

Gestión ecosistémica de pastos marinos en playas arenosas costeras

Ecosystem management of sea grasses on sandy coastal beaches

Alexei J. Rueda Rueda¹

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, Holguín. Cuba

aliosharueda74@gmail.com

Silvia Dotres Zuñiga²

Universidad de Holguín. sdotresz@uho.edu.cu

Libys Martha Zuñiga Igarza³

Universidad de Holguín. lmzi@uho.edu.cu

Sara Fernández Cruz⁴

Universidad de Holguín. saraafc@uho.edu.cu

Recibido: abril/2022

Aceptado: septiembre/2022

Publicado: diciembre/2022

Cómo citar:

Rueda, A.; Dotrs, S.; Zuñiga, L.; Fernández, S. (2022). Gestión ecosistémica de pastos marinos en playas arenosas costeras. *Revista Científica Mundo Recursivo*, 5(3), 121-144.

¹Ingeniero Geólogo. Especialista Ambiental del Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales (CISAT) de la provincia de Holguín, Cuba. Ministerio de Ciencia y tecnología y medio ambiente de la República de Cuba

² Máster en Contabilidad Gerencial. Profesora auxiliar de la Universidad de Holguín

³ Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora titular de la Universidad de Holguín

⁴ Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora titular de la Universidad de Holguín

Resumen

La protección de los extensos ecosistemas de pastos marinos es fundamental por su importancia ecológica. Sin embargo, la relación entre los pastos marinos y el turismo no siempre es positiva, porque en las playas dichos pastos se remueven para crear zonas de baño, lo que provoca su disminución en ocasiones o la pérdida de estas especies vegetales marinas. El objetivo de esta investigación es proponer un proceso de gestión ecosistémica que diagnostique, delimite, ejecute y controle los pastos marinos ante la amenaza de remoción en la playa Guardalavaca que ayude a protegerlos de la actividad turística y que a la vez satisfaga la misma y contribuya al resto del sistema ambiental del territorio. Para obtener dicho resultado se utilizaron los métodos de la investigación científica como los teóricos y empíricos, así como softwares profesionales.

Palabras Clave: delimitación, gestión de ecosistemas, pastos marinos, playas arenosas costeras

Abstract

The protection of extensive sea grass ecosystems is essential because of their ecological importance. However, the relationship between sea grass and tourism is not always positive, because on the beaches the sea grass are removed to create bathing areas, which sometimes causes the decrease or the loss of these marine plant species. The objective of this research is to propose an ecosystem management process that diagnoses, delimits, executes and controls sea grass in the face of the threat of removal on Guardalavaca beach that helps protect them from tourist activity and at the same time satisfies it and contributes to the rest of the environmental system of the territory. To obtain this result, scientific research methods were used, such as theoretical and empirical ones, as well as professional software.

Keywords: delimitation, ecosystem management, sea grass, coastal sandy beaches

Introducción

En las relaciones que se producen entre la sociedad y la naturaleza, se desarrollan ambientes particulares, los que demandan un concilio. Dicho concilio se produce a través de la gestión ambiental que tiene como finalidad la protección y conservación del medio ambiente como totalidad. Con este objetivo fundamental surge la gestión ambiental definida como:

“El proceso intencional que asegura la sustentabilidad ambiental, planificando, organizando, controlando y mejorando, las acciones que se desarrollan, interpelando las normas e instrumentos jurídicos, lo cual presupone el incremento responsable de la calidad en la interrelación equilibrada de los seres humanos y el entorno” (Vilariño, 2012, p. 17).

Según la Ley 150 del 2022, referida al Sistema de los recursos naturales y el medio ambiente de la República de Cuba, dentro de sus principios, refiere que: “la gestión ambiental es integral y transectorial y exige la participación activa de todas las personas naturales y jurídicas sobre la base de la concertación, la cooperación y la corresponsabilidad”, p.5.

De esta forma los actores definen los procesos de gestión que se demanden (estado, empresas, ciudadanos) y enfrentan metas en la esfera jurídica (derechos y obligaciones relativas al acceso y a la propiedad), económica (mercado e intervención), física o natural (conocimiento, conservación y uso de los recursos), científica y tecnológica (generación y absorción de conocimientos), educacional (difusión y capacitación), cultural (preservación y transmisión de valores), social (participación y movilización) y organizacional (funciones y objetivo de las instituciones) los que desde una perspectiva ambiental contribuyen a la conservación de la vida en general, y más cuando esos procesos se relacionan directamente a los bienes y servicios que suministra el medio ambiente desde perspectivas ecosistémicas a las comunidades locales y a la sociedad en general entre los que se encuentran los ecosistemas de pastos marinos.

Los referidos ecosistemas son estudiados por los centros de investigaciones costeras como generalidad en los diferentes países, así como puede ser resultado de la necesidad de una gestión pública en determinados territorios por parte de los gobiernos locales. En otras ocasiones los ministerios de los ambientes, y(o) las empresas públicas o privadas que utilizan los recursos playa como actividad económica del turismo, despliegan procesos de gestión propios en aras de conservar las playas, las que dependen a su vez de la salud y conservación de los pastos marinos en muchas de ellas. Por eso la gestión de dichos pastos, constituye un proceso concatenado de actores públicos y privados que diagnostican, ejecutan y controlan las playas de uso turístico, junto a los pastos marinos en busca de un equilibrio y estabilidad entre ambos.

