

EFEECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPONJAS ASOCIADAS A RAICES DE *Rhizophora mangle*, UN MODELO CONCEPTUAL

Effect of Climate Change on root-associated sponges of *Rhizophora mangle*, a conceptual model

Jeannette Pérez-Benítez

Centro de Ecología y Evolución, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, UCV.
perezjeannette@gmail.com.

RESUMEN

En diferentes ecosistemas marino-costeros, las esponjas son un grupo taxonómico relevante por su abundancia y diversidad, así como por sus servicios ecológicos. En evaluaciones recientes se ha determinado que el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM), la acidificación de los océanos, la alteración en la frecuencia de las precipitaciones, el aumento en la frecuencia de tormentas tropicales y del nivel del mar, son los principales estresores ambientales asociados al Cambio Climático (C.C.) que podrían afectar la fisiología y ecología de las esponjas. La intensidad y frecuencia de estos estresores va a depender de las condiciones ambientales locales. En el Caribe, las raíces de *Rhizophora mangle*, sirven de sustrato natural para algas e invertebrados, siendo las esponjas el grupo dominante por su biodiversidad y abundancia. Según las proyecciones futuras por efectos del C.C., la costa oriental de Falcón quedará inundada por el aumento del nivel del mar. Con estas premisas, se realizó modelos teóricos de los principales efectos del C.C. sobre las esponjas asociadas a las raíces de *R. mangle* del Parque Nacional Morrocoy, obteniendo dos escenarios posibles en donde uno dependerá directamente de la sobrevivencia de los manglares debido a la relación simbiótica esponjas-raíz y otro dependerá de los efectos directos sobre las esponjas. A pesar que las esponjas de esta comunidad están adaptadas a las variaciones naturales de temperatura, marea, salinidad y sedimentación típicas de este sistema, pareciera que un aumento de 1-2°C de la TSM podría ser el tensor principal en la composición y sobrevivencia de esta comunidad.

Palabras clave: Cambio Climático, esponjas, Parque Nacional Morrocoy, *Rhizophora mangle*.

Keywords: Climate Change, Marine sponges, Parque Nacional Morrocoy, *Rhizophora mangle*.

INTRODUCCIÓN

Los Poríferos son un grupo ecológicamente relevante en las comunidades marinas bénticas (Díaz y Rützler, 2009), siendo muy diversas y abundantes en varios sistemas marinos tropicales y sub-tropicales como

son: los arrecifes coralinos (Díaz, 2012), litorales rocosos (Bell y Barnes, 2000) y manglares (Bingham y Young, 1995; Díaz y col., 2004; Díaz y Rützler, 2009). En evaluaciones recientes se ha determinado que el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación de los océanos, la alteración en la frecuencia de las precipitaciones, el aumento de la frecuencia de tormentas tropicales y del nivel del mar, son los principales estresores ambientales asociados al Cambio Climático (C.C.) que podrían afectar tanto fisiológica como ecológicamente a las esponjas marinas.

Basado en la recopilación de información y su análisis por Bell y col. (2017) se realizó el siguiente modelo conceptual teórico (Figura 1), en donde se muestra el efecto del incremento de CO₂ de la atmósfera en los diferentes tensores abióticos y su efecto (positivo o negativo) en procesos biológicos de las esponjas.

