

Relevancia y viabilidad de un seguro de manglares en México, Florida, y Las Bahamas



ESCUELA
NACIONAL DE
ESTUDIOS
SUPERIORES
UNIDAD
MÉRIDA



UNIVERSITY OF CALIFORNIA
SANTA CRUZ

The Nature
Conservancy



BUILDERS
INITIATIVE

Relevancia y viabilidad de un seguro de manglares en México, Florida, y Las Bahamas

Autores

Martha Rogers¹
Fernando Secaira Fajardo¹
Laura Geselbracht¹
Marcia Musgrove¹
Eric Roberts¹
Joseph Schmidt¹
Solomon Gibson¹

1. The Nature Conservancy, Arlington, VA

Imagen de portada: A wooden path winds through mangroves in Lucayan National Park on Grand Bahama Island, The Bahamas. © Shane Gross.

Imagen de contraportada: Tiburones limón subadultos nadan por cerca del manglar en Bimini, Las Bahamas. © Jillian Morris/TNC

Diseño y diagramación

.Puntoaparte Editores

Rogers, M., Secaira-Fajardo, F., Geselbracht, L., Musgrove, M., Roberts, E., y Schmidt, J. (2022). "Relevancia y viabilidad de un seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas". The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.

Agradecemos la financiación de AXA XL y Builders Initiative. Así mismo, queremos agradecer a nuestros colegas, quienes aportaron su experiencia técnica y comentarios perspicaces a la redacción de este informe, Lianna McFarlane-Connelly, Mark Way, Rod Braun y Amy Bruno. Adicionalmente, queremos agradecer a nuestros colegas que trabajaron con nosotros en la producción de los dos primeros reportes que son la base para este. Estos colegas incluyen: Jorge Herrera Silveira, Pedro Javier Robles Toral, Jesús Andrés Canul Cabrera y Lucía Guerra Cano del Departamento de Recursos Marinos CINVESTAV-Mérida; Claudia Teutli Hernández de la UNAM; y Pelayo Menéndez, Chris Lowrie y Michael W. Beck de la Universidad de California, Santa Cruz.

Este informe es el último de tres que publicará TNC en colaboración con nuestros socios de AXA XL, CINVESTAV y la Universidad de California, Santa Cruz. Los informes son parte de un proyecto de un año de duración orientado a evaluar la viabilidad de un proyecto de seguros de manglares en el Golfo de México y el Caribe. En el primer informe, documentamos el tipo de daños a los manglares que pueden resultar tras el paso de huracanes, las técnicas apropiadas de restauración para restaurar de manera correcta los manglares dañados, y los costos de estos esfuerzos de restauración. En el segundo informe, documentamos el valor protector de los manglares en la región estudiada. En este último informe, recopilamos información de los dos primeros informes e identificamos las áreas específicas en las cuales sería más rentable un producto de seguro de manglares. También resumimos los esfuerzos de nuestro análisis de mercado en México, Florida y Las Bahamas e identificamos lugares específicos donde se podría implementar un piloto del producto de seguro de manglares. Como se describe en este informe, las tormentas tropicales y los huracanes pueden causar daños significativos a los manglares, y los costos de su restauración pueden ser altos. Financiar estas actividades de restauración mediante soluciones innovadoras como lo es un producto de seguro de manglares, será crucial para garantizar que los beneficios protectores de los manglares se conserven en el futuro.

El trabajo para este informe se realizó de marzo de 2021 a septiembre de 2022. Los hallazgos no toman en cuenta los impactos o cambios que pudo haber producido el huracán Ian en septiembre de 2022.



Resumen ejecutivo

Los manglares a menudo actúan como primera línea de defensa costera durante las tormentas tropicales, y se ha demostrado que reducen la altura de las olas en hasta un 66% a lo largo de los primeros 100 metros de manglar (McIvor *et al.*, 2012a). En general, los sistemas de manglar ayudan a estabilizar el suelo y a reducir la erosión mientras que las raíces, los troncos y las copas de los árboles disipan la energía de las olas y retardan la penetración de las marejadas ciclónicas (McIvor *et al.*, 2012a; McIvor *et al.*, 2012b; Thampanya *et al.*, 2006). En este estudio, nos enfocamos en los manglares de México, Florida y Las Bahamas, donde proporcionan más de USD 17 mil millones anuales en beneficios de protección contra inundaciones (medidos durante 30 años usando una tasa de descuento del 4%, en USD de 2020). (Menéndez *et al.*, 2022). La erosión y los huracanes siguen siendo dos de las principales amenazas para la pérdida de manglares en gran parte de esta área (Goldberg *et al.*, 2020). Identificar fuentes de financiación adecuadas y confiables para financiar la restauración y protección de los manglares es esencial para garantizar su resiliencia y la resiliencia de las comunidades que protegen.

El seguro de manglares es una nueva fuente importante para esta financiación. El seguro de manglares puede ser una herramienta de transferencia del riesgo capaz de proporcionar financiación inmediata para la restauración y reparación de los manglares tras daños causados por huracanes. Esta respuesta rápida acelera el tiempo de recuperación de los manglares y mejora su resiliencia ante futuros huracanes (Herrera-Silveira *et al.*, 2022).

En el transcurso de 2021, exploramos la viabilidad de una póliza de seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas, donde las comunidades costeras y la infraestructura son particularmente vulnerables a los huracanes. Nuestro trabajo se basa en estudios anteriores que mostraron condiciones favorables prometedoras en estos lugares, y proporcionaron análisis detallados de los beneficios protectores de los manglares y de las técnicas y costos de su restauración (Beck *et al.*, 2021; Herrera-Silveira *et al.*, 2022; Menéndez *et al.*, 2022). Nuestra interacción con las partes interesadas se enfocó en seis preguntas clave:

1. ¿Cuán valiosos son los beneficios de protección contra inundaciones que proveen los manglares?
2. ¿Existen partes interesadas que valoran o se benefician de la protección contra inundaciones de los manglares?
3. ¿Las partes interesadas desean gestionar el riesgo para los manglares y potencialmente comprar un seguro?
4. ¿Las partes interesadas tienen el derecho legal de comprar el seguro?
5. ¿Las partes interesadas tienen la capacidad de pagar una prima de seguro?
6. ¿Existe alguna institución o entidad financiera que pueda convocar a los beneficiarios para que contraten el seguro?

A través de nuestros intercambios, descubrimos que existe un gran interés entre las partes interesadas de continuar explorando cómo se podría diseñar y gestionar una póliza de seguro de manglar. Identificamos nueve lugares –tres en México, cuatro en Florida y dos en Las Bahamas– como sitios potenciales para una póliza piloto de seguro de manglares. Estos lugares se identificaron con base en la presencia de grandes áreas de manglar, el alto valor protector de los manglares, y el fuerte interés de las partes interesadas clave.

Si bien estas interacciones con las partes interesadas nos generan optimismo con respecto a las oportunidades para una póliza de seguro de manglares en estos lugares de alto riesgo, aún queda trabajo por hacer. Los análisis futuros deberán considerar cómo diseñar la póliza de seguro y cómo gestionar los pagos para garantizar que se realice el trabajo adecuado de restauración. A medida que avanzamos con este trabajo, nuestro objetivo es lanzar una póliza piloto de seguro de manglares y demostrar que, cuando se usan de manera adecuada, este tipo de herramientas de transferencia del riesgo pueden ser un medio rentable para proteger nuestras costas y comunidades costeras.



Tabla de contenidos

Introducción	1
Beneficios de los manglares en cuanto a protección contra inundaciones	3
Pérdida y degradación de manglares	5
Es posible reducir el daño a los manglares	9
Lugares rentables para la restauración y protección de manglares	10
Asegurar los manglares	11
Desarrollar una póliza de seguro de manglares	12
Oportunidades para el seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas	16
México	17
Florida	19
Las Bahamas	21
Conclusiones: Perspectivas y oportunidades	23
Referencias	26

Introducción

Los manglares cubren cerca de 14 millones de hectáreas de costas tropicales y subtropicales en 118 países (Spalding *et al.*, 2010). Estos ecosistemas fundamentales proporcionan un rango de beneficios a las personas y las propiedades. En primer lugar, los manglares constituyen una de las zonas de pesca más productivas del mundo. Son criaderos importantes para muchas poblaciones de peces de arrecife de coral, como el *Seriola lalandi*, y pueden tener un gran impacto en las comunidades de peces de los arrecifes de coral cercanos (Mumby, 2004; Serafy, 2015). Adicionalmente, la pesca recreativa en los manglares, de peces como el sábalo, el macabí y el pargo, puede ser una fuente importante de beneficios económicos para la economía local. En Las Bahamas, se estima que este tipo de pesca genera USD 169 millones al año en beneficios económicos totales (Fedler, 2018). En segundo lugar, se estima que los manglares almacenan más de 6,4 mil millones de toneladas de carbono a nivel mundial (Sanderman, 2018). Y, por último, los manglares actúan como primera línea de defensa en caso de tormentas tropicales. Se ha demostrado que los manglares disipan la energía de las olas, retardan la penetración de las marejadas ciclónicas y reducen la erosión (McIvor *et al.*, 2012a; McIvor *et al.*, 2012b; Thampanya *et al.*, 2006). A nivel mundial, los manglares proporcionan anualmente más de USD 65 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones, y protegen a más de 15 millones de personas (Menéndez *et al.*, 2020).

En la actualidad, los manglares están cada vez más expuestos a las actividades humanas directas e indirectas. Tan solo entre 1980 y 2005, se perdió cerca del 20% de la cobertura mundial de manglares (Giri *et al.*, 2010; Spalding *et al.*, 2010). La tala de manglares para la acuicultura o para asentamientos urbanos es la principal causa de la pérdida de manglares a nivel mundial, y el 80% de esta pérdida está concentrada en tan solo seis países: Indonesia, Myanmar, Malasia, Filipinas, Tailandia y Vietnam (Goldberg *et al.*, 2020). Por fuera de estos seis países, la principal causa de la pérdida de manglares es la erosión y los huracanes (Goldberg *et al.*, 2020). Se espera que la frecuencia e intensidad de los huracanes aumente en los próximos años.

Cuando un huracán pasa sobre un manglar, puede causar cambios críticos en la estructura de los mangles, la to-

pografía, la hidrología o las características del sedimento (Herrera-Silveira *et al.*, 2022)¹. Tras un huracán, los manglares se pueden recuperar de manera natural en entre tres y cinco años, pero la recuperación total, en particular tras una tormenta más severa, puede tomar hasta veinte años (Danielson *et al.*, 2017; Imbert, 2018). La restauración y reparación activa de los manglares después de daños causados por huracanes puede acelerar su tiempo de recuperación y mejorar su resiliencia ante futuros huracanes (Herrera-Silveira *et al.*, 2022). Es posible que la capacidad de los manglares de recuperarse de manera natural tras un huracán también se vea comprometida en el futuro si aumenta la frecuencia de huracanes severos, como se prevé que ocurra debido al cambio climático (Kossin, 2020).

Por lo tanto, financiar la restauración y reparación de los manglares tras el paso de tormentas resulta esencial para garantizar que la protección contra inundaciones y demás beneficios que prestan los manglares se conserven en el futuro. Una póliza de seguro de manglares representa un mecanismo financiero innovador para financiar este trabajo de reparación. En regiones en las que los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares son altos, proteger y restaurar los manglares es un medio rentable que permite reducir los riesgos que los huracanes suponen para las personas y las propiedades. Es posible emplear una póliza de seguro para garantizar la financiación necesaria para reparar los manglares después de que sufren daños por un huracán, al igual que otras pólizas de seguro se usan para reparar la infraestructura construida. The Nature Conservancy (TNC) y el gobierno de Quintana Roo, México, lanzaron una póliza de seguro para arrecifes de coral y playas en 2019 que demuestra este concepto (TNC, 2021).

En este informe, resumimos los hallazgos de una evaluación de viabilidad orientada a identificar los posibles lugares en los que podría ser posible instaurar un piloto de póliza de seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas. Este trabajo se basa en una evaluación previa

1 En este informe, usamos el término “huracanes” para referirnos a ciclones tropicales, pues enfocamos nuestra discusión en los manglares del Golfo de México y el Caribe, donde los ciclones tropicales se denominan huracanes.

Evaluar si un activo natural requiere un seguro

¿El activo natural presta un servicio valioso?

¿El activo natural se encuentra en riesgo? ¿Puede un evento dañarlo gravemente y perjudicar sus servicios ecosistémicos?

¿El riesgo es asegurable?

¿Es posible reparar los daños al activo natural, de modo que los servicios que presta puedan seguir siendo funcionales o se puedan recuperar?

¿El costo de reparar el activo es menor que las pérdidas evitadas?

¿Es necesario un seguro para el activo natural?



¿Existen partes interesadas que comprarían el seguro?

¿Existen partes interesadas que valoran el activo natural?

¿Existen partes interesadas que deseen reparar los daños?

¿El costo de la restauración es superior a la capacidad financiera de las partes interesadas y/o preferirían transferir el riesgo?

¿Las partes interesadas tienen la capacidad de pagar la póliza?

¿Quién tiene derecho a comprar un seguro para el activo natural?

¿Existen compradores potenciales?



Figura 1: Preguntas guía para la evaluación de viabilidad de un seguro de manglares. Adaptado de Secaira Fajardo et al. (2019).

de viabilidad que demostró que estos tres lugares tienen algunas de las mayores áreas de manglar cuya restauración sería rentable por sus beneficios de reducción del riesgo de inundación y, además, que es más probable que estos lugares tengan condiciones de mercado de seguros y de gobernanza adecuadas para que una póliza sea viable y atractiva (Beck et al., 2020). Durante esta evaluación de viabilidad, involucramos a partes interesadas clave de México, Florida y Las Bahamas para identificar quiénes pueden ser clientes adecuados para el seguro de manglares, cuáles son sus intereses al contratar este tipo de póliza, y cómo se podría estructurar la póliza de seguro de manglares. El objetivo de estas discusiones era evaluar si existe la necesidad de un seguro de manglares e identificar posibles compradores de la póliza. La Figura 1 resalta las preguntas guía que empleamos para orientar este trabajo.

