

Research Article

Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, México

Luis Amado Ayala-Pérez¹, Greicy Janet Terán-González¹, Domingo Flores-Hernández²
Julia Ramos-Miranda² & Atahualpa Sosa-López²

¹Laboratorio de Ecología Aplicada, Departamento El Hombre y su Ambiente
Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Calz. Del Hueso 1100
Col. Villaquietud Coyoacan 04960, México D.F

²Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México
Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar s/n
Col. Buenavista 24030, Campeche, México

RESUMEN. La comunidad de peces en el sur del golfo de México es abundante y diversa y sus componentes se encuentran afectados por la captura incidental de la pesquería del camarón siete barbas. El presente trabajo describe y analiza los patrones de variación espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces, identificando las especies con dominio ecológico. Los muestreos se realizaron mensualmente entre febrero 2006 y enero 2007 en 37 sitios localizados desde la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta hasta la desembocadura del sistema Chumpam-Balchacah al interior de la Laguna de Términos, en el estado de Campeche al sur del golfo de México. Se realizaron 444 arrastres experimentales con una red de prueba camaronera y se capturaron 26.386 peces con un peso conjunto de 407,1 kg. Se identificaron 94 especies agrupadas en 65 géneros y 38 familias. La abundancia y diversidad de la comunidad de peces se analizó en escalas espacial y temporal en términos de densidad (ind m^{-2}), biomasa (g m^{-2}), peso promedio (g ind^{-1}), índice de diversidad ($H'n$), riqueza de especies (DMg) e índice de equidad (J'). En cuanto a abundancia se distinguieron los altos valores registrados en agosto y septiembre, en sitios cercanos a las desembocaduras de los sistemas Grijalva-Usumacinta y Palizada-Del Este. La especie más importante en términos de abundancia fue el bagre *Cathorops melanopus*. Los intervalos de variación de los índices de diversidad en escala espacial fueron: $H'n = 0,5-2,8$ bits; DMg = 2,6-5,3 sp. ind^{-1} y $J' = 0,1-0,8$ bits. En escala temporal los intervalos fueron $H'n = 1,8-2,6$ bits; DMg = 5,1-6,7 sp. ind^{-1} y $J' = 0,4-0,6$ bits. Se identificaron nueve especies dominantes con 16.840 individuos y un peso conjunto de 278,5 kg, equivalente al 63,8% de la captura total.

Palabras clave: abundancia, diversidad, peces, especies dominantes, Campeche, México.

Spatial and temporal variability of fish community abundance and diversity off the coast of Campeche, Mexico

ABSTRACT. The fish community of the southern Gulf of Mexico is abundant and diverse, and its components are affected by the bycatch of the seabob shrimp fishery. The spatial and temporal abundance and diversity patterns of the fish community are described and analyzed in this paper, and the ecologically dominant species are identified. Monthly sampling was carried out from February 2006 to January 2007, at 37 sites located between the mouth of the Grijalva-Usumacinta system to the mouth of the Chumpam-Balchacah system inside the Terminos Lagoon, in the state of Campeche, southern Gulf of Mexico. Using an experimental trawl net, 444 experimental hauls were done, and 26,386 individuals were caught with a joint weight of 407.1 kg. In total, 94 species were identified, grouped in 65 genera and 38 families. The abundance and diversity of the fish community was analyzed on spatial and temporal scales in terms of density (ind m^{-2}), biomass (g m^{-2}), average weight (g ind^{-1}), diversity index ($H'n$), species richness (DMg), and evenness (J'). The abundance was high in August and September at sites near the mouths of the Grijalva-Usumacinta and Palizada-Del Este systems. The most important species in terms of abundance was the catfish, *Cathorops melanopus*. The intervals of variation of the diversity range on a spatial scale were $H'n = 0.5$ to 2.8 bits; DMg = 2.6 to 5.3 sp ind^{-1} , and $J' = 0.1$ to 0.8 bits. On a temporal scale, the intervals were: $H'n = 1.8$ to 2.6 bits; DMg = 5.1 to 6.7 sp ind^{-1} , and $J' = 0.4$ to 0.6 bits. Nine dominant species were identified, with 16,840 individuals and a joint weight of 278.5 kg, equivalent to 63.8% of the total capture.

Keywords: abundance, diversity, fish, dominant species Campeche, Mexico.

Corresponding author: Luis Ayala-Pérez (luayala@correo.xoc.uam.mx)

INTRODUCCIÓN

En la región costero marina del sur del golfo de México se integran y tienen influencia sobre su diversidad y productividad, dos áreas naturales protegidas, la reserva de la biosfera Pantanos de Centla en el estado de Tabasco y el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos en Campeche. En la región de la Laguna de Términos desemboca una parte de la principal red hidrológica de la zona costera mexicana del golfo de México, constituida por los ríos Mezcalapa, Grijalva y Usumacinta, los cuales han desarrollado un amplio complejo fluvio-lagunar estuarino que incluye los ríos Palizada, Chumpam y Candelaria y Pom-Atasta (Ayala-Pérez, 2006).

El sector occidental de la costa de Campeche comprende desde la desembocadura del sistema Chumpan-Balchacah hasta la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, es una región prioritaria, en términos de producción pesquera de recursos valiosos como pargos, huachinangos, róbalo y particularmente camarón, como producto de la actividad de la flota artesanal. En esta región los esfuerzos de conservación se enfrentan a intensos esfuerzos de explotación de recursos naturales lo que ha llevado a utilizar diversas herramientas de manejo, entre las que destaca el régimen de veda para el aprovechamiento y protección del camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), contempladas por la Norma Oficial Mexicana NOM-004-pesc-1993 y NOM-002-pesc-1993 (Núñez *et al.*, 2000). Este recurso costero empezó a ser explotado en 1996, a raíz de la fuerte disminución de la abundancia del camarón de altamar (camarón blanco *Litopenaeus setiferus*, camarón café *Farfantepenaeus aztecus* y camarón rosado *Farfantepenaeus dourarum*) (Núñez & Wakida, 1999).

Dada la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en el sector occidental de la costa de Campeche y el arte de pesca de arrastre utilizado por la flota artesanal para la captura del camarón, es evidente la captura incidental de peces y el descarte de aquellas de nulo o escaso valor económico y el efecto al hábitat por la alteración del fondo. Autores como Lewison *et al.* (2004) y Madrid-Vera *et al.* (2007) han estimado que por cada kilogramo de camarón, se capturan y descartan entre diez y veinticinco kilogramos de fauna de acompañamiento, básicamente peces.

Los estudios del efecto que tiene la alteración del fondo sobre la estructura de las comunidades son escasos, en particular para la costa de Campeche, a pesar que el análisis de la variación espacio-temporal de la abundancia y diversidad de las comunidades asociadas al fondo (demersales) es una herramienta valiosa para levantar información de línea base, para potenciales evaluaciones del efecto ecológico de las capturas incidentales (Ramos-Miranda *et al.*, 2006b). Ciertamente la evaluación de este efecto requiere aislar la influencia de variables ambientales que potencialmente pueden también influir en la distribución espacio-temporal de las comunidades de peces. Aspectos como el volumen de descarga de los ríos, temperatura ambiente, precipitación, periodicidad de las mareas, el régimen vientos y circulación litoral, entre otros procesos costeros, condicionan la composición y abundancia específica de la comunidad de peces, incluyendo la estructura por tallas (Yáñez-Arancibia & Day, 1988; Pauly & Yáñez-Arancibia, 1994). En el caso particular del sector occidental de la costa de Campeche, hay evidencia del acoplamiento de ciclos de vida y de abundancia y diversidad de la comunidad de peces a la variabilidad ambiental regional (Reyes *et al.*, 1994).

De esta forma, este trabajo tiene como objetivo describir y analizar la variación espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en el sector occidental de la costa de Campeche. En primera instancia se identificaron las especies con dominio ecológico en base a muestreos experimentales de captura de camarón siete barbas. Posteriormente, se discuten los efectos de la captura incidental y las estrategias de acoplamiento de las especies a la variabilidad ambiental de la región.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se localiza al sur del golfo de México, en el sector occidental de la costa de Campeche, desde la zona conocida como Bahamita en isla del Carmen, Campeche hasta la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta conocida como Dos Bocas, Tabasco, a una profundidad máxima de 18 m. Al interior de la Laguna de Términos, desde la desembocadura del sistema Chumpan-Balchacah hasta la Boca del Carmen (Fig. 1).