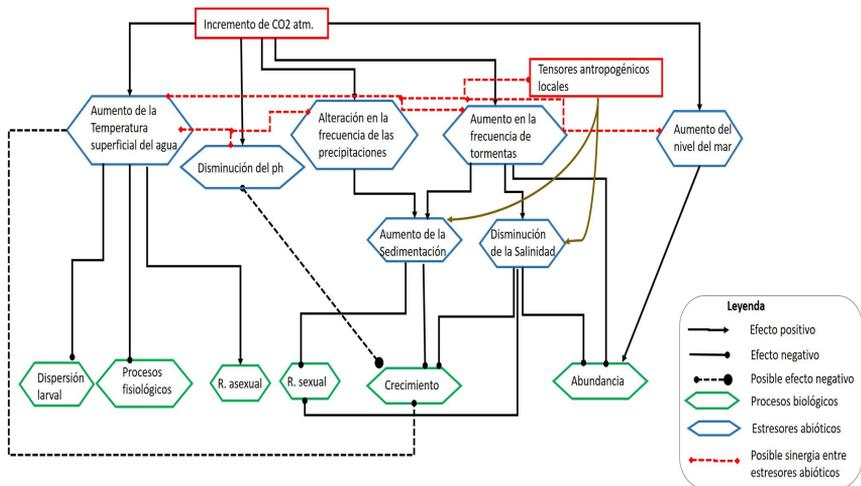


Figura 1. Modelo conceptual teórico del efecto en el incremento de CO₂ de la atmósfera en los diferentes tensores abióticos y su efecto (positivo o negativo) en procesos biológicos de las esponjas, basado en la información recopilada de Bell y col. 2017.

Estos autores consideraron: (1) el aumento de temperatura superficial del mar (TSM); (2) la acidificación de los océanos; (3) la alteración en la frecuencia de las precipitaciones, (4) aumento de la frecuencia de tormentas tropicales, y (5) aumento del nivel del mar, como los principales estresores abióticos, con efectos sobre procesos fisiológicos y ecológicos de las esponjas marinas.

Los efectos negativos en las esponjas por un aumento en la TSM podría afectar procesos fisiológicos como son: la respiración, la producción de proteínas de estrés, las respuestas de los fotosimbiontes y la producción de los metabolitos secundarios; su reproducción tanto sexual como asexual, a corto y largo plazo; y la dispersión larval de algunas especies.

En cuanto al efecto a la disminución del pH (acidificación de los océanos), algunas especies en condiciones tanto naturales como experimentales han demostrado resistencia.

El aumento de las precipitaciones en zonas costeras, podría causar inundaciones y una mayor erosión de la tierra, aumentando la sedimentación y turbidez del agua de mar, afectando negativamente el proceso de filtración de las esponjas. Y reducir localmente la salinidad, afectando negativamente su crecimiento, abundancia y producción reproductiva. Por otro lado, una reducción de las precipitaciones podría reducir la capa de nubes, pudiendo provocar un aumento de la radiación ultravioleta (UVB) dañina que llega a la superficie de la tierra, y aunque este UVB se absorbe rápidamente con la profundidad, en las regiones costeras las esponjas intermareales podrían ser más susceptibles.

El aumento de la frecuencia de tormentas tropicales tiene la capacidad de afectar negativamente las comunidades bentónicas a gran escala y en corto tiempo, dañando significativamente tanto a los ecosistemas como a las esponjas.

Se ha sugerido que el surgimiento de la biota de esponjas, a gran escala, ocurrió en momentos de alto nivel del mar en las diferentes eras geológicas. Es decir, que el aumento del nivel del mar proyectado por el C.C. no pareciera afectar negativamente a las esponjas que habitan en zonas intermareales; por lo contrario, podría beneficiar su distribución vertical y abundancia.

Bell *y col.* (2017) sugieren que es necesario incluir la sinergia tanto entre los diferentes estresores globales, como efectos locales (por ejemplo: contaminación, sedimentación), para poder proyectar las consecuencias futuras en la sobrevivencia de las poblaciones de esponjas por el C.C. La intensidad y frecuencia de estos estresores va a depender de las condiciones ambientales locales, por lo que algunos ecosistemas podrían ser más vulnerables que otros.

Según análisis de proyecciones futuras, se espera que el efecto del C.C. a escala global impacte a los diferentes organismos marinos, particularmente aquellos que habitan en zonas intermareales de la costa. En el Caribe, la porción sumergida de las raíces de *Rhizophora mangle*, sirven de sustrato natural para algas e invertebrados marinos, siendo las esponjas el grupo dominante por su biodiversidad y abundancia. Se ha

reportado un total de 127 especies de esponjas en esta comunidad (Díaz, 2012; Díaz y Rützler, 2009) que difieren generalmente, de las especies de comunidades vecinas (arrecifes coralinos y praderas de fanerógamas).

