

Artículo

Recibido: 25/02/2021

Rdo. de evaluación: 12/04/2021

Aceptado: 28/07/2021

Soluciones basadas en la Naturaleza como estrategia de adaptación costera al cambio climático en playas del Río de la Plata. Caso de estudio: San Francisco - Maldonado, Uruguay

Nature-based Solutions as a strategy for coastal adaptation to climate change at Río de la Plata beaches. Case of study: San Francisco -Maldonado, Uruguay

Bethy Molina

Dirección de Medio Ambiente, Intendencia Departamental de Maldonado,
Acuña de Figueroa y Burnet - Maldonado - Uruguay
Centro Regional de Profesores del Este- Administración Nacional de Educación Pública.
bmolina@maldonado.gub.uy

Virginia Villarino

Dirección de Medio Ambiente, Intendencia Departamental de Maldonado,
Acuña de Figueroa y Burnet - Maldonado - Uruguay
Universidad de la República

RESUMEN

En los espacios costeros, las dunas y playas brindan importantes servicios ecosistémicos, entre los que se destacan la defensa ante eventos climáticos extremos del ambiente natural y las infraestructuras urbanas que se desarrollan hacia el continente; la conservación de la biodiversidad y el uso recreativo que ha posibilitado el desarrollo turístico de las costas del mundo. La costa constituye una de las zonas terrestres más pobladas, que concentran infraestructuras y servicios, que se desarrollaron en muchos casos a expensa de la integridad ecosistémica. Esta degradación en sinergia con los efectos del cambio climático, compromete la conservación de los servicios ecosistémicos y por tanto aumenta la vulnerabilidad de los territorios, por lo que se hace necesario aplicar estrategias de rehabilitación de los ecosistemas degradados. El objetivo de esta investigación fue la descripción y evaluación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) implementadas en dunas y playas urbanas degradadas de la costa uruguaya del Río de la Plata, para favorecer la resiliencia y adaptación al cambio climático. Para esto se realizaron mediciones de terreno y se calcularon volúmenes de arena en base a perfiles elaborados a partir de modelos digitales de terreno, construidos en base a fotografías tomadas con dron. Se registró el ingreso de 30.000m³ de arena hacia la zona activa de playa y la instalación de 86 cercas captoras de arena, elaboradas con ramas de poda, totalizando 1200m que retuvieron en su base en el primer año de instalación 2300m³ de arena. Finalmente, se puede concluir que la colocación de cercas captoras de arena, elaboradas con ramas de poda, constituyen una Solución basada en la Naturaleza, apropiada para dar respuesta a la degradación de dunas y playas y favorecer la resiliencia y adaptación al cambio climático.

Palabras clave: playas, dunas, Soluciones basadas en la Naturaleza, resiliencia, adaptación, cambio climático

ABSTRACT

In coastal spaces, dunes and beaches provide important ecosystem services, including the defense against extreme climate events of the natural environment and urban infrastructures that develop towards the continent; the conservation of biodiversity and recreational use that have enabled the tourism development of the world's coasts. The coast is one of the most populated terrestrial areas, concentrating infrastructure and services, which were developed in many cases at the expense of ecosystem integrity. This degradation in synergy with the effects of climate change compromises the conservation of ecosystem services and therefore increases the vulnerability of the territories, thus making it necessary to implement strategies for the rehabilitation of degraded ecosystems. The objective of this research was to describe and evaluate the Nature-Based Solutions (SbN) implemented in degraded dunes and urban beaches of the Uruguayan coast of the Río de la Plata, to promote resilience and adaptation to climate change. For this purpose, land measurements were made and volumes of sand were calculated based on profiles made from digital models of terrain and built on photographs taken with drones. The entrance of 30,000 m³ of sand to the active beach area and the installation of 86 sand catcher fences, made with pruning branches, totaling 1200 m that retained at their base in the first year of installation 2300 m³ of sand. Finally, it can be concluded that the placement of sand catcher fences, made with pruning branches, constitutes a Nature-based Solution appropriate for responding to the degradation of dunes and beaches and promoting resilience and adaptation to climate change.

