

Cuantificación de la pérdida de sedimento por la retirada de depósitos de *Thalassia testudinum* en las playas del Caribe: efectos geomorfológicos

Francesc Xavier Roig-Munar¹, Oliver Olivo Batista², José Ángel Martín-Prieto¹, Pau Balaguer Huguet¹, Antonio Rodríguez-Perea³, Bernadí Gelabert Ferrer⁴ & Pablo del Toro Piñero⁵

1 Investigador independiente, consultor ambiental, C/ Carritxaret 18-apt. 6, es Migjorn Gran, Menorca, 07749, illes Balears.

2 Dpto. de Planificación y Proyectos del Ministerio de Turismo de República Dominicana. Santo Domingo.

3 Dpto. de Geografía, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa, km 7,5, Palma de Mallorca, illes Balears.

4 Dpto. de Biología, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa, km 7,5, Palma de Mallorca, illes Balears.

5 Grupo Piñero Plaza Mediterráneo, 5, 07014 Palma de Mallorca, illes Balears.

Rebut el 06.01.2021. Acceptat el 22.03.2021

La retirada de restos vegetales de *Thalassia testudinum* depositados sobre la playa emergida, constituyen una parte de la limpieza de playas. Estas gestiones continuadas a lo largo de las últimas décadas han dado lugar a la pérdida de superficies y volúmenes de playa. El estudio analiza los volúmenes de sedimento retirados mediante la retirada de bermas de *Thalassia testudinum* en 11 playas de 4 países del Caribe, cuantificando el volumen total en 35.837,7 m³, con un 89,05 % de sedimento intercalado, equivalente a 32.846,75 t de arena. Este tipo de gestión supone un impacto geomorfológico continuo con una importante pérdida de sedimento anual que afecta a la estabilidad del balance sedimentario del sistema playa.

Palabras clave: Caribe, *Thalassia testudinum*, berma, limpieza, erosión playas.

Quantification of sediment loss due to the removal of berms of *Thalassia testudinum* on the beaches of the Caribbean: geomorphological effects.

Part of the cleaning of beaches in the Caribbean islands has been focused on the removal of the remains of *Thalassia testudinum* deposited on the emerged beach. The study analyses the volumes of sediment extracted through the removal of *Thalassia testudinum* berms from 11 beaches distributed throughout 4 Caribbean countries, quantifying the total volume of material removed at 35,837.7m³, of which an estimated 89.05% is interspersed sand, equivalent to 32,846.75 t of sand. This kind of management involves a continuous geomorphological impact with an important loss of sediment that affects the stability of the sedimentary balance of the beach system.

Keywords: Caribbean, *Thalassia testudinum*, berms, cleaning, beach erosion.

Dentro del turismo vacacional, el “turismo de sol y playa” es la modalidad que mayores flujos genera a escala internacional. Los principales destinos turísticos de esta modalidad han sido en orden de importancia el Mediterráneo y el Caribe, donde las playas constituyen la mayor oferta del turismo de sol y playa por excelencia, representando uno de los espacios más explotados y frecuentados (Roig-Munar et al., 2005). Estos espacios están sometidos desde hace décadas a una problemática geoambiental, asociada a su uso y explotación, para adaptarlos al desarrollo intensivo de actividades turísticas. Entre ellas destacan las gestiones de limpieza y mantenimiento mediante la retirada de

restos orgánicos depositados en forma de bermas sobre las playas. Estas retiradas generan impactos ambientales con pérdida de superficie y volumen de playa (Simeone & de Falco, 2013; Roig-Munar et al., 2019).

El volumen de sedimentos que compone y se traslada a través de una playa define su balance sedimentario, fluctuando los balances sobre un rango de escalas temporales (Cowell & Thon, 1994). Sin embargo, para mantener una playa a largo plazo, el balance debe ser positivo, o al menos equilibrado, ya que los balances negativos en última instancia causan su erosión (Komar, 1999) e incluso su desaparición. La presión

derivada de la industria turística ha hecho que muchos ambientes sedimentarios litorales se hayan visto gravemente afectados a lo largo de la costa mediterránea y caribeña, quedando muchas playas afectadas por la erosión.

A nivel geomorfológico el perfil teórico de los sistemas playa-duna en el Caribe presenta altos índices de sensibilidad, que a lo largo de los años se han visto afectados por la presión, afectando al sistema de manera integral. Entendemos así como curvas de sensibilidad aquellos puntos del sistema playa-duna que debido a su alta fragilidad se han visto alterados como consecuencia de la mala gestión.

