

Vulnerabilidad y resiliencia al aumento del nivel del mar de los humedales costeros de los Estados Unidos



CLIMATE  CENTRAL

Junio, 2022

Vulnerabilidad y resiliencia al aumento del nivel del mar de los humedales costeros de los Estados Unidos

Resumen ejecutivo

- Un nuevo estudio realizado por Climate Central y publicado en Environmental Research Communications explora una serie de futuros posibles para los humedales costeros de los Estados Unidos—el análisis a escala nacional más avanzado hasta la fecha.
- El aumento del nivel del mar amenaza con destruir valiosos humedales costeros, pero los humedales pueden sostenerse migrando horizontalmente a áreas de tierras secas aún sin desarrollar o creciendo verticalmente vía la acumulación de sedimentos y materia orgánica.
- Los humedales podrían aumentar su área en un 25% o disminuir en un 97% para 2100, dependiendo del ritmo de aumento del nivel del mar, la rapidez con que los humedales pueden crecer verticalmente y, especialmente, la cantidad de tierra que se conserva para la migración de los humedales. Cada uno de estos factores está controlado, al menos hasta cierto punto, por la mano del hombre.
- Luisiana, hogar de un tercio de los humedales costeros de los Estados Unidos, es el estado con mayor riesgo de pérdida de humedales, seguido por Carolina del Norte y Texas. California y Florida enfrentan el desafío adicional de tener pocas tierras secas sin desarrollar para acomodar la migración de los humedales.
- Climate Central ha introducido un par de nuevas herramientas interactivas de mapeo en línea que muestran la vulnerabilidad y la resiliencia de los humedales costeros al aumento del nivel del mar en diferentes escenarios.
- La conservación de la tierra para la migración de los humedales es un factor decisivo en el futuro de los humedales costeros de los Estados Unidos. Suponiendo un crecimiento moderado de los humedales y recortes modestos de las emisiones, la conservación de todo terreno disponible para que los humedales migren limitaría la pérdida de humedales costeros a una reducción del 17% en el área de humedales frente a una reducción del 63% si se desarrolla toda esa tierra.

Los humedales costeros son algunos de los hábitats más valiosos económica y ecológicamente del mundo. Desafortunadamente, los Estados Unidos están perdiendo humedales costeros y sus beneficios asociados rápidamente. El aumento del nivel del mar debido al cambio climático amenaza con acelerar esta pérdida crítica. Los humedales costeros tienen algunas defensas naturales contra el aumento de las aguas, pero necesitan nuestra ayuda para adaptarse a un clima que cambia rápidamente. Climate Central analizó los factores que decidirán si los humedales costeros de Estados Unidos prosperan o se ahogan. Dependiendo de una combinación de factores (qué tan rápido se elevan los mares, cuánta tierra sin desarrollar se conserva y qué tan rápido los humedales pueden acumular sedimentos y crecer verticalmente), los humedales costeros podrían expandirse o desaparecer casi por completo. El futuro de los humedales en los Estados Unidos depende en gran medida de las decisiones que tomen los humanos ahora.

