

## El ambiente como factor que estructura la comunidad de peces del sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta, Campeche, México

### The environment as a factor that structures the fish community of the Pom-Atasta fluvial-lagoon system, Campeche, Mexico

Mariela Gazca-Castro<sup>1</sup>, Arturo Aguirre-León<sup>2\*</sup>, Silvia Díaz-Ruiz<sup>1</sup> y Sergio Álvarez-Hernández<sup>3</sup>

Recibido: 10 de abril de 2024.

Aceptado: 10 de julio de 2024.

Publicado: diciembre de 2024.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** El sistema Pom-Atasta asociado a la Laguna de Términos tiene importancia científica, social y económica. Numerosas especies dependen de él para realizar sus ciclos biológicos. **Objetivos.** Analizar la dinámica ecológica de la comunidad de peces con relación a la variación ambiental del sistema. **Métodos.** De 2005 a 2014 se realizaron 140 recolectas de peces en 10 sitios del sistema, se registraron parámetros fisicoquímicos. Se utilizó Análisis de Componentes Principales (ACP) para definir ambientes. El esfuerzo de muestreo se validó utilizando estimadores no-paramétricos. Fueron estimados índices de diversidad e indicadores de abundancia de la comunidad. Se realizó Análisis de Escalamiento Multidimensional no-Métrico (NMDS) para determinar relaciones especies-ambientes. **Resultados.** El ACP determinó tres ambientes, mesohalino, oligohalino y dulceacuícola. Se identificaron 59 especies de peces. Las pruebas no-paramétricas promediaron 74 especies para el sistema. La variación espacial de diversidad ( $H' = 1.56 \pm 0.33$ ) y riqueza ( $D = 2.05 \pm 0.48$ ) fue similar, con promedios altos en el ambiente mesohalino. La equitatividad ( $J' = 0.86 \pm 0.09$ ) fue mayor en el oligohalino y los promedios bajos de  $H'$  ( $0.64 \pm 0.08$ ),  $D$  ( $0.90 \pm 0.76$ ) y  $J'$  ( $0.60 \pm 0.46$ ) en el dulceacuícola. Temporalmente la densidad ( $0.062 \text{ ind/m}^2$ ) y biomasa ( $3.15 \text{ g/m}^2$ ) presentaron promedios altos durante los meses de nortes y el mayor peso promedio ( $123.68 \text{ g/ind}$ ) en los meses de secas. El NMDS indicó agrupaciones de especies relacionadas con los ambientes del sistema y sus estrategias ecológicas y biológicas. **Conclusión.** Se integró información sobre la dinámica comunitaria de peces en el sistema relacionada con la variación ambiental de sus hábitats, la cual aporta conocimiento complementario con la finalidad de proponer criterios ecológicos para la conservación de su biodiversidad en la región.

**Palabras clave:** estructura comunitaria, ambientes estuarinos, conjuntos de peces, sistema Pom-Atasta

#### ABSTRACT

**Background.** The Pom-Atasta system associated with the Terminos Lagoon has scientific, social, and economic importance. Numerous species depend on it to carry out their biological cycles. **Goals.** Analyze the ecological dynamics of the fish community in relation to the environmental variation of the system. **Methods.** From 2005 to 2014, 140 fish collections were carried out at 10 sites in the system, and physicochemical parameters were recorded. Principal Component Analysis (PCA) was performed to define environments. The sampling effort was validated using non-parametric estimators. Diversity indices and community abundance indicators were estimated. Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) Analysis was performed to determine species-environment relationships. **Results.** The ACP determined three environments, one mesohaline, another oligohaline and one freshwater. A total of 59 fish species were identified. Non-parametric tests averaged 74 species for the system. The spatial variation of diversity ( $H' = 1.56 \pm 0.33$ ) and richness ( $D = 2.05 \pm 0.48$ ) was similar, with higher averages in the mesohaline environment. Evenness ( $J' = 0.86 \pm 0.09$ ) was higher in the oligohaline and the low averages of  $H'$  ( $0.64 \pm 0.08$ ),  $D$  ( $0.90 \pm 0.76$ ) and  $J'$  ( $0.60 \pm 0.46$ ) in the freshwater. Temporally, the density ( $0.062 \text{ ind/m}^2$ ) and biomass ( $3.15 \text{ g/m}^2$ ) presented the highest averages during the north months and the highest average weight ( $123.68 \text{ g/ind}$ ) in the dry months. The NMDS indicated groupings of species related to the system's environments and their ecological and biological strategies. **Conclusion.** Information on the fish community dynamics in the system related to the environmental variation of their habitats was integrated, which provides complementary knowledge to propose ecological criteria for the conservation of its biodiversity in the region.

**Keywords:** community structure, estuarine environments, fish assemblages, Pom-Atasta system

<sup>1</sup> Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, 09340. México.

<sup>2</sup> Laboratorio Ecología Costera y Pesquerías, Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Av. El Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, Ciudad de México 04960, México.

<sup>3</sup> Laboratorio de Fecología Aplicada, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México, 09340.

**\*Corresponding author:**

Arturo Aguirre-León: e-mail: agla1269@correo.xoc.uam.mx

**To quote as:**

Gazca-Castro, M., A. Aguirre-León, S. Díaz-Ruiz & S. Álvarez-Hernández. 2024. El ambiente como factor que estructura la comunidad de peces del sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta, Campeche, México. *Hidrobiológica* 34 (3): 153-166.

DOI:10.24275/BPOE8175

## INTRODUCCIÓN

La Laguna de Términos en el sur del Golfo de México es uno de los ecosistemas con mayor número de estudios ecológicos realizados, presenta relevancia histórica regional por la pesca y la producción petrolera en su zona costera (Ramos-Muñoz *et al.*, 2020). Es un ecosistema dinámicamente complejo y productivo, con alta diversidad de flora y fauna, y recursos pesqueros, ya que incluye cuatro sistemas fluvio-lagunares asociados en interacción, desde los marinos hasta los dulceacuícolas (Day *et al.*, 2013; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2013). Uno de estos sistemas es el Pom-Atasta, con características ambientales y ecológicas que determinan una variedad de hábitats, los cuales condicionan los patrones espacio temporales de distribución, diversidad y abundancia de su comunidad de peces. La comunidad íctica en este sistema tiene relevancia ecológica, ya que se han registrado especies que lo utilizan para completar parte de sus ciclos vida, además varias tienen importancia económica en la pesca artesanal para consumo local en la región (Aguirre-León *et al.*, 2010).

El sistema Pom-Atasta cuenta con variados estudios sobre dinámica hidrológica, y ecológicos de su comunidad y poblaciones de peces (Amezcu-Linares & Yáñez-Arancibia, 1980; Aguirre-León & Díaz-Ruiz, 2000, 2006; Pérez-Velázquez *et al.*, 2007; Aguirre-León *et al.*, 1998, 2010; Ruiz-Marín *et al.*, 2009; Aragón-Flores *et al.*, 2021). En este estudio se incluye el análisis de ocho años en diferentes temporadas climáticas con un enfoque de estructura de la comunidad, lo cual permite conocer el comportamiento ambiental y comunitario en una escala espacio temporal mayor y comprender el desarrollo y evolución del sistema. Los objetivos de este trabajo fueron: determinar la variación de los parámetros fisicoquímicos en el sistema, analizar la estructura de la comunidad de peces y establecer los conjuntos de peces y su relación con los ambientes que condicionan su composición y distribución en el sistema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El sistema Pom-Atasta forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) de la Laguna de Términos (SEMARNAT, 1996), con categoría de Sitio Ramsar (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2006). Se encuentra localizado hacia el oeste de dicha laguna entre los 18° 30' y 18° 35' latitud norte y 91° 50' y 92° 20' longitud oeste (Fig. 1). Es paralelo a la costa, limitado y comunicado al este por la Boca de Atasta con la Laguna de Términos y al oeste por la Laguna Colorada. Tiene una profundidad promedio de 2.7 m y una superficie aproximada de 190 km<sup>2</sup> (Aguirre-León *et al.*, 1998). Incluye nueve lagunas interiores de dimensiones variables, Loros, Puerto Rico, Palmas, San Carlos, El Corte, Palancares, Atasta, Pom y Colorada. Presenta un canal interno y sinuoso llamado "Torno Largo" que separa a las lagunas Palancares, Atasta y Pom del resto. No cuenta con ríos asociados, solo recibe un volumen de agua dulce a través del canal artificial llamado "del Gallego" que desemboca en la Laguna de Pom y se encuentra conectado con los ríos San Pedro y San Pablo hacia el suroeste de Tabasco y Campeche. Presenta un gradiente semipermanente de salinidad de este a oeste de 28.5 a 0.0 UPS. La vegetación ribereña incluye bosques de manglar representada por *Rhizophora mangle* Linneo (1753), *Avicennia germinans* Linneo (1764) y *Laguncularia racemosa* (L) Gaertner (1807). Se presentan tres temporadas climáticas, secas de febrero a mayo, lluvias de junio a septiembre y nortes de octubre a

enero, cuya duración está determinada por la precipitación estacional, el patrón e intensidad de los vientos, el volumen de la descarga de los ríos y la temperatura ambiental (Ruiz-Marín *et al.*, 2009; Aguirre-León *et al.*, 2010).

**Actividades de campo.** Se llevaron a cabo campañas durante los meses de octubre 2005 (O5); febrero (F6); octubre 2006 (O6); febrero 2007 (F7); octubre 2007 (O7); abril 2008 (A8); noviembre 2008 (N8); marzo 2009 (M9); febrero 2011 (F11); octubre 2011 (O11); febrero 2012 (F12); febrero 2013 (F13); septiembre 2013 (S13) y febrero 2014 (F14). En cada campaña se realizaron recolectas de peces en 10 sitios del sistema (Fig. 1) con una red de arrastre de 5.0 m de largo, boca de trabajo de 2.5 m, luz de malla de 1.8 cm, con lances de 15 min a una velocidad promedio de dos nudos para cubrir un área aproximada de arrastre de 2250m<sup>2</sup>, para un total de 140 capturas. Los peces fueron fijados con formaldehído al 10% y depositados en bolsas plásticas etiquetadas para su posterior procesamiento en el laboratorio. En cada sitio de muestreo se registró la salinidad (UPS), temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) en superficie y fondo con un multianalizador YSI-85, la profundidad con una sonda sónica Speedtech (m) y la transparencia de la columna de agua con un disco de Secchi (m).

