

HUMEDALES DE VENEZUELA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Wetlands of Venezuela in the face of climate change

Carlos Méndez-Vallejo* y Meimalin Moreno-Villalobos

Laboratorio de Ecosistemas y Cambio Global, IVIC.
*carlos.menvall@gmail.com.

RESUMEN

Los humedales son sistemas únicos en el mundo, cuya función ecosistémicas y contribuciones al bienestar humano son irremplazables. Entre sus mayores contribuciones, además de su particular biodiversidad, destacan su capacidad para almacenar carbono, y su importante capacidad de purificadores de agua debido a procesos biogeoquímicos particulares de estos sistemas. Sin embargo, la crisis ambiental global actual representa una amenaza para estos sistemas, en especial el cambio climático. Los cambios en precipitación, así como el aumento de la temperatura global a más de 4°C y los extremos climáticos, implican un desbalance en la disponibilidad de agua necesaria para la existencia del humedal. Así mismo, el aumento de la temperatura y del nivel del mar, el cambio de acidez y desoxigenación de las aguas marinas traerá importantes impactos a los humedales marino-costeros. Al mismo tiempo, los humedales también han sido considerados como una importante opción de solución al cambio climático dentro de las denominadas soluciones basadas en la naturaleza (Nature based solutions, NbS por sus siglas en inglés). No obstante, de continuar el avance del calentamiento global, las posibilidades de que los humedales funcionen como solución al cambio climático se verán seriamente comprometidas. En el caso de Venezuela y considerando las más recientes proyecciones de cambio climático, este trabajo explora los posibles impactos del cambio climático sobre los humedales, las consecuencias de dichos impactos sobre las posibilidades de los humedales venezolanos como NbS, así como los vacíos en el conocimiento necesario para la implementación de los humedales como NbS.

Palabras clave: cambio climático, humedales, captura y almacenamiento de carbono, soluciones basadas en la naturaleza.

Keywords: climate change, wetlands, carbon capture and storage, nature-based solutions.

INTRODUCCIÓN

Los humedales tienen un papel fundamental en la dinámica del sistema tierra. Estos son considerados puntos calientes de diversidad biológica, productividad ecosistémica y actividad económica (Xi *y col.*, 2021). Al mismo tiempo, son importantes reguladores del ciclo del agua y su calidad, así como de los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono (C), Nitrógeno (N) y fósforo (P), entre otros (Bastianoni *y col.*, 2015; Chacón *y col.*, 2018; Reddy *y col.*, 2000). Derivado de las múltiples contribuciones (Nature Contributions to the

Peoples, NCPs por su siglas en Inglés) que los humedales brindan a la calidad de vida los pueblos de la humanidad, se le ha conferido vital importancia a su conservación y uso sostenible, tanto a escala global como local, como también dentro de la gobernanza internacional (i.e. Matthews, 1993). Sin embargo, dentro de los humedales se ha englobado a una gran cantidad de hábitats y ecosistemas, lo que hace difícil tener una definición estricta de lo que es un humedal, e introduciendo una gran incertidumbre a la hora de determinar su extensión así como su dinámica temporal y espacial (Gumbrecht *y col.*, 2017). Esto deja a los humedales definidos por áreas con presencia de una tabla de agua por cerca o por encima de la superficie del suelo, ya sea esta permanente o estacional a lo largo del año, dulce, salobre o salada, y actuando siempre como factor determinante de la vida vegetal y animal del lugar (Matthews, 1993, Salimi *y col.*, 2021).

La función de los humedales en relación al cambio climático ha sido principalmente relacionada con su capacidad de captura y almacenamiento de largo plazo de carbono, especialmente dióxido de carbono (CO₂), aunque también liberan metano (CH₄) de forma natural (Chmura *y col.*, 2003; Were *y col.*, 2019). Los humedales, dependiendo de sus condiciones de conservación y manejo, pueden ser una fuente o un sumidero de gases de efecto invernadero (GEIs). De esta manera se ha llegado a considerar que los humedales podrían funcionar como soluciones naturales (Nature based solutions, NbS por sus siglas en Inglés) al cambio climático, si su manejo permite maximizar las propiedades de captura y almacenamiento de carbono en el largo plazo. Sin embargo, la conservación y manejo de los humedales depende altamente de las presiones por actividades económicas, siendo las principales amenazas sobre los humedales la contaminación, el uso de los recursos biológicos, las modificaciones del sistema natural, la transformación hacia sistemas de pastoreo, agricultura o acuicultura (Xu *y col.*, 2019) y el cambio climático (Salimi *y col.*, 2021). En especial el cambio climático afecta la capacidad de los humedales de capturar gases de efecto invernadero, afecta la fisiología de las especies que lo conforman alterando la biodiversidad, y en general altera la hidrología y la biogeoquímica de los humedales, amenazando así las NCPs de los humedales (Salimi *y col.*, 2021).