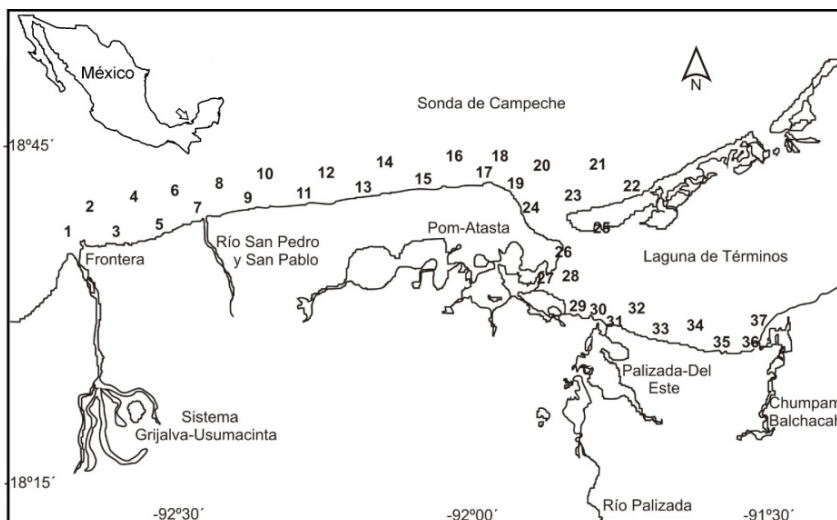


Figura 1. Sector occidental de la costa de Campeche, región de la Laguna de Términos, al sur del golfo de México. Se señala la ubicación de los sitios de muestreo.

Figure 1. West coast of Campeche. Terminos Lagoon region, south of Mexico Gulf. The sample sites are indicated.

Entre los componentes funcionales más importantes de la zona de estudio se destaca la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, Tabasco, que desarrolla en el sector litoral un estuario permanente, claramente estratificado, con gran aporte de terrígenos. Este sistema, se considera el segundo mayor aporte de agua dulce en América del Norte con una variación de descarga acoplada a la temporalidad climática de la región.

El río San Pedro y San Pablo que marca la frontera entre los estados mexicanos de Tabasco y Campeche, también desarrolla un estuario permanente en la porción litoral, aportando terrígenos y abundante materia orgánica. Este río recorre gran parte de la planicie costera inundable y cruza una de las zonas núcleo de la reserva de la biosfera Pantanos de Centla (Anónimo, 2000).

Los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta, Palizada-Del Este y Chumpan-Balchacah se reconocen como cabeceras estuarinas, ya que conectan a diversos ríos (San Pedro y San Pablo, Palizada, Marentes, Las Piñas y Chumpan) con el sistema estuarino de Laguna de Términos. A través de ellos se aporta materia orgánica y material terrígeno, y están bordeados de manglar. Todos estos sistemas quedan incluidos en el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos (Ayala-Pérez *et al.*, 1993).

El clima predominante en la región es Aw, cálido sub-húmedo con lluvias en verano de junio a octubre. La temperatura anual promedio supera los 26°C y la precipitación varía entre 1100 y 2000 mm, los vientos

predominantes son de E a SE de marzo a abril y de agosto a septiembre, y de N a NO de octubre a febrero (García, 1973).

Se han señalado tres temporadas climáticas: Secas (S) de febrero a mayo cuando se registra una temperatura ambiente promedio de 28,1°C y precipitaciones promedio de 164,8 mm, con vientos principalmente del SE; lluvias (LL) de junio a septiembre con temperatura media de 28,3°C, precipitación de 976,7 mm y vientos predominantes del SE; y la temporada de nortes (N) de octubre a enero con temperatura media de 24,4°C; vientos fuertes y frecuentes del norte ocasionalmente acompañados de precipitaciones que alcanzan un promedio de 345,6 mm (Yáñez-Arancibia & Day, 1988).

Entre febrero 2006 y enero 2007 se muestrearon mensualmente los 37 sitios ubicados en la zona de estudio. Estos sitios se establecieron considerando los estudios realizados por Núñez & Wakida (1999) y Núñez *et al.* (2000) que indican la distribución del camarón siete barbas. Para fines de análisis, el área de estudio se dividió en tres grupos de estaciones. El primer grupo (G1) integró a las estaciones con numeración impar (1 a 19), localizadas más cercanas a la línea de costa. El segundo grupo (G2) se conformó por las estaciones con numeración par (2 a 18) localizadas a mayor profundidad y más alejadas de la línea de costa, y finalmente el tercer grupo (G3) correspondió a las estaciones localizadas al interior de la Laguna de Términos (20 a 37).

En cada sitio se registró la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en dos niveles de profundidad con un Hydrolab H20 y se hicieron recolectas biológicas utilizando una red de arrastre de prueba camaronesa de 5 m de largo, 2,5 m de abertura y luz de malla de 2 cm, equipada con tablas de arrastre de 0,8 x 0,5 m, a bordo de una lancha de 7 m de eslora con motor fuera de borda de 55 HP, a una velocidad promedio de 2 nudos. Cada arrastre tuvo una duración de 12 min. Las muestras biológicas se almacenaron en bolsas de plástico etiquetadas y se conservaron en frío para su inmediato procesamiento en laboratorio.

El comportamiento ambiental de la zona de estudio se representó mediante gráficos de caja, que expresaron los valores de la mediana, cuartiles primero y tercero, y valores mínimo y máximo. Pequeños círculos y asteriscos indicaron valores atípicos leves y extremos respectivamente. Estos valores atípicos se definieron como sigue:

Atípico leve: $< Q_1 - 1.5 * IQR, > Q_3 + 1.5 * IQR$

Atípico extremo: $< Q_1 - 3 * IQR, > Q_3 + 3 * IQR$

donde: Q_1 y Q_3 corresponden a los valores de los cuartiles primero y tercero respectivamente. IQR corresponde al intervalo intercuartílico $Q_3 - Q_1$.

Todos los organismos recolectados se midieron individualmente, registrando la longitud total y estándar con un ictiómetro convencional y se pesaron en una balanza digital de 2,160 g de capacidad y 0,1 g de precisión. Para la identificación de especies se utilizó literatura especializada: Álvarez-del Villar (1970), Hoese & Moore (1977), Castro-Aguirre (1978, 1999), Fischer (1978), Reséndez (1981a, 1981b) y Miller (2005). El ordenamiento sistemático de las especies de peces se realizó de acuerdo a Nelson (2006). Para el cálculo de la abundancia relativa, se definió el área barrida por el arte de pesca mediante el producto de la velocidad de arrastre por el tiempo de operación y abertura de trabajo de la red. La abundancia se estimó en términos de densidad (ind m^{-2}), biomasa (g m^{-2}) y peso promedio (g ind^{-1}).

Para estimar la diversidad de la comunidad de peces se utilizó el índice de Shannon & Weaver (1963): $H' = -\sum p_i \ln p_i$, que combina la riqueza específica y las propiedades de equidad. Se calculó el índice de riqueza de especies de Margalef (1969): $DMg = (S-1) / \ln N$, que es una medición de diversidad basada en el número de especies presentes. Se determinó el índice de Pielou (1966): $J' = H' / \ln S$, que describe la equidad de la distribución del número de individuos por especie y se utilizó para estimar la desviación de la diversidad máxima y la abundancia relativa. Magurran (1988) efectuó una descripción específica de cada uno de estos indicadores, señalando

que p_i es la proporción de individuos de la especie i en el total de la muestra, S es el número total de especies y N el número total de individuos de todas las especies.

Para definir las especies con dominio ecológico se empleó el índice de importancia relativa modificado de Koranteng (2001): $IIR = \%ni * \%pi * \%fi$, donde: ni = proporción del número de individuos de la especie i en la muestra, pi = proporción del peso de la especie i en la muestra, fi = proporción de la frecuencia de aparición de la especie i en la muestra. Los valores mayores a 20 identifican a especies dominantes; valores entre 1 y 19 a especies de importancia media y valores menores a 1 a especies con poca importancia.

A partir de una matriz de número de individuos por especies, meses y estaciones se realizó un dendrograma con ayuda del programa SYSTAT 10.2, utilizando la técnica de ligamiento Ward y distancia Gamma, para identificar las asociaciones ecológicas entre las especies dominantes.

También se desarrolló un análisis de correspondencia canónica (ACC) para evaluar la influencia de los factores ambientales sobre las asociaciones de especies de peces dominantes. El ACC fue realizado entrecruzando dos matrices: la matriz de número de individuos por especie, meses y estaciones y la matriz de parámetros ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH) por meses y estaciones. Las variables meses y estaciones de muestreo fueron incluidas en el análisis como variables pasivas o suplementarias. Adicionalmente, los registros de los parámetros ambientales y número de individuos de las especies fueron tomados como variables cuantitativas. El ACC fue realizado mediante el empleo del paquete computacional CANOCO 4.5 (Ter-Braak & Šmilauer, 1998).