**Actividades en laboratorio.** La identificación taxonómica de las especies se determinó con los trabajos de Castro Aguirre *et al.* (1999), Carpenter (2002) y Miller *et al.* (2009). El arreglo sistemático de las especies se basó en Nelson *et al.* (2016) y la autoridad y nomenclatura actual de estas fue corroborada con Fricke *et al.* (2023). En cada sitio, los parámetros de diversidad (Shannon-Weaver H'), riqueza de especies (Margalef D), equitatividad (Pielou J'), así como la densidad (ind/m<sup>2</sup>), biomasa (g /m<sup>2</sup>) y el peso promedio (g/ind.) de la comunidad se estimaron según lo descrito por Aguirre-León *et al.* (2020). Las especies dominantes se determinaron mediante el Índice de Valor de Importancia (IVI= N%+P%+F%) descrito en Díaz-Ruiz *et al.* (2023). Los diferentes habitantes de la comunidad fueron identificados con los criterios de Potter *et al.* (2015) como: marinos estuarinos-opportunistas (MEO), marinos estuarinos-dependientes (MED), solo estuarinos (SE) y solo dulceacuícolas (SD). Las categorías fueron confirmadas para las especies colectadas utilizando Froese & Pauly (2023) y Robertson *et al.* (2023). Las categorías tróficas se definieron por el tipo de alimentación reportada en la literatura, y estas se clasificaron con los criterios propuestos por Elliott *et al.* (2007) y Froese & Pauly (2023) en: zoopláctivos (ZP), especies que se alimentan predominantemente de plancton; detritívoros (DE), especies que se alimentan principalmente de detritus y/o microfítobentos; omnívoros (OM), especies que se alimentan de plantas, epifauna e infauna; piscívoros (PI), peces que se alimentan de peces e invertebrados neotónicos y zoobentívoros (ZB), peces que se alimentan de invertebrados asociados al sustrato.

**Análisis estadístico.** Se aplicó análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre los sitios de muestreo en el sistema y los meses de recolecta, el mismo análisis se utilizó para los parámetros ecológicos de la comunidad para las mismas escalas de espacio y tiempo. Se requirió la justificación de la normalidad y homocedasticidad de los datos, y en todos los casos, se revisó el cumplimiento de los supuestos mediante la prueba de normalidad de Omnibus de D'Agostino-Pearson y la homogeneidad de varianzas con la prueba Levene modificada (Levene, 1960). Cuando fue necesario, se realizaron transformaciones logarítmicas. Si se cumplieron los supuestos de normalidad e igualdad de varianza, se utilizó

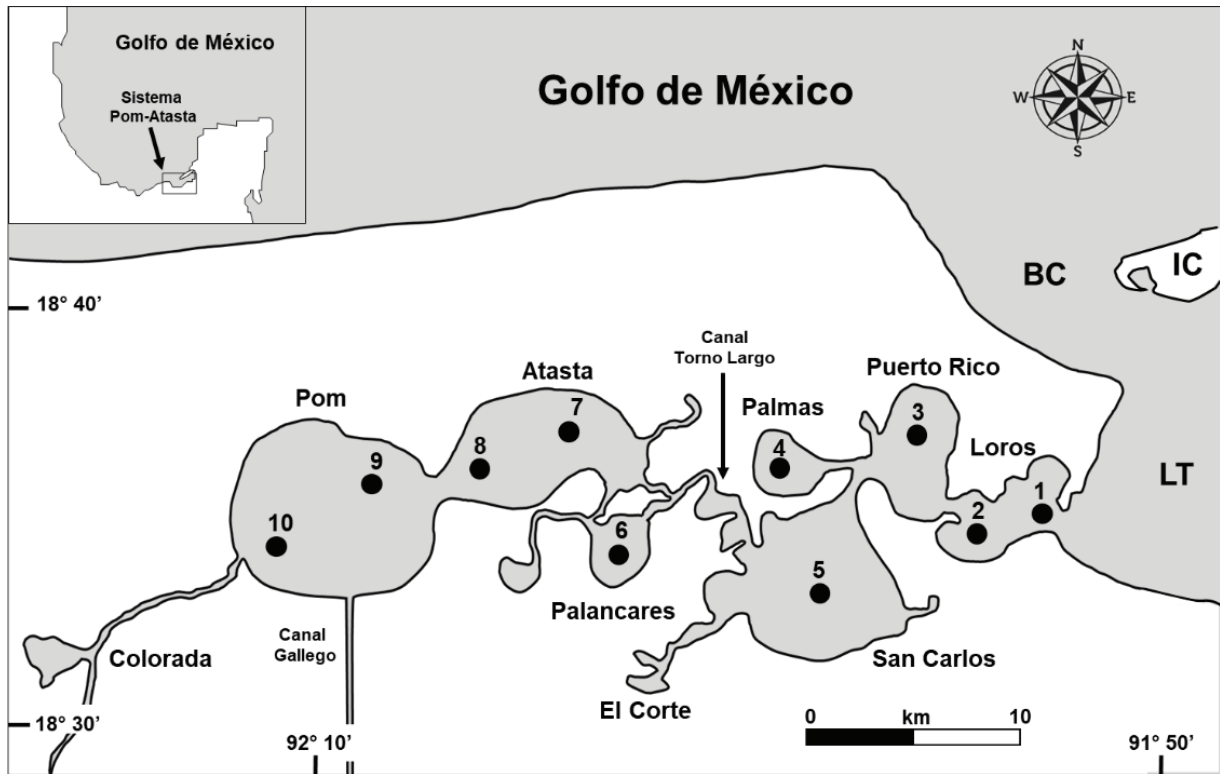


Figura 1. Ubicación geográfica del sistema Pom-Atasta en la Laguna de Términos, Campeche. Se indica la ubicación de las estaciones de muestreo (●), sus lagunas interiores y las principales características fisiográficas de la zona de estudio. LT = Laguna de Términos, BC = Boca del Carmen, IC = Isla del Carmen.

la prueba ANOVA-F, si no se cumplieron estos supuestos, se utilizó la prueba Kruskal-Wallis-H. Se utilizó un nivel de significancia de  $p < 0.05$  (Heiman, 2014). Estos análisis se realizaron con los programas NCSS V7 y STATISTICA V10. Se realizó Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando los valores espacio temporales de las variables físico-químicas con la finalidad de definir ambientes en el sistema, utilizando el programa Primer E V6.0 (Clarke *et al.*, 2014).

El esfuerzo de muestreo en la comunidad se validó estimando curvas de acumulación de especies a partir de los estimadores no-paramétricos Chao2, Jackknife1, Jackknife2 y Bootstrap. Estos calculan la riqueza total de especies basada en registros de presencia-ausencia y estiman la rareza de estas por su incidencia (especies únicas y duplicadas) (Willott, 2001; Magurran, 2011). Se utilizó una base de datos de la abundancia de las especies por sitios y meses de muestreo. La construcción de estas curvas se realizó con 9999 aleatorizaciones utilizando el programa estadístico Primer-E (Clarke *et al.*, 2014).

Para comprobar los cambios en la composición espacio temporal de la comunidad y su relación con los parámetros ambientales, fue aplicado un Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS), utilizando una base de datos de las abundancias de las especies en los sitios de muestreo, los cuales fueron transformados a raíz cuadrada para obtener una matriz de similaridad de Bray-Curtis y definir conjun-

tos de peces relacionados con los ambientes del sistema determinados por el ACP. Se utilizó el valor de estrés para evaluar este análisis, así como una prueba de similitud ANOSIM por pares para estimar diferencias estadísticas de la composición de las especies entre ambientes. Se utilizó el programa Primer E + Permanova V6.0 (Clarke *et al.*, 2014).

## RESULTADOS

**Variación espacio temporal de los parámetros físicoquímicos.** Estos parámetros mostraron gradientes espaciales y temporales semipermanentes en su mayoría de este a oeste. En escala espacial se presentaron diferencias estadísticas significativas entre sitios, con intervalos promedio para la salinidad en superficie de 10.1 a 0.26 UPS ( $F=10.68$ ,  $p<0.0001$ ), en fondo de 12.3 a 0.23 UPS ( $F=13.13$ ,  $p<0.0001$ ), en profundidad 1.5 a 2.8 m ( $F=17.92$ ,  $p<0.0001$ ) y transparencia del agua de 0.51 a 0.92 m ( $F=2.56$ ,  $p=0.0095$ ). Asimismo, entre meses para salinidad en superficie de 10.41 a 0.16 UPS ( $F=5.71$ ,  $p<0.0001$ ), y de fondo 10.43 a 0.16 UPS ( $F=4.73$ ,  $p<0.0001$ ), temperatura en superficie de 31.28 a 23.18 °C ( $H=114.13$ ,  $p<0.0001$ ), y de fondo de 30.29 a 22.77 °C ( $H=122.46$ ,  $p<0.0001$ ), oxígeno disuelto en superficie de 8.3 a 4.0 mg/L ( $H=80.04$ ,  $p<0.0001$ ), y de fondo de 5.88 a 2.92 mg/L ( $H=57.23$ ,  $p<0.0001$ ), profundidad de 2.37 a 2.7 m ( $F=2.08$ ,  $p=0.0195$ ) y transparencia de 1.14 a 0.45 m ( $H=30.62$ ,  $p=0.0038$ ).

El comportamiento de los gradientes ambientales se reflejó en la ordenación del ACP (Fig. 2) de los sitios de muestreo en el sistema. Este análisis indicó que el 86.7% de la variación ambiental fue explicada por los primeros 2 componentes. El eje 1 con eigenvalor de 4.76, se relacionó con la salinidad, temperatura, profundidad y transparencia. El eje 2 con eigenvalor de 2.18 tuvo mayor relación con el oxígeno disuelto. Se observó la formación de tres grupos de sitios que representan ambientes con características fisicoquímicas similares: estaciones 1 a 3 con predominancia mesohalina ( $\bar{X}_{sup.} = 8.22$ ,  $\bar{X}_{fon.} = 9.32$  UPS) menor profundidad y transparencia ( $\bar{X} = 1.77$  m y  $\bar{X} = 0.57$  m) respectivamente; estaciones 4 a 8 como oligohalinas ( $\bar{X}_{sup.} = 2.22$ ,  $\bar{X}_{fon.} = 2.23$  UPS), profundidad y transparencia mayores ( $\bar{X} = 2.02$  m y  $\bar{X} = 0.75$  m) respectivamente, y estaciones 9 y 10 principalmente dulceacuícolas ( $\bar{X}_{sup.} = 0.30$ ,  $\bar{X}_{fon.} = 0.30$  UPS) con el máximo de profundidad y transparencia ( $\bar{X} = 2.57$  m, y  $\bar{X} = 0.89$  m) respectivamente.