El grado de sensibilidad morfodinámica de los sistemas litorales arenosos del Caribe presenta diferentes sectores de interrelación, y sobre cada uno se dan unas planificaciones y gestiones que afectan la estabilidad del sistema en conjunto. Estos puntos de sensibilidad son definidos a partir de las afectaciones asociadas a una incorrecta planificación y gestión sobre ellos. Las curvas de sensibilidad fueron definidas en el Mediterráneo por diferentes autores (Roig-Munar, 2004; Rodríguez-Perea et al., 2000), en el caso del Caribe estas curvas (Fig 1) se pueden definir como: la primera curva de sensibilidad se sitúa sobre las zonas coralinas y las praderas de *Thalassia testudinum* como

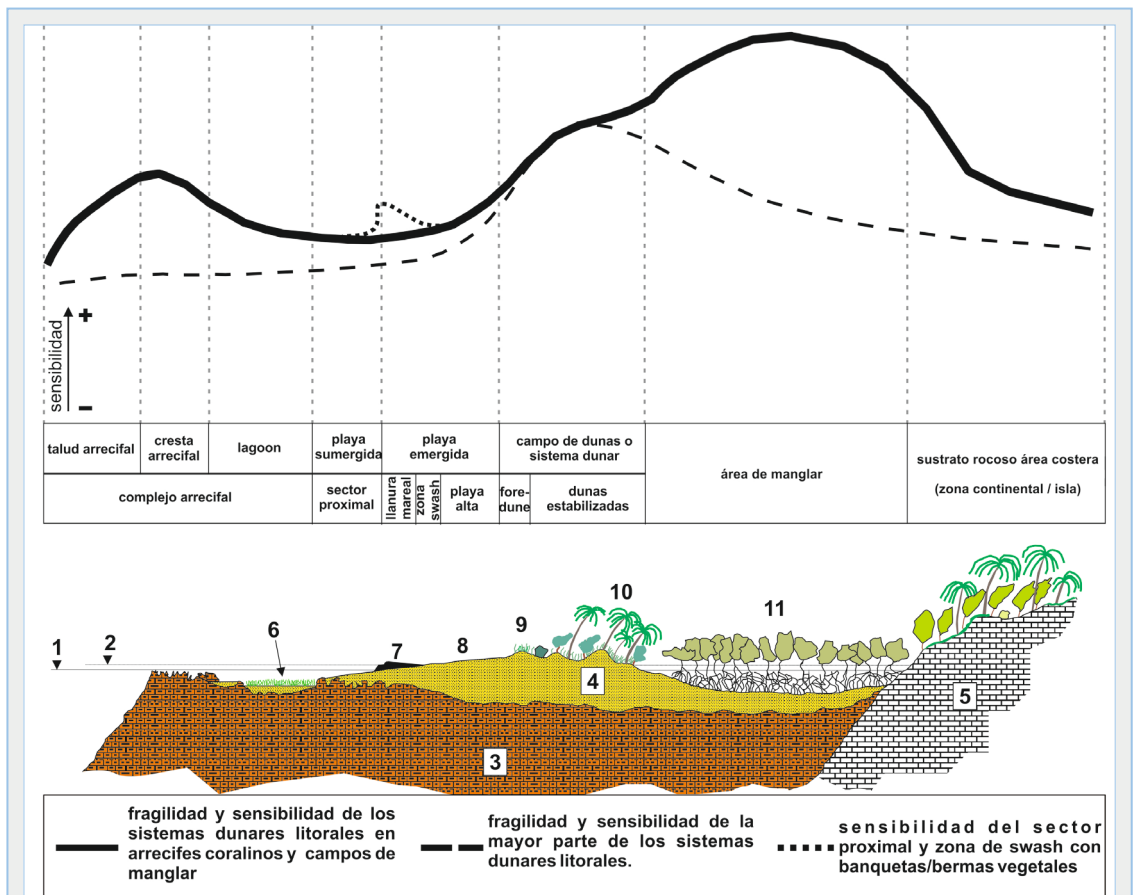


FIGURA 1. Curvas de sensibilidad geoambiental sobre los sistemas playa-duna del Caribe; 1. Marea baja. 2. Marea alta 3. Complejo arrecifal. 4. Sustrato arenoso. 5. Sustrato rocoso. 6. Lagoon. 7. Berma vegetal. 8. Sistema playa. 9. Cordón dunar. 10. Morfologías semiestabilizadas. 11.- Área de manglar. Fuente: Adaptado de Roig-Munar et al. (2018), modificada de Roig-Munar (2004), Rodríguez-Perea et al. (2000) y Brown & McLachan (1990).

Geoenvironmental sensibility curves on the beach-dune systems of the Caribbean: 1. Low tide. 2. High tide 3. Reef complex. 4. Sandy substrate. 5. Rocky substrate. 6. Lagoon. 7. Berm vegetal. 8. Beach system. 9. Dune cordon. 10. Semi-stabilized morphologies. 11. Mangrove area. Source: Adapted from Roig-Munar et al. (2018), modified from Roig-Munar (2004), Rodríguez-Perea et al. (2000) y Brown & McLachan (1990).

hábitats productores de sedimento, estabilizador de la playa sumergida y disipador de la energía del oleaje. La segunda curva de sensibilidad, establecida por Roig-Munar & Martín-Prieto (2005) en Baleares, es homologa en el Caribe, y se sitúa sobre las bermas acumuladas de *Thalassia testudinum*, sobre el *swash*, por su importancia como sector de transferencia sedimentaria entre los sectores emergido y sumergido, y como aporte de sedimentos y aporte de materia orgánica entre la playa y las comunidades vegetales dunares, básicas para la estabilización. Sobre esta curva de sensibilidad se encuentra la playa emergida, donde hay actuaciones mecánicas de limpieza que afectan a las morfologías efímeras de playa alta y a la desestabilización de taludes dunares (Roig-Munar, 2004). La tercera de las curvas se sitúa sobre los primeros cordones dunares, que define su debilitación, erosión y/o desaparición del conjunto playa-duna (Brown & McLachan, 1990; Rodríguez-Perea et al., 2000; Hesp, 2002; Martín-Prieto et al., 2016), y que se ve afectada por la urbanización, por la frecuentación de usuarios, por la presencia de servicios sobre el sistema y por la degradación de la vegetación dunar, así como la afectación a las áreas de manglares. De esta manera es posible diferenciar puntos sensibles y críticos en el grado de sensibilidad del perfil playa-duna del Caribe, y no tener presentes estos puntos supone pérdidas de superficies y volúmenes de playa y duna, especialmente en las curvas de sensibilidad que gravitan sobre la berma, la playa y la *foredune* (Fig. 1).

