

Growth, mortality, maturity, and recruitment of the star drum (*Stellifer lanceolatus*) in the southern Gulf of Mexico

Crecimiento, mortalidad, madurez y reclutamiento de la corvinilla (*Stellifer lanceolatus*) en el sur del Golfo de México

J Ramos-Miranda^{1*}, K Bejarano-Hau¹, D Flores-Hernández¹, LA Ayala-Pérez²

¹ Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar s/n, entre Juan de la Barrera y calle 20, Col. Buenavista, CP 24039, Campeche, México. *E-mail: ramosmiran@yahoo.com.mx

² Departamento el Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Calz. del Hueso 1100, Col. Villaquietud, Coyoacán CP 04960, México DF.

Abstract

The star drum *Stellifer lanceolatus* (Holbrook 1855) is a dominant species along the western part of the Campeche coastline, southern Gulf of Mexico, and it is regularly caught as bycatch in the seabob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) fishery. It is not commercially important but plays an important role in the transfer of energy through the ecosystem. The spatial and temporal abundance of the species allowed the identification of clear preferences in spatial size distribution. The von Bertalanffy growth model showed seasonal fluctuations and was defined by the following parameters: $L_{\infty} = 18.5$ cm, $K = 0.4$ yr⁻¹, $t_0 = -0.083$ yr⁻¹, $C = 0.63$, $WP = 0.8$, and $Rn = 0.254$. The parameters of the length-weight relationship were $a = 0.52 \times 10^{-6}$ (condition factor) and $b = 3.16$, indicating isometric growth ($t_{0.05(2)}$, $P > 0.05$) with a correlation coefficient of 0.97. The monthly condition factor was lower from February to August and increased from September to November, associated with the maturity stage. Size and age at first maturity were 9.2 cm and 1.64 yr, respectively. Total mortality rate was 1.68 yr⁻¹. Recruitment was continuous with a main pulse from March to July. The life cycle of *S. lanceolatus* was determined, with reproduction occurring in the coastal zone, juveniles (<9.2 cm) then moving closer to shore until attaining maturity, and returning as adults to deeper areas to reproduce. Further studies are necessary to relate its life cycle to the environment.

Key words: Campeche, life cycle, population dynamics, *Stellifer lanceolatus*.

Resumen

La corvinilla *Stellifer lanceolatus* (Holbrook 1855) es una especie dominante en la porción occidental de la costa de Campeche, Golfo de México y es regularmente capturada como parte de la fauna acompañante en la pesca del camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). No tiene importancia comercial pero desarrolla un papel importante en el sistema como vehículo de transferencia energética. La abundancia espacial y temporal de la especie permitió identificar claras preferencias de distribución por talla a nivel espacial. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy mostró oscilaciones estacionales y está definido por los parámetros $L_{\infty} = 18.5$ cm, $K = 0.4$ año⁻¹, $t_0 = -0.08304$ año⁻¹, $C = 0.63$, $WP = 0.8$ y $Rn = 0.254$. Los parámetros del modelo de la relación longitud/peso fueron $a = 0.52 \times 10^{-6}$ (factor de condición) y $b = 3.16$, y muestran un crecimiento isométrico ($t_{0.05(2)}$, $P > 0.05$) con un coeficiente de correlación de 0.97. El factor de condición mensual fue menor de febrero a agosto y se incrementó de septiembre a noviembre, asociado a la época de maduración. La talla de primera madurez se observó a los 9.2 cm y correspondió a una edad de 1.64 años. La tasa de mortalidad total fue de 1.68 año⁻¹. El reclutamiento fue continuo con un pulso principal entre marzo y julio. Se determinó el ciclo de vida de la especie, con reproducción en la zona costera, migración de juveniles (<9.2 cm) hacia la zona litoral hasta alcanzar la madurez, y un retorno posterior de los adultos a las áreas más profundas para reproducirse nuevamente. Es necesario llevar a cabo estudios tendientes a relacionar su ciclo de vida con el ambiente.

Palabras clave: Campeche, ciclo de vida, dinámica poblacional, *Stellifer lanceolatus*.

Introduction

The role fishes play in the regulation of energy through the food chain and in the recycling of nutrients and matter among the components of the ecosystem is well known (Helfman 2002). The dominant species, in terms of abundance, geographical distribution or function, are the ones that exert most influence within the communities. Knowledge of the dominant

Introducción

Es ampliamente conocida la función de los peces como reguladores energéticos a lo largo de la cadena trófica y como recicladores de nutrientes y materiales entre los componentes del ecosistema (Helfman 2002). Las especies dominantes, en términos de abundancia, extensión geográfica o función, son las que mayor influencia presentan dentro de las comunidades.

species in an ecosystem is therefore essential to determine the spatiotemporal changes in their structure and function.

Like many parts of the world, Campeche Sound in the southern Gulf of Mexico (fig. 1), including Términos Lagoon (a protected natural area), is increasingly influenced by anthropogenic activities and by natural environmental changes or possible effects of global climate change. This region has historically been considered of scientific, social, and economic importance because of the high levels of biodiversity, abundance of natural renewable resources of commercial interest, artisanal fisheries, and oil exploration and exploitation activities.

The area comprising Campeche Sound and Términos Lagoon forms a very complex ecological system due to the exchange of water masses, resulting in transport and mixing, migratory movements, ontogenetic changes in the biological cycles, and trophodynamic movements of the organisms, which adapt their biological strategies to this environment. Many species, especially the dominant ones, benefit significantly from the conditions in this area and use it for feeding, reproduction, and breeding purposes (Yáñez-Arancibia and Sánchez-Gil 1986). The star drum *Stellifer lanceolatus* (Holbrook 1855) is considered one of the dominant species in the region because of its high abundance and frequency of occurrence in the demersal community (Yáñez-Arancibia and Sánchez-Gil 1986, Yáñez-Arancibia *et al.* 1988, Ayala-Pérez *et al.* 2003, Ramos-Miranda *et al.* 2005a, Ayala-Pérez 2006). Moreover, it is caught as bycatch in the shrimp fishery (Abarca-Arenas *et al.* 2003). Though this species is not of commercial importance, its position as a dominant species makes it ecologically important because of the role it plays in the transfer of energy through the system. Ramos-Miranda *et al.* (2005a, b) reported changes in the diversity of nekton species in Términos Lagoon in 1997 and 2003 relative to 1980, showing a modification in the community structure, as well as the status of *S. lanceolatus* as a dominant species, strongly linked to the habitat of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862).

Few population dynamic studies have been conducted on species of the family Sciaenidae, including *S. lanceolatus*, in Campeche Sound. Most have focused on the ecology, biology, and dynamics of the croakers *Bairdiella chrysoura* (Lacepède 1802), *B. rhonchus* (Cuvier 1830), and *Micropogonias undulatus* (Linnaeus 1766), and seatrout *Cynoscion arenarius* (Ginsburg 1930) and *C. nothus* (Holbrook 1855) (Chavance *et al.* 1984; Tapia-García *et al.* 1988a, b; Ayala-Pérez *et al.* 1995). Ayala-Pérez (2006) reported some aspects of the distribution, abundance, and behaviour of *S. lanceolatus* in Términos Lagoon. The present study aims to analyze the population dynamics of *S. lanceolatus* in terms of its distribution, abundance, reproduction, growth, and recruitment patterns. These processes provide the key to understanding the behaviour and development of species in the ecosystem, and thus allow possible future changes resulting from anthropogenic or natural effects to be determined at community level.

