

## Posibles respuestas del humedal costero de Mandinga, México, a algunas presiones por el Cambio Climático Global

*Possible responses of the coastal wetland of Mandinga, Mexico, to some pressures from Global Climate Change*

Javier Aldeco Ramírez

### RESUMEN

En esta revisión se señalan los efectos del Cambio Climático Global (CCG) y cuáles de ellos podrían dañar al Sistema Lagunar Costero de Mandinga (SLCM), México. Mandinga está rodeado por bosque de mangle, y se realiza la importancia de este bosque por los servicios ambientales que proporciona a la población, inclusive a los no pescadores. El CCG trae efectos que se manifiestan de diferente manera en diferentes latitudes, génesis y fisiografías de las lagunas costeras. A partir de información publicada se describen las variables ambientales y el estado actual del SLCM. A partir de los efectos del CCG y de las variables observadas en el SLCM se advierte que hay algunos efectos del calentamiento global que pueden afectar el sistema; el más obvio es la elevación del nivel del mar, el cual se suma a la subsidencia del terreno por compactación. Probablemente la modificación del régimen hidrológico y sedimentación afecten la calidad del agua y del bosque de mangle. Sin embargo, se observó que la naturaleza del riesgo al sistema costero va relacionado con la actividad humana; la contaminación es significativa, la tala de mangle agresiva y el cambio de uso de suelo acelerado (preferentemente a suelo urbano y comercial). Alrededor de Mandinga está el agravante del crecimiento poblacional, que contamina la fuente de riqueza de la zona, la producción de ostión, además de otros contaminantes no asociados a la densidad poblacional. Es difícil discernir los efectos del cambio climático global de los provocados por el desarrollo humano.

Palabras clave: Laguna costera, cambio climático, mangle, urbanización, servicios ambientales.

### ABSTRACT

This review points out the effects of Global Climate Change (CCG) and which of them could harm the Mandinga Coastal Lagoon System (SLCM), Mexico. Mandinga is surrounded by mangrove forest, and the importance of this forest is highlighted for the environmental services it provides to the population, including non-fishermen. The CCG brings effects that are manifested differently at different latitudes, genesis and physiographies of the coastal lagoons. Based on published information, the environmental variables and the current status of the SLCM are described. From the effects of the CCG and the variables observed in the SLCM, it is noted that there are some effects of global warming that can affect the system; the most obvious is the rise in sea level, which adds to the subsidence of the land due to compaction. The modification of the hydrological regime and sedimentation probably affect the quality of the water and the mangrove forest. However, it was observed that the nature of the risk to the coastal system is related to human activity; pollution is significant, aggressive mangrove felling and accelerated land use change (preferably to urban and commercial land). Around Mandinga is the aggravating factor of population growth, which contaminates the area's source of wealth, oyster production, in addition to other contaminants not associated with population density. It is difficult to discern the effects of global climate change from those caused by human development.

Keywords: Coastal lagoon, climate change, mangrove, urbanization, environmental services.

El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés. El estudio fue financiado con recursos del autor.

Recibido: marzo 23 de 2020 | Aceptado: julio 27 de 2020 | Publicado: octubre 30 de 2020

*Sobre el autor*

**Javier Aldeco Ramírez. Formación:** Oceanólogo de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Doctorado en Ciencias del Mar por la Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Experiencia profesional: 1987-1999 Instituto Oceanográfico del Golfo, Secretaría de Marina, México. 1999 a la fecha: Profesor Titular en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), unidad Xocimilco. Proyecto actual: Consideraciones hidrodinámicas, químicas y biológicas para la evaluación de la resiliencia del Sistema Lagunar Costero Mandinga. Publicaciones en revistas nacionales y extranjeras. Distinciones: a) Medalla “Gabino Barreda” al Mérito Universitario por los estudios de maestría, UNAM, b) Premio Anual de Investigación, UAM, 2006. Contacto: jaldeco@correo.xoc.uam.mx

## INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es describir las respuestas de un sistema lagunar costero frente a diferentes perturbaciones naturales y antrópicas, con un énfasis en comprender los efectos del cambio climático contemporáneo. El calentamiento global se refiere solo al incremento de la temperatura de la superficie de la Tierra, mientras que el cambio climático global (CCG) incluye el calentamiento y los “efectos secundarios” de este calentamiento, como son el derretimiento de los glaciares, tormentas de lluvia más severas o las sequías más frecuentes, en general manifestaciones más violentas de la atmósfera e incremento del nivel del mar, entre otras. Sin embargo, en algunas situaciones parece imposible separar las responsabilidades entre dos o tres agentes que actúan simultáneamente en una región (*v.gr.* disminución de la disponibilidad hídrica por disminución de precipitaciones, explicada por el cambio climático, ó por aumento del consumo debido al incremento de la población, ó la deforestación).

