









PECES Y MACROCRUSTÁCEOS EN UN ESTUARIO OLIGOSALINO EN EL SO DEL GOLFO DE MÉXICO FISHES AND MACROCRUSTACEANS IN AN OLIGOHALYNE ESTUARY FROM SW GULF OF MÉXICO

Rafael Chávez-López¹✉  0000-0002-0936-7365, Jesús Montoya-Mendoza²  000-0002-7598-7300,
Sergio Cházaro-Olvera³  0000-0002-0667-0043, Ángel Morán-Silva³  0000-0002-7545-2269, Horacio
Vázquez-López⁴  0000-0002-7209-1592 y Asela del Carmen Rodríguez-Varela⁵  0000-0002-4594-1969

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. De Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Estado de México, México. C.P. 54090, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. ✉ rafaelcl@unam.mx

²Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Km 12, carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México. jesusmontoya@bdelrio.tecnm.mx

³Laboratorio de Crustáceos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. De Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Estado de México, México. C.P. 54090, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. schazaro@gmail.com cygamoran@gmail.com

⁴Módulo de Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Estado de México, México. C.P. 54090. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. hvazquez@unam.mx

⁵Laboratorio de Oceanografía Costera, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. De Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Estado de México, México. C.P. 54090, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México. asela@unam.mx

RESUMEN

Se presenta la primera contribución sobre el elenco faunístico acuático de un estuario oligosalino con comunicación esporádica al océano en el golfo de México. Se hicieron muestreos en la laguna El Güiro entre 2015 y 2016, este estuario mantiene un régimen oligosalino de hasta 6 UPS a pesar de que el canal estuarino no se ha abierto desde 2012; se registraron 26 especies de peces y 6 de crustáceos; las familias de peces más numerosas fueron Cichlidae y Gobiidae, las especies dominantes en abundancia y biomasa fueron *Poecilia mexicana*, *Citharichthys macrops* y *Bathygobius soporator*; de los crustáceos la familia más numerosa fue Portunidae y *Macrobrachium acanthurus* fue la especie dominante; la diversidad de los dos grupos fue baja comparada a la reportada en estuarios comunicados permanentemente al mar. La abundancia y biomasa se relacionó con arribos masivos de las especies dominantes, pero estas no fueron habitantes permanentes en el estuario; la temperatura del agua fue la única variable que se correlacionó positivamente con la abundancia y biomasa totales. Los gremios ecológicos de peces marinos, estuarinos y dulceacuícolas mostraron riqueza de especies similar, todas las especies de crustáceos se han reportado como especies que ocupan los estuarios.

Palabras clave: estuario ciego; fauna acuática; laguna El Güiro; Veracruz.

ABSTRACT

This is the first contribution about aquatic fauna from an oligohaline estuary with sporadic communication to the sea in Gulf of Mexico. The sampling was made in Laguna El Güiro from 2015 to 2016, this estuary showed an oligohaline regime until 6 UPS, despite the sand berm in estuarine inlet did not open since 2012. Twenty-six fish species and six crustacean species were recorded, most numerous fish families were Cichlidae and Gobiidae, the dominant fish species were *Poecilia mexicana*, *Citharichthys macrops*, and *Bathygobius soporator*, respect to Crustacea, Portunidae crabs was the most numerous family and *Macrobrachium acanthurus* was the most dominant specie. Diversity was low in both groups when were compared to permanently open inlet estuaries. Abundance and biomass were related to massive shoals of the dominant species, but these were not permanent residents in the estuary; water temperature was the only one hydrological variable significantly correlated to total abundance and biomass. The marine, estuarine, and freshwater fish guilds showed similar species richness, while all crustacean species had been reported as estuarine inhabitants.

Keywords: Aquatic fauna; blind estuary; El Güiro Lagoon; Veracruz.

INTRODUCCIÓN

Los estuarios se encuentran entre los ecosistemas acuáticos más importantes del mundo, se ubican en todas las zonas costeras como una interfase entre las cuencas hidrológicas continentales y el océano, transportando nutrientes que se incorporan en las mallas tróficas estuarinas y exportando energía que subsidia a las mallas tróficas costeras (Abrantes et al., 2015).

Son altamente productivos y las combinaciones de factores bióticos y abióticos producen mosaicos complejos de hábitats acuáticos que les confieren un valor alto al funcionar como zonas de crianza, por esta razón son contribuyentes importantes al incrementar la productividad pesquera del mundo; aunque estas funciones y servicios ecosistémicos son destacados por su localización en las partes bajas de las escorrentías continentales, son usados para asentamientos urbanos e industriales y actividades agropecuarias que los hacen susceptibles y vulnerables a una gran variedad de impactos ambientales de origen humano (Elliott y Kennish, 2011; Basset et al., 2013).

Desde el punto de vista ambiental, se reconoce que la salinidad y la temperatura del agua son de los factores abióticos más influyentes en los procesos ecológicos de los estuarios denominados ciegos o de boca obstruida (Fairbridge, 1980), así mismo, tanto la posición y la forma de esta como los períodos de su apertura y cierre son más trascendentes.

Los estuarios que temporalmente están cerrados al océano son cuerpos de agua someros (lagunas de barrera o ríos) aislados periódica o intermitentemente del mar por una berma arenosa que cruza el área de comunicación entre el estuario y el mar, el estado de la boca estuarina está determinado por la escorrentía de la cuenca continental, el prisma mareal y las fuerzas que provocan el bloqueo como el depósito de sedimentos provocado por el oleaje litoral y costero (Whitfield y Bate, 2007).

Los estuarios con esta peculiaridad presentan procesos ecológicos que no se ajustan a los modelos estuarinos generales (Schallenberg et al., 2010), pues una vez cerrados y aislados del mar, dependen de los aportes fluviales y el lapso que la boca estuarina se mantiene sellada; así el sistema puede volverse gradualmente oligosalino a dulceacuícola si se mantiene la descarga de agua dulce o hipersalinos si es más intensa la evaporación; el restablecimiento natural del enlace a la plataforma marina sucederá cuando aumenten y se sobrepasan los niveles de la cuenca estuarina o por la erosión de la berma por el oleaje oceánico (Stretch y Parkison, 2006).

