

Ecología

## Variación espacio-temporal de los macrocrustáceos asociados al manglar y pastos marinos de la laguna Morales, Tamaulipas, México

### *Spatio-temporal variation of the macrocrustaceans associated to mangrove and seagrass from Morales Lagoon, Tamaulipas, Mexico*

Gabino A. Rodríguez-Almaraz \*, Emilio H. Flores-Rojas  
y María Concepción Jordán-Hernández

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Entomología y Artrópodos, Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

\*Autor para correspondencia: gabino.rodriguezal@uanl.edu.mx (G.A. Rodríguez-Almaraz)

Recibido: 9 diciembre 2022; aceptado: 22 noviembre 2023

#### Resumen

Este estudio tiene como objetivo analizar la variación espacio-temporal de los macrocrustáceos de la laguna Morales (LM), Tamaulipas. Se recolectaron muestras en mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y pastos marinos (*Halodule wrightii*) de 4 sitios y en cada uno se determinaron parámetros fisicoquímicos. Se identificaron en total 22 especies entre ambas comunidades. La diversidad de especies fue de 18 en pastos marinos mientras que en mangle fue de 17. Las especies más abundantes y comunes fueron los anfípodos *Orchestia gammarella*, *Gammarus mucronatus* y el camarón carideo *Palaemon pugio*. La abundancia de organismos fue mayor en pastos marinos con 1,481 ejemplares a diferencia del manglar con 379. Por temporada, la abundancia fue mayor en secas con 1,395 ejemplares, seguido de lluvias (262) y nortes con 181. Índices de riqueza y diversidad fueron utilizados para evaluar la diversidad y abundancia. Se estimó una curva de acumulación de especies para ambas comunidades resultando una eficiencia de muestreo mayor del 90%. La importancia de este estudio radica en que existen pocos estudios taxonómicos y ecológicos de crustáceos en este sitio, siendo prácticamente nulos aquellos de variación espacio temporal.

*Palabras clave:* Laguna Morales; Tamaulipas; Macrocrustáceos; Manglar; Pastos marinos

#### Abstract

The aim of this study is to analyze the spatio-temporal variation of macrocrustaceans from Morales Lagoon (LM), Tamaulipas. Samples were collected among red mangrove (*Rhizophora mangle*) and seagrass (*Halodule wrightii*) from 4 sites. In each community physicochemical parameters were determined. A total of 22 species were identified

among both communities. The maximum species diversity was 18 for seagrasses while in mangrove it was 17 species. The most abundant and common species were the amphipods *Orchestia gammarella*, *Gammarus mucronatus* and the caridean shrimp *Palaemon pugio*. The abundance of organisms was greater in seagrass with 1,481 while in the mangrove was 379 specimens. The abundance was greater in dry season with 1,395 specimens, followed by rainy season (262) and “nortes” season (181). Richness and diversity indices were used to assess species diversity and abundance. A species accumulation curve was estimated for both communities resulting in a sampling efficiency greater than 90%. The importance of this study lies in the fact that there are few taxonomic and ecological studies of crustaceans in this site, being those which deal with the spatial and temporal variation of taxa practically nonexistent.

**Keywords:** Laguna Morales; Tamaulipas; Macrocrustaceans; Mangrove; Seagrass

## Introducción

Los sistemas estuarinos son complejos por sus características fisiográficas y variedad de ambientes ya que representan una zona de intercambio de agua dulce procedente de ríos y agua salada o marina, lo cual permite alojar una amplia biodiversidad en espacio y tiempo (Domínguez, 2003; Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna, 2015). La laguna Morales (LM) adyacente a la laguna Madre de Tamaulipas (LMT) y junto con la laguna Madre de Texas conforman la laguna hipersalina más grande del mundo (Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna, 2015; Tunnell y Judd, 2002). Las características de estos sistemas están determinadas por su escasa profundidad, el fuerte predominio de la evaporación, las mínimas aportaciones de agua de los ríos a la laguna y por una conexión limitada con el mar abierto (Britton y Morton, 1989; Tunnell y Judd, 2002).

