

# Hábitos alimenticios de *Cathorops aguadulce* (Siluriformes: Ariidae) en un ecosistema estuarino al sur del Golfo de México

## Feeding Habits of *Cathorops aguadulce* (Siluriformes: Ariidae) in an Estuarine System in the Southern Gulf of Mexico

Henry Reyes-Ramírez<sup>1</sup>, Rosa Florido<sup>2</sup>, Nicolás Álvarez-Pliego<sup>2</sup>, Alberto J. Sánchez<sup>2</sup> y Miguel Ángel Salcedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias Ambientales. DACBIOL, UJAT

<sup>2</sup>Laboratorio de Hidrobiología, Diagnóstico y Manejo de Humedales Tropicales, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas, Villahermosa 86039 Tabasco, México

e-mail: rosyflorido@gmail.com

**Recibido:** 28 de octubre de 2015.

**Aceptado:** 17 de abril de 2017.

Reyes-Ramírez H., R. Florido, N. Álvarez-Pliego, A. J. Sánchez y M. Á. Salcedo. 2017. Hábitos alimenticios de *Cathorops aguadulce* (Siluriformes: Ariidae) en un ecosistema estuarino al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 27 (2): 163-173.

### RESUMEN

**Antecedentes.** La distribución y dieta de los peces, así como la composición específica de sus presas, ha sido afectada por la intensificación de las variaciones espaciales de la salinidad debido a la infraestructura hidráulica y cambio climático. *Cathorops aguadulce* se seleccionó por los registros previos de su dieta y su actual dominancia en los sistemas estuarinos del sur del Golfo de México. **Objetivos.** La dieta fue evaluada en relación con las variaciones de su composición por tallas, día-noche y estacionales en la laguna Mecoacán. **Métodos.** Doscientos diez tractos digestivos se analizaron entre juveniles y adultos capturados en un muestreo que incluyó la variación diurna-nocturna y estacional en tres localidades ubicadas en un gradiente de salinidad. La composición por tallas se correlacionó (coeficiente de Spearman) con la variación espacial y temporal de la salinidad y la temperatura. La variación temporal y espacial de los índices de repleción (IR) y de importancia relativa (IIR) se analizó mediante la prueba Kruskal-Wallis y agrupamiento jerárquico. **Resultados.** La composición por tallas fue independiente a la variación de la salinidad y al índice de repleción (Kruskal-Wallis;  $p = 0.649$ ), pero la intensidad de la dieta en sequía fue significativamente mayor que en las temporadas de transición y lluvias (Kruskal-Wallis;  $p = 0.00001$ ). Entre los 11 ítems alimenticios definidos, el detrito animal y los malacostracos, principalmente tanaidáceos, fueron las categorías alimenticias dominantes por frecuencia de ocurrencia e IIR. Sin embargo, el detrito predominó en juveniles, mientras que los tanaidáceos fueron el ítem preponderante en los adultos. **Conclusiones.** Aunque la laguna Mecoacán registró una amplia variación de la salinidad y *C. aguadulce* presentó una variación temporal significativa en su intensidad de dieta, la deriva ontogénica fue más determinante que los efectos de la variación ambiental en sus hábitos alimenticios. Esta conclusión abre la posibilidad de comprobar si la variación ontogénica de sus rasgos morfológicos funcionales está asociada con la adquisición de alimento y movimiento.

**Palabras clave:** Deriva ontogénica, dieta, laguna costera, variación temporal.

### ABSTRACT

**Background.** The distribution and diet of fish, as well as the specific composition of their prey, have been affected by the magnification of the spatial variations in salinity due to hydraulic infrastructure and climate change. *Cathorops aguadulce* was selected based on previous records of its diet and its current dominance in the estuarine systems in the southern Gulf of Mexico. **Goals.** The feeding habits were evaluated in relation to the variation of size composition, day-night, and seasonality in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. **Methods.** Two hundred ten digestive tracts were analyzed in juveniles and adults captured in a sampling that included the day-night and seasonal variation in three sampling sites located in a salinity gradient. The size composition was correlated (Spearman coefficient) with the spatial and temporal variation of salinity and temperature. The temporal and spatial variations of the Repletion (IR) and Relative Importance (IIR) indexes were analyzed using Kruskal-Wallis test and hierarchical clustering. **Results.** The size composition was independent of salinity variation and IR values (Kruskal-Wallis;  $p = 0.649$ ). Yet diet intensity in the dry season was significantly greater than in the transition and rainy seasons (Kruskal-Wallis;  $p = 0.00001$ ). Among the 11 food items defined, animal detritus and malacostracans, mainly tanaiids, were the dominant feeding categories in the frequency of occurrence and according to the IIR. However, detritus predominated in juveniles, while tanaiids were the preponderant item in the adults. **Conclusions.** Even though laguna Mecoacan recorded an ample salinity variation, *C. aguadulce* recorded a significant temporal variation in intensity of diet; the ontogenic shift of its diet was more relevant than the effects of the environmental variation of its feeding habits. This conclusion opens the possibility of testing whether the ontogenetic variation of their functional morphological traits is associated with the acquisition of food or movement.

**Key words:** Coastal lagoon, diet, ontogenic shift, temporal variation.

## INTRODUCCIÓN

Los peces estuarinos, principalmente en sus etapas juveniles, son generalistas tróficos que explotan los recursos alimenticios en una amplia gama de hábitats, por lo que sus relaciones tróficas se caracterizan por un amplio espectro en la dieta, omnivoría frecuente, deriva ontogénica, repartición de recursos entre especies y explotación de cadenas tróficas basadas en el consumo de detritos y algas (Guevara *et al.*, 2007; Giarrizzo & Saint-Paul, 2008; Abdurahiman *et al.*, 2010; Cardoza-Martínez *et al.*, 2011; Gimenes *et al.*, 2013; Vitule *et al.*, 2013). Además, muchos autores han registrado marcadas diferencias en la dieta de los peces de estos ecosistemas en diferentes escalas de espacio y de tiempo (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985; Yáñez-Arancibia & Sánchez-Gil, 1988; Medina *et al.*, 2004; Ayala-Pérez *et al.*, 2007; Guevara *et al.*, 2007; Barreiros *et al.*, 2009; Arceo-Carranza *et al.*, 2010; Faye *et al.*, 2011; Gimenes *et al.*, 2013).

Las interacciones tróficas de la fauna estuarina están determinadas o reguladas por las marcadas variaciones ambientales en escalas intra e interanuales, principalmente de la salinidad y la temperatura (Elliot *et al.*, 2007; Giarrizzo & Saint-Paul, 2008; Lamontagne *et al.*, 2016). En el mismo sentido, las fluctuaciones ambientales afectan las interacciones directas e indirectas de la relación depredador-presa, en particular, la competencia por la disponibilidad de presas y por refugios físicos (Michelsen *et al.*, 1994; Jones & Able, 2015; Lee & Lin, 2015; Hendon & Rakocinski, 2016). Dicha disponibilidad, varía con la complejidad cualitativa y cuantitativa que ofrecen los hábitats estructurados y no estructurados (Corona *et al.*, 2000; Florido & Sánchez, 2010; Hendon & Rakocinski, 2016). En los ecosistemas estuarinos tropicales, los sustratos suaves sin vegetación dominan entre los hábitats no estructurados; mientras que la vegetación acuática sumergida, troncos hundidos, raíces de manglar, son hábitats estructurados frecuentes (Corona *et al.*, 2000; Florido & Sánchez, 2010; Hendon & Rakocinski, 2016). La depredación y sus efectos sobre las demás interacciones están relacionados con la actividad circadiana, el comportamiento agonístico y las estrategias de los depredadores (Michelsen *et al.*, 1994; Kuhlmann & Hines, 2005; Nagelkerken *et al.*, 2006; Nanjo *et al.*, 2011).

Los registros de *Cathorops melanopus* (Gunther) o *Arius melanopus* Gunther en México corresponden a *Cathorops aguadulce* (Meek) *sensu* Miller *et al.* (2005) y Marcenik y Betancur-R (2008). El árido, *C. aguadulce* es un pez frecuente y abundante en los ecosistemas estuarinos del sur del Golfo de México, el cual completa su ciclo de vida dentro de estos ecosistemas con una amplia distribución con respecto a los valores de salinidad (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Vega-Cendejas, 1990; Kobelkowsky & Castillo-Rivera, 1995; Guevara *et al.*, 2007; Mojica, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008; Villéger *et al.*, 2010). Por ejemplo, en laguna de Términos, las máximas abundancias de juveniles se reportaron en los sistemas fluvio-lagunares y zonas de la laguna con influencia de la descarga de los ríos en salinidades menores de 5‰; mientras que los adultos en toda la laguna, entre 25 y 35‰ (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988). Durante su período juvenil, este bagre ha sido catalogado consumidor de detrito y fauna bentónica (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Kobelkowsky & Castillo-Rivera, 1995; Mojica, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008).