RESULTADOS

La variabilidad ambiental de la zona de estudio fue representada por los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua en dos niveles de profundidad, medidos mensualmente en los 37 sitios de muestreo. En la Figura 2 se presentan los intervalos de variación mensual y por época climática de la temperatura en superficie y fondo. El valor promedio de la temperatura para el periodo de estudio fue de 27,7°C en superficie y 26,9°C en el fondo, con mínima de 21,5°C y máxima de 32,7°C. Los valores atípicos por mes son mínimos y corresponderían a las condiciones específicas del muestreo. Por otra parte, el comportamiento de la temperatura por época climática

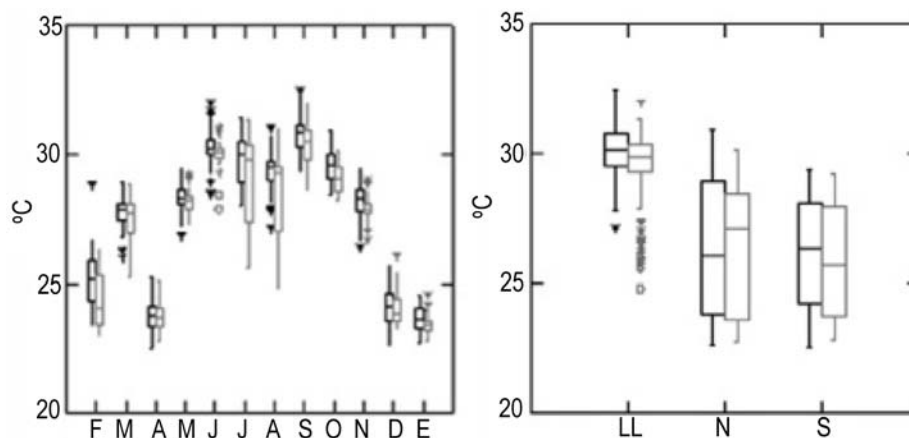


Figura 2. Variación mensual y por época climática: lluvias (LL), nortes (N) y secas (S) de la temperatura en superficie (negro) y fondo (gris) para el periodo de estudio en el sector occidental de la costa de Campeche.

Figure 2. Temperature variability in the west coast of Campeche, by month and climatic season: rainy (LL), winter storm (N) and dry (S). Black box: surface layer, gray box: bottom layer.

mostró que el valor promedio mínimo se presentó en época de nortes con 26,5°C y el máximo en lluvias con 29,9°C. Aunque el intervalo de variación en lluvias fue más reducido comparativamente, los valores atípicos leves y extremos fueron más frecuentes, especialmente en el fondo.

El promedio de la salinidad de superficie fue de 26,2 psu con una variación entre 42,1 psu en abril y 0,15 psu en la estación 1 en octubre. En la época de nortes se registraron los menores valores de salinidad. Durante la época de lluvias, el promedio fue de 24,4 psu, en nortes de 22,4 psu y en secas de 31,6 psu. El promedio de la salinidad del fondo fue de 29,8 psu con una variación de 42,2 psu en la estación 9 en abril y 0,1 psu en la estación 31 en noviembre. Durante las lluvias la salinidad mostró un promedio de 29,4 psu con frecuentes valores atípicos bajos y extremos, nortes con un valor de 26,7 psu y secas un valor de 33,2 psu (Fig. 3).

El oxígeno disuelto presentó un promedio en superficie de 6,6 mg L⁻¹ y una variación entre 2,8 mg L⁻¹ en octubre en la estación 15 y 10,9 mg L⁻¹ en la estación 17 en marzo. Mensualmente, los mayores promedios se observaron en febrero y los menores en noviembre. Los promedios por épocas climáticas en superficie fueron de 6,0; 6,09 y 7,81 mg L⁻¹ en lluvias, nortes y secas respectivamente. El oxígeno de fondo presentó un promedio de 5,8 mg L⁻¹ y una fluctuación entre 10,5 mg L⁻¹ en la estación 29 en febrero y 2,6 mg L⁻¹ en octubre en la estación 34. Los promedios por épocas climáticas en el fondo fueron de 4,8 mg L⁻¹, nortes 5,5 mg L⁻¹ y secas 7,2 mg L⁻¹ con presencia frecuente de valores atípicos (Fig. 4).

Se recapturó un total de 26.386 peces con un peso total de 407,1 kg. El ordenamiento sistemático de la comunidad de peces comprendió 38 familias, 65 géneros y 94 especies. La familia predominante fue Carangidae con un total de 6 géneros y 10 especies, seguida por Sciaenidae con 4 géneros y 7 especies, Gerreidae y Sparidae con 3 géneros y 6 especies. La familia Ariidae se destacó por su abundancia en número de individuos (14.802) y peso (203,1 kg). En la Tabla 1 se presenta el ordenamiento sistemático de los peces recolectados en el sector occidental de la costa de Campeche.

La variación espacial de la abundancia se representa en la Figura 5. Los sitios de muestreo se presentan agrupados y se destaca el efecto de la profundidad y del sistema estuarino Laguna de Términos sobre la densidad, biomasa y peso promedio. Los pulsos observados en las estaciones 1, 29, 30 y 31 se asociaron a la presencia del bagre *Cathorops melanopus* que mostró una alta dependencia de los aportes de agua continental, especialmente en la desembocadura de los sistemas Grijalva-Usumacinta y Palizada-Del Este. Los valores promedio de la abundancia por grupo de estaciones se indican en la Tabla 2.

La biomasa mostró una tendencia de decremento en las estaciones del G2 y fue importante el sitio 25 por la presencia de amplios parches de pastos marinos (*Thalassia testudinum*). Finalmente, en cuanto al peso promedio, se observó el efecto de la dinámica del sistema estuarino Laguna de Términos que favoreció la concentración de los organismos de mayor talla.

La variación temporal de la abundancia en densidad, biomasa y peso promedio mostró, en

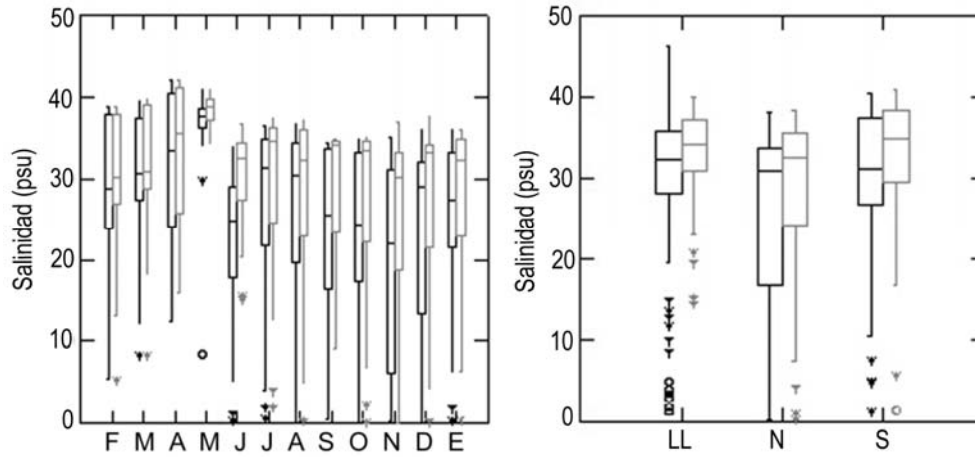


Figura 3. Variación mensual y por época climática: lluvias (LL), nortes (N) y secas (S) de la salinidad en superficie (negro) y el fondo (gris) para el periodo de estudio en el sector occidental de la costa de Campeche.

Figure 3. Water salinity variability in the west coast of Campeche, by month and climatic season: rainy (LL), winter storm (N) and dry (S). Black box: surface layer, gray box: bottom layer.

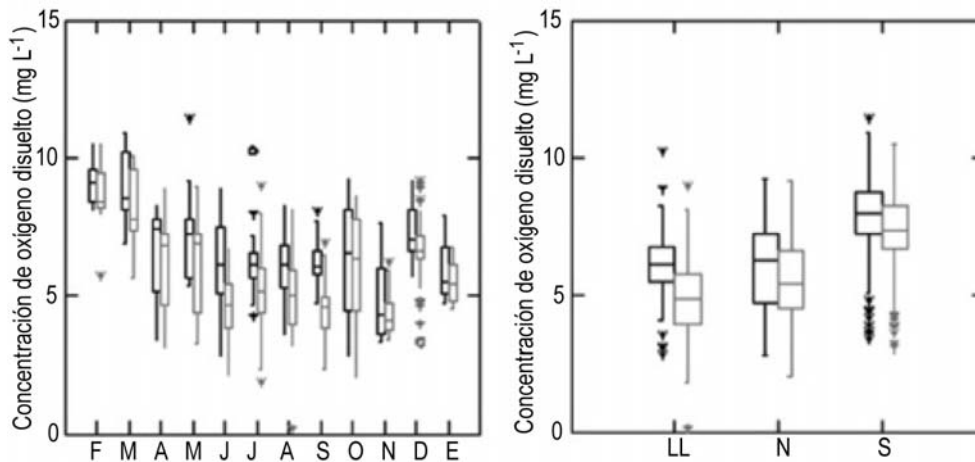


Figura 4. Variación mensual y temporal de la concentración de oxígeno disuelto en superficie (negro) y el fondo (gris) durante el periodo de estudio.

