

## Los pastos marinos de Cuba: estado de conservación y manejo

### *Cuban seagrass meadows: state of conservation and management*

Martínez-Daranas, B.<sup>1</sup>, Cano Mallo, M.<sup>2</sup> y L. Clero Alonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Pesqueras (MINAL). Ave. 5ª y 286, Santa Fe, Playa, Ciudad de la Habana 19100. [bmdaranas@gmail.com](mailto:bmdaranas@gmail.com); [beatriz@cip.telemar.cu](mailto:beatriz@cip.telemar.cu).

<sup>2</sup> Instituto de Oceanología (CITMA). Ave. 1ª No. 18406, Playa, Ciudad de la Habana 11600, Cuba.

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones Marinas (UH, MES). Calle 16 No. 114, Playa, Ciudad de la Habana 11300, Cuba.

### Resumen

Las praderas de angiospermas marinas tienen un alto valor por los servicios que proveen al funcionamiento de los sistemas costeros y al hombre. La tasa de declive de los pastos marinos en el mundo se estima alrededor del 1-2% año<sup>-1</sup> y parece acelerarse durante los últimos años debido a diversos factores de origen natural y antrópico, lo que lo sitúa entre los ecosistemas del planeta más vulnerables. Extensas zonas de la plataforma insular cubana están ocupadas por pastos marinos saludables. Sin embargo, en algunas áreas del Golfo de Batabanó y del Archipiélago Sabana-Camagüey han desaparecido o están amenazados por diversas causas, relacionadas principalmente con cambios en la calidad o en la dinámica de las aguas. En estas áreas de estudio se encontró que, en determinadas zonas cercanas a las costas con diverso grado de afectación antrópica, la disminución de la transparencia en el mar (debido a la eutrofización o por resuspensión de los sedimentos) impide el paso de la luz y con ello, el desarrollo de la vegetación marina. Se observó un impacto causado por la hipersalinización, fundamentalmente en zonas bajas con poco intercambio de agua con el océano, como las bahías de Los Perros y Jigüey. Se han realizado acciones encaminadas al manejo integrado de la zona costera en ambas zonas estudiadas. No existen evaluaciones integrales del estado de conservación de los pastos marinos en otras áreas de la plataforma cubana y aun persisten vacíos en el conocimiento y se carece de herramientas para lograr un adecuado manejo y adaptación a los cambios globales. Para lograrlo, se deben dirigir las investigaciones hacia la comprensión de los factores (naturales y antropogénicos) que puedan provocar el deterioro de este valioso ecosistema en cada zona, monitorizar las áreas más vulnerables a las acciones del hombre y a los cambios climáticos, para lograr predicciones más precisas. También deberán emplearse los recursos de la legislación ambiental existentes en el país, así como continuar con la educación ambiental y la concienciación de los actores.

## Abstract

Seagrass meadows have a high value due to the services they provide to the functioning of coastal systems and to man. Seagrass decline rate in the world is considered around 1-2% year<sup>-1</sup> and it seems to accelerate during the last years due to diverse factors of natural and anthropogenic origin, which places seagrasses among the most vulnerable ecosystems in the planet. Extensive areas of the Cuban insular shelf are occupied by healthy seagrass meadows. However, in some areas of the Gulf of Batabanó and of Sabana-Camagüey Archipelago, seagrasses have disappeared or they are threatened by diverse causes, mainly related to changes in seawater quality or dynamics. In these study areas it was found that, in certain areas near the coasts with diverse degree of anthropogenic impact, the decrease in the sea transparency (due to eutrophication or siltation) impedes light availability and thus the development of marine vegetation. An impact caused by hypersalinization was observed, mainly in shallow areas with little exchange, such as Los Perros and Jigüey bays. Actions towards the integrated coastal zone management have been carried out in both studied areas. Integral assessments of seagrass conservation state in other areas of the Cuban shelf are missing, and gaps in the knowledge persist. Tools to achieve an appropriate adaptive management in the face of global changes are lacking. In order to achieve effective management, research should be addressed toward the understanding of the factors (natural or anthropogenic) that can cause the deterioration of this valuable ecosystem in each area, monitoring the most vulnerable areas to man's actions and climate change, to attain more precise predictions. The environmental legislation resources existing in the country should be used. Environmental education to increase stakeholders' awareness should be continued.

**Palabras clave:** pastos marinos, estado, conservación, Cuba

**Key words:** seagrasses, state, conservation, Cuba.

## INTRODUCCIÓN

Los pastos marinos son ecosistemas que se caracterizan por el predominio de las angiospermas marinas, únicas representantes de este grupo de plantas que han evolucionado para adaptarse a condiciones de inmersión permanente en el medio marino. Están muy extendidos en las zonas costeras de todo el mundo, desde el círculo ártico hasta los trópicos, con excepción de las aguas del Antártico (Larkum, Orth y Duarte, 2006).

Se reconocen en la actualidad entre 60 y 70 especies de angiospermas que viven sumergidas en las aguas costeras continentales e insulares (Larkum *et al.*, 2006). Estas forman ecosistemas complejos altamente productivos que funcionan a partir de tramas tróficas sustentadas en el detrito y en el herbivorismo. Por este motivo han sido reconocidas como un importante recurso (Larkum *et al.*, 2006).

A diferencia de otros elementos de la biodiversidad marina que resultan atractivos para el hombre, como los corales, los peces, los mamíferos marinos, los quelonios u otras especies carismáticas, los pastos marinos fueron poco estudiados durante el siglo XIX y la mayor parte del XX. Sólo a partir de los años 60 del pasado siglo, comenzaron las investigaciones sobre su estructura, fisiología y funcionamiento, hasta llegar a vislumbrar la importancia de este valioso ecosistema y la necesidad de conservarlos.

Los pastos marinos están experimentando un declive a escala global desde hace varias décadas (Larkum *et al.*, 2006; Orth, Carruthers, Dennison, Duarte, Fourqurean, Kenneth, Hughes, Kendrick, Kenworthy, Olyarnik, Short, Waycott y Williams, 2006). La tasa de este declive se estima alrededor del 1-2% año<sup>-1</sup> y parece acelerarse durante los últimos años, lo que los sitúa entre los ecosistemas más vulnerables del planeta (Borum, Duarte, Krause-Jensen y Greve, 2004). Esto se atribuye fundamentalmente a factores físicos (erosión, enterramiento, disminución de la transparencia del agua) y químicos (aportes de nutrientes y de materia orgánica: Larkum *et al.*, 2006; Orth *et al.*, 2006) como resultado del desarrollo antrópico, así como a efectos del cambio global (Short y Neckles, 1999).

En el presente trabajo se exponen los bienes y servicios que prestan los pastos marinos a la zona costera y las causas más frecuentes de su deterioro a escala global y local. Se presenta asimismo, un análisis de los factores que provocan el deterioro de las praderas marinas en dos zonas de la plataforma insular cubana: el Archipiélago Sabana-Camagüey (etapa 2001-2003) y el Golfo de Batabanó (etapa 2003-2008), así como se proponen algunas acciones para lograr conservar este valioso ecosistema.

## ANTECEDENTES

### a) Importancia de los pastos marinos

En el pasado, los pastos marinos fueron valorados por su uso directo con diversos fines. Han sido empleados como alimento, como suplemento dietético por su contenido de minerales para el hombre y para animales, y como fuente de sal. El hombre ha usado las angiospermas marinas como material para la construcción de techos, paredes y diques, así como para la elaboración de papel, empaques y otros. Este recurso se aprovecha también en el filtrado de aguas residuales y en el mejoramiento de los suelos y de zonas costeras (Larkum *et al.*, 2006).