Las lagunas costeras son ecosistemas frágiles y de vida media corta (Antony *et al.* 2009), y son vulnerables a grandes perturbaciones como sequías prolongadas (Dolbeth *et al.* 2016), levantamiento o subsidencia costera (Marín *et al.* 2014), cambio de uso de suelo con fines agrícolas o acuícolas (Pendleton *et al.* 2012), y otras intervenciones humanas como el relleno y la desecación de estos cuerpos de agua (Kirwan & Megonigal 2013).

Se ha reconocido a las lagunas costeras como sitios útiles en cuanto al aporte de servicios ambientales, que dan bienestar a los usuarios de estos servicios (Aldeco *et al.*, 2015). Son ejemplos de servicios ambientales del bosque:

captación y filtración de agua, mitigación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, protección de la biodiversidad, retención de suelo, refugio de fauna silvestre, protección que da la vegetación contra frentes fríos y huracanes, y de belleza escénica, entre otros. Por lo que discutir los efectos del cambio climático en una laguna costera resulta razonable. La laguna en escrutinio está en México, en la cuenca Atlántica, por lo que las variables tendrán valores diferentes a las de la costa Pacífica.

La discusión de los efectos del CCG en una laguna costera específica sirve para entender diferentes respuestas a un mismo estímulo y, a partir de estas respuestas, generar ideas para su conservación. No todos los efectos de CCG afectan a las lagunas costeras. Por supuesto que los ecosistemas de diferentes escalas espaciales responden a diferentes escalas temporales, el tamaño de la laguna y la cuenca hidrológica importará en la magnitud de las acciones para su conservación. En las lagunas costeras este efecto poco se ha evaluado, y hay especulación respecto a los posibles daños.

## 1. Materiales y métodos

### Hipótesis

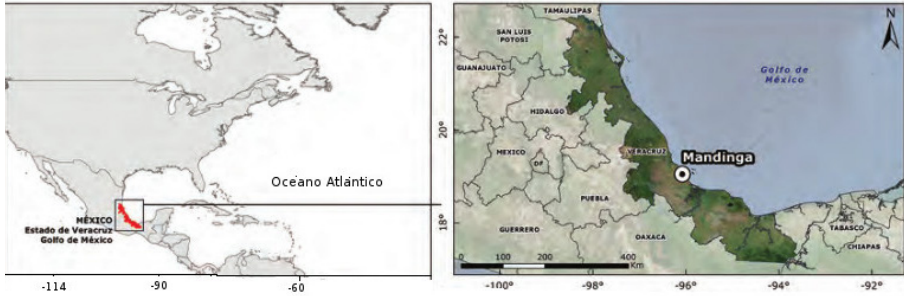
H0: Los efectos del CCG están dañando los servicios ambientales que ofrece el SLCM.

H1: Existen afectaciones a los servicios ambientales debido a las actividades humanas mal planeadas. Las respuestas del sistema son más evidentes que los efectos del CCG.

### Objetivo

Revisar los antecedentes publicados acerca de los servicios ambientales en el Sistema Lagunar Costero de Mandinga, complementar y discutir con base a la experiencia de investigación y monitoreo del autor, y entender qué sí es afectación por el CCG y qué es producto de la actividad humana.

## Sitio de estudio



**Figura 1.** Ubicación de Mandinga, estado de Veracruz, México. Cuenca Atlántica, golfo de México (Imagen elaborada por Magister en SIG Chistian Larragubel).

En el continente americano las costas del Golfo de México son de pendiente suave debido al empuje de las placas oceánicas que se pliegan contra los continentes. El Sistema Lagunar de Mandinga, México (SLM;  $19^{\circ} 03' N$ ;  $96^{\circ} 04' W$ , Figura 1), está ubicado a 18 km al sur del puerto de Veracruz; y está compuesto por tres lagunas, de ahí que se le denomine sistema. Estos sistemas también son conocidos como “humedales costeros”. El SLM tiene un clima cálido subhúmedo (García, 2004), con una precipitación total anual que va de 1500 a 2000 mm. Pertenecer a la cuenca del océano Atlántico y es afectado por huracanes 1-2 veces por año, la mayoría de los huracanes (de 13 a 15) migran con dirección noroeste de sus zonas ciclogénicas. Cuando las masas de aire continental polar descienden desde Canadá o Estados Unidos, y cruzan el Golfo de México, se presentan en la región como “vientos del norte”, al inicio de la temporada (de noviembre a marzo, época de secas) se presentan con temperatura e intensidad del viento moderadas, sin embargo pueden bajar de temperatura y ser de velocidades mayores de 120 km/hr.