Las modificaciones ambientales evidenciadas en las lagunas costeras por actividades humanas y el cambio climático han afectado la estructura y organización de las comunidades ícticas (Najjar

*et al.*, 2010; Villéger *et al.*, 2010; Wetz & Yoskowitz, 2013; Baptista *et al.*, 2015). En otras especies de áridos se ha documentado que su deriva en la dieta está relacionada con las variaciones estacionales, salinidad, profundidad y transparencia (Giarrizzo & Saint-Paul, 2008). En particular, para las especies de la familia Ariidae, la pérdida de hábitat y las modificaciones en el régimen halino han favorecido el incremento de *C. aguadulce* a consecuencia de la sobreposición espacial con *Sciades felis* (Linnaeus) [antes *Ariopsis felis* (Linnaeus)] en laguna de Términos (Villéger *et al.*, 2010). En el sur del Golfo de México, esta dinámica es aún desconocida en otros ecosistemas estuarinos de menor extensión y descarga de ríos caudalosos con amplia variación intra-anual, como sucede en laguna de Términos y planicie costera de esta región del Golfo de México. Sin embargo, en las lagunas costeras con menor área y canales de comunicación al mar más estrechos, su variación temporal de la salinidad prácticamente abarca la mayoría del área estuarina, como se ha constatado para la laguna Mecoacán (Domínguez *et al.*, 2003).

El análisis de la variación de la dieta e intensidad alimenticia de los componentes de la fauna íctica dominante, como *C. aguadulce* (Guevara *et al.*, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008; Villéger *et al.*, 2010), en una laguna costera afectada en su hidrodinámica por las modificaciones en la red fluvial superficial de los ríos Mezcalapa-Grijalva (Sánchez *et al.*, 2015) y que por su reducida extensión las fluctuaciones espaciales de sus ambientes halinos posiblemente sean mayores a las mencionadas en laguna de Términos por Villéger *et al.* (2010), sustenta este estudio en la laguna Mecoacán; ya que complementa la información y antecedentes expuestos en otros ecosistemas estuarinos en los dos párrafos anteriores. Adicionalmente, el incremento de la intensidad y frecuencia de los eventos hidrometeorológicos en el Golfo de México, sumados a las obras hidráulicas, pueden magnificar las amplias variaciones espaciales de los ambientes halinos (Najjar *et al.*, 2010; Medellín *et al.*, 2013; Baptista *et al.*, 2015) y a su vez afectar tanto la distribución y dieta de los peces, como la composición específica de sus presas. Entonces, para estudiar la intensidad y composición de la dieta en relación con los efectos de las fluctuaciones ambientales y composición de tallas de *C. aguadulce* en la laguna Mecoacán, en donde se registran amplias variaciones espaciales de los ambientes halinos, se diseñó un muestreo que incluyó la variación diurna-nocturna y estacional en tres localidades ubicadas con respecto a un gradiente de salinidad espacial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna Mecoacán (18° 16' y 18° 28' N, 93° 04' y 93° 14' O) es un sistema estuarino somero que oscila entre 0.9 y 2.3 m de profundidad (Domínguez *et al.*, 2003) y ocupa una extensión de 5,168 ha en el litoral del sur del Golfo de México. Al norte, la laguna se comunica de manera permanente con el Golfo de México a través del canal en barra de Dos Bocas, en donde el flujo está probablemente determinado por la marea (Medellín *et al.*, 2013). Además, Mecoacán forma parte del sistema deltaico del río Mezcalapa, del cual recibe ininterrumpidamente la descarga de los ríos Seco, Cuxuchapa y Arroyo Hondo (Fig. 1), lo cual propicia que la mayor área de la laguna fluctúe de 1 a 18.5 UPS durante la temporada de lluvias y de 13 a 29 UPS durante la de sequía (Domínguez *et al.*, 2003).

El diseño de muestreo incluyó la variación diaria (condiciones iluminación y oscuridad) y temporal (estiaje en marzo, transición entre estiaje y lluvias en julio y lluvias en septiembre) durante el 2012 en tres si-

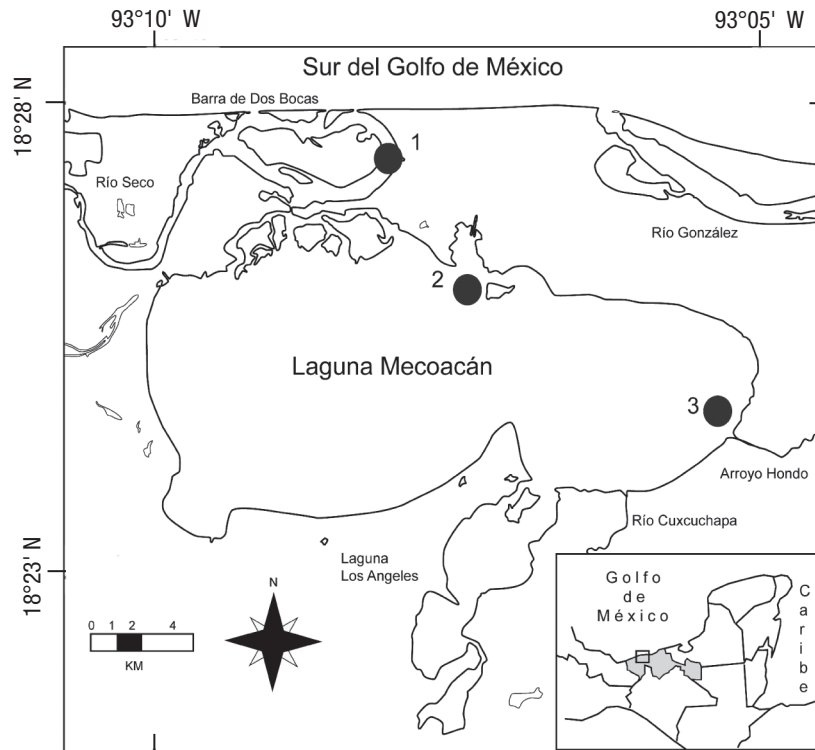


Figura 1. Laguna Mecoacán, sur del Golfo de México. Ubicación de los tres sitios de recolección de *Cathorops aguiladulce* durante el año 2012.

tios (18°26'19.60" N, 93°08'16.07" O; 18°24'37.04" N, 93°06'47.81" O y 18°24'17.94" N, 93°04'31.15" O) ubicados a 0.24, 4.43 y 7.69 km (sitios 1, 2 y 3) de la barra de Dos Bocas (Fig. 1). El muestreo en dos condiciones de variación diaria, en tres temporadas, en tres sitios y tres repeticiones por sitio sumó un total de 54 arrastres. De este total, la mitad fue en horas de iluminación (9 a 15 horas) y el restante en oscuridad (21-24 horas). Los tres sitios de muestreo fueron seleccionados en función al gradiente de salinidad; por lo mismo, el primero fue ubicado en la zona de la influencia directa de las corrientes de marea, el segundo en una zona intermedia, mientras que el tercero se localizó en las inmediaciones de las descargas de los ríos (Fig. 1). Los tres sitios se seleccionaron en sustratos suaves sin vegetación sumergida, que representa el sustrato dominante en el área de estudio. En cada localidad se midió la temperatura (°C) con un termómetro de cubeta y la salinidad (UPS) con un refractómetro.

Los peces fueron recolectados con una red tipo camaronera comercial de 10 m de longitud, 8 m de apertura y 2.5 cm de luz de malla. El área de barrido por cada arrastre fue de 736 m<sup>2</sup>, el cual se cubrió en 3 minutos. Los especímenes capturados fueron inyectados y fijados en una solución de formaldehído al 10% para ser transportados al laboratorio, en donde se preservaron en una solución de alcohol al 70%. La identificación de los bagres se fundamentó en las claves taxonómicas de Castro-Aguirre *et al.* (1999), Miller *et al.* (2005) y Marceniuk & Betancur-R (2008). La longitud total (LT en mm) y el peso húmedo (g) fueron medidos para cada ejemplar con la ayuda de un ictiómetro y una balanza digital.

Los cuatro intervalos de clase de tallas se definieron en función de las tallas de maduración (144 - 165 mm de LT) de *A. melanopus* en laguna de Términos (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia &

Lara-Domínguez, 1988) y la propia variabilidad de la composición por tallas del total de especímenes capturados, con la ayuda de la regla de Sturges (Daniel, 1982). Los cuatro intervalos de tallas se denominaron: juvenil 1 = 31-100 mm de LT, juvenil 2 = 101-150 mm de LT, adulto 1 = 151-200 mm de LT y adulto 2 ≥ 201 mm de LT. Para revisar el contenido estomacal de *C. aguiladulce* se extrajo el tracto digestivo de 210 especímenes, de un total de 1,024 recolectados. El procedimiento de selección se basó en la separación de 70 ejemplares por cada una de las tres temporadas (estiaje, transición y lluvias), manteniendo la proporción de tallas del total capturado. Los componentes alimenticios del tracto digestivo fueron separados e identificados con un microscopio estereoscópico hasta el nivel taxonómico posible según el grado de digestión, por lo mismo se agruparon a nivel de clase u orden. La identificación de las presas se basó en Abele & Kim (1986) y Carpenter (2002) para gasterópodos, bivalvos y crustáceos; y para peces, en Castro-Aguirre *et al.* (1999) y Miller *et al.* (2005).