Venezuela cuenta con una amplia extensión de humedales naturales (30.000 km²), cinco de ellos incluidos en los humedales de importancia internacional dentro de la convención RAMSAR. Los cinco humedales RAMSAR Venezolanos son de tipo marino costero, aunque Venezuela cuenta con prácticamente todos los tipos de humedal tropical contemplados por la convención. Si bien algunos de los humedales venezolanos están bajo forma de protección y conservación, todos los humedales del territorio nacional, protegidos o no, son susceptibles de sufrir impactos por el cambio climático. En este trabajo se presentan y discuten la extensión y tipos de los humedales venezolanos, así como su afectación por cambio climático y su sostenibilidad como posible solución al mismo.

HUMEDALES DE VENEZUELA: CATEGORÍAS Y UBICACIÓN

Existen diversas categorizaciones de los humedales en la literatura. Una de las más usadas es la propuesta por la convención RAMSAR (Matthews, 1993). En ella se establecen tres grandes categorías: humedales marino-costeros, humedales continentales y humedales artificiales. Este trabajo estará limitado a los humedales naturales. El detalle de la clasificación RAMSAR dificulta su aplicación al momento de establecer la extensión territorial y límites físicos de los humedales. Gumbricht *y col.*, (2017) proponen una aproximación similar a la Ramsar (2013) pero más gruesa y que permite el mapeo de los humedales continentales y costeros basados en tres características: balance hídrico interanual, fenología de la humedad del suelo y la hidrogeomorfología. Sin embargo, estos autores no incluyen los humedales marinos dentro de las 10 clases de humedales propuestas (Tabla 1). No obstante, el Allen Coral Atlas (2022) y el mapa de distribución de corales del Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA)(UNEP-WCMC *y col.*, 2021), presentan información relevante de los humedales marinos más representativos del país, que ha sido incorporada a la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de humedal y sus condiciones geomorfológicas, de humedad de suelo, y condiciones de cubierta de suelo.

Categoría	Geomorfología	Condiciones de humedad	Condiciones de la vegetación y del suelo
Agua	Lagos y ríos permanentes	Superficie de agua abierta	-
Manglares	En las proximidades de la costa o de los estuarios.	Permanentemente húmedo, pero con variaciones de marea en los niveles de agua.	Dominado por diferentes especies de manglares; formación de turba, pero con profundidad limitada.
Ciénagas pantanosas	Generalmente ligado a valles y llanuras; superficies planas.	Está húmedo todo el año, pero no necesariamente inundado.	Generalmente cubierta de árboles. Cúpulas de turba con profundidades de turba de hasta 45 m; de lo contrario, con profundidades de turba más limitadas.
Turberas	En valles o en posiciones de menor pendiente.	Se alimenta principalmente de aguas subterráneas, por lo que el suministro de agua es estable.	A menudo ricos en nutrientes y con una vegetación densa; forman turba.
Ribereño/lacustre	Alineado con la masa de agua adyacente.	Permanentemente mojado.	Vegetación variable, no rara vez con zonificación que refleja la proximidad a la fuente de agua; formación de turba.