Figure 4. Variability dissolved oxygen, by month and climatic season: rainy (LL), winter storm (N) and dry (S). Black bo: surface layer, gray box; bottom layer.

general, una tendencia de incremento en las épocas de secas y lluvias de febrero a agosto y una tendencia decreciente que se inicia al final de la época de lluvias y se acentuó en la época de nortes. La presencia de organismos de mayor tamaño promedio se observó en agosto (Fig. 6).

La variación espacial de los distintos componentes de la diversidad de la comunidad de peces se representa en la Figura 7. El índice de diversidad mostró una disminución en los sitios 1, 7 y 19 del G1, que se asoció a sitios de gran variación en la salinidad por la descarga de agua dulce y por la alta abundancia de algunas especies. El grupo de estaciones G2 no presentó grandes diferencias, sin embargo en el G3 se

destacó una fuerte disminución del índice en los sitios 29, 30 y 31, debido a la abundancia del bagre *C. melanopus*.

En cuanto a la riqueza de especies, no se observan grandes diferencias entre los sitios de muestreo, y pero destacó el bajo valor en el sitio 8. Se distinguió una ligera tendencia de disminución en el grupo de sitios G1 y una tendencia de incremento en los grupos G2 y G3. Los sitios 29, 30 y 31 confirmaron la dominancia de algunas especies. Finalmente, la equidad mostró un comportamiento similar al de la diversidad destacando los bajos valores de las estaciones 29, 30 y 31.

El comportamiento temporal del índice de diversidad se representó en la Figura 7, donde se

Tabla 1. Listado sistemático de las especies de peces en el sector occidental de la costa de Campeche.**Table 1.** Systematic list of fish species of the west coast of Campeche.

Familia	Especie
Rhinobatidae	1. <i>Rhinobatos lentiginosus</i> Garman, 1880
Narcinidae	2. <i>Narcine brasiliensis</i> (Olfers, 1831)
Gymnuridae	3. <i>Gymnura micrura</i> (Bloch & Schneider, 1801)
Urolophidae	4. <i>Urobatis jamaicensis</i> (Cuvier, 1816)
Dasyatidae	5. <i>Dasyatis americana</i> Hildebrand & Schroeder, 1928
	6. <i>Dasyatis sabina</i> (Lesueur, 1824)
Myliobatidae	7. <i>Rhinoptera bonasus</i> (Mitchill, 1815)
Ophichthidae	8. <i>Echiophis punctifer</i> (Kaup, 1860)
	9. <i>Ophichthus gomesii</i> (Castelnau, 1855)
Muraenidae	10. <i>Gymnothorax nigromarginatus</i> (Girard, 1858)
Clupeidae	11. <i>Dorosoma anale</i> Meek, 1904
	12. <i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)
	13. <i>Harengula jaguana</i> Poey, 1865
Engraulidae	14. <i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)
	15. <i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)
	16. <i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829)
Ariidae	17. <i>Ariopsis felis</i> (Linnaeus, 1766)
	18. <i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)
	19. <i>Cathorops melanopus</i> (Günther, 1864)
Synodontidae	20. <i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)
Batrachoididae	21. <i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean, 1880)
	22. <i>Porichthys porosissimus</i> (Cuvier, 1829)
Mugilidae	23. <i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836
Syngnathidae	24. <i>Hippocampus erectus</i> Perry, 1810
	25. <i>Hippocampus</i> sp.
Triglidae	26. <i>Prionotus carolinus</i> (Linnaeus, 1771)
	27. <i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1793)
	28. <i>Prionotus scitulus</i> Jordan & Gilbert, 1882
	29. <i>Prionotus tribulus</i> Cuvier, 1829
	30. <i>Prionotus roseus</i> Jordan & Evermann, 1887
Centropomidae	31. <i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860
	32. <i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)
Carangidae	33. <i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)
	34. <i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831
	35. <i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)
	36. <i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)
	37. <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier, 1833)
	38. <i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
	39. <i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)
	40. <i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)
	41. <i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)
	42. <i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus, 1758)
Lutjanidae	43. <i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
Lobotidae	44. <i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch, 1790)
Gerreidae	45. <i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1842
	46. <i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)
	47. <i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855
	48. <i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)
	49. <i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)
	50. <i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)

Familia	Especie
Haemulidae	51. <i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)
	52. <i>Haemulon bonariense</i> Cuvier, 1830
	53. <i>Haemulon plumieri</i> (Lacépède, 1801)
	54. <i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)
Sparidae	55. <i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)
	56. <i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)
	57. <i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus, 1758)
	58. <i>Menticirrhus saxatilis</i> (Bloch & Schneider, 1801)
	59. <i>Menticirrhus littoralis</i> (Holbrook, 1847)
	60. <i>Micropogonias undulatus</i> (Linnaeus, 1766)
Bothidae	61. <i>Bothus robinsi</i> Topp & Hoff, 1972
Polynemidae	62. <i>Polydactylus octonemus</i> (Girard, 1858)
Sciaenidae	63. <i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacépède, 1802)
	64. <i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)
	65. <i>Cynoscion arenarius</i> Ginsburg, 1930
	66. <i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)
	67. <i>Cynoscion nothus</i> (Holbrook, 1848)
	68. <i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook, 1855)
	69. <i>Ophioscion</i> sp.
Gobiidae	70. <i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)
Ephippidae	71. <i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)
Trichiuridae	72. <i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758
Scombridae	73. <i>Scomberomorus maculatus</i> (Mitchill, 1815)
Stromateidae	74. <i>Peprilus paru</i> (Linnaeus, 1758)
Paralichthyidae	75. <i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862
	76. <i>Cyclopsetta chittendeni</i> Bean, 1895
	77. <i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882
	78. <i>Syacium papillosum</i> (Linnaeus, 1758)
Achiridae	79. <i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)
	80. <i>Gymnachirus texae</i> (Gunter, 1936)
	81. <i>Trinectes maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
Cynoglossidae	82. <i>Symphurus plagiusa</i> (Linnaeus, 1766)
	83. <i>Symphurus urospilus</i> Ginsburg, 1951
Monacanthidae	84. <i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)
	85. <i>Stephanolepis hispida</i> (Linnaeus, 1766)
Ostraciidae	86. <i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)
Tetraodontidae	87. <i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)
	88. <i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode & Bean, 1882)
	89. <i>Sphoeroides pachygaster</i> (Müller & Troschel, 1848)
	90. <i>Sphoeroides parvus</i> Shipp & Yerger, 1969
	91. <i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)
	92. <i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)
Diodontidae	93. <i>Chilomycterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)

observó que en promedio, los meses de marzo y diciembre indicaron una menor diversidad y el resto mostró fluctuaciones que sugieren movimientos de la comunidad de peces entre las estaciones de muestreo, no fue posible identificar una asociación con la variabilidad ambiental. Para la riqueza de especies, se observó una tendencia de incremento entre marzo y agosto, en septiembre se apreció una disminución y finalmente, una tendencia ligeramente negativa entre octubre y enero.

Mediante la integración de los resultados de diversidad (Fig. 8), se visualizó una correlación con la temporalidad climática ya que en la época de secas, los valores de diversidad son mínimos, en lluvia y nortes se mantienen elevados y en septiembre se presenta una condición muy local asociada a una alta captura de *C. melanopus*. La equidad mostró un comportamiento muy variable, similar al índice de diversidad.