En cada una de las siguientes secciones, presentamos los elementos clave necesarios para que un seguro sea una herramienta adecuada para proteger y restaurar los man-

glares. En las siguientes dos secciones, mostramos que los manglares proporcionan beneficios valiosos de protección contra inundaciones en México, Florida y Las Bahamas, y que muchos manglares de estas regiones están en riesgo de daños o pérdidas por huracanes. Luego, mostramos que, dentro de cada una de estas regiones, existen muchos lugares en los que resultaría altamente rentable restaurar los manglares. En estos lugares, los manglares se podrían reparar tras un huracán para acelerar su recuperación y garantizar que sus beneficios de protección se conserven en el futuro. En conjunto, esta información proporciona la justificación para un seguro de manglares. Después, resumimos los aprendizajes clave que surgieron de nuestra interacción con las partes interesadas en México, Florida y Las Bahamas. Nos basamos en la participación de las partes interesadas para identificar a compradores potenciales de una póliza de seguro de manglares, los posibles lugares donde se podría establecer un piloto de la póliza, y para priorizar las preguntas clave que se deben abordar en fases posteriores del trabajo.

Beneficios de los manglares en cuanto a protección contra inundaciones

Los manglares a menudo actúan como primera línea de defensa costera durante las tormentas tropicales, y se ha demostrado que reducen la altura de las olas en hasta un 66% a lo largo de los primeros 100 metros de manglar (McIvor et al., 2012a). En general, los sistemas

de manglar ayudan a estabilizar el suelo y a reducir la erosión mientras que las raíces, los troncos y las copas de los árboles disipan la energía de las olas y retardan la penetración de las marejadas ciclónicas (McIvor et al., 2012a; McIvor et al., 2012b; Thampanya et al., 2006).

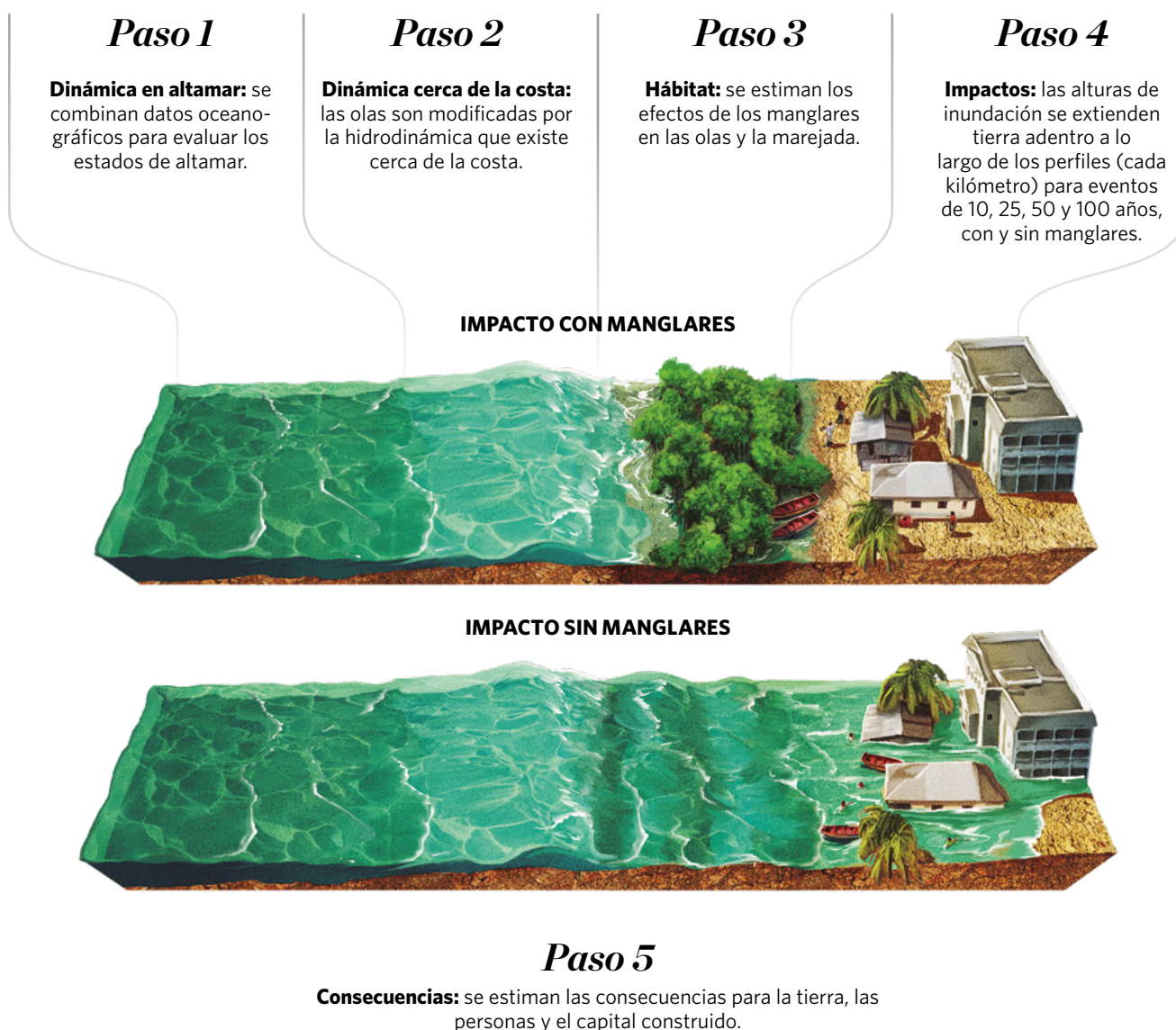


Figura 2: Pasos y datos clave para estimar los beneficios de protección contra inundaciones que prestan los manglares (adaptado de Beck et al. 2019). © Puntoaparte Editores.

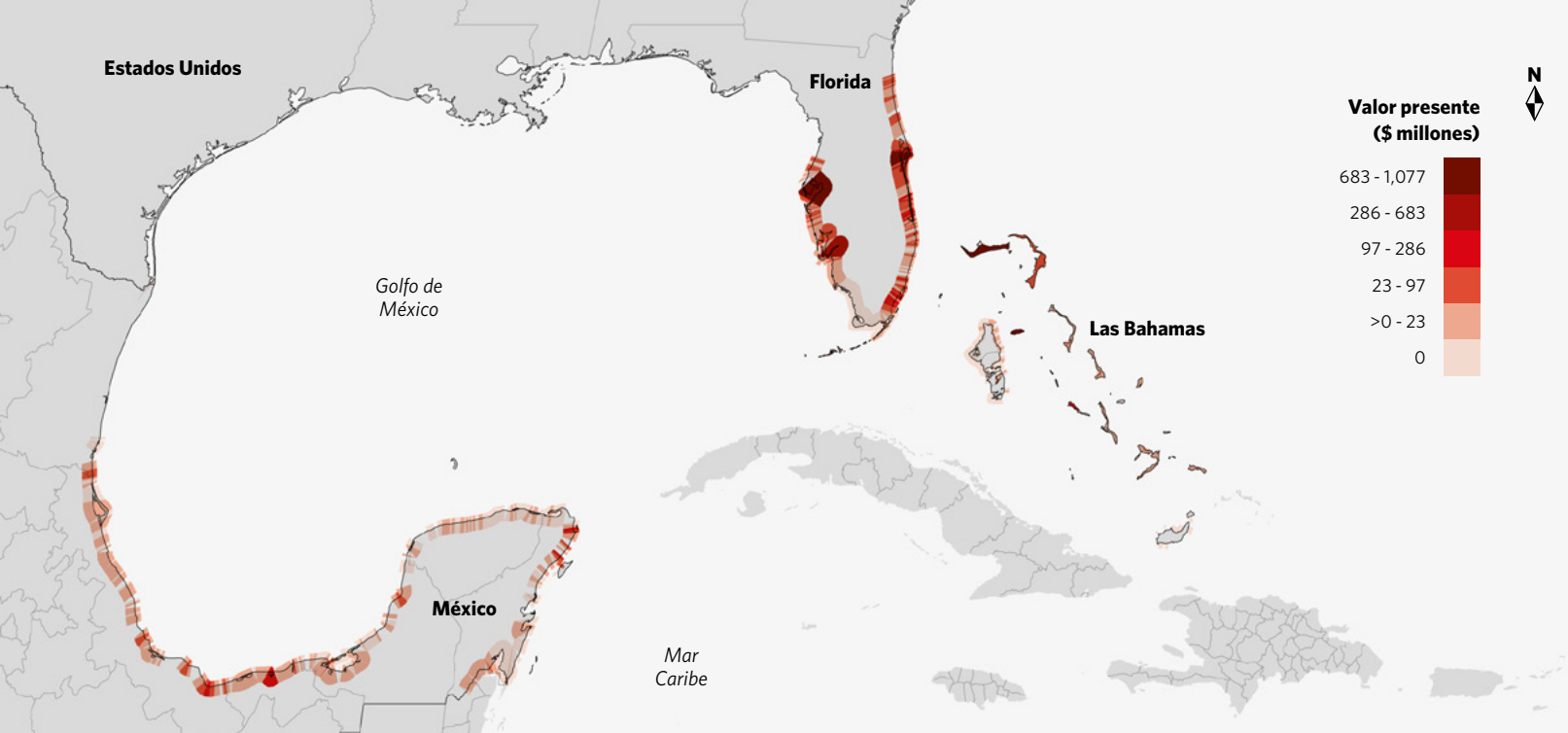


Figura 3: Valor presente de los beneficios de protección contra inundaciones que proporcionan los manglares en México, Florida y Las Bahamas durante 30 años asumiendo una tasa de descuento del 4%. Fuente: Menéndez *et al.*, 2022.

Nuestra región de estudio alberga más de un millón de hectáreas de manglar: más de 500.000 hectáreas en México, cerca de 400.000 en Florida y 40.000 en Las Bahamas². Para entender mejor los beneficios de protección contra inundaciones que proporcionan estos manglares, TNC trabajó con socios científicos de la Universidad de California en Santa Cruz para estimar estos beneficios en una escala de 5 kilómetros (las estimaciones globales previas usan una escala de 20 kilómetros) (Beck *et al.*, 2020; Menéndez *et al.*, 2020; Menéndez *et al.*, 2022)³. La Figura 2 describe los pasos generales que se usan para modelar los beneficios de protección contra inundaciones que proporcionan los manglares, que se estiman como la diferencia en los daños por inundación tierra adentro con y sin manglares. Se emplearon curvas de daños para

relacionar el nivel de inundación con un número estimado de personas afectadas y con el valor en dólares de las edificaciones damnificadas⁴.

La Figura 3 muestra el valor presente de los beneficios de protección contra inundaciones para cada unidad de estudio de 5 kilómetros, asumiendo una vida útil de 30 años y una tasa de descuento del 4%, que es consistente con las tasas de descuento que se usan en las evaluaciones de proyectos del Banco Mundial⁵. El valor presente de los beneficios es mayor en áreas en las que hay manglares significativos frente o cerca de edificaciones de alto valor. En toda nuestra región de estudio, estimamos el valor presente de los manglares en términos de sus beneficios de protección contra inundaciones en USD 17,4 mil millones: USD 2,4 mil millones en México, USD 13 mil millones en Florida, y 2,3 mil millones en Las Bahamas⁶.

- 2 En México, nuestra región de estudio solo incluye manglares del lado este del país y excluye los manglares de la costa pacífica. En todo México, existen más de 900.000 hectáreas de manglar (Menéndez *et al.*, 2022).
- 3 Si bien el ancho de cada segmento costero es de aproximadamente 5 kilómetros, la longitud de cada segmento puede variar. La mayoría de las unidades de estudio tienen menos de 100 kilómetros, pero algunas alcanzan los 1.000 kilómetros o más. Adicionalmente, las islas muy estrechas –como muchas de las de Las Bahamas– se consideran como una sola unidad de estudio, porque dividir las haría que los modelos de inundación fueran funcionalmente difíciles de ejecutar.

- 4 Para las personas, los modelos asumen que el 0% de las personas se ven afectadas con inundaciones de hasta 0,5 metros, y que el 100% de las personas se ven afectadas con inundaciones superiores a los 0,5 metros (Beck, 2020). Para las edificaciones, el modelo usa las funciones de daño de Huzinga *et al.* (2017). Por lo general, cualquier inundación superior a los 6 metros resultará en un 100% de edificaciones damnificadas.
- 5 Las estimaciones se basan en datos de activos globales y se presentan en USD de 2020. En el análisis completo, los beneficios de los manglares también se estimaron usando una tasa de descuento del 7% (Menéndez *et al.*, 2022).
- 6 En todo México, los manglares proporcionan USD 6,2 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones (Menéndez *et al.*, 2022); sin embargo, nuestra región de estudio solo incluye los manglares ubicados en la costa este.

Pérdida y degradación de manglares

Causas naturales y provocadas por el ser humano pueden resultar en la pérdida y degradación de los manglares, y constituyen una amenaza a nivel mundial para estos sistemas. La actividad humana fue la principal causa de pérdida de manglares entre 2000 y 2016 a nivel mundial, aunque las causas naturales fueron una de las mayores amenazas en muchas áreas del mundo, en particular por fuera de la región de Asia y el Pacífico (Goldberg *et al.*, 2020). En una revisión a nivel mundial de las especies de mangle, 11 de las 70 especies que se evaluaron se catalogaron como en peligro elevado de extinción, y dos de ellas se consideraron en peligro crítico (Polidoro *et al.*, 2010).

La Figura 4 describe varias de las principales amenazas a los sistemas de manglar a nivel mundial. Los riesgos inducidos por los seres humanos, provenientes del desarrollo y la contaminación, representan una amenaza innegable a los sistemas de manglar en todo el mundo. A menudo, el desarrollo y la contaminación pueden estresar a los sistemas de manglar, lo que los deja más susceptibles a altos niveles de mortalidad de los mangles tras el paso de una tormenta (Lewis *et al.*, 2016). Muchos de los riesgos asociados con el cambio climático –los cambios de temperatura, precipitación y el aumento del nivel del mar– probablemente llevarán a la expansión de los manglares en algunas regiones del mundo y a su extinción en otras regiones. Por ejemplo, en Centroamérica, donde muchos modelos predicen que la temperatura incrementará y la precipitación disminuirá durante la temporada húmeda, los sistemas de manglar probablemente se estresarán debido al suministro limitado de sedimentos y al aumento del estrés hídrico (Ward, *et al.*, 2016). Por el contrario, en la costa este de Florida, el área de los manglares se ha duplicado en el extremo norte de su rango durante los últimos 28 años, a medida que ha disminuido la frecuencia de eventos de frío extremo (Cavanaugh *et al.*, 2014).