Otro hecho reconocido es que para el golfo de México se tiene poca información acerca de este tipo de estuarios de boca obstruida, que son más de 20 en el estado de Veracruz, incluso en algunos de estos, la explicación de los procesos ecológicos se ha hecho sin considerar el efecto del aislamiento del estuario en las características poblacionales y comunitarias de la fauna que los coloniza, por lo que en esta contribución se presenta la composición de especies, la diversidad, abundancia y biomasa de los peces y macrocrustáceos que ocupan el estuario de boca obstruida laguna El Güiro, Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Laguna el Güiro se ubica en las coordenadas 20°30'03.87N a 20°30'20.88N y 97°02'38.81W a 97°04'10.50W, en el municipio de Tecolutla, estado de Veracruz. En la zona predomina un clima Aw, cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un intervalo de temperatura de los meses (enero-febrero) más fríos de 18°C hasta mayo-octubre que alcanza 36°C, a partir de agosto hasta octubre corresponde a la temporada de lluvias, el intervalo de precipitación media anual varía entre 1,100 y 1,400 mm.

El municipio de Tecolutla se encuentra en la provincia fisiográfica denominada Planicie Costera del Golfo. Se caracteriza por la presencia de lomeríos bajos de pendiente suave y cerros aislados que se pierden conforme se acercan a la costa, esto hace que la zona sea susceptible de inundaciones periódicas en la temporada de lluvias (Salas y Jiménez, 2004).

El río Tecolutla es la continuación del sistema del río Necaxa ubicado en el estado de Hidalgo; en su desembocadura, da origen a los esteros del Silencio, La Cruz, Negros y Riachuelos, desde hace décadas se considera que estas corrientes de agua están azolvadas por la deforestación de los bosques y la constante precipitación pluvial; además presentan una serie de meandros y el desarrollo de barras cercanas a su desembocadura, que delimitan pequeñas cuencas de inundación en las que se acumula agua de manera permanente (GEV, 2011), este es el caso de la laguna El Güiro (LEG).

La vegetación de la zona corresponde a selva alta perennifolia, sabana, y palmar, en los bordes estuarinos la vegetación es dominada por el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y vegetación de tipo arbustivo, el sustrato en el cuerpo de agua es de texturas finas de limos y lodos.

Los registros hidrológicos y las recolectas de los peces fueron realizados bimensualmente de febrero 2015 a abril 2016; las recolectas se realizaron en 6 sitios de muestreo distribuidos en el cuerpo de agua, por problemas en la localidad no se pudo aumentar el número de sitios hacia el norte del cuerpo de agua.

El carácter de estuario con comunicación estuarina sellada se evidenció mediante el análisis de las imágenes satelitales disponibles en internet en la aplicación Google Earth siguiendo la metodología propuesta por Yu y Gong (2012) y Tooth (2013); la última vez que la comunicación con el océano se mantuvo abierta fue entre diciembre y febrero de 2012, hecho confirmado con información aportada por los lugareños (Figs. 1a y 1b).

LEG es un cuerpo de agua somero (profundidad <2m) por lo que los muestreos se realizaron en profundidades menores de 1m, los sitios de muestreo se ubicaron geográficamente con un GPS Garmin 10X GPS (Tabla 1), en cada uno se registró el oxígeno disuelto (mg/L) y la temperatura del agua (°C) con un oxímetro Oakton DO 300 series, la salinidad (UPS) con un refractómetro Vista A366ATC, la turbidez con un turbidímetro La Motte 2020 (UNT), pH con un pHmetro Oakton pH 110 Meter, y la profundidad (cm) fue registrada con una sonda Echotest II Plastimo. Las categorías de salinidad se definieron con base en la propuesta del sistema de Venecia (Ito, 1959).



Fig. 1. Imágenes satelitales de la laguna El Güiro, a) Condición de comunicación abierta al mar, 22 de diciembre de 2012; b) condición de comunicación sellada, 16 de agosto de 2021. Se presenta la ubicación de las estaciones de colecta como referencia/**Fig. 1.** Satellite images from El Güiro Lagoon, a) Open estuarine inlet stage, December 22, 2012; b) Close estuarine inlet stage, August 16, 2021. Sampling sites location are showed as reference.

Los peces fueron colectados con una red tipo chinchorro de 25m de relinga, por 2m de caída y luz de malla de 6.35mm; en cada sitio de muestreo se procuró una superficie de arrastre efectiva de 300m². Todos los especímenes se colocaron en hielo y se fijaron en etanol al 70%, en el laboratorio se lavaron, se fijaron con formalina al 5% y se almacenaron en etanol al 70%. Los especímenes se identificaron de acuerdo con Castro-Aguirre et al. (1999), Carpenter (2002) y Miller et al. (2009), los nombres de las especies de peces se verificaron con Fishbase (Froese y Pauly, 2021), para las especies de crustáceos se utilizó a Williams (1984), Powers (1977), Carpenter (2002), los nombres específicos fueron corroborados con WoRMS (2021); cada pez se midió con una escala en longitud patrón (LP) hasta 0.01 mm; el peso total (PT) se midió con una balanza electrónica Cole-Parmer Simmetry con una precisión de 0.01g.

El análisis comunitario consistió en la estimación mensual de parámetros ecológicos con los registros de las abundancias mensuales y las biomásas mensuales de las especies en los sitios de muestreo, la riqueza de especies se expresó como la cantidad de especies colectadas por mes, la Diversidad (H') mediante el índice de Shannon-Wiener, que se estimó con los logaritmos en base decimal de la abundancia de las especies y la Dominancia mensual en la comunidad con el índice de Simpson que se describe con la fórmula: $D' = \frac{1}{\sum (n_i/N)^2}$, donde D' = dominancia, n_i = abundancia de la especie i , N = abundancia mensual de todas las especies colectadas; este índice alcanza valores en un rango de 0 (todos los taxa están igualmente presentes) a 1 (un taxón domina la comunidad por completo).

Para cada especie se calculó la abundancia relativa (AbRel%), la biomasa relativa (BiomRel%) y la frecuencia relativa (FrecRel%) esta se expresa como el porcentaje de ocurrencia de una especie, considerando el número de colectas en las que se registró a una especie particular respecto al número total de colectas y este cociente multiplicado por 100.

Con la suma de los valores de abundancia relativa, biomasa relativa y frecuencia de ocurrencia se definió el índice de valor de importancia (IVI), este como una medida combinada que integra los tres parámetros para estimar la contribución de cada especie a la dominancia en la comunidad (De la Cruz-Agüero, 1994).