En la actualidad a los pastos marinos no solo se le confiere importancia por su uso directo, sino por los bienes y servicios que proporcionan al funcionamiento de los sistemas costeros y a la humanidad, que percibe beneficios directos e indirectos. Los pastos marinos juegan un importante papel en la economía de

los países con costa, proveyéndolos de numerosos recursos naturales y brindando servicios de incalculable cuantía. La valía de los pastos, ha cambiado en el tiempo y el lugar, y depende en muchos casos del método utilizado para estimar su valoración. La primera aproximación del valor de los bienes y servicios que prestan ha sido estimado en el orden de US \$19,000 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, tomando como referencia solamente su importancia en el reciclaje de nutrientes (Costanza, d'Arge, de Groot, Farberk, Grasso, Hannon, Limburg, Naeem, O'Neill, Paruelo, Raskin, Sutton y van den Belt, 1997). Virnstein y Morris (1996) estimaron que alrededor de 32 mil hectáreas de pastos marinos en Indian River (Florida) producían aproximadamente mil millones de dólares anualmente, teniendo en cuenta solamente la pesca.

Algunas de las funciones más importantes de estas plantas han sido detalladas por numerosos autores y resumidas por Borum *et al.* (2004) como sigue:

- Son promotores de la productividad y la diversidad biológica por la alta tasa de producción primaria de las angiospermas y de las algas asociadas, de modo que producen oxígeno y regulan el ciclo global del carbono. Son zonas de cría para diferentes especies, muchas de interés económico (como la langosta espinosa *Panulirus argus* o el cobo *Strombus gigas*) o conservacionista (como el manatí *Trichechus manatus*). Como resultado de su productividad y de su complejidad estructural, los pastos marinos incrementan la diversidad de hábitats y de especies.
- Mejoran la calidad del medio marino al amortiguar la energía del oleaje y retener partículas suspendidas en el agua, mejorando su transparencia. Las angiospermas y las macroalgas asociadas absorben los nutrientes del agua y los sedimentos, actuando como filtros.
- Las hojas y el sistema radicular de las angiospermas favorecen la estabilización de los sedimentos y reducen su resuspensión, protegiendo a las costas contra la erosión y a los arrecifes coralinos contra la sedimentación excesiva. La acumulación de hojas en las playas disipa la energía de las olas y retienen los sedimentos. Son fuente de sedimentos producto de los esqueletos carbonatados de los organismos que viven en ellos (macroalgas, foraminíferos, moluscos, equinodermos, etc.).
- Recientemente se ha comprobado la potencialidad de las angiospermas marinas y muchos organismos (principalmente invertebrados y algas) asociados a éstas como productores de sustancias bioactivas, con aplicación en las industrias médico-farmacológica y cosmetológica (Llanio, Fernández, Concepción, Mustelier y Cabrera, 1998; Rowley, Hansen, Rhodes, Sotriffer, Ni, McCammon, Bushman y Fenical, 2002).

## **b) Causas de la declinación de los pastos marinos**

La declinación de los pastos marinos ha sido registrada en numerosas áreas del mundo, por causas tanto de origen natural como antrópico. En muchos

casos se han producido cambios drásticos desde un estado dominado por angiospermas en un ambiente oligotrófico, hacia un estado dominado por el fitoplancton cuando los nutrientes exceden un cierto nivel. El regreso a las concentraciones anteriores no garantizan el retorno al estado inicial de la pradera (Larkum *et al.*, 2006; Duarte, Conley, Carstensen y Sánchez-Camacho, 2009).

Hay fenómenos naturales que pueden impactar severamente los pastos marinos, entre los que se encuentran eventos geológicos y meteorológicos como: terremotos y erupciones volcánicas, movimientos de la corteza terrestre, erosión debido al aumento de la energía en la zona costera por desastres naturales como tormentas o huracanes, cuyas olas pueden desenterrar las plantas, así como inundaciones que provocan descargas de sedimentos y cambios bruscos de salinidad (van Tussenbroek, 1994; Short y Wyllie-Echeverría, 1996; McKenzie, Roder, Roelofs y Lee Long, 2000).

La abundancia de los pastos marinos también se afecta por interacciones biológicas interespecíficas e intraespecíficas, tales como: competencia por los recursos (Davis y Fourqurean, 2001), ciclos naturales de desarrollo y envejecimiento de las plantas (Duarte, Marbà, Agawin, Cebrián, Enríquez, Fortes, Gallegos, Merino, Olesen, Sand-Jensen, Uri y Vermaat, 1994), el herbivorismo, enfermedades (Larkum *et al.*, 2006), y la acción de organismos que alteran los sedimentos (Dumbauld y Wyllie-Echeverría, 2003).

El cambio global está afectando severamente a la biodiversidad global, incluyendo la biodiversidad marina y costera de todo el planeta, y los pastos marinos se encuentran bajo amenaza. Duarte (2006) plantea que “el término cambio global define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra”, mientras que “el cambio climático se refiere al efecto de la actividad humana sobre el sistema climático global, que siendo consecuencia del cambio global afecta, a su vez, a otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema Tierra”. Entre las causas antropogénicas de la declinación de los pastos se destacan:

**Eutrofización:** Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en todo el mundo, y se produce al aumentar la descarga de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) por residuales de la actividad humana como albañales, industrias y fertilización agrícola. El incremento de nutrientes en la columna de agua favorece el desarrollo del fitoplancton y de macroalgas oportunistas de crecimiento rápido que obstruyen el paso de la luz hasta las plantas (Larkum *et al.*, 2006).

**Sedimentación:** El incremento de asentamientos humanos en las costas ha provocado cambios en el uso de la tierra en todo el mundo, por lo que se realiza la deforestación para producciones agropecuarias o para la obtención de madera y carbón vegetal, lo que implica el aumento de la erosión y del transporte de sedimentos hasta el mar e impide que la luz llegue a las plantas o produce el enterramiento de los pastos (Halun, Terrados, Borum, Kamp-Nielsen, Duarte y Fortes, 2002; Hernández-Zanuy, Lorenzo, Esquivel, Guerra y

Sosa, 2008).

**Contaminación química:** Diversas actividades humanas conducen a la contaminación de los mares por sustancias o elementos tóxicos para las plantas y los animales, como metales pesados, hidrocarburos y pesticidas (Larkum *et al.*, 2006).

**Daños mecánicos:** Los producidos por artes de pesca (como los chinchorros arrastreros) y anclas, así como la turbulencia generada por embarcaciones (en zonas turísticas de mucho tráfico de naves) han provocado la eliminación de pastos en áreas extensas (Hamilton, 2000; Koch, 2002; Orth, Fishman, Wilcox y Moore, 2002).

**Cambios hidrológicos:** Acciones ingenieras en la zona costera, como construcciones, viaductos, dragados y diques han producido cambios en la hidrodinámica de algunos cuerpos de agua, lo que ha provocado la muerte de los pastos marinos en grandes extensiones en todo el mundo (Hamilton, 2000; Ruiz y Romero, 2003).

**Especies exóticas:** La introducción de especies exóticas, ha provocado la disminución de los pastos marinos en zonas importantes. El caso más divulgado es el de la especie de alga *Caulerpa taxifolia*, que ha desplazado a las angiospermas marinas en amplias zonas del Mar Mediterráneo (Kenworthy, Wyllie-Echeverria, Coles, Pergent y Pergent-Martini, 2006).