El Sistema Lagunar de Mandinga es un bioma formado con un bosque de manglar y alberga una gran diversidad con alta productividad; se hallan especies de aves, peces, crustáceos y moluscos (Lara-Domínguez *et al.*, 2009); es un hábitat temporal de aves que migran de la región biogeográfica neártica al

neotrópico y viceversa. Los manglares son biotopos tropicales, hábitats anfibios (con características acuáticas y terrestres), localizados en la zona intermareal (Sippo *et al.*, 2016)( Figura 2).



**Figura 2.** Bosque de mangle (manglar) del Sistema lagunar Costero de Mandinga, Veracruz, México. Este bosque sirve también de refugio a innumerable fauna silvestre, inclusive como refugio de áves migratorias. (Fotografía de M. C. Carmen Osorio-Ramírez).

## 2. Resultados

En la Tabla 1 se presentan las características generales del humedal costero de Mandinga, las presiones antrópicas, las tendencias climáticas y las principales perturbaciones naturales.

**Tabla 1.** Variables a considerar en el Sistema Lagunar Costero de Mandinga.

Variable a considerar	Valor en Mandinga
Significado del vocablo “Mandinga”	“Forajido” proviene de un vocablo africano, antiguo refugio de esclavos.
Figura de Protección Legal	Sin figura de protección específica, pero existe normativa que protege el cuerpo de agua y el bosque de mangle circundante.
Extensión	2,120 ha
Conexión con el mar	Permanente
Latitud	Baja (19°N)
Cuenca	Atlántica
Región biogeográfica	Neotropical

Clima	Cálido subhúmedo con tres estaciones bien marcadas (norte, lluvias y secas), concentrado en 5 meses de precipitaciones intensas en el verano. Temperaturas ambientales media anual de 26.5°C.
Precipitación anual	1500 – 2000 mm
Rangos medios de temperatura mensual	18-30 °C
Marea	Semidiurna de pequeña amplitud (micromareal), la altura del orden de 0.8 m en marea viva
Oleaje oceánico	Nulo dentro del sistema lagunar, presente cuando hay huracán o viento del norte.
Tendencia Oleaje	De acuerdo con la velocidad de los vientos (nortes y huracanes).
Vegetación riveraña	Bosque de mangle
Principales perturbaciones naturales	Huracanes, vientos del norte
Presiones Humanas	Tala de mangle Cambio de uso de suelo Contaminación Construcción ribereña Dragado
Actividades productivas	Pesca de jaiba y diferentes especies de peces. Siembra y cosecha de ostión
Presiones climáticas	No hay cambios estadísticamente significativos en la temperatura ni en las precipitaciones.
Tendencia Nivel del Mar	Aumenta (Veracruz $1.9 \pm 0.8$ mm/año, Alvarado $1.8 \pm 2.3$ mm/año).
Huracanes	Aumento de intensidad.
Efectos de “El Niño”	Leve aumento de precipitaciones
Movimiento del fondo	Subsidencia

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de referencias.

El SLM es una costa de mares marginales (Carranza-Edwards et al., 1975) y existe un proceso de subsidencia costera (Paine, 1993), que amplifica el alza del nivel del mar. Estimaciones de la tasa de ascenso del nivel del mar en el sur del Golfo de México muestran tasas de incremento anual alrededor de 3.9 mm/año (Red mareográfica de la UNAM, Mex.). No hay evaluaciones locales de la subsidencia de la región.

Al sureste de Mandinga, en el análisis de series temporales de 48 años de temperatura ambiente y precipitación, se observó que no hay cambios significativos; una tendencia al alza de  $0.016^{\circ}\text{C}$  por década, y una tendencia a la baja en las precipitaciones de  $-0.23\%$  por década (Gutiérrez-García y Ricker, 2011). En la precipitación y temperatura locales poco se perciben los efectos del fenómeno del Niño.

### 3. Discusión

Para revisar la respuesta del humedal costero de Mandinga se cuenta con los siguientes hechos: a nivel Global la atmósfera se está calentando más rápido de lo estipulado en las predicciones y debemos prepararnos para el ascenso del nivel del mar; los casquetes de nieve están disminuyendo y se espera un aumento del nivel del mar de  $\sim 13$  cm para el 2050 con referencia al del año 2000, aproximadamente  $2.6$  mm/año (Dagg y Shaw, 2001).