**Composición de la comunidad.** Se recolectaron un total de 5359 individuos pertenecientes a 10 órdenes, 26 familias, 50 géneros y 59

especies (Tabla 1). Las familias mejor representadas fueron Sciaenidae con 8 especies, Gerreidae con 6, Carangidae y Cichlidae con 4. El número de especies varió entre sitios de 35 (59.3%) en la estación 1 a 14 (23.7%) en la estación 9. Entre meses de 35 (59.3%) en octubre 2007 a 15 (25.4%) en febrero 2006. Las especies más abundantes fueron *Cathorops aguadulce* (Meek, 1904) (30.8%), *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) (24.0%) y *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) (10.4%) (Tabla 1). Se registraron tres especies exóticas *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991).

Las curvas de acumulación de especies (Fig. 3) mostraron que el esfuerzo de muestreo representó el número de especies en cada sitio y mes de colecta. Los estimadores sugieren que la riqueza promedio es de 74 especies, por lo que, faltarían 15 especies para completar el elenco. La representatividad del muestro varió entre el 63 % y el 88% de las especies esperadas. El máximo número de especies (81) se obtuvo con Jackknife2, y el mínimo (66) con Bootstrap.

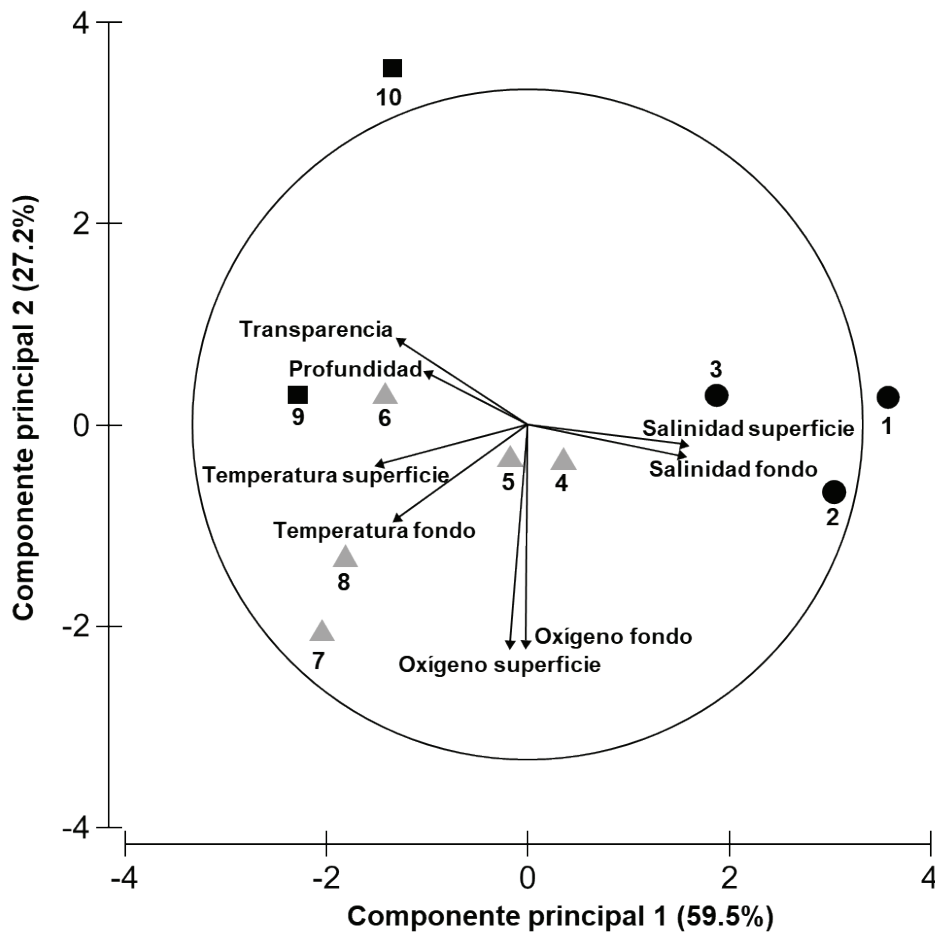


Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP) de las variables fisicoquímicas en escala espacio temporal en el sistema Pom-Atasta, Campeche. El círculo representa las correlaciones entre las variables ambientales y los sitios de muestreo. Los símbolos corresponden a los ambientes mesohalino (●), oligohalino (▲) y dulceacuícola (■).

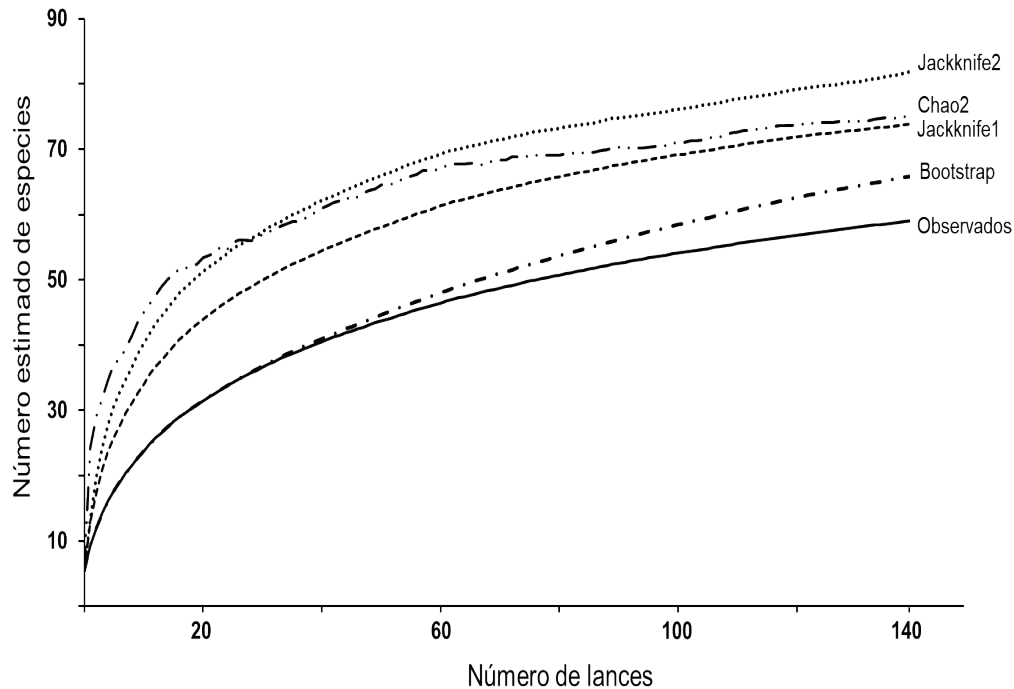


Figura 3. Curvas de acumulación de especies de peces capturadas en el sistema Pom-Atasta. Se indican las tendencias de los diferentes estimadores estadísticos calculados.

**Diversidad y abundancia.** La variación espacial de la diversidad  $H'$ , riqueza  $D$  y equitatividad  $J'$  (Fig. 4 A, B, C) fue similar y estuvo relacionada con el gradiente salino, con los promedios más altos de  $H'$  ( $1.56 \pm 0.33$ ) y  $D$  ( $2.05 \pm 0.48$ ) en las estaciones 1 y 2 con características mesohalinas. La  $J'$  ( $0.86 \pm 0.09$ ) fue mayor en el ambiente oligohalino. Los promedios más bajos de  $H'$  ( $0.64 \pm 0.08$ ),  $D$  ( $0.90 \pm 0.76$ ) y  $J'$  ( $0.60 \pm 0.46$ ) se registraron en las estaciones 9 y 10 del ambiente dulceacuícola. El análisis de varianza indicó diferencias significativas para  $H'$  ( $F=5.50$ ,  $p<0.0001$ ) y  $D$  ( $F=4.21$ ,  $p<0.0001$ ) entre sitios de muestreo. La variación temporal de la diversidad y riqueza fue similar entre meses de estudio, los promedios más altos se registraron para  $H'$  ( $1.42 \pm 0.33$ ) en abril 2008,  $D$  ( $1.82 \pm 0.97$ ) en octubre 2007 y  $J'$  ( $0.91 \pm 0.06$ ) en febrero 2013 (Fig. 4 D, E, F). Los más bajos de  $H'$  ( $0.81 \pm 0.47$ ) y  $D$  ( $1.00 \pm 0.64$ ) en octubre 2006 y de  $J'$  ( $0.55 \pm 0.23$ ) en octubre 2007. No se encontraron diferencias significativas entre meses ( $P > 0.05$ ).

La variación espacial de la abundancia se muestra en la figura 5 (A, B, C), el valor promedio más alto de densidad ( $0.037 \pm 0.03$  ind/m<sup>2</sup>) se registró en la estación 1, la biomasa ( $1.02 \pm 0.82$  g/m<sup>2</sup>) en la estación 4 y el peso promedio ( $181.00 \pm 178.95$  g/ind.) en la estación 10. Los promedios más bajos en densidad ( $0.002 \pm 0.001$  ind/m<sup>2</sup>) y biomasa ( $0.29 \pm 0.23$  g/m<sup>2</sup>), se registraron en la estación 10 y el peso promedio ( $16.79 \pm 10.83$  g/ind) en la estación 1. Se encontraron diferencias estadísticas significativas para la densidad ( $H=37.45$ ,  $p<0.0001$ ) y peso promedio ( $H=33.05$ ,  $p<0.0001$ ) entre sitios. Temporalmente la densidad, biomasa y peso promedio (Fig. 5 D, E, F) tuvieron un comportamiento similar. Los valores promedio más altos en densidad ( $0.062 \pm 0.056$  ind/m<sup>2</sup>) y biomasa ( $3.15 \pm 0.522$  g/m<sup>2</sup>) se registraron en octubre

2007 y el peso promedio ( $123.68 \pm 114.42$  g/ind) en febrero 2013. La menor densidad ( $0.003 \pm 0.003$  ind/m<sup>2</sup>) se registró en febrero 2014, la biomasa ( $0.22 \pm 0.10$  g/m<sup>2</sup>) en septiembre 2013 y el peso promedio ( $29.82 \pm 23.19$  g/ind) en noviembre 2008. El análisis de varianza indicó diferencias significativas para la densidad ( $H=25.8695$ ,  $p<0.0021$ ) y biomasa ( $H=25.1264$ ,  $p<0.0028$ ) entre los meses.