A pesar de la ardua evaluación de los impactos en comunidades de esponjas por la variación climática realizada por Bell *y col.* (2017), éstos no consideraron las esponjas asociadas a raíces de mangle. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar de forma teórica los principales efectos del Cambio Climático sobre las esponjas asociadas a las raíces de *R. mangle* del Parque Nacional Morrocoy, cuya comunidad ha sido previamente caracterizada (Pérez-Benítez, J. en preparación).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación de tipo documental bibliográfica a partir de la cual propone, a través de modelos, los posibles impactos del C.C. sobre la comunidad de esponjas asociadas a las raíces de mangle en el Parque Nacional Morrocoy (PNM); el mismo se encuentra localizado en la costa nor-occidental de Venezuela (10°56'38" N, 68°15'32" O; 10°46'38"N, 68°17'28"O) y abarca una superficie total de 320 km² de ecosistemas continentales, insulares y marinos, entre los que destacan bosques de manglar, praderas de fanerógamas, fondos arenosos y arrecifes coralinos (Bone *y col.*, 2001). El PNM es una reserva marina abierta al mar a través de varios canales, pero también se ve afectada por el flujo de agua dulce durante las lluvias estacionales (Bone *y col.*, 2001; Laboy-Nieves *y col.*, 2001) y las presiones antropogénicas (García *y col.*, 2008, 2011). Con base en las proyecciones futuras, se espera que sus costas queden inundadas por el aumento del nivel del mar, acarreado la pérdida de humedales, entre ellos las comunidades de manglar (ACFIMAN-SACC, 2018).

RESULTADOS

Los efectos del cambio climático sobre las esponjas de esta comunidad pueden ser de forma directa y/o indirecta, debido a que depende de las raíces de *R. mangle* como su sustrato para poder crecer.

Las proyecciones según Ward y colaboradores (2010) para los manglares de la costa del Caribe de América del Sur, sugieren: una variación del nivel del mar predominantemente estática sin experimentar elevación ni hundimiento; habrá un aumento en las diferencias estacionales en la precipitación con un ligero aumento general en la precipitación anual en el norte de América del Sur, sin embargo, en las regiones semiáridas, donde los manglares ocurren típicamente en los estuarios es probable que la disminución prevista de las precipitaciones tenga un impacto sustancial en los manglares; las tormentas tropicales

son raras en las costas sudamericanas (Ward *y col.*, 2010). Por lo que, se puede inferir que, en la región Nororiental de Venezuela, el aumento del nivel del mar y las tormentas tropicales podrían no afectarlos, pero se esperan sequías severas, en donde la disminución de las lluvias podría afectar de forma negativa al ecosistema del mangle.

Según el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2011), las proyecciones futuras de las variables precipitación y escorrentía de los principales ríos (Tocuyo, Aroa y Yaracuy) que desembocan en el Parque Nacional Morrocoy, han mostrado que tienden a disminuir. Adicionalmente, se ha proyectado que 2.708,58 ha de la costa Oriental del Estado Falcón quedarán inundadas si el nivel del mar aumenta 0,5 m, categorizando esta localidad en sensibilidad media, según el escenario de emisiones SRESA2. Por ello, se prevé la pérdida de humedales sensibles al ascenso del nivel del mar.

En un primer escenario, si el manglar del PNM se viera afectado negativamente por el cambio climático (Figura 2, líneas grises), se esperaría una disminución en su productividad, su cobertura y en su sobrevivencia; entonces, si la especie *R. mangle* específicamente se viera gravemente afectada se traduciría a una menor cantidad de raíces disponibles de esta especie como sustrato natural para las diferentes especies de esponjas. Pudiendo aumentar las interacciones directas entre las diferentes especies de esponjas como entre otros grupos de organismos epibentónicos asociados a las raíces, debido a la disminución del sustrato natural libre disponible (raíces de *R. mangle*), en donde el tipo de reproducción y la dispersión larval podría ser los principales moduladores de esta comunidad.

Un segundo escenario posible (Figura 2, líneas negras), en donde el aumento del nivel del mar proyectado para esta región no afectara negativamente a *R. mangle*, pudiendo este último permanecer y hasta llegar a aumentar su distribución. Bajo este escenario el sustrato natural para las esponjas de esta comunidad no sería limitante. Sin embargo, la variación de los tensores del cambio climático: (a) el aumento de la temperatura superficial del mar, (b) la disminución del gradiente natural de salinidad y sedimentos del agua producido por la disminución de los afluentes de agua dulce terrestre, podrían afectarlas positiva o negativamente de forma directa.