Categoría	Geomorfología	Condiciones de humedad	Condiciones de la vegetación y del suelo
Desbordamientos	En depósitos aluviales.	Alimentada por ríos permanentes, con grandes variaciones en los niveles de agua, pero sin secarse nunca.	Forestal o no forestal; hierbas, juncos y juncias; formador de turba. Formación de turba.
Llanura de inundación	En depósitos aluviales o en valles	Régimen anual de inundación y desecación con una estación seca bien definida.	Forestal o no forestal. Sin formación de turba.
Marismas	Marismas en general: en valles y llanuras, marismas costeras, marismas saladas, marismas de sabana y pradera, etc.	No hay un ciclo de humedad intra-anual definido, suelos permanentemente húmedos pero no necesariamente saturados de agua.	Por lo general, no hay bosques; hierbas, juncos y juncias, pero también hierbas y arbustos; no hay formación de turba, pero puede haber acumulación de materia orgánica, mezclada con sedimentos minerogénicos.
Humedales áridos	Humedales de clima árido: formados en valles de canales y sobre depósitos aluviales.	Con una pronunciada estacionalidad en el régimen de humedad del suelo, generalmente determinada por los componentes del flujo lateral.	Puede considerarse como una categoría intermedia entre las llanuras de inundación/inundación y las marismas, restringida a un clima árido. Puede haber acumulación de materia orgánica, mezclada con sedimentos minerogénicos.
Praderas húmedas	zonas de transición entre los humedales y las tierras secas circundantes, a veces en laderas abiertas.	Fuente de agua variable en función de la posición hidrológica y la geomorfología del paisaje.	Generalmente dominado por pastizales, vegetación leñosa si el régimen de humedad del suelo lo permite. Nula o escasa acumulación de materia orgánica.
Arena	En posición de poca pendiente	Depósitos de arena	Sin cubierta
Praderas marinas (fanerógamas)	En posición de poca pendiente sobre fondos blandos	Sumergidos en agua marina o salobre	Praderas dominadas por angiospermas marinas
Coral/Algas	Variable, generalmente en posición de poca pendiente	Sumergidos en agua marina	-
Microalgas	En posición de poca pendiente	Sumergidos en agua marina	-

La Figura 1 muestra la distribución de los diferentes tipos de humedales a lo largo y ancho del país, incluidos tres de los cinco lugares Ramsar de Venezuela. Se observa que los sistemas de humedales terrestres tienen amplia distribución y las ciénagas, turberas, llanuras de inundación, marismas y praderas húmedas tienden a concentrarse en tierras de baja altitud con altos niveles freáticos, como el delta del Orinoco, suroeste del estado Amazonas y los llanos occidentales de Venezuela. Se observa además que las marismas, llanuras inundables y praderas húmedas, con cobertura herbácea dominante, tienden a dominar en los llanos occidentales, mientras que las ciénagas pantanosas y turberas, con cobertura leñosa dominante, se concentran hacia el Delta del Orinoco y el suroeste del estado Amazonas. Si bien la cordillera andina venezolana alberga humedales de montaña, la metodología empleada en este trabajo no permite su detección, probablemente debido a la resolución espacial utilizada (100m² aprox.).