En este aspecto el conocimiento de las especies dominantes en un ecosistema es determinante para observar los cambios espaciotemporales en su estructura y función.

La Sonda de Campeche, al sur del Golfo de México (fig. 1), incluyendo la Laguna de Términos (actualmente un área natural protegida), como muchas regiones del mundo está siendo cada vez más impactada por las actividades antropogénicas y por los cambios ambientales naturales o posibles efectos del cambio climático global. Esta región ha sido históricamente de importancia científica, social y económica por los elevados niveles de biodiversidad, la abundancia de recursos naturales renovables de interés comercial, la actividad pesquera artesanal y las actividades de exploración y explotación de petróleo.

La región llamada Sonda de Campeche-Laguna de Términos conforma un sistema ecológico muy complejo por el intercambio de masas de agua, ya que existen transporte y mezcla, movimientos migratorios, cambios ontogénicos en los ciclos biológicos y movimientos trofodinámicos de los organismos, los cuales adaptan sus estrategias biológicas a este marco ambiental. Muchas especies, principalmente las dominantes, se benefician significativamente de esta zona que es utilizada con fines de alimentación, reproducción y crianza (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil 1986). *Stellifer lanceolatus* (Holbrook 1855), conocida comúnmente como corvinilla (familia Sciaenidae), es una de las especies que han sido determinadas como dominantes por su elevada abundancia y frecuencia de aparición en la comunidad demersal de esta zona (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil 1986, Yáñez-Arancibia *et al.* 1988, Ayala-Pérez *et al.* 2003, Ramos-Miranda *et al.* 2005a, Ayala-Pérez 2006). Además, forma parte de la fauna acompañante en la pesca del camarón (Abarca-Arenas *et al.* 2003). Aunque en sí misma no tiene importancia comercial, su calidad como especie dominante le confiere importancia ecológica, por su papel como vehículo de transferencia energética en el sistema. Ramos-Miranda *et al.* (2005a, b) han señalado los cambios en la diversidad de especies del necton en la Laguna de Términos en 1997 y 2003 con relación a 1980, demostrando una modificación en la estructura de la comunidad lagunar. Entre estos cambios destaca *S. lanceolatus* como especie dominante, vinculada fuertemente al hábitat del camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*, Heller 1862).

Se han realizado pocos estudios de la dinámica poblacional de la familia Sciaenidae en la Sonda de Campeche, y en particular sobre la de *S. lanceolatus*. La mayoría de éstos se han enfocado a la ecología, biología y dinámica de las poblaciones de corvinas y roncós *Bairdiella chrysoura* (Lacepède 1802), *B. rhonchus* (Cuvier 1830), *Micropogonias undulatus* (Linnaeus 1766), *Cynoscion arenarius* (Ginsburg 1930) y *C. nothus* (Holbrook 1855) (Chavance *et al.* 1984; Tapia-García *et al.* 1988a, b; Ayala-Pérez *et al.* 1995). De manera particular, Ayala-Pérez (2006) aportó algunos aspectos sobre la distribución, abundancia y comportamiento de *S. lanceolatus* en la Laguna de Términos. El objetivo de este estudio fue analizar la dinámica poblacional de *S. lanceolatus* en términos de sus patrones de distribución, abundancia, reproducción,

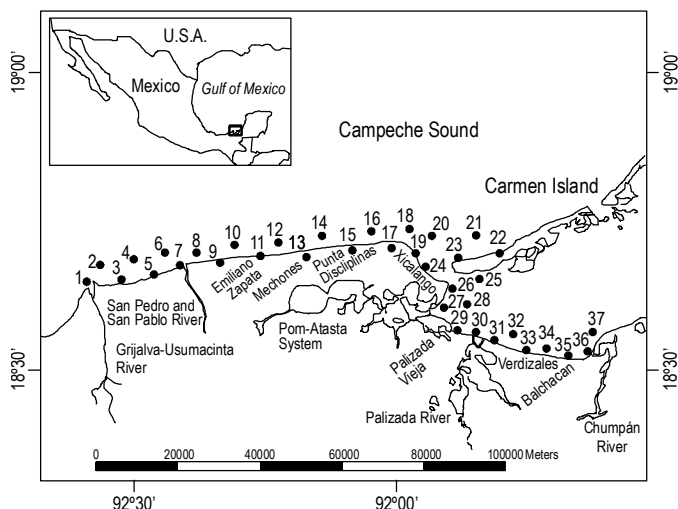


Figure 1. Study area in the southern Gulf of Mexico, showing the sampling stations in Campeche Sound and Términos Lagoon.

Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo en la zona costera sur de Campeche- Laguna de Términos, México.

Material and methods

The study area is located off the coast of the states of Campeche and Tabasco in the southern Gulf of Mexico (fig. 1), from the mouth of the Grijalva-Usumacinta river system to the middle of Carmen Island and from the southwestern part of Términos Lagoon to the mouth of the Chumpán River (18°15'–18°45' N, 91°30'–92°45' W). The area is influenced by the Candelaria, Chumpán, and Palizada rivers flowing into Términos Lagoon, and by the San Pedro-San Pablo and Grijalva-Usumacinta river systems along the coast. The climate of the region is generally divided into three seasons: dry season from February to May; rainy season from June to September; and *Nortes* season, characterized by strong northerly and southeasterly winds, from October to January.

Twelve monthly surveys were conducted from February 2006 to January 2007 at 37 stations in the study area. Sampling positions were determined according to the currents and river inputs, as well as the shrimp fishing zone. Fish samples were collected using a shrimp trawl net (5 × 5 × 2.5 m opening and 1.9 cm mesh size), equipped with 0.60 × 0.40 m otter boards operated from a 7-m-long boat with 65-HP outboard motor. Each trawl lasted 12 minutes at a constant speed of 2.5 knots. Specimens were stored in labeled plastic bags and placed on ice. Surface and bottom water temperatures were also recorded at each station.

At the laboratory the organisms were washed and identified based on specialized literature (Fischer 1978, Cervigón *et al.* 1992, Castro-Aguirre 1999). The total length (cm) and weight (g) of each individual were determined using an Ohaus digital balance (2.2 kg capacity and 0.1 g precision). The gonads were removed from each individual and observed under a stereoscopic microscope to determine the sex and the maturity stage of females according to the scale proposed by Hilge *et al.* (1977).

crecimiento y reclutamiento. Estos procesos son claves para entender el comportamiento y desarrollo de las especies en el ecosistema, y para poder observar en el futuro los posibles cambios por efecto de impactos antropogénicos o naturales a nivel de la comunidad.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubica en la zona costera de Campeche y Tabasco, al sur del Golfo de México (fig. 1), desde la desembocadura del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta hasta la parte media de la Isla del Carmen y la parte suroeste de la Laguna de Términos hasta la desembocadura del Río Chumpán (18°15'–18°45' N, 91°30'–92°45' W). La zona está influenciada por los ríos Candelaria, Chumpán y Palizada al interior de la Laguna de Términos y por los ríos San Pedro y San Pablo y Usumacinta en la zona litoral. En general se han reportado tres épocas climáticas en esta región: “secas” de febrero a mayo, “lluvias” de junio a septiembre y “nortes” de octubre a enero, caracterizada esta última por fuertes vientos del norte y sureste.