Se espera que los huracanes representen una amenaza creciente para los manglares en el futuro. Tan solo en 2017, más de un millón de hectáreas de manglar se vieron afectadas por tormentas tropicales o huracanes en el Océano Atlántico; la mayor área de manglares afectada por tormentas en las últimas cuatro décadas (Taillie *et al.*, 2020). A medida que se intensifica el cambio climático, se predice que las condi-

ciones en el Océano Atlántico se tornen más favorables para los huracanes (Herrera-Silveira *et al.*, 2022), lo que incluye el incremento de la frecuencia de huracanes severos, un incremento en las precipitaciones causadas por huracanes, y un incremento de las marejadas ciclónicas como resultado del aumento del nivel del mar (Christensen *et al.*, 2013; Knutson *et al.*, 2010; Knutson *et al.*, 2015; Kossin *et al.*, 2017; Patricola y Wehner, 2018; Sobel *et al.*, 2016; Vitousek *et al.*, 2017).

Los huracanes tienden a afectar y dañar los manglares en una de estas cuatro formas (Herrera-Silveira *et al.*, 2022):

1. **Cambios en la estructura, composición y biomasa de los mangles**, por ejemplo, defoliación, cambios en la dominancia de especies o desprendimiento de raíces;
2. **Cambios en la topografía** del manglar, por ejemplo, incremento o disminución de la elevación y/o apertura o cierre de canales y salidas de agua;
3. **Cambios en la hidrología** del sistema de manglar, por ejemplo, cambios en el balance de agua dulce y agua marina o un aumento de los períodos y niveles de inundación; y
4. **Cambios en las características del sedimento**, por ejemplo, cambios en la salinización o hipoxia de los sedimentos.

Sin embargo, el grado y la severidad de los daños a un manglar tras un huracán ocurren en función de varios factores, incluyendo (Herrera-Silveira *et al.*, 2022):

1. **Estructura del bosque:** En general, los manglares con mayores diámetros de tronco y/o más altos se verán más afectados por un huracán;
2. **Tipo ecológico:** Los manglares de borde, ubicados en paralelo a la costa, sufrirán más daños que otros tipos de manglares;
3. **Fragmentación/degradación:** En general, los manglares ubicados cerca de áreas pobladas o que tienen flujos hidrológicos comprometidos serán los más afectados por un huracán; y
4. **Trayectoria del huracán:** En el Caribe, los manglares ubicados en las paredes del ojo del huracán y hacia la derecha de la trayectoria del ojo serán los más afectados por un huracán. .



Huracanes



Los fuertes vientos y las marejadas ciclónicas pueden arrancar y matar a los mangles, derribar troncos y ramas, y defoliar las copas de los árboles, lo que puede modificar la dinámica de los sedimentos, los patrones de sucesión, y los ciclos de nutrientes en el sistema de manglar. (Baldwin *et al.*, 2001; Herbert *et al.*, 1999; Herrera-Silveira *et al.*, 2022).



Cambios en la temperatura



A medida que aumenta la temperatura y disminuye la frecuencia de eventos de frío extremo, que se definen como días más fríos que -4°C , los manglares se expandirán hacia los polos hacia comunidades de marismas salinas. Si la temperatura excede los 32°C , la productividad de la fotosíntesis disminuye y la salinidad puede incrementar, lo que estresa los sistemas de manglar existentes (Ward *et al.*, 2016).



Cambios en la precipitación



Las regiones en las que se prevé un aumento en las precipitaciones, como el sureste asiático, podrían tener una expansión de manglares a medida que estos migran más hacia el interior (Alongi, 2015; Ward *et al.*, 2016). Las regiones en las que se prevé una disminución de las precipitaciones, como partes del Caribe y de Centroamérica, podrían sufrir la muerte regresiva de los manglares a medida que los sistemas se estresan con una mayor salinidad del suelo y menores tasas de crecimiento y productividad (Ward *et al.*, 2016).



Aumento del nivel del mar y erosión de la costa



Para evitar ahogarse, los manglares deben trasladarse a elevaciones más altas. Si el desarrollo de estructuras o acciones antropogénicas bloquea su paso, su hábitat se verá afectado y no tendrán lugares adecuados a los cuales migrar (Alongi, 2015). Adicionalmente, investigaciones recientes sugieren que es posible que los manglares no consigan expandirse lo suficientemente rápido como para mantenerse al día con la creciente tasa de aumento del nivel del mar durante los próximos 30 años (Saintilan *et al.*, 2020).



Contaminación



Las aguas pluviales, la agricultura y la escorrentía de aguas negras contaminan los manglares y pueden hacer que manglares ya estresados se degraden aún más o, en eventos extremos, pueden matar a los mangles (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2019; Banco Mundial, 2019).



Desarrollo



La deforestación directa de los manglares para la acuicultura de camarón, la producción de leña o los desarrollos costeros resulta en la pérdida de manglares. Los efectos indirectos del desarrollo pueden ser igualmente letales pues cambian la hidrología y bloquean los flujos de agua hacia los sistemas de manglar, lo que puede incrementar la salinidad y/o reducir los niveles de sedimento (Lewis *et al.*, 2016). Las actividades de dragado y relleno también pueden llevar a la inundación excesiva del hábitat de manglar.

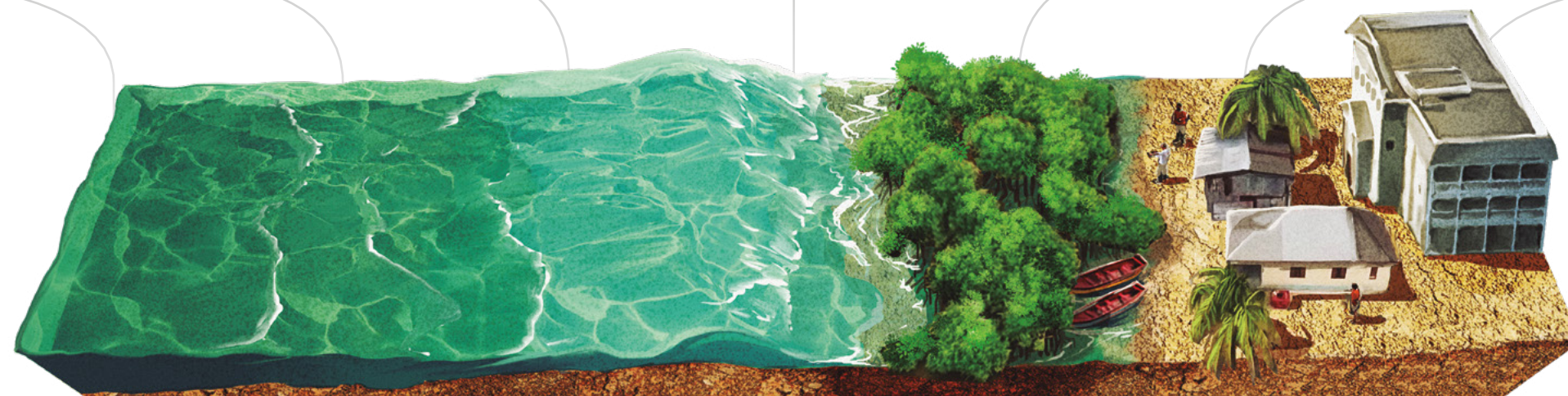


Figura 4: Principales causas de la pérdida y degradación de los manglares

Note: “↓” indica una pérdida proyectada del área de manglares y “↑” indica un incremento proyectado en el área de manglares. “↑↓” denota que hay algunas regiones del mundo donde el área de manglares puede incrementar y otras donde puede disminuir.



MÍNIMOS 74-95 mph (119-153 km/h)



1. Defoliación leve
2. Ruptura de ramas pequeñas
3. Partículas suspendidas en la columna de agua



MODERADOS 96-110 mph (154-177 km/h)



1. Ruptura de ramas pequeñas y medianas
2. Inundación moderada (hasta 2,5 metros)
3. Sedimentación moderada de los canales



EXTENSIVOS 111-129 mph (178-208 km/h)



1. Ruptura de ramas grandes
2. Grandes volúmenes de material leñoso caído
3. Inundación extensiva (2,7 a 3,6 metros)
4. Interrupción del flujo hidrológico
5. Salinización de los sedimentos



EXTREMOS 130-156 mph (209-251 km/h)



1. Árboles grandes caídos/arrancados de raíz
2. Cambio en la estructura y composición (altura y tamaño)
3. Inundación extrema (3,9 a 5,5 metros)
4. Intrusión de agua marina
5. Apertura de entradas de agua a través de islas barrera o sistemas de dunas



CATASTRÓFICOS 157 mph or higher (>252 km/h)



1. Ausencia de plántulas y árboles jóvenes
2. Árboles grandes caídos/arrancados de raíz
3. Disminución de la densidad y la complejidad
4. Inundación catastrófica y prolongada (mayor a 5,5 metros)
5. Salinización de los sedimentos
6. Apertura de entradas de agua a través de islas barrera y sistemas de dunas

Figura 5: Grado del daño a los manglares con base en la intensidad de los huracanes, empleando la escala Saffir-Simpson. Modificado de Krauss y Osland, 2020.

Se ha demostrado que el daño que sufren los manglares tras el paso de huracanes en el Caribe es principalmente una función de la velocidad del viento (Figura 5) y la relación es no lineal: se produce poco daño cuando hay bajas velocidades de viento, y luego mayor daño cuando hay vientos más fuertes, y un daño casi total cuando se dan las mayores velocidades de viento. Investigaciones

previas muestran algo de evidencia de daños con vientos alrededor de los 100 km por hora, (por ejemplo, vientos propios de una tormenta tropical), y tasas mucho mayores de pérdida cuando hay vientos con velocidades de 130 km por hora (por ejemplo, vientos propios de un huracán categoría 1) y superiores (Imbert, 2018). En trabajos recientes, Menéndez *et al.* (2022) se basaron en

la evaluación de pérdida y recuperación de los manglares tras seis huracanes durante los últimos 30 años (Han *et al.*, 2018) para estimar la relación entre velocidad del viento y pérdida de manglar cuando la velocidad del viento es superior a los 110 km por hora⁷. Con base en esta relación estimada, simularon el daño proyectado tras 56.635 huracanes de diferentes magnitudes, durante 1000 años simulados, en 27 subregiones en México, Florida y Las Bahamas. A partir de estas simulaciones,

7 Se han registrado velocidades de viento superiores a los 119 km por hora en huracanes categoría 1.

podieron estimar la pérdida anual estimada de manglares causada por huracanes en cada subregión.

La pérdida anual esperada de manglar a causa de los huracanes varía entre el 1,4% y casi el 8% (Figura 6) de la cobertura actual de manglar en las 27 subregiones. Si bien las diez subregiones de Las Bahamas tenían una pérdida anual esperada relativamente alta (mayor al 4%), México y Florida tenían mayor variabilidad entre las subregiones. En México, la región central de Quintana Roo tenía la mayor pérdida anual esperada (6,9%), y en Florida, los condados de Martin, Santa Lucía, Indian River y Brevard tenían una pérdida anual esperada del 7,9%.

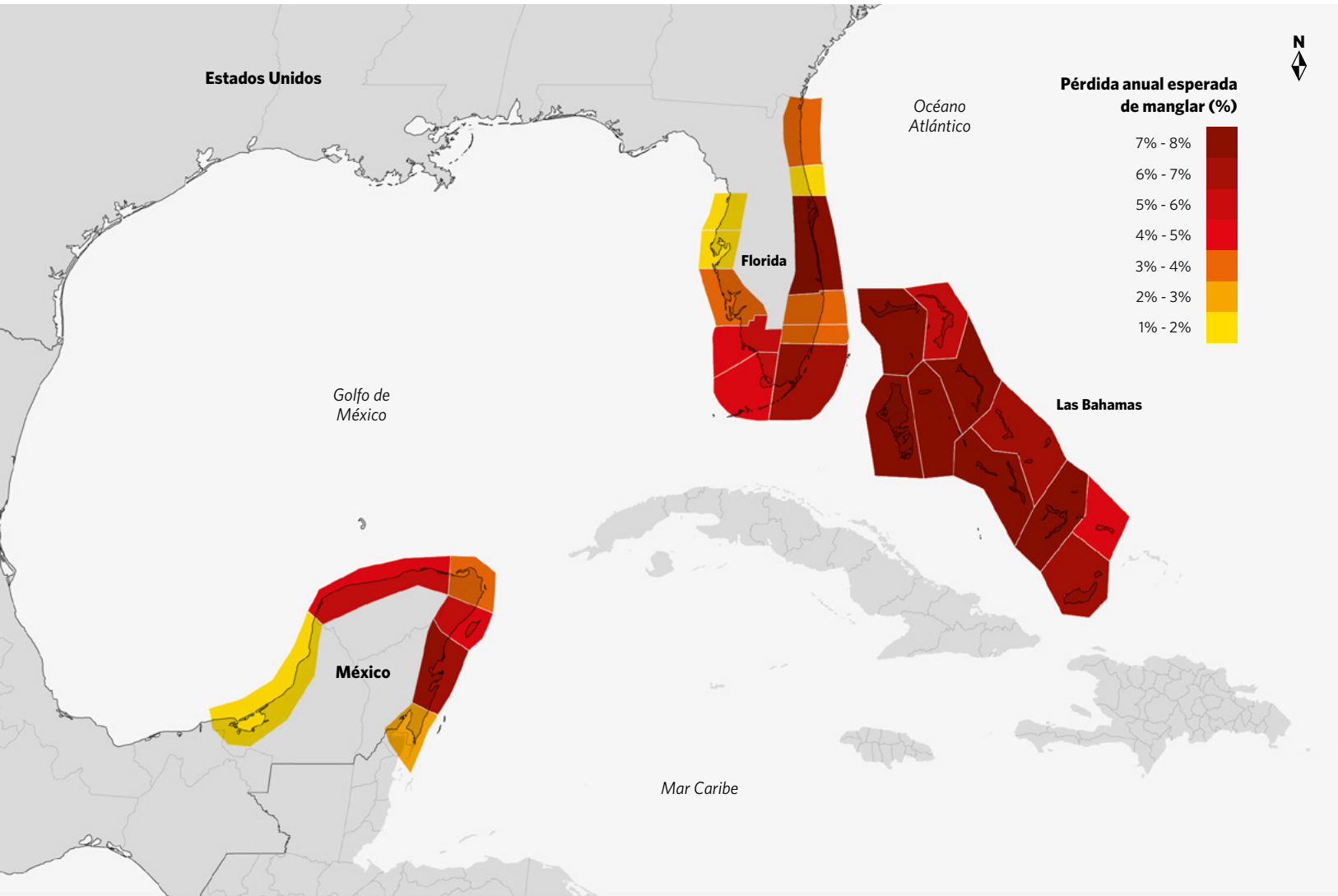


Figura 6: Pérdida anual esperada de manglares a causa de tormentas tropicales y huracanes en las subregiones de México, Florida y Las Bahamas. Fuente: Menéndez *et al.* 2022.