Un recurso crítico en riesgo

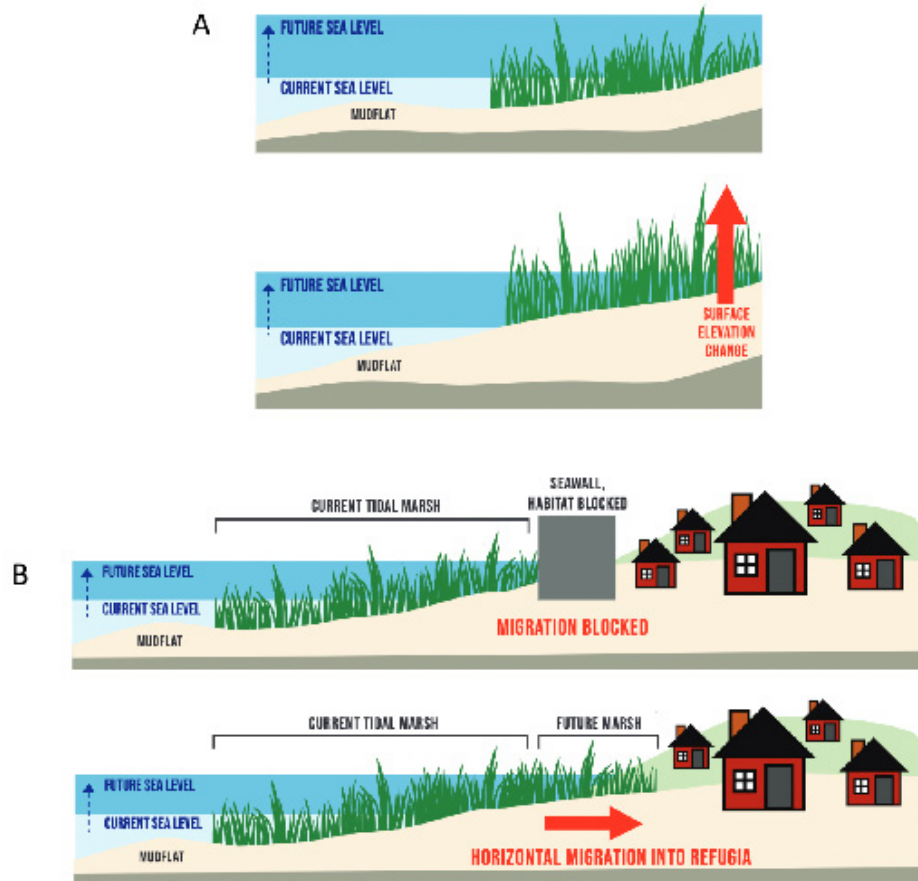
A pesar de ocupar solo una pequeña fracción de la masa terrestre de Estados Unidos, los humedales costeros contribuyen con beneficios desmesurados. Solo en los EE. UU., proporcionan un estimado de \$746 mil millones

en [servicios ecosistémicos](#). Los humedales costeros [brindan](#) protección contra inundaciones y control de la erosión a las comunidades tierra adentro, hábitat para muchas especies en peligro de extinción y cosechadas comercialmente, filtración de agua, recreación y secuestro de carbono.

Los EE. UU. son un punto crítico mundial para la pérdida de humedales, y [la tasa de pérdida está creciendo rápidamente](#). Los humedales costeros, por su propia naturaleza, existen en zonas costeras bajas que se inundan con las mareas, lo que los pone en alto riesgo de quedar sumergidos por la subida del nivel del mar. Ese riesgo está aumentando a medida que el aumento del nivel del mar se acelera debido al cambio climático. A lo largo de la costa de los Estados Unidos, los niveles del mar aumentaron alrededor de un pie en los últimos cien años; en los próximos 30, [se espera que](#) suban alrededor de otro pie. Los mares continuarán aumentando durante siglos, aunque qué tan alto y qué tan rápido depende de las elecciones que los humanos tomen ahora.

Resiliencia frente al aumento del nivel del mar

Si bien los humedales costeros están sustancialmente amenazados por el aumento del nivel del mar, también son excepcionalmente capaces de resiliencia. Los humedales pueden sostenerse de dos maneras: migrar horizontalmente o crecer verticalmente.



Cuando el nivel del mar aumenta, los humedales pueden **migrar** a áreas previamente secas, conocidas como **refugios**. En algunos lugares, los humedales costeros invaden los bosques, creando el fenómeno visualmente impactante conocido como bosques fantasmas: arboledas muertas por el agua salada. En otros lugares, el desarrollo humano bloquea el camino de los humedales, restringiendo la marisma salada entre un mar ascendente y una defensa artificial, carretera u otra estructura inmóvil. La capacidad de los humedales para sostenerse a sí mismos vía la migración depende de la cantidad de tierra reservada para que los humedales se

trasladen y, por lo tanto, de cómo la sociedad prioriza la preservación de los refugios frente a otros potenciales usos de los terrenos.