De febrero de 2006 a enero de 2007 se realizaron 12 muestreos mensuales en 37 estaciones en el área de estudio. Los puntos de muestreo se ubicaron de acuerdo al régimen de corrientes y aportes fluviales, así como zonas de pesca de camarón. Las muestras de peces se obtuvieron por medio de arrastres con una red de prueba camaronesa (5 × 5 × 2.5 m de abertura de trabajo y luz de malla de 1.9 cm), con tablas de 0.60 × 0.40 m, utilizando una lancha de 7 m de eslora con motor fuera de borda de 65 HP. Cada arrastre tuvo una duración de 12 minutos tratando de mantener una velocidad constante de 2.5 nudos. Los organismos se almacenaron en bolsas de plástico etiquetadas y se colocaron en hielo. Adicionalmente, en cada estación se determinó la temperatura del agua en la superficie y el fondo.

En el laboratorio los organismos fueron lavados e identificados utilizando literatura especializada (Fischer 1978, Cervigón *et al.* 1992, Castro-Aguirre 1999). Se obtuvo la talla total (cm) y el peso total (g) de cada individuo con una balanza digital (Ohaus de 2.2 kg de capacidad y 0.1 g de precisión). Para determinar el estado de madurez se extrajeron las gónadas a cada individuo muestreado, y luego se observaron en un microscopio estereoscópico para definir sexo y la etapa de madurez de las hembras utilizando la escala de Hilge *et al.* (1977).

Análisis de datos

Para determinar la abundancia primero se determinó el área media barrida por estación de muestreo utilizando la fórmula propuesta por Sparre y Venema (1995): $A = D \cdot x^2$, donde A es el área, D es la distancia y x^2 la abertura de trabajo de la red. Los valores de abundancia se obtuvieron con base en la densidad (ind m^{-2}) y la biomasa (g m^{-2}).

Para la determinación del crecimiento se utilizó el método de progresión modal a partir de las frecuencias de talla

Data analysis

To determine the abundance, we first calculated the mean trawled area per sampling station using the formula proposed by Sparre and Venema (1995): $A = D x^2$, where A is the area, D the distance, and x^2 the net opening. The abundance values were then obtained based on the density (ind m^{-2}) and biomass (g m^{-2}).

Growth was determined by the modal progression method, based on the monthly size frequencies using the ELEFAN I program (Pauly and David 1981) integrated in the FISAT software (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo *et al.* 1996). The growth curve was fitted using the seasonalized von Bertalanffy growth equation (Pauly and Gaschütz 1979):

$$Lt = L_{\infty} \left[1 - e^{(-k(t-t_0)) - (CK/2\pi)\sin(2\pi(t-ts))} \right]$$

where the input parameters were: L_{∞} = asymptotic length, K = curvature parameter, and t_0 = point in time when the fish size is zero. In this equation, $(CK/2\pi)\sin(2\pi(t-ts))$ indicates that oscillations in growth occur when t_0 changes during the year; ts is the summer point and adopts a value between 0 and 1. Maximum growth rate is considered to occur when ts has passed. It is also necessary to calculate the winter point (WP), the time of year when growth is slowest ($WP = ts + 0.5$). C is the amplitude and its values can be either 0 or 1. If C is equal to 0 there is no growth seasonality; if it is equal to 1, the growth rate will be equal to 0 at the WP (Gayanilo *et al.* 1996).

To model growth, ELEFAN I restructures the size frequencies by mobile means to reduce the irregularities. The growth curve is then fitted by modal progression analysis. This analysis is done by restructuring the data using a goodness-of-fit test of the relation $Rn = ESP/ASP$, where ESP is the sum of the maxima explained in the frequency histogram and ASP is the sum of the maxima available (Sparre and Venema 1995).

The use of this model is justified by the fact that the study area presents seasonal environmental variations (three climate seasons) and that greater differences in water temperatures have been reported in relation to those of the 1980s (Ramos-Miranda *et al.* 2005b). This can affect the growth of the species, showing a classical non-linear relation. This model has already been used for tropical species and this region (Pauly and David 1981, Rueda and Santos 1999, Mancera-Rodríguez and Castro-Hernández 2004, Ayala-Pérez *et al.* 2008).

The value of t_0 was calculated using the von Bertalanffy inverse equation (Sparre and Venema 1995):

$$t_0 = t - \frac{1}{K} \ln \left(l - \frac{L}{L_{\infty}} \right)$$

and the growth index $\phi' = \log_{10} k + 2\log_{10} L_{\infty}$ (Munro and Pauly 1983), which can be used to compare the growth rates among several species.

mensuales utilizando el programa computacional ELEFAN I (Pauly y David 1981) integrado en el programa FISAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo *et al.* 1996). El ajuste de la curva de crecimiento se hizo por medio de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estacionalizada (Pauly y Gaschütz 1979):

$$Lt = L_{\infty} \left[1 - e^{(-k(t-t_0)) - (CK/2\pi)\sin(2\pi(t-ts))} \right]$$

donde los parámetros de entrada son: L_{∞} = longitud asintótica, K = parámetro de curvatura, y t_0 = punto en el tiempo en el que el pez tiene una talla 0.

En la ecuación anterior el término $(CK/2\pi)\sin(2\pi(t-ts))$ indica que se producen oscilaciones en la tasa de crecimiento conforme cambia t_0 a lo largo del año; ts se denomina punto de verano y adopta un valor entre 0 y 1. Se considera que la tasa de crecimiento es máxima en el momento del año en que ts ha pasado. Además es necesario calcular el punto de invierno (WP) cuando la tasa de crecimiento es la menor ($WP = ts + 0.5$). C se denomina amplitud, y adquiere valores de 0 y 1; si es igual a 0 no hay estacionalidad del crecimiento, si es igual a 1 la tasa de crecimiento será igual a 0 en el punto de invierno (Gayanilo *et al.* 1996).

Para modelar el crecimiento ELEFAN I realiza la reestructuración de las frecuencias de talla a través de medias móviles para disminuir las irregularidades. Posteriormente el ajuste de la curva de crecimiento se hace mediante un análisis de progresión modal. Este análisis se realiza reestructurando los datos usando una prueba de bondad de ajuste de la relación $Rn = SME/SMD$, donde SME representa la suma de los máximos explicada en el histograma de frecuencias y SMD la suma de los máximos disponibles (Sparre y Venema 1995).

El uso de este modelo se justifica por el hecho de que la zona de estudio presenta variaciones ambientales estacionales (tres épocas climáticas) y se ha observado que existe una mayor diferencia entre las temperaturas del agua que en los años ochenta (Ramos-Miranda *et al.* 2005b). Esto puede influir en el crecimiento de la especie, que muestra así una relación no lineal clásica. Además, este modelo ya ha sido utilizado para especies tropicales y en esta región (Pauly y David 1981, Rueda y Santos 1999, Mancera-Rodríguez y Castro-Hernández 2004, Ayala-Pérez *et al.* 2008).

