

Interannual changes in the fish community abundance on the west coast of Campeche, Mexico

Cambios interanuales en la abundancia de la comunidad de peces en la costa occidental de Campeche, México

LA Ayala-Pérez^{1*}, GJ Terán-González¹, J Ramos-Miranda², D Flores-Hernández²

¹ Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960 Coyoacán, México DF.

² Centro de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar s/n entre Juan de la Barrera y Calle 20, Col. Buenavista, 24030 Campeche, Campeche, México.

* Corresponding author. E-mail: luayala13@yahoo.com.mx; luayala@correo.xoc.uam.mx

ABSTRACT. The biodiversity and abundance of commercially important biotic resources on the west coast of Campeche (Mexico) is recognized. The main extraction activity is seabob shrimp fishing. This paper aims to analyze and discuss changes in the abundance of the fish community in two annual cycles by statistical analysis. Between February 2003 and January 2004 (cycle 1) and between February 2006 and January 2007 (cycle 2), 37 sites were visited monthly. Physical and chemical parameters were registered and nekton samples were collected by a trawl net. In cycle 1, 49,177 individuals (631.62 kg total weight) were caught and the fish community was represented by 94 species. In cycle 2, 26,386 individuals (407.07 kg total weight) and 94 species were caught. At spatial scale, the fish community abundance values were 0.01–0.23 ind m⁻², 0.08–3.02 g m⁻², and 7.12–45.45 g ind⁻¹ in cycle 1, and 0.007–0.11 ind m⁻², 0.13–1.71 g m⁻², and 5.61–45.64 g ind⁻¹ in cycle 2. Highest abundance was recorded during the dry season in cycle 1, but during the rainy season in cycle 2. There were no significant differences in temperature and salinity between the two cycles, but an analysis of variance revealed significant differences between seasons. Significant differences were founded when the matrix of number of individuals per species and month of both cycles was analyzed by multidimensional scaling.

Key words: abundance, fish community, Campeche.

RESUMEN. La porción occidental de la costa de Campeche es reconocida por su biodiversidad y abundancia de recursos bióticos de interés comercial. La principal actividad de extracción que se desarrolla es la pesca del camarón siete barbas. En este trabajo se analizan y discuten los cambios en la abundancia de la comunidad de peces en dos ciclos anuales de muestreo con base en análisis estadísticos. Durante el periodo de febrero de 2003 a enero de 2004 (ciclo 1) y el periodo de febrero de 2006 a enero de 2007 (ciclo 2) se visitaron 37 sitios mensualmente. Se registraron parámetros físicoquímicos y se recolectaron muestras del neuston con una red de arrastre de prueba camaronesa. En el ciclo 1 se capturaron 49,177 organismos (631.6 kg) que se agruparon en 94 especies de peces. En el ciclo 2 se recolectaron 26,386 organismos (407.07 kg) que se agruparon también en 94 especies. En escala espacial, los valores de la abundancia de la comunidad de peces en el ciclo 1 fueron 0.01–0.23 ind m⁻², 0.08–3.02 g m⁻² y 7.12 a 45.45 g ind⁻¹ y en el ciclo 2 fueron de 0.007–0.11 ind m⁻², 0.13–1.71 g m⁻² y 5.61–45.64 g ind⁻¹. La mayor abundancia se registró en el ciclo 1 durante la época de secas. En el ciclo 2 la mayor abundancia se registró en la época de lluvias. Según el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre la temperatura y la salinidad entre ambos ciclos; sin embargo, se encontraron diferencias entre las épocas climáticas. El análisis de la matriz de número de individuos por especie y por mes mediante el escalamiento multidimensional mostró diferencias significativas.

Palabras clave: abundancia, comunidad de peces, Campeche.

INTRODUCTION

Off the coast of Campeche, southern Gulf of Mexico, distinct coastal processes occur generating high habitat heterogeneity and, therefore, high levels of diversity and abundance of commercially important natural resources.

Fishing is one of the most important activities along the western portion of the Campeche coastline, from the mouth of the Chumpam-Balchacah system to the mouth of the Grijalva-Usumacinta system, and the seabob shrimp

INTRODUCCIÓN

En la costa de Campeche, en el sur del golfo de México, se identifican procesos costeros particulares que condicionan una gran heterogeneidad de hábitat y, por tanto, altos niveles de diversidad y abundancia de recursos naturales de interés comercial.

La pesca es una de las actividades más importantes en la porción occidental de la costa de Campeche, desde la desembocadura del sistema Chumpam-Balchacah hasta la

Xiphopenaeus kroyeri is one of the main fishery resources. In this area, which is vital for the development of this species during the early stages of its life cycle, its exploitation is regulated by a closed season regime (Núñez *et al.* 2000). Shrimp trawling is associated with high rates of incidental catch, mainly fish, and it has been estimated that for each kilogram of captured shrimp, between 10 and 25 kg of bycatch are discarded (Madrid-Vera *et al.* 2007).

The fish community in this coastal marine region is abundant and diverse, and its dynamics is subject to both environmental variability and fishery dynamics. Physical and chemical environmental factors such as temperature, salinity, currents, tides, wind frequency and intensity, river runoff volume, and climate change affect the structure and function of the fish community (Ramos-Miranda *et al.* 2006b).

Scant information has been published and synthesized on this region and it is important to generate scientific knowledge of the changes in fish community diversity and abundance associated with shrimp fishing and the variation of environmental factors. This study thus aims to contribute to the knowledge, analysis, and discussion of the changes in the abundance of the fish community during two annual cycles on the west coast of Campeche (Mexico) based on multivariate statistical analysis.

MATERIAL AND METHODS

The study area (maximum depth of five fathoms) is located along the western portion of the Campeche coastline (18.5°–18.65° N, 91.5°–92.7° W), from the mouth of the Grijalva-Usumacinta system, Tabasco, to the area known as Bahamita (Isla del Carmen) and inside Términos Lagoon to the mouth of the Chumpam-Balchacah system, Campeche (fig. 1).

The Grijalva-Usumacinta system (in the state of Tabasco) develops a clearly stratified estuary that receives important terrigenous inputs. This system is considered the second most important contributor of fresh water in North America with a mean annual runoff of $115 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$, the flow varying according to the season (CONAGUA 2008).

Along its course, the Usumacinta River bifurcates and forms the Palizada River before reaching the town of Jonuta, the latter flowing into Términos Lagoon through the Palizada-Del Este system. Another important branch of the Usumacinta River is the San Pedro-San Pablo River, which forms the San Pedro sandbar when it flows into the sea. This river marks the border between the states of Tabasco and Campeche and also contributes abundant organic and terrigenous material. It traverses a large part of the floodable coastal plain and one of the core areas of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve.

In the study area there are three main fluvio-lagoon systems: Pom-Atasta, Palizada-Del Este, and Chumpam-Balchacah. The Pom-Atasta system is mainly fed by runoff from the Grijalva-Usumacinta basin and comprises ten inner

desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, donde destaca la pesquería del camarón siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri*. Esta zona de aprovechamiento del recurso, vital para el desarrollo de esta especie durante las primeras etapas de su ciclo de vida, está sujeta a un régimen de veda (Núñez *et al.* 2000). La captura del camarón implica la extracción de fauna de acompañamiento, principalmente peces, y se ha estimado que por cada kilogramo de camarón capturado, se pescan y descartan entre 10 y 25 kg de fauna de acompañamiento (Madrid-Vera *et al.* 2007).

La comunidad de peces en esta región marino-costera se caracteriza por ser abundante y diversa, con una dinámica acoplada tanto a la variabilidad ambiental como a la dinámica de la pesquería. Se ha identificado que los factores físico-químicos del medio como temperatura, salinidad, corrientes, mareas, frecuencia e intensidad de vientos, volumen de descarga de ríos y cambio climático son factores importantes que determinan la estructura y función de la comunidad de peces (Ramos-Miranda *et al.* 2006b).

La información publicada y sintetizada para esta región es escasa, por lo que es fundamental generar conocimiento científico de los cambios en la diversidad y abundancia de la comunidad de peces como respuesta a la pesca de camarón y a la variación de los factores ambientales. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento, análisis y discusión de los cambios en la abundancia de la comunidad de peces durante dos ciclos anuales en la costa occidental de Campeche (México) con base en análisis estadísticos multivariados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio (profundidad máxima de cinco brazas) se localiza en la porción occidental de la costa de Campeche (18.5°–18.65° N, 91.5°–92.7° W), desde la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, Tabasco, hasta la zona conocida como Bahamita (isla del Carmen) y al interior de la laguna de Términos, hasta la desembocadura del sistema Chumpam-Balchacah, Campeche (fig. 1).

El sistema Grijalva-Usumacinta, en el estado de Tabasco, desarrolla un estuario claramente estratificado que recibe un gran aporte de material terrígeno. Este sistema se considera el segundo contribuidor de agua dulce más importante en América del Norte, con un escurrimiento medio anual de $115 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ y una variación de descarga acoplada a la temporalidad climática de la región (CONAGUA 2008).