Es posible reducir el daño a los manglares

En el Caribe y el Golfo de México, muchos manglares son particularmente vulnerables a los daños causados por huracanes debido a las bajas amplitudes de las mareas y la frecuencia de los huracanes (Lugo *et al.*, 1981; Ward *et al.*, 2016). Por consiguiente, las especies de mangle en estas regiones desarrollaron la capacidad de recuperarse de los huracanes de manera natural (Herrera-Silveira *et al.*, 2022). Con huracanes de categoría 1 y categoría 2, muchos manglares del Caribe y el Golfo de México se recuperan de manera natural en menos de cinco años (Danielson *et al.*, 2017). Sin embargo, con huracanes de categoría 3 o superior, la recuperación natural de los manglares puede tomar hasta 20 años (Imbert, 2018). No obstante, la creciente frecuencia de los huracanes severos, prevista como parte del cambio climático, puede inhibir la recuperación natural de los manglares, y resultar en una acumulación de daños que finalmente puede llevar a la muerte de mangles (Herrera-Silveira *et al.*, 2022; Tailie *et al.*, 2020). Una restauración y reparación activa de un manglar tras una tormenta puede acelerar su tiempo de recuperación, y hacerlo más resiliente a los huracanes en el futuro (Herrera-Silveira *et al.*, 2022; Imbert, 2018).

Si bien las actividades específicas de restauración y reparación que se requieren tras una tormenta dependen del tipo y magnitud del daño, así como del estado del manglar antes de la tormenta, las categorías generales de restauración y reparación incluyen (Herrera-Silveira, 2022)⁸:

1. Rehabilitación hidrológica, incluyendo el dragado de canales y la rehabilitación de los pasos de agua;
2. Rehabilitación topográfica, incluyendo remoción de sedimentos y preparación de centros de dispersión; y
3. Reforestación, incluyendo el uso de propágulos y o plántulas cultivadas en vivero.

El costo de estas actividades puede variar bastante dependiendo de factores como el tipo de restauración y reparación, el costo de los materiales y la mano de obra, y la distancia y accesibilidad del lugar (Herrera-Silveira *et al.*, 2022). Por lo general, la reforestación se debe usar como último recurso, después de la rehabilitación hidrológica y topográfica del lugar y la dispersión de semillas y propágulos naturales (Herrera-Silveira *et al.*, 2022).

Evaluamos 64 proyectos de restauración de manglares en México (16), Florida (16 en el este de Florida y 27 en el oeste de Florida), y Las Bahamas (5) (Herrera-Silveira *et al.*, 2022)⁹. Encontramos que en México el costo mediano de restauración era de USD 4.538 por hectárea; en el este de Florida el costo mediano de restauración era de USD 118.524; en el oeste de Florida el costo mediano de restauración era de USD 54.653; y en Las Bahamas el costo mediano de restauración era de USD 35.955 (Herrera-Silveira *et al.*, 2022; Menéndez *et al.*, 2022)¹⁰.

8 Para efectos de este informe, usamos las definiciones de restauración y reparación descritas en Berg *et al.* (2020). La restauración se refiere a la restauración ecológica y la reparación se refiere a acciones que se toman para acelerar la recuperación y minimizar los daños a un manglar después de una tormenta para restaurar sus beneficios de protección contra inundaciones. En términos generales, la reparación es lo que ocurre poco después del daño, mientras que la restauración es un proceso de más largo plazo.

9 Tratamos el este y el oeste de Florida por separado debido a las grandes diferencias en los costos de proyectos de restauración en ambas áreas.

10 Los proyectos de restauración de manglares que identificamos se desarrollaron durante 30 años. Todos los costos de restauración se convirtieron a dólares estadounidenses (USD) y se ajustaron por inflación a USD de 2021.

Lugares rentables para la restauración y protección de manglares

Comparamos los costos medianos de restauración con el valor presente de los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares (Figura 3) para obtener la relación costo-beneficio de la restauración de manglares. La Figura 7 identifica la relación costo-beneficio para unidades de estudio de 5 kilómetros en México, Florida y Las Bahamas. La relación costo-beneficio es mayor a 1 en áreas en las que los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares, medidos durante 30 años con una tasa de descuento del 4%, exceden los costos de la restauración de manglares por hectárea (ver Menéndez *et al.*, 2022 para una descripción completa de los métodos).

Identificamos cerca de 250 unidades de estudio costeras de 5 km –que abarcan 80.000 hectáreas de manglar y 1.200 kilómetros de costa– donde la relación costo-beneficio era mayor a 1, lo que indica que hay muchas oportunidades rentables para la restauración de manglares en México, Florida y Las Bahamas. Esto incluye más de 100 unidades de estudio de 5 kilómetros de ancho, que abarcan más de 50.000 hectáreas de manglares y 500 kilómetros de costa, en México; más de 100 unidades de estudio de 5 kilómetros de ancho, que abarcan cerca de 20.000 hectáreas de manglares y más de 600 kilómetros de costa, en Florida; y más de una docena de unidades de estudio de 5 kilómetros de ancho, que abarcan cerca de 3.000 hectáreas de manglares y más de 60 kilómetros de costa, en Las Bahamas.

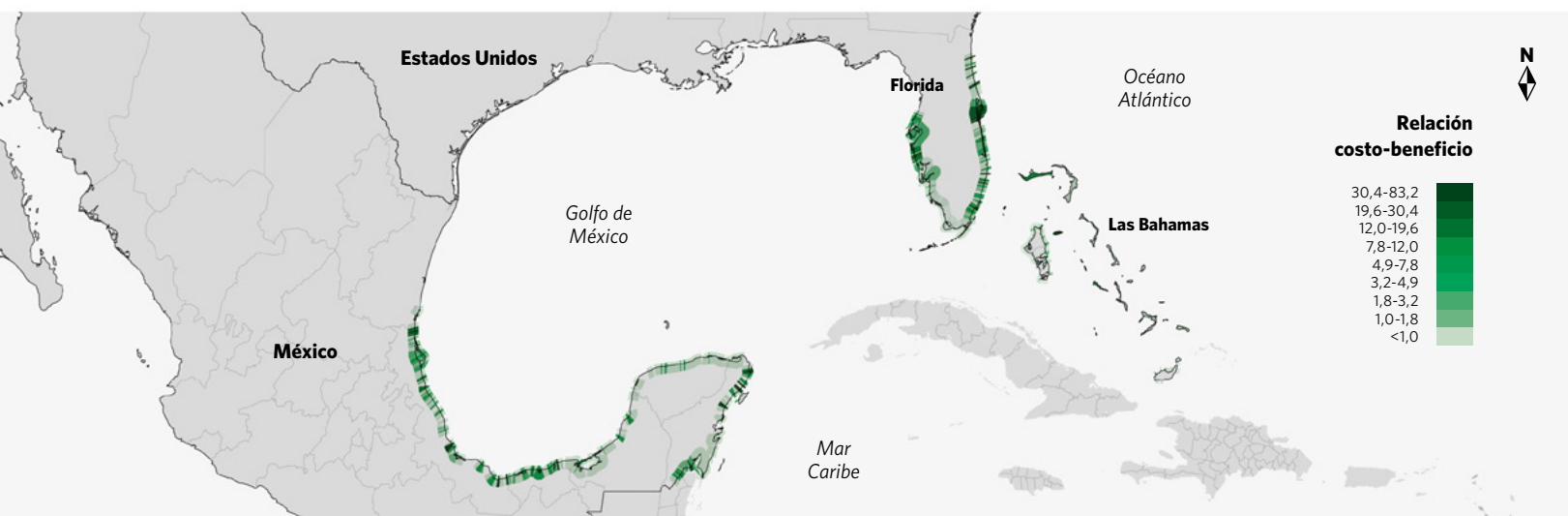


Figura 7: Relación costo-beneficio para unidades de estudio costeras de 5 kilómetros, asumiendo un costo mediano de restauración de USD 4.538 por hectárea para proyectos en México, USD 118.524 por hectárea en el este de Florida, USD 54.653 por hectárea en el oeste de Florida, y USD 35.955 por hectárea en Las Bahamas. Fuente: Menéndez *et al.* 2022.

Asegurar los manglares



Figure 8: Gestionar de manera efectiva el riesgo para los manglares requiere una estrategia integral. El seguro de manglares puede ser un mecanismo financiero rentable para financiar la restauración y reparación de manglares dañados.

Como se señaló anteriormente, los manglares son activos costeros cruciales que proporcionan más de USD 65 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones al año y protegen a más de 15 millones de personas a nivel mundial (Menéndez *et al.*, 2020). En muchas áreas de México, Florida y Las Bahamas, los huracanes mayores de categoría 3 o superior tocan tierra con mayor frecuencia que en otras partes del mundo (Krauss y Osland, 2020). Cuando ocurren estas tormentas, los manglares a menudo actúan como primera línea de defensa para disipar la energía de las olas, retardar la marejada ciclónica y reducir las inundaciones tierra adentro. En las áreas en las que los beneficios de protección de los manglares exceden el costo de la restauración de manglares (es decir, aquellas áreas en las que la relación costo-beneficio es mayor a 1), la protección y restauración de manglares puede ser un componente crucial de una estrategia más amplia de gestión del riesgo en la costa.

Gestionar de manera efectiva el riesgo para los manglares requiere una estrategia integral que incluya: (i) el apoyo del gobierno o de otra entidad gestora para la restauración, reparación y protección de los manglares; (ii) un protocolo para la restauración y reparación después del daño; (iii) la capacidad física y el conocimiento para realizar la restauración y reparación; y (iv) la financiación para cubrir los costos de restauración, reparación y protección (Figura 8). Financiar estos costos probablemente requerirá más de un mecanismo financiero, por ejemplo, una combinación de un fondo de emergencia auto asegurado y un mecanismo de transferencia del riesgo como un seguro. Otros posibles mecanismos de financiación incluyen créditos de resiliencia y bonos de catástrofe. Un análisis cuidadoso ayudará a determinar si una póliza de seguro de manglares es viable en comparación con los demás mecanismos posibles de financiación (Kousky y Light, 2019).

Desarrollar una póliza de seguro de manglares

Un seguro es una herramienta de transferencia del riesgo (Kousky y Light, 2019), en la cual el tomador le paga a la compañía de seguros una cantidad fija, denominada pri-

ma, para transferir un riesgo específico a dicha compañía de seguros. El tomador entonces recibe un pago garantizado en caso de daños específicos (si es un seguro de indemnización) o si se alcanza un nivel predeterminado de peligro (si es un seguro paramétrico). Con una póliza de seguro de manglares, el titular de la póliza puede asegurar un manglar contra pérdidas relacionadas con daños específicos, un nivel predeterminado de peligro, o ambos (Beck, 2020). La Figura 9 resume los principales componentes de una póliza de seguro de manglares.

Tomador del seguro	Cliente	Una entidad o individuo puede tomar una póliza de seguro si demuestra un interés en el seguro, es decir, si es propietario del activo o si tiene un interés económico en él.
	Justificar la póliza	El cliente debe valorar los beneficios que prestan los manglares y tener un interés en protegerlos y restaurarlos después de que sufren un daño.
TIPO DE PÓLIZA	Tipo de seguro	Identificar el tipo de póliza de seguro, por ejemplo, una póliza de indemnización, una póliza paramétrica o una póliza combinada de indemnización y paramétrica.
Características de la póliza	Activo asegurado	Delimitación de los manglares a ser asegurados.
	Pago	Monto máximo de los costos de restauración cubiertos por la póliza de seguro.
	Activación de la póliza	Definir cuándo se activa la póliza, suele ser una característica de un huracán y un umbral (por ejemplo, velocidad del viento de 100 km por hora o superior).
	Ajuste de pérdida	En el caso del seguro paramétrico, las pérdidas se basan en un evento que activa la póliza, o evento desencadenante, (por ejemplo, velocidad del viento) en un área específica (por ejemplo, un polígono). En el caso del seguro de indemnización, las pérdidas se basan en los daños evaluados en el lugar. La póliza debe identificar la fuente de la información y el método para estimar el pago o compensación.
Precio de la póliza	Exposición	La exposición a los huracanes depende de la probabilidad de que ocurran huracanes en el lugar donde están los manglares. Se puede emplear una curva de fragilidad para estimar la relación entre el evento desencadenante (por ejemplo, velocidad del viento) y el daño a los manglares.
	Características de la póliza	Los principales elementos de la póliza (pago y activación), junto con la exposición del lugar, determinan el costo de la póliza.
Reclamación de seguro	Beneficiario de la póliza	Identificar al individuo o entidad que recibirá los pagos del seguro y el proceso para usar efectivamente las reclamaciones para el trabajo de restauración.

Figura 9: Componentes principales de una póliza de seguro de manglares.



Black mangroves, roots, and breathing tubes, Exuma Cays Land and Sea Park, The Bahamas. © Jeff Yonover.

Tomador del seguro

Las entidades o individuos pueden contratar una póliza de seguro de manglares si demuestran un interés asegurable (Kousky y Ligt, 2019; Secaira Fajardo *et al.*, 2019). Es decir, la entidad o individuo debe poder demostrar propiedad y/o que sufriría una pérdida financiera si un manglar asegurado se viera dañado. En la mayoría de los casos, las entidades o individuos deben demostrar una pérdida financiera relacionada con los activos físicos de su propiedad, aunque puede ser posible reclamar pérdidas incluso si no son propietarios del activo dañado. Por ejemplo, una compañía de pesca cuyo negocio depende de los manglares para la producción pesquera puede querer asegurar los manglares para evitar la interrupción de negocios relacionados con la pesca y la interrupción y pérdida de ingresos en el evento de que los manglares se vean dañados.

El individuo o la entidad identificada no solo debe tener un interés asegurable en el manglar, además de esto debe considerar rentable contratar la póliza de seguro. El individuo o entidad debe valorar los beneficios que proporciona el manglar y también estar interesado y tener la capacidad de pagar la prima del seguro (Secaira Fajardo *et al.*, 2019). Debido a los desafíos adicionales de la creación de una póliza de seguro para un solo dueño de propiedad privada, en trabajos anteriores identificamos al sector público como el mercado más viable (Beck *et al.*, 2020).

Tipo de póliza

Existen dos tipos dominantes de pólizas de seguro: (i) pólizas de indemnización que basan los pagos en las pérdidas evaluadas; y (ii) pólizas paramétricas que basan los pagos en eventos observados. Mientras que los pagos relacionados con pólizas de indemnización pueden tomar varias semanas en ser desembolsados después de que se evalúen las pérdidas, los pagos relacionados con pólizas paramétricas se pueden desembolsar a los pocos días del evento observado.