Key words: beaches, dunes, Nature-based solutions, resilience, adaptation, climate change

INTRODUCCIÓN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se han constituido en la guía de la gestión ambiental mundial. Al respecto (Zhenmin, 2019) reporta que el ámbito que requiere medidas más urgentes es cambio climático (ODS 13), cuyos efectos combinados con las presiones de las intervenciones antrópicas pueden producir cambios irreversibles en algunos ecosistemas naturales, entre los que se encuentran los que ocurren en el espacio costero.

En este contexto, se hace necesario desarrollar estrategias de fortalecimiento de la resiliencia y la adaptación de los ecosistemas costeros, a los efectos del cambio climático. Se considera la resiliencia al cambio climático, como la capacidad de los sistemas naturales y sociales para absorber los efectos adversos derivados de los eventos climáticos y recuperar su estructura y funcionamiento (IPCC, 2007). En tanto, se entiende la adaptación como el ajuste de los La adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos y sus efectos o impactos. Se refiere a cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas con el cambio climático. La adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos y sus efectos o impactos. Se refiere a cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas con el cambio climático. sistemas naturales y sociales en respuesta a los estímulos climáticos reales o previstos y sus impactos (IPCC, 2007).

Las costas se encuentran expuestas a procesos naturales de acreción (ganancia de arena) y erosión (pérdida de arena) que se vinculan con aspectos de la geomorfología costera, así como a la influencia de las ondas marinas y el clima, entre otros factores. Estos procesos naturales son afectados por la acción del hombre, que puede favorecer la erosión, a través de la interrupción del ciclo de la arena, lo que conjugado con los eventos climáticos extremos que afectan la costa del Río de la Plata, en el actual contexto de cambio climático, supone la necesidad de aplicar estrategias que favorezcan la conservación de los servicios ecosistémicos que brindan los ecosistemas costeros.

Al respecto, se ha señalado que, se viene procesando un cambio de paradigma, en referencia a que las poblaciones no deberían ser beneficiarias pasivas de los servicios ecosistémicos, sino que deben gestionar los ecosistemas de modo de asegurar la conservación, la restauración o la rehabilitación de los servicios ecosistémicos, a través de lo que se ha denominado Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que abarcan todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios ecosistémicos, para dar respuesta a

los distintos desafíos de la sociedad, como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres (IUCN, 2017). Resulta así necesaria la estabilización de dunas en playas que han perdido grandes volúmenes de arena, sea porque el oleaje la arrastró mar adentro o por la erosión eólica que saca arena del sistema costero natural; trasladándola hacia las zonas urbanizadas, para restablecer el ciclo sedimentario natural, que asegure la conservación de los ecosistemas costeros.

En este contexto, el presente documento reporta un estudio de caso de aplicación de SbN en playas localizadas sobre el Río de la Plata, departamento de Maldonado, Uruguay. El departamento de Maldonado se ha desarrollado urbanísticamente sobre el litoral del Río de la Plata y el Océano Atlántico, por lo que se ejerce presión sobre los ecosistemas costeros y marinos.

En varios tramos de la costa del departamento, ante los eventos de temporal, las estructuras rígidas existentes han colapsado por la acción de las olas y han favorecido el arrastre de arena, con la consiguiente pérdida de dunas. A su vez existen procesos de voladura de arena, la misma se escapa de la playa y se pierde del sistema, vuela a través de los cortes en los médanos. Esos cortes en los médanos son provocados por los ingresos desordenados y las pasarelas elevadas con un trazado recto, entre otras razones, por ejemplo, la circulación con vehículos en la playa y en las dunas.

Las voladuras de arena generan una doble problemática, por un lado, se sale el sedimento del sistema disminuyendo así la cantidad de arena disponible para la formación del ecosistema de dunas, por otro lado, esa arena que vuela se acumula en casas particulares y sobre la rambla costanera. En este último caso se genera el riesgo adicional de probables accidentes de tránsito que pueden ocurrir por la presencia de la arena en la calle.