**Cambio climático:** Las observaciones a escalas de tiempo largas en pastos marinos son bastante escasas, y por ello, los efectos del cambio climático no están bien documentados (Short y Neckles, 1999). Es aun difícil atribuir los cambios en la distribución espacial y en la densidad de angiospermas marinas a las variaciones climáticas. Existen diversos criterios sobre el papel que desempeña el hombre en estos cambios, y es muy frecuente la simultaneidad de ocurrencia de impactos antropogénicos con otros producidos por fenómenos naturales. No obstante, se han realizado algunos pronósticos y observaciones sobre la degradación de los pastos marinos relacionadas con el cambio climático (Short y Neckles, 1999; Duarte, 2006; Short, Koch, Creed, Magalhaes, Fernandes y Gaeckle, 2006), como por ejemplo:

- El incremento de la temperatura superficial del mar que aumenta la tasa de respiración genera eventos de hipoxia, produce cambios en la distribución de las especies y mortalidad de organismos, con cambios significativos en la trama trófica a nivel de ecosistema.
- El ascenso del nivel medio del mar producirá cambios en la distribución de los sedimentos y de los ecosistemas, con reducción en la disponibilidad de la luz en los fondos por la resuspensión de sedimentos más finos.
- El aumento de la presión parcial del dióxido de carbono en el agua de mar (que produce acidificación y una menor calcificación en los

organismos que incorporan el carbonato de calcio a sus esqueletos).

- La intensificación y mayor frecuencia de los eventos meteorológicos como huracanes y tormentas severas, donde el oleaje generado y las lluvias intensas destruyen el hábitat.

La adaptación de las costas al cambio climático es un reto mayor para los países en desarrollo que para los países desarrollados, debido a las limitaciones económicas de su capacidad de adaptación. Los beneficios de la adaptación pueden tener un alcance local, regional o global, y pueden ser inmediatos, sobre todo si estos abordan también las vulnerabilidades a las condiciones climáticas actuales. Por otra parte, el desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático, promoviendo la adaptación. Por ello es necesario incluir, de manera explícita, la adaptación a los impactos del cambio climático o la promoción de la capacidad adaptativa, en los planes de fomento de la sostenibilidad (IPCC, 2007). Por ello, una de las principales medidas de adaptación para la conservación de la biodiversidad marina a escala local consiste en reducir al mínimo posible las acciones de origen humano que la estén afectando (los pastos marinos en este caso) mediante un manejo adecuado, para así facilitar su adaptación natural al cambio climático, dentro de las acciones encaminadas a lograr el desarrollo sostenible (IPCC, 2007).

### c) Los pastos marinos en Cuba

El desarrollo de los pastos marinos en Cuba está favorecido por la extensión de la plataforma somera (menos de 30 m de profundidad) que se extiende alrededor de la isla principal y de los archipiélagos. Los pastos marinos ocupan aproximadamente el 50% de los fondos con sedimentos particulados (arenosos a fangosos) que se encuentran en dicha plataforma, y están distribuidos de forma discontinua y con densidad variable en toda la plataforma marina (Vales, Álvarez, Montes y Ávila, 1998). Las mayores extensiones se encuentran en las zonas donde la plataforma marina es más amplia, como el norte de Pinar del Río (Buesa, 1974), el Golfo de Batabanó (Jiménez y Alcolado, 1990), el Archipiélago Sabana-Camagüey (Alcolado, García y Espinosa, 1999), parte del Golfo de Ana María y Guacanayabo, y casi toda la costa baja que bordea los cayos y bahías (Claro, 2006).

Las especies de angiospermas marinas más frecuentes y de mayor biomasa en la plataforma cubana son: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. En ocasiones se pueden hallar las especies *Halophila decipiens*, *H. engelmanni* y *Ruppia maritima*, la cual generalmente aparece en aguas dulces y salobres. De estas especies, la primera es la de mayor importancia por su distribución, biomasa e importancia ecológica (Claro, 2006).

Los pastos marinos fueron estudiados por primera vez en la zona noroccidental de Cuba en los años 70 por Buesa (1974). En los años 80 se realizaron investigaciones en el norte de La Habana (Jiménez y Alcolado, 1989) y en el Golfo de Batabanó (Jiménez y Alcolado, 1990). En los años 90 se realizaron

investigaciones prospectivas en el Archipiélago Sabana-Camagüey que incluyeron el macrofitobentos (Martínez-Daranas, Jiménez y Alcolado, 1996) y se realizaron censos que mostraron las variaciones temporales en la dinámica de *Thalassia testudinum* en el norte de la Habana (Martínez-Daranas, Alcolado y Duarte, 2005).

A partir del año 2000 se produjo un incremento de investigaciones relacionadas con este biotopo: Por ejemplo, Cabrera (2002) comprobó, en tres zonas de la Bahía de Nuevitás, que la reducción en la biomasa o la producción foliar de *T. testudinum*, así como la abundancia y estructura de las macroalgas acompañantes pueden estar relacionadas con la actividad pesquera con chinchorro o con los vertimientos de residuales. Clero (2003) analizó la demografía de *T. testudinum* y su relación con la dinámica de los sedimentos al norte de Cayo Coco, Ciego de Ávila. En este trabajo se encontró que las praderas marinas pueden sufrir un enterramiento importante ante eventos meteorológicos severos, y con ellos cierto grado de mortalidad, y se comprobó que estas praderas requieren 1-2 años para completar su recuperación, de no producirse nuevos eventos de este tipo.

Más recientemente se han realizado estudios multidisciplinarios sobre la distribución y el estado de conservación de los pastos marinos en zonas amplias de la plataforma cubana, como el Golfo de Batabanó (Martínez-Daranas, Cano, Díaz-Larrea, Pérez, Esquivel y Hernández, 2005; Hernández-Zanuy *et al.*, 2008) y el Archipiélago Sabana-Camagüey (Martínez-Daranas, Cano-Mallo, Perdomo, Clero-Alonso, Díaz-Larrea, Guimaraes, Zúñiga-Ríos, Alcolado, Duarte y Siret, 2007), algunos de cuyos resultados serán detallados más adelante.

En los archipiélagos de los Colorados y Jardines de la Reina, ambos de un interés conservacionista y pesquero, se ha observado la existencia de pastos marinos saludables, en áreas con un importante intercambio con el océano y poca acción antrópica, aunque no se han realizado evaluaciones extensivas de su estado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caso de estudio 1: Archipiélago Sabana-Camagüey

Como parte del proyecto PNUD/GEF CUB/98/G32 “Acciones prioritarias para consolidar la protección del Ecosistema Sabana-Camagüey”, se realizó una evaluación del estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés conservacionista del Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) durante el período 2001-2003 en más de 100 estaciones. Se consideraron variables descriptivas de las angiospermas marinas, de la estructura del macrofitobentos, así como variables abióticas para conocer las causas de su afectación.

En estas áreas, se encontraron angiospermas marinas en 79 de 104 estaciones (76.7%) evaluadas. Se hallaron tres especies: *T. testudinum*, *S.*

*filiforme* y *H. wrightii*, acompañadas generalmente de macroalgas en densidades variables. *T. testudinum* predominó en biomasa foliar en el 71% de las estaciones con pastos, mientras que *S. filiforme* y *H. wrightii* aparecieron en el 42% y en el 47% de las estaciones con pastos y predominaron sólo en ocho y en tres estaciones, respectivamente. La biomasa foliar seca de *T. testudinum* promedió  $95.6 \pm 6.8$  g PS  $m^{-2}$  ( $\pm$  error estándar de la media; PS = peso seco) en las estaciones donde hubo pastos, y la densidad de vástagos,  $732.0 \pm 40.7$   $m^{-2}$ . La biomasa foliar de *S. filiforme* tuvo como promedio  $7.4 \pm 1,3$  g PS  $m^{-2}$ , y la de *H. wrightii*,  $4.3 \pm 0.9$  gPS  $m^{-2}$ .