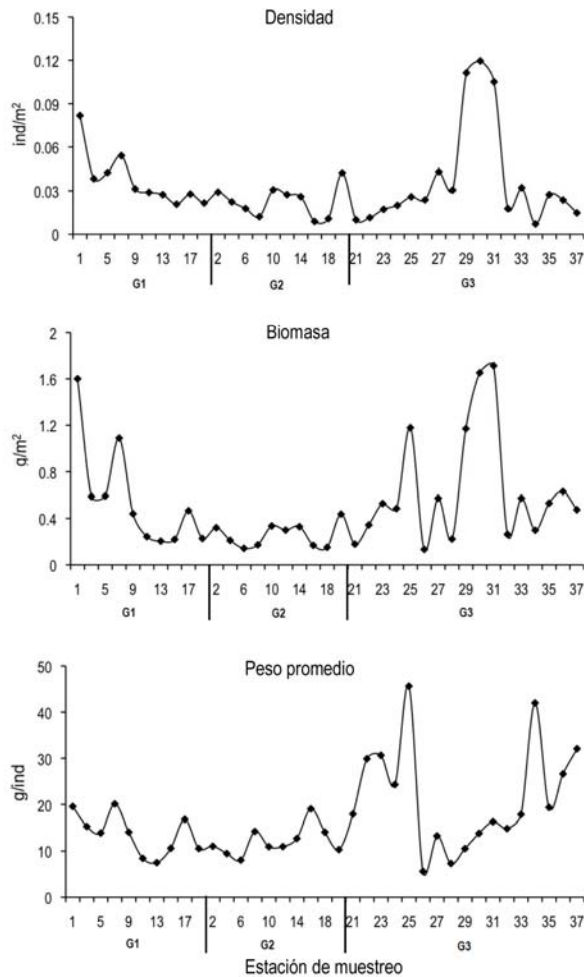


Figura 5. Distribución espacial de la abundancia de la comunidad de peces agrupada por zonas. G1 estaciones impar (1 a 19), G2 estaciones par (2 a 18) y G3 estaciones al interior de la Laguna de Términos (20 a 37), en el sector occidental de la costa de Campeche.

Figure 5. Spatial pattern of abundance of fish community grouped by zones: G1 odd stations (1 to 19), G2 par stations (2 to 18) and G3 stations within Terminos Lagoon (20 to 37), in the west coast of Campeche.

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR) se identificaron nueve especies con dominio ecológico, las cuales en conjunto sumaron 16.840 individuos con 278,5 kg lo que constituyó el 63,8% de la captura total. *C. melanopus* es la especie con mayor presencia (10.484 ind) con un peso de 144,8 kg, que representó cerca del 40% de la captura total. Por lo tanto, esta especie controla la estructura de la comunidad de peces. En la Tabla 3 se presentan los valores del IIR así como de las contribuciones porcentuales en número de individuos (*ni*), peso (*pi*) y frecuencia de aparición (*fi*).

Por su abundancia y distribución, las especies dominantes se asociaron en tres grupos, el primero integrado por *Cynoscion nothus* (CYNO), *C. arenarius* (CYAR) y *Symphurus plagiusa* (SYPL) que mostraron una marcada preferencia por áreas marinas de alta salinidad. El segundo grupo estuvo integrado por *Bagre marinus* (BAMA) y *Ariopsis felis* (ARFE) que también prefieren zonas marinas de alta salinidad pero con mayor tolerancia, acercándose a la boca del Carmen donde el pH se incrementó por la descarga de agua de origen continental. El tercer grupo integrado por *Cathorops melanopus* (CAME), *Bairdiella ronchus* (BARO), *B. chrysoura* (BACH) y *Archosargus rhomboidalis* (ARRH) que representó al grupo de especies típicamente estuarinas presentó una preferencia por zonas de baja salinidad y escasa profundidad donde la temperatura aumentó. Esta asociación y su respectiva correlación con la variabilidad ambiental se representa en la Figura 9.

DISCUSIÓN

Desde las primeras descripciones de la composición de las especies de peces en la Laguna de Términos (Álvarez del Villar, 1970; Amezcua-Linares & Yáñez-Arancibia, 1980; Reséndez, 1981a, 1981b), hasta los más recientes reportes (Ayala-Pérez *et al.*, 2003; Ramos-Miranda *et al.*, 2006a) se reconoce la presencia y dominio de familias como Carangidae, Scianidae, Gerreidae, Sparidae y Ariidae. Considerando este antecedente y contrastando con lo encontrado en este estudio, cerca del 43% de las especies coinciden, lo cual habla del efecto de la Laguna de Términos como hábitat en conexión con la porción costera litoral adyacente.

Ayala-Pérez *et al.* (2009) en un estudio realizado en la misma zona de estudio y con el mismo método de pesca, reportan un total de 91 especies de peces, sin embargo el número de organismos capturados fue considerablemente mayor (42.625). Por lo tanto, se requiere efectuar un análisis más profundo de las condiciones ambientales y del comportamiento de la comunidad acoplada a la variabilidad ambiental que han determinado esta variación tan sobresaliente.

En cuanto a la distribución de la abundancia de la comunidad de peces es evidente la relevancia de las desembocaduras de los sistemas Grijalva-Usumacinta (estación 1) y Palizada-Del Este (estaciones 29, 30 y 31), sobre todo por la alta frecuencia de aparición y alta densidad del bagre *C. melanopus*. Esta condición refleja por una parte, la persistencia a lo largo del ciclo anual de un hábitat estuarino de baja salinidad, Ramos-Miranda *et al.* (2006a) reportan un intervalo de

Tabla 2. Intervalo de variación y valores promedio de la abundancia de la comunidad de peces por grupos de estaciones.
Table 2. Variation range and average values of fish community abundance by sample sites grouped.

	G1			G2			G3		
	mín	máx	prom	mín	máx	prom	mín	máx	prom
No. especies	22	31	27	16	28	24	25	36	30
No. individuos	444	1619	769,7	191	663	442,1	154	2583	817,2
Peso total (kg)	4 211,98	31 701,32	11 626,90	3 090,56	7 257,87	5 104,31	2 881,59	37 020,27	13 603,69
Densidad (ind m ⁻²)	0,021	0,082	0,037	0,009	0,031	0,021	0,007	0,12	0,038
Biomasa (g m ⁻²)	0,205	1,601	0,567	0,143	0,336	0,237	0,133	1,714	0,633
Peso promedio (g ind ⁻¹)	7,495	20,132	13,688	8,048	19,06	12,285	5,617	45,642	21,019

salinidad promedio de 0 a 8 psu, y por otra parte la capacidad de esta especie para habitar estas zonas.

Lara-Domínguez *et al.* (1981) y Ayala-Pérez *et al.* (2008) coinciden en señalar que el bagre *C. melanopus* ha adaptado sus estrategias reproductivas a hábitat estuarinos de baja salinidad y como parte de su ciclo biológico realiza migraciones cortas de carácter trófico, aprovechando la fluctuación temporal del tamaño del hábitat provocado por la variación en el volumen de descarga de los ríos.

El sector costero-marino así como los sistemas estuarinos, se han señalado como hábitat preferentemente utilizados por organismos juveniles o preadultos para fines de alimentación y protección, lo cual ha sido respaldado con estudios de dinámica poblacional (Yáñez-Arancibia & Day 1988; Minello *et al.*, 2003; Ayala-Pérez *et al.*, 2003). Sin embargo, también se ha hecho notar el efecto de la selectividad del arte de pesca utilizado, lo cual sin duda es imprescindible considerar.

Los resultados obtenidos muestran que hay organismos de tallas grandes que corresponden a organismos adultos, como es el caso de *Ariopsis felis* que registró una talla máxima de 258 mm en las estaciones 25 y 34, Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez (1988) mencionan que esta especie es considerada como adulto cuando su talla es mayor de 200 mm. Otra de las especies que presentó tallas grandes fue *Archosargus rhomboidalis*, quien se asocia con hábitat de praderas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) y de algas (*Gracilaria* spp.) característica particular de la estación 25 (Vargas & Yáñez-Arancibia, 1987).

En general, la abundancia de la comunidad de peces se incrementa en las estaciones más cercanas a la línea de costa (G1) y particularmente, durante la época de lluvias. Pero es evidente el efecto de la dinámica del sistema estuarino Laguna de Términos en la abundancia (G3), sobre todo en la presencia de organismos grandes.

Soberón-Chávez & Yáñez-Arancibia (1985) han discutido los efectos de la variabilidad ambiental de la zona costera sobre la producción de recursos pesqueros en la región sur del golfo de México y entre otros aspectos, se destaca la importancia de los aportes de agua continental que se acompaña de nutrientes y materia orgánica.

El volumen de descarga de agua continental está condicionado por la temporalidad climática de la región, de esta forma durante la época de secas la descarga es mínima y al final de la época de lluvias, se inicia el incremento en el volumen haciéndose máximo entre noviembre y enero que corresponde a la época de nortes. En la época de nortes se ha documentado la mayor variación en los parámetros ambientales, provocado por la coincidencia de los procesos de descarga de agua continental y la frecuencia de aparición de frentes fríos acompañados por lluvias torrenciales. Se asume que esta condición determina la tendencia de decremento de la abundancia en esta temporada (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988; Castillo-Rivera *et al.*, 1994).

Durante la época de secas se registra una mayor estabilidad ambiental ya que los niveles de temperatura se incrementan, el volumen de descarga de los ríos disminuye, el dominio de los vientos del sureste con una periodicidad e intensidad homogénea y un aumento en la transparencia del agua, permite el ingreso de organismos con preferencias marinas que tienen tallas mayores y por lo tanto, el peso promedio de la comunidad se incrementa.