La categoría ecológica para las especies de peces se definió con los criterios de Potter et al., (2015); esta clasificación se ajustó a las especies colectadas, con base en su abundancia, la frecuencia de ocurrencia y el periodo de uso del estuario, las categorías utilizadas fueron: marinas migrantes (MM), marinas ocasionales (MO), especies estuarinas (EE), especies catádromas (EC) y especies dulceacuícolas ocasionales (DO).

Se exploraron los datos mediante el modelo de correlación de Spearman con una significancia $P=0.05$, las variables biológicas y los parámetros comunitarios se contrastaron entre sí y luego con las variables hidrológicas, los cálculos se hicieron con el programa PAST (Hammer et al., 2001).

Se aplicó un análisis de correspondencia canónica a la matriz de datos biológicos de peces y crustáceos, particularmente a los de abundancia total, biomasa total, abundancia y biomasa de peces y de crustáceos como variables separadas y la abundancia de las especies más numerosas con la matriz de datos ambientales con la intención de obtener una interpretación ambiental directa a partir de los ejes de ordenación extraídos. Esta prueba se considera como una técnica de ordenación aplicable para la exploración de la correspondencia entre factores físicos y variables biológicas como las seleccionadas, a pesar de que es una técnica lineal asume respuestas no lineales de las variables biológicas a lo largo de gradientes ambientales, este análisis también se realizó con el programa PAST (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS

Considerando que durante el estudio la boca estuarina permaneció sellada, en LEG la salinidad correspondió a un intervalo oligosalino entre 1.49 y 6.34 UPS; la temperatura del agua fue más baja en la temporada fría del año (17 a 21 °C) hasta 33°C en junio, mientras que el oxígeno disuelto tendió a disminuir con el aumento de la salinidad; la turbidez reflejó el aporte de agua dulce del continente, el registro más alto de esta variable se registró en octubre durante la temporada de lluvias (Tabla 2).

Tabla 1. Registros mensuales promedio (\pm desviación estándar) de las variables hidrológicas en laguna El Güiro, Veracruz/ Table 1. Mean monthly records (\pm standard deviation) of hydrological variables in El Güiro Lagoon, Veracruz.

	Salinidad UPS	Temperatura °C	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH
Feb-15	1.49 (± 0.42)	21.29 (± 0.21)	3.36 (± 0.35)	36.54 (± 7.85)	8.68 (± 0.01)
Mar-15	1.64 (± 0.31)	25.35 (± 0.14)	3.97 (± 1.01)	35.6 (± 9.13)	8.43 (± 0.05)
Jun-15	3.24 (± 0.08)	33.94 (± 0.14)	1.66 (± 1.18)	53 (± 17.18)	8.41 (± 0.06)
Oct-15	4.93 (± 0.22)	32.77 (± 0.29)	1.82 (± 0.74)	173.54 (± 167.8)	8.47 (± 0.33)
Feb-16	4.52 (± 0.15)	17.46 (± 0.13)	1.84 (± 0.63)	11.94 (± 4.48)	9.18 (± 0.1)
Abr-16	6.34 (± 0.26)	27.33 (± 0.27)	1.3 (± 0.52)	30.12 (± 15.65)	8.75 (± 0.1)

Las variables hidrológicas con mayor valor de correlación negativa fueron el oxígeno disuelto con el pH y la turbidez (ambas $r=-0.85$, $P<0.05$), con la salinidad ($r=-0.77$, $P < 0.05$); el pH con la temperatura ($r=-0.83$, $P<0.05$), con la turbidez ($r=-0.76$, $P<0.05$); las variables que mostraron correlación positiva fueron la temperatura y la turbidez ($r=0.81$, $P<0.05$).

Se colectaron 26 especies de peces de 13 familias, las familias más numerosas fueron Cichlidae, Gobiidae (cuatro especies), Gerreidae (tres especies), Belonidae, Centropomidae, Clupeidae, Eleotridae y Mugilidae (dos especies).

Se registraron seis especies de crustáceos, tres de la familia Portunidae, dos especies de la familia Palemonidae y una de la familia Penaeidae (Tabla 2).

Tabla 2. Composición de especies de peces y crustáceos registrados en la laguna El Güiro, Veracruz. Las especies se presentan ordenadas de acuerdo con su valor de importancia, separando a los peces de los crustáceos. GE: gremio ecológico, DUL: especies dulceacuícolas, EC: especies catádromas, EE: Especies estuarinas, MM: especies marinas migratorias, MO: especies marinas ocasionales. Ab rel: abundancia relativa, Biom rel: Biomasa relativa, Frec rel: frecuencia relativa. IVI: índice de valor de importancia/**Table 2.** Fish and crustacea species composition from El Güiro Lagoon, Veracruz. The species were sorted in accord to importance value, fish and crustacea are showed separately. GE: ecological guild, DUL: freshwater species, EC: catadrome species, EE: estuarine species, MM: migratory marine species, MO: occasional marine species. Ab rel: relative abundance, Biom rel: relative biomass, Frec rel: relative frequency. IVI: importance value index.