Existen diferentes alternativas para regenerar el ecosistema de dunas con probada experiencia en diferentes lugares del mundo y con variados resultados (Molina y Steffenino, 2018; Carro et al. 2019). Pero no hay medidas generales que apliquen con buenos resultados para todos los sitios. En este sentido, es necesario conocer las características de la playa y cómo inciden diferentes factores -nivel de marea, intensidad del viento, clima de olas, uso de la playa, entre otros- antes de seleccionar la medida a aplicar en cada caso.

El estudio de caso que se presenta aquí es la experiencia de intervención registrada durante los años 2019 y 2020 en la playa San Francisco-Maldonado, Uruguay, playa en la que se observaron procesos de erosión vinculados con la pérdida de arena del sistema costero, en primera instancia por erosión eólica que transporta arena desde los cordones de dunas móviles hacia la infraestructura vial que se localiza por detrás de los mismos. Esta arena salía del ciclo sedimentario que ocurre en este arco de playa, dado

que ha sido tradicionalmente removida, para evitar que interrumpa la circulación cuando se deposita sobre la ruta, durante cada evento de temporal. Así la playa perdía constantemente arena, que ya no estaba disponible cuando el oleaje fuerte incide en ese espacio costero.

Cuando se considera que el incremento de la inundación y la erosión por efecto del cambio climático, principalmente como consecuencia del aumento del nivel medio del mar (ANMM), se encuentra entre las mayores amenazas a las que se ven sometidos los sistemas costeros y zonas bajas de todo el mundo (Wong et al., 2014).

Materiales y métodos

El método de investigación, mediante estudios de caso consiste en la recopilación de información sobre algún proceso, que permite observar la relaciones entre los distintos componentes y factores de la realidad, para comprender la dinámica de un sistema complejo (Lafitte y Brière, 2014); en este sentido esta investigación se plantea analizar las intervenciones realizadas en playa San Francisco, a la luz del concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza y evaluar los resultados de las mismas y su contribución a la resiliencia y adaptación al cambio climático, por lo que consta de una etapa descriptiva y una explicativa.

Área de estudio: Playa San Francisco

Esta playa se localiza sobre el Río de la Plata, entre $34^{\circ}53'20.83''$ S $55^{\circ}16'42.51''$ O y $34^{\circ}53'49.84''$ $55^{\circ}15'31.84''$ y forma parte de un arco de playa que se desarrolla entre Punta Imán y Punta Colorada (Figura 1. Localización del área de estudio).

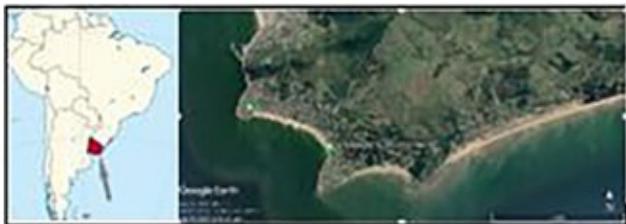


Figura 1. Localización del área de estudio.

Se trata de una playa urbana, para la cual se ha reportado un retroceso de la línea de costa, hecho que vinculan a la acción de factores físicos como la marea, el oleaje, los ciclones, el transporte litoral de sedimentos y a la posible existencia de barreras naturales o antrópica (Texeira et al., 2008). En el caso de playa San Francisco además de los factores físicos, existe como barrera antrópica, la infraestructura vial que representa la ruta N°10, que fue construida inmediatamente detrás del cordón de dunas móviles.

Como se indicó antes, la voladura de arena desde las dunas móviles y desde los accesos informales a la

costa, que tal como lo señalan (Piñeiro y Goso, 2019) actúan como verdaderas estructuras exportadoras de arena, y la posterior remoción de esa arena, constituyen un problema ambiental, que aumenta la exposición de las infraestructuras y la población local a los efectos del cambio climático, al afectar el servicio ecosistémico de defensa que prestan las dunas.