**Especies dominantes, componentes ecológicos y categorías tróficas.** El IVI indicó que tres especies fueron dominantes en el sistema, *C. aguadulce* (IVI=67.6), *E. plumieri* (IVI=42.5) y *D. rhombeus* (IVI=35.9), las cuales representaron el 65.2% en número y el 46.8% en peso de la captura total, con frecuencias de aparición entre 49 a 70% (Tabla 1). Otras especies menos abundantes como *Hypanus sabinus* (Lesueur, 1824) y *Bairdiella ronchus* (Cuvier, 1830) contribuyeron por su peso a la comunidad. Los componentes ecológicos estuvieron representados por 34 especies (58.0%) marinas estuarinas-opportunistas (MEO) como *Spherooides testudineus* (Linnaeus, 1758); 15 (25.0%) marinas estuarinas-dependientes (MED) como *Eucinostomus gula* (Quoy & Gaimard, 1824) con amplia distribución local; 7 especies (11.9%) sólo dulceacuícolas (SD) como *Oscura heterospila* (Hubbs, 1936) y 3 especies (5.1%) solo estuarinas (SE) como *Dormitator maculatus* (Bloch, 1792) (Tabla 1). La comunidad estuvo compuesta por cinco categorías tróficas, 3 especies (5.1%) zooplanctónicas (ZP) como *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848); 4 (6.8%) detritívoras (DE) como *Spherooides nephelus* (Goode & Bean, 1882); 8 (13.6%) omnívoras (OM) como *Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770); 11 (18.6%) piscívoras (PI) como *Hemicaranx amblyrhynchus* (Cuvier, 1833) y 33 (55.9%) zoobentívoras (ZB) como *Micropogonias undulatus* (Linnaeus, 1766) (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de familias y especies colectadas en el sistema fluvio deltaico Pom-Atasta, Campeche

Especies	AB	Número	N (%)	Peso (g)	P (%)	Frec. (%)	IVI (%)	CE	CT	DA
Dasyatidae										
<i>Hypanus sabinus</i> (Lesueur, 1824)	Hs	69	1.30	42403.5	25.700	5.74	32.74	MED	ZB	0
Lepisosteidae										
<i>Atractosteus tropicus</i> Gill, 1863	At	1	0.02	2000	0.130	0.13	0.28	SD	PI	D
Engraulidae										
<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)	Am	64	1.20	58.2	0.040	3.99	5.23	MEO	ZP	0
Clupeidae										
<i>Dorosoma anale</i> Meek, 1904	Dan	5	0.10	23	0.014	0.39	0.50	MED	ZP	0
<i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)	Dp	15	0.30	335.5	0.648	0.65	1.60	MED	ZP	0
<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	Oo	4	0.07	24.6	0.010	0.39	0.47	MEO	ZB	M
Locariidae										
<i>Pterygoplichthys pardalis</i> (Castelnau, 1855)	Pp	12	0.21	2316.3	1.400	1.20	2.81	SD	DE	0
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i> (Weber, 1991)	Pd	1	0.02	297.8	0.180	0.20	0.40	SD	DE	D
Ariidae										
<i>Ariopsis felis</i> (Linnaeus, 1766)	Af	17	0.30	2362.6	1.400	1.55	3.25	MED	ZB	0
<i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)	Bm	33	0.60	298.6	0.200	0.65	1.45	MEO	ZB	M
<i>Cathorops aguadulce</i> * (Meek, 1904)	Ca	1652	30.80	39673.8	24.000	12.75	67.55	SE	ZB	0
Synodontidae										
<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	Sfo	16	0.20	299.9	0.200	0.65	1.05	MEO	PI	M
Batrachoididae										
<i>Opsanus beta</i> (Goode & Bean, 1880)	Ob	28	0.50	1678.8	1.000	2.07	3.57	MED	ZB	0
Syngnathidae										
<i>Syngnathus louisianae</i> Günther, 1870	Slo	1	0.02	3.6	0.002	0.13	0.15	MEO	ZB	M
<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)	Ss	1	0.02	0.2	0.000	0.13	0.15	MEO	ZB	0
Centropomidae										
<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	Cpa	20	0.40	1878.1	1.100	1.81	3.31	MED	ZB	0
<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	Cu	5	0.10	912.2	0.600	0.55	1.25	MED	PI	0
Carangidae										
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	Ch	1	0.02	3.8	0.002	0.13	0.15	MEO	PI	M
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	Cc	4	0.07	16.7	0.010	0.39	0.47	MEO	PI	M
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier, 1833)	Ha	13	0.20	50	0.030	0.39	0.62	MEO	PI	M
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Os	1	0.02	1	0.001	0.13	0.15	MEO	PI	M
Lutjanidae										
<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	Ls	8	0.15	332.2	0.200	0.26	0.61	MEO	PI	M
Gerreidae										
<i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1848	Da	12	0.20	98.3	0.060	0.65	0.91	MEO	ZB	0
<i>Diapterus rhombeus</i> * (Cuvier, 1829)	Dr	1283	24.00	5000.5	3.028	8.90	35.93	MEO	OM	M
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	Ear	110	2.10	706.2	0.430	2.44	4.97	MEO	OM	M
<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Eg	199	3.70	897.7	0.540	2.30	6.54	MED	ZB	M
<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	Em	20	0.40	168.7	0.100	1.30	1.80	MED	ZB	M
<i>Eugerres plumieri</i> * (Cuvier, 1830)	Ep	559	10.40	32556.2	19.710	12.34	42.45	MED	OM	0
Haemulidae										
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	Cn	1	0.02	1.2	0.001	0.13	0.15	MEO	ZB	0
Sparidae										

Especies	AB	Número	N (%)	Peso (g)	P (%)	Frec. (%)	IVI (%)	CE	CT	DA
<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	Ap	10	0.20	3010	1.820	1.30	3.32	MEO	OM	0
<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)	Cp	1	0.02	1	0.001	0.13	0.15	MEO	ZB	0
Polynemidae										
<i>Polydactylus octonemus</i> (Girard, 1858)	Po	25	0.50	234.4	0.140	0.26	0.90	MEO	ZB	M
Sciaenidae										
<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)	Bc	19	0.40	337.8	0.200	0.91	1.51	MED	ZB	M
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	Br	295	5.50	9559.5	5.790	0.91	12.20	MEO	PI	M
<i>Cynoscion arenarius</i> Ginsburg, 1930	Car	43	0.80	210.1	0.130	1.42	2.35	MED	ZB	M
<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	Cne	4	0.07	212.5	0.130	0.26	0.46	MEO	PI	M
<i>Cynoscion nothus</i> (Holbrook, 1848)	Cno	25	0.50	124.7	0.080	0.52	1.10	MEO	ZB	M
<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus, 1758)	Ma	1	0.02	7	0.103	0.13	0.25	MEO	ZB	M
<i>Micropogonias undulatus</i> (Linnaeus, 1766)	Mun	156	2.90	878.2	0.530	5.44	8.87	MED	ZB	M
<i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook, 1855)	Sl	6	0.10	109.9	0.070	0.26	0.43	MEO	ZB	M
Cichlidae										
<i>Mayaheros urophthalmus</i> (Günther, 1862)	Mu	1	0.02	169.7	0.100	0.13	0.25	SD	OM	0
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	On	3	0.06	1612.7	1.000	0.39	1.45	SD	OM	0
<i>Oscura heterospila</i> (Hubbs, 1936)	Oh	10	0.19	1488.8	0.900	0.78	1.87	SD	ZB	0
<i>Thorichthys helleri</i> (Steindachner, 1864)	Th	8	0.15	314.4	0.200	0.26	0.61	SD	ZB	0
Eleotridae										
<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)	Dm	2	0.04	109.8	0.070	0.26	0.37	SE	DE	D
<i>Eleotris amblyopsis</i> (Cope, 1871)	Ea	1	0.02	12.1	0.010	0.13	0.16	SE	ZB	D
Gobiidae										
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)	Bs	1	0.02	0.7	0.000	0.13	0.15	MEO	ZB	0
<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)	Go	26	0.49	226.5	0.140	1.55	2.18	MEO	OM	0
Ephippidae										
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	Cf	1	0.02	750.4	0.450	0.20	0.67	MEO	OM	M
Trichiuridae										
<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	Tl	3	0.06	80.2	0.050	0.26	0.37	MEO	PI	M
Paralichthyidae										
<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862	Cs	177	3.30	1314.9	0.800	5.71	9.81	MED	ZB	M
<i>Cyclopsetta fimbriata</i> (Goode & Bean, 1885)	Cfi	5	0.09	20.4	0.010	0.39	0.49	MEO	ZB	M
<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882	Ec	4	0.07	37.7	0.020	0.49	0.58	MEO	ZB	M
Achiridae										
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	Al	91	1.70	467.7	0.300	5.55	7.55	MED	ZB	0
<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Tm	26	0.50	131	0.080	1.98	2.56	MED	ZB	0
Cynoglossidae										
<i>Symphurus civitatum</i> Ginsburg, 1951	Sc	1	0.02	7.7	0.005	0.13	0.15	MEO	ZB	M
<i>Symphurus plagiusa</i> (Linnaeus, 1766)	Sp	1	0.02	49.5	0.030	0.13	0.18	MEO	ZB	M
Tetraodontidae										
<i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode & Bean, 1882)	Sn	20	0.40	116	0.070	0.40	0.87	MEO	DE	M
<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)	St	238	4.40	9170	5.600	7.23	17.23	MEO	ZB	M
<b>TOTALES</b>	<b>59</b>	<b>5359</b>	<b>100</b>	<b>165164.50</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>			

**Índice de Valor de Importancia (IVI).** Especies dominantes (\*). Componente ecológico (CE): MED = marino estuarino-dependiente, MEO = marino estuarino-opportunista, SE = solo estuarino, SD = solo dulceacuícola, categoría trófica (CT): ZP = zooplanctónicos, OM = omnívoros, DE = detritívoros, PI = piscívoros, ZB = zoobentívoros. Distribución por ambiente (DA): (M) = Mesohalino. (O) = Oligohalino, (D) = Dulceacuícola. Abreviaturas (AB) utilizadas en la Figura 6.