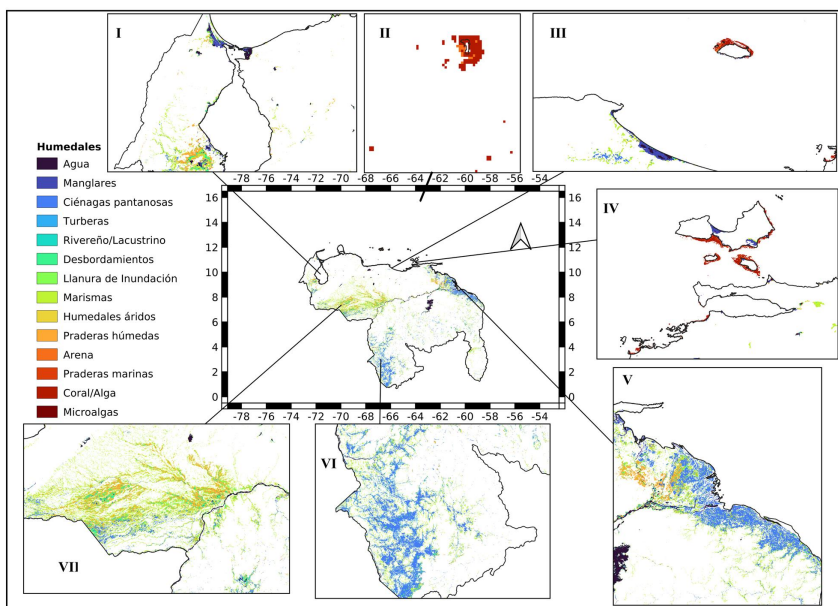


Figura 1. Distribución espacial de los humedales en Venezuela. Usando la categorización de los humedales presentada en la tabla 1 se ilustran los principales tipos y sistemas de humedales en Venezuela en diversas áreas del país: I los manglares de la costa del Lago de Maracaibo y la Ciénaga de los Olivitos (Ramsar 859), II Sistemas de corales, algas y arena de la Isla de Aves en la frontera norte venezolana, III Sistemas de corales, algas y arena de la isla de la Tortuga y el sistema de manglar del la Laguna de Tacarigua (Ramsar 858), IV Sistemas de Manglares (incluyendo Laguna de La Restinga Ramsar 857), corales, algas y arena de los estados Nueva Esparta y parte occidental de Sucre, V mosaico de Ciénagas, Turberas, sistemas ribereños, marismas y manglares hacia el delta del Orinoco, VI Ciénagas pantanosas y Turberas en el Estado Amazonas, VII Sistema de Llanuras de inundación, desbordamientos, marismas y praderas húmedas de los llanos occidentales venezolanos.

La Tabla 2 muestra el área estimada para cada tipo de humedal, observándose que en el país poco menos de la mitad (43%) de los humedales están conformados por marismas, que junto a las ciénagas pantanosas alcanzan más de 100 mil km², casi tres cuartos (70%) del área nacional ocupada por humedales. Los humedales con mayor potencial de almacenamiento de carbono en el suelo como lo son las ciénagas pantanosas, las turberas y los manglares ocupan un área de casi 50 mil km². Área estimada por tipo de humedal según este trabajo y el área estimada por el mapa de humedales del mundo siguiendo a Gumbricht *y col.* (2017), cubriendo un tercio (33%) del área de humedal nacional, equivalente a un 6% del área nacional con altas concentraciones de carbono en el suelo, en la biomasa y alta capacidad de fijación de carbono atmosférico.

Categoría	Área km²	%	Area km² (Gumbricht <i>y col.</i>, 2017)
Marismas	64.545	42,86	61.649
Ciénagas pantanosas	41.425	27,51	35.037
Praderas húmedas	17.124	11,37	19.300
Aguas abiertas	8.603	5,71	8.329
Turberas	5.808	3,86	8.084
Desbordamientos	5.693	3,78	8.209
Llanura de inundación	3.960	2,63	4.207
Manglar	2.099	1,39	1.730
Coral/Alga	590	0,39	NA
Humedales áridos	260	0,17	82
Arena	212	0,14	NA
Microalga	148	0,10	NA
Praderas marinas	91	0,06	NA
Ribereño/Lacustre	27	0,02	8
Total	150.106	-	146.635
Almacén de carbono en el suelo	49.332	32,86	53.074

HUMEDALES DE VENEZUELA Y EL CLIMA

La mayor parte de la extensión territorial de Venezuela presenta un clima tropical lluvioso de régimen isotérmico, aunque a escala detallada podemos encontrar una variedad importante de tipos climáticos (Bracho, 2005). Los determinantes de los tipos climáticos en Venezuela son dos: el relieve y Zona de Convergencia Intertropical (ZCI). El relieve modifica la temperatura, a mayor altitud menor temperatura, y la topografía influencia

la precipitación al crear barreras físicas a la circulación atmosférica y la consecuente formación de áreas de barlovento-sotavento. Por su parte, la ZCI, que en nuestro caso se mueve estacionalmente desde el ecuador hacia el caribe y viceversa, origina un gradiente de precipitación con orientación dominante norte-sur, cuya mayor precipitación ocurre hacia el sur. Esta oscilación de la ZCI es acompañada por la estacionalidad de los vientos alisios del noreste, acentuando el patrón de precipitación esta vez en el sentido noreste-suroeste, siendo más húmedo al suroeste del país (Figura 2 panel superior derecho).