Los pastos marinos mejor conservados y con una mayor riqueza de especies de macroalgas se encontraron en las zonas con mayor intercambio con el océano (Fig. 1), donde la salinidad fluctúa entre 36 y 37 ups, coincidiendo con los valores más bajos de la concentración de nutrientes y de materia orgánica, y más altos de visibilidad en el agua. Se destacaron las lagunas arrecifales al norte de los cayos exteriores y algunas áreas de la macrolaguna, como el lóbulo N de la bahía de Cárdenas, el SW de Cayo Frago y la bahía de Nuevitas.

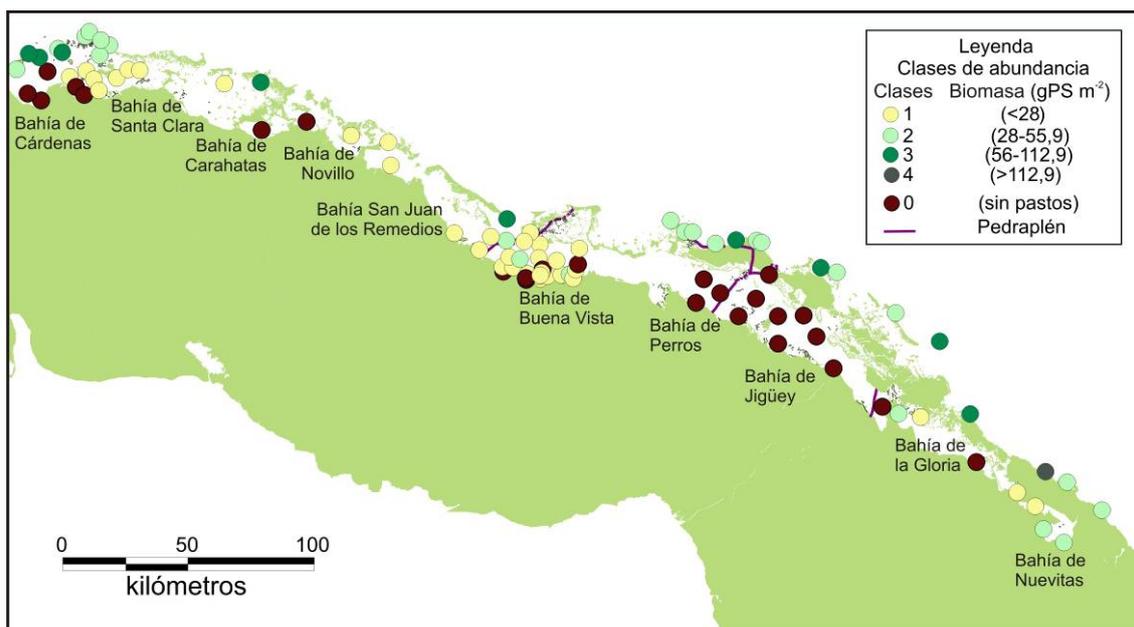


Figura 1. Biomasa foliar seca total de angiospermas marinas en el Archipiélago Sabana-Camagüey en el periodo 2001-2003, expresada en clases de abundancia en escala logarítmica.

*Figure 1. Total dry foliar biomass of marine angiosperms in Sabana-Camagüey Archipelago during the period 2001-2003, expressed in abundance classes in a logarithmic scale.*

La poca transparencia del agua causada por la contaminación orgánica y la resuspensión de sedimentos finos perturban los pastos marinos en determinadas zonas cercanas a la costa en la isla principal, especialmente en

las bahías con poco intercambio con el océano (Fig. 1). Las bahías de Perros, Jigüey y La Gloria están afectadas además, por la hipersalinización (Martínez-Daranas *et al.*, 2007). La macrolaguna del ASC es poco profunda y tiene un intercambio limitado con el océano, sobre todo en su porción Este, lo que sumado a los procesos de evaporación intenso y la sequía que se produjo en los años 2001-2003, agudizó la hipersalinización, además de favorecer la acumulación de nutrientes y materia orgánica en el medio, en detrimento de los pastos marinos.

Se comprobó que los pedraplenes que se construyeron con pocos o ningún paso de agua en tramos largos agudizaron la hipersalinización y dificultaron la disolución de los contaminantes orgánicos en las bahías del ASC, fundamentalmente en las bahías de Buenavista, De Perros y Jigüey (Martínez-Daranas *et al.*, 2007). Ello ocasionó un mayor impacto sobre los pastos marinos. Durante la etapa constructiva del Pedraplen de Cayo Santa María entre 1990 y 1994. Perdomo (1998) observó un reordenamiento en la distribución espacial de la vegetación submarina de forma no uniforme en los sitios estudiados, así como de los sedimentos en el fondo.

En áreas donde se emplean artes de pesca de arrastre (chinchorro), se demostró la disminución de la biomasa foliar y del largo de las hojas de *Thalassia testudinum* y su posterior recuperación, después de un periodo de cese de esta acción. Ejemplo de esto se confirmó en determinadas áreas de la bahía de Nuevitas (Cabrera, 2002).

### **Caso de estudio 2: El Golfo de Batabanó**

En el marco de varios proyectos de investigación (Martínez-Daranas *et al.*, 2005; Hernández-Zanuy *et al.*, 2008; Areces, Castellanos, Hidalgo, Valle, Abreu, Martínez-Iglesias, Ramos, Cantelar y García-Cagide, 2006), se realizó una evaluación del estado de conservación de los pastos marinos de este Golfo en el periodo 2003-2008, en más de 100 estaciones donde se efectuaron muestreos o evaluaciones cualitativas.

Se encontró que más de la mitad de los fondos marinos en el Golfo de Batabanó están cubiertos por pastos (65%), pero más del 50% de las estaciones que se estudiaron presentaron bajos valores de biomasa foliar promedio (menores de 28 gPS m<sup>-2</sup>; Fig. 2).

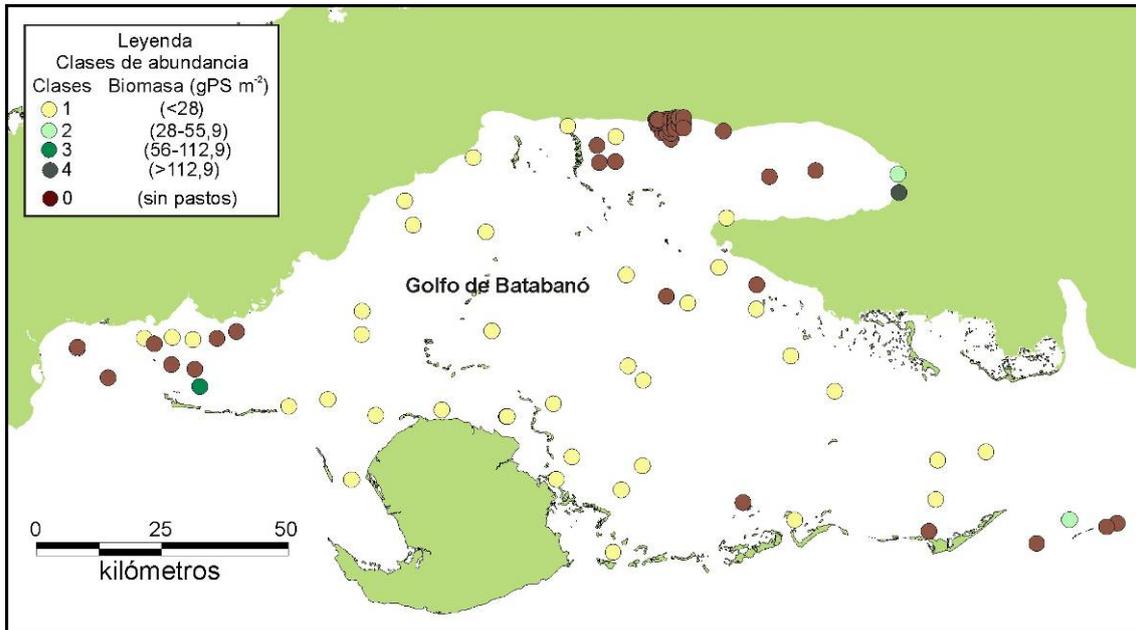


Figura 2. Biomasa foliar seca total de angiospermas marinas en el Golfo de Batabanó en el periodo 2003-2008, expresada en clases de abundancia en escala logarítmica.