En cuanto a los indicadores de diversidad de la comunidad de peces, es necesario notar que los altos niveles de abundancia de *C. melanopus*, se reflejan en una disminución de la equidad. En general no se aprecian diferencias en la diversidad entre las estaciones más cercanas y más alejadas de la línea de costa, sin embargo es evidente la diferencia entre las estaciones más cercanas y más alejadas de la Laguna de Términos.

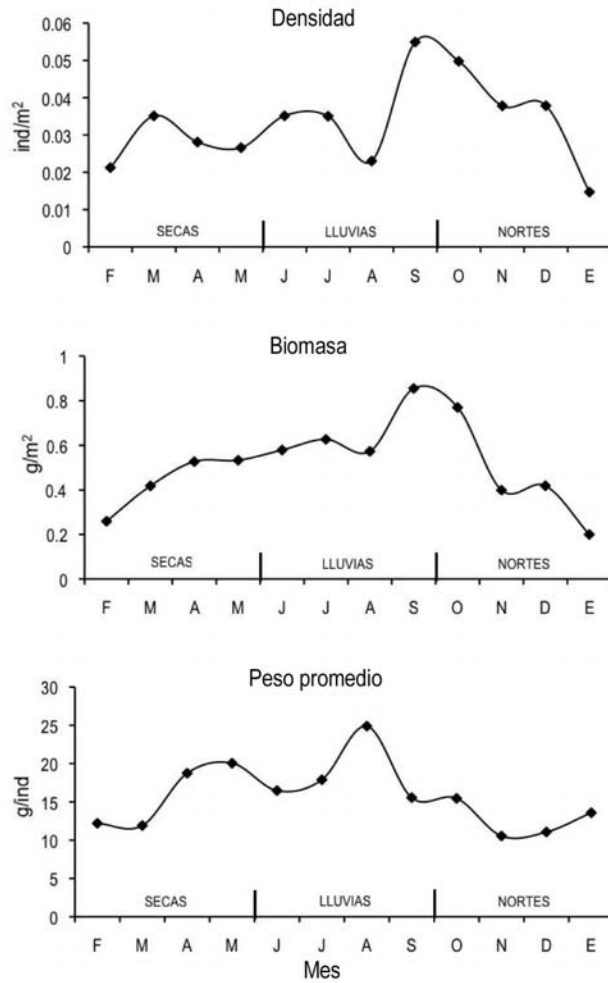


Figura 6. Variación temporal de la abundancia de la comunidad de peces en el sector occidental de la costa de Campeche, agrupada por época climática: secas, lluvias y nortes.

Figure 6. Temporal pattern of fish community abundance in the west coast of Campeche, the climatic season is indicated: dry, rainy and winter storm.

Los valores de los índices de diversidad en escalas temporal y espacial fueron respectivamente $H'n = 2,60$ y $2,85$; $Dmg = 5,32$ y $6,79$ y $J' = 0,68$ y $0,84$; y fueron contrastados con lo reportado por Ayala-Pérez *et al.* (2003) que reportan los siguientes valores para la Laguna de Términos ($H'n = 3,99$; $Dmg = 7,8$ y $J' = 0,99$), esto permite apreciar el efecto de la diversidad de hábitat, la disponibilidad de alimento y quizá hasta la menor presión de pesca sobre la comunidad de peces al interior de la Laguna de Términos.

La disminución de la diversidad en la región adyacente a la Laguna de Términos puede ser explicada considerando que los factores ambientales actúan como filtros de nicho seleccionando la presencia de especies taxonómicamente cercanas y

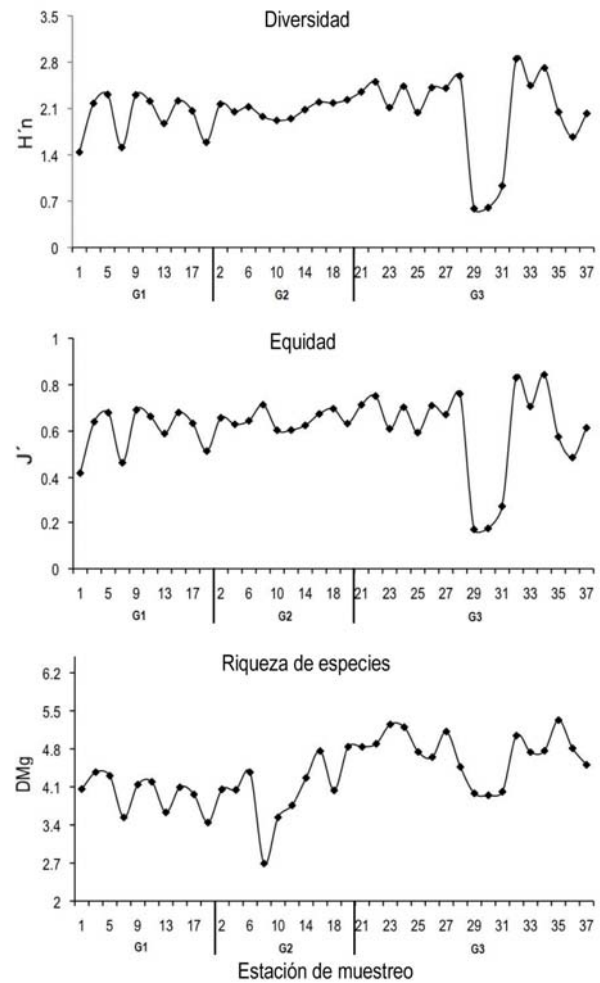


Figura 7. Distribución espacial de la diversidad, equidad y riqueza de especies en la comunidad de peces agrupada por zonas. G1 sitios impar (1 a 19), G2 sitios par (2 a 18) y G3 sitios al interior de la Laguna de Términos (20 a 37), en el sector occidental de la costa de Campeche.

Figure 7. Spatial pattern of diversity, evenness and species richness of fish community grouped by zones: G1 odd sites (1 to 19), G2 par sites (2 to 18) and G3 sites within the Terminos Lagoon (20 to 37), in the west coast of Campeche.

con preferencias similares. Otra de las causas que indica un decremento de la diversidad en la comunidad de peces es una pérdida de la heterogeneidad del hábitat y de los recursos alimentarios (Sosa-López *et al.*, 2005).

En cuanto a riqueza de especies es posible identificar un incremento en las estaciones más cercanas a la línea de costa, pero además en la Boca del Carmen el pulso es máximo como reflejo de una frontera o límite con un alto tránsito de especies. Estas especies poseen estrategias biológicas y ecológicas especializadas, no solo para moverse en condiciones

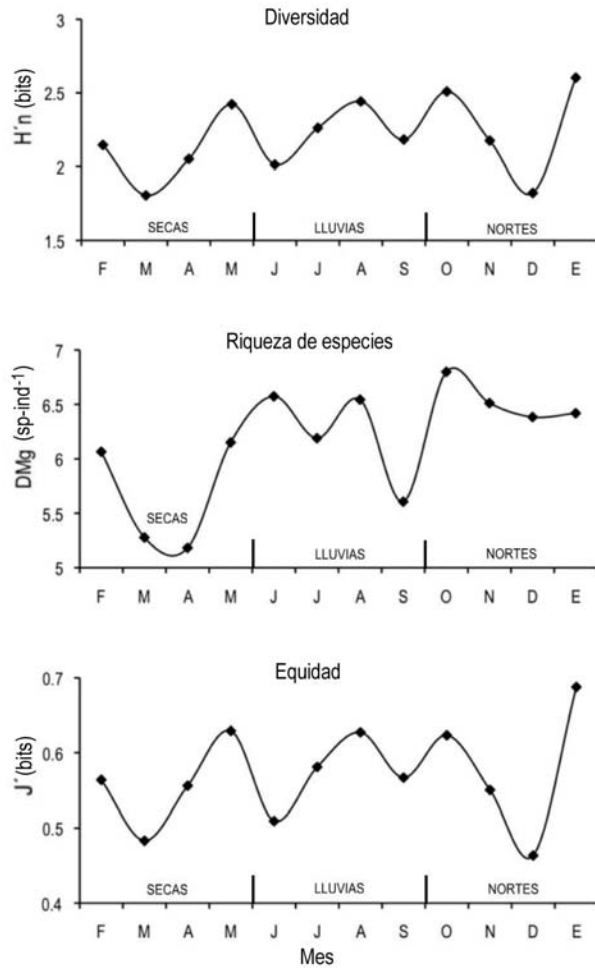


Figura 8. Variación temporal de la diversidad de la comunidad de peces en la porción occidental de la costa de Campeche, se señala la agrupación por época climática: secas, lluvias y nortes.