En su recorrido, el río Usumacinta da origen al río Palizada antes de llegar al poblado de Jonuta. Este último río desemboca en la laguna de Términos a través del sistema fluvio-lagunar Palizada-Del Este. Otro ramal importante del río Usumacinta es el río San Pedro y San Pablo, que al desembocar al mar forma la barra de San Pedro. El río San Pedro y San Pablo marca la frontera entre los estados de Tabasco y Campeche y también aporta material terrígeno y abundante materia orgánica. Este río recorre buena parte de la planicie

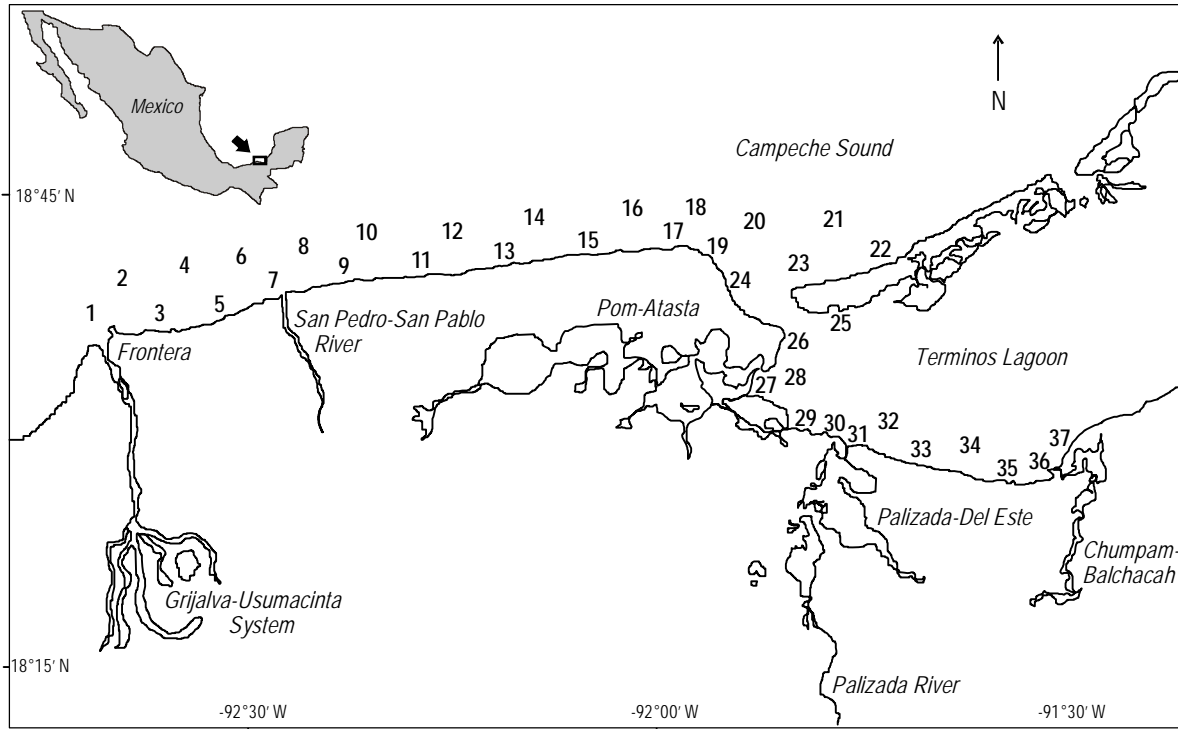


Figure 1. Location of the sampling sites (numbers) in the western portion of the coast of Campeche (Mexico).

Figura 1. Localización de sitios de muestreo (números) en la porción occidental de la costa de Campeche (México).

lagoons of different sizes. The Palizada-Del Este system comprises the Palizada, Marentes, and Las Piñas river mouths and the Vapor, Este, and San Francisco lagoons. The Chumpam-Balchacah system comprises the mouth of the Chumpam River, El Sitio Viejo Lagoon, and the inlet known as Boca de Balchacah (Ayala-Pérez 2006).

The predominant climate in the region is warm, sub-humid (Aw) with rains in summer (June–October). Mean annual temperature exceeds 26 °C and rainfall ranges from 1100 to 2000 mm. Easterly and southeasterly winds predominate from March to April and from August to September, while northerly and northwesterly winds predominate from October to February, characterizing the Nortes season (García 1973).

There are three seasons: the dry season from February to May, with average temperature of 28.1 °C, average rainfall of 164.8 mm, and southeasterly winds; the rainy season from June to September, with average temperature of 28.3 °C, rainfall of 976.7 mm, and dominant southeasterly winds; and the Nortes season from October to January, with average temperature of 24.4 °C, rainfall of 345.6 mm, and strong northerly winds (Ramos-Miranda *et al.* 2005b).

Monthly surveys were conducted between February 2003 and January 2004 (cycle 1 [C1]) and between February 2006 and January 2007 (cycle 2 [C2]) at 37 sites along the western portion of the Campeche coastline. The study area and location of the sampling stations were determined based on the

costera inundable y cruza una de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

En el área de estudio se encuentran tres sistemas fluvio-lagunares que funcionan como cabeceras estuarinas: Pom-Atasta, Palizada-Del Este y Chumpan-Balchacah. El sistema Pom-Atasta es alimentado básicamente por los escurrimientos de la cuenca del sistema Grijalva-Usumacinta e integra diez lagunas interiores de diferentes dimensiones. El sistema Palizada-Del Este integra las desembocaduras de los ríos Palizada, Marentes y Las Piñas y a los cuerpos lagunares Vapor, Este y San Francisco. Finalmente, el sistema Chumpam-Balchacah incluye la desembocadura del río Chumpam, la laguna El Sitio Viejo y la boca de Balchacah (Ayala-Pérez 2006).

El clima predominante en la región es cálido y sub-húmedo (Aw) con lluvias en verano (de junio a octubre). La temperatura anual promedio supera los 26 °C y la precipitación pluvial varía entre 1100 y 2000 mm. Los vientos predominantes de la región son de E a SE de marzo a abril y de agosto a septiembre, mientras que los vientos de N a NO predominan de octubre a febrero, caracterizando la época de nortes (García 1973).

Se presentan tres épocas climáticas: la época de secas de febrero a mayo, con temperatura ambiente promedio de 28.1 °C, precipitación promedio de 164.8 mm y vientos del sureste; la época de lluvias de junio a septiembre, con temperatura promedio de 28.3 °C, precipitación promedio de

studies carried out by Núñez and Wakida (1999) and Núñez *et al.* (2000) that show the distribution of seabob shrimp.

For the analysis, the sampling sites were divided into three groups: the first (G1) included the odd-numbered sites (1–19) located close to shore, the second (G2) included the even-numbered sites (2–18) located at greater depth and farther from shore, and the third (G3) included the sites located in Términos Lagoon (20–37) (fig. 1).

In the field, temperature, salinity, dissolved oxygen, and pH were recorded at two depth levels using a YSI multi-sensor. Depth and light penetration were determined by sounding line and Secchi disk readings, respectively. The biological samples were taken using a shrimp trawl net (5 m long, 2.5 m opening, and 2 cm mesh size), equipped with 0.8 × 0.5 m doors, on board a 7-m-long boat with a 55-HP outboard motor. Average towing speed was 2 knots and trawling lasted 12 min. The biological samples were stored in labelled plastic bags and kept cool until their immediate processing in the laboratory.

Specialized literature was used to identify fish species: Álvarez del Villar (1970), Castro-Aguirre (1978, 1999), Fischer (1978), Hoese and Moore (1977), Reséndez (1981a, 1981b), and Miller (2005). The systematic classification of the species followed Nelson (2006).

Captured organisms were measured individually for total length and standard length with a conventional ichthyometer, and weighed using a digital balance scale of 2160 g capacity and 0.1 g precision.

The area swept by the fishing gear was the product of the duration of the tow multiplied by the trawl speed and by the opening area of the net. Abundance was estimated in terms of density (ind m^{-2}), biomass (g m^{-2}), and mean weight (g ind^{-1}).

To analyze spatial and seasonal abundance, box plots were produced showing the median, the first and third quartiles, and the minimum and maximum values. Small circles and asterisks indicate mild and extreme outliers, respectively. These atypical values are defined as follows:

Mild outliers: $< Q_1 - 1.5 \times IQR$ and $> Q_3 + 1.5 \times IQR$

Extreme outliers: $< Q_1 - 3 \times IQR$ and $> Q_3 + 3 \times IQR$

where Q_1 and Q_3 are the values of the first and third quartiles, respectively, and IQR is the interquartile range: $Q_3 - Q_1$.

To determine interannual and interseasonal differences associated with both environmental variability and fish community abundance, normality tests and either a Kruskal-Wallis test or analysis of variance (ANOVA) were applied to the matrices of temperature, salinity, number of individuals, and weight by sampling station, month, season, and year using StatPlus:mac (AnalystSoft Inc. 2009). We used Scheffé's test to compare the pairs of means; the Bonferroni method, a statistical technique that differentiates the means of a set of data analyzed simultaneously; and Fisher's LSD test, based on the *t*-test that calculates the least significant difference between two means (Ruelas-Villegas 2004).

976.7 mm y vientos predominantes del sureste; y la época de nortes de octubre a enero, con temperatura promedio de 24.4 °C, precipitación promedio de 345.6 mm y fuertes vientos del norte (Ramos-Miranda *et al.* 2005b).

Los muestreos se realizaron mensualmente de febrero de 2003 a enero de 2004 (ciclo 1 [C1]) y de febrero de 2006 a enero de 2007 (ciclo 2 [C2]) en 37 sitios de muestreo en la porción occidental de la costa de Campeche. La delimitación del área de estudio así como la ubicación de los sitios de muestreo se estableció considerando los estudios realizados por Núñez y Wakida (1999) y Núñez *et al.* (2000), en los que se señala la distribución del camarón siete barbas.

Para los análisis, los sitios de muestreo se integraron en tres grupos: el primer grupo (G1) estuvo integrado por los sitios con numeración impar (1–19) que se localizaron más cerca de la línea de costa, el segundo grupo (G2) estuvo conformado por los sitios con numeración par (2–18) que se localizaron a mayor profundidad y más alejados de la línea de costa y el tercer grupo (G3) estuvo conformado por los sitios localizados en el interior de la laguna de Términos (20–37) (fig. 1).

En el campo, se registraron la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y el pH en dos niveles de profundidad con un multisensor YSI. La profundidad y penetración luminosa se determinaron con una sondaleza y un disco de Secchi, respectivamente. La toma de muestras biológicas se realizó con una red de arrastre de prueba camaronesa (5 m de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 2 cm de luz de malla) equipada con tablas de arrastre de 0.8 × 0.5 m, a bordo de una lancha de 7 m de eslora con motor fuera de borda de 55 HP y a una velocidad promedio de 2 nudos. El arrastre tuvo una duración de 12 minutos. Las muestras biológicas se almacenaron en bolsas de plástico etiquetadas y se conservaron en frío para su inmediato procesamiento en el laboratorio.

Para la identificación de las especies de peces se utilizó la siguiente literatura especializada: Álvarez del Villar (1970), Castro-Aguirre (1978, 1999), Fischer (1978), Hoese y Moore (1977), Reséndez (1981a, 1981b) y Miller (2005). El ordenamiento sistemático de las especies se realizó de acuerdo con Nelson (2006).

Los organismos capturados se midieron de manera individual, y se registró la talla total y estándar con un ictiómetro convencional. También se pesaron con una balanza digital de 2160 g de capacidad y 0.1 g de precisión.