En términos generales, tal y como refleja la Fig. 1, los puntos que mayor repercusión negativa pueden tener en el conjunto del sistema son, en primer lugar, la destrucción de la línea de cordones dunares (*foredunes*), pudiendo alterar toda la dinámica sedimentaria y eólica del sistema. Cabe destacar el papel de los escudos coralinos, responsables de la mayor parte de la producción sedimentaria carbonatada que da lugar a las playas. Así pues algunos puntos sensibles, debido a malas prácticas de uso y gestión, se pueden ver fácilmente alterados. No obstante, cabe destacar que los efectos negativos para el sistema no se derivan de estas afectaciones puntuales, sino de la sinergia que se puede derivar entre las diferentes curvas de sensibilidad detectadas, afectando íntegramente todo el sistema.

Las praderas de *Thalassia testudinum* son consideradas plantas que representan ecosistemas de gran importancia, debido a su alta producción primaria y

refugio de vertebrados e invertebrados, que contribuyen al balance de carbono en las costas y a la biodiversidad marina caribeña (Heck et al., 2003). Estas praderas se encuentran sobre fondos de arena donde conviven con especies de macroalgas bentónicas, algunas de ellas calcáreas, y con una densidad y cubrimiento que es considerado como zona de alta producción de arena a partir de las plantas y las macroalgas, y como biotopo de organismos generadores de sedimentos (Piazzì et al. 2004; Borowitzka et al., 2006). Las praderas, en menor medida, se desarrollan también sobre sustrato rocoso (Nielsen-Muñoz & Cortés, 2008). Su alta producción primaria, rápida renovación de hojas y epífitos asociados le otorga al detritus un papel importante en la red trófica de la pradera (Peterson et al. 2002). Su cobertura y sistema rizoidal actúan como amortiguadores de la energía proveniente de corrientes y olas disminuyendo la erosión costera (Eldridge & Morse, 2000), resuspensión del sedimento, incrementando la transparencia del agua y el reciclaje de nutrientes. Se ha estimado que las algas coralíneas epífitas de las hojas aportan como mínimo entre 1,9 y 283 g CaCO₃ m⁻² año⁻¹ (Hilary & Jones 2007), ayudando a las praderas de *Thalassia testudinum* a estabilizar y retener los sedimentos y evitando la erosión (Marbà et al., 2006). Estas requieren para un crecimiento óptimo de un 15 al 30 % de luz incidente, temperaturas de 20 a 30 °C, e índices de salinidad de 24 a 35, sedimentos con profundidades mayores a 10 cm y carbono, nitrógeno y fósforo como principales constituyentes del material vegetal (Touchette & Burkholder, 2000).



FIGURA 2. Localización de los 4 países de muestreo y análisis de acopios de *Thalassia testudinum* extraída de las playas.

Location of the 4 countries for sampling and analysis of stocks of *Thalassia testudinum* extracted from the beaches.

Las praderas representan un ecosistema de gran importancia para los ambientes costeros por sus múltiples beneficios ecológicos y económicos (Heck et al. 2003), y representan un ecosistema costero de gran valor, principalmente por los servicios ecosistémicos que ofrecen, tal como el amortiguamiento de la energía del oleaje, retención de sedimentos y protección contra la erosión (Martínez-Daranas et al., 2009).

Las presiones y amenazas a las que están sometidas estas fenerógamas, en su hábitat sumergido, es uno de los factores que más incide en su merma. El desarrollo turístico las afecta de forma erosiva, ya que las praderas más someras son dañadas por el paso de embarcaciones o por su eliminación mecánica para obtener áreas de playa sumergida sin “molestias” para el usuario. En el caso de su deposición sobre la playa, especialmente en playas turísticas, frecuentemente son removidas y retiradas para “limpiar” las playas en diferentes países del Caribe (Fig. 2).