El tipo de póliza de seguro empleada para cubrir un manglar dependerá de las necesidades identificadas de restauración tras una tormenta. Por ejemplo, si toda la restauración necesaria del manglar se debe realizar inmediatamente después de la tormenta, entonces la póliza paramétrica sería la mejor opción. Pero, si parte de la restauración necesaria se puede realizar varios meses después de la tormenta entonces puede ser más adecuada una póliza combinada de indemnización y paramétrica. Investigaciones recientes sugieren que las áreas del interior, propensas al aislamiento hidrológico, son más susceptibles a la muerte regresiva de los manglares seis meses después de una tormenta, lo que sugiere que una evaluación tardía de las necesidades de gestión hidrológica puede ser importante para desarrollar una respuesta efectiva tras la tormenta (Lagomasino *et al.*, 2021).

Características de la póliza

El primer paso para crear una póliza de seguro de manglares es identificar el activo asegurado. Es decir, el área específica de manglar que va a cubrir la póliza. Por lo general, un plan de seguro tendrá un pago que debe cubrir hasta el costo de reposición del activo asegurado. Para los seguros de manglares, el pago se puede estimar usando los costos de restauración del lugar. En trabajos anteriores, documentamos un rango de costos de restauración de manglares por hectárea (Herrera-Silveira *et al.*, 2022). Los costos reales de restauración del lugar dependerán de factores locales como la accesibilidad del sitio, el daño tras la tormenta y los costos de la mano de obra local. Una vez se han identificado los manglares asegurados, se pueden estimar los costos de restauración específicos del lugar usando los daños causados anteriormente por tormentas a los manglares y todas las actividades de restauración y costos en los que se incurrió como resultado de este daño. Si esta información no está disponible, los costos de restauración se pueden estimar con base en las características observadas del lugar y los aportes de expertos locales en restauración.

Cualquier póliza de seguro de manglar tendrá que establecer cuidadosamente cuándo se activarán los pagos de la póliza, lo que se conoce como evento desencadenante. El evento desencadenante por lo general se define en torno a un parámetro específico, como la velocidad del viento, que ocurre en o más allá de un umbral específico en un área designada, denominada polígono de activación. El polígono por lo general abarca un área de varios kilómetros alrededor del activo asegurado, pues pueden darse vientos superiores a los 100 km por hora incluso a 85 km del centro del huracán (Secaira Fajardo *et al.*, 2019b). En el caso de una póliza de seguro de manglares, los eventos que activan la póliza probablemente estarán relacionados con la ocurrencia de un huracán, pues los riesgos a los manglares no relacionados con huracanes (enumerados en la Figura 4) no son de naturaleza suficientemente aleatoria para ser cubiertos bajo una póliza de seguro.

El pago real por lo general consiste en una estructura de pagos escalonados, en la cual el pago incrementa con la intensidad del parámetro y, en el caso de una indemnización, con el nivel de los daños evaluados. Por ejemplo, los pagos de la póliza de seguros de arrecifes de coral y playas en Quintana Roo, México, son el 40% del pago máximo con velocidades de viento superiores a los 100 nudos, el 80% con velocidades de viento superiores a los 130 nudos, y el 100% solo en el evento

de velocidades de viento que excedan los 160 nudos (TNC, 2021). Con una póliza de indemnización, los pagos se basarán en el daño evaluado en el lugar y, con una póliza combinada, los pagos se basarán tanto en el evento desencadenante como en los daños evaluados.

Precio de la póliza

El precio del seguro se basa en las características de la póliza (por ejemplo, pago y evento desencadenante) y en el potencial daño por huracanes, con base en las características del lugar (por ejemplo, especie de manglar, elevación, ubicación geográfica, es decir, en un área más propensa a huracanes). El potencial de daño por huracanes en un área específica de manglar se conoce como la exposición del sitio.

Las curvas de fragilidad ayudan a identificar las condiciones de tormenta bajo las cuales los manglares son destruidos y/o fallan durante una tormenta. Estas curvas de fragilidad estiman la relación entre el daño a los manglares y las características del huracán, como la velocidad del viento o la marejada ciclónica. También se pueden usar curvas de fragilidad para identificar el costo de la restauración necesaria según diferentes intensidades de tormenta, y para estimar la cantidad de pagos que se requerirán. Menéndez *et al.* (2022) presentan estimaciones iniciales de la correlación entre los daños a los manglares y las velocidades de viento que ocurrieron en cinco huracanes en Florida. Esta curva de fragilidad preliminar estimó las velocidades de viento (en nudos) relacionadas con el daño a los manglares, que se miden como un porcentaje, y se usó, en combinación con suposiciones sobre las velocidades del viento pronosticadas, para construir el daño anual esperado a los manglares presentado en la Figura 6 (Menéndez *et al.*, 2022). En última instancia, las curvas de fragilidad requieren docenas de puntos de datos sobre el daño a los manglares que resultan de huracanes que han ocurrido en varios lugares, y su desarrollo puede tomar varios años.

Por último, el precio de la póliza debe ser informado por la capacidad financiera del tomador. El comprador del seguro decidirá qué niveles de intensidad de huracanes y daños estimados a los manglares necesita cubrir con una póliza de seguro. Puede elegir cubrir las tormentas menos severas y los daños menores con sus otros fondos de emergencia en lugar de transferir el riesgo a una aseguradora.

Reclamaciones de seguro

El componente final necesario para completar una póliza de seguro de manglares es determinar los procedimientos de ajuste de pérdidas y el beneficiario de la póliza. En el caso de una póliza paramétrica, el proceso de ajuste de pérdidas implica identificar una fuente de datos externa y creíble (por ejemplo, el Centro Nacional de Huracanes de la NOAA) que se usará para determinar la ocurrencia del evento desencadenante en el polígono de activación. En el caso de una póliza de indemnización, el proceso de ajuste de pérdidas implica determinar qué individuos u organizaciones serán responsables de evaluar el daño a los manglares *in situ*, así como el método y el plazo para hacerlo.

El beneficiario de la póliza, denominado Asegurado Nombrado –usualmente la primera persona o entidad nombrada en una póliza– es responsable de los pagos de la prima del seguro, de presentar las reclamaciones y de recibir y gestionar los beneficios de la póliza. El beneficiario de la póliza puede designar a terceros como beneficiarios de pérdidas para que reciban parte o la totalidad de los pagos de la póliza de seguro. En el caso del seguro de arrecifes de coral en Quintana Roo, México, el Asegurado Nombrado era un fondo fiduciario existente, que usó los ingresos aportados por dueños de propiedades costeras, gobiernos locales y otros para comprar y gestionar la póliza de seguro y los pagos (TNC, 2021). Como se ilustra en la Figura 10, el fondo fiduciario también gestiona otras actividades de restauración de arrecifes de coral.

Flujo de dinero en el fondo fiduciario mexicano

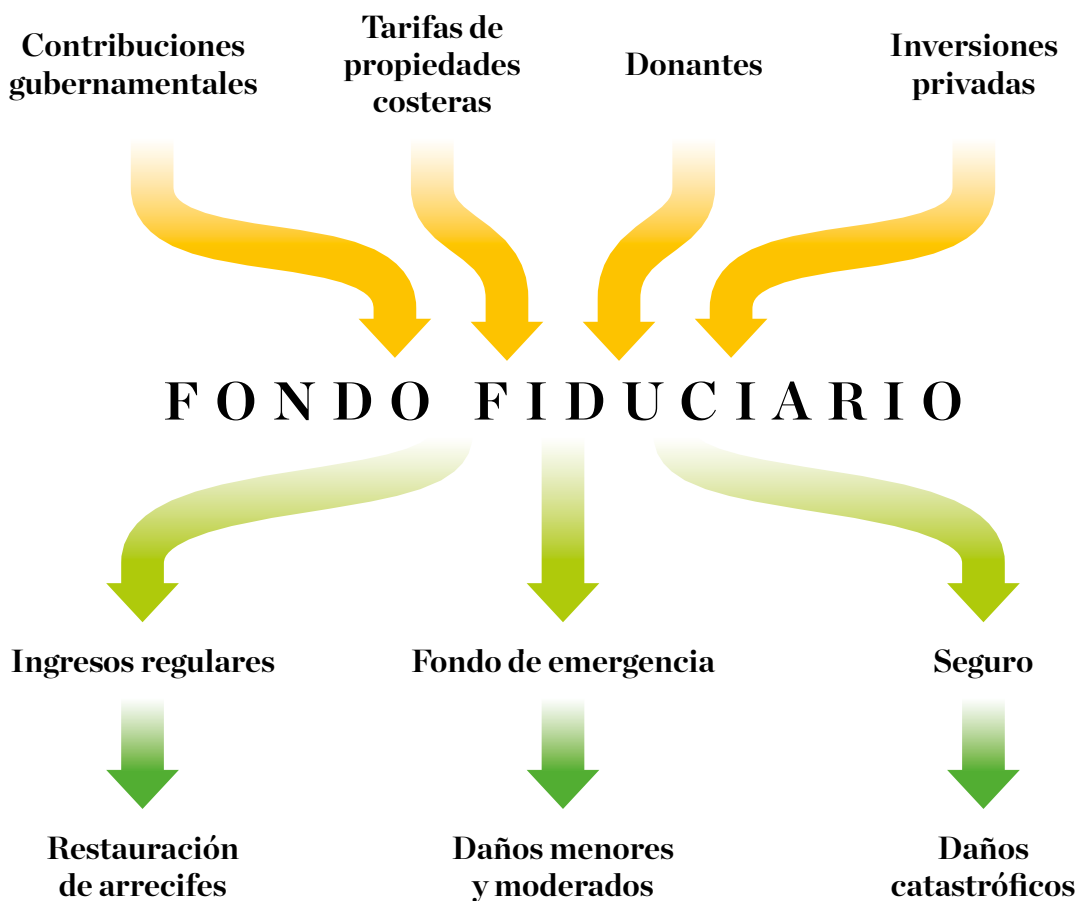


Figura 10: Estructura del fondo fiduciario que gestiona el seguro de arrecifes de coral en Quintana Roo, México.

Oportunidades para el seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas

Para evaluar la viabilidad de un seguro de manglares en México, Florida y Las Bahamas, involucramos a un conjunto diverso de partes interesadas en cada una de estas regiones durante el transcurso del proyecto. Las partes interesadas en las tres regiones expresaron interés y entusiasmo por la posibilidad de una póliza de seguro de manglares. La mayoría de las partes interesadas quería aprender más sobre cómo se podría estructurar una póliza de seguro de manglares, los tipos de riesgos que podría cubrir, las actividades de restauración que se podrían implementar con los pagos, cuánto podría costar y cómo se establecerían los precios.

Las actividades de diálogo con las partes interesadas se enfocaron en identificar los potenciales manglares para asegurar, los beneficiarios de los servicios ecosistémicos de los manglares, y los potenciales compradores de una póliza de seguro. El mapa en la Figura 11 muestra las ubicaciones de nueve posibles lugares piloto identificados en las tres regiones de estudio. En cada región, empleamos las siguientes preguntas para orientar nuestra discusión y describir los hallazgos para cada región (Figura 1; Berg *et al.*, 2020; Secaira Fajardo *et al.*, 2019):

1. ¿Cuán valiosos son los beneficios de protección contra inundaciones que proveen los manglares?
2. ¿Existen partes interesadas que valoran o se benefician de la protección contra inundaciones de los manglares?
3. ¿Las partes interesadas desean gestionar el riesgo para los manglares y potencialmente comprar un seguro?
4. ¿Las partes interesadas tienen el derecho legal de comprar el seguro?
5. ¿Las partes interesadas tienen la capacidad de pagar una prima de seguro?
6. ¿Existe alguna institución o entidad financiera que pueda convocar a los beneficiarios para que compren el seguro?



Figura 11: Lugares potenciales para el piloto de seguro de manglares en México, Florida, y Las Bahamas.