Familia	Especies	GE	Ab rel	Biom rel	Frec rel	IVI
Poeciliidae	<i>Poecilia mexicana</i> Steindachner, 1863	DUL	43.30	30.66	33.33	107.3
Cyclopsettidae	<i>Citharichthys macrops</i> Dresel, 1885	MM	22.53	10.32	50	82.9
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)	EE	2.05	8.17	66.66	76.9
Gobiidae	<i>Ctenogobius boleosoma</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	EE	1.56	3.18	66.66	71.4
Engraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)	MM	11.9	8.0	50	69.9
Gobiidae	<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard, 1858)	EE	1.28	13.61	50	64.9
Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	EC	1.91	3.82	50	55.7
Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)	MM	0.56	6.05	33.33	39.9
Cichlidae	<i>Vieja fenestrata</i> (Günther, 1860)	DUL	0.49	0.96	33.33	34.8
Belonidae	<i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)	MO	0.14	1.08	33.33	34.6
Cichlidae	<i>Criboheros robertsoni</i> (Regan, 1905)	DUL	0.14	1.08	33.33	34.6
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1842	MM	0.49	0.026	33.33	33.9
Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	EC	8.22	4.04	16.66	28.9
Clupeidae	<i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)	DUL	0.99	4.74	16.66	22.4
Mugilidae	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836	MM	2.76	0.47	16.66	19.9
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	DUL	0.14	0.98	16.66	17.8
Cichlidae	<i>Thorichthys helleri</i> Steindachner, 1864	DUL	0.071	0.69	16.66	17.4
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	MM	0.071	0.67	16.66	17.4
Clupeidae	<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	MO	0.42	0.21	16.66	17.3
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	MM	0.14	0.39	16.66	17.2
Eleotridae	<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède, 1800	EE	0.071	0.43	16.66	17.2
Gobiidae	<i>Gobiosoma bosc</i> (Lacepède, 1800)	EE	0.28	0.007	16.66	17.0
Eleotridae	<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)	EE	0.071	0.19	16.66	16.9
Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	MO	0.21	0.031	16.66	16.9
Belonidae	<i>Strongylura marina</i> (Walbaum, 1792)	MO	0.071	0.16	16.66	16.9
Atherinopsidae	<i>Membras martinica</i> (Valenciennes, 1835)	MO	0.071	0.007	16.66	16.7
Palaemonidae	<i>Macrobachium acanthurus</i> (Wiegmann, 1836)	EE	92.0	15.5	66.67	174.1
Palaemonidae	<i>Palaemon pugio</i> (Holthuis, 1949)	EE	5.37	61.0	100	166.3
Penaeidae	<i>Penaeus duorarum</i> Burkenroad, 1939	EE	1.4	21.3	50	71.7
Portunidae	<i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896	EC	1.0	1.3	16.7	18.9
Portunidae	<i>Callinectes similis</i> A.B. Williams, 1966	MO	0.2	1.4	16.7	18.2
Portunidae	<i>Callinectes rathbunae</i> Contreras, 1930	MM	0.2	0.5	16.7	17.4

La abundancia mensual siguió la misma tendencia en peces y crustáceos, alcanzando su máximo en junio, conforme se avanzó a la temporada fría del año el número de organismos disminuyó.

La riqueza de especies de peces en LEG fue de 13 y 14 especies en junio y febrero 2016, para los crustáceos la riqueza de especies de fue de 4 y 5 también en junio y febrero (Fig. 2).

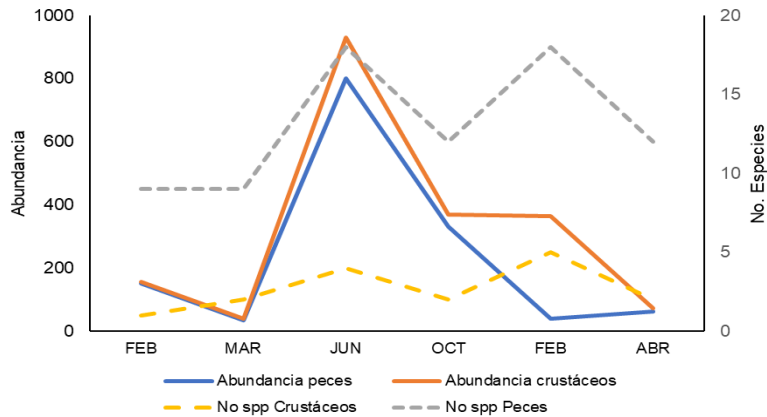


Fig. 2. Variación de la abundancia mensual y la riqueza de especies mensual de peces y crustáceos en laguna El Güiro/ Fig. 2. Abundance and species richness monthly variation of fish and crustacea from El Güiro, Lagoon.

Mensualmente este parámetro fue definido por pulsos de abundancia de algunas especies; el grupo conformado por *P. mexicana*, *O. niloticus*, *A. mitchilli* y *D. maculatus* sumó el 80% de la abundancia registrada; respecto a la biomasa, a estas especies se agregaron *M. cephalus*, *C. undecimalis*, *G. dormitor* y *V. fenestrata*; para los crustáceos, *P. pugio* fue el crustáceo que contribuyó con las mayores abundancias, la ocurrencia masiva de estas especies definió la tendencia de este parámetro y de la biomasa durante el estudio (Fig. 3).

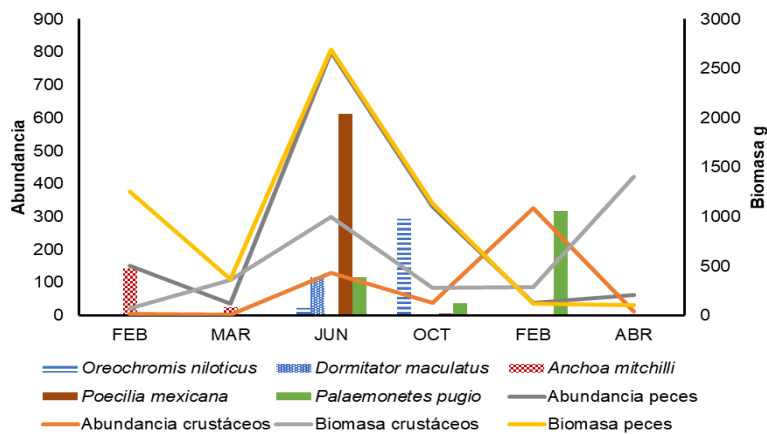


Fig. 3. Variación mensual de la abundancia y biomasa de peces y crustáceos, las barras representan a las especies de peces y crustáceos con mayor contribución a estos parámetros en laguna El Güiro, Veracruz/ Fig. 3. Abundance and biomass monthly variation of fish and crustacea, the bars show the fish and crustacea species with greater contribution to these parameters in El Güiro lagoon.

Sin embargo, la presencia de las especies en LEG no es permanente, de todas solo *C. undecimalis* y *D. rhombeus* se colectaron en el 66% de los muestreos, *A. mitchilli* y *P. pugio* se registraron en el 50% de estos de forma discontinua; en el caso de los crustáceos las jaibas *C. sapidus* se colectaron en todos los muestreos y *C. rathbunae* en el 66%. A excepción de *P. pugio*, las especies restantes no contribuyeron notablemente a la abundancia del grupo.

Se encontraron correlaciones positivas entre la biomasa de peces respecto a la biomasa total ($r=0.83$; $P<0.05$); entre la biomasa y la abundancia totales ($r=0.94$; $P<0.01$) y la abundancia de *P. pugio* a la abundancia de crustáceos ($r=0.94$; $P<0.05$).

La temperatura se correlacionó positivamente la biomasa total ($r=0.94$; $P<0.01$) y a la abundancia de peces ($r=0.82$; $P<0.05$); no hubo otras correlaciones entre parámetros comunitarios con las variables hidrológicas.