La degradación del litoral suele ser particularmente crítica cuando la urbanización avanza sobre costas con limitada capacidad de soporte, arealmente restringidas. En estos casos se configuran situaciones de riesgos costeros que afectan directamente la seguridad de los usuarios y los bienes del entorno físico y socioeconómico. (Monti, 2005).

Esta situación de partida, llevó a que desde la administración pública (Intendencia Departamental de Maldonado, 2018) se aplicaran un conjunto de medidas de adaptación costera, con el objetivo de rehabilitar algunos servicios ecosistémicos del cordón de dunas, principalmente el que refiere a la función de defensa de los ecosistemas naturales y antrópicos.

En este documento se reportan principalmente dos de las intervenciones realizadas, la consistente en el reingreso de arena a la zona de playa activa y la instalación de cercas captoras de arena, que son intervenciones que deberán ser recurrentes en el tiempo. Otras intervenciones realizadas, para favorecer la estabilización del cordón de dunas, son solamente enumeradas.

Se realizó relevamiento bibliográfico de SbN en el contexto del cambio climático y se llevó a cabo el trabajo de terreno con observaciones y mediciones sistemáticas a fin de cubrir las etapas previas, simultáneas y posteriores a las intervenciones. En lo que refiere a los cálculos, los mismos se realizaron a partir de ortofotomosaicos (dron2map) generados con imágenes de dron, que posibilitaron la realización de geoprocesos con herramientas del software (ArcGIS). Ésto posibilitó el cálculo de volúmenes de arena en base a perfiles elaborados a partir de modelos digitales de terreno. Esta metodología permite un análisis diacrónico que posibilita comparar imágenes tomadas en diferentes momentos y valorar los lugares en donde se concentró arena y los lugares que perdieron sedimento. A través de la salida gráfica es posible identificar rápidamente las zonas con ganancia o pérdida de arena.

Diseño de investigación

El diseño de investigación se dividió en dos etapas, una descriptiva en la cual se presentan exhaustivamente las medidas implementadas y sus resultados y otra explicativa en la cual se analiza si las medidas implementadas pueden ser consideradas SbN que contribuyan a la resiliencia y adaptación al cambio climático. La descripción y evaluación de resultados de las medidas implementadas se realiza en base a la revisión documental, observaciones y mediciones de terreno, análisis de imágenes satelitales y de ortomo-

saicos construidos con fotografía tomadas con dron.

Para analizar si las medidas implementadas pueden ser consideradas SbN y por tanto contribuir a la resiliencia y adaptación al cambio climático, se definieron como indicadores de SbN, los ocho criterios definidos por IUCN (2020).

RESULTADOS

El ecosistema intervenido fue el cordón de dunas, de la playa San Francisco, que tiene una extensión de 1000m, a lo largo de los cuales el viento depositó arena sobre la ruta situada a escasos 70m de la línea de ribera. La primera acción implementada fue el reingreso de la arena que estaba sobre la ruta a la zona de playa activa, para que el agua la alcanzara rápidamente minimizando la erosión eólica. Dado que para realizar esta tarea fue necesario el empleo de maquinaria pesada para empujar la arena (bulldozer) al espacio de playa, fue necesario definir los sitios de reingreso de la arena a la playa, excluyendo las áreas de interés arqueológico y aquellas donde las dunas tienen mayores dimensiones, áreas con vegetación nativa. Así se seleccionaron tres sitios de reingreso de la arena a la playa, coincidentes con tres trillos de ingreso peatonal informales, dos de ellos correspondientes además a sitios de evacuación de pluviales a la costa, por lo que la principal característica considerada para la definición de los sitios de reingreso, fue la presencia de cierto grado de compactación de la arena en el sitio.

Dado que la arena se encontraba distribuida a lo largo de 1000m de ruta, fue necesario trasladarla hasta los sitios de ingreso a la playa, para lo cual fue cargada mediante pala mecánica en camiones que la volcaron en los sitios establecidos para el reingreso a la playa.