El porcentaje de tractos digestivos vacíos en referencia al total de especímenes capturados se calculó con el coeficiente de vacuidad (Windell, 1971). Para evaluar la variación de la intensidad de la alimentación entre los intervalos de talla y las tres temporadas se aplicó el índice de repleción (Hyslop, 1980). Los componentes de la dieta se analizaron con la frecuencia de ocurrencia ( $FO = (Nt / \sum N) (100)$ ) en donde: Nt = número total de estómagos con cierto componente alimentario y  $\sum N$  = número total de estómagos analizados (Chavance *et al.*, 1984). Además, el índice de importancia relativa (IIR) modificado por Yáñez-Arancibia *et al.* (1985) fue calculado a través de  $IIR = (FO)(\%W) / 100$ , en donde: FO = frecuencia de ocurrencia y %W = porcentaje gravimétrico ( $\%W = (w_j / \sum W)(100)$ ), en donde:  $w_j$  = peso del componente en la dieta y  $\sum W$  = peso total de todos los componentes en la dieta.

Tabla 1. Variación del índice de repleción en relación al efecto combinado de la composición de clases de tallas (juvenil 1 = 31 a 100 mm de LT, juvenil 2 = 101 a 150 mm de LT, adulto 1 = 151 a 200 mm de LT y adulto 2  $\geq$  201 mm de LT) de *Cathorops aguadulce* por temporada en la laguna Mecoacán (Kruskal-Wallis;  $p=0.15$ ).

Clase talla / temporada	Promedio $\pm$ es	Intervalo LT	n
juvenil 1 / sequía	1.05+0.47	0.12-2.61	5
adulto 1 / sequía	0.75+0.13	0.08-1.96	23
juvenil 2 / sequía	0.74+0.12	0.03-2.44	31
adulto 1 / transición	0.69+0.18	0.00-2.56	17
adulto 2 / transición	0.57+0.28	0.00-2.56	3
juvenil 1 / lluvias	0.55+0.22	0.00-1.62	9
juvenil 1 / transición	0.42+0.11	0.00-2.17	28
juvenil 2 / lluvias	0.40+0.11	0.00-1.68	19
adulto 2 / sequía	0.39+0.09	0.03-0.89	9
juvenil 2 / transición	0.38+0.11	0.01-2.36	21
adulto 2 / lluvias	0.37+0.09	0.00-1.51	20
adulto 1 / lluvias	0.19+0.04	0.00-0.52	22

es = error estándar

La variación espacial y temporal de la salinidad y la temperatura se analizó mediante correlaciones lineales no paramétricas de Spearman ( $p < 0.05$ ) con el programa JMP vs 8.0.2 (SAS Institute Inc., 2009). También, la relación entre la composición por tallas con la variación espacial y temporal de la salinidad y la temperatura fueron correlacionadas mediante el mismo coeficiente de Spearman. El índice de repleción fue vinculado con los cuatro intervalos de talla, variación temporal (sequía, transición y lluvias) y el efecto combinado de talla por variación temporal por medio de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el programa STATISTICA vs 8 (Stat Soft. Inc., 2007). El IIR fue analizado en los cuatro intervalos de clase de LT en relación con su variación anual (total), diaria (iluminación y oscuridad) y temporal (estiaje, transición y lluvias). Previo a la estimación del índice de similitud de Bray-Curtis (Legendre & Legendre, 2003), el promedio del IIR para cada factor se transformó con raíz cuadrada (Zar, 2010). Posteriormente, se aplicó un análisis de agrupamiento jerárquico, con el uso de la distancia promedio como el criterio de enlace de pares no ponderados. Para determinar si la disimilitud entre los grupos formados en el análisis de agrupamiento era significativa estadísticamente se empleó la prueba SIM-PROF ( $p < 0.05$ ). El análisis de agrupamiento y su nivel de significancia se realizaron con el programa PRIMER v6 (Clarke & Gorley, 2006).

## RESULTADOS

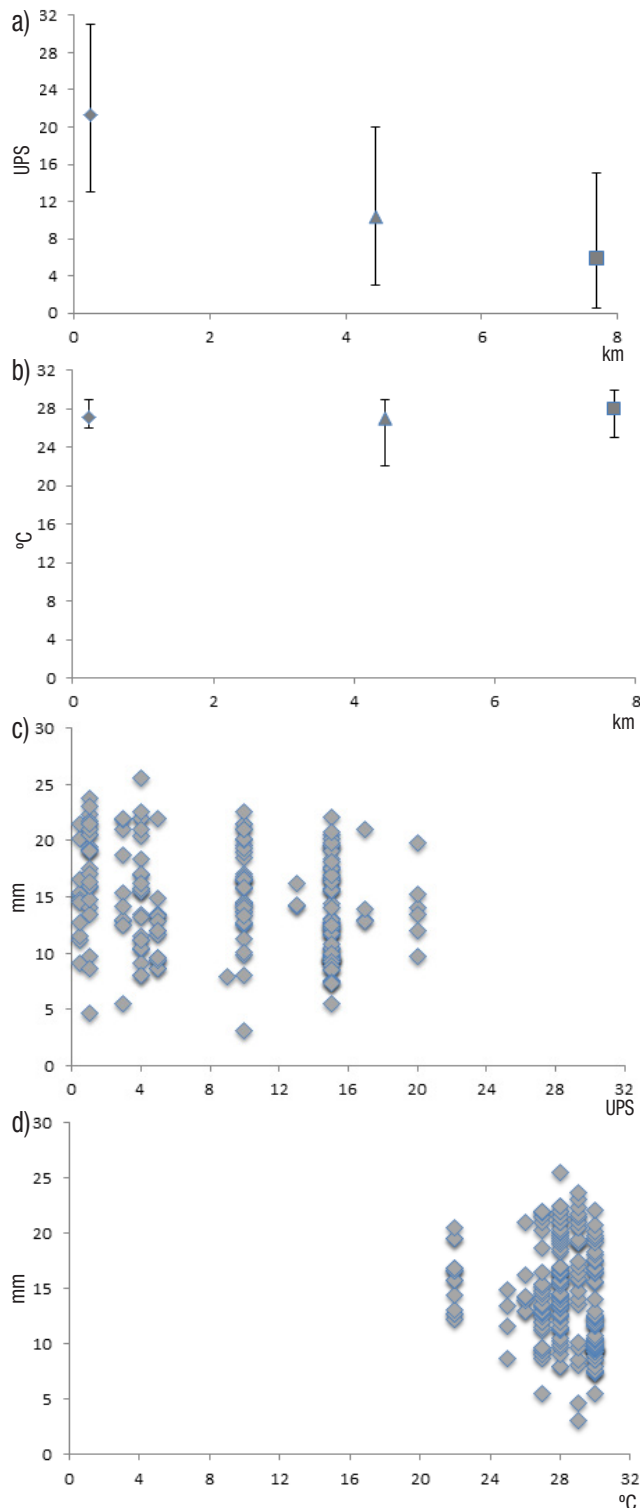
La variación anual de la temperatura (22 a 30 °C) fue mínima (Spearman;  $(r_s)_{0.05(2),210} = 0.197$ ;  $p = 0.5800$ ) en los tres sitios de muestreo (Fig. 2). En cambio, la salinidad fluctuó de 0.5 a 31 UPS y mostró una disminución significativa (Spearman;  $(r_s)_{0.05(2),210} = 0.197$ ;  $p = 0.0437$ ) en relación con la cercanía a la cabecera del sistema estuarino (Fig. 2). Sin embargo, los juveniles y adultos de *C. aguadulce* se distribuyeron independientemente de la salinidad (Spearman;  $(r_s)_{0.05(2),210} = 0.197$ ;  $p = 0.2319$ ), pero estuvieron ausentes en valores mayores de 20 UPS (Fig.

2). Asimismo, tanto juveniles como adultos no mostraron una dependencia (Spearman;  $(r_s)_{0.05(2),210} = 0.197$ ;  $p = 0.196$ ) con los valores de temperatura del agua (Fig. 2).

Los 1,024 especímenes recolectados de *C. aguadulce* fluctuaron de 31 a 255 mm de LT. En la temporada de estiaje se registró 100% de ocurrencia en los estómagos con algún ítem, seguido por lluvias con 83% y transición con 80%. La relación entre la intensidad de consumo y la composición por tallas fue estadísticamente similar (Kruskal-Wallis;  $p = 0.649$ ). Pero el índice de repleción promedio en la temporada de sequía ( $0.717 \pm 0.07$ ) resultó significativamente mayor que el de transición ( $0.48 \pm 0.073$ ) y lluvias ( $0.345 \pm 0.05$ ) (Kruskal-Wallis;  $p = 0.00001$ ). Las combinaciones talla por temporada resultaron estadísticamente afines (Kruskal-Wallis;  $p = 0.15$ ), aunque los mayores valores del índice de repleción se registraron en sequía para juveniles y adulto 1. Los menores valores se midieron en lluvias para los adultos (Tabla 1).