Los ecosistemas de pastos marinos (Green y Short, 2003; Waycott *et al.*, 2009; Ondiviela *et al.*, 2014; Boudouresque *et al.*, 2016; Patro *et al.*, 2017; James *et al.*, 2019; Unsworth *et al.*, 2019) proporcionan beneficios tanto a los humanos como al resto de la diversidad biológica en la cual estos se desarrollan. La gestión ecosistémica de los pastos marinos es un proceso que demanda su diagnóstico, delimitación, ejecución y control por parte de las agencias de servicios ambientales para la conservación y protección de dichas especies vegetales, como complemento necesario para el aprovisionamiento del borde costero. Sin embargo, estos pastos marinos están sometidos a múltiples amenazas naturales y humanas (Waycott *et al.*, 2009, Kamboj, 2014; Patro *et al.*, 2017; Guimaraes *et al.*, 2021; Serrano *et al.*, 2021).

La relación entre las praderas marinas y el turismo no siempre es positiva. Con el objetivo de satisfacer a los clientes a través de la creación de playas artificiales, zonas de baños placenteras, profundidades y accesos adecuados para las actividades náuticas, etc., se han llevado a cabo diferentes trabajos de modificación de la costa y de la laguna arrecifal a lo largo de los establecimientos hoteleros como la remoción y limpieza de rocas, corales, cabezos y

restos de corales, banquetas y capas pastos marinos. Además, se realizan la construcción de diques, dragados y vertimientos de arena (Daby, 2003).

El caso de estudio de la presente investigación se desarrolla en la playa Guardalavaca, en la cual se lleva a cabo la remoción de pastos marinos con el objetivo de crear una zona de baño que tenga un fondo arenoso libre de pastos marinos confortable para los bañistas. Esto provoca la desaparición de considerables áreas de pastos marinos que tienen gran importancia para la pesca, la estabilización de los sedimentos y la protección costera, la purificación del agua y el reciclaje de nutrientes (Waycott *et al.*, 2009), la mitigación del cambio climático, el mantenimiento de la biodiversidad y de especies amenazadas, entre otros (Green y Short, 2003; Ondiviela *et al.*, 2014; Boudouresque *et al.*, 2016; Patro *et al.*, 2017; James *et al.*, 2019; Unsworth *et al.*, 2019). Por estas razones, se manifiesta la necesidad de su gestión, desde perspectivas ecosistémicas con el objetivo de proteger los pastos marinos de la actividad turística y que a la vez satisfaga la misma y contribuya al resto del sistema ambiental del territorio.

Desarrollo

El proceso que se realiza para la gestión ecosistémica de los pastos marinos, se establece como generalidad en cuatro etapas, desplegadas de la siguiente forma: diagnóstico de los pastos marinos amenazados por la remoción, delimitación de los pastos marinos, así como la ejecución y control de la remoción de los pastos marinos. Estas se desarrollan a través de las etapas siguientes:

- Etapa 1. Diagnóstico de los pastos marinos amenazados por la remoción

El objetivo del diagnóstico de los pastos marinos amenazados por la remoción es cuantificar los pastos marinos que están amenazados por la remoción. El referido diagnóstico

siempre es realizado por los centros de investigaciones marinas o aquellas instituciones que se dedican a la ingeniería de costas. Para ello se realizarían las siguientes acciones:

Acción 1. Dividir la playa por sectores según la existencia un fondo de playa con explotación turística. Para ello hay que tener en cuenta la cercanía de hoteles, tipos de costas, ya sea arenosas o de acantilados.

Acción2. Clasificar estos sectores en sectores potencialmente amenazados y no amenazados por la remoción de los pastos marinos. Los sectores de playa potencialmente amenazados por la remoción de los pastos marinos serían aquellos que además de cumplir las condiciones de la acción 1, tengan la presencia cercana de pastos marinos. Para ellos se tendría el apoyo de observaciones de campo exploratorias.

Acción 3. Determinar en el terreno, para cada sector potencialmente amenazado, de los metros lineales proyectados sobre la línea de costa de pastos marinos amenazados y no amenazados con la ayuda de cinta métrica e imágenes satelitales a una escala 1: 1000. Los pastos marinos medidos se considerarán como el límite entre el fondo arenoso y el fondo de pastos marinos.

Para ello, los pastos marinos se miden y clasifican según si estos están bajo amenaza o no debido a la profundidad a que se encuentran. Si están por debajo de los 1.30 m se considerarán pastos marinos amenazados por la remoción. De lo contrario serían pastos marinos no amenazados por la remoción. Se miden los metros lineales proyectados sobre la línea de costa de pastos marinos debido a dos factores:

1. La irregularidad de la línea entre el fondo arenoso y el fondo de pastos marinos y,
 2. La gran dinámica de crecimiento de los pastos marinos que, a la vez, determina la elevada dinámica del cambio de línea entre el fondo arenoso y el fondo de pastos marinos en el tiempo.
- Con esta forma de medición, se garantizará que los resultados serán más duraderos en el tiempo.

