot, M.S. Engel, J. Miller, H.A. Oxenford, F.T. Short. S.C.C. Steiner & F. Védie. 2014. Continued expansion of the trans-Atlantic invasive marine angiosperm *Halophila stipulacea* in the Eastern Caribbean. *Aquatic Botany*, 112: 98–102
- Williams, S.L. 2007. Introduced species in seagrass ecosystem: status and concerns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 350: 189-110.
- Wilkinson, C. & V. Baker. 1997. Survey manual for tropical marine resources. 2ª edición, Australian Institute of Marine Science. Townsville. 368p.
- Zieman, J. C. & R.T. Zieman. 1989. The ecology of the seagrass meadows of the west coast of Florida: A community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Report, 85 (7.25), Washington, D.C., 155p.

ⁱ En términos generales, una especie focal es aquella en la que se concentra o “enfoca” la atención, con dos propósitos: (1) servir como especie sustituta, bien sea para la planificación o para el monitoreo y manejo, y (2) como objeto de conservación per se. Para definiciones y conceptos, ver Kattan y Naranjo (2008)