Posteriormente, el valor de t_0 fue calculado utilizando la ecuación inversa de von Bertalanffy (Sparre y Venema 1995):

$$t_0 = t - \frac{1}{K} \ln \left(l - \frac{L}{L_{\infty}} \right)$$

y el índice de crecimiento $\phi' = \log_{10} k + 2\log_{10} L_{\infty}$ (Munro y Pauly 1983), el cual puede ser usado para comparar tasas de crecimiento entre varias especies.

La relación peso-longitud (Sparre y Venema 1995) fue calculada mediante la ecuación potencial $W = aL^b$, haciendo la

The length-weight relationship (Sparre and Venema 1995) was calculated using the power equation $W = aL^b$, with the due linear transformation and log-transformation of the data ($\log W = \log a + b \log L$), where W is the weight, L is the length, a is the origin ordinate or condition factor, and b is the slope of the regression line. Since weight is considered to vary in terms of the cubic power, the value of $b = 3$ was compared by Student's t -test. The condition factor (a) (Ricker 1958) was obtained each month to observe its variation and determine its possible relation to the gonad maturity stage.

The size at first maturity of the population of *S. lanceolatus* (L_{50}) was estimated by fitting the proportion of mature individuals in each size range to a logistic function, according to the criteria proposed by Sokal and Rohlf (1996): $Y = 1/(1 + e^{(A-BX)})$, where Y is the proportion of mature individuals, X is the class of the reference size, A and B are constants of the model, and e is the base of the neperian logarithm. The previous equation was than linearized by logarithmic transformation, $\ln(1/Y - 1) = A - BX$, and the A and B parameters were estimated by least squares regression (Sokal and Rohlf 1996). Hence, the length at which 50% of the population is sexually mature (L_{50}) corresponds to the quotient between the model's A/B parameters. The $L25\%$ and $L75\%$ variation ranges were obtained as $L25\% = (A - \ln 3)/B$ and $L75\% = (A + \ln 3)/B$.

The stage of gonadal maturity was determined by observation of the proportion of fully mature female gonads, taking into consideration females in maturity stages II to IV.

Natural mortality was determined using the methods of Pauly (1980) and Rikhter and Efanov (1976) included in FISAT. Pauly's (1980) equation includes temperature as a factor that influences natural mortality, as well as the growth parameters L_∞ and K :

$$M = 0.0066 - 0.2791\log(L_\infty) + 0.6543\log(K) + 0.4634\log(T)$$

where T is the temperature (in this case the mean seawater temperature of the study area, 27.29°C). Rikhter and Efanov's (1976) equation is based on the assumption that fishes with high natural mortality mature precociously and that a relationship exists between natural mortality and the age of massive maturation ($Tm_{50\%}$), which is the age when 50% of the population is mature:

$$M = \frac{1.521}{(Tm_{50\%})^{0.720}} - 0.155 \text{ yr}^{-1}$$

To obtain the age of massive maturation, the age at first maturity was introduced into the von Bertalanffy inverse equation (Sparre and Venema 1995):

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} \ln\left(1 - \frac{L}{L_\infty}\right)$$

where L is the size at first maturity, and t_0 , L_∞ and K are the parameters that have already been mentioned.

debida transformación lineal de la ecuación y transformando los datos a logaritmos ($\log W = \log a + b \log L$), donde W es el peso, L la longitud, a la ordenada al origen o factor de condición y b la pendiente de la recta de regresión. Dado que se considera que el peso varía en función de la potencia cúbica, se comparó el valor de la pendiente $b = 3$ mediante la prueba t de Student. Asimismo, el factor de condición (a) (Ricker 1958) fue obtenido cada mes para observar su variación y determinar su posible relación con el periodo de madurez gonádica.

La talla de primera madurez de la población de *S. lanceolatus* (L_{50}) se estimó ajustando la proporción de individuos maduros en cada intervalo de tallas a una función logística, de acuerdo a los criterios establecidos por Sokal y Rohlf (1996): $Y = 1/(1 + e^{(A-BX)})$, donde Y es la proporción de individuos maduros, X es la marca de clase de la talla de referencia, A y B son constantes del modelo y e la base del logaritmo neperiano. Posteriormente se linealizó esta ecuación mediante la transformación logarítmica $\ln(1/Y - 1) = A - BX$, y se estimaron los parámetros A y B por regresión de mínimos cuadrados (Sokal y Rohlf 1996). Así, la longitud a la cual el 50% de la población se encuentra sexualmente madura (L_{50}) corresponde al cociente entre los parámetros A/B del modelo. Asimismo, los rangos de variación $L25\%$ y $L75\%$ fueron obtenidos como $L25\% = (A - \ln 3)/B$ y $L75\% = (A + \ln 3)/B$.

La época de madurez gonádica fue determinada por observación de la proporción de las gónadas de las hembras en plena madurez, tomando en cuenta las hembras en etapas de madurez entre II y IV.

Para determinar la mortalidad natural se utilizaron los métodos de Pauly (1980) y Rikhter y Efanov (1976) incluidos en FISAT. La ecuación de Pauly (1980) incluye la temperatura como un factor que influye en la mortalidad natural y los parámetros de crecimiento L_∞ y K :

$$M = 0.0066 - 0.2791\log(L_\infty) + 0.6543\log(K) + 0.4634\log(T)$$

donde T es la temperatura (en este caso se utilizó la temperatura media del mar en el área estudiada, 27.29°C). La ecuación de Rikhter y Efanov (1976) se basa en el supuesto de que los peces con una mortalidad natural elevada maduran precocemente y que existe una relación entre la mortalidad natural y la edad de maduración masiva ($Tm_{50\%}$), que es la edad en la que el 50% de la población está madura:

$$M = \frac{1.521}{(Tm_{50\%})^{0.720}} - 0.155 \text{ yr}^{-1}$$

Para obtener la edad de maduración masiva se introdujo la talla de primera madurez a la ecuación inversa de von Bertalanffy (Sparre y Venema 1995):

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} \ln\left(1 - \frac{L}{L_\infty}\right)$$

donde L es la talla de primera madurez, y t_0 , L_∞ y K son los parámetros ya señalados anteriormente.

Total mortality was determined by the linearized catch curve method (included in FISAT), using the following negative exponential model: $N_t = N_0 e^{-Zt}$, where N_t is the number of organisms at age t and Z the total mortality. Linearizing this expression gives: $\ln N_t = \ln N_0 - Zt$, where the value of Z is the slope and N_0 is the value of the origin ordinate. Fishing mortality was obtained by the equation $Z = F + M$.

Finally, to determine recruitment, a recruit was considered any individual <9.2 cm in size (estimated size at first maturity). Recruitment was obtained using FISAT ("recruitment" routine), which uses the length frequencies and the L_∞ , K , and t_0 growth parameters to reconstruct the recruitment pulses in time (backwards) and infers the number of pulses and the relative strength of each pulse.