Figure 8. Temporal pattern of diversity of fish community in the west coast of Campeche, the climatic season is indicated: dry, rainy and winter storm.

de gran variabilidad ambiental, sino para desarrollar etapas específicas de sus ciclos de vida (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985).

Una zona con valores bajos de riqueza de especies está representada por la estación 8. Esta zona mantiene condiciones marino-costeras con escasa variabilidad temporal, por lo que especies con bajos niveles de tolerancia a cambios ambientales encuentran ahí su hábitat preferente, tal es el caso de *Stellifer lanceolatus*, lo cual concuerda con lo reportado por Froese & Pauly (2009).

La variación temporal de los indicadores de diversidad, equidad y riqueza de especies solo permite argumentar una clara programación estacional de las especies para aprovechar las ventajas relativas del hábitat en las distintas épocas climáticas y sobre todo,

Tabla 3. Especies dominantes de acuerdo al índice de importancia relativa (IIR). Se señalan los valores de la proporción de número de individuos (ni), proporción en peso (pi) y proporción de la frecuencia de aparición (fi).

Table 3. Dominant species by the relative importance index (IIR). The proportion of individual number (ni), proportion of weight (pi) and proportion of occurrence frequency (fi) is indicated.

Especie	% ni	% pi	% fi	IIR
<i>Cathorops melanopus</i>	39,73	35,57	44,29	62.599,95
<i>Ariopsis felis</i>	6,61	9,30	42,46	2.614,65
<i>Bagre marinus</i>	9,74	5,02	37,67	1.845,71
<i>Cynoscion nothus</i>	2,05	1,63	20,54	69,12
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	1,08	5,43	10,73	63,20
<i>Cynoscion arenarius</i>	1,97	1,24	25,79	63,09
<i>Bairdiella ronchus</i>	1,16	3,24	12,78	48,22
<i>Bairdiella chrysoura</i>	1,24	2,57	13,92	44,63
<i>Symphurus plagiusa</i>	0,20	4,40	46,34	41,76

para disminuir los niveles de competencia, lo cual en comunidades de alta diversidad es muy importante.

Coincidiendo con Ramos-Miranda *et al.* (2005a), quien es reportan valores altos de diversidad en nortes, señala el aumento de frecuencia e intensidad de los vientos, además de la intrusión de agua salina en la laguna, seguido por la entrada de especies marinas como pargos de la familia Lutjanidae. En este estudio solo se presentó *Lutjanus synagris*, sin embargo otras especies típicamente marinas de las familias Sparidae, Gerreidae y Scianidae incrementaron su presencia durante esta temporada.

Se identificaron nueve especies con dominio ecológico, entre las cuales el bagre *C. melanopus* representó cerca del 40% de la captura total. Es evidente el éxito de esta especie, sin embargo es pertinente considerar un monitoreo de la abundancia de esta especie ya que se observa una tendencia de crecimiento paulatino en los últimos 20 años (Lara-Domínguez & Yáñez-Arancibia, 1999; Ayala-Pérez, 2006). Esta tendencia reflejaría cambios en la estructura comunitaria que puede ser interpretada como un indicador de alteraciones del ecosistema. El caso del *C. melanopus* es un ejemplo exitoso de adaptación, ya que su preferencia por ambientes poco profundos con alta turbidez, baja salinidad, ricos en materia orgánica, unido a su estructura morfológica con fuertes espinas en las aletas dorsal y pectorales, hábitos gregarios y finalmente incubación intraoral de los huevos para asegurar altos niveles de natalidad, le han permitido no solo dominar sino hasta excluir de su hábitat a otras especies. Kobelkosky & Castillo-Rivera (1995) consideran a esta especie como generalista por sus hábitos alimenticios.

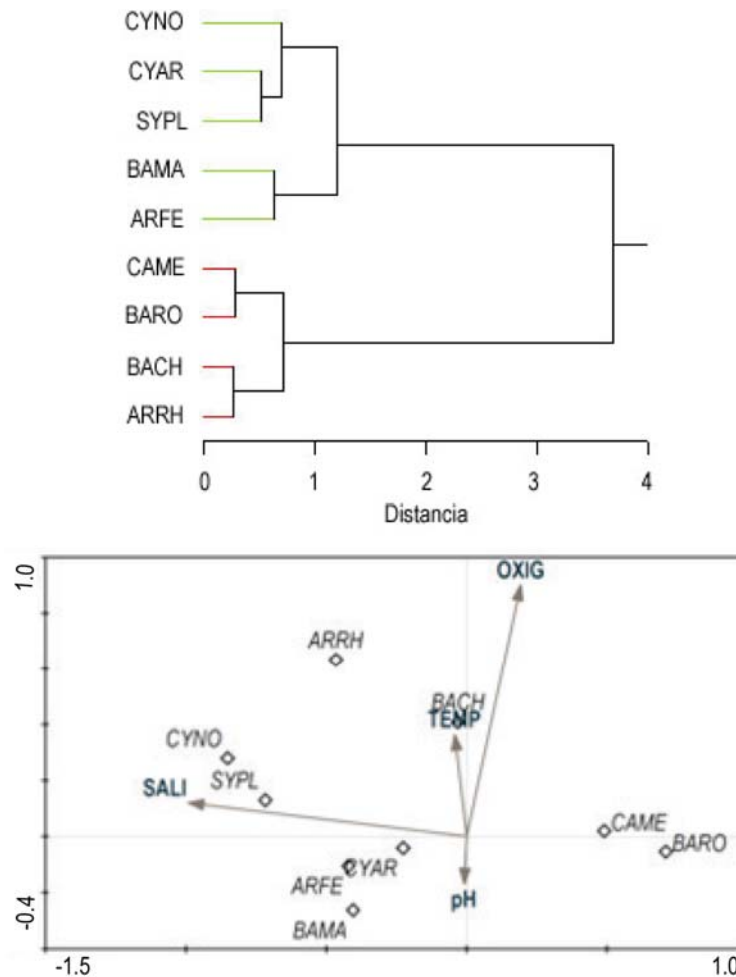


Figura 9. Cluster de asociación de especies dominantes (método Ward, distancia gamma) y análisis canónico de correspondencia de las especies dominantes con los parámetros ambientales. CYN0 (*Cynoscion nothus*), CYAR (*Cynoscion arenarius*), SYPL (*Symphurus plagiusa*), BAMA (*Bagre marinus*), ARFE (*Arius felis*), CAME (*Cathorops melanopus*), BARO (*Bairdiella ronchus*), BACH (*Bairdiella chrysoura*) ARR0 (*Archosargus rhomboidalis*), SALI (salinidad), TEMP (temperatura), OXIG (oxígeno disuelto).

Figure 9. Dominant species association by Cluster (Method Ward, gamma distance) and Canonic correspondence analysis of dominant species with environmental parameters. CYN0 (*Cynoscion nothus*), CYAR (*Cynoscion arenarius*), SYPL (*Symphurus plagiusa*), BAMA (*Bagre marinus*), ARFE (*Arius felis*), CAME (*Cathorops melanopus*), BARO (*Bairdiella ronchus*), BACH (*Bairdiella chrysoura*) ARR0 (*Archosargus rhomboidalis*), SALI (salinidad), TEMP (temperatura), OXIG (oxígeno disuelto).

Los resultados permiten distinguir tres grupos de especies, dependiendo de su asociación con las condiciones de temperatura y salinidad. Aquellas que tienen una amplia distribución (euritermohalinas), otras que presentan una distribución media (eurihalinas) y las que tienen una distribución restringida (estenotermohalinas). Dentro del primer grupo se encuentran *Bairdiella ronchus*, *B. chrysoura* y *Symphurus plagiusa*; en el segundo grupo se encuentra *Ariopsis felis*, *Bagre marinus*, *Cynoscion nothus* y *C. arenarius*; y en el tercero está *C. melanopus* y *Archosargus rhomboidalis*.

En el análisis de correspondencia canónica se demuestra la asociación de la abundancia de las especies dominantes con los parámetros ambientales. *C. nothus* y *S. plagiusa* toleran variaciones altas de salinidad, mientras que en sentido contrario *C. melanopus* y *B. ronchus* además de tolerar variaciones, prefieren áreas de baja salinidad. *C. arenarius* también se asocia con la salinidad pero sin grandes variaciones muestra una mejor asociación con la temperatura. En el mismo sentido se distingue que el oxígeno disuelto y el pH son parámetros que no ejercen una presión significativa sobre la distribución

de la abundancia de las especies dominantes. Resultados comparables han sido reportados por Ayala-Pérez *et al.* (2009) quienes determinaron 14 especies dominantes de las cuales los bagres *C. melanopus*, *A. felis* y *B. marinus*, que poseen importancia económica local y regional, muestran similares rangos de distribución y abundancia.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este trabajo se adscriben al proyecto de investigación "Evaluación de los principales recursos pesqueros de importancia comercial: camarón (siete barbas, camarón blanco) y pulpo en el litoral de Campeche". FOMIX CAMPECHE-CONACYT 2005. Se reconoce especialmente a Hernán Álvarez Guillen de la Estación El Carmen del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, y a Francisco Gómez Criollo del Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche.