Acción 4. Cuantificar los pastos marinos que están amenazados por la remoción. Esto se realiza a través de la combinación e interpretación de las acciones 2 y 3; y su resultado se dará en metros lineales proyectados sobre la línea de costa.

- Etapa 2. Delimitación de los pastos marinos

El objetivo de la delimitación de los pastos marinos es establecer el límite del ecosistema de pastos marinos a partir de la determinación de la altura del escarpe, para su protección. Al igual que la etapa 1, esta es realizada por los centros de investigaciones marinas o aquellas instituciones que se dedican a la ingeniería de costas. Para ello se realizarían las siguientes acciones:

Acción 1. Medir la altura del escarpe. Para esto se utiliza como instrumento con una mira topográfica.

Acción 2. Validar la utilidad de la altura del escarpe para la protección de los pastos marinos.

El criterio para definir el límite de los ecosistemas de pastos marinos, es aquel que se encuentra en el mar a la profundidad mínima de la zona de protección de los pastos marinos medida a partir de la marea baja; que equivale a la profundidad de la zona de baño medida a partir de la marea baja restándole la altura del escarpe.

La delimitación del pasto marino es un proceso que se lleva a cabo por los centros de investigaciones costeras, cuyo objetivo es demarcar la zona de protección para evitar la pérdida de los mismos en las playas arenosas costeras. El límite de un ecosistema es la envoltura externa de una entidad ecológica y a la vez un rasgo de esta (Kolasa, 2014). Cadenasso *et al.* (2003) definen los límites ecológicos como la línea de contacto que surge cuando un área es dividida en parches contrastantes. Para la protección de un ecosistema se establecen límites ecológicos. Los límites de un área o entidad protegida dependen de los elementos fundamentales a preservar y que se constituyen dentro de los objetivos de la misma (Grumbine, 1994). Las tendencias

actuales es tratar los límites ecológicos como zonas de transición entre sistemas ecológicos adyacentes (Yarrow y Marín, 2007; Turner y Gardner, 2015; Schmidt, 2019).

Para ello es necesario considerar las relaciones entre las áreas protegidas y sus alrededores para asegurar que los objetivos del área protegida sean logrados, pero también es necesario un balance entre los objetivos de conservación con las necesidades humanas en estas áreas (Myers, 1972; McNeely, 1994; DeFries *et al.*, 2007). Los límites de los ecosistemas de pastos marinos en la actualidad son determinados por la presencia/ausencia de estos. Puede ser evaluada utilizando varios métodos de mapeo de pastos marinos, desde observaciones de buceos hasta datos de percepción remota de sensores aéreos y espaciales (Chauvaud *et al.*, 1998; Anstee *et al.*, 2004; Krause-Jensen *et al.*, 2004, Schweizer *et al.*, 2005; Barrell y Grant, 2013; Winters *et al.*, 2016; Alkhatlan *et al.*, 2018; Bayyana *et al.*, 2020). Se ha observado que en muchos casos el límite físico entre los pastos marinos y el fondo arenoso es un escarpe vertical donde los pastos se encuentran decenas de centímetros por encima del fondo arenoso. La presencia de estos escarpes se puede aprovechar en beneficio de los pastos marinos aumentando su área protegida a partir del establecimiento de límites. En el cálculo de dicha delimitación, participan además como observadoras el grupo de gestión ambiental de las playas seleccionadas.

- Etapa 3. Ejecución de la remoción de los pastos marinos

El objetivo de la ejecución de la remoción de los pastos marinos es realizar la remoción de los pastos hasta el límite del ecosistema. Esta etapa se realiza mediante contratos de las administraciones locales municipales o gestores privados que utilizan las playas como actividad socio-económica. Para ello se utilizan entidades encargadas de atender obras marítimas, o de conservación de recursos marinos que pueden realizar acciones de remoción, bajo supervisión de los centros de investigación que desarrollan la etapa 1 y 2. Para ello se realizarían la siguiente acción:

Acción 1. Remoción de los pastos marinos de forma manual hasta la profundidad indicada. Esta remoción siempre se realizará en sentido hacia el mar comenzando siempre desde la línea de contacto entre el fondo arenoso y el fondo de pastos marinos.

- Etapa 4. Control de la profundidad de la remoción.

Este control se realiza periódicamente con una mira topográfica, de acuerdo a la dinámica costera de la playa en análisis. Se guardan las estadísticas para la evaluación periódica de dicha delimitación y su efecto en el ecosistema donde se encuentra. El responsable de esta acción es cualquier organización especializada en gestión de playas o algún ente gubernamental si la acción se realiza desde la gestión pública.

En el proceso de gestión de ecosistemas de pastos marinos propuesto, los objetivos en las etapas de diagnóstico de los pastos marinos amenazados por la remoción, ejecución de la remoción de los pastos marinos y control de la profundidad de la remoción son axiomas que no necesitan ser demostrados con métodos específicos, pues puede servir cualquier método de medición al alcance de los investigadores que demuestre las amenazas de los pastos marinos. Por lo que la etapa de delimitación de los pastos marinos es esencia del proceso para la protección de estos contra la remoción.