La LM está rodeada por comunidades de vegetación halófila, una amplia cobertura de vegetación acuática sumergida, así como zonas de manglar (Martínez y Novelo, 1993; Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna, 2015; Tunnell y Judd, 2002). Es considerada un sistema heterogéneo, con 3 temporadas climatológicas; secas, nortes y lluvias (Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna, 2015; Tunnell y Judd, 2002). Al igual que la LMT la LM es un sitio importante para la alimentación, refugio, reproducción, desarrollo y crecimiento de diversos grupos de organismos acuáticos y terrestres (Leija-Tristán et al., 2000).

En la LMT se ha reconocido una gran diversidad de fauna, por ejemplo, se han registrado 323 especies de vertebrados, con un predominio de las aves con 219 especies (Peterson y Chalif, 1989). Además, hay una amplia diversidad de varios grupos de invertebrados, destacando anélidos, moluscos y crustáceos (Leija-Tristán et al., 2000). Este último grupo destaca por su riqueza, diversidad e importancia ecológica, ya que son parte fundamental de las cadenas tróficas estuarinas. Los grupos más conocidos para la LMT son los crustáceos decápodos con más de 96 especies registradas (Felder et al., 2009;

Herrera-Barquín et al., 2018; Leija-Tristán et al., 2000) seguido de los anfípodos con 29 especies (Barba y Sánchez, 2005; Cházaro-Olvera et al., 2002; Ortega-Vidales y Rodríguez-Almaraz, 2013; Raz-Guzmán y Soto, 2017) y los cirrípedos torácicos con 12 especies (Celis et al., 2007). El objetivo de este estudio es analizar la diversidad y la variación espacial temporal de macrocrustáceos en mangle y pasto marino de la LM y calcular índices de diversidad y riqueza para ambas comunidades. Adicionalmente, se realizó un análisis de acumulación de especies en los sitios de muestreo. Nuestra hipótesis es que la diversidad de macrocrustáceos será similar a las especies registradas en la LMT, mientras que la diversidad será diferente entre mangle y pasto marino.

## Materiales y métodos

La zona seleccionada para realizar este trabajo es una bahía interna denominada LM, ubicada en la parte más sureña de la LMT, que se extiende hasta el río Soto la Marina, en el ejido La Pesca (fig. 1).

Se realizaron 4 recolectas entre 2017 y 2018, estableciendo 4 puntos de muestreo, Mogotitos (23°44'15" N, 97°45'44" O), El Viborero (23°45'05" N, 97° 45'32" O), El Barranco (23°45'36" N, 97°45'17" O) y El Tapón (23°45'54" N, 97°45'03" O). Las primeras 2 localidades corresponden a pastos marinos (*Halodule wrightii*) y las 2 últimas a manglar (*Rhizophora mangle*). Los muestreos se realizaron en ambos hábitats utilizando tamices de luz de malla de 1 mm, redes de cuchara, espátula en el caso de crustáceos incrustantes y de forma manual. Todo el material recolectado fue preservado en alcohol etílico al 70%.

La identificación del material recolectado se realizó siguiendo las claves de diferentes grupos de crustáceos: Abele y Kim (1982), Celis et al. (2007), Holthuis (1991), LeCroy (1995, 2000, 2001), Pérez-Farfante y Kensley (1997), y Williams (1984), utilizando un microscopio estereoscópico Leica modelo ZOOM 2000. Para cada una de las especies se determinó el patrón zoogeográfico, de acuerdo con Ráz-Guzmán y Soto (2017).

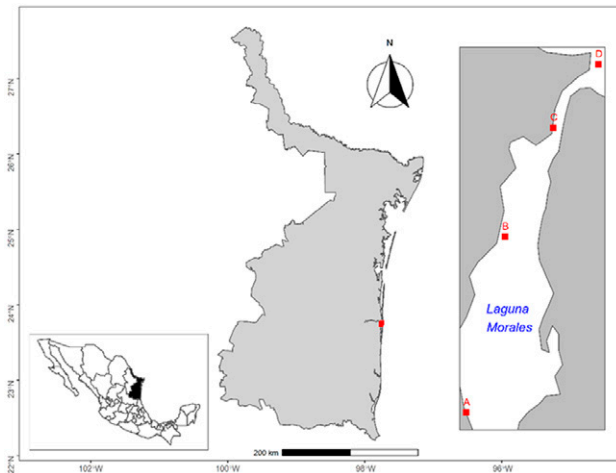


Figura 1. Localización del área de muestreo en la laguna, Morales, Tamaulipas. A, Mogotitos; B, El Viborero; C, El Barranco; D, El Tapón.