En estudio previo de la comunidad de esponjas asociadas a raíces de *R. mangle* del PNM (Pérez-Benítez, 2022), se ha observado que la abundancia, la riqueza, así como su cobertura y frecuencia de aparición disminuye en los manglares cercanos a la costa, como consecuencia del cambio de salinidad y turbidez del agua, debido principalmente al gradiente físico-químico natural del Parque.

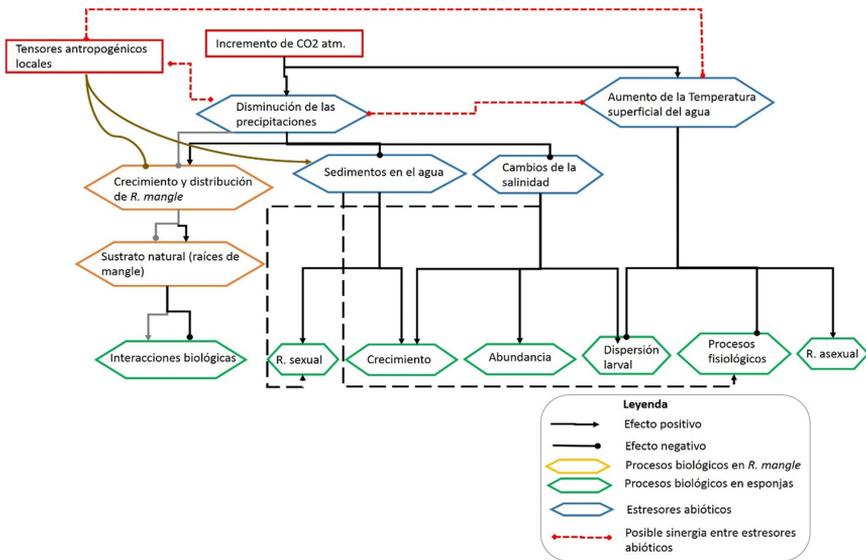


Figura 2. Modelo conceptual teórico del efecto en el incremento de CO₂ de la atmósfera en los diferentes tensores abióticos y su efecto (positivo o negativo) en procesos biológicos de las esponjas asociadas a las raíces de *R. mangle* del Parque Nacional Morrocoy, basado en la información recopilada de Bell *y col.* 2017.

Ahora bien, según las proyecciones futuras para la localidad, el aumento del nivel del mar, la disminución de aportes terrestres y de las precipitaciones podrían cambiar las condiciones hidrológicas del PNM. Si el gradiente físico-químico actual del sistema disminuye, se podría esperar un incremento en la distribución de las esponjas de esta comunidad, pero dependerá de su dispersión larval, la cual estará sometidas al posible cambio en la circulación de las corrientes dentro del Parque. Adicionalmente al disminuir la pluviosidad en la región, el aumento de temperatura de mar no sería amortiguado por los principales aportes de agua dulce y junto al posible cambio de las corrientes podría incrementar su efecto a ecosistema marinos bentónicos.

Como lo han sugerido Bell *y col.* (2017), el aumento de la temperatura superficial del mar podría ser el estresor más importante para las esponjas que habitan en las zonas intermareales. Estos autores han sugerido que el aumento de la temperatura puede influir: (a) en los niveles de producción de metabolitos secundarios, los cuales podrían favorecer a las esponjas en ganar y/o defender su espacio de organismos vecinos o a posibles depredadores; (b) en el tipo de reproducción, en donde la asexual pareciera ser beneficiada, lo que podría traer como consecuencia una disminución

de su composición genética y de su distribución a otras localidades dentro del Parque; (c) la pérdida de simbionte fotosintéticos por el aumento de radiación UV no se ha estudiado en especies típicas de este sistema, así como no se han reportado enfermedades en ellas. Adicionalmente cuando el ecosistema de manglar es afectado tanto por perturbaciones naturales o antropogénicas, la comunidad de esponjas asociados puede verse afectada, favoreciendo a pocas especies de esponjas. Como son los casos de *Tedania ignis* y *Clathria curacaoensis* (Maldonado y Young, 1996) o de la especie *Mycale microsigmatosa* en el PNM (obs. pers.). Por lo que, las variaciones climáticas futuras podrían ejercer fuertes cambios en la composición de esta comunidad.