Además, los humedales pueden **acreecer** o crecer verticalmente vía la acumulación de sedimentos y materia orgánica. Los sedimentos arrastrados por el agua que fluye quedan atrapados por las plantas o se asientan cuando el agua desacelera. Las plantas en los humedales crecen y luego mueren, acumulándose y aumentando la elevación del pantano. La acreción puede ser contrarrestada por la compactación de sedimentos cerca de la superficie o “somera” y otras causas del movimiento vertical de la tierra. El resultado neto de estos factores es la tasa de **cambio de elevación de la superficie**. Esta tasa varía geográficamente, pero generalmente cae entre -2 y 8 milímetros por año (-0.08 pulgadas a 0.3 pulgadas por año) en los Estados Unidos. La mano del hombre puede afectar esta tasa al alterar la disponibilidad de sedimentos; por ejemplo, la construcción de represas en los ríos reduce el suministro de sedimentos. Para sobrevivir frente al aumento del nivel del mar a través del crecimiento vertical neto, un humedal debe poder crecer al menos tan rápido como sube el nivel del mar.

Decisiones por tomar: ¿prosperarán o se ahogarán los humedales?

El que los humedales tengan o no refugios a los que migrar, el qué tan rápido puedan crecer verticalmente los humedales, y el qué tan rápido aumenta el nivel del mar están determinados, al menos en parte, por las personas. Los seres humanos pueden ayudar a preservar los humedales costeros incluso frente al aumento del nivel del mar, pero solo si entendemos cómo estos factores afectan acumulativamente la preservación o pérdida de los humedales. La investigación de Climate Central proporciona un análisis riguroso y localizado de cómo varias tasas de cambio de elevación de la superficie, tasas de aumento del nivel del mar y escenarios de desarrollo afectarán la resiliencia de los humedales costeros de los Estados Unidos. Nuestro objetivo es empoderar a las comunidades con información para tomar decisiones sobre sus estrategias de conservación de humedales.