Es así que la gestión de los pastos marinos conlleva investigaciones a través de equipos multidisciplinarios que relacionen los pastos marinos y las zonas de baño en las playas, así como entidades que ejecuten y otras que controlen el ecosistema como parte de un proceso integrado y de colaboración en pos de la conservación de ambos recursos: las playas y los pastos marinos. Este proceso general fue aplicado mediante un proceso específico en la Playa Guardalavaca de Holguín, Cuba.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos y empíricos. Entre un grupo de métodos de la investigación científica resaltan el análisis-síntesis que ha servido para luego de descomponer mentalmente las partes y cualidades de la experiencia analizada en Playa Guardalavaca. En cuanto a la inducción-deducción, a partir de los datos obtenidos en la revisión bibliográfica de esta investigación se arriba a proposiciones generales desde el ciclo de gestión determinado, al tiempo que, de las generalizaciones y aseveraciones encontradas se derivaron demostraciones o inferencias particulares en la determinación de las amenazas y la caracterización de la remoción de los pastos marinos en la referida playa, se realizaron a través de la búsqueda bibliográfica en los informes técnicos y publicaciones sobre estos tipos de ecosistemas; esta información fue confirmada y completada mediante observaciones de campo.

El trabajo de campo fue realizado con el apoyo de imágenes tomadas por el vuelo de un dron, montadas y georreferenciadas a una escala de 1:1000 para las mediciones y correcciones planimétricas, y por la aplicación del software Mareas versión 2.35.0 del año 2019 referenciado al mareógrafo del puerto de Gibara para las mediciones y correcciones batimétricas. La incertidumbre de esta aplicación es de 5cm.

La medición de la altura del escarpe se realizó en aquellos sitios donde los pastos marinos están a la profundidad aproximada de la zona de baño (130cm) con respecto a la marea baja. Ello sería en el rango de profundidad entre 100cm y hasta los 160cm medidos desde la parte baja del escarpe (fondo arenoso). En el presente trabajo se tomaron las muestras de la altura del escarpe en la estación de invierno, específicamente en el mes de febrero. La altura del escarpe se midió directamente con una mira topográfica.

El análisis estadístico se realizó utilizando como bibliografía a Spiegel (1986). La media aritmética (μ_x) de altura del escarpe se determinó para los respectivos niveles de confianza de 95% y 99%. Para la confirmación de la pertenencia de la muestra a la distribución normal se

determinó la bondad de ajuste utilizando método de ji-cuadrado (χ^2) para los intervalos de confianza de 90%, 95% y 99% (niveles de significación de 0.1, 0.05 y 0.01 respectivamente).

El método para el establecimiento del límite del ecosistema, teniendo en cuenta la presencia de escarpes en el contacto entre el fondo arenoso y el de pastos marinos, se realizó a partir del análisis de tipos de perfiles de playa para la remoción de pastos marinos anteriormente determinados. Para la validación de este método se demostraría que el mismo genera una zona de protección de pastos marinos agregada y, por lo tanto, habría una ganancia en área de los ecosistemas de pastos marinos protegidos.

Resultados

En general los pastos marinos en el Caribe son vistos como una amenaza a la estética de las arenas blancas que representan el ideal de las playas caribeñas, imagen promovida por los intereses turísticos y por las expectativas de los propios turistas. Dentro de este contexto, el desarrollo turístico ha ido de la mano con la remoción deliberada de las praderas de pastos marinos en las zonas intermareal y submareal somera (Cullen-Unsworth *et al.*, 2013).

En muchos casos se lleva a cabo la remoción de los pastos marinos con el objetivo de crear una zona de baño que tenga un fondo arenoso libre de hierbas marinas confortable para los bañistas. Esto provoca la desaparición de considerables áreas de praderas de pastos marinos debido a intereses turísticos porque se cree que son pocos vistosos o porque son hábitats de organismos que causan daños a los bañistas.

El área de estudio son los ecosistemas de pastos marinos adyacentes a la zona de baño de la playa Guardalavaca, el balneario más famoso del oriente cubano. Esta playa, en contacto con las aguas del océano Atlántico, se encuentra en la costa norte de la región oriental de Cuba a 51 km al Noreste de la ciudad de Holguín.

Esta investigación surge por la necesidad de las entidades turísticas que operan los hoteles de dicha playa, que promovieron el estudio del ecosistema de los pastos marinos en busca de la estabilidad de las playas, principal recurso económico. Para ello contrataron al Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales (CISAT) de la provincia de Holguín para realizar el diagnóstico, y la delimitación. Mientras la Dirección de servicios comunales al servicio del turismo en la localidad de Banes, municipio donde está enclavada dicha playa, realiza la remoción de dichos pastos marinos, y el control de los mismos se lleva a cabo por las autoridades ambientales de conjunto con el CISAT.

Como parte del diagnóstico, el CISAT de la provincia de Holguín realizó mediciones en cuanto a su longitud en línea recta de 2440 m con arena biogénica compuesta casi exclusivamente por carbonato de calcio (CaCO_3) y presenta un ecosistema de pastos marinos ubicado sobre el fondo arenoso en contacto con la zona de baño. Los referidos pastos se caracterizan por encontrarse siempre a profundidades inferiores a la bajamar y muy próximos a la línea de costa.