Results

A total of 444 trawls were made and 3066 organisms of *S. lanceolatus* were caught, with a total weight of 18.5 kg. The species was found in all the months and seasons of the year. On a spatial level (fig. 2a, b), density and biomass varied significantly among the sampling stations. Station 1 was the most important in terms of both density and biomass. Mean density was maximum at station 15 (1.4×10^{-2} ind m^{-2}) and minimum at station 37 (7.0×10^{-5} ind m^{-2}); however, even though station 15 was the most important in terms of density, this was not the case in terms of biomass (1.3×10^{-2} g m^{-2}). Mean biomass was highest at station 1 (9.3×10^{-2} g m^{-2}) and lowest at station 25 (5.0×10^{-5} g m^{-2}).

La mortalidad total fue obtenida mediante el método de curva de captura linealizada (incluida en FISAT) utilizando el siguiente modelo exponencial negativo: $N_t = N_0 e^{-Zt}$, donde N_t es el número de organismos a la edad t y Z es la mortalidad total. Al linealizar esta expresión se obtiene: $\ln N_t = \ln N_0 - Zt$, donde el valor de Z es la pendiente y N_0 el valor de la ordenada al origen. La mortalidad por pesca fue obtenida mediante la relación $Z = F + M$.

Finalmente, para determinar el reclutamiento se consideraron reclutas a todos aquellos individuos con una talla <9.2 cm (talla de primera madurez gonádica calculada). El reclutamiento fue obtenido mediante el programa FISAT (rutina "reclutamiento"), el cual utilizando las frecuencias de longitud y parámetros de crecimiento L_∞ , K , y t_0 , reconstruye los pulsos de reclutamiento en el tiempo (hacia atrás) e infiere el número de pulsos y la fuerza relativa de cada pulso.

Resultados

Se realizaron 444 arrastres, capturándose 3066 organismos de *S. lanceolatus* con un peso total de 18.5 kg. La especie se presentó durante todos los meses del año y en todas las estaciones. A nivel espacial (fig. 2a, b), el comportamiento de la densidad y la biomasa fue muy variable entre las estaciones de muestreo. La estación 1 fue la más importante en términos de densidad y biomasa. La densidad media máxima se presentó en la estación 15 (1.4×10^{-2} ind m^{-2}) y la mínima en la estación 37 (7.0×10^{-5} ind m^{-2}). Sin embargo, aunque la estación 15 fue la más importante en términos de densidad, no lo fue en términos de biomasa (1.3×10^{-2} g m^{-2}). La biomasa media por estación

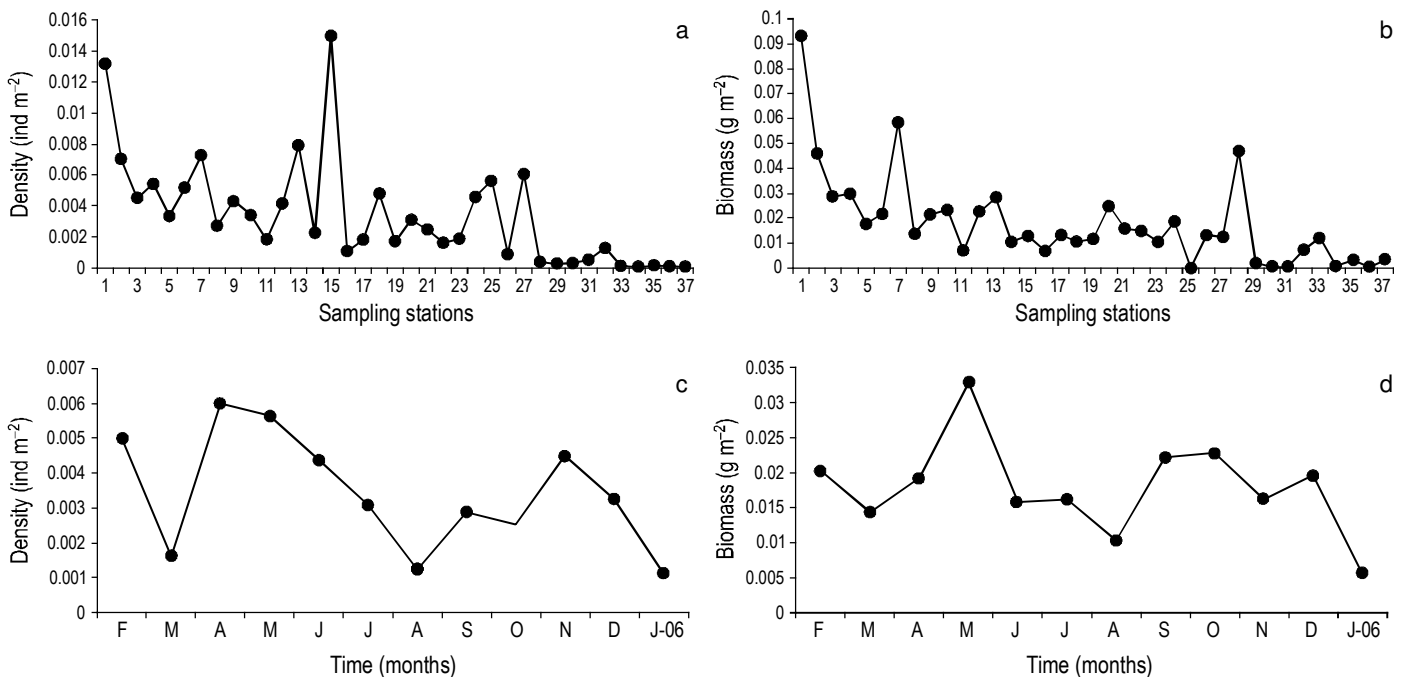


Figure 2. Mean monthly and spatial density (a, c) and biomass (b, d) of *Stellifer lanceolatus* observed in the study area.
Figura 2. Densidad (a, c) y biomasa (b, d) medias mensuales y espaciales de *Stellifer lanceolatus* observadas en el área de estudio.

On a temporal level (fig. 2c, d), mean density showed a variable behaviour, with high values in February, May, and November. Mean density and biomass were highest in May (5.0×10^{-3} ind m^{-2} and 3.3×10^{-2} g m^{-2}) and lowest in January (1.0×10^{-3} ind m^{-2} and 5.0×10^{-3} g m^{-2}).

The range of sizes of the *S. lanceolatus* specimens oscillated between 1.5 and 17.5 cm, observed at station 1 in June and March, respectively. Individuals from all the size ranges were observed at stations 1 to 31, while individuals smaller than 5.5 cm did not occur from stations 32 to 37. At stations 26, 30, and 31, individuals primarily measured from 3.25 to 9.25 cm. Figure 3 shows the mean size per month and sampling station (with confidence intervals). The largest sizes were observed between March and April and in August and October (fig. 3a). Stations 33 to 37 differ from the other stations in terms of larger-sized individuals (8.25–75.25 cm), albeit not very abundant (fig. 3b).

The oscillations in the growth model for *S. lanceolatus* are shown in figure 4a. The growth parameters obtained were $L_{\infty} = 18.5$ cm, $K = 0.4$ yr $^{-1}$, and $t_0 = -0.083$ yr $^{-1}$. The growth curve presented seasonal variations with values of $C = 0.63$, $WP = 0.8$, and $Rn = 0.254$. The annual cohort initiated in January. The value of ϕ' was 2.14.