México

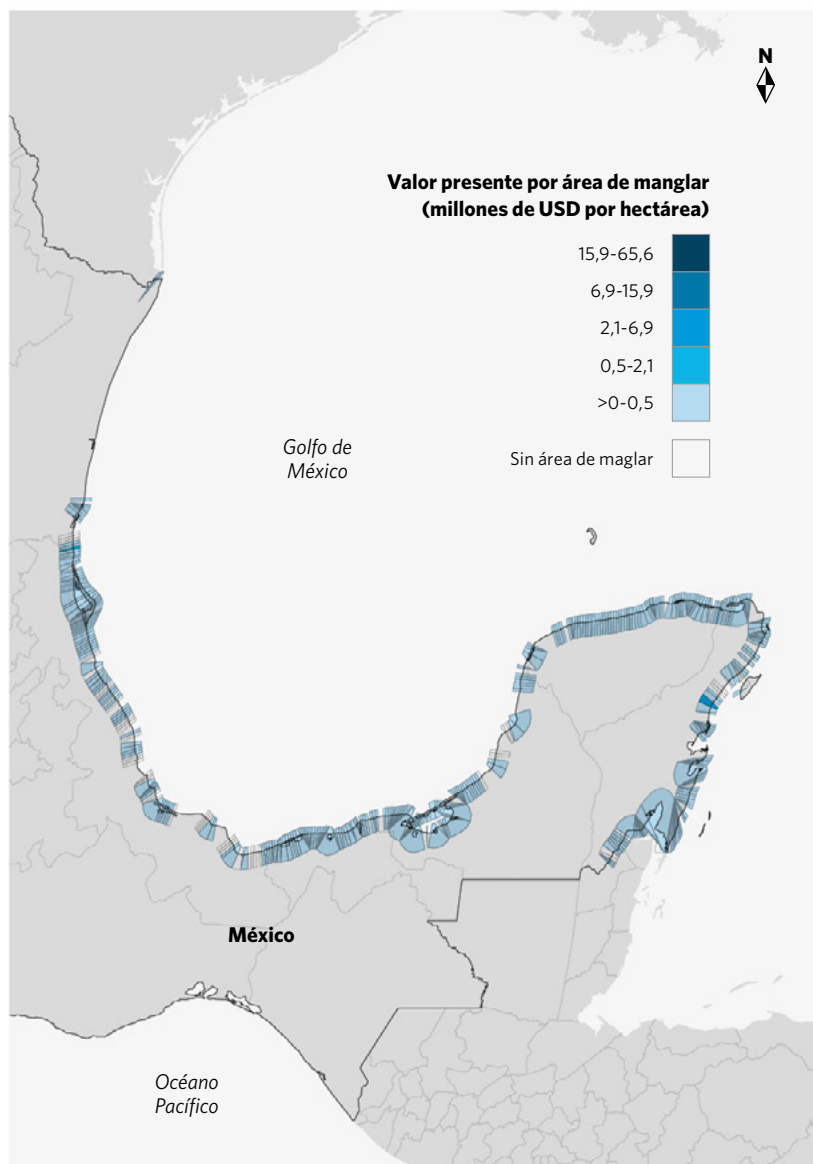
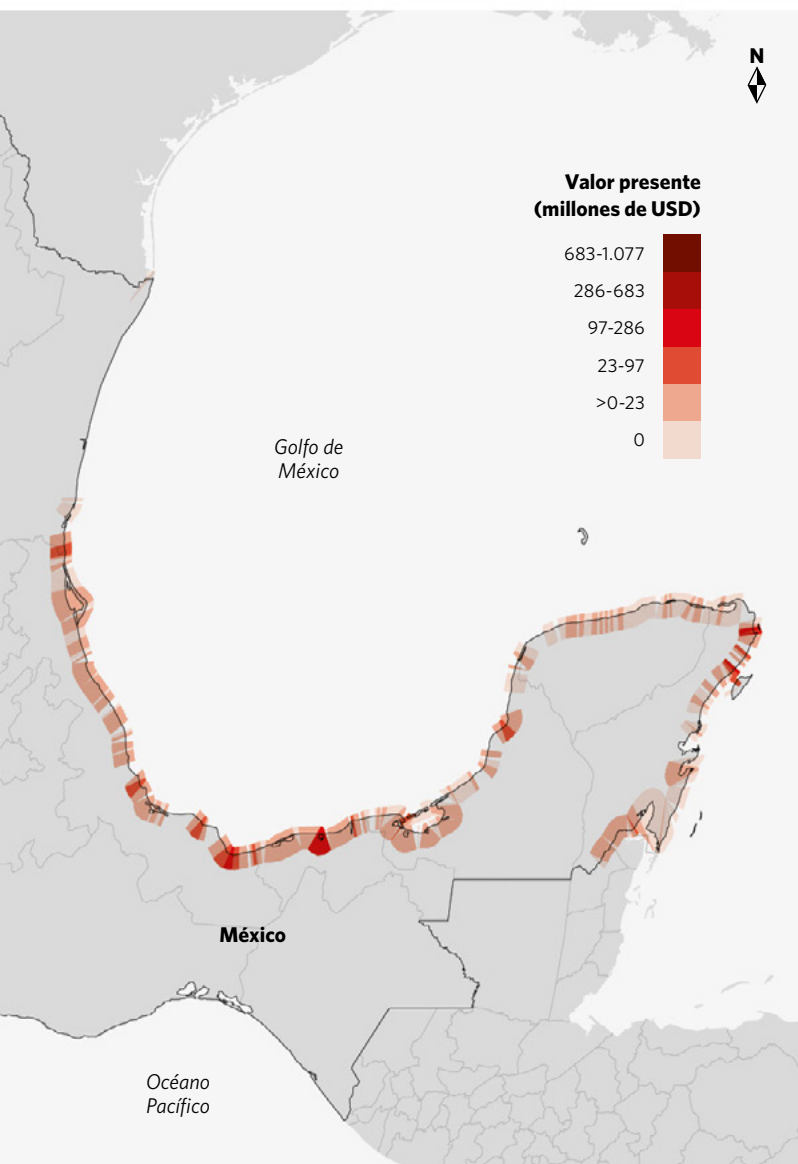


Figura 12: Valor presente (a) y valor presente por hectárea (b) de los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares en la Península de Yucatán durante 30 años asumiendo una tasa de descuento del 4%. Fuente: Menéndez *et al.*, 2022.

En México, el gobierno nacional es propietario de la mayoría de los manglares, y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) gestiona las áreas protegidas a nivel nacional. Existe en el país un gran interés en las pólizas de seguro para proteger y restaurar los activos

costeros, debido al éxito de la póliza de seguro de arrecifes de Coral en Quintana Roo (TNC, 2021). La CONANP actualmente está evaluando cómo el Fondo de Áreas Naturales Protegidas podría comprar una póliza de seguro para financiar la restauración de daños en estas áreas.

La CONANP está particularmente interesada en un seguro multi riesgo que pueda simultáneamente proteger los manglares, las dunas y los arrecifes contra huracanes, sequías e incendios. Adicionalmente, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN) tiene la capacidad de comprar una póliza de seguro, recibir los pagos y desembolsar los fondos para el trabajo de restauración mediante su Fondo de Áreas Naturales Protegidas. De acuerdo con el Artículo 85 de la Ley sobre el contrato de seguro de México, cualquier individuo o entidad que tenga un interés económico en que “no se produzca un siniestro” puede comprar un contrato de seguro.

Identificamos tres lugares principales de interés en la Península de Yucatán: los estados de Tabasco y Campeche; Yucatán; y Quintana Roo (Tabla 1). La Figura 12 muestra la distribución de valor presente y valor presente por hectárea de los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares en estos tres lugares, asumiendo una vida útil de 30 años y una tasa de descuento del 4%.

A lo largo de la Península de Yucatán, los manglares proporcionan más de USD 2,4 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones, y los beneficios superan los USD 100 millones en cuatro áreas: Cancún, Playa del Carmen, Villahermosa y Coatzacoalcos (Figura 12a). Más de 500 kilómetros de costa tienen una relación costo-beneficio mayor a 1 y más de 100 kilómetros tienen una relación costo-beneficio mayor a 10, incluyendo Tulum y Campeche (Figura 12b).

Se propusieron estas tres regiones por el nivel relativamente alto de protección contra inundaciones que proporcionan los manglares, la gran cantidad de comunidades que dependen de la pesca costera, la recreación o las actividades de turismo, y el interés general de los gobiernos estatales en identificar maneras innovadoras de proteger y restaurar los activos costeros. La Península de Yucatán también es altamente vulnerable a los huracanes. Entre 2000 y 2021, 30 huracanes tocaron tierra en esta área, incluyendo 12 de categoría 3 o superior (NOAA, 2022).

	Tabasco y Campeche	Yucatán	Quintana Roo
Hectáreas de manglar	188.000	74.000	146.000
Activos clave protegidos	Ciudad de Villahermosa; comunidades costeras pequeñas y medianas de pesca y recreación costera	Comunidades pequeñas y medianas de pesca y recreación costera	Cancún; Puerto Morelos; Mahahual; Xcalak; carreteras y trenes estatales
Partes interesadas clave	CONANP	CONANP; Gobierno del Estado Yucatán	CONANP; Gobierno del Estado de Quintana Roo
Posibles mecanismos de financiación	FMCN mediante su Fondo de Áreas Naturales Protegidas	FMCN mediante su Fondo de Áreas Naturales Protegidas	FMCN mediante su Fondo de Áreas Naturales Protegidas; Fideicomiso de Manejo de la Zona Costera del Estado de Quintana Roo

Tabla 1: Lugares de alta prioridad para una posible póliza de seguro de manglares en México. CONANP se refiere a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y FMCN se refiere al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.

Florida

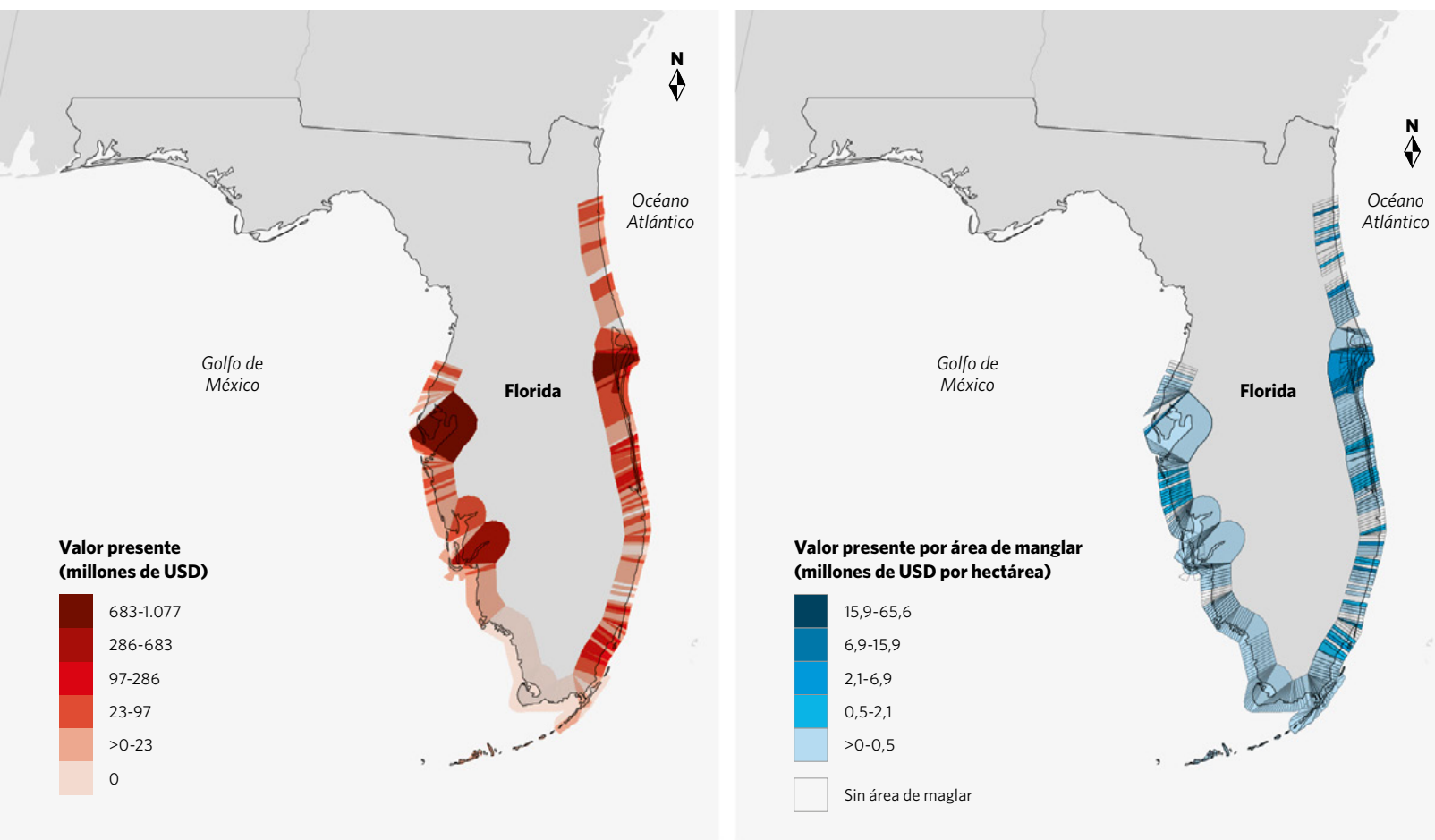


Figura 13: Valor presente (a) y valor presente por hectárea (b) de los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares en Florida durante 30 años asumiendo una tasa de descuento del 4%. Fuente: Menéndez *et al.*, 2022.

En Florida, los manglares son gestionados por el propietario del terreno o mediante colaboraciones o asociaciones con agencias gubernamentales encargadas del manejo de los recursos naturales. Como resultado, la mayoría de los manglares pertenecen a los gobiernos federal, estatal o municipal, o son gestionados por estos. El estado tiene una política de auto asegurar sus activos, por lo cual tiene poco interés en comprar una póliza de seguro de manglares. Sin embargo, el Estatuto §627.405(2) de Florida permite que cualquier entidad (por ejemplo, gobiernos u organizaciones locales) o individuo que pueda demostrar un “interés económico sustancial” en el activo pueda comprar una póliza de seguro sobre los manglares de propiedad estatal.

Los manglares de Florida son altamente vulnerables a los huracanes. Entre 2000 y 2021, 15 huracanes –más del 40% de los huracanes que azotaron a Estados Unidos– tocaron tierra en Florida, incluyendo 9 de categoría 3 o superior (NOAA, 2021; NOAA, 2022).

Las partes interesadas de Florida entienden los beneficios y el valor de los servicios ecosistémicos que prestan los manglares en las comunidades costeras. También entienden que estos beneficios y servicios pueden verse reducidos en el futuro debido a los daños acumulados causados por el cambio climático, el desarrollo y los huracanes. Si bien muchas partes interesadas expresa-

ron su interés en un posible seguro para gestionar este riesgo futuro dentro de sus jurisdicciones, su voluntad o capacidad individual a la hora de comprar una prima anual enfrenta varias dificultades, incluyendo:

- Incertidumbre con respecto a la ventaja de comprar una póliza de seguro de manglares;
- Costo de oportunidad perdida asociado con desviar los limitados fondos para la gestión de los recursos naturales y el trabajo de restauración hacia las primas del seguro; y
- Renuencia a comprar una póliza de seguro para un recurso natural que históricamente ha sido subvalorado y/o ha requerido una inversión de capital mínima para mantener sus beneficios de reducción del riesgo de inundación.

No obstante, identificamos cuatro lugares con potencial para un piloto de póliza de seguro de manglares: Picnic Island Park en Tampa Bay, Model Lands en el condado de Miami-Dade, Charlotte Harbor en el condado de Charlotte, y St. Lucie Inlet en Martin County (Figura 13 y Tabla 2). En los cuatro lugares, el valor presente de los beneficios

de protección contra inundaciones de los manglares está entre USD 18 millones en St. Lucie Inlet y USD 1000 millones en el área de Picnic Island Park (Figura 12a). La relación costo-beneficio es mayor a 2 alrededor de Picnic Island Park, Model Lands y el condado de Martin, y mayor a 1 en áreas alrededor de Charlotte Harbor (Figura 12b). En cada uno de estos lugares, identificamos oportunidades para la restauración topográfica e hidrológica de manglares, y para una mejor gestión de la tierra para permitir una mejor migración de los manglares tierra adentro como resultado del aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas. Muchos gobiernos locales en Florida también tienen estrategias vinculadas con incrementar la resiliencia y la capacidad de adaptación, lo que los convierte en socios clave para construir un piloto de póliza de seguro. Por ejemplo, la Ciudad de Tampa tiene una estrategia denominada “Resilient Tampa” y la región de Gran Miami tiene una estrategia llamada “Resilient305”¹¹.

11 Para más información, consultar la página web de Resilient Tampa: <https://www.tampa.gov/green-tampa/resilience>; y la página web de Resilient305: <https://resilient305.com/>.