El área barrida por el arte de pesca se calculó obteniendo el producto de la velocidad de arrastre por el tiempo de operación y por la 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 analizar la abundancia espacial y por época climática, se realizaron gráficas de caja, que expresan los valores de la mediana, los cuartiles primero y tercero, y los valores mínimo y máximo. Los pequeños círculos y asteriscos señalan valores atípicos leves y extremos, respectivamente. Estos valores atípicos están definidos como sigue:

A matrix of the number of individuals per species, month, and year was analyzed by multidimensional scaling. This multivariate technique was used to identify the associations per month of each annual cycle. This analysis was performed using Systat 10.2 (Systat Software Inc. 2002).

RESULTS

In C1, a total of 49,177 organisms (631.6 kg) were caught and 94 fish species were identified, and in C2, a total of 26,386 organisms (407.1 kg) were caught and 94 fish species were identified. The values of total abundance grouped by sampling station groups and seasons are shown in table 1 for each cycle.

At spatial scale, fish community abundance in C1 ranged from 0.01 to 0.23 ind m⁻², 0.08 to 3.02 g m⁻², and 7.12 to 45.45 g ind⁻¹, and in C2 from 0.007 to 0.11 ind m⁻², 0.13 to 1.71 g m⁻², and 5.61 to 45.64 g ind⁻¹. The spatial behavior of density, biomass, and mean weight is shown (box plots) for G1, G2, and G3 in figures 2, 3, and 4, respectively.

Highest abundance was recorded in C1, especially at the nearshore stations; the highest density and biomass values were recorded in the vicinity of the mouth of the Grijalva-Usumacinta system (stations 1, 3, and 5). In C2, the highest values were recorded at stations 1 and 7, associated with the mouths of the Grijalva-Usumacinta system and San Pedro-San Pablo River. In both cycles, *Stellifer lanceolatus* and *Cathorops melanopus* had the greatest abundance and frequency of occurrence, and they can thus be classified as dominant species and permanent residents.

Abundance shows a clear decreasing trend towards offshore stations. At these stations salinity is comparatively higher than at nearshore stations and temperature tends to decrease. Species that are less tolerant to changes in salinity and temperature prefer the offshore stations. There was a

$$\begin{aligned} \text{Atípico leve: } &< Q_1 - 1.5 \times IQR \\ &> Q_3 + 1.5 \times IQR \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Atípico extremo: } &< Q_1 - 3 \times IQR \\ &> Q_3 + 3 \times IQR \end{aligned}$$

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

Para determinar las diferencias interanuales y entre épocas climáticas tanto de la variabilidad ambiental como de la abundancia de las comunidades de peces, se aplicaron pruebas de normalidad y, en su caso, un análisis de varianza (ANOVA) o una prueba de Kruskal-Wallis a las matrices de temperatura, salinidad, número de individuos y peso por sitio de muestreo, mes, época climática y año mediante el software StatPlus:mac (AnalystSoft Inc. 2009). Se utilizó la prueba de Scheffé para comparar los pares de medias; el método de Bonferroni, técnica estadística que diferencia las medias de un conjunto de datos analizados simultáneamente; y la prueba LSD de Fisher, basada en la prueba t que calcula la menor diferencia entre dos medias (Ruelas-Villegas 2004).

Con una matriz de número de individuos por especie, mes y año, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional. Esta técnica multivariante permitió identificar las asociaciones por mes de cada ciclo anual. Este análisis se realizó con el programa Systat 10.2 (Systat Software Inc. 2002).

RESULTADOS

En C1 se capturaron 49,177 organismos (631.6 kg) y se identificaron 94 especies de peces, mientras que en C2 se capturaron 26,386 organismos (407.1 kg) y se identificaron 94 especies de peces. En la tabla 1 se presentan los valores de

Table 1. Comparison of abundance values between sampling station groups and seasons for two sampling cycles. G1: odd-numbered stations, 1–19; G2: even-numbered stations, 2–18; G3: Términos Lagoon stations, 20–37.

Tabla 1. Comparación de valores de abundancia entre grupos de sitios de muestreo (G1, G2 y G3) y épocas climáticas (lluvias, nortes, secas) en los dos ciclos de muestreo. G1: sitios de muestreo con numeración impar, 1–19; G2: sitios de muestreo con numeración par, 2–18; G3: sitios de muestreo en el interior de la laguna de Términos, 20–37.

	Sampling station group				Season			
	G1	G2	G3	Total	Rainy	Nortes	Dry	Total
Cycle 1 (02/2003–01/2004)								
Number of individuals	18,040	4041	27,096	49,177	14,968	16,889	17,320	49,177
Total weight (kg)	241.7	38.9	351.0	631.6	204.9	195.2	231.5	631.6
Number of species	61	53	82	94	78	70	70	94
Cycle 2 (02/2006–01/2007)								
Number of individuals	7697	3979	14,710	26,386	9865	9114	7407	26,386
Total weight (kg)	116.3	45.9	244.9	407.1	175.4	115.9	115.7	407.1
Number of species	60	52	86	94	72	71	67	94

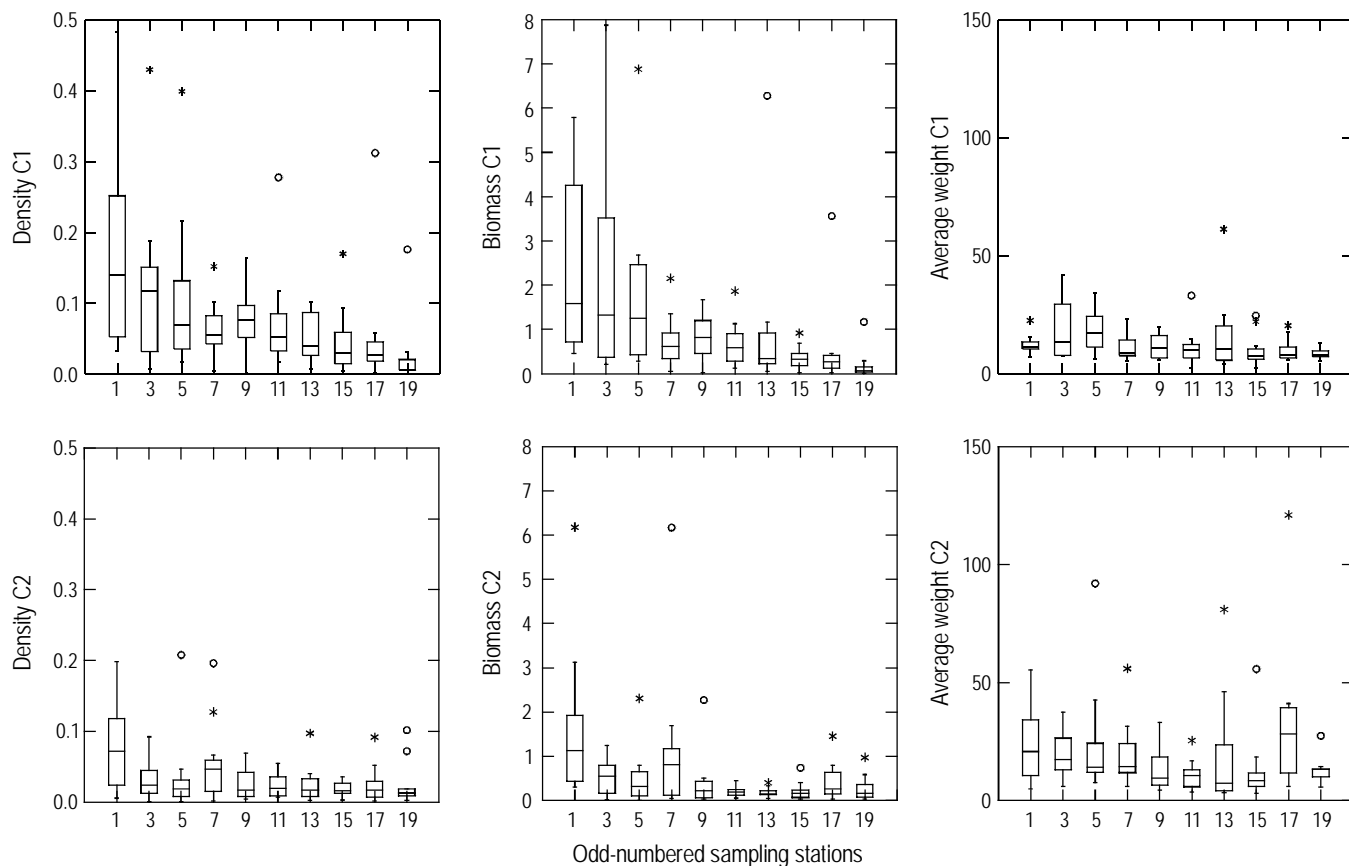


Figure 2. Comparison of density (ind m⁻²), biomass (g m⁻²), and mean weight (g ind⁻¹) during two annual cycles (C1, C2) among the odd-numbered sampling stations (1–19) on the west coast of Campeche. Small circles and asterisks indicate mild and extreme outliers, respectively.

Figura 2. Comparación de la densidad (ind m⁻²), biomasa (g m⁻²) y peso promedio (g ind⁻¹) durante dos ciclos anuales (C1, C2) entre los sitios de muestreo impar (1–19) en la porción occidental de la costa de Campeche. Los pequeños círculos y asteriscos señalan valores atípicos leves y extremos, respectivamente.

notable presence of *S. lanceolatus*, *Symphurus plagiusa*, and large-sized *C. melanopus* in C1, and of *S. lanceolatus* and *Bagre marinus* in C2.

Inside Términos Lagoon, abundance was mainly conditioned by the presence of *C. melanopus* at stations 29, 30, and 31, identified as the preferred habitat of the species given the conditions of low salinity, high turbidity, and high food abundance generated by the continuous water inflow from the Palizada-Del Este system.

In C1, high density and biomass values were recorded at the mouth of the Chumpam-Balchacah system attributed to the number of organisms of *Birdiella chrysoura* and the weight of *Archosargus rhomboidalis*, *Orthopristis chrysoptera*, and *Orthopristis poeyi*. In C2, highest density was recorded in October at station 20, attributed to the abundance of *Ariopsis felis* and *Bagre marinus*, and highest biomass was recorded at station 25 due to the presence of large-sized *Menticirrhus americanus* and *A. rhomboidalis*.

Mean weight was higher in C2, within Términos Lagoon, where fewer individuals were observed but of greater

abundancia total agrupada por sitios de recolecta y por época climática para cada ciclo de muestreo.