Como es habitual para la mayoría de las playas con pastos marinos, después del fondo arenoso más próximo a la costa, en Guardalavaca se encuentran estos pastos (figura. 1). En general, posee dos tipos de fondo marino: arenoso, y de pastos marinos. La continuidad de la playa se encuentra interrumpida por un sector de costa acantilada donde están ubicadas dos pequeñas caletas arenosas.

Figura 1.

Contacto con escarpe entre fondos de pastos marinos y arenosos.



Nota: Tomado de Vega *et al.* (2017)

La composición de los pastos marinos de la playa Guardalavaca fue descrita por Vega *et al.* (2017). *S. filiforme* (hierba de manatí) se desarrolla sobre sustratos conformados por arenas finas a medias. *T. testudinum* (hierba de tortuga) es la especie de pasto marino dominante en el área, establecida dentro de todo tipo de sedimentos, aunque su mayor desarrollo se encuentra en fondos areno-fangosos. Allí el 94% de la costa la playa posee fondo de pastos marinos. Este límite de fondo arenoso-fondo de pastos marinos se encuentra a una distancia media de la costa de 15m, donde los más próximos están a 2m y los más lejanos a 59m de la línea de costa respectivamente. Solo un tramo de 136m en el extremo más occidental de la playa carece de estos pastos.

La zona de baño ideal de los bañistas en una playa es del agua hasta el cuello, equivalente a la profundidad máxima de la misma. Un fondo marino donde los referidos bañistas o usuarios de la playa no den pie no es necesario considerarlo dentro de la zona de baño. Sin embargo, la zona de baño real se restringe a la presencia de un fondo arenoso. Un fondo con pastos marinos, aunque tenga la profundidad adecuada no constituye parte de una zona de baño real, porque

este tipo de fondo representa un problema de seguridad para los usuarios (Leatherman, 1997; Enríquez, 2003; Ariza, 2007; Araújo y Costa, 2008).

Cuando los pastos marinos se encuentran a bajas profundidades la zona de baño real es menor que la zona de baño ideal y, por lo tanto, no resulta confortable debido a su restricción. Estos elementos implican la necesidad de ampliar la zona de baño real hacia el mar a través de la remoción de los pastos marinos y, a la vez, la ampliación del área de fondo arenoso.

La remoción de los pastos marinos se realiza disminuyendo el área de esta. Ello crea la necesidad de maximizar el área de la zona de protección de los ecosistemas de pastos marinos para su conservación, que consiste en establecer un límite claro que sea infranqueable contra la remoción. Este límite coincide con la profundidad mínima de la zona de protección de los pastos marinos y, que, a su vez, coincide con el límite del ecosistema de pastos marinos protegido de la remoción y la profundidad máxima de la zona de baño para los casos de perfiles de playa sin escarpe. Debido a que el acceso de los bañistas es indistintamente en marea alta o baja, entonces la profundidad máxima de la zona de baño se mide a partir de la marea baja porque en estas condiciones es cuando la pisada de los bañistas alcanza las mayores profundidades.

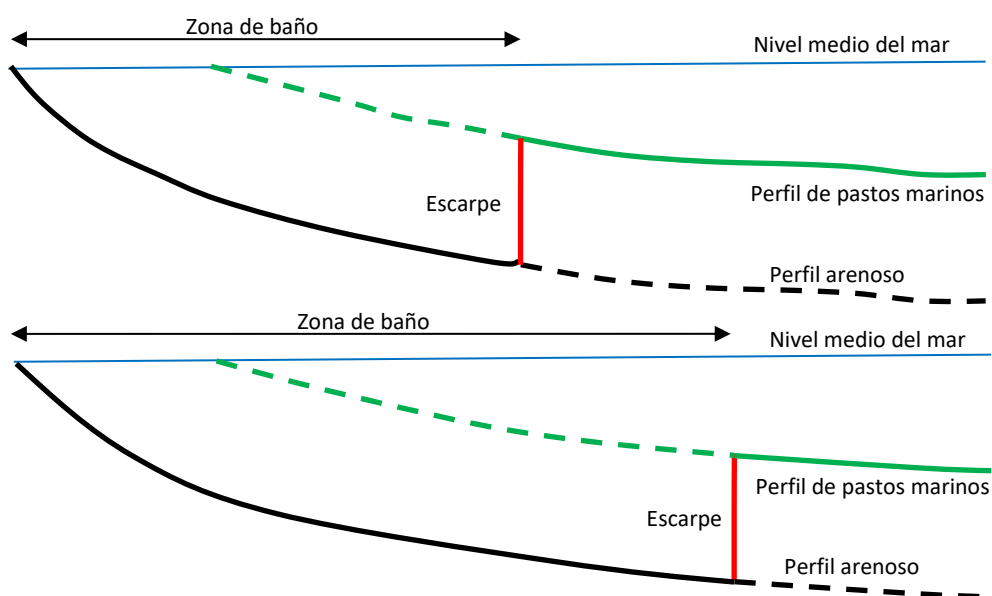
Desde el año 2013 se realiza sin interrupción la remoción de los pastos marinos en esta playa. Actualmente la remoción de sus pastos se realiza de forma manual. Se extraen segmentos de decenas de centímetros de extensión del borde del escarpe que limita la zona de baño con la pradera de pastos marinos desplazando el escarpe, y por lo tanto el límite de los pastos marinos hacia el mar. Sin embargo, el escarpe mantiene su forma y altura casi invariable. Este estudio creó las condiciones para la delimitación del ecosistema de los pastos marinos.