A pesar que las especies de esponjas asociadas a las raíces de mangle están adaptadas a sobrevivir a las variaciones de temperatura, marea, salinidad y sedimentación típicos de este sistema, pareciera que un aumento de 1 a 2°C de la temperatura superficial del mar podría ser el tensor principal en la sobrevivencia de la mayoría de las especies de esponjas de este sistema, afectándolas tanto en su fisiología como en su ecología. Las esponjas no son el único grupo que crece sobre las raíces de *R. mangle* en el P.N.M., las algas, ascidias y moluscos conforman la comunidad epibentónica de las raíces de mangle y a pesar que en estos últimos años se han realizado estudios sobre la ecología de esta comunidad, falta la comprensión de variaciones espacio-temporales de los distintos grupos, como las interacciones biológicas entre ellos, información de gran importancia para los análisis y modelos de los impacto del cambio climático en estas comunidades.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a las profesoras María Beatriz Barreto, Alicia Villamizar y Estrella Villamizar por sus aportes, conocimientos y motivación en el estudio de C. C. en ambientes marino-costeros.

LITERATURA CITADA

- ACFIMAN-SACC. 2018. Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela. [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairer Centeno, & J. A. Gómez (Eds.)]. EDICIONES ACFIMAN – CITECI, CARACAS.
- Bell, J.J. y D.K.A. Barnes. 2000. A sponge diversity centre within a marine "island." *Hydrobiologia* 440, 55–64.
- Bell, J.J., M. Shaffer, H. Bennett, E. McGrath, C. Mortimer, A. Rovellini, J. Marlow y A. Biggerstaff. 2017. Impacts of Short-Term Large-Scale Climatic Variation on Sponge Assemblages. En: Carballo, J., Bell, J. (eds) *Climate Change, Ocean Acidification and Sponges*. Springer, Cham.
- Bingham, B. L. y C. M. Young. 1995. Stochastic Events and Dynamics of a Mangrove

- Root Epifaunal Community. *Marine Ecology* 16(2):145-163.
- Bone, D., A. Cróquer, E. Klein, D. Pérez, F. Losada, A. Martín, C. Bastidas, M. Rada, L. Galindo y P. Penchaszadeh. 2001. Programa caricom: Monitoreo a largo plazo de los ecosistemas Marinos del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Interciencia* 26(10), 457-462.
- Diaz, M.C. 2012. Mangrove and coral reef sponge faunas: Untold stories about shallow water Porifera in the Caribbean. *Hydrobiologia* 687(1):179-190.
- Diaz, M. y K. Rützler. 2009. Biodiversity and abundance of sponges in Caribbean mangrove: indicators of environmental quality. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* (38):151-172.
- Diaz, M.C., K.P. Smith y K. Rützler. 2004. Sponge species richness and abundance as indicators of mangrove epibenthic community health. *Atoll Research Bulletin* (509-530):1-17.
- García, E.M., C. Bastidas, J.J. Cruz-Motta y O. Farina. 2011. Metals in waters and sediments of the Morrocoy National Park, Venezuela: Increased contamination levels of cadmium over time. *Water, Air, and Soil Pollution* 214(1-4):609-621.
- García, E.M., J.J. Cruz-Motta, O. Farina, y C. Bastidas. 2008. Anthropogenic influences on heavy metals across marine habitats in the western coast of Venezuela. *Continental Shelf Research* 28(20):2757-2766.
- Laboy-Nieves, E.N., E. Klein, J.E. Conde, F. Losada, J.J. Cruz, y D. Bone. 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy.pdf. *Bulletin of Marine Science* 68(2):163-179.
- Maldonado, M. y C.M. Young. 1996. Effects of physical factors on larval behavior, settlement and recruitment of four tropical demosponges. *Marine Ecology Progress Series* 138(1-3):169-180.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 2011. Implicaciones del Cambio Climático en las Zonas Costeras y el Espacio Acuático de Venezuela. Despacho del Viceministro de Ordenación y Administración Ambiental - Dirección General de Planificación y Ordenación Ambiental - Dirección Técnica de las Zonas Costeras. Caracas, Venezuela. 62 pp.
- Ward, R.D., D.A. Friess, R.H. Day, y R.A. Mackenzie. 2010. Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability* 2:4, e01211, DOI: 10.1002/ehs2.1211.