Figure 2. Total dry foliar biomass of marine angiosperms in the Gulf of Batabanó during the period 2003-2008, expressed in abundance classes in a logarithmic scale.

Se calculó que entre los años 1985 y 2005 desapareció alrededor del 26% de la superficie de fanerógamas marinas en la macrolaguna (un área equivalente a 5.580 km<sup>2</sup>), particularmente desde la Ensenada de Cortés hasta el extremo SW de la Península de Zapata, en una franja costera que oscila entre 1 hasta 35 km de ancho (Areces *et al.*, 2006). Esto parece deberse a procesos que ocasionan el aumento de la turbidez del agua, asociados fundamentalmente a la erosión de la zona costera, relacionado con la acción antrópica, principalmente por la tala indiscriminada del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Hernández-Zanuy *et al.*, 2008).

La especie de fanerógama predominante fue *T. testudinum* aunque en áreas localizadas cerca de la costa de Surgidero de Batabanó y del sur de Pinar del Río se encontraron hasta 5 especies de fanerógamas marinas. En general, el promedio de la biomasa foliar total de angiospermas marinas fue bajo, si se compara con lo hallado en el ASC (Figs. 1 y 2). Esto pudiera deberse a un deficiente estado nutricional de esta especie. El contenido de carbono, nitrógeno y fósforo, o las razones de estos macronutrientes en el tejido de las plantas son indicadores de su estado nutricional, y la desviación de esta razón se considera como indicador de limitación por nutrientes (Touchette y Burkholder, 2000). En el muestreo realizado entre 2004 y 2005 en 17 estaciones en el Golfo de Batabanó, la razón atómica C:P en las hojas de *T. testudinum* fue de 1297 ± 93, lo cual representa un valor casi tres veces mayor a la media

estimada para las fanerógamas en general (435:1; Duarte, 1992). El contenido de fósforo en las hojas de *T. testudinum* fue de  $0.072 \pm 0.005\%$  del peso seco, tres veces inferior al valor considerado como crítico para las angiospermas marinas (0.2%). Esto explicaría en parte, la baja densidad de *T. testudinum* en una gran parte del Golfo, así como la poca presencia de especies con mayores requerimientos del nutriente, como *S. filiforme* y *H. wrightii*, excepto en algunas zonas cercanas a la costa con mayor aporte terrígeno.

Esta limitación nutricional en los pastos marinos del Golfo de Batabanó pudiera estar relacionada por las características de sus sedimentos. En zonas costeras tropicales y subtropicales con frecuencia se encuentran sedimentos ricos en carbonatos, los cuales se originan por la fragmentación y acumulación de esqueletos de moluscos, foraminíferos, algas calcáreas y equinodermos (bioclastos), o por precipitación química (oolitas; Ionin, Pavlidis y Avello, 1977). Los sedimentos carbonatados tienen una alta capacidad para secuestrar por adsorción el fosfato del medio, la cual está inversamente relacionada con el tamaño la partícula (Erftemeyer y Middelburg, 1993). Los sedimentos del Golfo de Batabanó fueron caracterizados en los años 70 y se encontró que una gran extensión del Golfo contenía más del 50% de carbonato de calcio y que se encuentran sedimentos finos de origen oolítico, principalmente en la región centro-este del Golfo (Pavlidis, Ionin, Ignatov, Lluís Riera y Avello, 1977).

La limitación por nutrientes puede ser un fenómeno temporal o puede tener un carácter permanente. En los ambientes templados es más probable la limitación por nutrientes de forma estacional, mientras que en los trópicos es la forma permanente la más probable (Hemminga y Duarte, 2000). La limitación por nutrientes afecta el funcionamiento de los vástagos individuales y clones, y generalmente resulta en una reducción de la productividad de la hoja y de la biomasa por unidad de área. Ello pudiera influir negativamente en la resiliencia de los pastos marinos ante el estrés provocado por el cambio y la variabilidad del clima. La formación o disolución de los sedimentos oolíticos pudiera ser afectado por el cambio climático, debido a los cambios en la presión parcial del CO<sub>2</sub> en la atmósfera y a la acidificación del océano. Por las funciones y servicios que brindan los pastos marinos en esta región y al probable impacto del cambio climático sobre este ecosistema, es importante continuar los estudios sobre el estado nutricional de las angiospermas marinas del Golfo de Batabanó y su relación con los sedimentos.

El déficit de nutrientes en los sedimentos sumado a otros problemas ambientales e impactos asociados al Golfo reportados a mesoescala y a nivel local, pueden afectar seriamente los pastos, de forma directa o indirecta (Areces *et al.*, 2006) y causar el deterioro o desaparición de las praderas marinas en el Golfo. Entre estos problemas se destacan: una mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos que provoca el deterioro del hábitat bentónico; la sobrepesca que altera la estructura trófica del ecosistema; las modificaciones físicas por construcciones en la franja litoral que provocan erosión de la zona costera; las deficiencias en los mecanismos de vigilancia y

control que no impiden la tala furtiva del manglar (lo que genera turbidez en el agua); la eutrofización que ocasiona disminución de la luz necesaria para las plantas. Por todo lo anterior, estos autores plantean la necesidad de un ordenamiento ambiental del Golfo de Batabanó con el fin de asegurar la conservación de sus comunidades más representativas o singulares e implementar el manejo de aquellas áreas bajo categorías estrictas de protección, por centros científicos vinculados al mar con el fin de documentar sin interferencias los cambios naturales y los procesos de recuperación o deterioro que están teniendo lugar en el golfo.

### **Impactos del cambio climático**

La escasez de recursos dirigidos a estudiar el efecto del cambio climático sobre los pastos marinos en Cuba impide la emisión de pronósticos precisos al respecto, y menos aun hacia la adaptación (Martínez-Daranas, 2008). Algunos de los impactos que se prevé que pueden producir cambios importantes en los pastos marinos de Cuba se destacan:

1. El incremento del nivel del mar producirá cambios en el relieve del fondo, en la circulación de las aguas así como erosión en la zona costera, con el consiguiente movimiento de sedimento, lo que afectará el paso de la luz hasta las plantas bentónicas o producirá enterramiento de las mismas (con mayor vulnerabilidad en el Golfo de Batabanó).
2. La alteración en el régimen de precipitaciones (sequías o precipitaciones intensas) favorecerá cambios bruscos de salinidad que afectará las plantas (principalmente en zonas con poco intercambio como la macrolaguna del archipiélago Sabana-Camagüey).
3. El aumento de la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos puede provocar afectaciones importantes en los pastos marinos debido al oleaje generado que arranca las plantas, o a precipitaciones intensas que promuevan el arrastre de agua dulce y sedimentos hasta el mar, produciendo mortalidad por enterramiento (con mayor vulnerabilidad en el Golfo de Batabanó).
4. El aumento de la temperatura del agua en zonas someras y con poco intercambio puede provocar mortalidad de angiospermas marinas y otros organismos del ecosistema (principalmente en áreas de la macrolaguna del archipiélago Sabana-Camagüey).
5. El aumento de la presión parcial del dióxido de carbono en el agua puede favorecer los procesos fotosintéticos con un aumento de la productividad y la biomasa de las plantas, pero se desconoce el posible efecto del descenso del pH sobre las mismas.