En México las sequías son comunes. Para el eventual calentamiento global un modelo de lluvia, que ha considerado eventos ENSO y variaciones en los fenómenos hidrometeorológicos, señala que México se verá afectado por sequías (Seager *et al.* 2009). El problema severo es la deforestación (Chávez-Maya, 2014.), la desertificación y la consiguiente merma de recarga de mantos freáticos, que restan agua al sistema lagunar de Mandinga.

En la escala temporal de movimiento vertical del nivel del mar, durante el cambio climático, ocurren procesos de compactación de sedimentos en la costa del Golfo de México (Texas; Paine, 1993), por lo que esta subsidencia debe ser sumada a la tasa de incremento del nivel del mar. Los mangles normalmente tienen tiempo suficiente para ir acoplándose al nuevo incremento del nivel del mar, esto es, son resilientes (Kirwan y Megonigal, 2013). El mangle puede ser resiliente y seguir dando sus servicios ambientales ante la elevación del nivel del mar, el problema es que atrás del mangle de Mandinga hay carreteras e infraestructura turística que “no lo deja” transgredir hacia un nuevo *status* atrás de la habitual línea de costa (Kirwan y Megonigal, 2013).

La marea es un factor en la salud del sistema costero, ya que un parámetro crucial en la resiliencia de un sistema lagunar es su tiempo de recambio de agua (Huang, 2007). Debido al pequeño rango de marea y el alto tiempo de residencia

del agua en el sistema Lagunar de Mandinga, y a las industrias y asentamientos humanos que se encuentran en el río Jamapa, uno de los problemas de Mandinga es la contaminación en ostiones (*Crassostrea virginica*) (Guzmán-García *et al.*, 2009; Rosas *et al.*, 1983). El riesgo de intoxicación de fuereños y locales por comer ostiones contaminados es alto, el peligro existe (ostiones contaminados) y hay una alta probabilidad de que sean consumidos porque los pescadores los venden (ya que existe pobreza); y está ha afectado la actividad restaurantera en los poblados que hacen extracción de ostión.

A través de impactos humanos directos existen actividades que afectan los servicios ambientales que proporciona el bosque de mangle (como la abundancia de recursos pesqueros), estos impactos son el cambio de uso de suelo (pérdida de hábitat), la sobrepesca y la contaminación (Marín *et al.*, 2014). El cambio de uso de suelo es preferentemente a suelo urbano y comercial, y el bosque de mangle reduce su área. Ante estas manifestaciones humanas, es probable que los efectos del calentamiento global sean más extendidos y más difíciles de identificar. Por la información revisada y la observación propia desde 1987 se afirma que la hipótesis alternativa (H1) de este trabajo (Existen afectaciones a los servicios ambientales debido a las actividades humanas mal planeadas. Las respuestas del sistema son más evidentes que los efectos del CCG.), reemplaza a la hipótesis nula (H0)(Los efectos del CCG están dañando los servicios ambientales que ofrece el SLCM.).

Existe una corriente de pensamiento que señala lo económico que resulta para las comunidades el retirarse de la costa, y dejar que los procesos costeros tengan lugar (Pikey, 2012); este último autor menciona que no todas las soluciones tienen que venir de la ingeniería y que la sociedad ahorraría mucho dinero en no “pelear” contra el mar.

## CONCLUSIÓN

Se revisaron las consecuencias del cambio climático global en un humedal costero del Golfo de México Mexicano. Los efectos del cambio climático tienen similares facetas en otras costas morfológicamente diferentes, sin embargo las respuestas son diferentes. En México la elevación del nivel del mar y la subsidencia favorecen el anegamiento, la lluvia y la temperatura no muestran tendencias importantes en la región.



Los efectos del Cambio Climático Global, en el Sistema Lagunar Costero de Mandinga, son menos severos a los provocados por la deforestación, el cambio de uso de suelo y las modificaciones que ejercen los habitantes y usuarios de los alrededores de este sistema. La hipótesis alternativa (H1) de este trabajo reemplaza a la hipótesis nula (H0).

## RECOMENDACIONES

La información sobre el CCG es abundante y a veces alarmista. Es recomendable en el estudio de sistemas ambientales ver los hechos de manera holística, con la cabeza fría, y discernir entre los efectos del CCG y los generados por mal manejo de manera local. Una recomendación para futuros estudios y abordajes de esta problemática, puede ser que se analice el impacto de lo antropogénico en humedales, para abordar desde otro enfoque disciplinario las acciones de contención y profundizar en los hallazgos que en éste artículo se presentan.