La abundancia de la comunidad a escala espacial en C1 osciló de 0.01 a 0.23 ind m⁻², de 0.08 a 3.02 g m⁻² y de 7.12 a 45.45 g ind⁻¹, y en C2, de 0.007 a 0.11 ind m⁻², de 0.13 a 1.71 g m⁻² y de 5.61 a 45.64 g ind⁻¹. El comportamiento espacial de la densidad, biomasa y peso promedio se representa mediante gráficas de caja para G1, G2 y G3 en las figuras 2, 3 y 4, respectivamente.

En C1 se presentó la mayor abundancia, particularmente en las estaciones cercanas a la costa, y destacaron los valores de densidad y biomasa en la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta (estaciones 1, 3 y 5). En C2, los valores más altos se encontraron en las estaciones 1 y 7, que están asociadas a las desembocaduras del sistema Grijalva-Usumacinta y del Río San Pedro y San Pablo. En ambos ciclos, la mayor abundancia y frecuencia de aparición se correspondieron con *Stellifer lanceolatus* y *Cathorops melanopus*; por tanto, se pudieron clasificar como especies dominantes y residentes permanentes.

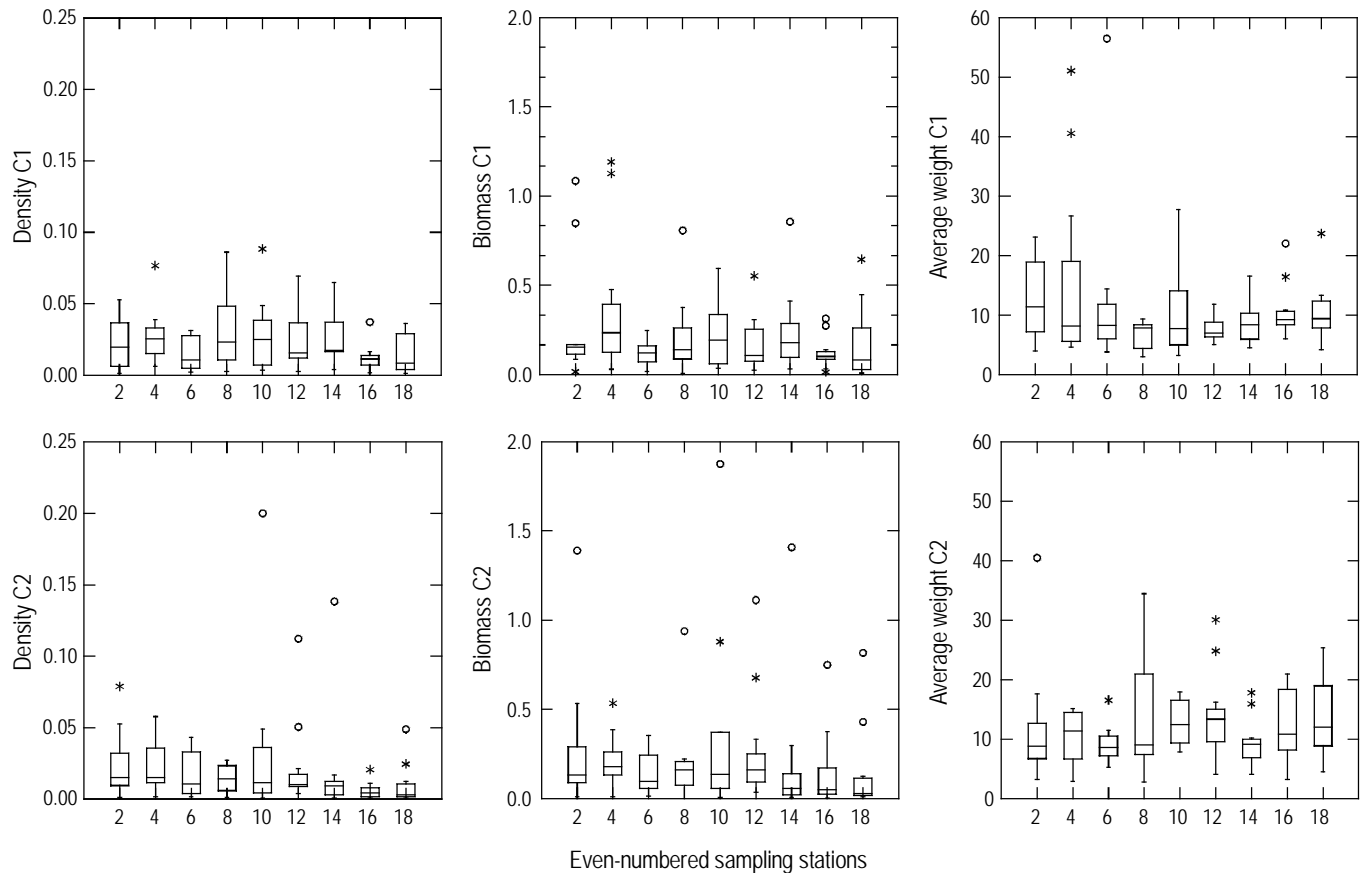


Figure 3. Comparison of density (ind m^{-2}), biomass (g m^{-2}), and mean weight (g ind^{-1}) during two annual cycles (C1, C2) among the even-numbered sampling stations (2–18) on the west coast of Campeche. Small circles and asterisks indicate mild and extreme outliers, respectively.

Figura 3. Comparación de la densidad (ind m^{-2}), biomasa (g m^{-2}) y peso promedio (g ind^{-1}) durante dos ciclos anuales (C1, C2) entre los sitios de muestreo par (2–18) en la porción occidental de la costa de Campeche. Los pequeños círculos y asteriscos señalan valores atípicos leves y extremos, respectivamente.

weight, especially *Micropogonias undulatus*, *Sphoeroides testudineus*, and *Gymnura micrura*.

The abundance outliers in C1 correspond to the presence of *C. melanopus*, *B. marinus*, *S. testudineus*, and *Stellifer lanceolatus*. In C2, the outliers represent a maximum abundance of species of the families Ariidae (*C. melanopus*, *B. marinus*, and *A. felis*) and Sciaenidae (*S. lanceolatus* and *Cynoscion arenarius*).

Analysis of abundance by season (fig. 5) revealed that, in C1, density showed greater dispersion during the dry season, with the presence of both mild and extreme outliers, and a maximum median during the Nortes season. Biomass outliers occurred in all three seasons mainly due to the presence of *S. lanceolatus* and there was a relative increase of the median in the Nortes season. The seasonal differences in mean weight are less noticeable and in all cases the occurrence of outliers corresponds to the random presence of large-sized organisms.

For C2, in regard to density, clear differences can be observed relative to C1 though abundance was also greater

Existe una clara tendencia de disminución en la abundancia hacia las estaciones más alejadas de la costa. En estos sitios, la salinidad es comparativamente mayor que en las estaciones más cercanas a la costa y la temperatura tiende a disminuir. Las especies con menor tolerancia a las variaciones de salinidad y temperatura prefieren las estaciones más alejadas. En C1 destacó la presencia de *S. lanceolatus*, *Symphurus plagiusa* y organismos de talla grande de *C. melanopus*, mientras que en C2 destacó la presencia *S. lanceolatus* y *Bagre marinus*.

La abundancia en el interior de la laguna de Términos está condicionada principalmente por la presencia de *C. melanopus* en las estaciones 29, 30 y 31, las cuales se identificaron como el hábitat preferente de la especie dadas las condiciones de baja salinidad, alta turbidez y abundante alimento que provoca la continua descarga del sistema Palizada-Del Este.

En C1, la densidad y biomasa presentaron valores altos en la desembocadura del sistema Chumpam-Balchacah, donde *Bairdiella chrysoura* destacó en número de organismos y

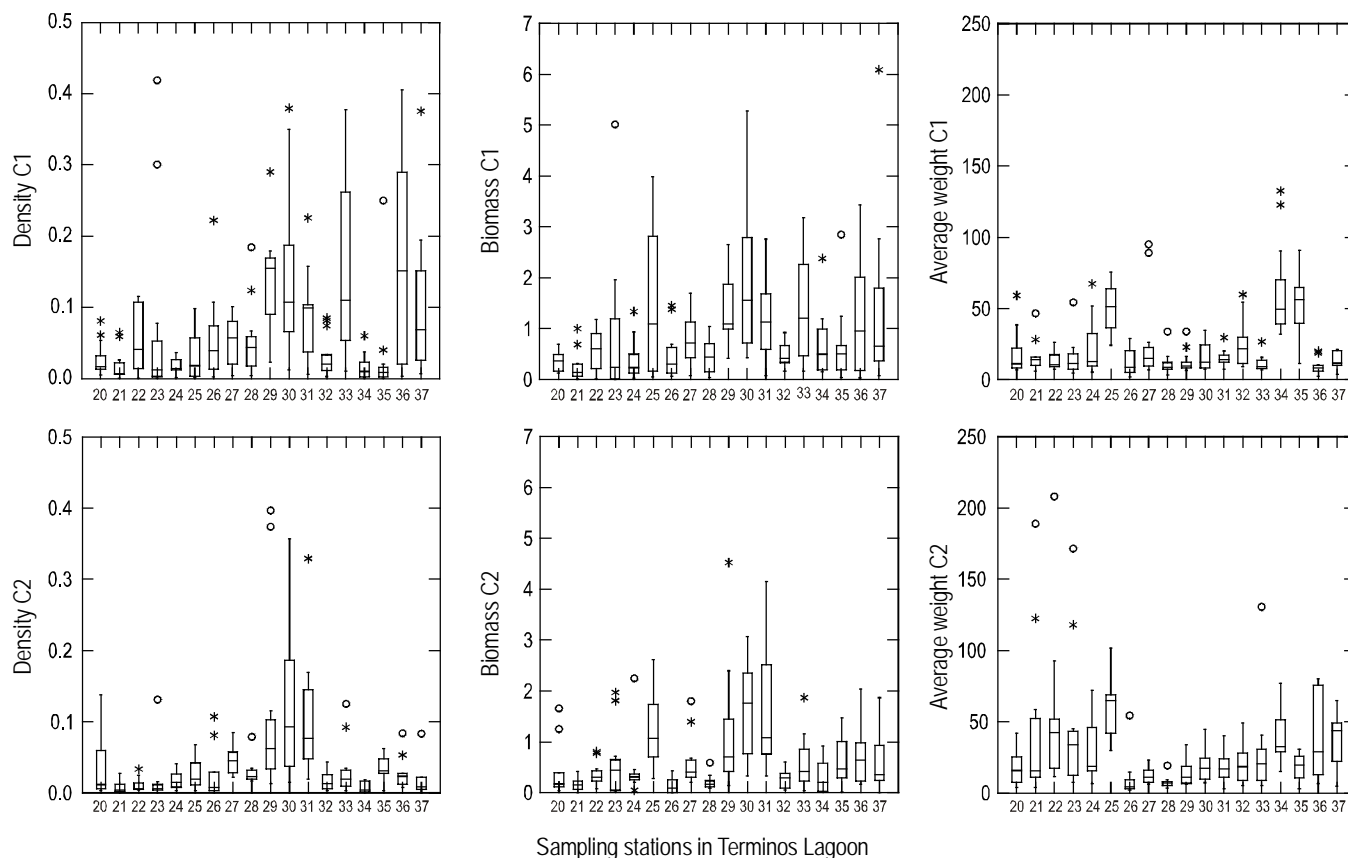


Figure 4. Comparison of density (ind m^{-2}), biomass (g m^{-2}), and mean weight (g ind^{-1}) during two annual cycles (C1, C2) among the stations (20–37) in Términos Lagoon. Small circles and asterisks indicate mild and extreme outliers, respectively.