En cuanto al desarrollo de la etapa 2, referida a la determinación de los límites del ecosistema de los pastos marinos, se realizaron perfiles. La mayoría de los perfiles de playa, tienen como características destacadas la tendencia a ser más cóncavos hacia la superficie y

más planos hacia las profundidades. Estas profundidades siempre aumentan a medida lo hace la distancia desde la línea de costa (Córdova *et al.*, 2022). Tiene un fondo arenoso en la zona más próxima a la costa y luego, en sentido al mar, muchas veces un escarpe que limita al fondo cubierto por los pastos marinos.

Figura 2.

Perfiles de playa reales y virtuales antes y después de la remoción de pastos marinos.



Nota: Elaborada por el autor

El perfil de pastos marinos está representado por el perfil de pastos marinos real y el perfil de pastos marinos virtual. En la figura 2 el perfil de pastos marinos está representado por la línea gruesa verde. En cuanto al perfil real de pastos marinos coincide con la superficie real del fondo marino compuesto por los pastos y que se interrumpe bruscamente en el escarpe. El perfil virtual de pastos marinos no es real; es la posible continuación del perfil de praderas marinas a partir del escarpe y hacia la superficie si este existiese. Por el contrario, el perfil arenoso está representado por el perfil real arenoso y el perfil virtual arenoso. En la figura 2 el perfil arenoso está representado por la línea gruesa negra.

El perfil real arenoso coincide con la superficie real de fondo marino arenoso que se interrumpe bruscamente en el escarpe. El perfil virtual arenoso no es real; es la posible continuación del fondo arenoso. En cuanto al perfil de pastos marinos virtual se encuentra por encima del perfil arenoso real a una altura que coincide con la altura del escarpe. El perfil de pastos arenoso virtual se encuentra por debajo del perfil de pastos marinos real a una profundidad que coincide con la altura del escarpe.

Como resultados, el perfil de playa real es el perfil arenoso real junto con el perfil de pastos marinos real unidos por el escarpe. En la figura 2 el perfil real está representado por la línea gruesa verde, negra y roja. Cuando se realiza la remoción de los pastos marinos aumenta la zona de baño y disminuye el área de pastos marinos. En este proceso de remoción el perfil arenoso real se expande en sentido hacia el mar desplazándose por la línea del perfil arenoso virtual, en tanto que el perfil real de praderas marinas retrocede hacia el mar transformándose este en perfil de pastos marinos virtual. La remoción de las praderas marinas también hace que el escarpe se traslade mar afuera (figura 2).

Además se materializaron un grupo de regulaciones para la delimitación del pasto marino a cumplir por el equipo de gestión ambiental de la playa, que estableció que cuando la playa tiene un perfil de pastos marinos por encima del perfil arenoso y la presencia de un escarpe, para este caso, sí no se tuviera en cuenta la presencia de este escarpe la remoción se llevaría a cabo hasta la profundidad máxima de la zona de baño medida sobre el perfil de pastos marinos creando una profundidad de la zona de baño sobrante y, por lo tanto, un límite de la zona de protección desplazado hacia el mar. En tal caso se hubiese planificado mal la zona de baño y existe la opción de reducirla.

La ejecución de la remoción de los pastos marinos como parte de la tercera etapa, se realizó mediante una planificación detallada del límite del ecosistema de pastos marinos. En este caso se contrató al Parque Cristóbal Colón, entidad perteneciente al grupo empresarial

Gaviota, para la remoción de dichos pastos porque cuenta con las capacidades tecnológicas para ello. Se consideró la presencia del escarpe como regulación de la delimitación del área para obtener una zona de baño bien planificada a partir de la presencia del escarpe. De este modo la reducción de la zona de baño se planificó, no hasta la profundidad máxima de la zona de baño medida sobre el perfil de los pastos marinos, sino sobre el perfil arenoso que le queda por debajo. De esta forma existe una zona de protección de pastos marinos agregada y, por lo tanto, hay una ganancia en área de los ecosistemas de pastos marinos protegidos que demanda su regulación para su conservación.

Finalmente, el control de esta delimitación es llevada a cabo por el CISAT y la Delegación Provincial del CITMA de Holguín, autoridad regulatoria ambiental y a la vez el financista de dicho proceso. Es por ello que se establece una medición controlada en la profundidad del perfil arenoso y de los pastos marinos, que establece que: a menor profundidad del perfil arenoso, mientras que el perfil de pastos marinos se mantenga a una profundidad invariable, el escarpe será también menor y por lo tanto el área de pastos marinos protegidos será también menor. Por el contrario, a mayor profundidad del perfil arenoso, mientras que el perfil de pastos marinos se mantenga a una profundidad invariable, el escarpe será también mayor y por lo tanto el área de pastos marinos protegidos será también mayor. De ello se deduce que si no existe escarpe entonces no habría ganancias para las áreas de pastos marinos protegidos por lo que el modelo solo funciona para perfiles de playa con escarpes.