Los componentes alimenticios se dividieron en ocho grupos taxonómicos de fauna acuática, más sedimento y detrito, tanto vegetal como animal. Los grupos taxonómicos incluyeron tres órdenes de crustáceos de la clase Malacostraca (Tanaidacea, Amphipoda y Decapoda) y las cinco clases (Gastropoda, Pelecypoda, Insecta, Ostracoda y Osteichthyes). En el caso de los decápodos se detectaron restos de camarones y braquiuros. En las tres temporadas muestreadas, ambos detritos y los tanaidáceos representaron la mayor frecuencia de ocurrencia (81.6%). El resto de los componentes alimenticios presentaron ocurrencias menores a 5.01% (Tabla 2). Por último, el detrito animal y los tanaidáceos sumaron 94.7% del IIR; aunque la clase Malacostraca, que incluye los tanaidáceos, representó el 42.3% del IIR (Tabla 2). En los bagres juveniles 1 se registró el menor número (siete) de componentes alimenticios; mientras que en los juveniles 2 se reconocieron los 11 grupos y el porcentaje más alto fue de detrito animal (Fig. 3). Únicamente, en los adultos 1 hubo dos componentes alimenticios do-





Figuras 2a-d. Variación espacial y de tallas de *Cathorops aguadulce*. a) Variación espacial del promedio ( $\pm$  intervalo) de la salinidad (UPS), b) Variación espacial del promedio ( $\pm$  intervalo) de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) ambos en relación a la distancia (km) del canal de comunicación Dos Bocas de la laguna Mecoacán con la zona nerítica del sur del Golfo de México; c) Variación de la composición por tallas de *Cathorops aguadulce* en función de la salinidad (UPS), d) Variación de la composición por tallas de *C. aguadulce* en función de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

minantes, ya que en los otros tres intervalos de talla se registraron al menos tres ítems dominantes al sumarse los decápodos con contribuciones mayores al 12.26% del IIR (Fig. 3). Sin embargo, la disimilitud entre juveniles y adultos observada en el dendograma (Fig. 3), aunque no resultó significativa (Bray-Curtis similitud = 53%;  $p < 0.05$ ), sí se sustentó tanto con la tendencia ascendente en el consumo de malacostracos (de 39.13 a 74.94 %IIR) con respecto a las cuatro tallas, como la descendente en la ingesta de detrito (de 58.71 a 24.91 %IIR). Entre los malacostracos dominaron los tanaidáceos y los decápodos; mientras que en el detrito, fue el de origen animal (Fig. 3).

Las menores variedades de componentes alimenticios se obtuvieron en el día y la noche para juveniles 1 y durante el día para adultos 2 (Fig. 4). La variación de los valores de IIR fue prácticamente indistinta durante el día y la noche para la mayoría de los componentes alimenticios en las cuatro clases de tallas. Las excepciones fueron el mayor registro nocturno de decápodos en general y diurno de anfípodos para adultos 2 y peces en juveniles 2 (Fig. 4). Las agrupaciones en el dendograma fueron estadísticamente parecidas (Bray-Curtis similitud = 82.8%;  $p < 0.05$ ), pero la diferencia entre juveniles y adultos fue determinante en la agrupación por similitud en la variación diaria por talla del IIR, ya que esta agrupación coincidió con la tendencia de consumo ascendente para malacostracos y descendente para detrito en relación a las cuatro tallas, y fue independiente de la variación diurna-nocturna (Fig. 4). Además, esta tendencia ontogénica de la dieta coincidió con la observada solamente para las tallas (Fig. 3). Entre los malacostracos dominaron principalmente los tanaidáceos y los decápodos, aunque la contribución de los anfípodos fue notoria en el día para los adultos 1 (Fig. 4).

En la temporada de transición se registraron los máximos del IIR de malacostracos (54.2 a 99.6%) y la menor diversidad de grupos alimenticios ( $\leq 6$  ítems) en las cuatro tallas. Este resultado ayuda a explicar la separación de los adultos en transición en el dendograma (Fig. 5), debido a que la ingesta de tanaidáceos fue casi exclusiva en los adultos ( $> 90\%$  del IIR). En los bagres juveniles 1, en lluvias, se detectó el único porcentaje elevado de consumo de peces (16%). Asimismo, la ingesta de anfípodos sólo sobresalió (IIR  $\geq 22\%$ ) en juveniles 2 en transición y en adultos 2 en estiaje (Fig. 5). Los tanaidáceos y el detrito animal fueron los componentes alimenticios dominantes en el IIR de todos los peces juveniles y adultos. El efecto de las tallas de los bagres no fue significativo estadísticamente (Bray-Curtis similitud = 15.7%;  $p < 0.05$ ), pero sí resultó definitorio en la agrupación por similitud de las combinaciones talla-temporada de la variación ambiental estacional (Fig. 5), ya que persistió la tendencia de que el detrito fue más frecuente en los juveniles y los tanaidáceos en los adultos en las tres temporadas (Fig. 5).

## DISCUSIÓN

La distribución de *Cathorops aguadulce* en las cuencas de la vertiente sureste del Golfo de México fue delimitado desde la cuenca del río Pánuco hasta el río Polochic y el lago Izabal, Guatemala (Miller *et al.*, 2005). Pero Marceniuk & Betancur-R (2008) restringieron su límite sur a la cuenca del río Coatzacoalcos y sugirieron como *Cathorops kailolae* Marceniuk & Betancur-R a las poblaciones del Grijalva-Usumacinta. Sin embargo, algunos autores mantuvieron la identificación de *C. melano-*pus en las poblaciones capturadas en laguna de Términos (Ayala-Pérez *et al.*, 2008; 2012; Villéger *et al.*, 2010; Flores-Hernández *et al.*, 2012).

Tabla 2. Valores anuales de la frecuencia de ocurrencia (% FO) e Índice de Importancia Relativa (% IIR) de las categorías tróficas observadas en el contenido estomacal de *Cathorops aguiladulce* en laguna Mecoacán, Tabasco, México.

Categoría trófica	%FO	% IIR
Gastropoda	1.4	0.02
Pelecypoda	1	0.004
Ostracoda	1	0.0002
Tanaidacea	26.3	40.6
Amphipoda	3.8	0.38
Decapoda	5.01	1.34
Restos de Insecta	1.6	0.01
Restos de Osteichthyes	3.01	0.13
Detrito Vegetal	20.6	3.41
Detrito Animal	34.3	54.07
Sedimento	2	0.04

Para el presente trabajo, los caracteres anatómicos utilizados por Marceniuk & Betancur-R (2008) para validar a *C. aguiladulce* y diferenciarlo de *C. melanopus* son contundentes. En cambio, las claves propuestas por los mismos autores para distinguir *C. aguiladulce* de *C. kailolae* son insuficientes. En este sentido, los especímenes reportados en laguna Mecoacán corresponden a *C. aguiladulce*.

El bagre *Cathorops aguiladulce* es una especie dulceacuícola (Eschmeyer *et al.*, 2016) con amplia distribución limnética (Miller *et al.*, 2005; Rodiles-Hernández *et al.*, 2005; Macossay *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2012; Castillo-Domínguez *et al.*, 2015); funcionalmente esta especie puede categorizarse como de agua dulce eurihalina, según la propues-

ta de McCormik *et al.* (2013), pues este bagre también completa su ciclo de vida y es numéricamente dominante en las comunidades de peces en Mecoacán y en otros sistemas estuarinos (Yañez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Guevara *et al.*, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008; Villéger *et al.*, 2010). Su funcionalidad como especie de agua dulce eurihalina coincide con el aumento de su biomasa en detrimento de *Sciades felis*, ambos vinculados al decremento de la salinidad en la zona noroeste de mayor influencia de descarga de los ríos en la laguna de Términos (Villéger *et al.*, 2010), ya que *S. felis* es un bagre marino eurihalino en el sentido de McCormik *et al.* (2013), debido a que desova en los sistemas estuarinos (Yañez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988). Además, el registro de las máximas abundancias de juveniles en ambientes oligohalinos (Yañez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Ayala-Pérez *et al.*, 2008), la falta de registros en otros sistemas estuarinos con salinidades mínimas anuales de 20 UPS (Chiappa-Carrara *et al.*, 2012), y la distribución de los juveniles y adultos (independiente de la salinidad) en un intervalo de 0.5 a 20 UPS en este estudio, aportan mas argumentos acerca de la funcionalidad de *C. aguiladulce* como una especie de agua dulce eurihalina en un ecosistema con amplias variaciones espaciales de sus ambientes halinos, como es laguna Mecoacán.