La temperatura media anual en Venezuela fluctúa entre los 16 y 30 °C, con las regiones de montaña como los Andes y las cimas de los tepuyes con las menores temperaturas, llegando a registrar temperaturas mínimas por debajo de los 0 °C, mientras que las temperaturas más altas ocurren en las zonas bajas de la cuenca del Lago de Maracaibo, Península de Paraguaná y los llanos occidentales. La amplitud anual de la temperatura es menor a los 5 °C, mientras que la amplitud diaria supera los 10 °C. La precipitación total anual fluctúa entre los 300 mm hasta unos 3.500 mm, con las zonas más húmedas al sur, en los estados Amazonas y Bolívar, donde puede llegar a precipitar hasta 6.000 mm anuales, y las zonas más áridas sobre el norte costero del país (Figura 2). La humedad relativa del aire es permanentemente alta y usualmente por encima del 70%, mientras que la evapotranspiración puede alcanzar los 2.000 mm en las regiones más cálidas.

Aunque los determinantes de la presencia de un humedal son diversos, como la geomorfología, el nivel freático, y la biota circundante, el clima, especialmente el balance entre precipitación y temperatura, juega un papel fundamental. Al ser Venezuela un país de clima isotérmico, es de esperarse que los humedales no presenten una gran amplitud en temperatura, distribuyéndose principalmente entre los 25 a 28 °C (Figura 3). En especial los humedales continentales dominados por cobertura herbácea tienden a registrar las temperaturas más altas, mientras que los humedales marino-costeros y los continentales de cobertura leñosa registran temperaturas menores, con diferencias que pueden superar los 2 °C. En cuanto a la precipitación los sistemas de ciénagas pantanosas y turberas, junto a algunas marismas suelen presentarse bajo precipitaciones superiores a los 2000 mm anuales, mientras que el resto de los humedales continentales y los manglares registran precipitaciones de alrededor de los 1000 mm anuales. Los sistemas marino-costeros como los corales y praderas de fanerógamas registran precipitaciones típicas de las costas y región insular venezolana, siempre por debajo de los 1000 mm anuales.

La relación entre los tipos de humedal, la temperatura media anual y la precipitación total anual revela que los humedales con mayor almacenamiento de carbono en el suelo y en la biomasa responden a unas condiciones de precipitación y temperatura característicos (menores temperaturas y mayor precipitación en comparación con el resto de los

humedales), condiciones que también han sido asociadas a bajas tasas de descomposición de materia orgánica (e.i. Bastianoni *y col.*, 2015; Chacón *y col.*, 2018), lo que explicaría su capacidad para almacenar carbono de suelo y hojarasca.