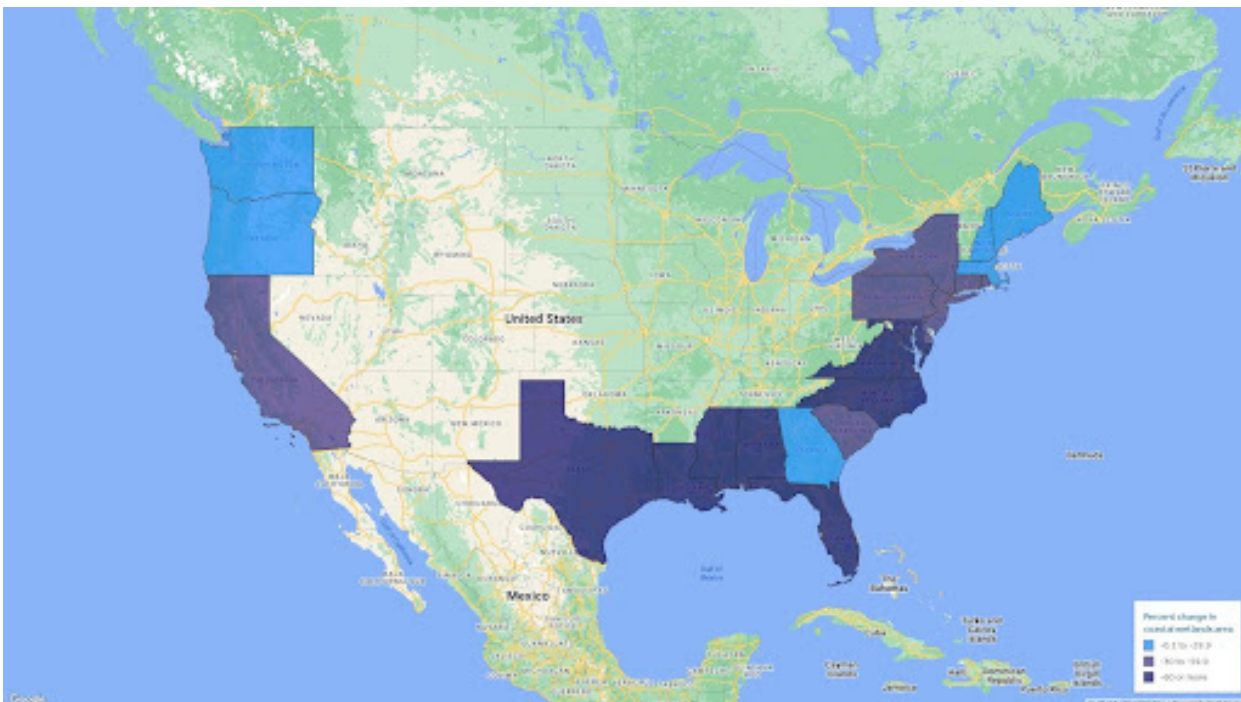
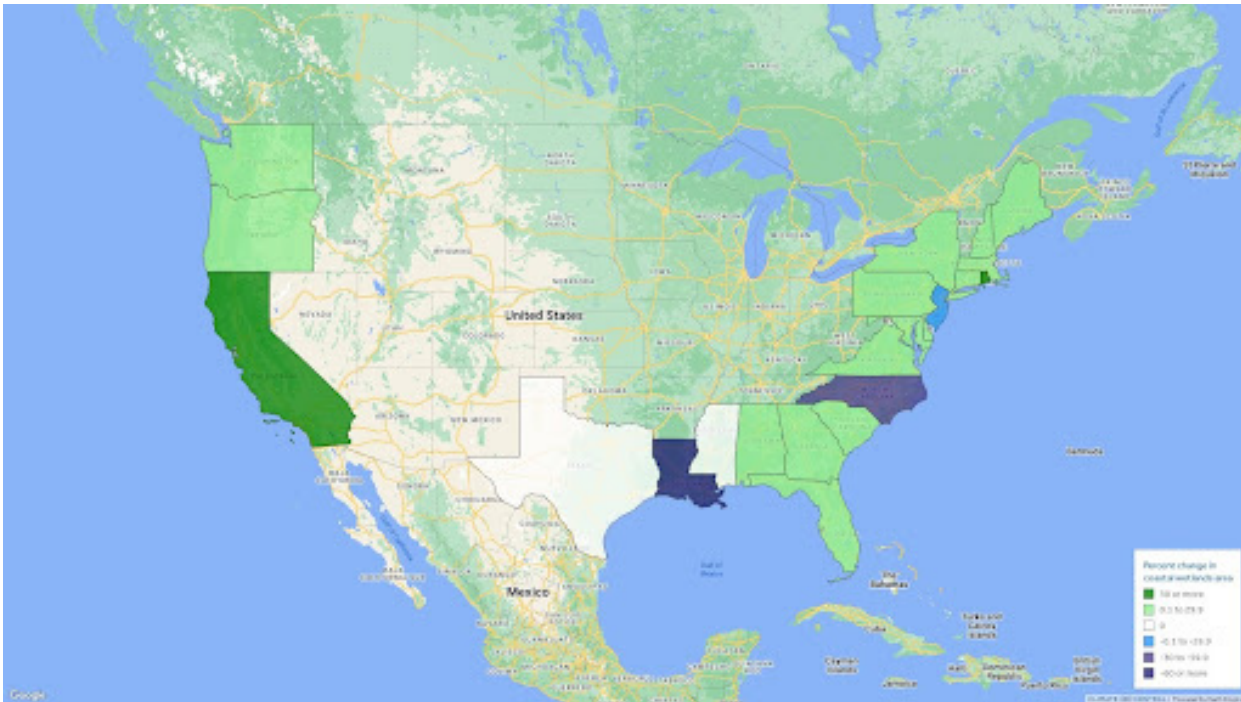
Esta investigación remedia lagunas de conocimiento y se basa en análisis previos de las respuestas de los humedales al aumento del nivel del mar. Los estudios anteriores eran análisis a gran escala que usaban datos demasiado bastos o modelos demasiado simplistas para informar la toma local de decisiones, o modelos localizados que cubrían solo un área pequeña. Nuestro análisis trabaja a una escala intermedia para proporcionar una evaluación más precisa de la exposición a los humedales para los Estados Unidos contiguos hasta la fecha. Al evaluar dos escenarios de desarrollo costero, tres escenarios de aumento del nivel del mar y ocho tasas diferentes de cambio de elevación de la superficie, Climate Central modeló el alcance total de los humedales costeros en los Estados Unidos de 2000 a 2100.