Respecto a la composición por gremios ecológicos, las especies marinas migrantes fueron ligeramente más numerosas (7 spp.), seguidas de los gremios estuarino y dulceacuícola (6 spp.), con 5 siguieron las especies marinas ocasionales y solo dos especies catádromas de la familia Centropomidae (Fig. 4).

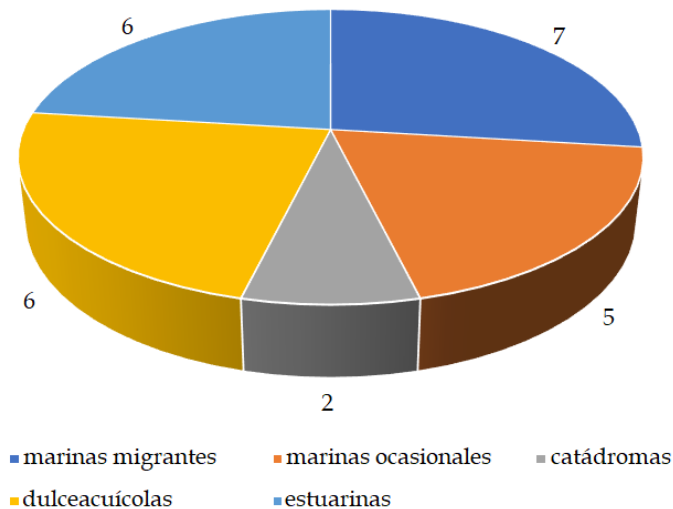


Fig. 4. Riqueza específica de peces por gremio ecológico en laguna El Güiro, Veracruz/ Fig. 4. Fish species richness by ecological guild in El Güiro Lagoon.

El grupo de especies más importantes fue dominado por la especie dulceacuícola *P. mexicana*, las especies estuarinas *B. saporator*, *C. boleosoma*, *E. lyricus*, las marinas migrantes *A. mitchilli* y *D. rhombeus*, además de la catadróma *C. parallelus*.

La diversidad registró valores bajos en un intervalo de 0.63 (febrero 2015) a 1.69 entre marzo y junio, en el caso de la dominancia el valor más alto ocurrió en febrero 2015, pero en los siguientes meses aumentó hacia la temporada fría (octubre 2015: 0.65; febrero 2016: 0.76), no se apreció una relación en la tendencia de ambos parámetros (Fig. 5).

Con el ACC los dos primeros ejes principales presentaron valores de los eigenvalores de 0.221 y 0.118 para el eje uno y dos respectivamente, con una varianza de 47.17% y 25.14% respectivamente (varianza acumulada 72.31%).

Las relaciones generadas se presentaron entre el pH con la abundancia total en el cuadrante uno; en el cuadrante dos, la salinidad débilmente con la biomasa de crustáceos; en el cuadrante tres, la temperatura del agua con la abundancia de peces, la biomasa total y con la abundancia de *P. mexicana* y *D. maculatus*; finalmente, la turbidez y el oxígeno disuelto con la biomasa de peces principalmente y con la abundancia de *O. niloticus* (Fig. 6).

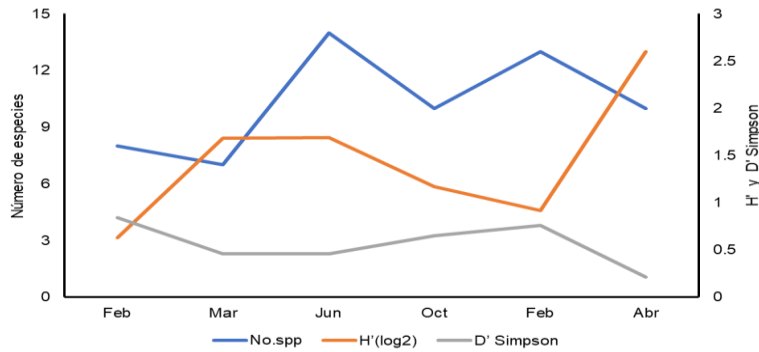


Fig. 5. Variación por mes de los parámetros comunitarios de los peces y crustáceos de laguna El Güiro/ Fig. 5. Community parameters monthly variation of fish and crustacea from El Güiro lagoon.

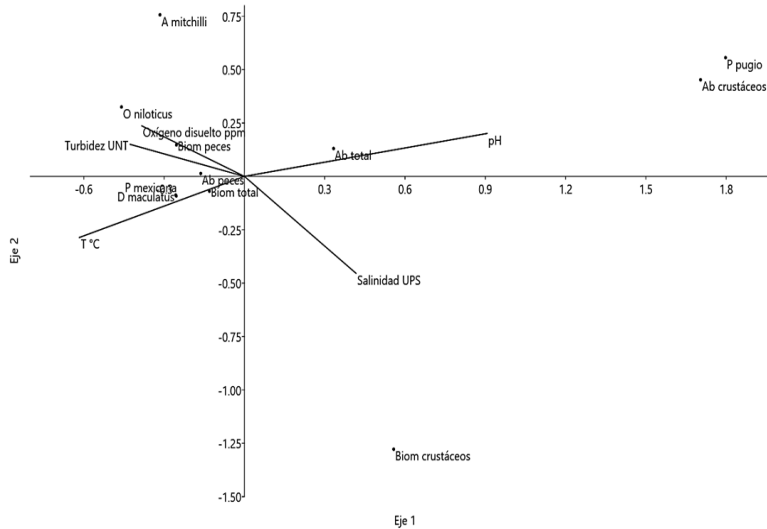


Fig. 6. Biplot de análisis de correspondencias canónicas de las matrices de parámetros biológicos y variables hidrológicas de la laguna El Güiro. La longitud y dirección de las flechas indica la importancia relativa de cada variable hidrológica/ Fig. 6. Canonical correspondence analysis biplot of biological parameters matrix and hydrological variables matrix in El Güiro Lagoon. The length and direction of arrows point out the relative importance of each hydrological variable.

DISCUSIÓN

Este es el primer reporte de un estuario con comunicación esporádica al océano en el golfo de México. No es factible asumir que todos los estuarios del estado de Veracruz tienen una conexión libre y permanente al mar, por lo menos se identifican dos decenas de estuarios que entre diciembre y mayo quedan aislados por la presencia de una berma arenosa (Arceo-Carranza y Chávez-López, 2019; Chávez-López et al. 2020), esto contrasta con la afirmación hecha desde Lankford (1977) que asegura que este tipo de estuarios se restringen a las zonas áridas y semi-áridas del noroeste de México.