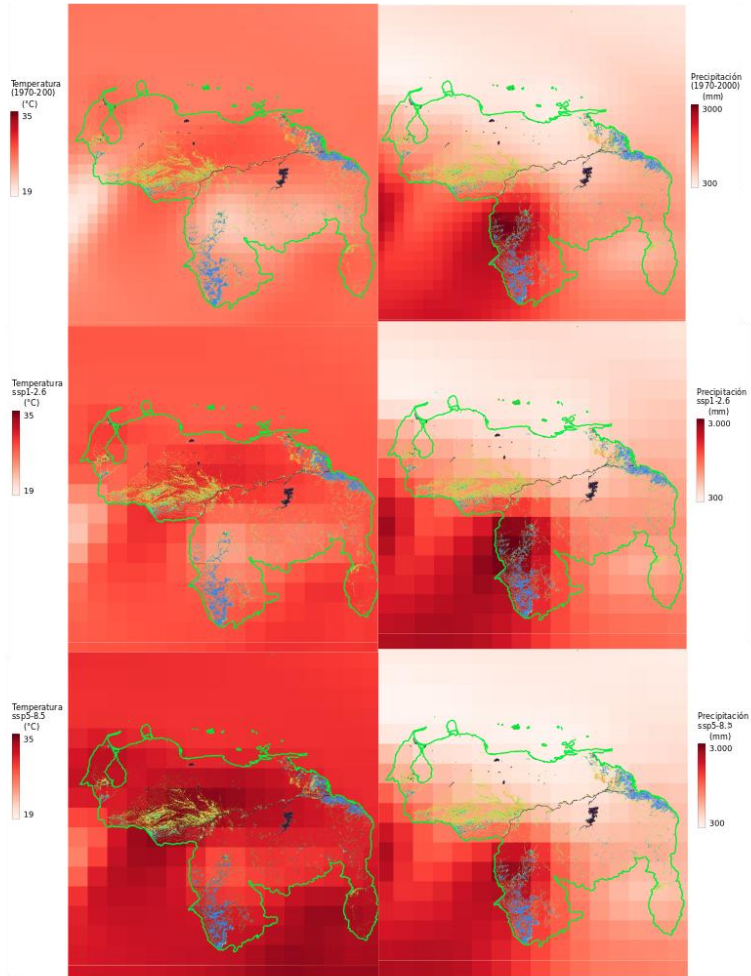


Figura 2. Temperatura media precipitación total anual sobre Venezuela. Arriba la temperatura (izquierda) y precipitación (derecha) del periodo 1970-2000, al centro la estimación de la temperatura y la precipitación proyectadas al año 2100 bajo un escenario (SSP1-2.6) de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) optimista, donde se logra limitar la emisión de GEIs a producir un calentamiento entre 1,5 y 2,0 °C, abajo la estimación de la temperatura y precipitación proyectada al año 2100 bajo un escenario (SSP5-8.5) de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) pesimista, donde no se logra contener la emisión de GEIs y se produce calentamiento global por encima de los 5°C. Modificado del Atlas del IPCC grupo de trabajo I. Además, en cada panel se muestra la distribución de los humedales según la Figura 1.

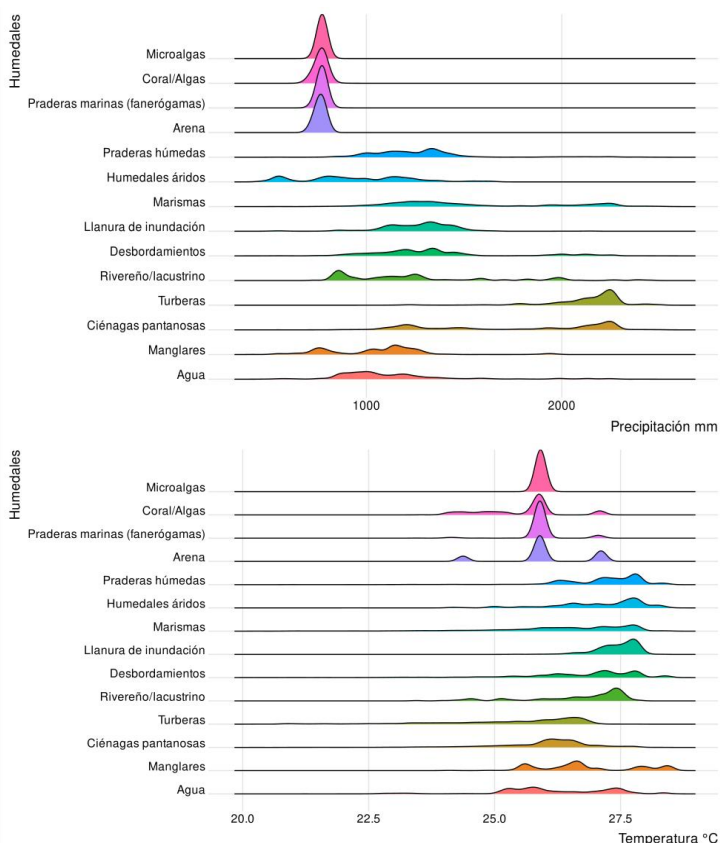


Figura 3. Temperatura media y precipitación total anual bajo las cuales se presentan los humedales en Venezuela.

POSIBLES IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (NBS)

Es ampliamente reconocido que entre los impactos del cambio climático y global está la disminución de las contribuciones de la naturaleza a los pueblos (CNP), especialmente en los países en desarrollo (Chaplin-Kramer *et al.*, 2019). En términos generales los cambios en el clima esperados para Venezuela debido al cambio climático son principalmente una disminución en la precipitación total anual, aumento de la temperatura media anual del aire, intensificación de la estacionalidad de las lluvias, aumento de los

eventos extremos de lluvia y sequía (Méndez *y col.*, 2017; Gutiérrez *y col.*, 2021). Adicionalmente, en los sistemas marino-costeros se espera un aumento del nivel del mar, aumento de la acidez del agua, disminución del oxígeno disuelto y aumento de la temperatura del mar (IPCC, 2022). Estos cambios serán más intensos en la medida que el calentamiento global incremente el riesgo de afectación en los sistemas naturales (IPCC, 2022), entre ellos los humedales.