The length-weight relationship of *S. lanceolatus* is shown in figure 4b. The value of b indicated isometric growth ($t_{0.05(2)}$, $P > 0.05$) with a condition factor of 5.2×10^{-6} ($r^2 = 0.974$).

The mean monthly condition factor decreased from February to August and increased from September to November (fig.

más alta se observó en la estación 1 (9.3×10^{-2} g m^{-2}) y la menor en la estación 25 (5.0×10^{-5} g m^{-2}).

A nivel temporal, la densidad media fue variable (fig. 2 c, d), con valores elevados en febrero, mayo y noviembre. La densidad y biomasa medias más altas ocurrieron en mayo (5.0×10^{-3} ind m^{-2} y 3.3×10^{-2} g m^{-2}) y fueron mínimas en enero (1.0×10^{-3} ind m^{-2} y 5.0×10^{-3} g m^{-2}).

El rango de tallas para la corvinilla osciló entre 1.5 y 17.5 cm, observados en la estación 1 en junio y marzo, respectivamente. A nivel espacial, de la estación 1 a la 31 se presentaron individuos de todos los rangos de talla, mientras que en las estaciones de la 32 a la 37 no se observaron individuos menores a 5.5 cm. Las estaciones 26, 30 y 31 presentaron principalmente individuos entre 3.25 y 9.25 cm. La figura 3 presenta la talla media mensual y por estación de muestreo con sus intervalos de confianza. Las mayores tallas se observaron entre marzo y abril y en agosto y octubre (fig. 3a); a nivel espacial se apreció la diferencia de la estación 33 a la 37 de individuos de tallas mayores, aunque poco abundantes (8.25 a 75.25 cm, fig. 3b).

En la figura 4a se observan las oscilaciones del modelo de crecimiento para la corvinilla. Los parámetros de crecimiento obtenidos fueron $L_{\infty} = 18.5$ cm, $K = 0.4$ año $^{-1}$ y $t_0 = -0.083$ año $^{-1}$. Se observa que la curva de crecimiento presentó oscilaciones estacionales con valores de $C = 0.63$, $WP = 0.8$ y $Rn = 0.254$. El inicio de la cohorte anual se presentó en enero. El valor de ϕ' fue de 2.14.

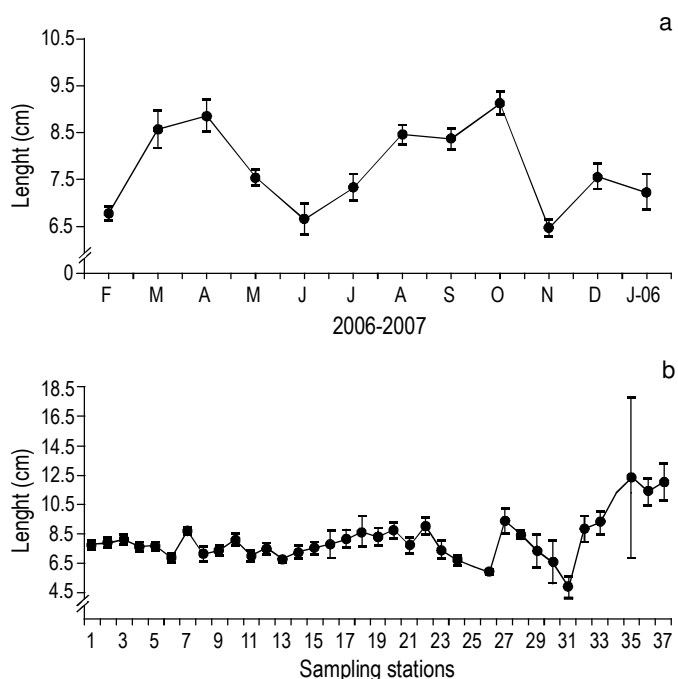


Figure 3. Mean size per month (a) and per sampling station (b) of *Stellifer lanceolatus* in the study area (\pm confidence intervals).

Figura 3. Talla media mensual (a) y por estación de muestreo (b) de *Stellifer lanceolatus* en el área de estudio (\pm intervalos de confianza).

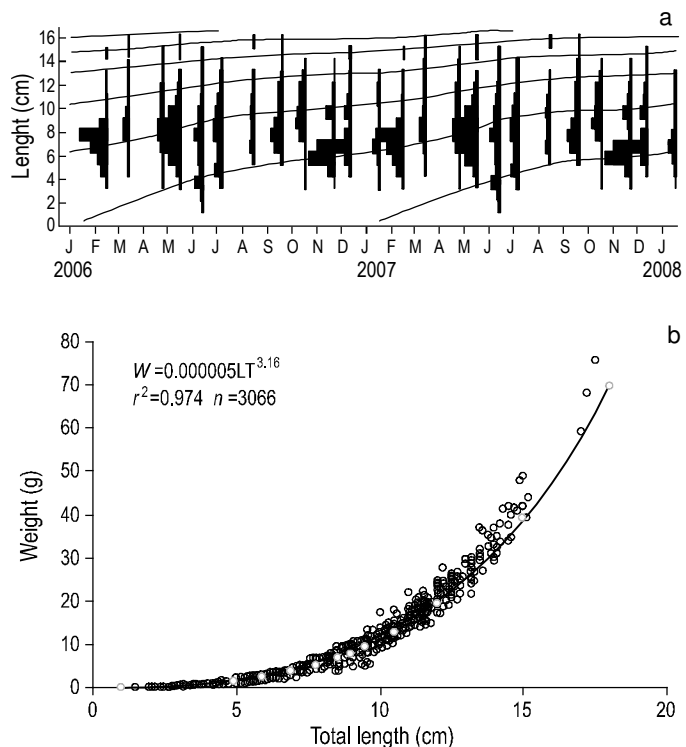


Figure 4. Variations in the growth of *Stellifer lanceolatus* obtained using ELEFAN I (a) and the length-weight relationship (b).

Figura 4. Oscilaciones de crecimiento de *Stellifer lanceolatus* obtenidas por ELEFAN I (a) y la relación longitud-peso (b).

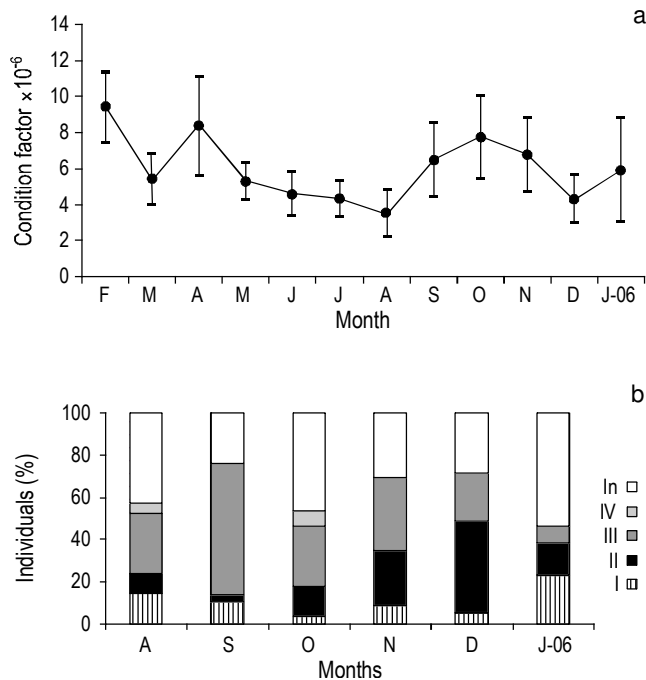


Figure 5. Monthly condition factor (a) and proportion of gonad maturity stages (b) found for *Stellifer lanceolatus* (\pm confidence intervals).