REFERENCIAS

- Álvarez-Del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca, México, SIC, 166 pp.
- Amezcu-Linares, F. & A. Yáñez-Arancibia. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., Univ. Nac. Autón. México, 7(1): 68-118.
- Anónimo. 2000. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. Programa de manejo. Instituto Nacional de Ecología, 222 pp.
- Ayala-Pérez, L.A. 2006. Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos Campeche, México. Tesis de Doctorado de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, 212 pp.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda & D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. Rev. Biol. Trop., 51(3-4): 783-794.
- Ayala-Pérez, L.A., A. Aguirre-León., O.A. Avilés-Alatraste, M.T. Barreiro-Güemes & J.L. Rojas-Galaviz. 1993. Peces de sistemas fluvio-lagunares, Laguna de Términos, Campeche, In: S. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional de Biodiversidad y CIQRO, pp. 596-608.
- Ayala-Pérez, L.A., E. Lucio-Benítez, O. Chávez-Rivero, J. Ramos-Miranda & D. Flores-Hernández. 2009. Asociaciones ecológicas en la comunidad de peces de la porción occidental de la costa de Campeche. In: L.A. Ayala-Pérez, R. Gío-Argáez & N. Trigo-Boix (eds.). Contribuciones metodológicas al conocimiento de los recursos naturales. UAM-X, ICMYL-UNAM, Soc. Mex. Hist. Nat., pp. 127-138.
- 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* (Gunther, 1864) off the coast of Campeche, México. Cienc. Mar., 34(4): 453-465.
- Castillo-Rivera, M., G. Moreno & R. Iniestra. 1994. Spatial, seasonal, and diel variation in abundance of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teleostei: Engraulidae), in a tropical coastal lagoon of Mexico. Southwestern Naturalist, 39(3):263-268.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dirección General de Instituto Nacional de Pesca, México, Serie Científica, 19: 298 pp.
- Castro-Aguirre, J.L. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Noriega-Limusa, México D.F., 711 pp.
- Fischer, W. 1978. Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic. FAO, Rome, Vol. 1-4.
- Froese, R. & D. Pauly 2009. Fish Base. World Wide Web Electronic Publications. <http://www.fishbase.org>. Revisado: 4 noviembre 2010.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 246 pp.
- Hoese, H.D. & R.H. Moore. 1977. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and adjacent waters. Texas A&M University Press, Texas, 279 pp.
- Kobelkosky, A. & M. Castillo-Rivera. 1995. Sistemas digestivos y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. Hidrobiológica, 5: 95-103.
- Koranteng, K.A. 2001. Structure and dynamics of a demersal assemblages on the continental shelf an upper slope off Ghana, West Africa. Mar. Env. Res., 220: 1-12.
- Lara-Domínguez, A.L. & A. Yáñez-Arancibia. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. In: A. Yáñez-Arancibia & A.L. Lara-Domínguez (eds.). Ecosistemas de manglar en América tropical. Instituto de Ecología, A.C. México UICN/HORMA, Costa Rica, N0AA/NMFS Silver Spring MD USA, pp. 153-166.

- 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). An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 8(1): 267-304.
- Lewison, R.L., L.B. Crowder, A.J. Read & S.A. Freeman. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. Trends Ecol. Evol., 19(11): 598-604.
- Madrid-Vera, J., F. Amezcua & E. Morales-Bojórquez. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. Fish. Res., 83: 81-89.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, 200 pp.
- Margalef, R. 1969. Perspectives in ecological theory. The University of Chicago Press, Chicago, 111 pp.
- Minello, T.J., K.W. Able, M.P. Weinstein & C.G. Hays. 2003. Salt marshes as nurseries for nekton: testing hypotheses on density, growth and survival through meta-analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser., 246: 39-59.
- Miller, R.R. 2005. Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press, Chicago, 490 pp.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. John Wiley, New York, 624 pp.
- Núñez, M.G. & K.A. Wakida. 1999. Evaluación del efecto de veda de 1999 sobre la población y la pesca de camarón blanco en Campeche y Tabasco (Primera parte Mayo-Agosto) CD. Del Carmen, Campeche. México. Informe Técnico, CRIP-IPN, 24.
- Núñez, M.G., K.A. Wakida, H.V. Guzmán, J.J. Marin, V.I. Zamudio, C.J. Ávalos & T.M. Gutiérrez. 2000. Seguimiento del camarón siete barbas durante la época de veda. El Timón. Gob. Edo. Campeche. Sec. Pesc., 2(6): 2-4.
- Pauly, D. & A. Yáñez-Arancibia. 1994. Fisheries in coastal lagoons. In: B.J. Kerfve (ed.). Coastal lagoons processes. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 352-372.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol., 13: 131-144.
- Ramos-Miranda, J., D. Mouillot, D. Flores-Hernández, A. Sosa-López, T. Do-Chi & L.A. Ayala-Pérez. 2005a. Changes in four complementary facets of fish diversity in a tropical coastal lagoon after 18 years: a functional interpretation. Mar. Ecol. Prog. Ser., 304: 1-13.
- Ramos-Miranda, J., D. Flores-Hernández, L.A. Ayala-Pérez, J. Rendón-Von Osten, G.J. Villalobos-Zapata. & A. Sosa-López. 2006a. Atlas hidrológico e ictiológico de la Laguna de Términos. Centro Epomex. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, 140 pp.
- Ramos-Miranda, J., D. Flores-Hernández, L.A. Ayala-Pérez, A. Sosa-López, F. Gómez-Criollo & J. Rendón-Von Osten. 2006b. El camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) en la costa sur del Golfo de México: hacia una caracterización ecológica. Centro EPOMEX. Jaina, 16(1): 67-75.
- Reséndez, M.A. 1981a. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. I. Biótica, 6: 239-291.
- Reséndez, M.A. 1981b. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México II. Biótica, 6: 345-430.
- Reyes, E., J.W. Day Jr. & F.H. Sklar. 1994. Ecosystem models of aquatic primary production and fish migration in Laguna de Terminos, Mexico. In: W.J. Mitsch (ed.). Global wetlands: old world and New. Elsevier Scientific Publications, Amsterdam, pp. 519-536.
- Shannon, C.E. & W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana. University of Illinois Press, 117 pp.
- Soberón-Chávez, G. & A. Yáñez-Arancibia. 1985. Control ecológico de los peces demersales: Variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción natural de los recursos pesqueros. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.). Recursos pesqueros potenciales de México: la pesca acompañante del camarón. PUAL/ICMyL/INP/UNAM, D.F. México, 9: 399-486.
- Sosa-López, A., J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernández, D. Mouillot & T. Do Chi. 2005. Evidencias de cambios en la diversidad ictiofaunística de la Laguna de Términos México. Una aplicación de índices de diversidad taxonómica. Centro EPOMEX. Jaina, 15(1): 7-13.
- Ter-Braak, C.J. & P. Smilauer. 1998. CANOCO. Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- Vargas-Maldonado, I. & A. Yáñez-Arancibia. 1987. Estructura de las comunidades de peces en sistemas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) de la Laguna de Términos. An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx. Campeche, 14(2): 181-196.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, A. Aguirre-León, S. Díaz-Ruiz, F. Amezcua-Linares, D. Flores-Hernández & P. Chavance. 1985. Ecología de poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la producción. In: A. Yáñez-

- Arancibia (ed.). Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem integration. UNAM Press, México, pp. 311-366.
- Yáñez-Arancibia, A. & A.L. Lara-Domínguez. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem Southern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 49: 215-230.
- Yáñez-Arancibia, A. & J.W. Day Jr. 1988. Ecological characterization of Terminos Lagoon-estuarine system in the southern gulf of Mexico. In: A. Yáñez-Arancibia & J.W. Day Jr. (eds.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del golfo de México: la región de la Laguna de Términos*. Inst. Cien. Mar Limnol, Univ. Nac. Autón. México. *Coast. Ecol. Inst. LSU. D.F. México*, pp. 1-29.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, J.L. Rojas-Galavíz, P. Sánchez-Gil, J.W. Day Jr. & C.J. Madden. 1988. Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (Southern Gulf of Mexico). *J. Fish Biol.*, 33: 191-200.

Received: 13 January 2011; Accepted: 28 December 2011