Los intervalos de salinidad (5-28 ppm, 8-28 ‰ y 0.5-29 UPS) suscritos para laguna Mecoacán por Galaviz-Solís *et al.* (1987), Flores *et al.* (1996) y Domínguez *et al.* (2003) concordaron con los resultados de esta investigación (0.5-30 UPS). Según la zonación de la laguna basada en la variación espacial y temporal de los ambientes halinos cimentada en el sistema de Venecia (ASLO 1958) y propuesta por Domínguez *et al.* (2003), los tres sitios de muestreo (Fig. 2) se ubicaron en zonas que fluctuaron de meso-polihalino a polihalino (0.24 km de Dos Bocas), mesohalino a meso-polihalino (4.43 km de Dos Bocas) y oligohalino a oligo-mesohalino (7.69 km de Dos Bocas). Esta fluctuación ambiental ha ayudado a explicar la distribución espacial y temporal de moluscos, balanos epizoicos y decápodos en Mecoacán (García-Cubas *et al.*, 1990; Flores *et al.*, 1996; Domínguez *et al.*, 2003; Tepetlan & Aldana-Aranda, 2008; González *et al.*, 2016). En laguna de Términos, la

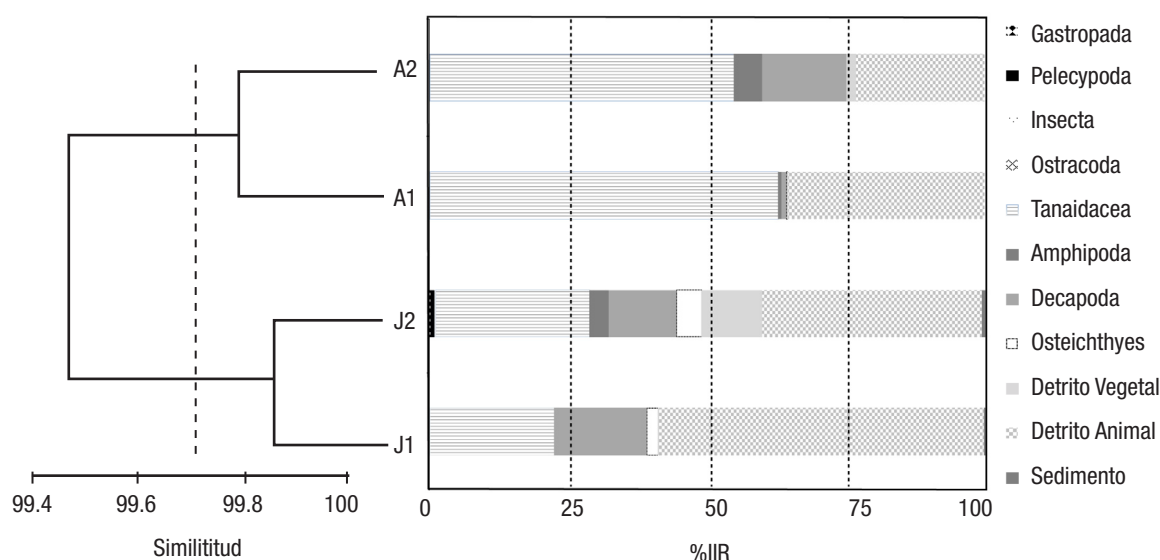


Figura 3. Índice de Importancia Relativa (%IIR), de las categorías tróficas en relación con las clases de talla de *Cathorops aguiladulce* (J1 = 31-100 mm LT, n = 45; J2 = 101-150 mm LT, n = 71; A1 = 151-200 mm LT, n = 62; A2 ≥ 201 mm LT, n = 32) en laguna Mecoacán. n = número de estómagos por intervalo de clase de talla.

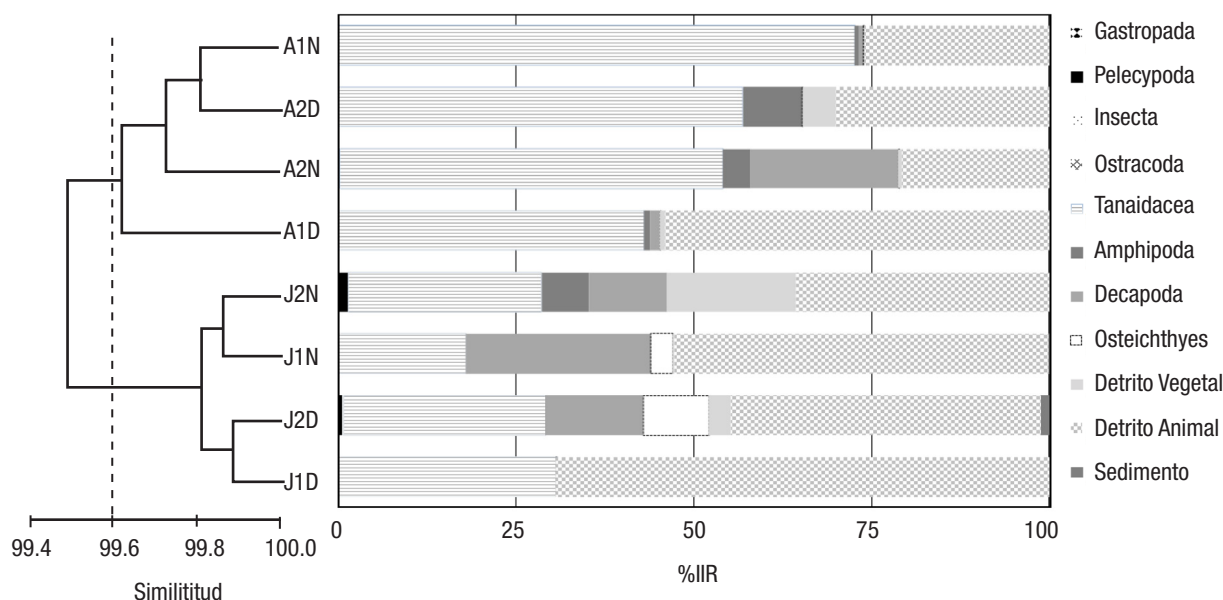


Figura 4. Índice de Importancia Relativa (%) de las categorías tróficas por variaciones en 24 hr (D = día, N = noche) y clases de talla (J1 = 31-100 mm LT; J2 = 101-150 mm LT; A1 = 151-200 mm LT; A2 ≥ 201 mm LT) de *Cathorops aguiladulce* en la laguna Mecoacán, Tabasco, México.

distribución de los juveniles y adultos de *A. melanopus* y otros bagres estuvo influida por la fluctuación de la salinidad (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Ayala-Pérez *et al.*, 2008; Villéger *et al.*, 2010). Del mismo modo, en los áridos *A. melanopus* en Celestún y *Sciades herzbergii* (Bloch), en el estuario de Curaçá en Brasil se detectó que la deriva temporal de la dieta fue más relevante que la ontogénica, debido a la amplia variación ambiental (Vega-Cendejas, 1990; Giarrizzo & Saint-Paul, 2008). Pero en este estudio, la distribución de los juveniles y adultos de *C. aguiladulce* resultó desvinculada de la variación de la salinidad. En las comparaciones de las poblaciones de *C. aguiladulce* en las lagunas de Términos y Mecoacán, la composición por tallas careció de efecto en las diferencias mencionadas al resultar similares: 25 a 302 mm en la primera (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Ayala-Pérez *et al.*, 2008) y 31 a 255 mm en la segunda.

La dominancia del detrito y los tanaidáceos en la dieta *C. aguiladulce* concordaron en Pueblo Viejo, laguna de Términos, Celestún (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Vega-Cendejas, 1990; Kobelkowsky & Castillo-Rivera, 1995; Guevara *et al.*, 2007; Mojica, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008) y en este estudio en Mecoacán. El consumo frecuente de detrito en los peces se atribuyó a las temporadas con disponibilidad de alimento limitada (Michelsen *et al.*, 1994). Sin embargo, los elevados índices de detrito en el contenido estomacal de este bagre demersal se han relacionado con su frecuente distribución en sustratos suaves con alto contenido de detrito (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988).

Los crustáceos bentónicos son frecuentes en la dieta de *C. aguiladulce* en los ecosistemas estuarinos (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Vega-Cendejas, 1990; Kobelkowsky & Castillo-Rivera, 1995; Guevara *et al.*, 2007; Mojica, 2007; Ayala-Pérez *et al.*, 2008). La dominancia de los tanaidáceos de juveniles y adultos, sobre todo en los segundos, se relaciona a que este orden de malacostracos presenta amplia distribución en los ecosiste-

mas estuarinos, pero son más abundantes en ambientes oligohalinos en sustratos suaves con alto contenido de materia orgánica (Winfield & Franco-López, 1992). Estos peracáridos han sido señalados como un componente trófico importante en los contenidos estomacales de áridos en varias lagunas costeras en el sur del Golfo de México, como Pueblo Viejo, Términos y Celestún (Lara-Domínguez *et al.*, 1981; Vega-Cendejas, 1990; Mojica, 2007), lo cual concuerda con los resultados de este estudio, ya que fue un componente alimentario dominante en las cuatro clases de tallas. Además, los tanaidáceos son comunes en la dieta de otras especies de peces (Kneib, 1992; D'Aguillo *et al.*, 2014; Compaire *et al.*, 2016). Este elevado consumo de tanaidáceos en los cuatro intervalos de clase en la laguna Mecoacán representa la oportunidad de comprobar la hipótesis sobre la función de *C. aguiladulce* como regulador de los detritívoros distribuidos en sustratos suaves sin vegetación, en donde hay una elevada disponibilidad de materia orgánica disuelta y particulada, aportada en parte por el manglar en laguna Mecoacán y en otros sistemas estuarinos en el sur del Golfo de México. Estas cadenas detritívoras también sostienen poblaciones abundantes de camarones peneidos y otros crustáceos (Flores *et al.*, 1996; Raz-Guzman & Sánchez, 1996; Domínguez *et al.*, 2003) que representan fuentes de alimento para este bagre zoobentívoro.