Encontramos una amplia gama de posibles resultados para los humedales costeros de los Estados Unidos. En un escenario optimista, en el que se conservan todos los refugios, las emisiones se reducen drásticamente (formalmente, RCP 2.6) y hay una alta tasa máxima de crecimiento vertical (8 mm/año), los humedales costeros pueden aumentar en un 25% para 2100. Esto se traduce en \$222 mil millones adicionales en servicios ecosistémicos, suponiendo que el valor total de los servicios ecosistémicos aumente linealmente con el área. Sin embargo, en un escenario más pesimista—uno en el que se urbanizan todos los refugios, hay una tasa de crecimiento vertical máxima moderada (3 mm / año), las emisiones crecen sin control (RCP 8.5) y hay un aumento del nivel del mar más alto de lo esperado debido a [la inestabilidad de las capas de hielo](#)—el 97% de los humedales costeros pueden perderse, junto con \$732 mil millones en servicios ecosistémicos.

¹ Este informe utiliza rutas de concentración representativas (o RCP, por sus siglas en inglés) en vez de rutas socioeconómicas compartidas (o SSP, por sus siglas en inglés) porque la investigación revisada por pares en la que se basó este informe se realizó antes de que [el último informe del IPCC](#) introdujera formalmente los SSP. RCP 2.6 es más similar a SSP1-2.6, mientras que RCP 8.5 es más similar a SSP5-8.5. Para obtener más explicaciones sobre la relación entre los RCP y los SSP, consulte este [explicador](#) de Carbon Brief.

La conservación es clave

La conservación de la tierra para acomodar la migración de los humedales es un factor crítico para determinar si los humedales costeros en los Estados Unidos se expandirán o reducirán a medida que aumente el nivel del



Cambio porcentual en el área de humedales con (arriba) y sin (abajo) conservación de refugios para que los humedales migren. Asume una tasa de cambio de elevación superficial moderada (3 mm/año), un escenario de altas emisiones (RCP 8.5) y un aumento del nivel del mar de rango medio. El verde representa un aumento en los humedales, mientras que el azul representa una disminución.

Tabla 1. Cambio porcentual en el área de humedales costeros para los Estados Unidos contiguos. Supone una tasa de cambio de elevación superficial moderada (3 mm/año).

			Desarrollo Total	Conservación Total
Cambio Porcentual en el Área de Humedales Costeros por	2050	Contaminación Descontrolada	-45%	-8.2%
		Cortes Moderados	-42%	-6.7%
	2100	Contaminación Descontrolada	-75%	-28%
		Cortes Moderados	-63%	-17%

mar. Si se conservan todos los refugios posibles para la migración de los humedales costeros, los humedales se expandirán en la mayoría de los condados de los Estados Unidos en una amplia gama de escenarios.

Una reducción generalizada de los humedales solo ocurriría en situaciones con tasas de crecimiento vertical moderadas o más bajas y un aumento muy rápido del nivel del mar como resultado de las altas emisiones de gases de efecto invernadero y la inestabilidad de las capas de hielo.

Tabla 2. Los diez principales estados en riesgo de pérdida de humedales bajo un escenario de altas emisiones (RCP 8.5) y tasa de cambio de elevación de superficie moderada. Para ver la lista completa y las proyecciones a nivel de condado, consulte nuestra herramienta web interactiva.

Estado	Cambio porcentual en el área de humedales costeros por 2100	
	Desarrollo Total	Conservación Total
LA	-100	-81
TX	-100	0
NC	-89	-37
MS	-52	0
DC	-49	15
FL	-49	6
RI	-45	30
AL	-43	4
VA	-42	1

Sin embargo, si no se conservan refugios para la migración, los humedales solo pueden mantenerse o reducirse. En escenarios sin conservación de la tierra, la pérdida de humedales solo puede prevenirse mediante una combinación de altas tasas de crecimiento vertical y bajas emisiones de gases de efecto invernadero. De hecho, muchos condados enfrentarían la pérdida completa o la reducción generalizada de sus humedales, incluso sin un aumento del nivel del mar de alta gama causado por la inestabilidad de las capas de hielo.