### **Consideraciones sobre la conservación de los pastos marinos**

Muchos autores reconocen que, si bien las investigaciones sobre los pastos

marinos han aumentado en los últimos años, el conocimiento público ha quedado muy detrás del existente sobre otros ecosistemas costeros, como los arrecifes coralinos y los manglares. De ahí que plantean la necesidad de desarrollar un esfuerzo dirigido a la conservación, que incluya una reducción de los impactos provocados por el hombre, así como programas de educación ambiental para informar a los tomadores de decisiones y al público del valor de las praderas marinas y la forma de conservarlas (Orth *et al.*, 2006).

Kenworthy *et al.* (2006) plantean que la ciencia de la biología de la conservación, dirigida a los pastos marinos, debe tener en cuenta factores como: (1) conocer las causas que provocan la fragmentación del hábitat y la resiliencia de los pastos ante el estrés; (2) ser capaces de predecir la respuesta del ecosistema ante múltiples factores de estrés; (3) estudiar, manejar y conservar los pastos marinos a diferentes escalas: local, regional y global; (4) considerar el efecto de las especies invasoras y (5) continuar investigando la biología y la ecología de las especies de angiospermas marinas, así como a nivel de comunidades y ecosistemas, para poder hacer predicciones precisas que permitan tomar acciones de manejo para lograr la conservación a largo plazo.

Cada vez existen nuevas evidencias del impacto del cambio global sobre la biodiversidad marina (Duarte, 2006). Por ello resulta importante investigar cómo inciden los cambios globales o la variabilidad del clima sobre los pastos marinos en las escalas local, regional y global, para lograr una mejor adaptación del ecosistema y de los bienes y servicios que reporta al hombre.

El nivel y la complejidad de los agentes naturales y humanos que afectan los ecosistemas de pastos marinos y amenazan su biodiversidad han sido documentados (Short y Wyllie-Echeverría, 1996; Duarte, 2002). Resulta también importante el hecho de que la diversidad de especies de angiospermas marinas es relativamente baja, al compararla con las terrestres y de agua dulce (Hemminga y Duarte, 2000). Esto se manifiesta también por la existencia de pocas especies endémicas con rangos geográficos muy estrechos. Muchas de estas praderas son monoespecíficas, por lo que la pérdida de una sola especie puede producir la pérdida del atributo estructural entero de un sistema costero, lo que disminuye el mantenimiento de los servicios ecológicos.

Los científicos y tomadores de decisiones se enfrentan a problemas de manejo de recursos a largo plazo a una variedad de escalas espaciales que requieren un acercamiento adaptable en la identificación de las prioridades de la investigación. Un desafío fundamental para la ciencia es desarrollar capacidades predictivas que los decisores puedan usar a las diferentes escalas temporales y espaciales. Sin embargo, muchos problemas necesitan ser resueltos inmediatamente, sin el beneficio de la contribución de series largas de datos, para determinar la mejor práctica de manejo para los propósitos de conservación. Por consiguiente, la síntesis de la información existente (Duarte, 2002) y la ciencia aplicada a "tiempo real" es sumamente pertinente al manejo adaptativo (Kenworthy *et al.*, 2006).

Uno de los enfoques más abarcadores es el de la gestión integrada de la zona marina costera (GIZMC; Martínez-Iglesias, Areces, Quintana, Viña, Zúñiga y Beyris, 2007), quienes la definen como “un proceso organizativo dinámico y continuo, que unifica al gobierno y la comunidad, a la ciencia y el manejo y a los distintos intereses de las entidades económicas, la conservación de los recursos naturales, así como en la preservación e implementación de un programa integral para el desarrollo y protección de los recursos y ecosistemas costeros”.

El Archipiélago Sabana-Camagüey y el Golfo de Batabanó ocupan aproximadamente el 54% de la plataforma marina cubana, y en ambos casos se encuentran evidencias de deterioro de los pastos marinos en algunas áreas. Dada la cantidad y variedad de recursos naturales, ambas regiones poseen una gran importancia económica para el país, fundamentalmente aquellos que sustentan la actividad extractiva de la pesca y el desarrollo del turismo. Pero las características ambientales son diferentes para cada caso, por lo que las consideraciones para su manejo y las medidas a tomar deberán estar en concordancia con las características ecológicas, sociales, culturales y económicas para cada una de las zonas (Larkum *et al.*, 2006).

La macrolaguna en la parte oriental del ASC tiene poco intercambio con el océano, donde la hipersalinización y la acumulación de materia orgánica y nutrientes pueden provocar un fuerte impacto en la biota marina, pero a su vez está más protegido de la acción del oleaje generado por los eventos meteorológicos extremos, por la cadena de cayos que se encuentra al norte. El Golfo de Batabanó tiene un mayor intercambio con el océano, y al tener una plataforma tan amplia, el efecto de la acción humana en la zona costera queda más alejada que en el ASC. Sin embargo, resulta más expuesto al embate de las olas debidas a estos eventos.

Entre las experiencias desarrolladas en nuestro país, en el archipiélago Sabana-Camagüey se han realizado diversas acciones desde finales de 1993 como parte de los proyectos financiados por el PNUD y el GEF (Alcolado *et al.*, 1999; 2007). Entre dichas acciones se destaca el esfuerzo mancomunado encaminado a lograr un mayor conocimiento de la biodiversidad en la región hacia el Manejo Integral de la Zona Costera (MIZC), donde participaron numerosas instituciones, tanto en la identificación de los problemas como en las investigaciones. En abril del 2004, se logró el establecimiento legal, por parte del CITMA, del Órgano de Manejo Integrado Costero del Ecosistema Sabana-Camagüey (OMIC), llamado a jugar un papel fundamental integrador, coordinador, con peso en la toma de decisiones, y garante de los esfuerzos para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Además, se confeccionaron protocolos para el monitoreo de la biodiversidad y de los más importantes ecosistemas costeros en esta región, con posibilidades de sistematizarse, replicarse y extenderse a otras regiones del país, siempre que exista la voluntad política y la concienciación de que estas acciones brindan información útil para el manejo de la zona costera y facilitan la

discusión de los problemas ambientales y su solución sobre bases científicas. También se ha avanzado en la creación de capacidades y el fortalecimiento institucional y la puesta en marcha de laboratorios costeros en cinco provincias del país, todo lo cual apoyan las acciones de manejo. Otras actividades estuvieron encaminadas a la educación ambiental, haciendo hincapié en la capacitación, concienciación y participación de los sectores económicos claves y de las comunidades en asuntos ambientales y hacia la protección de la biodiversidad. Las lecciones aprendidas en el marco de estos proyectos multidisciplinarios han sido difundidas en varios países de la región del Caribe (Alcolado *et al.*, 1999; 2007).

En el Golfo de Batabanó se identificó una carencia de series largas de tiempo para documentar las tendencias de cambios en estos ecosistemas, y se destacaron vacíos en el conocimiento de las componentes físico-químicas, biológico-ecológicas y económico-operacionales (Areces *et al.*, 2006). De ahí la imperiosa necesidad de continuar estudiando los factores que ocasionan estrés en los pastos marinos en las zonas más vulnerables del Golfo. Se realizó el diagnóstico de la problemática ambiental de la región, con vistas a la futura implementación de un programa para la gestión integrada de su zona marina costera (GIZMC; Areces y Martínez-Iglesias, 2008). Se identificaron, se evaluaron y jerarquizaron los principales problemas ambientales, sociales e institucionales presentes en el Golfo y se concluyó con recomendaciones de manejo, cuyo éxito depende de que se logre un mayor liderazgo por parte del gobierno y sus instituciones pertinentes, la disponibilidad de financiamiento para el desarrollo de proyectos ejecutivos vinculados a la eliminación o la paliación de problemas ambientales, la rehabilitación de los ecosistemas afectados y el mejoramiento de los procesos de planificación y toma de decisiones (Areces y Martínez-Iglesias, 2008).