En general estos estuarios se han calificado como “raros”, pero McSweeney et al. (2017) cuantifican que el 3% de los estuarios del mundo tienen este comportamiento periódico, esporádico o impredecible; para nuestro país apuntan que estos estuarios de superficie entre 2 a 100 Km² ocurren en zonas con patrones micromareales, patrones estacionales lluviosos bien definidos y una gran influencia de las corrientes marinas que contribuyen a aumentar el depósito de sedimentos en la boca estuarina (Baldock et al., 2008) tal como sucede en varias localidades del litoral veracruzano. Las condiciones generales de LEG lo ubican como un estuario con apertura esporádica e impredecible del canal de comunicación entre el estuario y el océano.

Así, LEG es consistente con la dinámica de la boca de comunicación de estuarios de boca obstruida o sellada cuya función es trascendente en el funcionamiento integral del estuario, los procesos de cierre y ruptura periódica, intermitente o impredecible de la boca estuarina provocan cambios en las cualidades fisicoquímicas en lapsos de tiempo cortos, que a su vez disparan respuestas biológicas importantes en todos los compartimientos bióticos (Anandraj et al., 2008; Lawrie et al., 2010).

Este tipo de estuarios una vez cerrados, dependen de los aportes fluviales y el tiempo que dura la boca estuarina sellada; este es el caso de LEG, el cuerpo de agua se mantiene oligosalino lo que indica un flujo de agua dulce continuo con influencia del reflujos mareal que impide el estancamiento del agua, un proceso similar se ha reportado en Laguna Grande que en la estación fría del año presenta la boca de comunicación sellada y se mantiene en esta condición de salinidad baja (Aguirre-León et al., 2014), en contraste, en ausencia de aportes fluviales y debido a la ocurrencia de procesos de evaporación altos se alcanza un estado de hipersalinización, como sucede en la misma estación climática en la laguna El Llano (Chávez-López y Rocha-Ramírez, 2020); el restablecimiento natural del enlace a la plataforma marina ocurre cuando aumenta y se rebasan los niveles de la cuenca estuarina o por la erosión de la berma causada por el oleaje oceánico (Stretch y Parkison, 2006), en el golfo de México esto sucede durante la temporada cálida del año, de menor pluviosidad, que coincide con el cambio de circulación de la corriente del Golfo (Wang et al., 1998; Zavala-Hidalgo et al., 2003), en LEG parece que este proceso no alcanza la intensidad suficiente para provocar la desintegración de la berma arenosa.

La riqueza de especies en LEG lo ubica como un estuario de biodiversidad baja de peces respecto a sistemas de mayor extensión y complejidad como Pueblo Viejo (83 especies), Tamiahua (170 especies) Tuxpan-Tampamachoco (139 especies), Sistema Lagunar Alvarado (117 especies) y Sontecomapan (90 especies) (Raz-Guzmán et al., 2018); sin embargo, también se han reportado números de especies bajos para estuarios veracruzanos que se obstruyen solo en la temporada fría del año como Laguna Grande (49 especies) (Aguirre-León et al., 2014), Laguna La Mancha (50 especies) (Díaz-Ruíz et al., 2018) y Laguna El Llano (36 especies) (Chávez-López y Rocha-Ramírez, 2020).

En LEG, las asociaciones macrobentónicas estuvieron formadas por especies con dependencia estuarina y tolerancia dulceacuícola, una evidencia de esto es la abundancia baja de camarones peneidos que son reportados comúnmente en otros sistemas estuarinos de la región. Las seis especies encontradas de crustáceos decápodos son de presencia común en los sistemas estuarinos del golfo de México (Álvarez et al., 1999; Álvarez et al., 2011). El camarón de pasto *P. pugio* es una especie típicamente estuarina por lo

cual soporta altas variaciones de salinidad y temperatura de los sistemas donde ha sido registrada (Cházaro-Olvera, 2009). Las especies del género *Callinectes* tienen alta capacidad osmorreguladora en estadios tempranos de desarrollo (Cházaro-Olvera y Peterson, 2004) lo que les permite encontrarse en las condiciones de salinidad presentes en el LEG.

La abundancia y biomasa en LEG también fue baja, incluso no se correlacionaron a parámetros comunitarios como la riqueza de especies y la diversidad, ni a todas las variables hidrológicas, solo la temperatura del agua se relacionó a la abundancia y biomasa totales; destaca el hecho que las abundancias máximas coincidieron con números altos de especies como *P. mexicana*, *O. niloticus*, *A. mitchilli* y *P. pugio*, ninguna de estas fue permanente en el estuario.

Estas evidencias señalan la importancia del nivel de comunicación entre el estuario con el mar como un proceso que incrementa la conectividad entre ecosistemas e influye positivamente en los procesos de reclutamiento y colonización poblacional al estuario; Colling et al. (2007), señalan que este es un factor clave para las comunidades macrobentónicas que colonizan a los estuarios porque facilita la intrusión de larvas desde el mar y que se refugian en los hábitats estuarinos para prevenir su retorno nuevamente a la plataforma continental (Henninger et al., 2008).

Lo anterior también sucede con las comunidades de peces en estuarios obstruidos, porque su composición refleja el grado de cierre del estuario que afecta directamente el reclutamiento de individuos de especies marinas y más para las que son dependientes estuarinas (Chuwen et al., 2009), incluso se considera que también afecta directamente a las interacciones tróficas carnívoras y de competencia entre los peces y otros grupos presa como los crustáceos (Sheaves, 2016).

Bajo las condiciones ambientales de LEG, la composición de especies y gremios ecológicos de los peces no siguen las tendencias descritas para otros estuarios de la región, en los que la riqueza de especies, abundancia y biomasa recae en las especies marinas, en este estuario los gremios estuarinos y dulceacuícolas prácticamente presentaron los mismos números y la especie dominante en abundancia y biomasa fue *P. mexicana*, esta especie dulceacuícola se ha reportado en varios estuarios de Veracruz (Chávez-López et al., 2020), en segundo lugar *C. macrops* y los góbidos *B. saporator* y *C. boleosoma*.