Figura 4. Comparación de la densidad (ind m^{-2}), biomasa (g m^{-2}) y peso promedio (g ind^{-1}) durante dos ciclos anuales (C1, C2) entre los sitios de muestreo (20–37) en la laguna de Términos. Los pequeños círculos y asteriscos señalan valores atípicos leves y extremos, respectivamente.

during the Nortes season. Biomass showed less seasonal dispersion relative to C1 and mild outliers occurred during the rainy season. Mean weight showed a similar trend to that of C1, except that in this case the rainy season had the highest mild outlier, corresponding to the large size of *Gymnura micrura* recorded at station 23.

The two-way ANOVA developed with the Scheffé, Bonferroni, and Fisher statistical tests was applied to the matrices of surface and bottom temperature and salinity for the two sampling cycles (C1 and C2) and for the three seasons (rainy, dry, and Nortes); however, for the purpose of discussing environmental behavior, only the results of the bottom salinity matrix are presented because it is the one that best describes the differences. The significance values of the comparisons of this parameter are shown in table 2.

For C1, all three tests indicate that there are no significant differences between the dry and rainy seasons, but the Scheffé and Fisher tests indicate differences between the dry and Nortes seasons and between the rainy and Nortes seasons, respectively. For C2, the Scheffé and Fisher tests indicate significant differences among the three seasons, but the Bonferroni test does not.

Archosargus rhomboidalis, *Orthopristis chrysoptera* y *Orthopristis poeyi* destacó en peso. En C2, la mayor densidad se registró en octubre en la estación 20, por la abundancia de *Ariopsis felis* y *Bagre marinus*, y la mayor biomasa se registró en la estación 25 por la presencia de tallas grandes de *Menticirrhus americanus* y *A. rhomboidalis*.

El peso promedio fue mayor en C2, al interior de la laguna de Términos, donde se registró un menor número de individuos pero de mayor peso, particularmente *Micropogonias undulatus*, *Sphoeroides testudineus* y *Gymnura micrura*.

Los valores atípicos de abundancia en C1 corresponden a la presencia de *C. melanopus*, *B. marinus*, *S. testudineus* y *Stellifer lanceolatus*. En C2, los valores atípicos representan una máxima abundancia de especies de las familias Ariidae (*C. melanopus*, *B. marinus* y *A. felis*) y Sciaenidae (*S. lanceolatus* y *Cynoscion arenarius*).

Según el análisis de abundancia por época climática (fig. 5) para C1, la densidad mostró una mayor dispersión en la época de secas, con la presencia de valores atípicos tanto leves como extremos, y una mediana máxima durante la época de nortes. En las tres épocas climáticas se presentaron

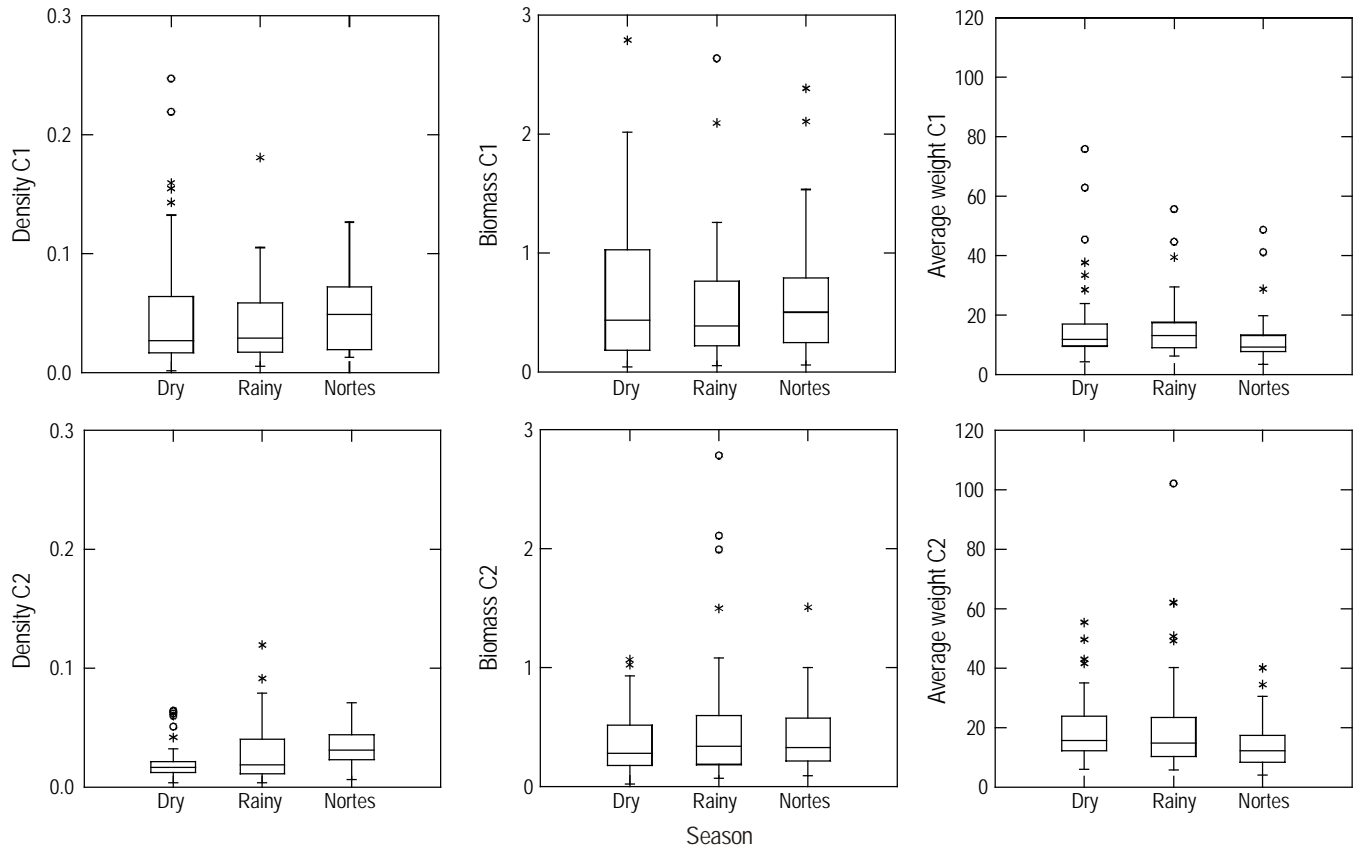


Figure 5. Interannual changes in fish community abundance during the dry, rainy, and Nortes seasons on the west coast of Campeche.

Figura 5. Cambios interanuales en la abundancia de la comunidad de peces durante la época de secas, de lluvias y de nortes en la porción occidental de la costa de Campeche.

When C1 and C2 are compared by season, all three tests indicate no differences for the dry season; however, for the rainy and Nortes seasons, the Scheffé and Fisher tests indicate differences but the Bonferroni test does not (table 2).

For the analysis of abundance in number of individuals, and given that the normality tests showed a negative response, the Kruskal-Wallis ANOVA by ranks indicated that there were no significant differences, with values of $P > 0.05$ (table 3).

The comparison of C1 vs C2 per season revealed significant differences in all cases, with values of $P < 0.018$.

Analysis of the matrix of total weight values per cycle and season (table 3) revealed significant differences ($P < 0.01$) between the Nortes and dry seasons in C1 and between the rainy and Nortes and the Nortes and dry seasons in C2. When both cycles are compared by season, differences are observed for the Nortes season ($P = 0.0003$).

The matrix of number of individuals per species per month was analyzed by the multidimensional scaling technique (fig. 6). Two associations can be observed: the upper right-hand part shows the group corresponding to the C2 months and the lower left-hand part shows the group corresponding to the C1 months, based on the number of

valores atípicos de biomasa, principalmente por la presencia de *S. lanceolatus*, y hubo un incremento relativo de la mediana en la época de nortes. Las diferencias en peso promedio entre las épocas climáticas son menos acentuadas y en todos los casos la presencia de valores atípicos corresponden a la presencia aleatoria de organismos de tallas grandes.

Para C2, en cuanto a la densidad, se aprecian claras diferencias respecto a C1, aunque se mantiene la tendencia de mayor abundancia en la época de nortes. La biomasa mostró una menor dispersión en las épocas climáticas comparativamente con C1, y se distinguió la presencia de valores atípicos leves en la época de lluvias. El peso promedio en C2 mostró una tendencia similar a C1, pero en este caso la época de lluvias presentó el mayor valor atípico leve, que corresponde a la gran talla de *Gymnura micrura* encontrada en la estación 23.

El ANOVA de dos vías desarrollado con los estadísticos de prueba de Scheffé, Bonferroni y Fisher se aplicó a las matrices de temperatura y salinidad tanto de superficie como de fondo para los dos ciclos de muestreo (C1 y C2) y para las tres épocas climáticas (lluvias, secas y nortes); sin embargo, para fines de discusión del comportamiento ambiental, se presentan sólo los resultados de la matriz de salinidad de

Table 2. Summary of the ANOVA values applied to the bottom salinity matrix for comparison of the (a) sampling cycles (C1 and C2) and (b) seasons (dry, rainy, and Nortes).

Tabla 2. Resumen de los valores del ANOVA aplicado a la matriz de salinidad de fondo para las comparaciones de (a) los ciclos de muestreo (C1 y C2) y (b) las épocas climáticas (secas, lluvias y nortes).