Utilizando la prueba estadística Shapiro-Wilk se comprobó que los datos de abundancia de las especies en los 4 sitios no tienen una distribución normal. Por lo tanto, para observar posibles diferencias significativas de las abundancias de especies en cada sitio, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Adicionalmente, se determinó la riqueza específica (S) y se realizó un análisis de la variación espacio-temporal de la comunidad de macrocrustáceos utilizando índices ecológicos como el índice de similitud de Jaccard, índice de dominancia de Simpson, índice de Shannon-Wiener e índice de riqueza de especies de Menhinick, mediante el programa PAST (Hammer et al., 2001). Asimismo, se utilizó el programa Estimates (Colwell, 2009) para obtener la curva de acumulación de especies considerando ambas comunidades, manglar y pastos marinos. Todos los crustáceos recolectados fueron incorporados a la Colección Carcinológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL-FCB).

## Resultados

Los parámetros fisicoquímicos (salinidad, temperatura y pH) fueron tomados en cada sitio de monitoreo. El valor de pH del agua entre los 4 sitios osciló entre 7 y 7.8, presentando el valor más bajo en la zona de mangle durante la época de secas, mientras que el mayor se registró en pasto marino durante la época de nortes. La temperatura del agua tuvo un rango de 23 a 28 °C y los valores de salinidad fueron más bajos en julio (lluvias, 25-28 ups) y más altos en marzo de 2017 y 2018 (secas, 41 ups).

Se revisaron un total de 1,862 especímenes de macrocrustáceos recolectados en los 4 sitios de la LM, identificando 22 especies (tabla 1) comprendidas en 18 géneros y 16 familias de los órdenes Sessilia (3 spp.), Amphipoda (5 spp.), Isopoda (1 sp.) y Decapoda (13 spp.). Las especies más abundantes fueron *O. gammarella* con 903 ejemplares, seguida de *P. pugio* (291) y *G. mucronatus* (199), que abarca 75% del total. De acuerdo con los patrones zoogeográficos (Raz-Guzmán y Soto, 2017), la mayoría de las especies (18) tienen un patrón cálido templado y caribeño, 3 especies lo tienen cálido y caribeño y 1 lo tiene templado.

Con respecto a la temporalidad, en épocas de secas se registraron 1,190 organismos de 15 especies, donde *O. gammarella* tuvo la mayor abundancia con 784 ejemplares. En lluvias se registraron 478 organismos de 17 especies, siendo *P. pugio* la de mayor abundancia con 173 individuos. Por otra parte, en época de nortes se registraron 194 organismos, incluidos en 14 especies, con la mayor cantidad representada entre las especies *P. vulgaris* y *P. pugio* con 45 y 44 ejemplares, respectivamente.

Con respecto al tipo de hábitat, entre los 2 sitios con pastos marinos la mayor abundancia se presentó en Mogotitos con 1,003 ejemplares, mientras que en Viborero se recolectaron 478. Las especies comunes en ambos sitios fueron 11, destacando *O. gammarella* (782) y *P. pugio* (173). Por otra parte, en el mangle la abundancia fue de 194 individuos en El Barrancón y 187 en El Tapón. Las especies comunes fueron 8 y las de mayor abundancia fueron *P. pugio* (94) y *P. vulgaris* (57). A partir de estos resultados se elaboraron índices de diversidad para los 4 sitios, mientras que con la prueba Kruskal-Wallis se determinó que la abundancia de crustáceos no es la misma ( $p < 0.05$ ).

La riqueza de especies (S) fue mayor en pastos marinos con 18 de las 22 especies encontradas en ambas comunidades. El índice de similitud de Jaccard fue mayor entre Mogotitos (pasto marino) y El Tapón (manglar) con un valor de 0.64286 (tabla 2). El índice de dominancia de Simpson fue mayor en pasto marino (Mogotitos) con valores de 0.6189. El índice de Shannon-Wiener fue mayor en el Barrancón (mangle) con valor de 1.98 (bits/ind) y menor en Mogotitos (pasto marino) con un valor de 0.9085 (bits/ind). El índice de riqueza de especies de Menhinick fue mayor en el Barrancón (mangle) y menor en Mogotitos (pasto marino). Mediante la curva de acumulación de especies se representó la estimación de la riqueza de especies en pasto marino y mangle con una eficiencia de muestreo de 23.14 de acuerdo con ACEA Mean y 22.2 a partir de Chao 1 Mean, obteniendo una eficiencia de muestreo mayor de 90% (fig. 2).