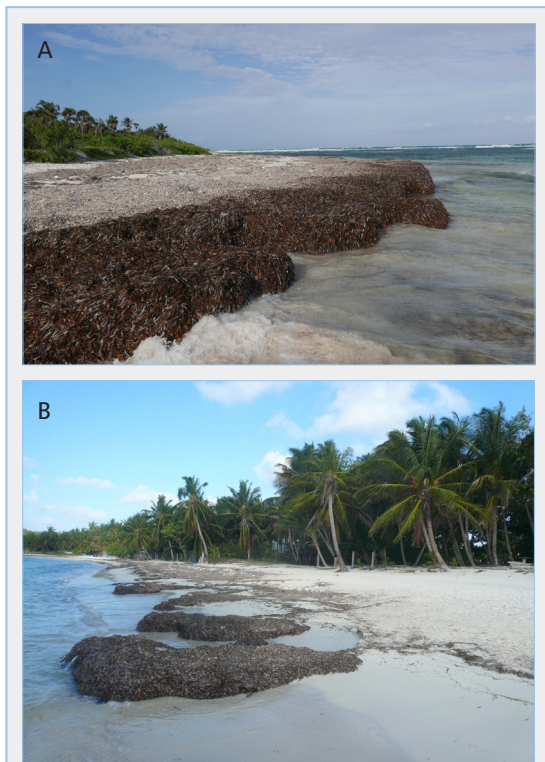


FIGURA 3. Diferentes formas de deposición de bermas de *Thalassia testudinum* sobre la playa. **A.** Playa de Akumal (México). **B.** Playa de Charquito (Colombia).

Different forms of deposition of berms of *Thalassia testudinum* on the beach. **A.** Akumal Beach (Mexico). **B.** Charquito Beach (Colombia).

Varios autores han demostrado la influencia y dependencia de la naturaleza de las playas y de su dinámica sedimentaria de las praderas de *Posidonia oceanica* en las playas del Mediterráneo (de Falco et al. 2008; Rodríguez et al., 2000; Gómez-Pujol et al. 2013). Al igual que la *Posidonia*, la *Thalassia testudinum* pierde una parte importante de sus hojas, de esta pérdida de hojas, una parte es arrastrada y acumulada sobre la playa en forma de bermas. La acumulación de hojas muertas sobre la playa (Fig. 3) se produce de forma previsible a lo largo de todo el año, con períodos de acumulación y retirada natural de estas bermas. Esta acumulación es un fenómeno común en las playas caribeñas, ya sea mediante depósitos de forma puntual o a lo largo de toda la línea de costa, formando las bermas vegetales, que de forma más o menos rápida se convierten en sedimentarias. Las bermas sedimentarias pueden ser consideradas como una característica resultante de la acumulación de la necromasa de hojas y sedimento sobre la playa. Pueden alcanzar potencias superiores a los 1,5 m, y anchuras que oscilan entre 1 y 10 m, que se extienden hacia tierra, formando una compacta y espesa capa de arena, materia orgánica y agua.

Esta berma tiene varias funciones morfodinámicas en el sistema playa-duna y representa una de las curvas de sensibilidad más importantes del sistema (Fig. 1), desde la berma hasta la morfología dunar delantera, ya que:

- Su presencia favorece una reducción en la velocidad y turbulencia de la ola rota debido a la mayor viscosidad del agua mezclada con restos de hojas que amortiguan el impacto de ésta sobre la berma, siguiendo el modelo descrito en el mediterráneo (Mateo et al., 2003).
- Ejerce una protección sobre la playa subaérea frente a la incidencia de los temporales, atenuando su energía directa sobre la playa (Roig-Munar & Martín-Prieto, 2005; Boudouresque et al., 2016).
- La berma acumula sedimento intercalado tanto entre sus hojas como en la formación de capas alternas de sedimento y hojas en la playa (Fig. 4), representando así el adose de la barras sedimentarias (Vassallo et al., 2013). Por tanto, desde el punto de vista morfológico y sedimentológico representa la llegada de importantes cantidades de sedimento a la playa aérea.
- Finalmente, desde la playa, las hojas muertas son transportadas por el viento hasta el interior del sistema dunar, aportando nutrientes a la vegetación dunar

(Jiménez et al., 2017), siguiendo el modelo mediterráneo, e incorporando los sedimentos adheridos en sus hojas a lo largo del perfil playa-duna (Roig-Munar et al., 2007).

A pesar de la apariencia inhóspita de la berma vegetal sobre la playa, su presencia no constituye un desperdicio (Chessa et al., 2000), sin embargo en la mayoría de playas turísticas del Caribe las interpretan como un elemento que ofrece mala imagen, siendo removidas y retiradas como una parte esencial en la gestión de limpieza de playas. Por razones estéticas las administraciones se amparan en ofrecer “playas limpias” por y para la supuesta comodidad de los usuarios (Bouderesque et al., 2016). Este tipo de gestión ha dado lugar a una regresión de las playas por pérdida sedimentaria en el Mediterráneo (Simeone et al., 2013;

Roig-Munar et al., 2019) y en el Caribe.

Actualmente, a causa de la afluencia turística en el litoral caribeño, estas bermas (Fig. 3 y 4) son retiradas de manera sistemática a lo largo de todo el año. Esta retirada se realiza con maquinaria o bien de forma manual, siendo la más habitual esta última por el bajo coste de salarios (Fig. 5), implicando impactos de carácter geomorfológico y sedimentológico sobre la playa emergida, además de la desprotección de la playa frente a eventuales temporales (Bouderesque et al., 2017).

Esta práctica (Fig. 5) influye en la morfología de la playa emergida, alterando su perfil y eliminando sus características morfológicas y sedimentarias, así como afectando a la zona de *swash*, en particular al *run-up*. Por otra parte, se pierde una importante cantidad de sedimento intercalado en las bermas de *Thalassia testudinum* que salen del sistema playa-duna, ya que esta es retirada, acarreada y depositada lejos del sistema, considerándola como un residuo y creando depósitos multianuales (Fig. 6A-B), y dando lugar a unos balances sedimentarios negativos de forma continuada.