El consumo de los grupos dominantes fue en general indistinto durante el día y la noche, aunque la ingesta de los anfípodos fue diurna y el de los restos de decápodos (principalmente de camarones peneidos) resultó más nocturno, lo que coincidió con la actividad diurna reportada para algunas especies de anfípodos y nocturna de los peneidos (Minello & Zimmerman, 1985; Matthews, 1991; Sánchez, 1997; Marion *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2016). También, las elevadas densidades de anfípodos y estadios inmaduros de camarones peneidos en sustratos suaves u otros hábitats en laguna Mecoacán y otros sistemas estuarinos (Flores *et al.*, 1996; Corona *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2003; Barba & Sánchez, 2005; Rocha-Ramírez *et al.*, 2007; Baker *et al.*, 2014) sustentan que hayan sobresalido en la dieta de este silúrido zoobentívoro.

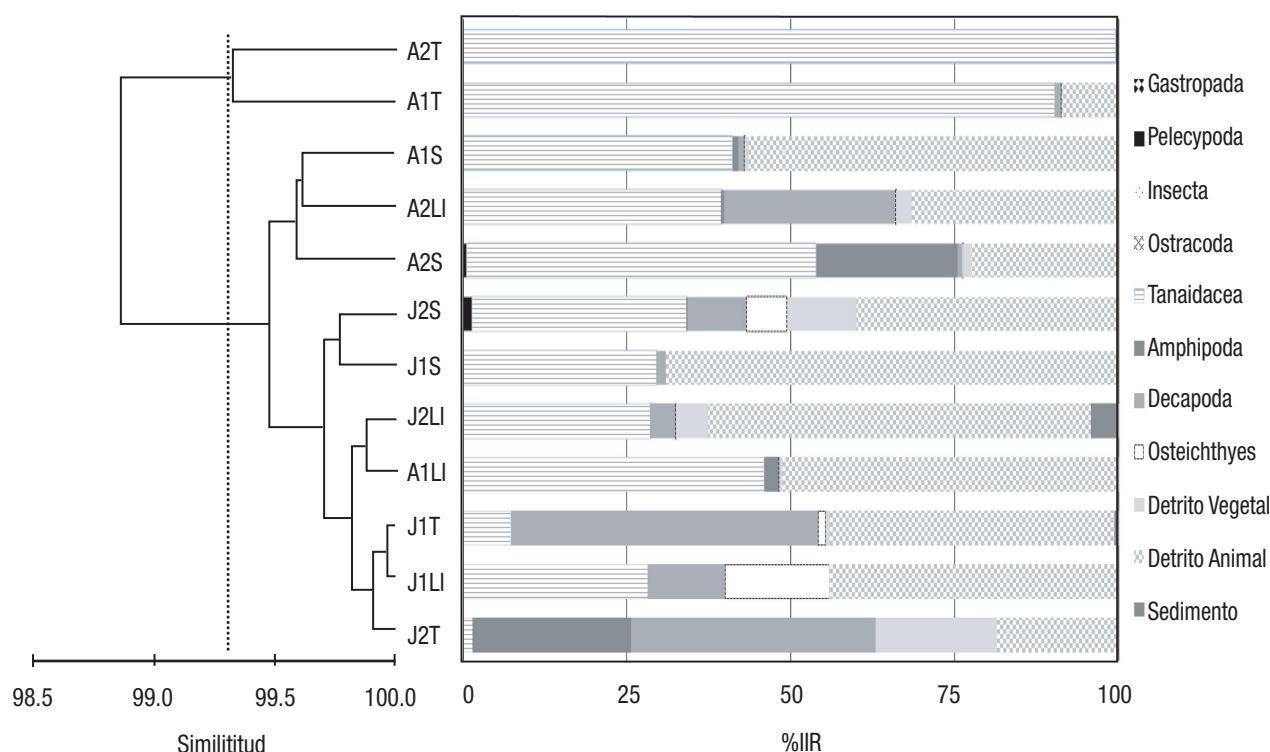


Figura 5. Índice de Importancia Relativa (%), de las categorías alimenticias por temporada (S = sequía; T = transición; L = lluvias) y por clases de talla (J1 = 31-100 mm LT; J2 = 101-150 mm LT; A1 = 151-200 mm LT; A2  $\geq$  201 mm LT) de *Cathorops aguadulce* en la laguna Mecoacán, Tabasco, México.

La menor diversidad de ítems alimenticios observada en la temporada de transición contrastó con los valores promedio del índice de repleción, ya que sus mínimos valores se calcularon en la temporada de lluvias. Sin embargo, la deriva ontogenética de la dieta fue más determinante que los efectos de la variación temporal, en ambas escalas (24 horas y estacional) para las poblaciones de *C. aguadulce* en Mecoacán. Este resultado difirió parcialmente de lo registrado para la misma especie (*A. melanopus*) en laguna de Términos y Celestún, pues en ambas lagunas la alimentación se consideró similar durante su desarrollo (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988; Vega-Cendejas, 1990), aunque hubo un incremento de consumo de restos de camarones en los bagres de mayor talla en la primera laguna (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1988). De forma semejante, para el bagre *S. herzegbergii* en el estuario de Curaçá se propuso que la deriva temporal de la dieta fue más relevante que la ontogénica (Giarrizzo & Saint-Paul, 2008). En este estudio, los bagres de mayor talla aumentaron la ingesta de tanaidáceos, mientras la de decápodos se mantuvo durante las cuatro clases de tallas.

El silúrido *C. aguadulce* es una especie de agua dulce eurihalina zoobentívora, cuya deriva ontogénica de la dieta fue más relevante que la variación ambiental sobre sus hábitos alimenticios. Esta conclusión se sustenta en que los hábitos se agruparon para juveniles y adultos, pues el detrito dominó en los juveniles y los tanaidáceos en los adultos. La variación temporal significativa en la intensidad de dieta de este silúrido, aunada a la distribución de la composición por tallas de sus poblaciones independiente a la salinidad, disminuyen la probabilidad

de atribuir las diferencias ontogénicas de su dieta a la disponibilidad de las presas en relación a la distribución del depredador. En cambio, abre la posibilidad de comprobar si la variación ontogénica de sus rasgos morfométricos funcionales está asociada con la adquisición de alimento y movimiento. Los resultados de esta investigación ayudan a explicar la dominancia numérica de este bagre en ecosistemas estuarinos, en donde las extensas y frecuentes áreas con sedimentos suaves sin vegetación sumergida y con alto contenido de detrito representan sitios de alimentación para los juveniles y adultos de esta especie.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Conacyt por la beca del Programa Nacional de Posgrados de Calidad con No. Beca-Conacyt/38501 otorgada al primer autor. De igual forma, a la Covinse de la DACBIOL. Se hace extensivo el agradecimiento a la UJAT por el apoyo financiero en campo derivado del proyecto SAR Delta Grijalva. A los técnicos Adán Alberto Macossay y Hugo Enrique Montalvo.

## REFERENCIAS

- ABELE, L. G. & W. KIM. 1986. *An Illustrated Guide to the Marine Decapod Crustaceans of Florida Thalassae, Florida*. State of Florida Department of Environmental Regulation. Technical Series 8 (1) part 1. 196 p.