Tabla 1

Abundancia de especies por sitio de recolecta y por especie (pi = abundancia proporcional) de crustáceos en la LM. La abundancia por sitio representa la suma de los 4 muestreos.

Especies encontradas	Pasto marino		Manglar						
	Mogotitos	pi	Viborero	pi	Barrancón	pi	El Tapón	pi	por especie
<i>Amphibalanus eburneus</i>	0	0	0	0	0	0	3	0.0162	3
<i>Amphibalanus subalbidus</i>	0	0	0	0	25	0.1289	0	0	25
<i>Chtamalus proteus</i>	0	0	0	0	20	0.1031	0	0	20
<i>Cymadusa compta</i>	2	0.002	13	0.0272	0	0	0	0	15
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	0	0	1	0.0021	1	0.0052	0	0	2
<i>Gammarus mucronatus</i>	66	0.0658	85	0.1778	4	0.0206	44	0.2378	199
<i>Elasmopus levis</i>	0	0	1	0.0021	0	0	0	0	1
<i>Orchestia gammarella</i>	782	0.7804	82	0.1715	37	0.1907	2	0.0108	903
<i>Ligia exotica</i>	1	0.001	1	0.0021	0	0	1	0.0054	3
<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	6	0.006	6	0.0126	0	0	0	0	12
<i>Palaemon pugio</i>	24	0.0239	173	0.3619	44	0.2268	50	0.2703	291
<i>Palaemon vulgaris</i>	4	0.004	9	0.0188	45	0.232	12	0.0649	70
<i>Palaemon mundusnovus</i>	70	0.0698	53	0.1109	4	0.0206	38	0.2054	165
<i>Hippolyte zostericola</i>	32	0.0319	30	0.0628	0	0	6	0.0324	68
<i>Clibanarius vittatus</i>	1	0.001	6	0.0126	2	0.0103	4	0.0216	13
<i>Callinectes sapidus</i>	4	0.004	7	0.0146	1	0.0052	23	0.1243	35
<i>Callinectes similis</i>	0	0	6	0.0126	5	0.0258	2	0.0108	13
<i>Menippe mercenaria</i>	0	0	2	0.0042	0	0	0	0	2
<i>Panopeus herbstii</i>	0	0	0	0	1	0.0052	0	0	1
<i>Goniopsis cruentata</i>	0	0	1	0.0021	1	0.0052	0	0	2
<i>Pachygrapsus transversus</i>	0	0	2	0.0042	0	0	0	0	2
<i>Uca rapax</i>	11	0.011	0	0	4	0.0206	0	0	15
Total individuos	1,003		478		194		185		1,860
Total de especies	12		17		14		11		

Tabla 2. Índices ecológicos en los 4 sitios monitoreados.

Índices de diversidad	Pasto marino		Manglar	
	Mogotitos	El Viborero	El Barrancón	El Tapón
Dominancia_D	0.6189	0.2101	0.171	0.1935
Simpson_1-D	0.3811	0.7899	0.829	0.8065
Shannon-Wiener (E)	0.9085	1.892	1.98	1.844
Menhinick (R)	0.3789	0.7776	1.005	0.8087

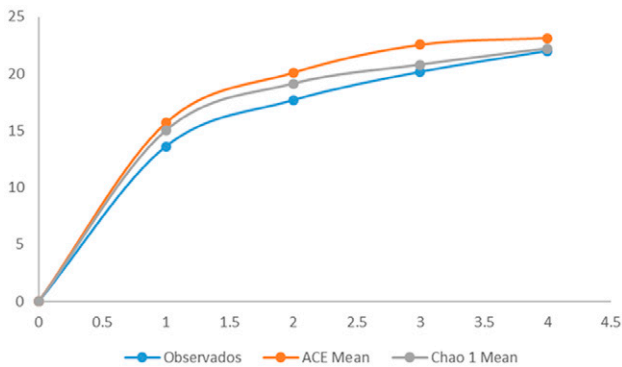


Figura 2. Curva de acumulación de especies para ambas comunidades (pasto marino y manglar).