Solamente se han realizado evaluaciones integrales sobre la biodiversidad y el estado de conservación de los pastos marinos en estas dos áreas de la plataforma. Los esfuerzos dirigidos al estudio y al manejo de este ecosistema en otras zonas han sido puntuales. Las regiones **NW** y **SE** de la plataforma cubana tienen grandes valores desde los puntos de vista ecológico y económico para la sostenibilidad de las actividades productivas más importantes a nivel de país, por lo cual deben ser más estudiadas.

Resulta necesario dirigir una parte de los recursos disponibles para la protección de la biodiversidad costera y marina de la República de Cuba, así como el esfuerzo mancomunado de la comunidad científica y los sectores productivos del país, a la protección de los pastos marinos, los que tienen una gran importancia para el país. Falta lograr un incremento de la concienciación del problema para lograr una concertación de todos los actores que utilizan, de forma directa o indirecta, los bienes y servicios que brinda este ecosistema.

## CONCLUSIONES

1. Los pastos marinos en algunas áreas del Golfo de Batabanó y del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba, están siendo afectados por diversos factores, tanto de origen antrópico como natural, debido principalmente a la disminución de la disponibilidad de luz, por los aportes de nutrientes y materia orgánica al medio o la sedimentación excesiva, así como por altas salinidades en las zonas con poco intercambio con el océano. También se han encontrado afectaciones en algunas áreas provocadas por la pesquería con chinchorro arrastrero.
2. Aun se desconoce el estado de salud de los pastos marinos en sitios de interés económico y conservacionista, como las zonas **NW** y **SE** de la plataforma cubana.
3. No se tienen aun las herramientas necesarias, como estudios fundamentales sobre la biología de las angiospermas marinas u observaciones a escalas de tiempo largas mediante el monitoreo, que permitan predecir los cambios que puedan producirse en este ecosistema a escala local o regional por el cambio climático.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando investigaciones básicas y aplicadas sobre la biología de las angiospermas marinas para el mejor manejo de los pastos marinos de Cuba, incluyendo estudios sobre los posibles impactos del cambio climático en este ecosistema.
2. Evaluar el estado de conservación de los pastos marinos en las zonas **NW** y **SE** de la plataforma cubana mediante indicadores biológicos y físico-químicos.
3. Incluir el monitoreo de los pastos marinos dentro del Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental Marino, coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA, en las áreas protegidas marinas, en zonas de interés económico o ya identificadas como afectadas o vulnerables al cambio climático.
4. Continuar implementando la gestión integrada de la zona marina costera (GIZMC) y que se incluyan, dentro del procedimiento y análisis de las zonas bajo manejo que realiza el Centro de Gestión y Educación Ambiental (CIGEA), a todos los actores que utilizan los bienes y servicios que aportan los pastos marinos, o cuyas acciones produzcan afectaciones en este ecosistema.
5. Unificar los esfuerzos y recursos dirigidos a la implementación de la GMIZC con el Sistema de Educación Ambiental coordinado por el CIGEA, dirigido a ampliar el conocimiento sobre los pastos marinos y su importancia ecológica y económica, así como divulgar las funciones y los servicios que este ecosistema brinda al hombre, con el objetivo de elevar el nivel de concienciación de los actores a todos los niveles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcolado P. M., García E. E. y Arellano-Acosta, M. E. (eds.) 2007. *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. Editorial Academia, La Habana, 183 pp.
- Alcolado, P. M., García, E. E. y Espinosa, N. (eds.) 1999. *Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey*. Proyecto GEF/PNUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31, CESYTA S. L., Madrid.
- Areces, A. J. y Martínez-Iglesias, J. C. 2008. Gestión Integrada de la Zona Marino Costera (GIZMC) en Cuba. Estudio de caso: el Golfo de Batabanó. *Serie Oceanológica*. 4: 17-55, <http://oceanologia.redciencia.cu> [Consultado: Agosto, 7/2009].
- Areces, A. J., Castellanos, S., Hidalgo, G., Valle, R. del, Abreu, M., Martínez-Iglesias, J. C., Ramos, Z., Cantelar, K., y García-Cagide, A. 2006. *Informe Final. Proyecto "Hacia el uso sostenible del Golfo de Batabanó: Análisis de sistemas y modelación de escenarios"*, Inédito. Arch. Cient. Inst. Oceanol., Cuba, 66 pp., 36 figs., 27 tablas.
- Borum, J., Duarte, C. M., Krause-Jensen, D. y Greve, T. (Eds.). 2004. *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. The M&MS Project, Copenhagen, 187 p. <http://www.seagrasses.org> [Consultado: Mayo 2006].
- Buesa, R. J., 1974. Population and biological data on turtle grass (*Thalassia testudinum* König, 1805) on the northwestern Cuban shelf. *Aquaculture*, 4: 207 - 226.
- Cabrera, R., 2002. *Estructura y funcionamiento de las comunidades macrofitobentónicas en la Bahía de Nuevitás, costa nororiental de Cuba*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de la Habana, La Habana.
- Claro, R. (ed.). 2007. *La Biodiversidad marina de Cuba*. (CD-ROM), Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-298-001-3
- Clero, L., 2003. *Demografía y crecimiento de las praderas submarinas [Thalassia testudinum (Banks ex König)] en Cayo Coco, Ciego de Ávila, Cuba*. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. y van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253 - 260.
- Davis, B. C. y Fourqurean, J. W. 2001. Competition between the tropical alga, *Halimeda incrassata*, and seagrass, *Thalassia testudinum*. *Aquat. Bot.*, 71: 217-232.
- Duarte, C. M. 1992. Nutrient concentration of aquatic plants: patterns across species. *Limnol. Oceanogr.*, 37: 882 - 889.
- Duarte, C. M. 2002. The future of seagrass meadows. *Environ. Conserv.*, 29: 192 - 206.