(a)

	C1			C2		
	Test statistics	Critical value (5%)	Accepted/rejected	Test statistics	Critical value (5%)	Accepted/rejected
Scheffé contrasts between pairs of means						
Dry vs rainy	0.62	2.45	Rejected	4.08	2.45	Accepted
Dry vs Nortes	3.50	2.45	Accepted	7.11	2.45	Accepted
Rainy vs Nortes	4.23	2.45	Accepted	3.078	2.45	Accepted
Bonferroni test for differences between means (Alpha/N = 0.0167)						
		<i>P</i> level			<i>P</i> level	
Dry vs rainy	0.01	0.99	Rejected	0.08	0.93	Rejected
Dry vs Nortes	0.07	0.94	Rejected	0.15	0.88	Rejected
Rainy vs Nortes	0.09	0.93	Rejected	0.07	0.95	Rejected
Fisher LSD						
		<i>P</i> level			<i>P</i> level	
Dry vs rainy	0.62	0.54	Rejected	4.08	0.00	Accepted
Dry vs Nortes	3.50	0.00	Accepted	7.11	0.00	Accepted
Rainy vs Nortes	4.23	0.00	Accepted	3.08	0.00	Accepted

(b)

C1 vs C2	Dry season			Rainy season			Nortes season		
	Test statistics	Critical value (5%)	Accepted/rejected	Test statistics	Critical value (5%)	Accepted/rejected	Test statistics	Critical value (5%)	Accepted/rejected
Scheffé contrasts between pairs of means									
	0.47	1.96	Rejected	4.21	1.96	Accepted	3.00	1.96	Accepted
		<i>P</i> level			<i>P</i> level			<i>P</i> level	
Bonferroni test for differences between means (alpha/N = 0.0167)									
	0.01	0.99	Rejected	0.09	0.93	Rejected	0.07	0.95	Rejected
Fisher LSD									
	0.47	0.64	Rejected	4.21	0.00	Accepted	3.00	0.00	Accepted

individuals and species present. The difference in numerical abundance between both periods is evident.

DISCUSSION

Lagoon-estuarine systems are characterized by a complex ecological structure and a wide variety of habitats; they represent distinct high-productivity environments that offer suitable conditions for the development of all or part of the life cycle of many species, especially fish species (Lara-Domínguez and Yáñez-Arancibia 1999, Ayala-Pérez 2006).

fondo porque es la que mejor describe las diferencias. En la tabla 2 se presentan los valores de significancia de las comparaciones para este parámetro.

Para C1, las tres pruebas coinciden en señalar que no existen diferencias significativas entre la época de secas y de lluvias, mientras que las pruebas de Scheffé y Fisher señalan diferencias entre la época de secas y la de nortes y entre la época de lluvias y la de nortes, respectivamente. Para C2, las pruebas de Scheffé y Fisher coinciden en señalar diferencias significativas entre las tres épocas climáticas; sin embargo, la prueba de Bonferroni no identifica tales diferencias.

Table 3. Summary of the ANOVA by ranks values applied to the matrices of number of individuals and total weight per species, sampling cycle (C1 and C2), and season.**Tabla 3.** Resumen de los valores del ANOVA por rangos aplicado a las matrices de número de individuos y peso total por especie, ciclo de muestreo (C1 y C2) y época climática.

	Total	C1 vs C2			C1			C2		
		Dry	Rainy	Nortes	Dry vs Rainy	Rainy vs Nortés	Nortes vs dry	Dry vs Rainy	Rainy vs Nortés	Nortes vs dry
Number of individuals										
<i>H</i>	25.18	5.60	9.17	11.49	3.95	0.37	1.83	1.43	0.84	0.09
Corrected <i>H</i>	26.90	6.02	9.74	12.29	4.19	0.38	1.94	1.54	0.91	0.10
<i>N</i>	6354	2107	2106	2141	2331	2184	2271	1882	2063	1977
<i>P</i> level	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.55	0.18	0.23	0.36	0.76
Overall median	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
<i>P</i> level	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.85	0.06	0.00	0.00	0.00
Chi-square	55.71	23.49	12.75	0.00	3.50	0.04	3.53	32.74	35.01	42.26
Total weight										
<i>H</i>	14.38	0.86	1.78	13.20	2.15	1.63	7.71	3.33	11.54	30.79
Corrected <i>H</i>	14.38	0.86	1.78	13.20	2.15	1.63	7.71	3.33	11.54	30.79
<i>N</i>	6354	2107	2106	2141	2331	2184	2271	1882	2063	1977
<i>P</i> level	0.00	0.35	0.18	0.00	0.14	0.20	0.01	0.07	0.00	0.00
Overall median	34.05	39.70	34.35	28.70	38.80	34.90	37.30	35.40	28.00	30.10
<i>P</i> level	0.00	0.72	0.19	0.00	0.20	0.37	0.04	0.04	0.01	0.00
Chi-square	10.85	0.13	1.72	9.04	1.61	0.81	4.34	4.12	6.87	21.42

The west coast of Campeche and Términos Lagoon are considered areas of high primary and secondary productivity, characterized by the abundance and diversity of the biotic community and by a high buffering capacity to anthropogenic pressures. In particular, artisanal shrimp fisheries incidentally affect other organisms, mainly fish. Estimates of between 25 and 30 kg of fish bycatch per 1 kg captured shrimp have been reported for other coastal areas (Ambrose *et al.* 2005, Madrid-Vera *et al.* 2007).

This extractive activity not only affects the structure, distribution, and abundance of fish stocks but also the energy flow in the ecosystem and modifies habitat conditions, yet specific studies quantifying this relationship are limited to qualitative appreciations. Specific studies are therefore needed.

Several ecological studies of fish communities have been conducted in Términos Lagoon. Among the most recent are those of Ramos-Miranda *et al.* (1999, 2005a, 2005b, 2006a, 2006b), Ayala-Pérez *et al.* (2003), and Sosa-López *et al.* (2005). All indicate a high diversity and complex community structure coupled to environmental variability.

According to our results, the fish community was composed of 94 species in C1 and 93 species in C2, but there were only 66 species in common. For Términos Lagoon, Yáñez-Arancibia *et al.* (1980) reported 121 fish species and Ayala-Pérez *et al.* (2003) 107 species. Ramos-Miranda *et al.*

Cuando se comparan los dos ciclos (C1 y C2) por época climática, los tres estadísticos de prueba coinciden en señalar que para la época de secas no existen diferencias; sin embargo, para la época de lluvias y de nortes, las pruebas de Scheffé y Fisher señalan diferencias pero la de Bonferroni no las identifica (tabla 2).

Para el caso del análisis de la abundancia en número de individuos, y dado que las pruebas de normalidad arrojaron una respuesta negativa, el ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis mostró que no existen diferencias significativas, con valores de $P > 0.05$ (tabla 3).

Cuando se hicieron comparaciones de C1 vs C2 por época climática, en todos los casos se encontraron diferencias significativas, con valores de $P < 0.018$.

En el mismo sentido, cuando se analizó la matriz de valores de peso total por ciclo y época climática (tabla 3), se distinguieron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre la época de nortes y la de secas en C1 y entre la época de lluvias y la de nortes y entre la de nortes y secas en C2. Cuando la comparación se realiza entre los dos ciclos de muestreo para cada época climática las diferencias se señalan en la época de nortes ($P = 0.0003$).

La matriz de número de individuos por especie por mes fue analizada mediante la técnica de escalamiento multidimensional (fig. 6). Se pueden observar dos asociaciones: la parte superior derecha muestra la agrupación de los meses correspondientes a C2 y la parte inferior izquierda muestra la

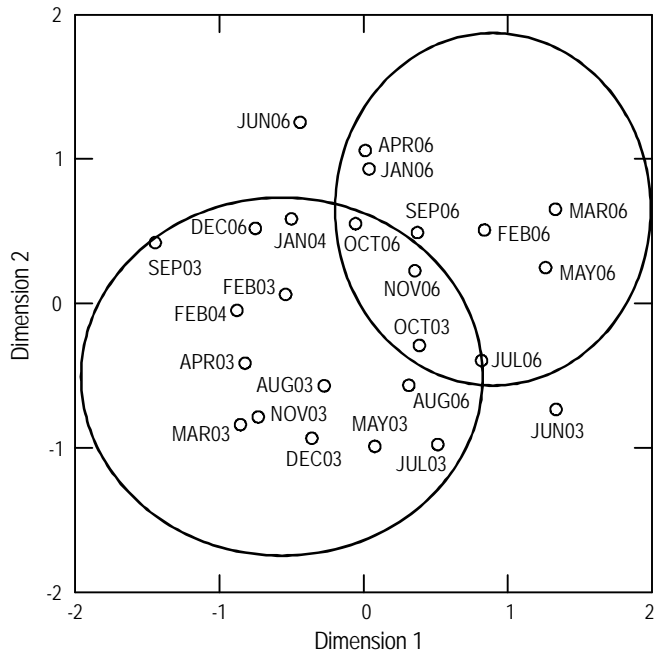


Figure 6. Multidimensional scaling in two annual cycles in the western part of the coast of Campeche.

Figura 6. Escalamiento multidimensional en dos ciclos anuales en la porción occidental de la costa de Campeche.

(2005a) compared two cycles, 1980–1981 and 1997–1999, and recorded 154 and 105 fish species, respectively.

It is clear that Términos Lagoon has greater habitat diversity and hence higher species richness than the entire area surveyed in this study. Even though our study area is larger, it only considers part of the lagoon and habitat conditions along the coastline are more homogeneous, with specific variations associated with river runoff.

Fishes, both resident and occasional visitors, have developed a life cycle strategy linked to environmental variability at a spatial and temporal scale. Specific studies of dominant species allow the identification of changes in the distribution of abundance associated with certain environmental conditions and processes (Ramos-Miranda *et al.* 2005a, Ayala-Pérez 2006).

Soberón-Chávez and Yáñez-Arancibia (1985) referred to the processes that sustain fisheries in the southern Gulf of Mexico as natural production mechanisms, and this statement is retaken to explain the association of the abundance of fishes with the areas close to river mouths, mangrove areas, or submerged vegetated areas. In this sense, Ayala-Pérez *et al.* (1993) describe the use of estuarine headwaters and the fluvio-lagoon systems by an abundant and diverse fish community that includes important fishery resources.