Para analizar las consecuencias de estas gestiones se analizaron en playas del mediterráneo los valores de pérdida sedimentaria asociada a la retirada de bermas de *Posidonia oceanica*, estimando valores de 500 m³/km/año en playas de Valencia (Yepes & Medina, 2007), valores del 80% del sedimento retirado en playas del área metropolitana de Barcelona (Ariza et al., 2008), o del 86,2% en el caso de las islas Baleares (Roig-Munar et al., 2019).

El objetivo de este trabajo se centra en cuantificar el contenido sedimentario de las bermas de *Thalassia testudinum* retiradas en 11 playas del Caribe (Fig. 2), para establecer el volumen de sedimento retirado asociado a su gestión de limpieza, siguiendo la metodología aplicada en las islas Baleares por Roig-Munar et al. (2019). El estudio ha sido realizado mediante muestreos de *Thalassia* retirada recientemente y acopiadas en espacios considerados de deshecho. Se han realizado muestreos en 11 acopios de bermas en playas de cuatro países del Caribe: 5 en República Dominicana, 2 en Colombia, 1 en Cuba y 3 en México (Fig. 2).

Metodología

La metodología utilizada para la cuantificación del sedimento asociado a las extracciones de bermas depositadas se ha basado en Roig-Munar et al. (2019):

- Análisis de 11 acopios de bermas retiradas de *Thalassia testudinum* en 4 países (Fig. 2, Tabla 1).



FIGURA 4. Acumulación de hojas muertas de *Thalassia testudinum* intercaladas con capas de sedimento, fruto del adose de barras sumergidas sobre la berma. **A.** Playa de las Terrenas (República Dominicana) **B.** Bávaro beach (Cuba).

Accumulation of dead leaves of *Thalassia testudinum* interspersed with layers of sediment, fruit of the attachment of submerged bars on the berm. **A.** Terrenas beach (Dominican Republic) **B.** Bávaro beach (Cuba).

- Determinación del volumen total de cada uno de los acopios analizados, obteniendo el volumen de la muestra en m³, tratados como residuo (Fig. 6), y su relación con la línea de playa analizada.

- Muestreo de cada acopio de forma aleatoria, en diferentes puntos y a diferentes profundidades, entre 55 y 100 cm, evitando la partes superficiales, ya que estas tienden a presentar mayor porcentaje de sedimento por el secado de las hojas de *Thalassia* asociadas a su tiempo de residencia (Roig-Munar et al., 2019). El muestreo ha consistido en la extracción de 36 muestras de los acopios, realizados mediante sondeos verticales, siguiendo la metodología de Campbell & Henshall (1991), con una muestra cilíndrica de 5.5 x 22 cm, equivalente a un volumen de 522 cc de muestra.

- Las muestras se han tratado en el laboratorio para

determinar su contenido de agua, de sedimento y de materia orgánica. Se dejaron secar a temperatura ambiente, para pasar, finalmente, un ciclo de entre 24 y 48 horas en la estufa a 55-65° C a fin de no dañar la materia orgánica (Blair & McPherson, 1994).

Resultados

Se han analizado el contenido sedimentario de los acopios procedentes de la retirada de las bermas vegetales de *Thalassia testudinum* del Caribe (Figura 1 y 6). El volumen total de acopios analizado es de 35.837,7 m³, sobre una línea de costa de 8.180 metros de playa (Tabla 1). El resultado total analizado supone un volumen de 32.846,7 m³ de sedimento intercalado en las bermas retiradas y tratadas como desechos.

El porcentaje de sedimento intercalado en los



FIGURA 5. Retirada manual de las bermas de *Thalassia*. **A.** Playa Spratt Brigg (Colombia). **B.** Playa las Terrenas (República Dominicana).

Manual removal of the *Thalassia* berms. **A.** Spratt Brigg beach (Colombia). **B.** Las Terrenas Beach (Dominican Republic).



FIGURA 6. Acopios multianuales de bermas retiradas de *Thalassia*, donde se puede observar la cantidad de sedimento presente en los acopios tratados como residuos. **A.** Acopio de la playa Varadero (Cuba). **B.** Material recién retirado en Akumal (México).

Multi-year berms of removed *Thalassia*, where the amount of sediment present in the stockpiles treated as waste can be observed. **A.** Material from Varadero beach (Cuba). **B.** Material just removed in Akumal (Mexico).

acopios de estas bermas supone una media del 89,86 % del volumen total, con rangos entre el 67,28 y 79 % en Xcatel (México) y en la isla de San Andrés (Colombia) respectivamente, suponiendo estos los valores más bajos del muestreo. Los valores más altos son de las playas de Bávaro y Cabeza Toro (Rep. Dominicana), con el 94 %, representado dos playas altamente turísticas del país, y donde las gestiones de retirada manual son diarias.

Por países observamos que Cuba y Rep. Dominicana son los países con mayores porcentajes de pérdida sedimentaria, con un 94,3 % y un 91,21 % de pérdida de sedimento asociada a la gestión, respectivamente. Se trata de los dos países más turísticos, y donde la presión hotelera, por mantener las playas “limpias”, aunque sea de forma manual (Fig. 5), supone importantes pérdidas sedimentarias con un carácter anual (Fig. 6), a diferencias de los impactos en el Mediterráneo, que se circunscriben al período estival asociado al uso de playas.