**Conjuntos de especies.** El NMDS (Fig. 6) muestra la ordenación de la composición y abundancia espacio temporal de las especies de la comunidad entre los ambientes del sistema, donde se observa que dicha composición se relacionó con las características ambientales que prevalecieron en cada hábitat. El ambiente mesohalino agrupó 30 especies, de las cuales 14 son exclusivas, siendo *B. ronchus* la más abundante. En el hábitat oligohalino 24 especies se presentaron más dispersas con 7 exclusivas, destacando *M. undulatus*. Estos dos últimos grupos de especies fueron los más similares ( $R=0.31$ ,  $p=0.001$ ), los cuales presentaron 18 comunes. El grupo de especies del hábitat dulceacuícola sólo incluyó 4 exclusivas, y fue el más disímil respecto a los otros dos, el cual presentó a la especie exótica *P. disjunctivus*. Los grupos de especies entre los ambientes oligohalino y dulceacuícola fueron los menos parecidos ( $R=0.56$ ,  $p=0.001$ ), donde se registraron 3 comunes. Los más contrastantes fueron los conjuntos del ambiente mesohalino y dulceacuícola ( $R=0.82$ ,  $p=0.001$ ). En los tres ambientes se presentaron 13 especies comunes incluyendo las 3 dominantes del sistema. El estrés de la prueba fue de 0.13, siendo aceptable para este análisis. El análisis ANOSIM indicó diferencias estadísticas significativas en la composición de las especies entre los ambientes del sistema con una  $R$  global de 0.409 y  $p=0.001$  entre grupos.

## DISCUSIÓN

La dinámica ambiental del sistema Pom-Atasta se caracteriza por la presencia de gradientes semipermanentes de los parámetros fisicoquímicos que se relacionan con el intercambio de agua a través de su boca de conexión con el patrón de circulación de la Laguna de Términos, con la geomorfología del sistema, con los cambios climáticos regionales y el patrón de vientos asociados. Estas características condicionan el establecimiento de ambientes o hábitats en escalas espacial y temporal en el sistema como reflejo de los factores hidrográficos previamente mencionados. El análisis ambiental realizado por Aguirre-León *et al.* (1998) evidenció la presencia de un hábitat mesohalino y otro oligohalino que variaban en extensión a través de las temporadas climáticas de la región. En el presente estudio los parámetros fisicoquímicos que mostraron cambios espaciales significativos fueron sobre todo la salinidad, la profundidad y la transparencia del agua definiéndose tres hábitats; mesohalino, oligohalino y dulceacuícola. No obstante, en escala temporal todos los parámetros tuvieron variaciones significativas como consecuencia de la estacionalidad climática. Un rasgo fundamental para la prevalencia de los ambientes definidos también en este trabajo es la geomorfología del sistema Pom-Atasta, la cual fue analizada por Gutiérrez-Estrada *et al.* (1982). Este se configura por varias lagunas internas y el canal intermedio "Torno Largo" que divide a dicho sistema en dos conjuntos de cuerpos de agua, y condiciona el intercambio de agua que ingresa desde la Laguna de Términos por efecto de la marea. Otro rasgo relevante fue la construcción por parte de PEMEX del "Canal del Gallego" que desemboca en la laguna de Pom. Este canal permanece abierto desde 1992 e introduce de manera permanente agua a esta parte del sistema lo que ha condicionado la dulcificación gradual de la laguna Pom donde se localizan los sitios 9 y 10 (Aguirre-León *et al.*, 2010). La variación de los parámetros ambientales de los hábitats definidos condiciona a su vez la organización de la ictiofauna y permite comprender en diferentes escalas los cambios comunitarios (Barletta *et al.* 2008; Peralta-Meixueiro & Vega-Cendejas, 2011; Molina *et al.*, 2020).

Diversos estudios han indicado que las variables ambientales de los sistemas costeros como la temperatura y salinidad influyen de manera diferenciada en la composición de las especies, las cuales los utilizan de acuerdo con sus requerimientos biológicos, lo que permite explicar su comportamiento ecológico y ocurrencia dentro del sistema lagunar a través de las diferentes temporadas climáticas de una región (Barletta *et al.*, 2005; Gerson Araújo *et al.*, 2018). En este estudio, el número de especies registrado fue mayor a los registros previos en trabajos realizados en el mismo subsistema, así Amezcua Linares & Yáñez Arancibia (1980) reportaron 33 y Aguirre-León *et al.* (1998, 2010) 53. Debe señalarse que las especies exóticas dulceacuícolas *O. niloticus*, *P. disjunctivus* y *P. pardalis* se incluyeron como parte del elenco registrado desde el año 2007, las cuales han sido identificadas como uno de los riesgos ambientales críticos a los que están sujetos los hábitats acuáticos por los cambios en las características físicas del agua, así como por el desplazamiento y competencia con especies nativas (Barba-Macias *et al.*, 2014).

Las curvas de acumulación de especies indicaron que el valor promedio estimado por estas es cercano al observado en este estudio. Este análisis sugiere que el sistema Pom-Atasta podría contener un mayor número de especies incrementando los muestreos estandarizados durante los meses de secas y lluvias, lo que resultaría en el registro de otras que lo utilizan en esas temporadas. Diversos estudios realizados en lagunas costeras tropicales y subtropicales han reconocido que las especies de peces usan de manera alterna los ambientes de estos sistemas en diferentes condiciones climáticas, reflejando la variación en la composición y riqueza de especies (Aguirre-León *et al.*, 2014; Romero-Berny *et al.*, 2020; Díaz-Ruiz *et al.*, 2023).

En el sistema Pom-Atasta se observaron cambios significativos en diversidad y riqueza entre sus ambientes, caracterizados por su dinámica ambiental con valores más altos en el ambiente mesohalino debido a la presencia de especies marinas estuarinas oportunistas (MEO) como *Polydactylus octonemus* (Girard, 1858), *Cynoscion nothus* (Holbrook, 1848), *Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770) y *Symphurus civitatum* Ginsburg, 1951 y especies estuarinas dependientes (MED) como *Dorosoma petenense* (Günther, 1867), *Bagre marinus* (Mitchill, 1815) y *Centropomus parallelus* Poey, 1860. Este comportamiento es similar para la Laguna Pueblo Viejo (Castillo-Rivera *et al.*, 2002), Laguna La Mancha (Díaz-Ruiz *et al.*, 2018) y la Laguna del Ostión (Aguirre-León *et al.*, 2020), donde la mayor diversidad y riqueza se presentaron en ambientes cercanos a la boca de conexión. En el ambiente dulceacuícola se registraron los valores más bajos de estos parámetros, lo que indica que un menor número de especies utilizan este hábitat (Barletta *et al.*, 2005) como *Atractosteus tropicus* Gill, 1863 y *Thorichthys helleri* (Steindachner, 1864). Temporalmente en el mes de abril 2008 (secas) la diversidad y riqueza fue mayor debido a la presencia de especies como *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), *S. civitatum*, *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758 y *Synodus foetens* (Linnaeus, 1766) que sólo se presentaron durante este mes. Sin embargo, también se observan valores altos durante septiembre 2013 (lluvias), debido a que ingresan al sistema especies marinas estuarinas dependientes (MED) en busca de protección, alimento y reproducción como *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). Se ha observado que este comportamiento está relacionado con el incremento en la producción de materia orgánica y nutrientes en el sistema, incrementando la disponibilidad de alimento (Perera-García *et al.*, 2011; Hernández-Vidal *et al.*, 2014; Aguirre-León *et al.*, 2020).



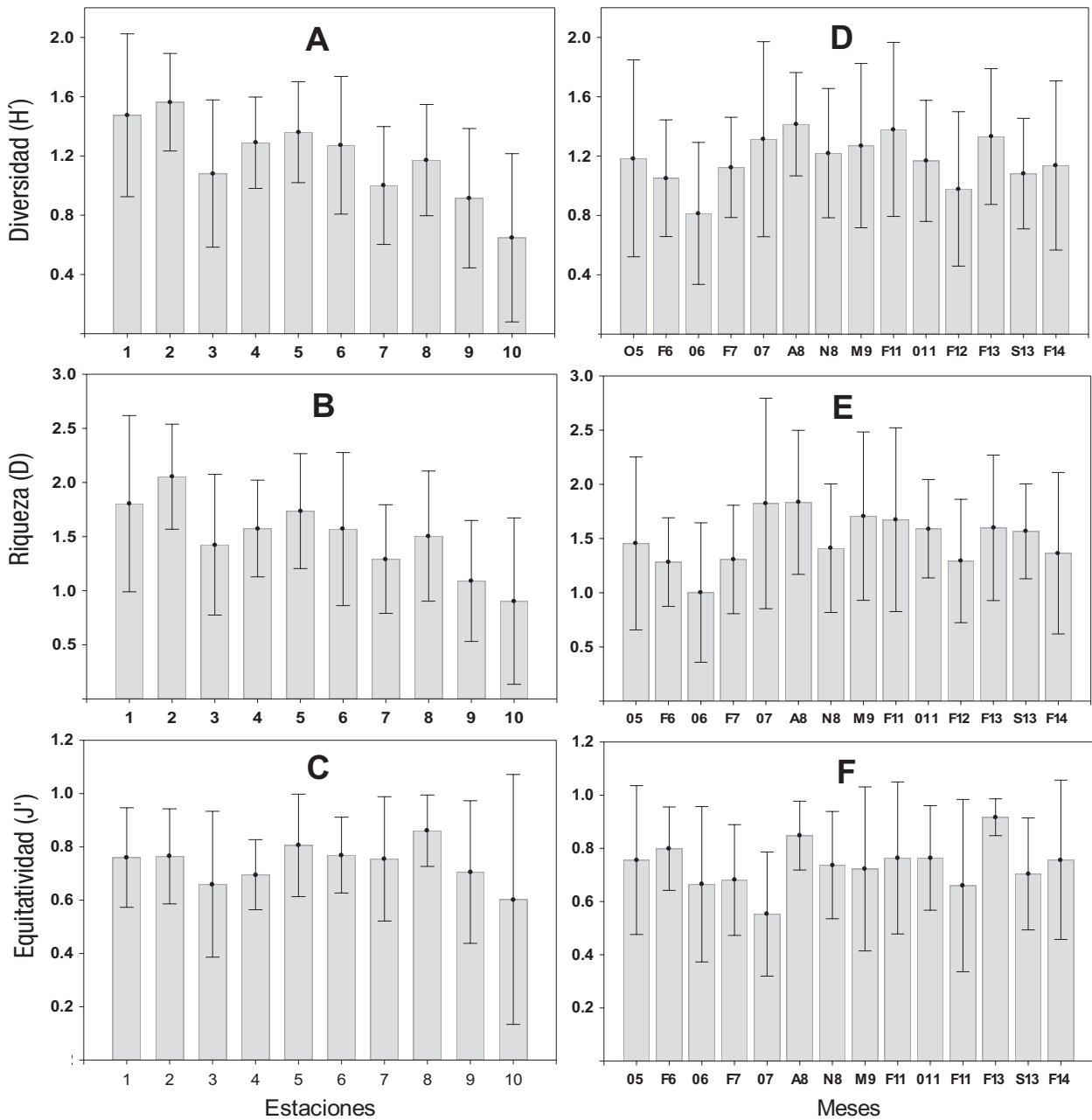


Figura 4. Variación espacial y temporal promedios ( $\pm 1$  DE) de los índices Diversidad (H'), Riqueza (D) y Equitatividad (J') de la comunidad de peces en el sistema Pom-Atasta, Campeche.