## Discusión

La laguna Madre es hipersalina y su salud ecológica depende de las grandes extensiones de pastos marinos (Duran, 2021). En conjunto, el sistema lagunar de Texas y Tamaulipas sirve de protección para la costa y es una fuente de producción de recursos naturales para el hombre; sin embargo, las alteraciones humanas y factores naturales han impactado los procesos y funciones ecológicas del sistema (Conanp, 2014), afectando la diversidad de flora y fauna de ambas lagunas.

La riqueza natural de la provincia biótica Tamaulipeca comprende más de 2,000 especies de plantas y animales dentro de esta región. Entre las especies de crustáceos que son claves en la LMT por tener importancia económica se encuentran el camarón café *Farfantepenaeus aztecus*, el camarón rosado *F. duorarum*, el blanco *Litopenaeus setiferus* y la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Tunnell y Withers, 2017). Adicionalmente, hay otras especies de crustáceos que se conocen en la LMT por su importancia ecológica, entre las que destacan 13 especies de cirrípedos (Celis et al., 2007), 37 de anfípodos gamarideos (Barba y Sánchez, 2005; Cházaro-Olvera et al., 2002; Raz-Guzmán y Soto, 2017; Ortega-Vidales y Rodríguez-

Almaraz, 2013), 38 especies de cangrejos braquiuros (Leija-Tristán et al., 2000) y 14 de camarones carideos (Herrera-Barquín et al., 2018; Jordán-Hernández et al., 2019). Lo anterior tiene relevancia ya que no se ha estudiado la diversidad y ecología de crustáceos ni de otros invertebrados de la LM, por lo tanto, la única referencia es la LMT.

Consideramos que al existir una conexión hidrológica entre ambas lagunas, es probable que esta misma diversidad de crustáceos ocurra en la LM. A pesar de ello, es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo y estudios taxonómicos para llenar aquellos vacíos de información en este ambiente. En nuestro estudio se recolectaron, en las comunidades de mangle y pasto marino, 3 especies de cirrípedos torácicos, 5 de anfípodos gamarideos, 1 de isópodo, 1 de camarón peneido, 4 de camarones carideos, 1 anomuro ermitaño y 7 de cangrejos braquiuros (tabla 1). Todas estas especies han sido registradas previamente en la LMT (Celis et al., 2007; Leija-Tristán et al., 2000; Raz-Guzmán y Soto, 2017).

En el estudio de Ruiz y López-Portillo (2014) sobre la comunidad de epibiontes en raíces de mangle rojo en laguna de La Mancha, Veracruz, se identificaron 12 especies de crustáceos, que también se encontraron en esta contribución en mangle: *Amphibalanus eburneus* (que fue la más abundante en la laguna de La Mancha), *P. vulgaris*, *Clibanarius vittatus*, *G. mucronatus* y *Grandidierella bonnieroides*. Se identificaron un total de 22 especies de macrocrustáceos bentónicos en los 4 sitios muestreados de la LM. Las especies más abundantes fueron los anfípodos *O. gammarella*, que se distribuye en un patrón zoogeográfico templado (Raz-Guzmán y Soto, 2017) y *G. mucronatus* con un patrón cálido-caribeño; y un camarón carideo *P. pugio*, que se distribuye a lo largo del este de los EUA hasta Quintana Roo (Barba, 2012; Barba et al., 2005), con un patrón cálido templado y caribeño. La mayoría de las especies tienen patrón zoogeográfico cálido templado y caribeño. La LM es cercana al Trópico de Cáncer, razón por la que podríamos suponer la influencia de especies caribeñas.



La mayor abundancia de macrocrustáceos se presentó en los 2 sitios de pasto marino, con 1,003 ejemplares en Mogotitos y 478 en el Viborero. Hubo especies que solo se encontraron en un sitio, como los 3 cirrípedos, un anfípodo (*E. levis*) y 2 braquiuros (*O. herbstii* y *P. transversus*). Los resultados arrojaron que la mayor abundancia de macrocrustáceos se presentó durante la época de secas, siendo en gran parte especies de anfípodos. Contrario a nuestros resultados, Barba y Sánchez (2005) reportaron que la mayor abundancia de anfípodos se encontró en la época de nortes. En lluvias se obtuvo una abundancia de 478 especímenes en las 2 comunidades, mientras que en nortes solo se recolectaron 194 especímenes en mangle y pasto marino. Los resultados observados en este estudio y los obtenidos en otras investigaciones (Barba, 1999) muestran que las comunidades, aunque compuestas por las mismas especies, cambian su estructura a lo largo del tiempo.