Figura 5. Factor de condición mensual (a) y proporción de los estadios de madurez gonádica (b) encontrados en *Stellifer lanceolatus* (\pm intervalos de confianza).

5a). The condition factor was very low between May and August and between December and January. This phenomenon of low body density is generally associated with gonadal maturity; i.e., in this case a maturation event may be expected to occur during this period. The monthly gonad maturity stages observed are shown in figure 5b. The highest number of mature females (stages II and III) occurred in September and December. The size when 50% of the females were mature was recorded as 9.2 cm, with a range of 7.5 to 10.5 cm for 25% and 75%, respectively. The age at first maturity was 1.64 yr.

Natural mortality estimated according to Pauly (1980) and Rikhter and Efanov (1976) was 1.1 and 0.9 yr⁻¹, respectively. A minimum difference was observed between both methods (0.2 yr⁻¹). Total mortality estimated was 1.68 yr⁻¹ (fig. 6a). Using both natural mortality values, fishing mortality was estimated to be 0.78 and 0.58 yr⁻¹, respectively.

Figure 6b shows the monthly relative recruitment for the species during the study period. Recruitment occurred throughout the year, with two peaks: a main recruitment period (70%) from March to July and a second period of lower intensity (<5%) from September to October.

Discussion

Yáñez-Arancibia *et al.* (1988) reported that *S. lanceolatus* is a dominant species in Campeche Sound because of its high density and biomass, representing 2.2% in number (1173 individuals) and 0.9% in weight (18.9 kg). They also indicated that

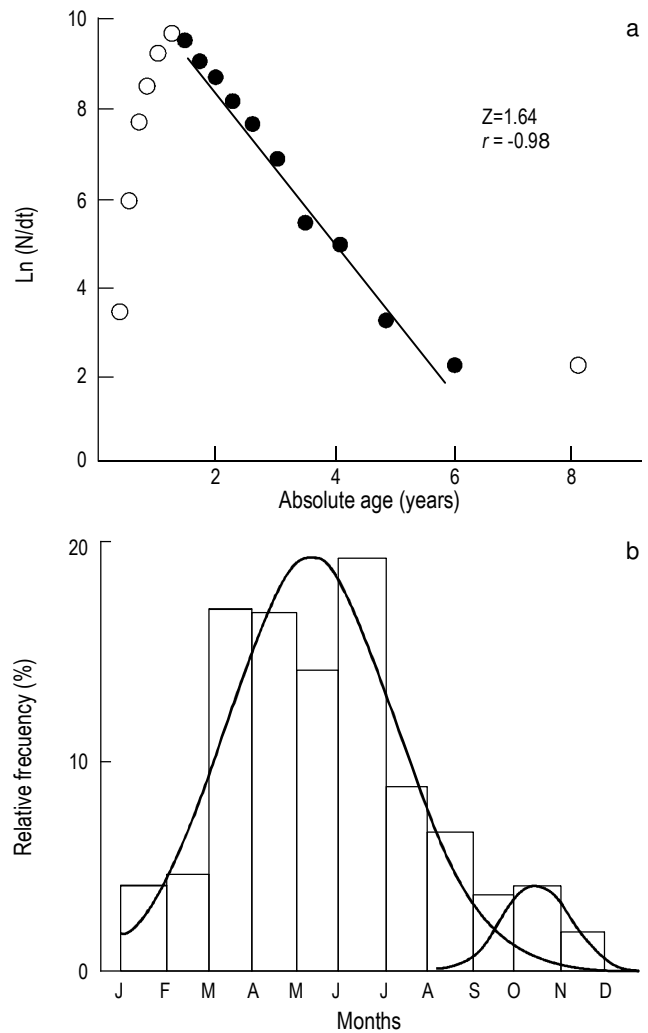


Figure 6. Mortality obtained by the linearized catch curve method (a) and recruitment of *Stellifer lanceolatus* (b).

Figura 6. Mortalidad obtenida por el método de curva de captura linealizada (a) y reclutamiento de *Stellifer lanceolatus* (b).

La relación talla-peso de *S. lanceolatus* se presenta en la figura 4b. El valor de *b* señala un crecimiento isométrico ($t_{0.05(2)}$, $P > 0.05$) con un factor de condición de 5.2×10^{-6} ($r^2 = 0.974$).

El factor de condición medio mensual disminuyó de febrero a agosto e incrementó de septiembre a noviembre (fig. 5a). Entre mayo y agosto el factor de condición fue muy bajo, lo mismo que entre diciembre y enero. Este fenómeno de baja densidad corporal generalmente está asociado a la maduración gonádica; es decir, que en este caso es de esperar que durante este periodo haya un evento de madurez. Las fases de madurez gonádica observadas por mes se muestran en la figura 5b. El mayor número de hembras maduras (fases II y III) se presentó en septiembre y diciembre. La talla a la cual el 50% de las hembras están maduras fue de 9.2 cm con un rango de 7.5–10.5 cm, respectivamente, para el 25% y el 75%. La edad de primera madurez gonádica se definió a los 1.64 años.

this species is a permanent resident of Boca del Carmen in Términos Lagoon, considered a recruitment area, representing 16.6% in number (455 individuals) and 3.3% in weight (1.6 kg). This information concurs with our findings, in that this species was very abundant, representing 12.0% in number (3066 individuals) and 4.7% (18.5 kg) in weight of the total catch, though it was not frequently observed in the south-southwestern part of Términos Lagoon, from stations 29 to 37 (fig. 1). Even though our study area is not entirely comparable with that of Yáñez-Arancibia *et al.* (1988), the similar results obtained confirm the importance of this species in the region. Ayala-Pérez (2006) reported that this species enters the fluvio-lagoon systems, having been observed in those of Palizada del Este, Candelaria-Panlau, and Pom-Atasta, albeit in low abundance. This indicates that it is a euryhaline species with mainly marine coastal habits.

In regard to temporal abundance, Yáñez-Arancibia and Sánchez-Gil (1986) found that *S. lanceolatus* was more abundant during the dry season (March). In this study, highest abundance was recorded from February to May, also coinciding with the dry season. These coincidences in abundance may be related to spawning, which in this study occurred from September to December, concurring with the recruitment period of juveniles towards the coastal zone and Boca del Carmen in Términos Lagoon from March to June.