- Duarte, C. M. (Ed.) 2006. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A., Madrid, 167 pp.
- Duarte, C. M., Conley, D. J., Carstensen, J. y Sánchez-Camacho, M. 2009. Return to Neverland: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuar. Coasts*, 32: 29 - 36.
- Duarte, C. M., Marbà, N., Agawin, N. R. S., Cebrián, J., Enríquez, S., Fortes, M. D., Gallegos, M. E., Merino, M., Olesen, B., Sand-Jensen, K., Uri, J. y Vermaat, J. E. 1994. Reconstruction of seagrass dynamics: age determinations and associated tools for the seagrass ecologist. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 107: 195 - 209.
- Dumbauld, B. y Wyllie-Echeverría, S. 2003. The influence of burrowing thalassinid shrimps on the distribution of intertidal seagrasses in Willapa Bay, Washington, USA. *Aquat. Bot.*, 77: 27 - 42.
- Erftemeijer, P. L. A. y Middelburg, J. J. 1993. Sediment-nutrient interactions in tropical seagrass beds: a comparison between a terrigenous and a carbonate sedimentary environments in South Sulawesi (Indonesia). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 102: 187 - 198.
- Halun, Z., Terrados, J., Borum, J., Kamp-Nielsen, L., Duarte, C. M. y Fortes, M. D. 2002. Experimental evaluation of the effects of siltation-derived changes in sediment conditions on the Philippine seagrass *Cymodocea rotundata*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 279: 73 - 87.
- Hamilton, A. N. 2000. *Gear Impacts on Essential Fish Habitat in the Southeastern Region*. National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center, Mississippi Laboratories, Pascagoula Facility, Pascagoula, Mississippi, 43 pp.  
<http://www.nmfs.noaa.gov/habitat/habitatprotection/pdf/efh/literature/GearImpacts.pdf> [Consultado: Mayo/2006].
- Hemminga, M. A. y Duarte, C. M. 2000. *Seagrass Ecology*. University of Cambridge, Cambridge, 298 pp.
- Hernández-Zanuy, A., Lorenzo, S., Esquivel, M., Guerra, R. y Sosa, M. 2008. *Evaluación de las posibles afectaciones del Cambio Climático a la Biodiversidad Marina y Costera de Cuba, Caso de Estudio No. 4: El cambio climático y la interconexión tierra-mar en la costa SW de Cuba: Tramo costero desde la Coloma hasta Mayabeque*. Informe final para el proyecto "Bases Oceanográficas para el estudio de las afectaciones del cambio global en la biodiversidad marina y costera de Cuba". Archivo Científico, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.
- Ionin, A. S., Pavlidis, Y. A. y Avello, O., 1977. *Geología de la plataforma marina de Cuba*. Editorial Nauka, Moscú, 356 pp.
- IPCC. 2007. *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jiménez, C. y Alcolado, P.M., 1989. Comportamiento estacional de la biomasa vegetal en un seibadal de Cuba. *Acta Botánica Cubana* 71: 1 - 10.
- Jiménez, C. y Alcolado, P.M., 1990. Características del macrofitobentos de la

- macrolaguna del Golfo de Batabanó. In: Alcolado, P.M. (Ed.), *El bentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó*. Editorial Academia, La Habana, págs. 8 - 12.
- Kenworthy, W. J., Wyllie-Echeverria, S., Coles, R. G., Pergent, G. y Pergent-Martini, C. 2006. Seagrass conservation biology: an interdisciplinary science for protection of the seagrass biome. En: Larkum, A. W. D., Orth, R. J. y Duarte, C. M. (eds.) *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 595-623.
- Koch, E. W. 2002. Impact of boat-generated waves on a seagrass habitat. *J. Coast. Res.*, 37: 66 - 74.
- Larkum, A. W. D., Orth, R. J. y Duarte, C. M. (Eds.) 2006. *Seagrass: biology, ecology and conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 691 pp.
- Llanio, M., Fernández, M. D., Concepción, A. R., Mustelier, E. y Cabrera, B. 1998. Pesquisaje de propiedades antiinflamatorias y analgésicas en extractos de origen marino de Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 3: 69 - 71.
- Martínez-Daranas, B. 2008. *Evaluación de las posibles afectaciones del Cambio Climático a la Biodiversidad Marina y Costera de Cuba, Caso de Estudio No. 3: Estado de los pastos marinos del archipiélago Sabana-Camagüey y del Golfo de Batabanó y el cambio climático*. Informe final para el proyecto Bases Oceanográficas para el estudio de las afectaciones del cambio global en la biodiversidad marina y costera de Cuba. Archivo Científico, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.
- Martínez-Daranas, B., Alcolado, P. M. y Duarte, C. M. 2005. Leaf production and shoot dynamics of *Thalassia testudinum* by a direct census method. *Aquat. Bot.* 81: 213 - 224.
- Martínez-Daranas, B., Jiménez, C. y Alcolado, P.M., 1996. Prospección del macrofitobentos de los fondos blandos del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Avicennia* 4/5: 77- 88.
- Martínez-Daranas, B., Cano, M., Díaz-Larrea, J., Pérez, D. M., Esquivel, M. y Hernández, M. 2005. *Estado de conservación de los pastos marinos del Golfo de Batabanó*. Informe parcial del Proyecto Hacia el uso sostenible del Golfo de Batabanó: Análisis de sistemas y modelación de escenarios. Archivo Científico, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.
- Martínez-Daranas, B., Cano, M., Perdomo, M. E., Clero-Alonso, L., Díaz-Larrea, J., Guimaraes, M., Zúñiga-Ríos, D., Alcolado, P.M., Duarte, C. M. y Siret, S., 2007. Estado de los pastos marinos. En: Alcolado, P.M., García, E. E., Arellano-Acosta, M. (Eds.), *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. Editorial Academia, La Habana, pp. 51- 56.
- Martínez-Iglesias, J. C., Areces, A. J., Quintana, M., Viña, L., Zúñiga, A. y Beyris, A., 2007. Lineamientos metodológicos para la gestión integrada de la zona marina costera (GIZMC) en Cuba. *Serie Oceanológica* 3: 1-37, <http://oceanologia.redciencia.cu> [Consultado: Agosto, 7/2009].
- McKenzie, L. J., Roder, C. A., Roelofs, A. J. y Lee Long, W. J. 2000. *Post-flood monitoring of seagrasses in Hervey Bay and the Great Sandy Strait, 1999: Implications for dugong, turtle & fisheries management*. Queensland

- Government, Department of Primary Industries, Cairns, 46 p.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Kenneth, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Olyarnik, S., Short, F. T., Waycott, M. y Williams, S. L. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*, 56: 987-996.
- Orth, R. J., Fishman, J. R., Wilcox, D. J. y Moore, K. A. 2002. Identification and management of fishing gear impacts in a recovering seagrass system in the coastal bays of the Delmarva Peninsula, USA. *J. Coast. Res.*, 37: 111 - 119.
- Pavlidis, Y. A., Ionin, A. S., Ignatov, E. I., Lluís Riera, M. y Avello, O. 1973. Condiciones de formación de la oolita en las regiones someras de los mares tropicales. *Serie Oceanológica*, 18: 1 - 18.
- Perdomo, M. E. 1998. *Monitoreo ecológico del efecto del pedraplén a cayo Santa María en el fitobentos marino*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana.
- Rowley, D. C., Hansen, M. S. T., Rhodes, D., Sottriffer, C. A., Ni, H., McCammon, J. A., Bushman, F. D. y Fenical, W. 2002. Thalassiolins A–C: New Marine-Derived Inhibitors of HIV cDNA Integrase. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 10: 3619 – 3625.
- Ruiz, J. y Romero, J. 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass. *Mar. Poll. Bull.* 46: 1523 -1533.
- Short, F. T. y Neckles, H. A. 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquat. Bot.*, 63: 169 - 196.
- Short, F. T. y Wyllie-Echeverría, S. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.*, 23: 17 - 27.
- Short, F. T., Koch, E. W., Creed, J. C., Magalhaes, K. M., Fernandes, E. y Gaeckle, J. L. 2006. SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. *Marine Ecology*, 27: 1 - 13.
- Touchette, B. W. y Burkholder, J. M. 2000. Review of nitrogen and phosphorous metabolism in seagrasses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 250: 133 - 167.
- Vales, M. A., Álvarez, L. Montes y A. Ávila (eds.). 1998. *Estudio nacional sobre la diversidad biológica en la República de Cuba*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Centro Nacional de Biodiversidad/Instituto de Ecología y Sistemática/CITMA, La Habana, 480 pp.
- Van Tussenbroek, B. I. 1994. The impact of hurricane Gilbert on the vegetative development of *Thalassia testudinum* in Puerto Morelos coral reef lagoon, Mexico: A retrospective study. *Bot. Mar.*, 37: 421 - 428.
- Virnstein, R. W. y Morris, L. J. 1996. *Seagrass preservation and restoration: A diagnostic plan for the Indian River Lagoon*. Technical Memorandum No. 14, St. Johns River Management District, Palatka, Florida, 43 pp.