- ABDURAHIMAN, K. P., T. H. NAYAK, P. U. ZACHARIA & K. S. MOHAMED. 2010. Trophic organisation and predator-prey interactions among commercially exploited demersal finfishes in the coastal waters of the southern Arabian Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 87: 601-610. DOI: 10.1016/j.ecss.2010.03.002
- ARCEO-CARRANZA, D., M. E. VEGA-CENDEJAS, J. L. MONTERO-MUÑOZ & M. J. HERNÁNDEZ DE SANTILLANA. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81 (3): 823-837.
- ASLO (ASSOCIATION FOR THE SCIENCES OF LIMNOLOGY AND OCEANOGRAPHY). 1958. The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity. *Limnology and Oceanography* 3: 346-347. DOI: 10.4319/lm.1958.3.3.0346
- AYALA-PÉREZ, L. A., O. CHÁVEZ-RIVERO & A. GÓMEZ-MONTES. 2007. *Método de diagnóstico y evaluación ecológica y poblacional de peces*. Contribuciones Científicas; Serie Académicos CBS, número 2. Editorial UAM. México, D.F. 145 p.
- 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 coast of Campeche, Mexico. *Ciencias Marinas* 34 (4): 453-465.
- BAKER, R., M. FUJIWARA & T. J. MINELLO. 2014. Juvenile growth and mortality effects on white shrimp *Litopenaeus setiferus* population dynamics in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Research* 155: 74-82. DOI: 10.1016/j.fishres.2014.02.026
- BAPTISTA, J., F. MARTINHO, D. NYITRAI, M. A. PARDAL & M. DOLBETH. 2015. Long-term functional changes in an estuarine fish assemblage. *Marine Pollution Bulletin* 97: 125-134. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.06.025
- BARBA, E. & A. J. SÁNCHEZ. 2005. Peracarid crustaceans of central Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico. *Gulf of Mexico Science* 23 (2): 241-247.
- BARREIROS, J. P., J. O. BRANCO, F. F. JÚNIOR, L. MACHADO, M. HOSTIM-SILVA & J. R. VERANI. 2009. Space-time distribution of the ichthyofauna from Saco da Fazenda estuary, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. *Journal of Coastal Research* 25 (5): 1114-1121. DOI:10.2112/08-1050.1
- CARDOZA-MARTÍNEZ, G. F., J. L. ESTRADA-RODRÍGUEZ, F. ALONZO-ROJO, C. L. MARTOVAR & F. GELWICK. 2011. Espectro trófico del bagre *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae), en la presa Lázaro Cárdenas, Indé, Durango, México. *Hidrobiológica* 21 (2): 210-216.
- CARPENTER, K. E. (Ed.). 2002. *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras*. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome. 600 p.
- CASTILLO-DOMÍNGUEZ, A., C. E. MELGAR-VALDES, E. BARBA-MACÍAS, R. RODILES-HERNÁNDEZ, A. J. NAVARRETE, M. A. PERERA-GARCÍA, C. A. CUENCA-SORIA & R. E. HERNÁNDEZ-GÓMEZ. 2015. Composición y diversidad de peces del río San Pedro, Balancán, Tabasco, México. *Hidrobiológica* 25 (2): 285-292.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L., H. S. ESPINOSA & J. J. SCHMITTER-SOTO. 1999. *Ichthyofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Editorial Limusa, México D.F. 705 p.
- CHAVANCE, P., D. FLORES, A. YAÑEZ-ARANCIBIA & F. AMEZCUA. 1984. Ecología, biología y dinámica de las poblaciones *Bairdiella chrysoura* en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 11 (1): 123-162.
- CHIAPPA-CARRARA, X., A. GALLARDO, C. GALINDO, J. LOERA, R. RIOJA & M. BADILLO. 2012. Refugios estuarinos: cambio en la estructura de la comunidad de peces en la laguna de la Carbonera durante un evento de marea roja. In: Sánchez, A. J., X. Chiappa-Carrara & R. Brito (Eds.). *Recursos Acuáticos Costeros del Sureste, Volumen 2*. CONCIYTEY. Mérida, pp. 397-415.
- CLARKE, K. R. & R. N. GORLEY. 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: PRIMER-E.
- COMPAIRE, J. C., R. CABRERA, C. GÓMEZ-CAMA & M. S. SORIGUER. 2016. Trophic relationships, feeding habits and seasonal dietary changes in an intertidal rockpool fish assemblage in the Gulf of Cadiz (NE Atlantic). *Journal of Marine Systems* 158: 165-172. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2016.02.006
- CORONA, A., L. A. SOTO & A. J. SÁNCHEZ. 2000. Epibenthic amphipods abundance and pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* predation efficiency in habitats with differential physical complexity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 253 (1): 33-48. DOI: 10.1016/S0022-0981(00)00236-7
- D'AGUILLO, M. C., A. S. HAROLD & T. L. DARDEN. 2014. Diet composition and feeding ecology of the naked goby *Gobiosoma bosc* (Gobiidae) from four western Atlantic estuaries. *Journal of Fish Biology* 85: 355-373. DOI: 10.1111/jfb.12425
- DANIEL, W. 1982. *Bioestadística*. Editorial Limusa, México D.F. 485 p.
- DOMÍNGUEZ, J. C., A. J. SÁNCHEZ, R. FLORIDO & E. BARBA. 2003. Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 13 (2): 127-136.
- ESCHMEYER, W. N., R. FRICKE & R. VAN DER LAAN (Eds.). 2016. *Catalog of fishes: Genera, species, references*. Available online at: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (downloaded September 12, 2016).
- 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: 241-268. DOI: 10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x
- FAYE, D., L. TITO DE MORAIS, J. RAFFRAY, S. OUMAR, O. T. THIAW & F. LE LOC'H. 2011. Structure and seasonal variability of fish food webs in an estuarine tropical marine protected area (Senegal): Evidence from stable isotope analysis. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 92: 607-617. DOI: 10.1016/j.ecss.2011.02.01
- FLORES, A., A. J. SÁNCHEZ & L. A. SOTO. 1996. Distribución de camarones (Decapoda: Penaeidae) en una laguna costera tropical del Suroccidente del Golfo de México. *Avicennia* 4/5: 1-12.
- FLORES-HERNÁNDEZ, D., J. RAMOS-MIRANDA, A. SOSA-LÓPEZ & L. A. AYALA-PÉREZ. 2012. Variabilidad de la estructura de la comunidad de peces en un ecosistema costero tropical al sureste del Golfo de México, usando los niveles tróficos. In: Sánchez, A. J., X. Chiappa-Carrara & R. Brito

- (Eds.). *Recursos Acuáticos Costeros del Sureste, Volumen 2*. CON-CIYTEY. Mérida, pp. 353-374.
- FLORIDO, R. & A. J. SÁNCHEZ. 2010. Effect of the habitat complexity, mobility and density of prey by predation of the blue crab *Callinectes sapidus* (Crustacea). *Crustaceana* 89 (9): 1069-1089. DOI: 10.1163/001121610X521217
- GALAVIZ-SOLÍS, A., M. GUTIÉRREZ-ESTRADA & A. CASTRO DEL RÍO. 1987. Morfología, sedimentos e hidrodinámica de las lagunas Dos Bocas y Mecoacán, Tabasco, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 14 (2): 109-124.
- GARCÍA-CUBAS, A., F. ESCOBAR, L. V. GONZÁLEZ & M. REGUERO. 1990. Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México: sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 17: 1-30.
- GIARRIZZO, T. & U. SAINT-PAUL. 2008. Ontogenetic and seasonal shifts in the diet of the pemecou sea catfish *Sciades herzbergii* (Siluriformes: Ariidae), from a macrotidal mangrove creek in the Curuçá estuary, Northern Brazil. *Revista de Biología Tropical* 56 (2): 861-873.
- GIMENES, M. F., R. FUNGI, A. ISAAC & M. RODRIGUES DA SILVA. 2013. Spatial, seasonal and ontogenetic changes in food resource use by a piscivore fish in two Pantanal lagoons, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 11 (1): 163-170. DOI: 10.1590/S1679-62252013000100019
- GONZÁLEZ, G., A. J. SÁNCHEZ, R. FLORIDO, C. HERNÁNDEZ, N. ÁLVAREZ-PLIEGO & M. A. SALCEDO. 2016. Balanos (Cirripedia: Crustacea) epizoicos en una laguna costera al sur del Golfo de México. *E-Bios* 1 (12): 36-41.
- GUEVARA, E. C., A. J. SÁNCHEZ, C. ROSAS, M. MASCARÓ & R. BRITO. 2007. Asociación trófica de peces distribuidos en vegetación acuática sumergida en laguna de Términos, sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia* 23 (2): 151-166. DOI: 10.19136/era.a23n2.289
- HENDON, J. R. & C. F. RAKOCINSKI. 2016. Habitat-specific growth, survival and diet of late juvenile hatchery-reared spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 484: 1-10. DOI: 10.1016/j.jembe.2016.07.012
- HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal Fish Biology* 17: 411-429. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x
- JONES, K. M. M. & K. W. ABLE. 2015. Abundance and diet of predatory fishes in *Phragmites*, Treated *Phragmites*, and natural *Spartina* Marshes in Delaware Bay. *Estuaries and Coasts* 38: 1350-1364. DOI: 10.1007/s12237-014-9883-5
- KNEIB, R. T. 1992. Population dynamics of the tanaid *Hargeria rapax* (Crustacea: Peracarida) in a tidal marsh. *Marine Biology* 113 (3): 437-445. DOI: 10.1007/BF00349169
- KOBELKOWSKY, D. A. & M. CASTILLO-RIVERA. 1995. Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. *Hidrobiológica* 5 (1-2): 95-103.
- KÜHLMANN, M. L. & A. H. HINES. 2005. Density-dependent predation by blue crabs *Callinectes sapidus* on natural prey populations of infaunal bivalves. *Marine Ecology Progress Series* 295: 215-228. DOI: 10.1007/BF00349169
- LAMONTAGNE, S., B. M. DEEGAN, K. T. ALDRIDGE, J. D. BROOKES & M. C. GEDDES. 2016. Fish diets in a freshwater-deprived semiarid estuary (The Coorong, Australia) as inferred by stable isotope analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 178: 1-11. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.05.016
- LARA-DOMÍNGUEZ, A. L., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA & F. AMEZCUA-LINARES. 1981. Biología y ecología del bagre *Arius melanopus* Günther, en la laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces: Ariidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 8 (1): 267-304.
- LEE, C. L. & H. J. LIN. 2015. Ontogenetic habitat utilization patterns of juvenile reef fish in low-predation habitats. *Marine Biology* 162 (9): 1799-1811. DOI: 10.1007/s00227-015-2712-y
- LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE. 2003. *Numerical Ecology*. Elsevier Science. Montreal. 853 p.
- MACOSSAY-CORTEZ, A., A. J. SÁNCHEZ, R. FLORIDO, L. HUIDOBRO & H. MONTALVO-URGEL. 2011. Historical and environmental distribution of ichthyofauna in the tropical wetland of Pantanos de Centla, southern Gulf of Mexico. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41 (3): 229-245. DOI: 10.3750/AIP2011.41.3.11
- MARCENIUK, A. P. & R. BETANCUR-R. 2008. Revision of the species of the genus *Cathorops* (Siluriformes: Ariidae) from Mesoamerica and the Central American Caribbean, with description of three new species. *Neotropical Ichthyology* 6 (1): 25-44. DOI: 10.1590/S1679-62252008000100004
- MARION, A., M. HARVEY, D. CHABOT & J. C. BRÉTHES. 2008. Feeding ecology and predation impact of the recently established amphipod, *Themisto libellula*, in the St. Lawrence marine system, Canada. *Marine Ecology Progress Series* 373: 53-70. DOI: 10.3354/meps07716
- MATTHEWS, T. R., W. W. SCHROEDER & D. E. STEARNS. 1991. Endogenous rhythm, light and salinity effects on postlarval brown shrimp *Penaeus aztecus* recruitment to estuaries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 154: 177-189. DOI: 10.1016/0022-0981(91)90163-Q
- MCCORMIK, S. D., A. P. FARRELL & C. J. BRAUNER. 2013. *Fish Physiology: Euryhaline Fishes*. Academic Press, London. 559 p.
- MEDELLÍN, G., I. MARIÑO-TAPIA, A. PEDROZO-ACUÑA, C. ENRIQUEZ, G. MEDELLÍN & F. J. GONZÁLEZ-VILLAREAL. 2013. Influencia de la marea en la hidrodinámica del sistema Mecoacán-río González, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* IV (2): 71-90.
- MEDINA, M., M. ARAYA & C. VEGA. 2004. Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Revista de Investigaciones Marinas* 32 (1): 33-47. DOI: 10.4067/S0717-71782004000100004
- MICHENSEN, K., J. PEDERSEN, K. CHRISTOFFERSEN & F. JENSEN. 1994. Ecological consequences of food partitioning for the fish population structure in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* 291: 35-45. DOI: 10.1007/BF00024237
- MILLER, R. R., W. L. MINCKLEY & S. M. NORRIS. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press. Chicago. 652 p.
- MINELLO, T. J. & R. J. ZIMMERMAN. 1985. Differential selection for vegetative structure between juvenile brown shrimp (*Penaeus aztecus*) and white shrimp (*P. setiferus*), and implications in predator-prey re-