Los índices de diversidad pueden ser especialmente valiosos para entender el estatus actual de una comunidad y servir de referencia para determinar el estado de salud ecológica de un sitio (Mason, 1991). No hay estudios de índices ecológicos para conocer la diversidad en la LM, por lo cual la comparación de nuestros resultados se limita a aquellos reportados para la LMT, por ser la laguna con mayor similitud y cercanía. Se obtuvo que la mayor riqueza total de especies fue en pasto marino con 18 especies respecto al manglar (17). El índice de similitud, contrariamente a lo que podíamos suponer, fue mayor entre un sitio de manglar y un sitio de pasto marino (tabla 2). El índice de diversidad de Shannon-Wiener (1.98), así como el índice de riqueza de especies de Menhinick (1.005) fueron más altos en un sitio de manglar (tabla 3). La curva de acumulación de especies tuvo una eficiencia de muestreo mayor de 90%, lo cual indica que están bien representadas las especies en ambas comunidades (fig. 2).

Tabla 3

Índice de Similitud de Jaccard entre los 4 sitios monitoreados.

Pasto marino		Manglar	
Mogotitos	El Viborero	El Barrancón	El Tapón
1			
0.61111	1		
0.44444	0.47619	1	
0.64286	0.55556	0.47059	1

### Agradecimientos

Este artículo es derivado del proyecto “Sistemática y estructura genética poblacional de langostinos del género

*Palaemon* (Weber, 1795) (Crustacea, Palaemonidae) de la Laguna Madre, Tamaulipas, México”, con clave Núm. 256808 del Fondo SEP-Conacyt. Los autores agradecen el apoyo parcial del proyecto PAICYT - UANL “Sistemática, diversidad y distribución de los crustáceos decápodos del noreste de México”.

### Referencias

- Abele, L. G. y Kim W. (1986). *An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida*. Tallahassee: Florida State University.
- Barba, E. (1999). Variación de la densidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibénticos de la región central de Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica*, 9, 101–114.
- Barba, E., Raz-Guzmán, A. y Sánchez, A. J. (2005). Distribution patterns of estuarine caridean shrimps in the southwestern Gulf of Mexico. *Crustaceana*, 78, 709–726. <https://doi.org/10.1163/156854005774353502>
- Barba, E. y Sánchez, A. J. (2005). Peracarid crustaceans of central Laguna Madre Tamaulipas in the southwestern Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science*, 2, 241–247. <https://doi.org/10.18785/goms.2302.10>
- Barba, E. (2012). Faunistic analysis of the caridean shrimps inhabiting seagrasses along the NW coast of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Revista de Biología Tropical*, 60, 1161–1175.
- Britton, J. C. y Morton, B. (1989). *Shore Ecology of the Gulf of Mexico*. Austin: University of Texas Press.
- Celis, A., Rodríguez-Almaráz, G. y Álvarez, F. (2007). Los cirrípedos torácicos (Crustacea) de aguas someras de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78, 325–337. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2007.002.427>
- Cházaro-Olvera, S., Winfield, I., Ortiz, M. y Álvarez, F. (2002). Peracarid crustaceans from three inlets in the southwestern Gulf of Mexico: New records and range extensions. *Zootaxa*, 123, 1–16. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.123.1.1>
- Colwell, R. K. (2009). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User’s guide and application available at: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2014). *Anteproyecto de Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo*. Cd. de México: Conanp.
- Corona, M. y Raz-Guzmán, A. (2000). Gammaridean amphipod species list and distribution in laguna Madre, Tamaulipas, México. *The Crustacean Society 2000 Summer Meeting*. June 26-28, 2000, Puerto Vallarta, México.
- Domínguez, J. C. (2003). Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 13, 127–136.
- Duran, M. (2021). An annotated checklist of the amphibians and reptiles of North Padre Island, Texas, USA, with comparisons