	Picnic Island Park	Model Lands	Charlotte Harbor	Condado de Martin
Hectáreas de manglar	200	400	200	200
Consideraciones clave	Limita con la base de la fuerza aérea MacDill; Port Tampa City es una comunidad de primera línea con respecto al aumento del nivel del mar	Espacio de migración clave para los manglares	Área extensiva de manglares con múltiples jurisdicciones encargadas de la conservación y restauración	Altos beneficios de protección; fuerte interés en asociarse con partes interesadas locales
Partes interesadas clave	Ciudad de Tampa; Programa del estuario de Tampa Bay; base de la fuerza aérea MacDill	Condado de Miami-Dade; Florida Power and Light; Distrito de Administración del Agua del Sur de la Florida; Departamento del Interior de los Estados Unidos	Ciudad de Punta Gorda; Condado de Charlotte; Estado de Florida; Coastal and Heartland National Estuary Partnership	Ciudad de Stuart; Condado de Martin; Estado de Florida; Distrito de Navegación Interior de Florida; Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos

Tabla 2: Lugares de alta prioridad para una posible póliza de seguro de manglares en Florida.

Las Bahamas

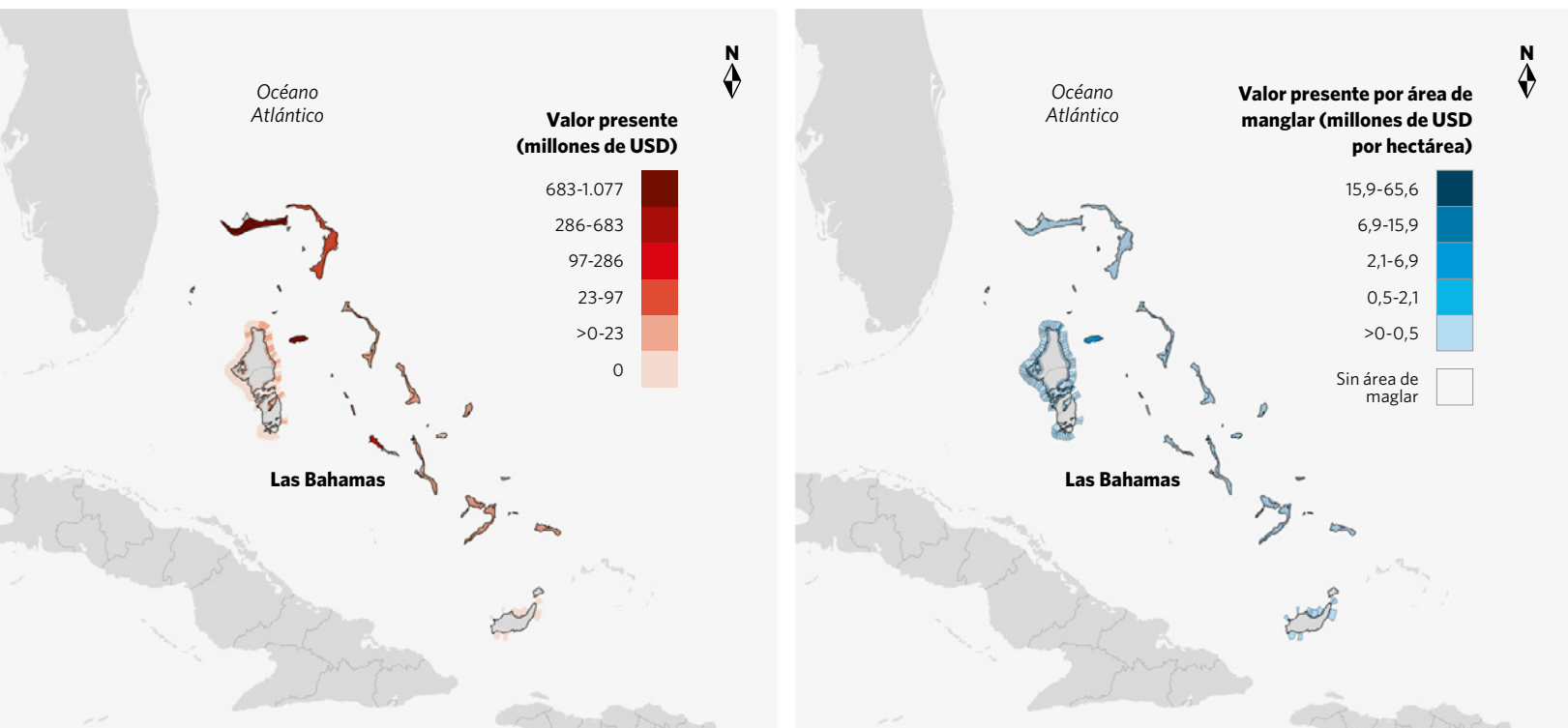


Figura 14: Valor presente (a) y valor presente por hectárea (b) de los beneficios de protección contra inundaciones de los manglares durante 30 años asumiendo una tasa de descuento del 4%. Fuente: Menéndez *et al.*, 2022.

Los manglares en Las Bahamas son particularmente vulnerables al daño causado por huracanes (Figura 5). Entre 2000 y 2021, 20 huracanes tocaron tierra en Las Bahamas, incluyendo 12 de categoría 3 o superior, y cinco de categoría 5 (NOAA, 2022). En 2019, el Huracán Dorian, de categoría 5, dañó gravemente los manglares y otros ecosistemas costeros.

Medir los beneficios de protección de los manglares en Las Bahamas es un desafío debido a la gran cantidad de islas pequeñas y poblaciones dispersas. En nuestro análisis, con excepción de Andros e Inagua, los beneficios protectores de los manglares en Las Bahamas se midieron en cada isla en lugar de en unidades de estudio de cinco kilómetros como en México y Florida (Figura 14). Adicionalmente, la mayoría de la población de Las Bahamas está concentrada en dos islas: cerca del 70% en New Pro-

vidence y 15% en Gran Bahama. En otras áreas, como el oeste de Andros, los manglares ofrecen beneficios totales de protección contra inundaciones menores debido a la cantidad limitada de población e infraestructura. Sin embargo, proporcionan beneficios significativos en términos del turismo y la pesca (Figura 14; Fedler, 2018). A pesar de estas limitaciones, nuestros resultados muestran que los manglares proporcionan más de USD 2,4 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones en Las Bahamas, con una relación costo-beneficio general para todo el país mayor a 1 (Figura 14a y 14b).

La zona portuaria del norte de Gran Bahama y The Marls en Central Abaco, que representan casi el 15% del Producto Interno Bruto de Las Bahamas, surgieron como las dos áreas focales principales para una potencial póliza de seguro de manglares (Zegarra *et al.*, 2020). En Gran

Bahama, los manglares proporcionan más de USD 900 millones en beneficios de protección contra inundaciones. En Abaco, los manglares proporcionan más de USD 26 millones en beneficios de protección contra inundaciones (Figura 14a y 14b). Ambas islas albergan grandes áreas de manglares, incluyendo manglares adyacentes a infraestructura pública clave, como aeropuertos (Figura 14, Tabla 3). Las dos islas también coinciden con sitios potenciales de carbono azul, y las partes interesadas expresaron que quieren explorar si y cómo se podrían realizar de manera conjunta los pagos de un seguro de manglar y los de carbono azul. Las islas de Gran Bahama y Abaco son dos de las islas de Las Bahamas que se ven afectadas por huracanes con mayor frecuencia (Winkler, 2020). En 2019, el Huracán Dorian causó daños significativos a los manglares en ambas islas, y se estima que todavía se necesita USD 1 millón durante los próximos cinco años para completar la restauración de las áreas damnificadas¹².

Muchas empresas y organizaciones locales de Las Bahamas no cuentan con la capacidad para financiar una

prima de seguro de manglares. Así mismo, muchos de los manglares de Las Bahamas se encuentran en terrenos de la Corona, lo que quiere decir que son propiedad del gobierno federal, que tiende a auto asegurar sus activos como en el caso del estado de Florida. Sin embargo, con el Fondo de Áreas Protegidas de Las Bahamas –un fondo fiduciario nacional de preservación, establecido en 2014 con el mandato de proporcionar financiación sostenible para la gestión de áreas protegidas y para la preservación de la biodiversidad, entre otras cosas– probablemente podría financiar una prima de seguro. Con cambios modestos a su estructura y gobernanza, el fondo fiduciario también podría concentrar todas las actividades relacionadas con los seguros de manglares, de manera similar al fondo fiduciario de Quintana Roo, México. Si bien la ley de seguros de Las Bahamas no aborda explícitamente el interés asegurable en relación con las pólizas de propiedad, probablemente aplicaría el principio común de que se requiere un interés económico, pues las leyes de Las Bahamas tienden a seguir las del derecho consuetudinario inglés¹³.

12 Estimación basada en conversaciones con varios grupos locales de partes interesadas.

13 Ver <https://www.inhouselawyer.co.uk/feature/commercial-litigation-focus-the-bahamas/>.

	Norte de la zona portuaria de Gran Bahama	The Marls en Central Abaco
Hectáreas de manglar	8.000	30.000
Activos clave protegidos	Aeropuerto internacional; zona industrial; desarrollo residencial	Aeropuerto internacional; comunidades pequeñas y medianas de pesca y recreación costera
Partes interesadas clave	Unidad Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Autoridad Portuaria de Gran Bahama; Compañía de Desarrollo de Gran Bahama; empresas de la zona industrial; las ONG que implementan la restauración de manglares (por ejemplo, Bonefish and Tarpon Trust, Water Keepers Bahamas, Blue Action Lab)	Unidad Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Turismo y otros dueños de propiedades comerciales; las ONG que implementan la restauración de manglares (por ejemplo, Friends of the Environment, Bahamas National Trust)
Posibles mecanismos financieros	Fondo de Protección de Áreas Protegidas de Las Bahamas	Fondo de Protección de Áreas Protegidas de Las Bahamas

Tabla 3: Lugares de alta prioridad para una posible póliza de seguro de manglares en Las Bahamas.

Conclusiones: Perspectivas y oportunidades

En gran parte de la región del Golfo de México y el Caribe, los manglares proporcionan beneficios de protección contra inundaciones de alto valor. En la totalidad de nuestra región de estudio en México, Florida y Las Bahamas, los manglares proporcionan más de USD 17 mil millones en beneficios de protección contra inundaciones medidos durante 30 años (Menéndez *et al.*, 2022). Con base en nuestras evaluaciones de relación costo-beneficio, una póliza de seguro de manglares para financiar la restauración tras los daños causados por un huracán sería rentable en muchas áreas de la región. Identificamos cerca de 250 unidades de estudio costeras de 5 km, que abarcan más de 80.000 hectáreas de manglar y 1.200 km de costa en estas áreas, donde la relación costo beneficio es mayor a 1.

En las tres áreas, nuestra interacción con las partes interesadas reveló un fuerte interés en explorar cómo se podría diseñar y gestionar una póliza de seguro de manglares. Las consultas con las partes interesadas nos ayudaron a identificar nueve lugares en México, Florida y Las Bahamas que tienen un importante potencial y donde se puede promover una póliza de seguro de manglares. Las lecciones y aprendizajes clave de estas conversaciones iniciales incluyen:

- **El área geográfica de interés para la cobertura del seguro debe ser específica para cada lugar y determinada por las partes interesadas.** En México, el interés gira principalmente en torno a una póliza de seguro que cubra todo un estado, mientras que en Florida y Las Bahamas el interés se centra en áreas de manglar más pequeñas y discretas.
- **En cada región, la póliza de seguro de manglares podría ser adquirida por una entidad que demuestre un interés asegurable,** es decir, una entidad que se beneficie económicamente del activo asegurado incluso si no es propietaria de los manglares. En

México y Las Bahamas, los manglares pertenecen en su mayoría al gobierno federal, mientras que en Florida son propiedad del estado. Sin embargo, siempre y cuando otro gobierno u organización local pueda demostrar un interés asegurable en los manglares, podría ser elegible legalmente para comprar una póliza de seguro de manglar.

- **En casi todas las conversaciones con las partes interesadas, las preocupaciones principales que surgieron fueron cuánto costaría una póliza de seguro, quién o qué entidad la pagaría, y/o cómo se podrían conseguir los fondos para pagarla.** Resulta fundamental identificar maneras de financiar la compra de la prima del seguro.

Con base en el trabajo que hemos realizado hasta la fecha, nos sentimos optimistas con respecto al potencial de establecer pólizas de seguro de manglares para financiar la restauración de manglares dañados por huracanes. Mientras que esta fase de trabajo se enfocó en la viabilidad de una póliza de seguro de manglares en lugares específicos, la siguiente fase de trabajo deberá examinar cómo diseñar el esquema del seguro y gestionar los pagos para garantizar que se lleve a cabo el trabajo adecuado de restauración (Figura 15). A medida que pasamos a la fase de diseño, las principales necesidades científicas incluyen:

- Con el fin de determinar el mejor tipo de póliza (paramétrica vs. indemnización vs. combinada), **debemos entender mejor las necesidades de restauración de manglares en un lugar específico,** incluyendo qué tipo de trabajo de restauración tras una tormenta es rentable en términos de acelerar el proceso natural de recuperación de los manglares dañados. Por ejemplo, entender cuándo va a ocurrir la muerte regresiva de los manglares tras la tormenta

- en la ausencia de intervención humana y qué técnicas de restauración serían necesarias para evitar dicha muerte regresiva.
- Con el fin de determinar con mayor precisión el precio de la póliza, **necesitamos construir puntos de datos en la curva de fragilidad que vinculen la intensidad de un huracán con el daño a los manglares.** Debido a que los datos sobre observación de daños en el terreno son limitados, este trabajo probablemente deberá basarse en análisis regionales con base en imágenes satelitales.
 - ¿Qué acuerdos institucionales se requieren para garantizar que los pagos del seguro se usen de manera adecuada? ¿Es preciso desarrollar una mayor capacidad de restauración en el terreno (por ejemplo, mano de obra, habilidades, permisos) para poder emplear efectivamente los pagos del seguro?
 - ¿Cuánto costaría una póliza de seguro de manglares?
 - ¿Cuál es la mejor manera de financiar la prima del seguro de manglares?
 - ¿Qué oportunidades existen para vincular una póliza de seguro de manglares con la resiliencia y/o con los bonos carbono azul?