- relationships. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20 (6): 707-716. DOI: 10.1016/0272-7714(85)90027-7
- MOJICA, M. 2007. Aspectos biológicos y ecológicos de *Cathorops melanopus* (Siluriformes: Ariidae) en dos diferentes tipos de hábitat de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Tesis profesional, UAM-Iztapalapa. México D.F. 94 p.
- NAGELKERKEN, I., G. VAN DER VELDE, W. C. E. P. VERBERK & M. DORENBOSCH. 2006. Segregation along multiple resource axes in a tropical seagrass fish community. *Marine Ecology Progress Series* 308: 79-89. DOI: 10.3354/meps308079
- NAJJAR, R. J., C. R. PYKE, M. B. ADAMS, D. BREITBURG, C. HERSHNER, M. KEMP, R. HOWARTH, M. R. MULHOLLAND, M. PAOLISSO, D. SECOR, K. SELLNER, D. WARDROP & R. WOOD. 2010. Potential climate-change impacts on the Chesapeake Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 1-20. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.09.026
- NANJO, K., Y. NAKAMURA, M. HORINOCHI, H. KOHNO & M. SANO. 2011. Predation risks for juvenile fishes in a mangrove estuary: A comparison of vegetated and unvegetated microhabitats by tethering experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 405: 53-58. DOI: 10.1016/j.jembe.2011.05.016
- RAZ-GUZMAN, A. & A. J. SÁNCHEZ. 1996. TROPHIC STRUCTURE RELATED TO SEAGRASS HABITAT COMPLEXITY. In: KUO, J., R. C. PHILLIPS, D. I. WALKER & H. KIRKMAN (Eds.). *Seagrass Biology: Proceedings of an International Seagrass Workshop*, Rottne Island, 5-29 January, pp. 241-248.
- ROCHA-RAMÍREZ, A., A. RAMÍREZ-ROJAS, R. CHÁVEZ-LÓPEZ & J. ALCOCER. 2007. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Aquatic Ecology* 41 (2): 319-333. DOI: 10.1007/s10452-006-9054-2
- RODILES-HERNÁNDEZ, R., A. A. GONZÁLEZ-DÍAZ & C. CHAN-SALA. 2005. Lista de peces continentales de Chiapas, México. *Hidrobiológica* 15 (2 especial): 245-253.
- SÁNCHEZ, A. J. 1997. Habitat preference of *Penaeus (F.) duorarum* (Crustacea: Decapoda) in a tropical coastal lagoon, southwest Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 217 (1): 107-117. DOI: 10.1016/S0022-0981(97)00049-X
- SÁNCHEZ, A. J., R. FLORIDO, A. MACOSSAY-CORTEZ, M. CRUZ-ASCENCIO, H. MONTALVO-ÚRGEL & A. GARRIDO-MORA. 2012. Distribución de macroinvertebrados acuáticos y peces en cuatro hábitat en Pantanos de Centla, sur del Golfo de México. In: Sánchez, A. J., X. Chiappa-Carrara & R. Brito (Eds.). *Recursos Acuáticos Costeros del Sureste, Volumen 2*. CONCIYTEY. Mérida, pp. 416-443.
- SÁNCHEZ, A. J., M. A. SALCEDO, R. FLORIDO, J. D. MENDOZA, V. RUÍZ-CARRERA & N. ÁLVAREZ-PLIEGO. 2015. Ciclos de inundación y servicios ambientales en Grijalva-Usumacinta. *ContactoS* 97: 5-14.
- SANTOS, A. D. A., J. F. LÓPEZ-OLMEDA, F. J. SÁNCHEZ-VÁZQUEZ & R. FORTES-SILVA. 2016. Synchronization to light and mealtime of the circadian rhythms of self-feeding behavior and locomotor activity of white shrimps (*Litopenaeus vannamei*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 199: 54-61. DOI: 10.1016/j.cbpa.2016.05.001
- SAS INSTITUTE INC. 2009. JMP Statistics and Graphics Guide. Version 8.0.2. SAS Institute Inc, North Carolina.
- STATSOFT, INC. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- TEPETLAN, S. P. & D. ALDANA-ARANDA. 2008. Macrofauna bentónica asociada a bancos ostrícolas en las lagunas costeras Carmen, Machona y Mecoacán, Tabasco, México. *Revista Biología Tropical* 56: 127-137. DOI: 10.15517/rbt.v56i0.5582
- VEGA-CENDEJAS, M. E. 1990. Interacción trófica entre los bagres *Arius melanopus* (Agassiz, 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1776), en las costas de Celestún, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 17 (2): 271-285.
- VILLÉGER, S., J. RAMOS-MIRANDA, D. FLORES-HERNÁNDEZ & D. MOUILLOT. 2010. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications* 20 (6): 1512-1522. DOI: 10.1890/09-1310.1
- VITULE, J. R. S., F. F. G. DA SILVA, H. BORNATOWSKI & V. ABILHOA. 2013. Feeding ecology of fish in a coastal river of the Atlantic Rain Forest. *Environmental Biology of Fishes* 96: 1029-1044. DOI: 10.1007/s10641-012-0101-7
- WETZ, M. S. & D. W. YOSKOWITZ. 2013. An 'extreme' future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. *Marine Pollution Bulletin* 69: 7-18. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.01.020
- WINDELL, J. T. 1971. Food analysis and rate of digestion. In: W. E. Ricker (Ed.). *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, International Biological Programme Handbook 3*, Blackwell, Oxford, pp. 215-226.
- WINFIELD, I. & L. FRANCO. 1992. Algunas consideraciones ecológicas de *Discapseudos holthuisi* (Bacescu y Gutu, 1975) (Orden: Tanaidacea). *Revista de Investigaciones Marinas* 13: 254-274.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. & A. L. LARA-DOMÍNGUEZ. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem-Southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 49: 215-230. DOI: 10.3354/meps049215
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. & P. SÁNCHEZ-GIL. 1988. *Ecología de los recursos demersales marinos: Fundamentos en costas tropicales*. AGT editores, México D.F. 228 p.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., A. L. LARA-DOMÍNGUEZ, A. AGUIRRE-LEÓN, S. DÍAZ-RUIZ, F. AMEZCUA-LINARES, D. FLORES-HERNÁNDEZ & P. CHAVANCE. 1985. Ecología de peces dominantes en estuarios tropicales: Factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la reproducción. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. Editorial Universitaria UNAM, Programa Universitario de Alimentos, ICMYL, México D.F. pp. 311-366.
- ZAR, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 944 p.