Para apoyar la planificación local y regional, Climate Central calculó el porcentaje mínimo de refugios que sería necesario conservar para evitar por completo la pérdida de humedales en cada condado costero de los Estados Unidos bajo un escenario de altas emisiones de carbono (RCP 8.5); esencialmente, las condiciones potenciales si la contaminación crece sin control. Si los humedales pueden crecer rápidamente y el aumento del nivel del mar sigue proyecciones moderadas, casi el diez por ciento de los condados necesitan preservar más de la mitad de sus refugios para

evitar la pérdida de humedales. Si las tasas de crecimiento vertical son solo moderadas y los niveles del mar aumentan más rápido debido a la inestabilidad de las capas de hielo, esta fracción crece a siete de cada diez condados.

Se espera que algunos condados pierdan al menos parte de sus humedales, incluso si se conservan todos los refugios posibles; si los humedales son capaces de crecer rápidamente y el aumento del nivel del mar sigue proyecciones moderadas, uno de cada diez condados se enfrenta a la pérdida de humedales incluso con una conservación completa. Si las tasas de crecimiento vertical son solo moderadas y los niveles del mar aumentan más rápido debido a la inestabilidad de la capa de hielo, casi la mitad de los condados enfrentan la pérdida de humedales a pesar de la conservación total de los refugios.

Sin conservación, los humedales tendrán que competir con el aumento de los mares

Cuando el desarrollo costero elimina el potencial de migración de los humedales, la velocidad a la que los humedales pueden crecer debido a la acumulación de sedimentos y materia orgánica se vuelve especialmente importante para su supervivencia. Los humedales esencialmente entran en una carrera con el aumento del nivel del mar: si los humedales pueden crecer más rápido de lo que los mares suben, persistirán. Si los humedales no logran seguir el ritmo de las aguas crecientes, se inundarán, convirtiéndose permanentemente en aguas abiertas.

Si las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen drásticamente (RCP 2.6), manteniendo baja la tasa de aumento del nivel del mar, y si los humedales pueden crecer rápidamente, la mayoría de los condados costeros evitarían la pérdida de humedales. Sin embargo, menos del 15% de los condados costeros evitan las pérdidas de humedales incluso si los humedales pueden crecer a una tasa relativamente alta de 5 mm/año, y aproximadamente la mitad de los condados podrían perder al menos un tercio de sus humedales si el crecimiento de los humedales alcanza su punto máximo a la tasa moderada de 3 mm/año.

Si se permite que las emisiones de gases de efecto invernadero crezcan sin control (RCP 8.5), la resiliencia de los humedales disminuye sustancialmente a menos que los humedales puedan crecer extremadamente rápido, a tasas que rara vez se observan naturalmente. Más de la mitad de los condados costeros podrían perder al menos un tercio de su área de humedales, incluso bajo la tasa relativamente rápida de 5 mm/año. Y si la rápida pérdida de las capas de hielo hace que los niveles del mar aumenten aún más rápido, esencialmente todos los condados costeros enfrentan pérdidas de humedales a casi cualquier tasa de crecimiento observada anteriormente.

Puntos críticos de riesgo

Tanto los humedales costeros como los impactos del aumento del nivel del mar sobre ellos no están distribuidos uniformemente. Las costas del Atlántico sur y del Golfo corren un riesgo particular de pérdida de humedales. El estado en mayor riesgo es Luisiana, que contiene un tercio de los humedales costeros en los Estados Unidos contiguos. Carolina del Norte y Texas también corren un alto riesgo si el desarrollo costero impide que los humedales migren a refugios. Si se conservan todos los refugios potenciales, las áreas que ya se han desarrollado ampliamente, como algunos condados de California y Florida, enfrentarán pérdidas de humedales comparativamente mayores.

Ejemplos y recursos de conservación de humedales

En la carrera contra el aumento del nivel del mar, los humedales tienen dos defensas inherentes: pueden moverse tierra adentro (migración) y crecer (acreción).

Mejorar las defensas de los humedales es parte de la infraestructura verde o basada en la naturaleza, los

enfoques de gestión del paisaje que se basan en procesos y materiales naturales para apoyar la resiliencia y adaptabilidad de los ecosistemas a los impactos climáticos. Por ejemplo, costas vivas se refieren a la aplicación de infraestructura basada en la naturaleza a lo largo de las costas. Esto puede incluir la plantación de vegetación nativa o el uso de materiales naturales para estabilizar las costas.