Las especies marinas que destacaron después fueron *D. rhombeus* y *A. mitchilli*, ambas se reportan con ocurrencia estuarina común en los estuarios veracruzanos, su presencia en LEG puede ocurrir por el estuario del río Tecolutla a partir del cual se dispersan en la zona de inundación durante el reflujó mareal, esta es otra evidencia de la influencia de la geomorfología e hidrología peculiar de los estuarios con boca obstruida en los que los ensamblajes de peces pueden no seguir la composición general propuesta por Whitfield et al., (2012); incluso también es notable que no sucede una influencia marcada de la salinidad y otros factores hidrológicos en la abundancia, biomasa y ocurrencia de las especies, que si se ha determinado para los peces en otros estuarios del estado como Pueblo Viejo (Castillo-Rivera et al., 2011), La Mancha (Díaz-Ruíz et al., 2018) y Sontecomapan (Aguirre-León et al., 2018).

En esta contribución se mostró cómo el comportamiento hidrológico y sedimentario de un estuario con comunicación esporádica al mar e influido por un aporte continuo de agua dulce influye en la estructura de una comunidad de peces y crustáceos sujeta a un régimen oligosalino, con biodiversidad baja comparada a otros estuarios y lagunas costeras de mayor superficie y con comunicación permanente al mar; en la que predominan especies tolerantes a la salinidad baja; en el caso de los peces, las familias más numerosas fueron principalmente dulceacuícolas y estuarinas, además de especies marinas reconocidas por su recurrencia en los estuarios.

Los parámetros comunitarios fueron influidos por pulsos de abundancia y biomasa de algunas especies de peces y crustáceos que no fueron permanentes durante el estudio. Los análisis de los parámetros biológicos respecto a las variables hidrológicas mostraron que solo la temperatura se correlacionó con la biomasa total y la abundancia de peces, las otras variables hidrológicas no tuvieron una influencia determinante en la abundancia o la biomasa de peces y crustáceos, o en los parámetros comunitarios.

Es necesario que la visión actual de los estuarios en el Golfo de México no este ceñida a los conceptos generales que han orientado las líneas de trabajo en los estuarios de Veracruz, incorporando a los estuarios de superficie pequeña y con boca obstruida que por sus características ambientales difieren de los modelos generales propuestos para estuarios de mayor superficie y comunicados permanentemente con el mar.

Este tipo de estuarios pueden reflejar los efectos a corto y mediano plazo de procesos que los amenazan como la contaminación y sus impactos ambientales, además se pueden tornar como laboratorios naturales ante las especulaciones sobre los efectos del cambio climático que ya se identifican en la región. La escasez de información sobre estos estuarios peculiares señala otra necesidad más que atender para la comprensión ambiental de la zona costera de Veracruz y del golfo de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Señor Juan Carlos Becerra Russi, presidente de la Cooperativa "Producción Acuícola Puha, R. L. de C.V. ", por las facilidades y apoyo otorgados para la realización de las colectas y a los revisores anónimos por sus atinados comentarios y sugerencias.

REFERENCIAS

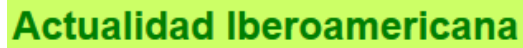
- Abrantes, K. G., Barnett, A., Baker, R., & Sheaves, M. (2015). Habitat-specific food webs and trophic interactions supporting coastal-dependent fishery species: an Australian case study. *Review in Fish Biology and Fisheries*, 25:337-363. <https://doi.org/10.1007/s11160-015-9385-y>
- Aguirre-León, A., Pérez-Ponce, H. E. y Díaz-Ruiz, S. (2014). Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 62(1): 145-163. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i1.8212>
- Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S. & Guillén, M. C. (2018). Fish community structure and its relationship with environmental behavior in Sontecomapan Lagoon, Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz, Mexico. In M. E. Castellanos-Páez, A. H. Esquivel, J. Aldeco-Ramírez & M. Pagano (Eds.), *Ecology of the Sontecomapan Lagoon, Veracruz* (pp. 205-234). IRD Éditions.
- Álvarez, F., ... y Robles, R. (1999). Listas y comentarios sobre los crustáceos decápodos de Veracruz. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 70: 1-27.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L. y Cházaro-Olvera, S. (2011). Camarones y cangrejos dulceacuícolas y marinos (Crustacea: Decapoda). En A. Cruz-Angón (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz, estudio de estado* (pp. 287-293). CONABIO.
- Anandraj, A., ... & Stretch, D. (2008). The recovery of microalgal production and biomass in a South African temporarily open/closed estuary, following mouth breaching. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(4): 599-606. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.05.015>

- Arceo-Carranza, D. y Chávez-López, R. (2019). Cambio climático, estuarios e hipersalinidad. En E. Rivera-Arriaga, P. Sánchez-Gil y J. Gutiérrez (Eds.), *Tópicos de agenda para la sostenibilidad de costas y mares mexicanos* (pp. 275-290). Universidad Autónoma de Campeche.
- Baldock, T. E., Weir, F., & Hughes, M. G. (2008). Morphodynamic evolution of a coastal lagoon entrance during swash overwash. *Geomorphology*, 95(3-4): 398-411. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.07.001>
- Basset, A., ... & Wilson, J. G. (2013). Estuarine and lagoon biodiversity and their natural goods and services. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 132: 1-4. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2013.05.018>
- Carpenter, K. E. (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2. Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)* FAO Species identification guide for fishery purposes. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/eb133bb9-b358-5887-b82f-23c9f8ee94fd/>
- Castillo-Rivera, M., Ortiz-Burgos, S. y Zárate-Hernández, R. (2011). Estructura de la comunidad de peces estuarinos en un hábitat con vegetación sumergida: variación estacional y nictémera. *Hidrobiológica*, 21(3): 311-321.
- Castro-Aguirre, J. L., Espinoza-Pérez, S. H. y Schmitter-Soto, J. J. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Editorial Limusa.
- Chávez-López, R. y Rocha-Ramírez, A. (2020). Composición de la comunidad de peces en el estuario ciego laguna El Llano, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91: e912494. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2494>
- Chávez-López, R., Rocha-Ramírez, A. y Morán-Silva, A. (2020). Presencia de *Poecilia mexicana* Steindachner en un estuario hiperhalino temporal del golfo de México. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 49(1): 27-38. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.1.772>
- Cházaro-Olvera, S. (2009). Growth, mortality, and fecundity of *Palaemonetes pugio* from a lagoon system inlet in the southwestern Gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 29(2): 201-207. <https://doi.org/10.1651/08-3055R.1>
- Cházaro-Olvera, S., & Peterson, M. S. (2004). Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera lagoon, Veracruz, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 74(1): 115-127.
- Chuwen, B. M., Hoeksema, S. D., & Potter, I. C. (2009). Factors influencing the characteristics of the fish faunas in offshore, deeper waters of permanently-open, seasonally-open and normally-closed estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(3): 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.11.001>
- Colling, L. A., Bemvenuti, C. E., & Gandra, M. S. (2007). Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, 97(3): 257-262. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212007000300007>
- De la Cruz-Agüero, G. (1994). Sistema para el análisis de comunidades ANACOM: Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR, IPN, México.