A medida que se avanza desde Oeste a Este con el reingreso de la arena a la costa, se complementa la acción, mediante la instalación de cercas captoras de arena, que fueron realizadas manualmente, con ramas de podas entrelazadas, que se colocan en forma horizontal sobre el sustrato al que se fijan mediante ramas colocadas en sentido vertical (Figura 2. Cercas captoras de arena).



Figura 2. Cercas captoras de arena.

De esta forma se reingresaron unos 30.000m³ de arena desde la ruta hacia el espacio de playa, valor calculado a partir de la capacidad de los camiones utilizados (8m³) y el número de viajes realizados (3750), que fue confirmado por análisis de perfiles de playa elaborados a partir de modelos digitales de terreno, construidos mediante del procesamiento de imágenes tomadas con dron, en el marco de los monitoreos previstos en el propio proyecto de recuperación de las dunas y playas. Estas intervenciones se cumplieron entre Julio y Agosto de 2019, requirieron el uso de una pala, cuatro camiones y un bulldozer. A medida que se avanzaba con el reingreso de arena, se instalaban las cercas, de modo que la diferencia temporal de ambas acciones, nunca fue mayor a una semana.

Luego de un año de la implementación de las acciones, se registró la presencia de 86 cercas captoras de arena, situadas principalmente en las ollas de deflación y cerrando corredores de viento, con orientación que favorece la retención de arena en función de los vientos predominantes, que son de Sureste a Noroeste. La longitud de las cercas captoras, es variable desde 4,30 m a 45,00 m dependiendo de la morfología del espacio en el que se quiere controlar la erosión eólica, esto es, dependiendo del tamaño de las ollas de deflación o del tamaño de los corredores de viento identificados -principalmente asociados a trillos peatonales de ingreso a la playa-. En total se registraron 1195,00m de cercas captoras de arena instaladas, de los cuales más del 75% de las cercas miden menos de 20,00m de longitud (Figura 3. Histograma de frecuencia de longitudes de cercas captoras) presentando una altura entre 1,00m y 1,50m de altura.

Cuando se analizan los volúmenes de arena por clase de longitud de cerca captora, se observa que para cercas menores a 10,00 m la mediana es de 14,00m³, con mayor cantidad de valores por encima del tercer cuartil que por debajo del primero y con retención de dos cercas captoras que se pueden considerar outlier con más de 50m³ (Figura 4. Arena retenida por cercas captoras de hasta 10m de longitud). Para cercas con longitudes entre 10,00m y 20,00m la mediana se ubica en 28,00m³, también hay dos cercas captoras que pueden considerar outlier en este caso, con más de 80,00m³ de arena retenida (Figura 5. Arena retenida por cercas captoras de entre 10m y 20m de longitud).

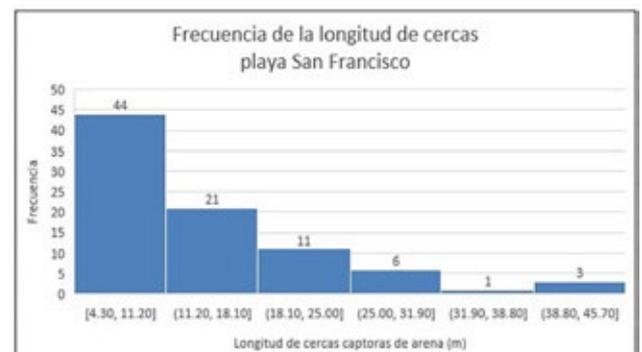


Figura 3. Histograma de frecuencia de longitudes de cercas captoras



Figura 4. Arena retenida por cercas captoras de hasta 10 m. de longitud.