Las técnicas estratégicas de gestión del paisaje pueden reforzar las defensas naturales de los humedales. En términos generales, las estrategias para mantener los humedales incluyen la conservación de tierras secas no desarrolladas para la futura expansión de los humedales, la conversión de áreas desarrolladas para humedales recuperados y el apoyo o la mejora del suministro de sedimentos a los humedales existentes.

Estos son ejemplos de organizaciones que trabajan para mejorar y conservar los humedales costeros:

La [Sociedad del Litoral Americano \(ALS, por sus siglas en inglés\)](#) educa y alienta a las comunidades a tomar medidas para proteger las costas y lleva a cabo proyectos de restauración de hábitats a lo largo de la costa este. Un ejemplo es la restauración de Thompson's Beach en Nueva Jersey, donde ALS y sus socios replantaron vegetación nativa y aumentaron la elevación de los pantanos mediante la adición de sedimentos. En otro a lo largo del Río Shark de Nueva Jersey, ALS emplea una mezcla de materiales naturales y hechos por el hombre para frenar la erosión y extender el pantano.

Ducks Unlimited (DU) trabaja para conservar los [paisajes de América del Norte](#) que son más importantes para las poblaciones de aves acuáticas, incluidos los humedales costeros. La organización [protege directamente los humedales](#) asegurando servidumbres de conservación (acuerdos voluntarios para renunciar permanentemente a ciertos derechos de desarrollo en una parcela de tierra). En algunas situaciones, DU trabaja con los propietarios de tierras para implementar acuerdos de gestión a plazo limitado, en los que los propietarios acuerdan mantener las condiciones del hábitat o llevar a cabo prácticas de conservación. La mayoría de las servidumbres de DU se encuentran en el sur de los Estados Unidos, específicamente a lo largo de la Costa Atlántica y tierra adentro en todo el Valle Aluvial de Mississippi.

Sociedad de Conservación Teddy Roosevelt (TRCP, por sus siglas en inglés) trabaja con 61 socios que representan a grupos de caza, pesca y conservación en los Estados Unidos. TRCP aboga por una legislación bipartidista para [proteger los ecosistemas que disfrutan los recreacionistas al aire libre](#). La coalición climática de la organización identifica formas en que la [infraestructura natural](#) puede apoyar la resiliencia y preservar el acceso público, incluso a los humedales costeros.

Wetlands Watch se asocia con otros grupos para emplear soluciones basadas en la naturaleza en la costa de Virginia para abordar el cambio climático. La organización produce investigaciones, recomendaciones de políticas y estrategias para apoyar los proyectos de conservación de las partes interesadas locales. Las iniciativas centradas en la resiliencia de Wetlands Watch incluyen proporcionar [herramientas y recursos de planificación](#) integrales para los gobiernos locales, recursos para [la gestión de llanuras aluviales](#) e [infraestructura verde](#), y un [programa de certificación profesional](#) para paisajistas sostenibles en la región de la Bahía de Chesapeake. En la región de Tidewater de Virginia, Wetlands Watch está liderando un programa piloto para conservar la tierra para la migración de humedales al conectar a las organizaciones de conservación de la tierra con los planificadores locales del uso de suelos.

Conclusión

Incluso con sus defensas naturales contra el aumento del nivel del mar, la mayoría de los humedales costeros necesitan ayuda humana para persistir y continuar proporcionando sus muchos y valiosos servicios

ecosistémicos. Para establecer prioridades y tomar las decisiones de gestión necesarias para proteger este recurso, será esencial entender a nivel granular cómo la tasa de aumento del nivel del mar, la cantidad de tierra conservada, y la velocidad a la que los humedales pueden crecer y afectar la sostenibilidad de estos..

Terminología

Humedales costeros - también ampliamente conocidos como marismas o pantanos de marea, definidos aquí como tierras sin desarrollar con una elevación entre el nivel promedio del mar local (Nivel Medio de la Marea; MTL, por sus siglas en inglés) y la altura media del agua máxima durante las mareas vivas (Pleamar Promedio; MHWS, por sus siglas en inglés).

Acreción - el proceso en el que un humedal crece verticalmente debido a la acumulación de materia orgánica y sedimentos.

Cambio de elevación de la superficie - el cambio neto de elevación de la superficie basado en los factores contribuyentes positivos y negativos de la acumulación de sedimentos, el crecimiento y la acumulación de materia orgánica y la compactación de sedimentos cercanos a la superficie (someros).