Cathorops melanopus is one of the species strongly associated with the fluvio-lagoon systems, especially Palizada Del-Este. It has an ample distribution and can tolerate large variations in salinity (0.2–40) and temperature (20–34 °C). It

agrupación de los meses correspondientes a C1, según el número de individuos y especies presentes. Es evidente la diferencia en la abundancia numérica entre los dos periodos.

DISCUSIÓN

Los sistemas lagunares-estuarinos se caracterizan por una compleja estructura ecológica y una amplia variedad de hábitats. Estos sistemas representan ambientes particulares de elevada productividad que ofrecen condiciones adecuadas para el desarrollo de todo o parte del ciclo de vida de múltiples especies, especialmente peces (Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia 1999, Ayala-Pérez 2006).

La porción occidental de la costa de Campeche y la laguna de Términos son consideradas regiones de alta productividad primaria y secundaria. Se distinguen por la abundancia y diversidad de la comunidad biótica y por una alta capacidad de amortiguamiento a presiones antropogénicas. De manera particular, la actividad pesquera artesanal cuya especie objetivo es el camarón afecta incidentalmente a otros organismos, en particular peces. Algunas estimaciones en otras áreas costeras calculan una proporción de entre 25 y 30 kg de pesca incidental por cada kilo de camarón capturado (Ambrose *et al.* 2005, Madrid-Vera *et al.* 2007).

Esta actividad extractiva no solo tiene efectos sobre la estructura, distribución y abundancia de las comunidades de peces, sino que afecta los flujos energéticos del ecosistema y modifica la condición de hábitat; sin embargo, los estudios específicos que cuantifiquen tal relación se limitan a apreciaciones cualitativas. Estudios más específicos son necesarios.

Se han realizado diversos estudios de la ecología de comunidades de peces en la laguna de Términos. Entre los más recientes están los de Ramos-Miranda *et al.* (1999, 2005a, 2005b, 2006a, 2006b), Ayala-Pérez *et al.* (2003) y Sosa-López *et al.* (2005). Todos coinciden en señalar una alta diversidad y compleja estructura comunitaria acoplada a la variabilidad ambiental.

De acuerdo con nuestros resultados, la comunidad de peces estuvo compuesta por 94 especies en C1 y 93 especies en C2, y se identificaron sólo 66 especies coincidentes. De manera específica, para la laguna de Términos, Yáñez-Arancibia *et al.* (1980) registró 121 especies de peces y Ayala-Pérez *et al.* (2003) registró 107 especies. Ramos-Miranda *et al.* (2005a) realizaron una comparación entre los ciclos 1980–1981 y 1997–1999 y documentaron 154 y 105 especies de peces, respectivamente.

Es evidente que la laguna de Términos posee una mayor diversidad de hábitat y, por tanto, una mayor riqueza de especies, lo que contrasta con el área de estudio del presente trabajo. Si bien el área de estudio cubre una mayor superficie, sólo considera una parte de la laguna y las condiciones de hábitat en la porción costero litoral son más homogéneas, con variaciones puntuales asociadas a las descargas de los ríos.

Los peces han desarrollado una estrategia de acoplamiento del desarrollo de su ciclo de vida a la variabilidad

is the most abundant species in the western part of the coast of Campeche and one of the best morphologically and physiologically adapted to estuarine conditions. Moreover, its gregarious behavior gives it an advantage over its natural predators (Ayala-Pérez *et al.* 2008, Lara-Domínguez *et al.* 1981). Fishery exploitation of this species is limited because of its size, but it plays an important role in energy transfer in the ecosystem.

Stellifer lanceolatus is another abundant species found along the coast. Juvenile sizes were recorded at the river mouths, which are used as breeding areas, whereas adult organisms occurred at offshore stations, in higher salinity conditions. This species prefers high salinity, calcareous sediments, low turbidity, and estuarine-influenced areas (Ayala-Pérez *et al.* 1995, 2003).

Abundance decreased considerably at offshore stations where salinity is higher and temperature lower. The species recorded in C1, which because of their size are considered adults, were *S. lanceolatus*, *C. melanopus*, and *Symphurus plagiusa*; this last species is characteristically euryhaline and associated with muddy bottoms (Fisher 1978). *Stellifer lanceolatus* and *Bagre marinus* were recorded in C2.

In Términos Lagoon, in addition to *C. melanopus*, the predominant species in terms of number of individuals was *Bairdiella chrysoura*. This species is typically estuarine, that is, most of its biological processes are associated with areas close to river mouths (Ayala-Pérez *et al.* 2007). In C1, it was mainly found at the mouth of the Chumpam-Balchacah system, concurring with that reported by Ayala-Pérez *et al.* (1995). In C2, at stations 20 and 25, *Ariopsis felis* and *B. marinus* predominated in terms of density and *Archosargus rhomboidalis* in terms of biomass. This latter species is associated with areas under marine influence and where marine grasses are well represented (Yáñez-Arancibia *et al.* 1985, Vargas-Maldonado and Yáñez-Arancibia 1987). We also recorded large sizes of *M. americanus*, which is associated with both sandy and muddy bottoms; juveniles inhabit areas of lower salinity (Froese and Pauly 2009).

In C1, maximum abundance occurred during the dry season (February–May), when luminosity, transparency and temperature are higher. Particularly, the average values for density and biomass were higher during the Nortes season, when frequency of northern cold winds increased and temperature decreased, but at the same time the volume of river runoffs and the contribution of detritus increased. Comparable results are presented by Ayala-Pérez (2006).

In C2, the precipitation regime had a decisive influence on the behavior of the community; this environmental condition was the one that most frequently and strongly correlated with fish abundance. The relationship between the behavior of fish abundance and the precipitation regime is linked to the system's production, because rainfall increases river discharge and runoff from the basin to the lagoon, contributing large amounts of allochthonous organic matter and nutrients

ambiental tanto en escala espacial como temporal, lo cual se observa tanto especies residentes como en especies ocasionales. Estudios particulares sobre especies dominantes permiten identificar los cambios en la distribución de la abundancia asociada a condiciones o procesos ambientales (Ramos-Miranda *et al.* 2005a y Ayala-Pérez 2006).

El concepto de mecanismos de producción natural que desarrollaron Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia (1985) para describir los procesos que mantienen a las pesquerías del sur del golfo de México se retoma para explicar la asociación de la abundancia de las especies de peces con las bocas de conexión, zonas de manglar o áreas de vegetación sumergida. En el mismo sentido Ayala-Pérez *et al.* (1993) describe el uso de las cabeceras estuarinas y los sistemas fluvio-lagunares por una abundante y diversa comunidad de peces que integra recursos pesqueros importantes.

Cathorops melanopus es una de las especies que se asocia fuertemente a los sistemas fluvio-lagunares, principalmente a Palizada Del-Este. Esta especie muestra una amplia distribución y gran tolerancia a variaciones de salinidad (0.2–40) y temperatura (20–34 °C). Es la especie más abundante en la porción occidental de la costa de Campeche y una de las mejor adaptadas morfológica y fisiológicamente a condiciones estuarinas. Además, muestra un comportamiento gregario que le da ventajas frente a sus depredadores naturales (Ayala-Pérez *et al.* 2008, Lara-Domínguez *et al.* 1981). El uso de esta especie como recurso pesquero es limitado por su talla; sin embargo, el papel que tiene en la transferencia de energía es sumamente importante para el ecosistema.

Otra de las especies más abundantes encontradas cerca de la línea de costa es la corvinilla *S. lanceolatus*. Esta especie utiliza las desembocaduras de los ríos como áreas de crianza, ya que en esta zona se registraron tallas de organismos juveniles. En las estaciones alejadas de la línea de costa, donde las condiciones de salinidad fueron mayores, se observó la presencia de organismos adultos. *S. lanceolatus* es una especie que prefiere alta salinidad, sedimentos calcáreos, baja turbidez y zonas con influencia estuarina (Ayala-Pérez *et al.* 1995, 2003).

En las estaciones alejadas de la costa, la abundancia disminuyó considerablemente debido a que la salinidad es mayor y la temperatura es más baja. Las especies que por su talla se consideran en etapa adulta y que estuvieron presentes en C1 fueron *S. lanceolatus*, *C. melanopus* y *Symphurus plagiusa*; ésta última es característicamente eurihalina y se encuentra asociada a fondos fangosos (Fisher 1978). En C2, se distingue la aparición de *Stellifer lanceolatus* y *Bagre marinus*.

Al interior de la laguna de Términos, además de *C. melanopus*, predominó la corvina *Bairdiella chrysoura* en términos de número de individuos. Esta corvina es una especie típicamente estuarina, es decir, la mayoría de sus procesos biológicos están asociados a las regiones cercanas a desembocaduras de ríos (Ayala-Pérez *et al.* 2007). En C1, se encontró principalmente en la desembocadura del sistema

and thus increasing food availability (Castillo-Rivera *et al.* 1994).

In both cycles, abundance decreased during the Nortes season, the period of greatest environmental variability. In this season, the frequent occurrence of cold fronts accompanied by strong winds and rainfall causes a sharp drop in air and water temperatures (Ayala-Pérez *et al.* 2003).

Though the same fishing gear, catch effort, months, and sampling sites were used, the change in fish community abundance is notable, allowing at least three hypotheses: (1) a response to natural climate-driven environmental variability, (2) habitat use defined by species-specific requirements, and (3) a direct effect of incidental capture. It is important to continue monitoring the fish communities on the west coast of Campeche since it is an area of intense fishing activity.

As mentioned in the introduction, the seabob shrimp (*X. kroyeri*) is intensively fished in the study area. This activity is regulated by a closed season; however, the effort applied during the fishing season and its effects on the entire biotic community as well as the habitat have not been assessed, and for the purpose of ecosystem-based fishery management it would be highly recommendable to do so.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted as part of the projects “Caracterización ecológica, biológico-pesquera y social del camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), de la costa sur del golfo de México” (CONACYT-SISIERRA 2003) and “Evaluación de los principales recursos pesqueros de importancia comercial: camarón (siete barbas, camarón blanco) y pulpo en el litoral de Campeche” (CONACYT-FOMIX 2007). We thank GE Martínez-Romero for technical assistance in the processing of samples and data.

English translation by Christine Harris.