Para una mejor protección y control de los pastos marinos y un establecimiento de una mayor área protegida de estos, se sugiere establecer una altura del escarpe mayor. Por el contrario, para establecer una mayor zona de baño y más confortable para los bañistas en detrimento de la protección de los pastos marinos, sería mejor establecer una altura del escarpe menor.

Como el establecimiento del límite del ecosistema depende de la existencia de un conflicto que pudiera existir entre los defensores de la zona de baño contra los defensores de la zona de pastos marinos, la solución del establecimiento de este, pudiera ser resuelta a partir del establecimiento de una altura de escarpe determinada en un período de tiempo determinado. En Guardalavaca, cuando estos se remueven hasta la profundidad máxima de la zona de baño medida sobre el fondo arenoso se establece además la profundidad mínima de la zona de ecosistemas de pastos marinos protegidos.

Conclusiones

- El principal aporte teórico de la presente investigación es que la altura del escarpe entre los fondos arenoso y de pastos marinos, accidente geográfico conocido y a la vez de poca importancia práctica para los gestores e ingenieros de costas, se convierte en un objeto de estudio a través de mediciones, búsqueda de sus condiciones y causas de formación; todo ello es debido al descubrimiento de su utilidad práctica para la gestión de ecosistemas marinos costeros.
- El criterio de la gestión ecosistémica, que diagnóstica, delimita, ejecuta y controla la remoción de los pastos marinos como proceso multifactorial que define el límite de los pastos marinos protegidos con la zona de baño de una playa, se considera que es aquel que se encuentra en el mar a la profundidad mínima de la zona de protección de los pastos marinos medida a partir de la marea baja; que equivale a la profundidad de la zona de baño medida a partir de la marea baja restándole la altura del escarpe.
- Para el caso de la playa Guardalavaca, la gestión ecosistémica de los pastos marinos permitió el establecimiento de la profundidad máxima de la zona de baño en 130cm, la

profundidad mínima de la zona de ecosistemas de pastos marinos protegidos sería equivalente a 94cm, profundidades siempre medidas con respecto a la bajamar.

Referencias bibliográficas

- Alkhatlan, A., Bannari, A., El-Battay, A., Al-Dawood, T., Abahussain, A. (2018). *Potential of Landsat-oli for seagrass and algae species detection and discrimination in Bahrain national water using spectral reflectance*. IGARSS 2018–2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium: Valencia, Spain.
- Anstee, J. M., Dekker, A. G., Brando, V. E. (2004). Retrospective change detection in a shallow coastal tidal lake: mapping seagrasses in Wallis Lake, Australia. En: Smits, P., Bruzzone, L. *Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images 3* (pp. 277–285). Singapur: World Scientific.
- Araújo, M. C. B. de, Costa, M. F. da. (2008). Environmental quality indicators for recreational beaches classification. *Journal of Coastal Research* 24(6), 1439–1449.
- Ariza, E. (2007). *A System of Integral Quality Indicators as a Tool for Beach*. Tesis doctoral no publicada. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Barrell, J., Grant, J. (2013). Detecting hot and cold spots in a seagrass landscape using local indicators of spatial association. *Landscape Ecology* 28, 2005–2018.
- Bayyana, S., Pawar, S., Gole, S., Dudhat, S., Pande, A., Mitra, D... Sivakumar K. (2020). Detection and mapping of seagrass meadows at Ritchie’s archipelago using Sentinel 2A satellite imagery. *Current Science* 118(8), 1275- 1282.

- Boudouresque, C. F., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., Verlaque, M. (2016). The necromass of the *Posidonia* oceanic seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781, 25–42.
- Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A., Weathers, K. C., Bell, S., Benning, T. L., Carreiro, M. M., Dawson, T. E. (2003). An interdisciplinary and synthetic approach to ecological boundaries. *Bioscience*, 53, 717–722.
- Chauvaud, S., Bouchon, C., Maniere, R. (1998). Remote sensing techniques adapted to high resolution mapping of tropical coastal marine ecosystems (coral reefs, seagrass beds and mangrove). *International Journal of Remote Sensing*, 19(18), 3625–3639.
- Córdova, E. A., Rodríguez, R., Rueda, A. J., Cruz, J. A. (2022). *Monitoreo de las playas en la región turística de Holguín. Informe Técnico*. Holguín (Cuba): CISAT-AMA.
- Cullen-Unsworth, L. C., Nordlund, L. M., Paddock, J., Baker, S., McKenzie, L. J., Unsworth, R. K. F. (2013). Seagrass meadows globally as a coupled social–ecological system: Implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*, 83(2), 387–397.
- Daby, D. (2003). Effects of seagrass bed removal for tourism purposes in a Mauritian bay. *Environmental Pollution*, 125, 313–324.
- DeFries R, Hansen, A. J., Turner, B. L., Reid, R., Liu, J. (2007). Land use change around protected areas: Management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications*, 17, 1031–1038.
- Enríquez, G. (2003). Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: Una propuesta metodológica. *Gaceta ecológica*, 68, 55–68.
- Green, E. P., Short, F. T. (2003). *World Atlas of Seagrasses*. Berkeley: University of California Press.