Migración - el movimiento de humedales costeros hacia áreas de tierras secas bajas y sin desarrollar de que vuelven disponibles para colonizar a medida que aumentan los mares.

Refugios - áreas de tierras secas bajas y sin desarrollar que podrían inundarse y convertirse en humedales.

Resiliencia - la capacidad de un ecosistema para absorber, recuperarse y responder a perturbaciones y daños intermitentes

Inundación de humedales - ocurre cuando la elevación del humedal no logra mantener el ritmo del aumento del nivel del mar por medio del cambio neto de elevación de la superficie y, por lo tanto, cae por debajo del nivel promedio local del mar y se convierte en agua abierta.

Metodología

Definimos humedales costeros como áreas no desarrolladas con elevaciones entre el nivel promedio local del mar (Nivel Promedio de Marea) y la altura promedio del agua máxima durante las mareas vivas (Pleamar Promedio; MHWS, por sus siglas en inglés). A partir de 2000, modelamos el límite del umbral superior de elevación de los humedales siguiendo la tasa de aumento del nivel del mar, lo que permite la migración a tierras adyacentes no desarrolladas que terminan en una elevación más baja que MHWS. Modelamos el movimiento del umbral inferior de elevación de los humedales en función de la tasa de aumento del nivel del mar menos el cambio de elevación de la superficie del humedal, que está limitado por la menor de la tasa máxima de cambio de elevación de la superficie y la tasa de aumento del nivel del mar. Luego calculamos la extensión de los humedales costeros de 2000 a 2100 bajo dos escenarios de desarrollo costero delimitadores (todos los refugios se conservan o todos se desarrollan), tres escenarios de aumento del nivel del mar (emisiones bajas, emisiones altas y emisiones altas con colapso rápido de la capa de hielo) y ocho tasas máximas de cambio de elevación de la superficie (-1, 0, 1, 3, 5, 8, 10, y 15 mm/año).

Los datos de elevación del terreno provienen del [lidar topográfico costero de la NOAA](#) y los datos de uso de suelo provienen del [Atlas de la Cobertura de la Tierra](#) del Programa de Análisis de Cambio Costero (C-CAP, por sus siglas en inglés) de la NOAA. Los modelos de aumento del nivel del mar utilizados se describen en [Kopp et al. 2014](#) y [Kopp et al. 2017](#).

Observamos que nuestra metodología puede producir una evaluación notablemente conservadora de los riesgos que el aumento del nivel del mar representa para los humedales. Nuestro análisis no considera el efecto que el cambio climático puede tener en el incremento de inundaciones que pueden erosionar los humedales, ni la dinámica de las riberas que puede causar variaciones locales en los niveles de marea y hacer que nuestro modelo encuentre extensiones de humedales mayores de las justificadas. Además, en áreas donde la compactación de sedimentos someros es un factor importante, como en Louisiana, las tasas reales de cambio de elevación de la superficie pueden estar en el extremo inferior del espectro explorado en este análisis. Finalmente, el modelo permite que los humedales puedan migrar hacia la tierra y crecer verticalmente de forma independiente, aumentando el área total de humedales. Sin embargo, para apoyar tal crecimiento en los humedales, sería necesario aumentar el suministro de sedimentos, lo que probablemente requeriría una intervención sustancial.

Para obtener más detalles, consulte el estudio revisado por pares de Climate Central. Para explorar la vulnerabilidad y la resiliencia de los humedales dada una variedad de vías de aumento del nivel del mar, tasas máximas de crecimiento vertical y escenarios de desarrollo costero, consulte la herramienta y el mapa en línea.

Acerca de Climate Central

Climate Central es una organización independiente de destacados científicos y periodistas que investigan y reportan los hechos sobre nuestro clima cambiante y su impacto en el público. El Programa de Climate Central sobre el Aumento del Nivel del Mar proporciona información precisa, clara y granular sobre el aumento del nivel del mar y los peligros de inundación costera tanto a nivel local como global, hoy y en el mañana. Ofrecemos mapas y herramientas fáciles de usar, conjuntos de datos y presentaciones visuales de alta calidad.