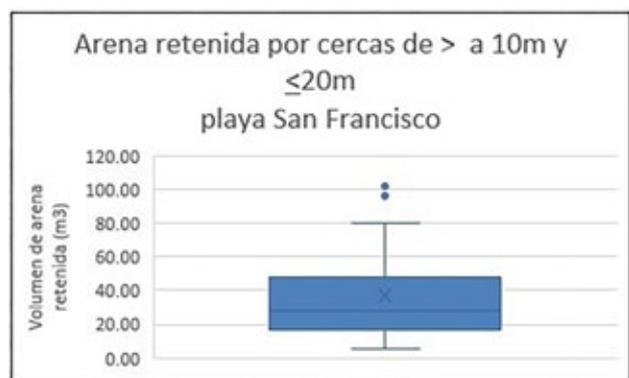


Figura 5. Arena retenida por cercas captoras de entre 10 m. y 20 m. de longitud.

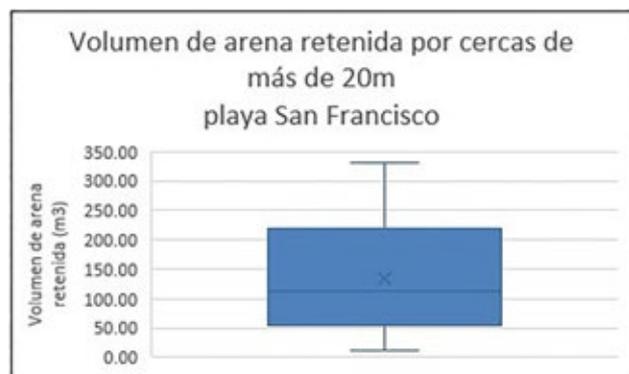


Figura 6. Arena retenida por cercas captoras de más de 20 m. de longitud.



Figura 7. Arena retenida por cerca captora con revegetación natural.

Finalmente, las cercas con longitud superior a 20,00m tienen una mediana de 110,00m³ y un amplio rango intercuartil que va desde los 50,00m³ a 210,00m³ de arena retenida (Figura 6. Arena retenida por cercas captoras de más de 20m de longitud). El volumen total de arena retenido en la base de las cercas captoras asciende a 2300m³, volumen un orden de magnitud menor que el calculado en base a los perfiles de playa.

El análisis de la matriz elaborada para cuantificar el grado de ajuste de las intervenciones objeto de estudio, a los criterios establecidos por IUCN (2020) para diseñar y verificar SbN, confirma mediante evidencias presentadas para cada uno de los criterios, que las medidas implementadas se pueden categorizar como SbN (Tabla 1. Relación entre los criterios de SbN y las intervenciones realizadas en playa San Francisco), (Figura 7. Arena retenida por cerca captora con revegetación natural).

DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que la presión que ejerce la urbanización sobre la playa San Francisco, afecta la dinámica de arena, generando un déficit de arena, que aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas de dunas y playa a la erosión y restringe sus potencialidades de uso; lo que está en consonancia con lo señalado por Boretto et al. (2019) para otras playas de Maldonado-Uruguay.

Al considerar que uno de los efectos del cambio climático que se espera para Uruguay es un aumento de vientos del Sureste (Oyanthcabal, 2010), y que el arco de playa objeto de estudio se desarrolla en dirección SE-NW, la situación de déficit de arena podría agravarse y esto sumado al aumento del nivel medio del mar, supondría el aumento del riesgo de impactos en los ecosistemas costeros. Entre los principales impactos que podrían darse, se pueden citar, la interrupción del tránsito por el depósito reiterado de arena sobre la ruta, la inundación en eventos de temporal de la ruta y las viviendas ubicadas en la primera línea, la exposición de la urbanización al viento cargado de spray salino, entre otros

Ante la situación planteada, se implementaron acciones para revertir los efectos antrópicos, sobre la dinámica de arena, que se centraron principalmente en recuperación del ecosistema de dunas.