Se ha calculado la relación entre la cantidad total eliminada de bermas y la longitud total de la playa (Fig. 7), donde se aprecia que hay una relación entre la línea de costa y la acumulación de m³ de bermas de *Thalassia testudinum*, con una clara concentración de las playas en las zonas con mayor volumen de acopio, no pudiendo relacionarlo con su residencia ya que es retirada en las costas caribeñas es diaria, debido a

tratarse de espacios turísticos no estacionales, y donde la limpieza de playas es a diario. La relación de sedimento asociado a la retirada de *Thalassia* con la longitud de las playas afectadas representa 1,11 m³/m/año, valor que se sitúa por encima del orden de magnitud de los obtenidos por la retirada de *Posidonia oceanica* en las islas Baleares por Roig-Munar et al. (2019), con un 0,93 m³/m/año, e inferior a los valores establecidos por Guillén et al. (2013) en playas de la península ibérica, con 1,31 m³/m/año. Estos resultados porcentuales de retirada de sedimento de las playas analizadas (Tabla 1) no difieren de los resultados obtenidos en estudios previos a lo largo del Mediterráneo, y no son atribuibles únicamente al contenido sedimentario imbricado en las bermas retiradas (Fig. 6), si no que un importante porcentaje es el resultado de los sistemas de limpieza aplicados.

Discusión

La eliminación de la berma de *Thalassia testudinum* es una práctica extendida desde hace décadas en las islas del Caribe, juntamente con la retirada de sargazo (*Sargassum* spp.), con finalidades de mejorar, supuestamente, el uso recreativo de las playas, y basándose en una errónea concepción de “playa limpia”.

Los datos de las gestiones de *Thalassia testudinum* son difíciles de obtener, ya que se trata de gestiones realizadas habitualmente por gestores privados,

	País	Playa	Núm muestras	Vol. acopio m ³	Sedimento (%)	Vol. Arena m ³	m playa	m ³ /m playa	Mediana % de sedimento retirado por países
1	Rep. Dominicana	Las Terrenas	4	156,8	89,86	140,90	765	0,18	91,21
2		Bavaro	4	2.772	94,58	2.621,76	880	2,98	
3		Ballena	4	9.120	91,21	8.318,35	345	24,11	
4		Cabarette	4	1.123,50	88,35	992,61	890	1,12	
5		Cabeza Toro	4	5.200	94,28	4.902,56	550	8,91	
6	Cuba	Varadero	4	9.575	94,3	9.029,23	550	16,42	94,3
7	México	Xcachel	2	75,5	67,28	50,80	650	0,08	86,89
8		Playa del Carmen	2	134,6	90,13	121,31	890	0,14	
9		Akumel	4	7.565	86,89	6.573,23	670	9,81	
10	Colombia	SprattBight	2	89,6	84,4	75,62	650	0,12	81,86
11		Sant Luís	2	25,7	79,31	20,38	670	0,03	
Total suma			36	35.837,7		32.846,75	670	65,01	
Total mediana				1.123,5	89,86	992,61	8.180	1,12	89,05

TABLA 1. Resultados obtenidos para cada acopio de playa y longitud de muestreo de cada playa.

Results obtained for each beach stockpile and sampling length of each beach.

hoteleros, que no realizan recuentos de volúmenes retirados. Así mismo la disponibilidad de visitación de acopios es ardua y difícil, ya que muchos acopios han sido tratados como residuos, mientras que otros son acopiados en parcelas privadas de los hoteles.

El impacto que supone la retirada de estas bermas afecta de forma considerable a sus puntos de sensibilidad ambiental de berma, playa y *foredune* (Fig. 1). Estas actuaciones suponen una importante cantidad de sedimento que sale del sistema playa-duna, dando lugar a unos balances sedimentarios negativos continuados, y con carácter anual, a los largo de las últimas décadas. La retirada de estas bermas, basada en criterios estéticos de limpieza, supone la afectación continuada sobre el sistema playa-duna y una importante pérdida de volumen y superficie de playa debido a la forma de retirada, transporte y deposición, así como la falta de una gestión del acopio y retorno. Estas prácticas se realizan generalmente sin criterios geomorfológicos, por lo que se eliminan anualmente cientos de metros cúbicos de sedimento que se encuentra incorporado en las bermas, y sedimento neto de playa debido a la forma de arrastre sobre la superficie de playa (Fig. 6), alterando negativamente y continuada el balance sedimentario del sistema.

Conclusiones

El estudio se ha realizado en 11 playas de 4 países caribeñas con un total de 36 muestras analizadas. El resultado final con un promedio, un 89,86 % del volumen de

los restos de *Thalassia* acumulados en las playas corresponde a sedimento arenoso, lo que equivale a un total de 32.846,7 m³ de arena que no retornan al sistema playa-duna. En un horizonte temporal sobre la longitud total de playas analizadas se obtiene un valor de metros cúbicos de sedimento por metro de línea de costa que equivalen a 1,11 m³/m/año, siendo un valor que está en mayor orden de magnitud de los obtenidos por Guillén et al. (2013) en playas de la costa mediterránea peninsular y de las Baleares (1,31 m³/m/año).