La abundancia de los peces se encuentra relacionada con la biología de las especies y con la variación estacional de los parámetros fisicoquímicos. Se observó que la densidad y biomasa fue mayor en el ambiente mesohalino, debido al desplazamiento de especies marinas estuarinas oportunistas (MEO) y dependientes (MED) como juveniles y preadultos, que migran desde el mar o Laguna de Términos hacia el sistema Pom-Atasta, para alimentarse, crecer y madurar durante los meses del año como *B. ronchus*, *Citharichthys spilopterus* Günther, 1862, *E. gula*, *S. testudineus* y *M. undulatus*, mostrando un incremento diferenciado en su abundancia en las temporadas del año (Aguirre-León

& Díaz-Ruiz, 2000, 2006; Arceo-Carranza *et al.*, 2013). Otras especies marinas estuarinas dependientes (MED), oportunistas (MEO) y solo estuarinas (SE) relacionadas con los cambios estacionales presentan mayor abundancia en el ambiente oligohalino como *E. plumieri* y *C. agudulce*, la cuales presentaron peso promedio alto, así como *D. rhombeus* y *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758) igualmente abundantes pero con peso promedio bajo, las cuales diferencian sus ciclos de vida a lo largo del año de acuerdo con sus estrategias biológicas (Peralta-Meixueiro & Vega-Cendejas, 2011; Aguirre-León *et al.*, 2020; Molina *et al.*, 2020).

El estudio de las especies dominantes en sistemas costeros permite analizar las interacciones con otras especies presentes, ya que las primeras regulan la abundancia de estas últimas, por lo que influyen en la estructura de la comunidad (Potter *et al.*, 2015; Gerson Araujo *et al.*, 2018). En este estudio *C. aguadulce*, *D. rhombeus* y *E. plumieri* fueron especies dominantes bien adaptadas a los gradientes fisicoquímicos y estructura biótica del sistema Pom-Atasta, lo que ha permitido su coexistencia y utilización de sus ambientes con diferentes fines bioló-

gicos a través del tiempo. En estudios previos de este sistema en diferentes escalas temporales, Aguirre-León *et al.* (1998, 2010) reportaron a *S. testudineus*, *A. mitchilli*, *E. gula*, *Ariopsis felis* (Linnaeus, 1766), *M. undulatus* y *B. ronchus* también como dominantes. Todas las especies referidas han sido registradas como dominantes o abundantes en sistemas litorales del Golfo de México por Aguirre-León *et al.* (2020), Aragón-Flores *et al.* (2021), Díaz-Ruiz *et al.* (2018, 2023).

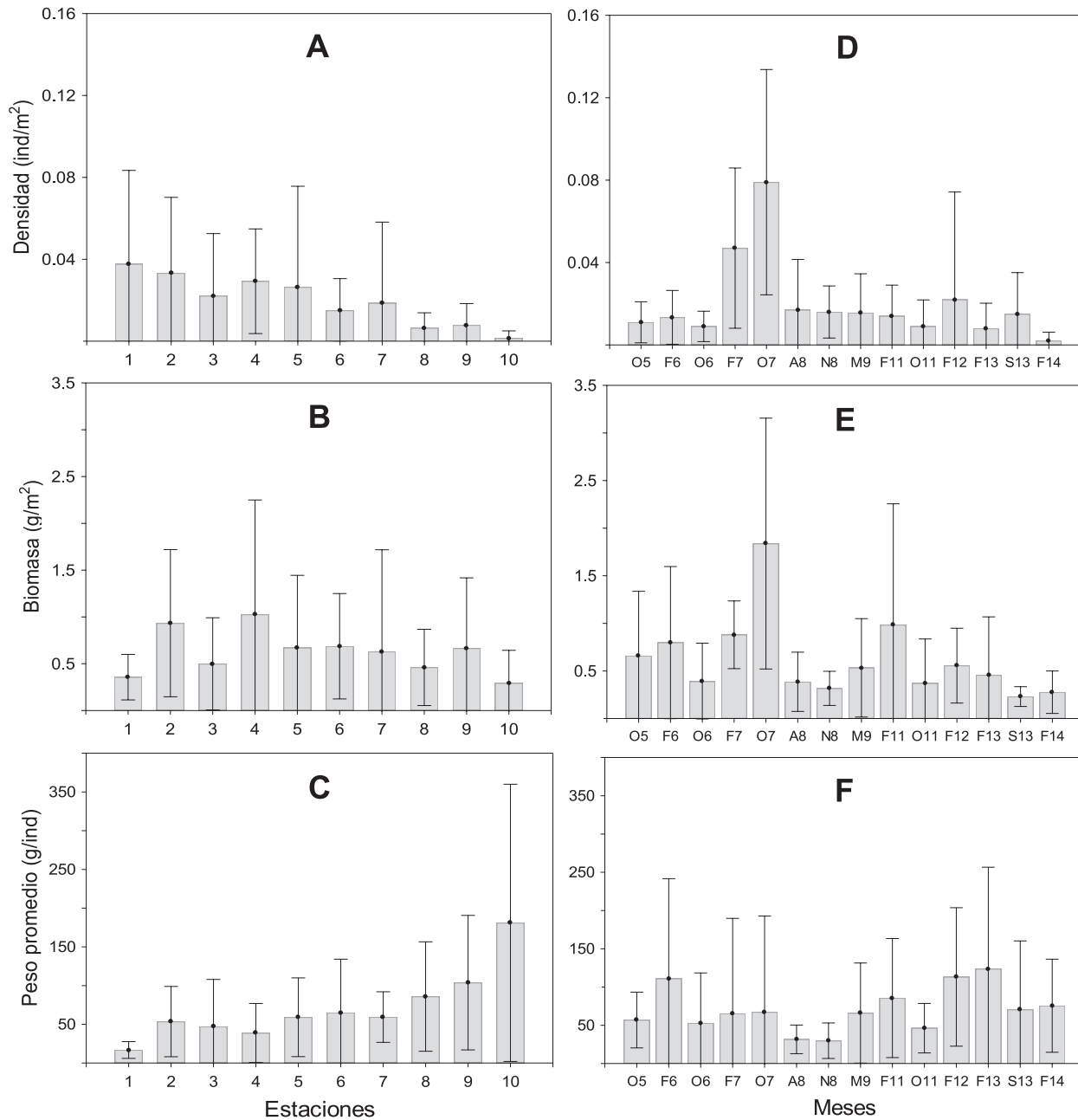


Figura 5. Variación espacial y temporal promedios (± 1 DE) de la densidad (ind/m<sup>2</sup>), biomasa (g/m<sup>2</sup>) y peso promedio (g/ind) de la comunidad de peces en el sistema Pom-Atasta, Campeche.

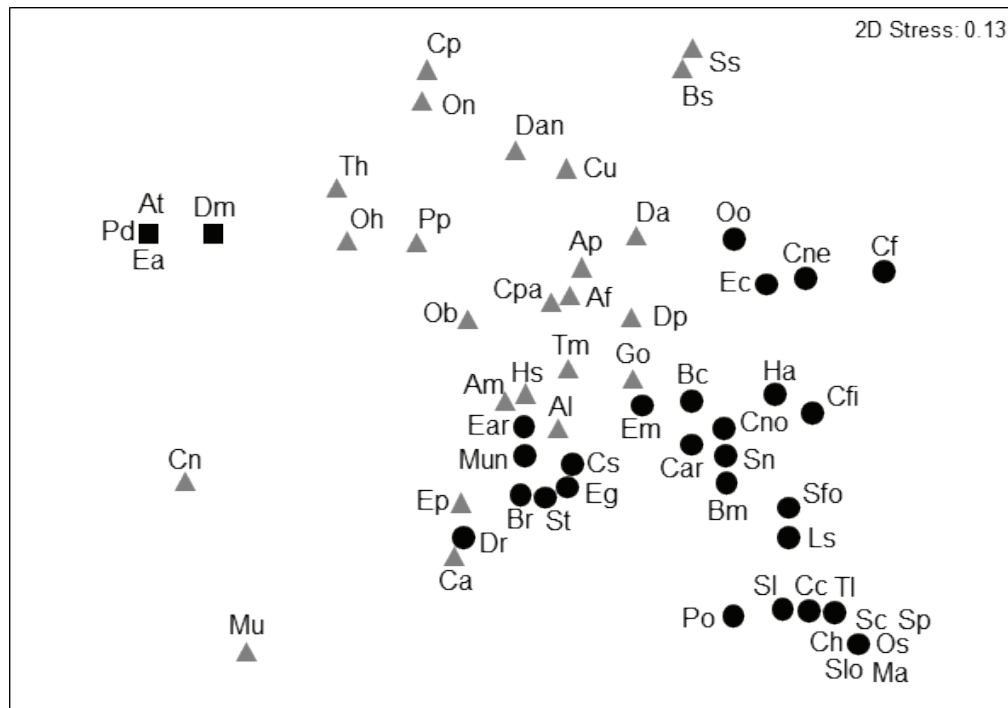


Figura 6. Análisis no-paramétrico de escalamiento multidimensional (NMDS) de las especies de peces asociada a los ambientes presentes en el sistema Pom-Atasta. Abreviaturas de las especies en Tabla 1. Especies asociadas principalmente al ambiente mesohalino (●), especies asociadas principalmente al ambiente oligohalino (▲), especies exclusivas del ambiente dulceacuícola (■).