## AGRADECIMIENTOS

A los revisores anónimos por sus valiosas aportaciones. Al Magister en SIG Christian Larragubel por la figura y a la M. en C. Carmen Osorio-Ramírez por la foto. A la Universidad Autónoma Metropolitana por el financiamiento al proyecto “Consideraciones hidrodinámicas, químicas y biológicas para la evaluación de la resiliencia del Sistema Lagunar Mandinga (SLM)”

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldeco, J., Cortés-Avalos, G. y Jurado-Molina, J. 2015. Adaptaciones culturales y económicas a cambios provocados por la tala de mangle y deterioro pesquero en Mandinga, Veracruz. *Revista Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. Vol. 15. No. 29. pp. 137-158.

Anthony, A., Atwood, J., August, P., Byron, C., Cobb, S., Foster, C., Fry, C., Gold, A., Hagos, K., Heffner, L., Kellogg, D. Q., Lellis-Dibble, K., Opaluch, J. J., Oviatt, C., Pfeiffer-Herbert, A., Rohr, N., Smith, L., Smythe, T., Swift, J. y Vinhateiro, N., 2009. Coastal lagoons and climate change: ecological and social ramifications in U.S. Atlantic and Gulf coast ecosystems. *Ecology and Society* 14(1): 8 p.

- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M. y Rodríguez-Torres, R., 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Vol. 1975-1(13), 9p.
- Chávez-Maya, H. A., 2014. México pierde 155,000 hectáreas de bosques y selvas entre 2005 y 2010. Periodico el Financiero (México). 12.02.2014 Última actualización 20.03.2013. <http://www.elfinanciero.com.mx/archivo/mexico-pierde-155-000-hectareas-de-bosques-y-selvas.html>.
- Dagg, M. y Shaw, R., 2001. Climate change: what will it mean for Louisiana's coastal fisheries? En: Coast & Sea, Marine & Coastal Research. Hoja técnica. Louisiana Sea Grant College Program. LSU. Fall 2001. 3p.
- Dolbeth, M., Stålnacke, P., Alves, F. L., Sousa, L.P., Gooch, G.D., Khokhlov, V., Tuchkovenko, Y., Lloret, J., Bielecka, M., Różyński, G., Soares, J.A., Baggett, S., Margonski, P., Chubarenko, B. V., y Lillebø, A. I., 2016. An integrated Pan-European perspective on coastal Lagoons management through a mosaic-DPSIR approach. Scientific Reports (6):19400. doi:10.1038/srep19400.
- García, E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. Ciudad de México, 98p. Isbn:970-32-1010-4.
- Gutiérrez-García, G. y Ricker, M. 2011. Climate and climate change in the region of Los Tuxtlas (Veracruz, Mexico): A statistical analysis. *Atmósfera* 24(4): 347-373.
- Guzmán-García, X., Botello, A. V., Martínez-Tabche, L. y González-Márquez, H. 2009. Effects of heavy metals on the oyster (*Crassostrea virginica*) at Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. *Revista Biología Tropical* 57(4): 955-962.
- Huang, W., 2007. Hydrodynamic modeling of flushing time in a small estuary of North Bay, Florida, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (74):722-731.
- Kirwan, M. L. y Megonigal, J. P., 2013. Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. Review. *Nature*, 5 December, Vol 504, pp. 53-60. doi:10.1038/nature12856

- Lara-Domínguez, A. L., López-Portillo, J., Martínez-González, R. y Vázquez-Lule. A. D., 2009. Caracterización del sitio de manglar Mandinga. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. Ficha de referencia. 6 p.
- Paine, J. G., 1993. Subsidence of the Texas coast: inferences from historical and late Pleistocene sea levels. *Tectonophysics* (222): 445-458.
- Pendleton L., Donato D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A. y Sifleet, S., 2012. Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE* 7(9): e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
- Pilkey, O. H., 2012. We Need to Retreat From the Beach. *The New York Times*, The Opinion Pages. November 15, 2012, on page A35

*Cómo citar este artículo:*

Aldeco, R. (2020). Posibles respuestas del humedal costero de Mandinga, México, a algunas presiones por el Cambio Climático Global. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 2(1), 35-45. <https://doi.org/10.56785/ripc.v2i1.44>



Copyright © 2020 Javier Aldeco Ramírez. Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. Usted es libre para compartir y adaptar el documento para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

*Resumen de licencia - Texto completo de la licencia*