REFERENCES

- Álvarez del Villar J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. SIC, México DF, 166 pp.
- Ambrose EE, Solarin, BB, Isebor CE, Williams AB. 2005. Assessment of fish by-catch species from coastal artisanal shrimp beam trawl fisheries in Nigeria. *Fish. Res.* 71: 125–132.
- AnalystSoft Inc. 2009. Paquete de Estadísticas StatPlus:mac 2009, www.analystsoft.com/es/.
- Ayala-Pérez LA. 2006. Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos Campeche, México. PhD thesis, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 212 pp.
- Ayala-Pérez LA, Aguirre-León A, Avilés-Alatraste OA, Barreiro-Güemes MT, Rojas-Galaviz JL. 1993. Peces de sistemas fluvio-lagunares, Laguna de Términos, Campeche. In: Salazar-Vallejo S, González NE (eds.), Biodiversidad Marina y Costera de

Chumpam-Balchacah, coincidiendo con lo documentado por Ayala-Pérez *et al.* (1995). En la estación 20 y 25 de C2 predominaron las especies eurihalinas *Ariopsis felis* y *B. marinus* en términos de densidad y *Archosargus rhomboidalis* en términos de biomasa. Esta última especie se asocia a zonas donde predomina la influencia marina y donde los pastos marinos están bien representados (Yáñez-Arancibia *et al.* 1985, Vargas-Maldonado y Yáñez-Arancibia 1987). De igual forma se encontraron tallas grandes de *M. americanus*, que se asocia tanto a fondos arenosos como fangosos; los juveniles se presenciaron en zonas de menor salinidad (Froese y Pauly 2009).

En C1, los valores máximos de abundancia se registraron en la época de secas (febrero a mayo), cuando existe mayor luminosidad y transparencia e incrementa la temperatura. De manera particular, la densidad y biomasa promedio fueron mayores en la época de nortes, cuando se incrementa la incidencia de vientos fríos del norte que provocan una disminución en la temperatura, pero al mismo tiempo se incrementa el volumen de descarga de los ríos y, consecuentemente, la aportación de detritus. Resultados comparables son presentados por (Ayala-Pérez 2006).

En C2, el régimen de lluvia influyó de manera determinante en el comportamiento de la comunidad; esta condición ambiental fue la que con mayor frecuencia y mayor grado de asociación se correlacionó con la abundancia de peces. La relación entre el comportamiento de la abundancia de peces y el régimen de precipitación pluvial se vincula con la producción del sistema. Esto se debe a que las lluvias incrementan la descarga de los ríos y el escurrimiento de la cuenca a la laguna, aportando grandes cantidades de materia orgánica alóctona y nutrientes, lo que incrementa la disponibilidad de alimento (Castillo-Rivera *et al.* 1994).

Para ambos ciclos, la abundancia disminuyó en la época de nortes, que representa la época de mayor variabilidad ambiental. En esta época, la frecuencia de ocurrencia de frentes fríos acompañados de fuertes vientos y lluvia provocan una importante disminución de la temperatura ambiente y del agua (Ayala-Pérez *et al.* 2003).

A pesar de que se ha empleado el mismo arte de pesca, esfuerzo de captura, los mismos meses y sitios de colecta, es notable el cambio en la abundancia de la comunidad de peces, lo que permite plantear al menos tres hipótesis: (1) una respuesta a la variabilidad ambiental natural, especialmente destacada por las épocas climáticas; (2) una programación de uso del hábitat definida por requerimientos especiales de las especies y (3) un efecto directo de la pesca incidental. Es fundamental continuar con el monitoreo de las comunidades de peces en la porción occidental de la costa de Campeche por ser una zona de intensa actividad pesquera.

Como se ha descrito en la introducción de este documento, en el área de estudio hay una intensa actividad pesquera de camarón siete barbas (*X. kroyeri*). Esta actividad esta regulada por una veda; sin embargo, el esfuerzo aplicado durante la temporada de pesca y su efecto sobre la comunidad

- México. Comisión Nacional de Biodiversidad y CIQRO, México, pp. 596–608.
- Ayala-Pérez LA, Pérez-Velásquez A, Aguirre-León A, Díaz-Ruiz S. 1995. Abundancia nictemeral de corvinas (Pisces: Sciaenidae) en un sistema costero del sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 5: 37–44.
- Ayala-Pérez LA, Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: Estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* 51: 783–794.
- Ayala-Pérez LA, Flores-Hernández D, Ramos-Miranda J, Chávez-Rivero O. 2007. La familia Ariidae en la porción occidental de la Costa de Campeche. *Jaina* 16: 22–23.
- Ayala-Pérez LA, Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Vega-Rodríguez BI, Moreno-Medina UC. 2008. Biological and ecological characterization of the catfish *Cathorops melanopus* (Gunther 1864) off the coast of Campeche, Mexico. *Cienc. Mar.* 34: 453–465.
- Castillo-Rivera M, Moreno G, Iniestra R. 1994. Spatial, seasonal, and diel variation in abundance of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teleostei: Engraulidae), in a tropical coastal lagoon of Mexico. *Southwest. Nat.* 39: 263–268.
- Castro-Aguirre JL. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca. México. Ser. Cient.* 19: 298 pp.
- Castro-Aguirre JL. 1999. Ictiofauna Estuarino-lagunar y Vicaria de México. Editorial Limusa, México, 629 pp.
- CONAGUA. 2008. Comisión Nacional de Agua. Situación de los recursos hídricos. Capítulo 2. Secretaría General de Programación. Programa Playas Limpias, México, <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Situacion2.pdf> (accessed 08/11/2010).
- Fischer W. 1978. FAO Species identification sheets for fishery purposes. Western central Atlantic. FAO, Rome.
- Froese R, Pauly D. 2009. Fish Base. World Wide Web Electronic Publications, <http://www.fishbase.org/> (accessed 4/11/2010).
- 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 HD, Moore RH. 1977. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and adjacent waters. Texas A&M Univ. Press, College Station, 327 pp.
- Lara-Domínguez AL, Yáñez-Arancibia A. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. In: Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez AL (eds.), *Ecosistemas de Manglar en America Tropical*. Instituto de Ecología, México; UICN/HORMA, Costa Rica; NOAA/NMFS, Silver Springs, MD, USA, pp. 153–166.
- Lara-Domínguez AL, Yáñez-Arancibia A, Amezcua-Linares F. 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: 267–304.
- Madrid-Vera J, Amezcua F, Morales-Bojórquez E. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. *Fish. Res.* 83: 81–89.
- Miller RR. 2005. *Freshwater Fishes of Mexico*. University of Chicago Press, 490 pp.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley, New York, 624 pp.
- Núñez MG, Wakida KA. 1999. Evaluación del efecto de veda de 1999 sobre la población y la pesca de camarón blanco en biótica, así como sobre el hábitat, no han sido evaluados, y para fines de regulación pesquera con visión ecosistémica sería muy recomendable.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se adscribe a los proyectos de investigación “Caracterización ecológica, biológico-pesquera y social del camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), de la costa Sur del Golfo de México” (CONACYT-SISIERRA 2003) y “Evaluación de los principales recursos pesqueros de importancia comercial: camarón (siete barbas, camarón blanco) y pulpo en el litoral de Campeche” (CONACYT-FOMIX 2007). Se agradece a GE Martínez-Romero el apoyo técnico en el procesamiento de muestras y datos.

Campeche y Tabasco (primera parte, mayo-agosto), Cd. del Carmen, Campeche, México. Informe Técnico CRIP-IPN, 24 pp.

Núñez MG, Wakida KA, Guzmán HV, Marin JJ, Zamudio VI, Ávalos CJ, Gutiérrez TM. 2000. Seguimiento del camarón “siete barbas” durante la época de veda. *El Timón. Gob. Edo. Campeche, Sec. Pesc.* 2: 2–4.

Ramos-Miranda J, Quiniou L, Flores-Hernández D, Ayala-Pérez LA, Sosa-López A. 1999. Evaluación de las comunidades nectónicas de la Laguna de Términos, sur del Golfo de México: Comparación de comunidades a 12 años de los últimos estudios. *Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Trujillo, Perú*, pp. 592–594.

Ramos-Miranda J, Mouillot D, Flores-Hernández D, Sosa-López A, Do-Chi T, Ayala-Pérez LA. 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, Quiniou L, Flores-Hernández D, Do-Chi T, Ayala-Pérez LA, Sosa-López A. 2005b. Spatial and temporal changes in the nekton of Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *J. Fish Biol.* 66: 513–530.

Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Ayala-Pérez LA, Rendón-Von Osten J, Villalobos-Zapata GJ, Sosa-López A. 2006a. Atlas Hidrológico e Ictiológico de la Laguna de Términos. Centro Epomex, Universidad Autónoma de Campeche, 140 pp.

Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Ayala-Pérez LA, Sosa-López A, Gómez-Criollo F, Rendón-Von Osten J. 2006b. El camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) en la costa sur del Golfo de México: Hacia una caracterización ecológica. *Jaina* 16: 67–75.

Reséndez MA. 1981a. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. I. *Biótica* 6: 239–291.

Reséndez MA. 1981b. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. II. *Biótica* 6: 345–430.

Ruelas-Villegas VT. 2004. Un estudio del FWE, PCE, PFE y errores en comparaciones particulares en procedimientos de comparación múltiple. MSc thesis, Universidad de las Américas, Puebla, México. 79 pp.

Soberón-Chávez G, Yáñez-Arancibia A. 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: Yáñez-Arancibia A (ed.), *Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón*.

- Programa Universitario de Alimentos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto Nacional de Pesca, UNAM, México, pp. 399–486.
- Sosa-López A, Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Mouillot D, Do Chi T. 2005. Evidencias de cambios en la diversidad ictiofaunística de la Laguna de Términos México. Una aplicación de índices de diversidad taxonómica. *Jaina* 15: 7–13.
- Systat Software Inc. 2002. Chicago, USA, www.systat.com.
- Vargas-Maldonado I, Yáñez-Arancibia A. 1987. Estructura de las comunidades de peces en sistemas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) de la Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Inst. Cien. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México* 14: 181–196.
- Yáñez-Arancibia A, Amezcua-Linares F, Day JW Jr. 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. In: Kennedy VS (ed.), *Estuarine Perspectives*. Academic Press, New York, pp. 465–482.
- Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez AL, Aguirre-León A, Díaz-Ruiz S, Amezcua-Linares F, Flores-Hernández D, Chavance P. 1985. Ecología de poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: Factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la producción. 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, pp. 311–366.

*Received April 2011,
received in revised form October 2011,
accepted November 2011.*