En el sistema Pom-Atasta los componentes ecológicos variaron a través del tiempo. Los mejor representados fueron los peces marinos estuarinos-opportunistas (MEO) como *Eucinostomus argenteus* Baird & Girard, 1855, *A. mitchilli* y *B. ronchus* que pueden distribuirse en todo el sistema. Asimismo, los marinos estuarinos-dependientes (MED) como *H. sabinus*, *O. beta*, *M. undulatus* y *C. spilopterus*, con amplia distribución en este sistema. Este tipo de especies migran desde la zona marina hacia los ambientes protegidos de las lagunas costeras donde encuentran áreas propicias que utilizan durante sus ciclos biológicos. Además desovan cerca de las bocas de conexión de estos sistemas y entran estacionalmente a ellos como juveniles a las áreas de crianza y como preadultos y adultos a las áreas de alimentación y protección (Sánchez-Gil *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 2017; Reyes-Ramírez *et al.*, 2018). Con menor porcentaje estuvo representado el componente solo estuarino (SE) con especies que completan sus ciclos de vida dentro del sistema como *C. aguadulce* optimizando los gradientes ambientales del sistema (Ayala-Pérez *et al.*, 2008). El componente dulceacuícola (SD) presentó un porcentaje bajo de especies, cuya distribución está limitada a las salinidades más bajas. Del comportamiento de estos componentes ecológicos destaca la importancia que tienen los ecosistemas costeros para las especies de peces que los utilizan en alguna etapa de su ciclo de vida (Childs *et al.*, 2015; Potter *et al.*, 2015; Dames *et al.*, 2017; Steffen *et al.*, 2023).

La composición de las categorías tróficas permite analizar la estructura ecológica y función de los conjuntos de peces en ecosistemas costeros, así como la evolución natural de sistema en diferentes es-

calas (Elliott *et al.*, 2007; Buchheister & Latour, 2015). El análisis de la composición trófica en el sistema Pom-Atasta mostró que las especies zoobentívoras como *C. aguadulce*, *E. gula*, *M. undulatus*, *S. testudineus* fueron las mejor representadas distribuyéndose en áreas de manglar donde es abundante la epifauna e infauna. Las especies piscívoras como *C. undecimalis*, *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766), *H. amblyrhynchus* y *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) fueron el segundo grupo trófico en el sistema, mientras que los zooplanctívoros, omnívoros y detritívoros presentaron una frecuencia baja en este. Dicho comportamiento está relacionado con la disponibilidad de alimento, principalmente durante los meses fríos de la región donde las especies marinas estuarinas-opportunistas y estuarinas-dependientes entran al sistema. Se ha observado que la composición de los grupos tróficos cambia en función de las variaciones ambientales como la temperatura, salinidad, profundidad, turbidez y tipo de sustrato, así como por la presencia de vegetación sumergida y las etapas específicas de su biología como los cambios ontogenéticos, edad y sexo, por lo que es relevante reconocer que su alimentación y hábitos alimenticios reflejan los patrones estacionales de uso de los sistemas. Este enfoque ha sido utilizado por otros autores para interpretar el comportamiento de las categorías tróficas (Elliott *et al.*, 2007; Abrantes *et al.*, 2015; Díaz-Ruiz *et al.*, 2023).

El análisis NMDS permitió identificar conjuntos de peces en cada ambiente del sistema condicionados por sus adaptaciones biológicas y por la interacción con la Laguna de Términos. El conjunto de especies asociadas al ambiente mesohalino, estuvo compuesto por especies

marino-estuarinas oportunistas (MEO), algunas con abundancias bajas como *B. marinus*, *Syngnathus scovelli* (Evermann & Kendall, 1896), *Cynoscion nebulosus* (Cuvier, 1830) y *S. nephelus*, las cuales han sido registradas como especies dominantes en Laguna de Términos y La Sonda de Campeche en condiciones de mayor salinidad (Peralta-Meixueiro & Vega-Cendejas, 2011; Torruco et al., 2018). La boca de conexión del sistema Pom-Atasta se considera un área de tránsito donde se registra mayor riqueza de especies y menor abundancia; así, *Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider, 1801), *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766), *S. civitatum*, *Symphurus plagiusa* (Linnaeus, 1766) y *Syngnathus louisianae* Günther, 1870, se colectaron durante los meses de secas y lluvias en el ambiente mesohalino. Al interior del sistema, su geomorfología presenta áreas más protegidas con menor salinidad donde el conjunto de especies asociadas al ambiente oligohalino estuvo integrado por especies marino-estuarinas dependientes (MED) como *D. petenense*, *C. parallelus*, *C. spilopterus* y *Trinectes maculatus* (Bloch & Schneider, 1801) con abundancia intermedia. Entre estos dos primeros ambientes se comparten especies con mayor abundancia como *B. ronchus*, *S. testudineus*, *E. gula*, *C. spilopterus*, *M. undulatus*, *E. argenteus*, *A. lineatus* que utilizan el sistema para crecimiento y maduración. Asimismo, prevalecen en los tres ambientes las especies dominantes *C. aguadulce*, *D. rhombeus* y *E. plumieri* que se caracterizan por tolerar amplias variaciones de salinidad y optimizan el sistema para su reproducción y crianza (Aguirre-León & Díaz-Ruiz, 2000, 2006). El conjunto de especies que caracteriza al ambiente dulceacuícola presentó abundancias bajas como *A. tropicus*, *D. maculatus*, *Eleotris amblyopsis* (Cope, 1871) y *P. disjunctivus* que se registraron principalmente durante el mes de lluvias. Los conjuntos de peces definidos pueden variar principalmente por los cambios en las preferencias de utilización de los hábitats que ocurren durante los ciclos de vida, los patrones de migración y alimentación de cada especie, lo cual dificulta ubicarlos en una categoría ecológica específica relacionada con un ambiente particular (Childs et al., 2015; Potter et al., 2015; Steffen, 2023).

Este estudio integró información sobre la dinámica de la comunidad de peces en el sistema Pom-Atasta relacionada con la variación ambiental de sus hábitats, como marco de referencia para estudios futuros, la cual proporciona conocimiento complementario y criterios ecológicos que permitan la conservación de su biodiversidad en la región.

## AGRADECIMIENTOS

A los Departamentos El Hombre y su Ambiente y de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidades Xochimilco e Iztapalapa. El primero por el apoyo financiero durante las campañas de campo y el proceso de datos en laboratorio. El segundo a través del proyecto "Caracterización Ecológica de los Ambientes Costeros Mexicanos" (UAMI-CBS, 2019-2024). A los árbitros sus comentarios y sugerencias.

## REFERENCIAS

- ABRANTES, K.G., A. BARNETT, R. BAKER & M. SHEAVES. 2015. Habitat-specific food webs and trophic interactions supporting coastal-dependent fishery species: an Australian case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 25 (2):337-363. DOI: 10.1007/s11160-015-9385-y
- AGUIRRE-LEÓN, A. & S. DÍAZ-RUIZ. 2000. Estructura poblacional, madurez gonádica y alimentación de *Eugerres plumieri* (Gerreidae) en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, México. *Ciencias Marinas* 26 (2): 253-273. DOI:10.7773/cm.v26i2.580
- AGUIRRE-LEÓN, A. & S. DÍAZ-RUIZ. 2006. Estructura de tallas, madurez gonádica y alimentación del pez *Diapterus rhombeus* (Gerreidae) en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical* 54 (2): 599-611. DOI:10.15517/rbt.v54i2.13927
- AGUIRRE-LEÓN, A., S. DÍAZ-RUIZ & A. BERNAL-BECERRA. 1998. *Ecología de peces en sistemas Fluvio-Deltaicos: Estudio para el Sistema Pom-Atasta en Campeche*. Serie Académicos 28, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México. 63 p.
- AGUIRRE-LEÓN, A., S. DÍAZ-RUIZ & A. RAMÍREZ-HUERTA. 2010. *Ecología de peces dominantes costeros tropicales. Estudio para el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, Campeche*. Serie Académicos 96, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México. 136 p.
- AGUIRRE-LEÓN, A., E. PÉREZ-PONCE & S. DÍAZ-RUIZ. 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. DOI:10.15517/rbt.v62i1.8212
- AGUIRRE-LEÓN, A., S. DÍAZ-RUIZ & M. GAZCA-CASTRO. 2020. Variación espacio-temporal de la estructura ecológica de la comunidad de peces en la Laguna del Ostión, Veracruz, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 12 (2): 29-55. DOI:10.15359/revmar.12-2.2
- AMEZCUA-LINARES, F. & A. YAÑEZ-ARANCIBIA. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 7 (1): 69-118.
- ARAGÓN-FLORES, E., R. RODILES-HERNÁNDEZ, M. SORIA-BARRETO, C. MONTAÑA & M. CASTILLO. 2021. Variación temporal de la abundancia de la comunidad de peces en el delta del río Usumacinta, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92 (1): 1-15. DOI:10.22201/ib.20078706e.2021.92.3072
- ARCEO-CARRANZA, D., M.E. VEGA-CENDEJAS & M. HERNÁNDEZ DE SANTILLANA. 2013. Day and night trophic variations of dominant fish species in a lagoon influenced by freshwater seepes. *Journal Fish Biology* 82 (1): 54-68. DOI:10.1111/j.1095-8649.2012.03463.x
- AYALA-PÉREZ, L.A., J. RAMOS-MIRANDA, D. FLORES-HERNÁNDEZ, B.I. VEGA-RODRÍGUEZ & U.C. MORENO-MEDINA. 2008. Biological and ecological characterization of the catfish *Cathorops melanopus* off the west coast of Campeche, Mexico. *Ciencias Marinas* 34 (4): 453-465. DOI: 10.7773/cm.v34i4.1416
- BARBA-MACIAS, E., J. JUÁREZ-FLORES & M. MAGAÑA-VÁZQUEZ. 2014. Nuevos registros de plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) (Siluriformes: Locaridae) en las cuencas del río Grijalva y Tonalá, Pajonal-Machona, Tabasco. In: Low A., P. Quijón & E. Peters (eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 233-251
- BARLETTA, M., A. BARLETTA-BERGAN, U. SAINT-PAUL & G. HUBOLD. 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology* 66 (1): 45-72. DOI:10.1111/j.0022-1112.2005.00582.x
- BARLETTA, M., C.S. AMARAL, M.F. CORREA, F. GUEBERT, D.V. DANTAS, L. LORENZI & U. SAINT-PAUL. 2008. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical

- estuary. *Journal of Fish Biology* 73 (1):1314-1336. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2008.02005.x
- BUCHHEISTER A., & R.J. LATOUR. 2015. Diets and trophic-guild structure of a diverse fish assemblage in Chesapeake Bay, U.S.A. *Journal Fish Biology* 86: 967-992. DOI: 10.1111/jfb.12621
- Carpenter, K.E. (ed.). 2002. *The living marine resources identification guide for fishery purposes of the Western Central Atlantic*. Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/y4160e/y4160e00.htm>. (consultado el 5 de abril 2023).
- CASTILLO-RIVERA, M., A. ZAVALA-HURTADO & R. ZÁRATE-HERNÁNDEZ. 2002. Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in a tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 167-177. DOI:10.1023/A:1025051027676
- CASTRO-AGUIRRE, J.L., H. ESPINOSA PÉREZ & J.J. SCHMITTER-SOTO. 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Limusa-Noriega Editores, México 705 p.
- CHILDS, A. R., P. D. COWLEY, T.F. NÆSJE, R. H. BENNETT. 2015. Habitat connectivity and intra-population structure of an estuary-dependent fishery species. *Marine Ecology Progress Series* 537: 233-245. DOI: 10.3354/meps11456
- CLARKE, K.R., R.N. GORLEY, P.J. SOMERFIELD & R.M. WARWICK. 2014. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 3rd ed. PRIMER-E: Plymouth. 262 p.
- DAMES, M.H., P.D. COWLEY, A-R. CHILDS, R.H. BENNETT, E.B. THORSTAD & T.F. NÆSJE. 2017. Estuarine and coastal connectivity of an estuarine-dependent fishery species, *Pomadasys commersonnii* (Haemulidae). *African Journal of Marine Science* 39 (1): 111-120, DOI:10.2989/1814232X.2017.1305991
- DAY, J.W., A. YAÑEZ-ARANCIBIA, W.M. KEMP & B.C. CRUMP. 2013. Introduction to estuarine ecology. In: Day J.W., B.C. Crump, W.M. Kemp & A. Yañez-Arancibia (eds.). *Estuarine ecology*. Wiley-Blackwell, Wiley-Sons Press, pp. 1-18. DOI: 10.1002/9781118412787.ch1
- DÍAZ-RUIZ, S., A. AGUIRRE-LEÓN, E. MENDOZA-SÁNCHEZ & A.L. LARA-DOMÍNGUEZ. 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. DOI:10.15517/rbt.v66i1.28495
- DÍAZ-RUIZ, S., A., AGUIRRE-LEÓN & M. GAZCA-CASTRO. 2023. Diversity, abundance, and fish assemblages in the Sontecomapan lagoon system, Veracruz, Mexico. *Revista Hidrobiológica* 33 (3): 291-303. DOI:10.24275/FKZK9911
- ELLIOTT, M., A.K. WHITFIELD, I.C. POTTER, S.J.M. BLABER, D.P. CYRUS, F.G. NORDLIE & T.D. HARRISON. 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries* 8 (1): 241-268. DOI:10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x
- FICHA INFORMATIVA DE LOS HUMEDALES DE RAMSAR (FIR). 2006. Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Sitio No. 1356. RIS. Disponible en línea: <https://rsis.ramsar.org/rsis/1356> (consultado el 7 de noviembre, 2023).
- FRANCO L.J., A.G. SANTES GONZÁLEZ, L.G. ABARCA ARENAS, C. BEDIA SÁNCHEZ, H. BARRERA ESCORCIA, J.A. MARTÍNEZ PÉREZ, E. PELÁEZ RODRÍGUEZ & J.L. VIVEROS LEGORRETA. 2017. Ecología y reproducción de *Opsanus beta* (Actinopterygii: Batrachoididae) en la Laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 65 (4): 1381-1396. DOI: 10.15517/rbt.v65i4.27239
- FRICKE, R., W.N. ESCHMEYER & R. VAN DER LAAN (EDS.). 2023. *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. Disponible en línea: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (consultado el 6 de junio, 2023).
- FROESE, R. & D. PAULY (eds.). 2023. FishBase. Version 03. World Wide Web electronic publication. Disponible en línea: <http://www.fishbase.org>. (consultado el 16 de mayo, 2023).
- GERSON-ARAÚJO, F., F. LAMEIRO RODRIGUEZ, T. P. TEIXEIRA-NEVES, J.P. VIEIRA, M. C. AZEVEDO, A.P. PENHA GUEDES, A.M. GARCIA, A.L.M. PESSANHA. 2018. Regional patterns in species richness and taxonomic diversity of the nearshore fish community in the Brazilian coast. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 208: 9-22. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.04.027
- GUTIÉRREZ-ESTRADA, M., M. MALPICA-CRUZ & J. MARTÍNEZ-REYES. 1982. Geomorfología y sedimentos recientes del sistema lagunar Pom-Atasta Campeche. México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 9 (1): 89-100.
- HEIMAN, G.W. (ed.) 2014. *Basic statistics for the behavioral sciences*. 7th ed. Wadsworth, Cengage Learning. 504 p.
- HERNÁNDEZ-VIDAL, U., X. CHIAPPA-CARRARA & W. CONTRERAS-SÁNCHEZ. 2014. Reproductive variability of the common snook, *Centropomus undecimalis*, in environments of contrasting salinities interconnected by the Grijalva-Usumacinta fluvial system. *Ciencias Marinas* 40 (3): 173-185. DOI: 10.7773/cm.v40i3.2381
- LEVENE, H. 1960. Robust test for equality on variance. In: Olkin, I., S.G. Ghurye, W. Hoefding, W.G. Madow & H.B. Mann (eds.). *Contributions to probability and statistics*. Stanford University Press, pp. 278-292.
- MAGURRAN, A.E., S. KACHONPISITSAK & A.B. AHMAD. 2011. Biological diversity of fish communities: pattern and process. *Journal of Fish Biology* 79 (6): 1393-1412. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2011.03091.x
- MILLER, R., W.L. MINCKLEY & S.M. NORRIS (eds.). 2009. *Peces dulceacuicolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 559 p.
- MOLINA, A., G. DUQUE & P. COGUA. 2020. Influences of environmental conditions in the fish assemblage structure of a tropical estuary. *Marine Biodiversity* 50 (1): 1-13. DOI:10.1007/s12526-019-01023-0
- NELSON, J.S., T.C. GRANDE & M.V. WILSON (eds.). 2016. *Fishes of the world*. 5th ed. Wiley & Sons. New Jersey. 707 p.
- PERALTA-MEIXUEIRO, M. A. & M. E. VEGA-CENDEJAS. 2011. Spatial and temporal structure of fish assemblages in a hyperhaline coastal system: Ría Lagartos, Mexico. *Neotropical Ichthyology* 9 (3): 673-682. DOI:10.1590/S1679-62252011005000033
- PERERA-GARCÍA, M.A., M. MENDOZA-CARRANZA, W.M. CONTRERAS-SÁNCHEZ, M. HUERTA-ORTÍZ & E. PÉREZ-SÁNCHEZ. 2011. Reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) in two tropical habitats. *Revista de Biología Tropical* 59 (2): 669-681. DOI: 10.155117/rbt.v0i0.3131
- PÉREZ-VELÁZQUEZ, P.A., A. AGUIRRE-LEÓN & S. DÍAZ-RUIZ. 2007. Abundancia nictemeral de *Eugerres plumieri* (Pisces: Gerreidae) en un sistema fluvio-deltaico de Campeche, México. *Revista Contactos* 63 (1): 5-14.
- POTTER, I.C., J.R. TWEEDLEY, M. ELLIOTT & A.K. WHITFIELD. 2015. The ways in which fish use Estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries* 16(2): 230-239. DOI:10.1111/faf.12050

- RAMOS-MUÑOZ, D.E., ZEPEDA-DOMÍNGUEZ, J.A., ESPINOZA-TENORIO, A., 2020. The Mexican energy reform in the fishing and oil framework of the Gulf of Mexico. *Revista Costas* 2 (1): 67-80. DOI: 10.26359/costas.0402
- REYES-RAMÍREZ, H., N. ÁLVAREZ-PLIEGO, A.J. SÁNCHEZ, H. ESPINOSA-PÉREZ, R. FLORIDO & M.Á. SALCEDO. 2018. Registros limnéticos de *Hypanus sabinus* (Myliobatiformes: Dasyatidae) en la cuenca del río Grijalva, sur del Golfo de México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53 (1): 141-145. DOI: 10.4067/S0718-19572018000100141
- ROBERTSON, D. R., PEÑA, E. A., POSADA, J. M. & CLARO, R. (2023). Peces costeros del Gran Caribe: sistema de información en línea. Versión 2. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. Disponible en línea: <https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/thefishes/species/2744>
- ROMERO-BERNY, E., E. VELÁZQUEZ-VELÁZQUEZ, J.J. SCHMITTER-SOTO & I.H. SALGADO-UGARTE. 2020. The influence of habitat on the spatio-temporal dynamics of fish assemblages in a lagoon-estuarine system of the Mexican Pacific. *Latin American Journal of Aquatic Research* 8(1): 23-37. DOI: 10.3856/vol48-issue1-fulltext-2349
- RUIZ-MARÍN, A., S. CAMPOS-GARCÍA, J. ZAVALA-LORÍA & Y. CANEDO-LÓPEZ. 2009. Hydrological aspects of the lagoons of Atasta and Pom, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10 (1): 63-74.
- SÁNCHEZ-GIL, P., A. YAÑEZ-ARANCIBIA, M. TAPIA., J.W. DAY, C.A. WILSON & J.H. COWAN JR. 2008. Ecological and biological strategies of *Etropus crossotus* and *Citharichthys spilopterus* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) related to the estuarine plume, Southern Gulf of Mexico. *Journal of Sea Research* 59 (3):173-185. DOI:10.1016/j.seares.2007.12.002
- SEMARNAT, (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). 1996. Programa de manejo de la zona de protección de flora y fauna Laguna de Términos. Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas. Instituto Nacional de Ecología. México. 164 p. Disponible en línea: <https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN19.pdf>
- STEFFEN, C., S. STEPHENS, M. A. DANCE, D.L. LIPPI, C.C. JENSEN, R.J. DAVID WELLS & J.R. ROOKER. 2023. Estuarine-coastal connectivity and partial migration of southern flounder in the Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 294: 1-8. DOI: 10.1016/j.ecss.2023.108545
- TORRUCO, D., A. GONZÁLEZ-SOLIS & A.D. TORRUCO-GONZÁLEZ. 2018. Diversidad y distribución de peces y su relación con variables ambientales, en el sur del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical* 66 (1): 438-456. DOI: 10.15517/rbt.v66i1.26255
- WILLOTT, S.J. 2001. Species accumulation curves and the measure of sampling effort. *Journal of Applied Ecology* 38(1): 484-486. DOI:10.1046/j.1365-2664.2001.00589.x
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A., J.W. DAY, A.L. LARA-DOMÍNGUEZ, P. SÁNCHEZ-GIL, G.J. VILLALOBOS-ZAPATA & J.A. HERRERA-SILVEIRA. 2013. Ecosystem functioning: the basis for sustainable management of Terminos lagoon, Campeche, Mexico. In: Day, J.W. & A. Yáñez-Arancibia (eds.). *The Gulf of Mexico origin, water and biota. Vol. 4.* Texas University Press, pp. 167-199.