En el caso de los sistemas marino costeros, Villamizar *y col.* (2021) describen los principales efectos del cambio climático sobre la salud de estos sistemas. Los autores señalan que hasta el momento la evidencia indica que el blanqueamiento de los corales por aumento de la temperatura del mar y el avance del mar sobre algunas localidades son los principales efectos registrados, siendo los arrecifes coralinos uno de los ecosistemas que más han sido degradados por cambio climático. Esto coincide con lo observado a nivel global, siendo los arrecifes de coral uno de los sistemas bajo mayor riesgo de ser perdidos con el incremento de la temperatura global (IPCC, 2022).

En los sistemas continentales y costeros leñosos como los manglares, el calentamiento de la temperatura del aire, disminución de la precipitación e intensificación de la estacionalidad y eventos extremos, afectará la fisiología de las especies vegetales involucradas, originando cambios en la composición y diversidad de estos ecosistemas, hacia sistemas de menor cobertura, biomasa y diversidad, y eventualmente hacia la pérdida local del ecosistema (Xi *y col.*, 2021). Así, se puede esperar que los sistemas de mayor almacenamiento de carbono como las ciénagas pantanosas, turberas y bosques de manglar se degraden, al igual que lo están haciendo los sistemas marino-costeros de praderas marinas y corales, con riesgo de perder su capacidad de fijación y almacén de carbono, o peor aún, liberando el carbono almacenado hasta el momento en el suelo, biomasa y sedimentos.

La captura y el almacenamiento de carbono de los humedales venezolanos no es la única contribución en riesgo por cambio climático. Los humedales continentales y marino-costeros también representan barreras naturales frente a eventos extremos (Chaplin-Kramer *y col.*, 2019), por lo que la degradación de la cobertura y biomasa vegetal (bosques, manglares o praderas) tendrá un importante impacto sobre la erosión, la salud del suelo y la calidad del agua, la protección de la costa, el ciclaje de nutrientes, el ciclo hidrológico, escorrentía e hidrodinámica, así como en la biodiversidad. Son estas capacidades y contribuciones las que le han conferido a los humedales vital importancia como solución basada en la naturaleza (Nature based solutions NbS por sus siglas en inglés (Walters *y col.*, 2016) frente al cambio climático. Sin embargo, la evidencia señala que la contribución natural de los humedales venezolanos a la captura y almacenamiento de carbono, así como la protección que brindan frente a

los extremos climáticos y su papel en la erosión, la salud del suelo y la calidad del agua, la protección de la costa, el ciclaje de nutrientes, el ciclo hidrológico, escorrentía e hidrodinámica, y en la biodiversidad está en riesgo frente a los cambios del clima proyectados en los próximos 75 años.