- to adjacent barrier island and mainland herpetofauna. *Zookeys*, 1073, 119–175. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1073.57241>
- Felder, D. L., Álvarez, F., Goy, J. y Lemaitre, R. (2009). Decapoda. En D. L. Felder y D. K. Camp (Eds.), *Gulf of Mexico: origin, waters and biota, Vol. 1 Biodiversity* (pp. 1019–1104). College Station: Texas A&M University Press.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). *Past: Paleontological, statistics software package for education and data análisis*. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1–9.
- Herrera-Barquín, H., Leija-Tristán, A. y Favela-Lara, S. (2019). Updated checklist of estuarine caridean shrimps (Decapoda: Caridea) from the southern region of Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico, with new records and a key for taxonomic identification. *Checklist*, 14, 479–494. <https://doi.org/10.15560/14.2.479>
- Holthuis, L. B. (1952). *A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The Subfamily Palaemonidae*. Los Angeles, CA: Allan Hancock Foundation Publications.
- Jordán-Hernández, M., Rodríguez-Almaraz, G. y Favela-Lara, S. (2019). Delimitation of sympatric *Palaemon* (Decapoda, Palaemonidae) species of the Laguna Madre, Mexico. *Zoologica Scripta*, 48, 667–678. <https://doi.org/10.1111/zsc.12364>
- LeCroy, S. (1995). Amphipod Crustacea III. Family Colomastigidae. *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 9, 1–139.
- LeCroy, S. (2000). *An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Families Ampeliscidae, Amphilochidae, Amphitoidae, Aoridae, Argissidae and Hausteriidae. Vol. 2*. U.S. Environmental Protection Agency. WM724.
- Leija-Tristán, A., Contreras-Arquieta, A., García-Garza, M. E., Contreras-Balderas, A. J., Lozano-Vilano, M. L., Contreras-Balderas, S. et al. (2000). Taxonomic, bioecological and biogeographic aspects of selected biota of the Laguna Madre, Tamaulipas, México. En M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawar y D. F. Malley (Eds.). *Aquatic ecosystems of México: status and scope* (399–435). Leiden: Ecosivision World Monograph Series, Backhuys Publishers.
- Mason, C. F. (1991). *Biology of freshwater pollution*. London: Longman Scientific & Technical.
- Martínez, M. y Novelo, A. (1993). La vegetación acuática del Estado de Tamaulipas, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 64, 59–86.
- Ortega-Vidales, V. M. y Rodríguez-Almaraz, G. A. (2013). Peracáridos (Crustacea) de ambientes someros de la Laguna Madre de Tamaulipas, México. En López-Mejía, M. y Mejía-Ortiz, L. M. (Eds.). *La Carcinología en México: el legado del Dr. Alejandro Villalobos 30 años después (11–22)*. Cozumel: Universidad de Quintana Roo.
- Pérez-Farfante, I. y Kensley, B. F. (1997). *Penaeids and sergestoid shrimps and prawns of the World: keys and diagnoses for the families and genera*. Muséum National d’Histoire Naturelle, 175. Paris.
- Peterson, T. y Chalif, E. L. (2009). *Aves de México: guía de campo, identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala y El Salvador*. México D.F.: Ed. Diana.
- Raz-Guzmán, A. y Soto, L. A. (2017). Updated checklist and zoogeographic remarks of benthic amphipods (Crustacea: Peracarida: Amphipoda) of two coastal lagoons in the western Gulf of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 715–734. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.002>
- Ruiz, M. y López-Portillo, J. (2014). Variación espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados epibiontes en las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en la laguna costera de La Mancha, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 64, 1309–1330. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.12582>
- Soberón, J. y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7, 480–488. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07030480.x>
- Sánchez-Ramírez, M. y Ocaña-Luna, A. (2015). Estructura y variación estacional de la comunidad ictioplanctónica en una laguna hipersalina del oeste del Golfo de México: Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica*, 25, 175–186.
- Tunnell, J. W. Jr. (2002). Geography, climate, and hydrography. En J. W. Tunnell y F. W. Judd (Eds.). *The Laguna Madre of Texas and Tamaulipas (7–27)*. College Station: Texas A&M University Press.
- Williams, A. B. (1984). *Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.