Este tipo de proceso de recuperación de algunos servicios ecosistémicos que se habían dejado de brindar por la degradación de los ecosistemas, han sido definidos como rehabilitación ecosistémica (Meffe and Carroll, 1997; Toja, 2017), por lo que se puede concluir que las acciones implementadas en la playa San Francisco, forman parte de un proceso de rehabilitación ecosistémica, en tanto los resultados sugieren que se trata de Soluciones basadas en la Naturaleza, que favorecen la resiliencia y adaptación al cambio climático. En este contexto, adquiere relevancia recu-

Crterios/Intervenciones	Reingreso de arena a la playa de cercas captoras de arena	Ajuste
1. Atiende problema social específico, al tiempo que conserva los ecosistemas.	Atienden el desafío del cambio climático, la reducción del riesgo y revierten proceso de degradación del ecosistema de dunas, para restablecer ciclo sedimentario.	Si
2. Escala adecuada.	Dado que el principal objetivo es mantener la arena dentro del arco de playa en el que se deposita, las intervenciones se realizan a la escala adecuada.	Si
3. Mejora de la integridad ecológica.	En la medida que se estabilizan las dunas, generan oportunidades para la revegetación natural (Figura 7).	Si
4. Viabilidad económica en el largo plazo.	La inversión mayor fue la inicial, el mantenimiento resulta en un costo menor, y aporta beneficios de forma que se aseguran su sostenibilidad económica.	Si
5. procesos de gobernanza transparente, inclusivos y empoderadores.	Si bien las intervenciones fueron discutidas con los diferentes actores del territorio (gobierno local, gobierno nacional, ONGs ambientalista, pobladores), recién cuando la obra estuvo avanzada se logró el empoderamiento necesario.	Si
6. Capacidad de ofrecer múltiples beneficios.	La estabilización de un ecosistema de dunas, supone la reducción del riesgo de inundación por aumento del nivel medio del mar, a protección frente a eventos de temporal, se asegura el libre tránsito de la ruta, se minimizan los riesgos de salinización de los reservorios subterráneos de agua dulce, otorga valor paisajístico y conserva el ámbito costero para el uso recreativo y el desarrollo turístico.	Si
7. Manejo adaptativo.	El monitoreo continuo y la instalación de nuevas cercas captoras, en sitios donde se evidencian voladoras de arena, asegura el manejo adaptativo del arco de playa.	Si
8. Sostenible en contexto jurisdiccional adecuado.	La intervención se realizó en el contexto jurisdiccional adecuado, el gobierno regional, que es quien tiene potestades para la gestión costera en Uruguay, aunque se destaca que se trabajó en coordinación con el ámbito nacional en el área de competencia (Ministerio de Ambiente y el ámbito local (Municipio)).	Si

Tabla 1. Relación entre los criterios de SbN y las intervenciones realizadas en playa San Francisco

rrir a metodologías de monitoreo como las mediciones realizadas desde perfiles obtenidos mediante análisis de imágenes tomadas con dron, dando respuesta a lo planteado por Dadón y Mateucci (2014) en referencia a que ante la proliferación de problemas ambientales se hace necesario contar con herramientas de diagnóstico que aporten información para la planificación y gestión integrada de los territorios.

La relevancia de contar con estas herramientas es aún mayor cuando se tiene en cuenta que los cálculos de volumen de arena retenidos por las cercas captoras en su base, subestiman por mucho el volumen de arena realmente retenido en el arco de playa, ya que no consideran la arena localizada desde el acúmulo de la base de las cercas hacia la costa, de la que dan cuenta los perfiles de playa, lo que para la playa San Francisco resulta consistente tanto con el volumen de arena que debió reingresarse a la costa, como con lo reportado por Piñeiro y Goso (2019) en referencia a las estimaciones del caudal de arena movido por el viento en la costa uruguaya.

CONCLUSIÓN

El análisis de los resultados de las acciones implementadas, reingreso de arena a la zona de playa activa e instalación de cercas captoras de arena, sugiere

que se han recuperado rápidamente algunos servicios ecosistémicos que brindan las dunas, como el servicio de protección de los ecosistemas que se desarrollan hacia el continente, ante eventos de temporal, sea de inundaciones, de fuertes vientos e incluso del spray salino. Esto permite concluir que el reingreso de arena a la playa y la colocación de cercas captoras de arena, elaboradas con ramas de poda, constituyen una Solución basada en la Naturaleza, apropiada para dar respuesta a la degradación de dunas y playas y favorecer la resiliencia y adaptación al cambio climático.