Así pues, estas gestiones de limpieza de playa no han favorecido la integridad del sistema en su conjunto ya que ha interferido de forma erosiva en los balances sedimentarios entre el perfil de la playa emergida y playa sumergida, afectados de forma directa y continuada con la pérdida de sedimento. La retirada de *Thalassia testudinum* supone la regresión de playas de forma continuada, aunque probablemente no es la única causa, si es uno de los factores determinantes asociados a la gestión litoral de playas.

Bibliografía

- Ariza, E., Jiménez, J. A. & Sardá, R. 2008.** Seasonal evolution of beach waste and litter during the bathing season on the Catalan coast. *Waste Management*, 28 (12): 2604-2613.
- Blair, T. C. & McPherson, J. G. 1994.** Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and faces assemblages. *Journal of Sedimentary Research*, 64: 450-489.
- Borowitzka, M. A., Lavery, P., & van Keulen, M. 2006.** Epiphytes of seagrasses. In A. W. D. Larkum, R. J. Orth & C. M. Duarte (Eds.),

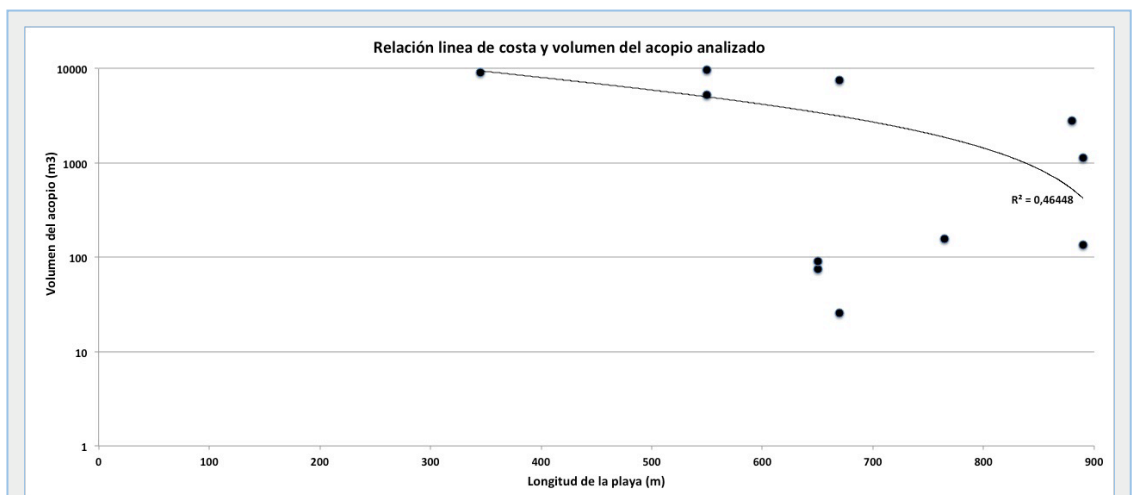


FIGURA 7. Relación entre el volumen de arena retirado y la longitud de la playa y cala analizada (Tabla 1).

Relationship between the volume of sand removed and the length of the beach and cove analyzed (Table 1).

- Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation (pp. 441-461). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Boudouresque, C. F., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T. & Verlaque, M. 2016.** The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781: 25-42.
- Boudouresque, C. F., Ponel, P., Astruch, P., Barceló, A., Blanfuné, A., Geoffroy, D. & Thibaut, T. 2017.** The high heritage value of the Mediterranean sandy beaches, with a particular focus on the *Posidonia oceanica* "banquettes": a review. *Sci. Rep. Port-Cros Natl Park*, 31: 23-70.
- Brown, A. & McLachlan, A. 1990.** Ecology of sandy shores. 392 pp Elsevier, Harbound. Academic Press.
- Campbel, D. J. & Henshall, J. K. 1991.** Bulk Density. In: Smith K. A. & Mullins C. E. (Eds). *Soil Analysis*. 329-366.
- Chesa, L. A., Fustier, V., Fernández, C., Mura, F., Pais, A., Pergent, G., Serra, S. & Vitale, L. 2000.** Contribution to the knowledge of "banquettes" of *Posidonia oceanica* (L) delinea in Sardinia Island. *Biol. Mar. Medit.*, 7(2): 35-38.
- Cowell, P. J. & Thon, B. G. 1994.** Morphodynamics of coastal evolution. In: *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*, Eds Carter R.W.G. y Woodrofe, C.D. Cambridge University Press, Cambridge, 33-86.
- De Falco, G., Simeone, S. & Baroli, M. 2008.** Management of beach-cast *Posidonia oceanica* seagrass on the island of Sardinia (Italy, Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, 24, 69-75.
- Eldridge, P. M. y Morse, J. W. 2000.** A diagenetic model for sediment – seagrass interactions. *Marine Chemistry*, 70: 89-103.
- Guillén, J.E., Martínez, J., Triviño, A. & Soler, G. 2013.** Preliminary study of the management of *Posidonia oceanica* banquettes in Spanish coastal beaches. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 40: 807.
- Gómez-Pujol, L., Orfila A., Álvarez-Ellacuría A., Terrados J. & Tintoré J. 2013.** *Posidonia oceanica* beach-cast litter in Mediterranean beaches: a coastal videomonitoring study. *Journal Coastal Research*, 65 (special issue): 1768-1773.
- Heck, K. L., Hays C. & Orth R. J. 2003.** Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 253:123-136.
- Hesp, P. A. 2002.** Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology, and dynamics. *Geomorphology*, (48), 245-268.
- Hilary, C. & Jones, B. 2007.** Epiphyte communities on *Thalassia testudinum* from Grand Cayman, British West Indies: Their composition, structure, and contribution to lagoonal sediments. *Sedimentary Geology*, 194: 245-262.
- Jiménez, M. A., Beltrán, R., Traveset, A., Calleja, M. L., Delgado-Huertas, A. & Marbà, N. 2017.** Aeolian transport of seagrass (*Posidonia oceanica*) beach-cast to terrestrial systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 116: 31-47.
- Komar, P.D. 1999.** Coastal Changes Scales, of processes and dimension of problems. In: Kraus, N. C. & McDougal, W. G. (Eds.) *Coastal sediments*, Proceeding of 4th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes. American Society of Civil Engineers, 1, Washington D.C. 1-17.
- Marbà, N., Holmer, M., Gacia, E., & Barrón, C. 2006.** Seagrass beds and coastal biogeochemistry. In A. W. D. Larkum, R. J. Orth & C. M. Duarte (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 135-157). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publ.
- Martín Prieto, J. A., Roig Munar, F. X., Rodríguez Perea, A., Mir Gual, M., Pons, G. & Gelabert Ferrer, B. 2016.** La erosión histórica de la playa de sa Ràpita (S. Mallorca). *Investigaciones Geográficas*, (66), 135-154.
- Martínez-Daranas, B., Cabrera, R., Pina-Amargós, F. 2009.** Spatial and seasonal variability of *Thalassia testudinum* in Nuevitas bay, Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 1, 9-27.
- Mateo, M. A., Sánchez-Lizaso J. L. & Romero, J. 2003.** *Posidonia oceanica* "banquettes": a preliminary assessment of the relevance for meadow carbon and nutrient budget. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 85-90.
- Nielsen-Muñoz, V. & Cortés, J. 2008.** Abundancia, biomasa y floración de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (4): 175-189.
- Peterson, B. J., Craig, D., Rutten, L. M. & Fourqurean, J. W. 2002.** Disturbance and recovery following catastrophic grazing: studies of a successional chronosequence in a seagrass bed. *Oikos*, 97: 361-370.
- Piazza, L. D., Balata, Cinelli, F. & Benedetti-Cecchi L. 2004.** Patrones de variabilidad espacial en epifitas de *Posidonia oceanica*. Diferencias entre una ubicación perturbada y dos ubicaciones de referencia. *Botánica acuática*, 79: 345-356.
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. & Martín-Prieto, J. Á. 2000.** Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial. Informe Metodona, Universitat de les Illes Balears, Col·lecció Pedagogia Ambiental núm. 10.
- Roig-Munar, F. X. & Prieto, J. A. M. 2005.** Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 57: 40-52.
- Roig-Munar, F. X. 2004.** Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil playa-duna por el efecto mecánico de su limpieza. *Investigaciones geográficas*, 33, 87-103.
- Roig-Munar, F. X., Comas Lamarca, E., Rodríguez-Perea, A. & Martín Prieto, J.A. 2005.** Management of Beaches on the Island of Menorca (Balearic Islands): The Tension between Tourism and Conservation. *Journal Coastal Research*, SI 49: 89-93.
- Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J. A., Rodríguez-Perea, A., Pons, G. X. 2007.** Cuantificación del contenido sedimentario de los restos de *Posidonia oceanica* en playas y foredunes de Menorca. In Gómez-Pujol, L. y Fornós, J. J. (Ed) *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología litoral*, 89-93.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. Á. & Gelabert Ferrer, B., 2019.** Cuantificación de la pérdida de sedimento por la retirada mecánica de bermas (banquettes) de *Posidonia oceanica* en las playas de las islas Baleares: consecuencias geomorfológicas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32 (2): 73-86.
- Simeone S., De Muro S. & De Falco G. 2013.** Seagrass berm deposition on a Mediterranean embayed beach. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 135: 171-181.
- Simeone, S. & De Falco, G. 2013.** *Posidonia oceanica* banquettes removal: sedimentological, geomorphological and ecological implications. *Journal of Coastal Research*, 65: 1045-1050.
- Touchette, B. W. & Burkholder J. M. 2000.** Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 250: 133-167.
- Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri, C. & Bianchi C. N. 2013.** The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: a natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157 167.
- Yepes, V. & Medina, J. R. 2007.** Gestión de playas encajadas de uso intensivo. *Actas de las IX Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*: 297-304.

Agradecimientos: Los resultados del presente estudio se enmarcan dentro de los proyectos realizados como consultor ambiental mediante los proyectos: Análisis, clasificación y propuestas de gestión geoambiental de las playas de República Dominicana. Diagnóstico

del sistema playa del hotel Grupo Piñero en las costas de México. Propuestas de planificación, ordenación y gestión de las playas de san Andrés (Colombia).