- Díaz-Ruiz, S., ... y Lara-Domínguez, A. L. (2018). Factores ambientales que influyen en la ictiofauna de la laguna La Mancha, sitio Ramsar, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 66(1): 246-265. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.28495>
- Elliott, M., & Kennish, M. (2011). Human-induced problems (uses and abuses) in estuaries and coasts. In E. Wolanski & D. S. McLusky (Eds.), *Treatise on Estuarine & Coastal Science* (pp. 1-315). Academic Press.
- Fairbridge, R. W. (1980). The Estuary: its definition and geodynamics cycle. In E. Olausen & I. Cato (Eds.), *Chemistry and Biogeochemistry of estuaries* (pp. 1-35). Wiley.
- Froese, R. y Pauly, D. (Eds). (2021). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Version (08/2021). www.fishbase.org
- GEV (Gobierno del estado de Veracruz). (2011). *Atlas municipal de riesgos básicos. Municipio de Tecolutla*. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Atlas+Municipal+de+Riesgos+B%C3%A1sicos.+Municipio+de+Tecolutla>
- Hammer, Ø., Harpe, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronic*, 4(1): 1-9.
- Henninger, T. O., Froneman, P. W., & Hodgson, A. N. (2008). The population dynamics of the estuarine isopod *Exosphaeroma hylocoetes* (Barnard, 1940) within three temporarily open/closed southern African estuaries. *African Zoology*, 43(2): 202-217. <https://doi.org/10.1080/15627020.2008.11657237>
- Ito, T. (1959). The Venice system for the classification of marine waters according to salinity: Symposium on the classification of brackish waters, Venice, 8-14 April 1958. *Japanese Journal of Limnology* (Rikusuigaku Zasshi), 20(3): 119-120. <https://doi.org/10.4319/lo.1958.3.3.0346>
- Lankford, R. (1977). Coastal Lagoons of Mexico: Their Origin and Classification. In M. Wiley (Ed.), *Estuarine Processes* (182-215). Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-751802-2.50022-9>
- Lawrie, R. A., Stretch, D. D., & Perissinotto, R. (2010). The effects of wastewater discharges on the functioning of a small temporarily open/closed estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87(2): 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.01.020>
- McSweeney, S. L., ... & Stout, J. C. (2017). Intermittently closed/open lakes and lagoons: Their global distribution and boundary conditions. *Geomorphology*, 292: 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.04.022>
- Miller, R. R., Minckley, W. L. y Norris, S. M. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. Conabio-Simac-Ecosur-Consejo de Peces del Desierto.
- Potter, I. C., ... & Whitfield, A. K. (2015). The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries*, 16: 230-239. <https://doi.org/10.1111/faf.12050>
- Powers, L. W. (1977). A catalogue and bibliography to the crabs (Brachyura) of the Gulf of Mexico. *Contributions in Marine Science* 20: 1-190.

- Raz-Guzmán, A., Huidobro, L., & Padilla, V. (2018). An updated checklist and characterization of the ichthyofauna (Elasmobranchii and Actinopterygii) of the Laguna de Tamiahua, Veracruz, Mexico. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 48(4): 341-362. <http://dx.doi.org/10.3750/AIEP/02451>
- Salas, M. A. S. y Jiménez, M. E. (2004). *Inundaciones*. Serie Fascículos. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana-CNCP-CENAPRED. <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>
- Schallenberg, M., ... & Arbuttle, C. (2010). Contrasting effects of managed opening regimes on water quality in two intermittently closed and open coastal lakes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 587-597. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2009.11.001>
- Sheaves, M. (2016). Simple processes drive unpredictable differences in estuarine fish assemblages: Baselines for understanding site-specific ecological and anthropogenic impacts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 170: 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.025>
- Stretch, D., & Parkison, M. (2006). The breaching of sand barriers at perched, temporary open/closed estuaries- a model study. *Coastal Engineering Journal*, 48(1): 13-30. <https://doi.org/10.1142/S0578563406001295>
- Tooth, S. (2013). 14.5 Google Earth™ in geomorphology: Re-enchanting, revolutionizing, or just another resource? In J. F. Shroder (Ed.), *Treatise on geomorphology* (pp. 53- 64). Academic Press.
- Yu, L., & Gong, P. (2012). Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives. *International Journal of Remote Sensing*, 33(12): 3966-3986. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.636081>
- Wang, W., Nowlin, W. D., & Reid, R. O. (1998). Analyzed surface meteorological fields over the northwestern Gulf of Mexico for 1992-94: mean, seasonal, and monthly patterns. *Monthly Weather Review*, 126(11): 2864-2883. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1998\)126%3C2864:ASMFOT%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1998)126%3C2864:ASMFOT%3E2.0.CO;2)
- Whitfield, A., & Bate, G. (2007). A Review of information on temporarily open/closed estuaries in the warm and cool temperate biogeographic regions of South Africa, with particular emphasis on the influence of river flow on these systems. *South Africa, Water Research Commission Report No. 1581/1/07*.
- Whitfield, A. K., ...& West, R. J. (2012). Paradigms in estuarine ecology-A review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 97: 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.11.026>
- Williams, A. B. (1984). *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press.
- WoRMS (World Register of Marine Species). (2021). *Integrated Marine Information System (IMIS)* <https://www.marinespecies.org/>
- Zavala-Hidalgo, J., Morey, S. L. y O'Brien, J. J. (2003). Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C12): 3389. <https://doi.org/10.1029/2003JC001879>

BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología, se encuentra actualmente indexada en



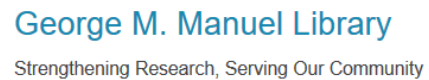
Alojada en los repositorios



Sistema Nacional de Repositorios Digitales

La producción científica argentina al alcance de todas y todos

En bases electrónicas de bibliotecas



Y en buscadores académicos



Bibliometric Analysis using
Publish or Perish: "Hands-On"