Se concluye también que las cercas captoras diseñadas con ramas de poda, sin inclusión de otros materiales, resultan apropiadas para la estabilización de duna, porque además de minimizar las pérdidas de arena del sistema por erosión eólica, favorecen el desarrollo de la vegetación nativa, de las especies cuyos propágulos forman parte del banco de semillas del lugar, mediante el aporte de materia orgánica al sustrato arenoso.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos de terreno se realizaron con la colaboración de la becaria Priscilla Rodríguez, a quien se agradece la colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boretto, G.; Rouzaut, S.; Cioccale, M.; Gordillo, S. & Benítez, Y. (2018) Dinámica costera y antropización en playas uruguayas. Un análisis integrado para su conservación. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35 (3): 291-306. Consultado en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v35n3/2007-2902-rmcg-35-03-291.pdf> jsp. Febrero 2020
- Carro, I.; Seijo, L.; Lagos, X.; Gutiérrez, O.; Nagy, G. & Segura, C. (2017). Adaptación al cambio climático a partir de la restauración y conservación de ecosistemas costeros en el Atlántico Sur. Consultado en <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJCCSM-07-2017-0149/full/html> jsp. Febrero 2020
- Dadón, J. y Matteucci S. (2004) Patrones de desarrollo costero en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/239598104_Patrones_de_desarrollo_costero_en_la_provincia_de_Buenos_Aires jsp. Febrero 2021
- IPCC (2007) Cambio Climático 2007. Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. IPCC. 115p. Consultado en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf> jsp Marzo 2020
- IUCN (2020) Estándar Global de la IUCN para Soluciones basadas en la Naturaleza. Consultado en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf> jsp. Marzo 2020
- Lafitte, J. y brière, L. (2014). Estudios de casos en el marco del Programa de formación de líderes en ecodesarrollo comunitario y salud ambiental. Proyecto Ecominga Amazónica. [Recopilación didáctica de estudios de casos]. Montréal: Les Publications du Centre.
- Meffe, G.; Carroll, R. and Contributors (1997) Principles of Conservation Biology. Second Edition. Sinauer Associates, INC. 549pp.
- Molina, B. & Steffenino, F. (2018) Estabilización de dunas en playas de Maldonado, Uruguay. Consultado en: https://www.ina.gov.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_528.pdf jsp. Marzo 2020
- Monti, A. (2005) Diagnóstico ambiental y proyecciones orientadas al manejo costero den Playa Magagna, Chubut en Revista "Párrafos Geográficos" Año IV 4: 7-31 Consultado en: http://www.igeopat.org/parrafosgeograficos/images/RevistasPG/2005_V4/4-2.pdf jsp. Febrero 2021
- Oyanthçabal, W. 2010. La institucionalidad y el cambio climático: un tema central. Agricultura y cambio climático: Innovación, políticas e institucionalidad. CEPAL – República Francesa – IICA – FAO.
- Piñeiro, G; Goso, C. (2019) Estudio de la vulnerabilidad a la erosión costera y sedimentación dunar de la costa uruguaya, Convenio Facultad de Ciencias- MVOTMA, Informe adicional 2, Producto 8. Estudio de caudal eólico. 50pp.
- Toja, (2017) La restauración de ecosistemas. Integración de los factores de presión ecológicos y socioeconómicos en los modelos conceptuales para una gestión adaptativa. *Biología Acuática* 32: 40-53 Consultado en: https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=la+restauraci%C3%B3n+de+ecosistemas+%2B+Toja+2017&btnG= jsp. Diciembre 2020
- Wong P., Losada I., Gattuso J., Hinkel J., Khattabi A. et al. (2014). Coastal systems and low-lying areas. In: *Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field C., V Barros., D Dokken., K Mach., M Mastrandrea, et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 361-409.
- Zhenmin, L. (2019) Introducción en: Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019. Naciones Unidas. 64pp. Consultado en: https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf jsp. Marzo 2020