- Grumbine, R. (1994). What Is Ecosystem Management? *Conservation Biology*, 8(1), 27-38.
- Guimaraes, M., Zúñiga-Ríos, A., Cruz-Ramírez, C. J., Chávez, V., Odériz, I., Tussenbroek, B. I. van, Silva, R. (2021). The Conservational State of Coastal Ecosystems on the Mexican Caribbean Coast: Environmental Guidelines for Their Management. *Sustainability*, 13(2738).
- James, R. K., Silva, R. Tussenbroek, B. I. van, Escudero-Castillo, M., Mariño-Tapia, I., Dijkstra, H. A...Bouma, T. J. (2019). Maintaining Tropical Beaches with Seagrass and Algae: A Promising Alternative to Engineering Solutions. *BioScience*, 69(2), 136-142.
- Kamboj, R. D. (2014). Biology and status of seagrasses in Gulf of Kachchh Marine National Park and Sanctuary, India. *Indian Ocean Turt News*, 19, 8–11.
- Kolasa, J. (2014). Ecological boundaries: a derivative of ecological entities. *Web Ecology*, 14, 27–37.
- Krause-Jensen, D., Quaresma, A. L., Cunha, A. H., Greve, T. M. (2004). How are seagrass distribution and abundance monitored? En: Borum, C. M., Duarte, D., Krause-Jensen, Greve, T. M. (Eds.). *European Seagrasses: an introduction to monitoring and management* (pp. 45-53). SEAGRASSES dot ORG.
- Leatherman, S. P. (1997). Beach rating: A methodological approach. *Journal of Coastal Research*, 13(1), 253-258.
- Ley 150 del 2022. *Sistema de los recursos naturales y el medio ambiente de la República de Cuba*. <http://www.acn.cu/cuba/94383-aprobada-ley-sobre-recursos-naturales-y-medio-ambiente>
- McNeely, J. A. (1994). Protected areas for the 21st century: working to provide benefits to society. *Biodiversity and Conservation*, 3, 390–405.

- Myers, N. (1972). National Parks in Savannah Africa. Ecological requirements of parks must be balanced against socioeconomic constraints in their environs. *Science*, 178(4067), 1255–1263.
- Ondiviela, B., Losada, I. J., Lara, J. L., Maza, M., Galván, C., Bouma, T. J., Belzen, J van.(2014). The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 158–168.
- Patro, S., Krishnan, P., Samuel, V. D., Purvaja, R., Ramesh, R. (2017). Seagrass and Salt Marsh Ecosystems in South Asia: An Overview of Diversity, Distribution, Threats and Conservation Status. En: Prusty, B. C. H., Azeez, P. *Wetland Science* (pp. 87-104). New Delhi: Springer.
- Schweizer, D., Armstrong, R. A., Posada, J. (2005). Remote sensing characterization of benthic habitats and submerged vegetation biomass in Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. *International Journal of Remote Sensing*, 26(12), 2657–2667.
- Schmidt, M. (2019). *Fragmentation of landscapes: modelling ecosystem services of transition zones*. Tesis doctoral no publicada. University of Potsdam y Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research.
- Serrano, O., Arias-Ortiz, A., Duarte, C. M., Kendrick, G. A., Lavery, P. S. (2021). Impact of Marine Heatwaves on Seagrass Ecosystems. En: Canadell, J. G., Jackson, R. B. *Ecosystem Collapse and Climate Change, Ecological Studies* (pp.345 – 364). Switzerland: Springer Nature.
- Spiegel, M. (1986). *Teoría y problemas de estadística (Octava reimpresión)*. La Habana: Edición revolucionaria.

- Turner, M. G., Gardner, R. H. (2015). *Landscape ecology in theory and practice. Pattern and process*. New York: Springer.
- Unsworth, R. K. F., Nordlund, L. M., & Cullen-Unsworth, L. C. (2019). Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 12(1), 1–8.
- Vega, A., Fernández, A., Córdova, E., Cruz, J., Cruz, P. (2017). *Evaluación de los pastos marinos en playas de uso turístico del litoral de Holguín, Informe técnico*. La Habana: Gamma.
- Vilariño, C. (2012). *Dinamización de la Gestión Ambiental desde la estrategia empresarial. Caso Empresa del Níquel Comandante Ernesto Ché Guevara*. Tesis doctoral. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Holguín, Cuba. <http://catedragc.mes.edu.cu/repositorios>
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S...Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377–12381.
- Winters, G., Edelist, D., Shemtov, R., Beer, S., Rilov, G. (2016). A low cost field-survey method for mapping seagrasses and their potential threats: an example from the northern Gulf of Aqaba, Red Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(2), 324-339.
- Yarrow, M. M., Marín, V. H. (2007). Toward conceptual cohesiveness: a historical analysis of the theory and utility of ecological boundaries and transition zones. *Ecosystems*, 10, 462–476.