No obstante la importancia de los humedales y de los impactos proyectados sobre éstos, debido al cambio climático actualmente Venezuela no cuenta con suficiente información cuantitativa que permita emprender medidas de conservación y manejo sustentable, o en todo caso el manejo de los sistemas noveles emergentes de los actuales humedales. Entre la diversidad de indicadores necesarios para el manejo y conservación de los humedales bajo cambio climático y su uso como NbS se encuentran, la sensibilidad, exposición, capacidad adaptativa, vulnerabilidad, riesgo, resiliencia, capacidad de captura y almacenamiento de carbono, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Al comité organizador del IV Simposio: Humedales, Crisis Climática y Conservación por su invitación a participar como conferencista en el evento organizado por el Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET) de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela (UCV), y el Grupo de Humedales de Venezuela (GHV). Al IVIC por financiar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Allen Coral Atlas. 2022. Imagery, maps and monitoring of the world's tropical coral reefs. doi.org/10.5281/zenodo.3833242.
- Bastianoni, A., N. Chacón, C.L. Méndez y S. Flores. 2015. Decomposition dynamics of mixed litter in a seasonally flooded forest near the Orinoco River. *Acta Oecologica* 64. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2015.02.006>.
- Bracho H., 2005. Primera comunicación Nacional. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales MARN. Caracas, Venezuela.
- Chacón, N., R. Herrera, C. Méndez, A. Bastianoni y E. Quintero-Torres. 2018. Mechanisms Involved in Soil Ammonium Production in a *Mauritia flexuosa* Palm Swamp Community. *Wetlands* 38. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0979-0>.
- Chaplin-Kramer, R., R. P. Sharp, C. Weil, E. M. Bennett, U. Pascual, K.K. Arkema, K. A. Brauman, B. P. Bryant, A. D. Guerry, N.M. Haddad, M. Hamann, P. Hamel, J.A. Johnson, L. Mandle, L., H.M.Pereira, S. Polasky, M. Ruckelshaus, M.R. Shaw, J.M. Silver, A.L. Vogl, y G.C. Daily. 2019. Global modeling of nature's contributions to people. *Science* (80). 366: 255–258. <https://doi.org/10.1126/science.aaw3372>.
- Chmura, G.L., S.C. Anisfeld, D.R. Cahoon, J.C. Lynch. 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochem. Cycles* 17. <https://doi.org/10.1029/2002gb001917>.
- Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen, S. Maginnis (eds). 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. Xiii + 97 pp. Downloadable from <https://portals.iucn.org/library/node/46191> Archived 1 April 2021 at the Wayback Machine.

- Gumbrecht, T., R.M. Roman-Cuesta, L. Verchot, M. Herold, F. Wittmann, E. Householder, N. Herold y D. Murdiyasar. 2017. An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Glob. Chang. Biol.* 23:3581–3599. <https://doi.org/10.1111/gcb.13689>.
- Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Amjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, y J.-H. Yoon. 2021. *Atlas*. En: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available from Available from <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>.
- IPCC. 2022. *Summary for Policymakers*. En: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pörtner, H., D. Roberts, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, y A. Okem. (Eds.). Cambridge University Press. En prensa.
- UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC. 2021. Global distribution of coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 4.1, updated by UNEP-WCMC. Includes contributions from IMArs-USF y IRD (2005), IMArs-USF (2005) y Spalding y col. (2001). Cambridge (UK); UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. Data DOI: <https://doi.org/10.34892/t2wk-5t34>.
- Matthews, G.V.T. 1993. The Ramsar Convention on Wetlands: its history and development. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Bureau.
- Méndez, C., M. Moreno, J. V. Montoya, A. Felicien, N. Nikonova, y C. Buendía. 2017. Escenarios de cambio climático y la conservación de los ríos de Venezuela. En: *Rodríguez Olarte, D. Ríos en riesgo*, vol. 1 p.173.
- Ramsar, 2013. The Ramsar Convention Manual, 6th edition. Ramsar Conv. Man. a Guid. to Conv. Wetl. (Ramsar, Iran, 1971) 109.
- Reddy, K.R., E.M. D'Angelo, y W.G. Harris. 2000. *Biogeochem of wetlands*. En: CRC Press. Handbook of Soil Science. pp. G89-119.
- Salimi, S., S.A.A.A.N. Almuktar y M. Scholz. 2021. Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. *J. Environ. Manage.* 286: 112160. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112160>.
- Villamizar, E., A. Yranzo y J. Pérez B. 2021. Factores que afectan la salud y preservación de los ecosistemas marino-costeros de Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 41(1): 69–84.
- Walters, G., C. Janzen, y S. Maginnis. 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges, Nature-based solutions to address global societal challenges. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2016.13.en>
- Were, D., F. Kansime, T. Fetahi, A. Cooper, y C. Jjuuko. 2019. Carbon Sequestration by Wetlands: A Critical Review of Enhancement Measures for Climate Change Mitigation. *Earth Syst. Environ.* 3:327–340. <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00094-0>.
- Xi, Y., S. Peng, P. Ciais, y Y. Chen. 2021. Future impacts of climate change on inland Ramsar wetlands. *Nat. Clim. Chang.* 11:45–51. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00942-2>.
- Xu, T., B. Weng, D. Yan, K. Wang, X. Li, X., W. Bi, M. Li, X. Cheng e Y. Liu. 2019. Wetlands of international importance: Status, threats, and future protection. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101818>.