A medida que se llenen estos vacíos científicos y se continúe el diálogo con las partes interesadas en cada uno de los lugares de alta prioridad, nuestro objetivo será responder las siguientes preguntas durante la fase de diseño:

- ¿Qué tipo de acciones de restauración tras una tormenta se deberían asegurar? ¿Cómo influyen estas acciones en el tipo de esquema de seguro que se cree?
- ¿Qué conjunto de herramientas financieras se requeriría para financiar una respuesta tras una tormenta? ¿Qué tanto de las necesidades de financiación se debe autoasegurar (por ejemplo, a través de un fondo de emergencia) y cuánto se debe transferir mediante una póliza de seguro?

En gran parte del Caribe y el Golfo de México, la erosión y los huracanes son las principales amenazas para la pérdida de manglares (Goldberg *et al.*, 2020). Identificar una fuente innovadora de financiación para la restauración y protección de los manglares en el futuro es esencial para garantizar su resiliencia y la resiliencia de las comunidades que protegen. Un seguro es una vía importante para contar con esta financiación. A medida que avanzamos con este trabajo, nuestro objetivo es lanzar una póliza piloto de seguro de manglares y demostrar que, cuando se usan de manera adecuada, este tipo de herramientas de transferencia del riesgo pueden ser un medio rentable para proteger nuestras costas y comunidades costeras.

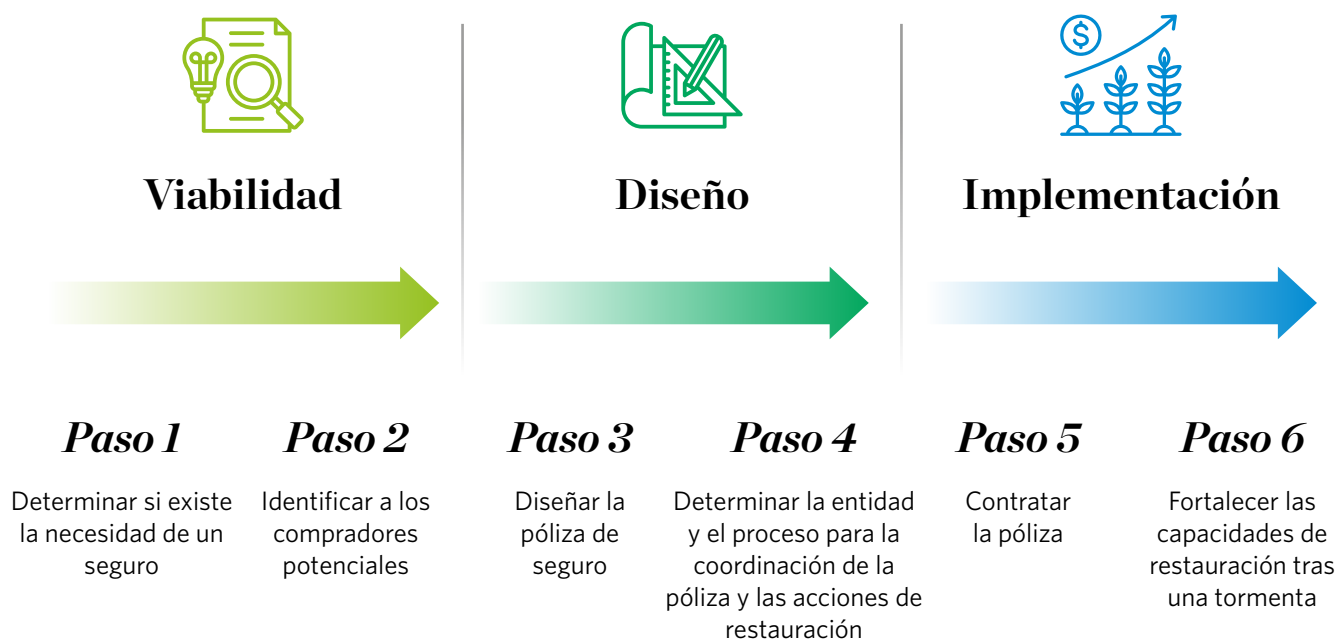


Figura 15: Proceso de evaluación, diseño y contratación de un seguro. Adaptado de Secaira Fajardo *et al.*, (2019).



Referencias

- Alongi, D. M. (2015). The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. *Current Climate Change Reports*, 1(1): 30-39.
- Baldwin, A., Egnotovich, M., Ford, M., & Platt, W. (2001). Regeneration in Fringe Mangrove Forests Damaged by Hurricane Andrew. *Plant Ecology*, 157(2), 151-164.
- Beck, M. W., Heck, N., Narayan, S., Menéndez, P., Torres-Ortega, S., Losada, I. J., Way, M. Rogers, M., & McFarlane-Connelly, L. (2020). "Reducing Caribbean Risk: Opportunities for Cost-Effective Mangrove Restoration and Insurance." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Berg, C., Bertolotti, L., Bieri, T., Bowman, J., Braun, R., Cardillo, J., Chaudhury, M., Falinski, K., Geselbracht, L., Hum, K., Lustic, C., Roberts, E., Young, S. & Way, M. (2020). "Insurance for Natural Infrastructure: Assessing the Feasibility of Insuring Coral Reefs in Florida and Hawai'i" The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Christensen, J. H., Kumar, K. K., & Aldrian, W. (2013). Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In T.F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, et al., (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Danielson, T. M., Rivera-Monroy, V. H., Castañeda-Moya E., Briceño, H., Travieso, R., Marx, B. D., Gaiser, E., & Farfán, L.M. (2017). Assessment of Everglades Mangrove Forest Resilience: Implications for Above-Ground Net Primary Productivity and Carbon Dynamics. *Forest Ecology and Management*, 404: 115-125.
- Fedler, T. (2018). "The 2018 Impact of Flats Fishing in The Bahamas." The Bonefish and Tarpon Trust, Miami, FL.
- Garcés-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V. A., Granados-Briceño, A. F., García, L. M. B., & Díaz, L. F. E. (2019). Marine Litter and Microplastic Pollution on Mangrove Soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 145: 455-462.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. & Duke, N. (2011). Status and Distribution of Mangrove Forests of the World using Earth Observation Satellite Data. *Global Ecology and Biogeography*, 20: 154-159.
- Goldberg, L, Lagomasino, D, Thomas, N, & Fatoyinbo, T. (2020). Global Declines in Human-Driven Mangrove Loss. *Global Change Biology*, 26:5844- 5855.
- Han, X., Feng, L., Hu, C., & Kramer, P. (2018). Hurricane- Induced Changes in the Everglades National Park Mangrove Forest: Landsat Observations Between 1985 and 2017. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 123(11): 3470-3488.
- Herbert, D. A., Fownes, J. H., & Vitousek, P. M. (1999). Hurricane Damage to a Hawaiian Forest: Nutrient Supply Rate Affects Resistance and Resilience. *Ecology*, 80(3), 908-920.
- Herrera-Silveira, J. A., Teutli-Hernandez, C., Secaira-Fajardo, F., Geselbracht, L., Musgrove, M., Rogers, M., Schmidt, J., Robles-Toral, P. J., Canul-Cabrera, J. A., & Guerra-Cano, L. (2022). "Hurricane Damages to Mangrove Forests and Post-Storm Restoration Techniques and Costs." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Huizinga, J., De Moel, H. & Szewczyk, W. (2017) Global Flood Depth-Damage Functions: Methodology and the Database with Guidelines. EUR 28552 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/16510, JRC105688.
- Hutchison, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A., & Spalding, M. (2014). Predicting Global Patterns in Mangrove Forest Biomass. *Conservation Letters*, 7(3): 233-240.
- Imbert, D. (2018). Hurricane Disturbance and Forest Dynamics in East Caribbean Mangroves. *Ecosphere*, 9 (7).
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K. A., Holland, G., Landsea, C. Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., & Sugi, M. (2010). Tropical Cyclones and Climate Change. *Nature Geoscience*, 3: 157-163.
- Knutson, T. R., Sirutis, J. J., Zhao, M., Tuleta, R. E., Bender, M., Vecchi, G. A., Villarini, G., & Chavas, D. (2015). Global Projections of Intense Tropical Cyclone Activity for the Late Twenty-First Century from Dynamical Downscaling of CMIP5/ RCP4.5 Scenarios. *Journal of Climate*, 28: 7203-7224.
- Kossin, J. P., Hall, T., & Knutson, T. (2017). Extreme Storms. In D. J. Wuebbles, D. W. Fahey, K. A. Hibbard, D. J. Dokken, B. C. Stewart, and T. K. Maycock (Eds.), *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment* (Volume I, pp. 375-404). Washington, DC: US Global Change Research Program.
- Kousky, C. and Light, S. E. (2019). Insuring Nature. *Duke Law Journal*, 69: 323-376.
- Krauss, K. W., and Osland, M. J. (2020). Tropical cyclones and the organization of mangrove forests: a review. *Annals of Botany*, 125(2): 213-234.
- Lagomasino, D., Fatoyinbo, T., Castañeda-Moya, E., Cook, B. D., Montesano, P. M., Neigh, C. S. R., Corp, L. A., Ott, L. E., Chavez, S. & Morton, D. C. (2021). Storm Surge and Ponding Explain Mangrove Dieback in Southwest Florida Following Hurricane Irma. *Nature Communications*, 12 (4003).
- Lewis III, R. R., Milbrandt, E. C., Brown, B., Krauss, K. W., Rovai, A. S., Beever III, J. W., & Flynn, L. L. (2016). Stress in Mangrove Forests: Early Detection and Preemptive Rehabilitation are Essential for Future Successful Worldwide Mangrove Forest Management. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2): 764-771.
- Lugo, A. E., Cintron, G., Goenaga, C., Barrett, G. W., and Rosenberg, R. (1981). *Stress Effects on Natural Ecosystems*. John Wiley and Sons: Sussex, England.

- Mclvor, A. L., Möller, I., Spencer, T., & Spalding, M. (2012a). Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40*. ISSN 2050-7941.
- Mclvor, A. L., Spencer, T., Möller, I., & Spalding, M. (2012b). Storm Surge Reduction by Mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report 2. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 35*. ISSN 2050-7941.
- Menéndez, P., Losada, I. J., Torres-Ortega, S., Narayan, S., & Beck, M. W. (2020). The Global Flood Protection Benefits of Mangroves. *Scientific Reports*, 10(1): 1-11.
- Menéndez, P., Lowrie, C., & Beck, M. W. (2022). Building Mangrove Capital: Assessing the Benefit to Cost Ratio for Mangrove Restoration Across the Wider Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Mumby, P. J., Edwards, A. J., Ernesto Arias-Gonzalez, J., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., et al. (2004). Mangroves Enhance the Biomass of Coral Reef Fish Communities in the Caribbean. *Nature*, 427 (6974): 533-536.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (2021). "Hurricanes: Frequently Asked Questions." Last visited 5-27-22. <https://www.aoml.noaa.gov/hrd-faq/#landfalls-by-state>.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2022. "Historical Hurricane Tracks." Last visited 5-26-22. <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80>.
- Patricola, C. M., and Wehner, M. F. (2018). Anthropogenic Influences on Major Tropical Cyclone Events. *Nature*, 563: 339-346.
- Polidoro, B.A., Carpenter, K.E., Collins, L., Duke, N.C., Ellison, A.M., Ellison, J.C., et al. (2010). The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. *PLoS ONE* 5(4): e10095.
- Saintilan, N., Khan, N. S., Ashe, E., Kelleway, J. J., Rogers, K., Woodroffe, C. D., & Horton, B. P. (2020). Thresholds of Mangrove Survival Under Rapid Sea Level Rise. *Science*, 368(6495), 1118-1121.
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M. F., Benson, L. et al. (2018). A Global Map of Mangrove Forest Soil Carbon at 30 m Spatial Resolution. *Environmental Research Letters*, 13(5): 055002.
- Secaira Fajardo, F., Baughman McLeod, K., & Tassoulas, B. (2019). "A Guide on How to Insure a Natural Asset." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Secaira Fajardo, F., Perez, S., Pool, G. T., & Origel, F. T. (2019b). "Proposal of a Parametric Insurance in the Mesoamerican Reef." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Serafy, J. E., Shideler, G. S., Araújo, R. J., Nagelkerken, I. (2015) Mangroves Enhance Reef Fish Abundance at the Caribbean Regional Scale. *PLoS ONE* 10 (1): ew01422022.
- Sobel, A. H., Camargo, S. J., Hall, T. M., Lee, C. Y., Tippet, M. K., & Wing, A. A. (2016). Human Influence on Tropical Cyclone Intensity. *Science*, 353: 242-246.
- Spalding, M. (2010). *World Atlas of Mangroves* (1st ed.). Routledge, London, UK. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>
- Taillie, P. J., Román-Cuesta, R., Lagomasino, D., Cifuentes-Jara, M., Fatoyinbo, T., Ott, L. E., & Poulter, B. (2020). Widespread Mangrove Damage Resulting from the 2017 Atlantic Mega Hurricane Season. *Environmental Research Letters*, 15(6): 064010.
- TNC (The Nature Conservancy). (2021). "A Post-Storm Response and Reef Insurance Primer: Building the Response Capacity to Repair Reefs Damaged by Hurricanes." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Thampanya, U., Vermaat, J. E., Sinsakul, S., & Panapitukkul, N. (2006). Coastal Erosion and Mangrove Progradation of Southern Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(1-2), 75-85.
- Vitousek, S., Barbard, P. L., Fletcher, C. H., Frazer, N., Erikson, L., & Storlazzi, C. D. (2017). Doubling of Coastal Flooding Frequency within Decades due to Sea-Level Rise. *Scientific Reports*, 7 (1399).
- Ward, R. D., Friess, D. A., Day, R. H., & MacKenzie, R. A. (2016). Impacts of Climate Change on Mangrove Ecosystems: A Region by Region Overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(4): e01211.
- Winkler, T. S., van Hengstum, P. J., Donnelly, J. P., Wallace, E. J., Sullivan, R. M., MacDonald, D., & Albury, N. A. (2020). Revising Evidence of Hurricane Strikes on Abaco Island (The Bahamas) Over the Last 700 Years. *Scientific reports*, 10(1): 1-17.
- World Bank, The. (2019) "Forces of Nature: Assessment and Economic Valuation of Coastal Protection Services Provided by Mangroves in Jamaica". The World Bank, Washington, DC.
- Zegarra, M.A., Schmid, J.P., Palomino, L., & Seminario, B. (2020) "Impact of Hurricane Dorian in The Bahamas: A View from the Sky." Inter-American Development Bank, Technical Note IDB-TN-1857.



UNIVERSITY OF CALIFORNIA
SANTA CRUZ

The Nature
Conservancy 



**BUILDERS
INITIATIVE**