Yáñez-Arancibia *et al.* (1988) observed the migration patterns of *S. lanceolatus* and found that adults remain in Campeche Sound, while juveniles enter Términos Lagoon during the *Nortes* season where they develop and then migrate as adults to Campeche Sound. These authors also mention that this species is a cyclical visitor of the central basin and a permanent, sedentary resident of Boca del Carmen. The salinity of this species' habitat ranges from 10 to 35. According to Sosa-López *et al.* (2007), this species can tolerate salinities of 5 to 30, while Ayala-Pérez (2006) reported its presence in the Palizada del Este, Chumpán, Candelaria-Panlau, and Pom-Atasta fluvio-lagoon systems, confirming the wide range of salinity that it can withstand. Stickney *et al.* (1975), however, in a study conducted in estuaries of South Carolina and Florida, observed that *S. lanceolatus* seems to be restricted to river mouths, sounds, and coastal waters, at a salinity of 20, and that individuals of this species were not found upstream, partially concurring with the present study.

In the Caeté Estuary in northern Brazil, Camargo and Isaac (2005) observed the spatial and temporal movements of two species of the genus *Stellifer* (*S. rastrifer* (Jordan 1889) and *S. naso* (Jordan 1889)) in relation to salinity. Juveniles occurred in both the bay and rivers during the dry season, while adults were more abundant in the bay in December and April. Though these results are not entirely comparable with those obtained in the present study, they do indicate a similar behaviour since we recorded the highest abundances in the coastal zone and the lowest within Términos Lagoon, indicating a preference for the coastal marine habitat.

La mortalidad natural obtenida por los métodos de Pauly (1980) y Rikhter y Efanov (1976) fue de 1.1 y 0.9 año⁻¹, respectivamente. Se observó una diferencia mínima entre los dos métodos (0.2 año⁻¹). La mortalidad total fue determinada en 1.68 año⁻¹ (fig. 6a). A partir de los valores anteriores se calculó la mortalidad por pesca en 0.78 y 0.58 año⁻¹, utilizando ambos valores de mortalidad natural, respectivamente.

La figura 6b muestra el reclutamiento relativo mensual de la especie durante el periodo analizado. Se observó que hay reclutamiento durante todo el año, con dos picos de mayor importancia. El principal reclutamiento se presentó de marzo a julio con un 70%. También se puede observar que existe un segundo reclutamiento de septiembre a diciembre con menos de 5%.

Discusión

En la Sonda de Campeche, Yáñez-Arancibia *et al.* (1988) señalaron que *S. lanceolatus* es una especie dominante por sus altas densidad y biomasa, representando el 2.2% en número, con 1173 individuos, y 0.9% en peso (18.9 kg); asimismo, indicaron que esta es una especie residente permanente en la Boca del Carmen de la Laguna de Términos, considerada como un área de reclutamiento que representa el 16.6 % en número (455 individuos) y el 3.3 % en peso (1.6 kg). Estas informaciones son similares a lo observado en este estudio en el sentido de que esta especie es muy abundante y representa 12.0% en número (3066 individuos) y 4.7% (18.5 kg) en peso de la captura total. Fue poco frecuente en la región sur-suroeste de la Laguna de Términos en las estaciones 29 a 37 (fig. 1). Aunque las áreas estudiadas no son completamente comparables con la estudiada por Yáñez-Arancibia *et al.* (1988), se confirmó la importancia de la especie, en coincidencia con los resultados de este estudio. Sobre este aspecto, Ayala-Pérez (2006) indica que la especie penetra a los sistemas fluvio-lagunares, observándose en el sistema Palizada del Este, Candelaria Panlau y Pom Atasta, aunque en poca abundancia, lo que es una evidencia de que se trata de una especie eurihalina de hábitos costero-marinos principalmente.

En cuanto a la abundancia temporal, Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986) señalaron que *S. lanceolatus* es más abundante durante la época de secas (marzo), lo que coincide con este estudio ya que la mayor abundancia se observó durante febrero y mayo, y coincide con la temporada de secas. Estas coincidencias en la abundancia pudieran deberse al desove que en este estudio se observó de septiembre a diciembre, coincidiendo a su vez con el periodo de reclutamiento de juveniles hacia la zona costera y la Boca del Carmen en la Laguna de Términos de marzo a junio.

Yáñez-Arancibia *et al.* (1988) observaron los patrones de utilización y migración de *S. lanceolatus* e indicaron que los adultos permanecen en la Sonda de Campeche y que durante la temporada de nortes los juveniles penetran a la laguna hasta desarrollarse y migrar como adultos de nuevo hacia la Sonda de Campeche. También indicaron que es un visitante cíclico en

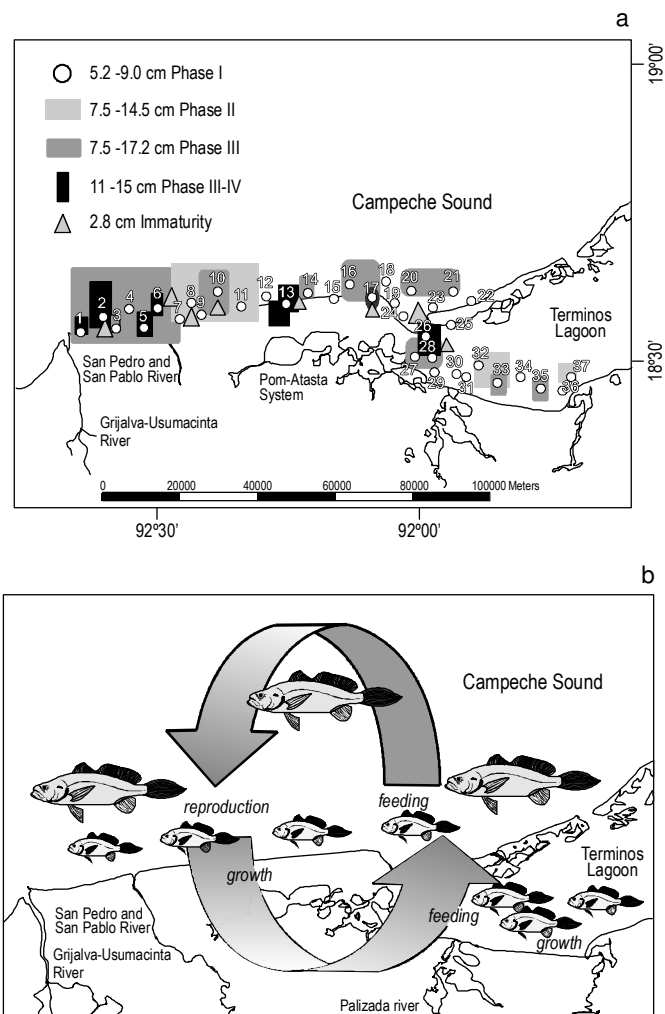


Figure 7. Distribution by sizes of the gonad maturity stages of *Stellifer lanceolatus* (a) and hypothetical spatial distribution of its life cycle off the coast of Campeche and Tabasco (b).

Figura 7. Distribución por tallas de los estadios de madurez gonádica de *Stellifer lanceolatus* (a) y distribución espacial hipotética de su ciclo de vida en la zona costera de Campeche-Tabasco (b).

Based on the results obtained in this study, the hypothetical distribution proposed for the life cycle of *S. lanceolatus* is shown in figure 7. Reproduction occurs in the coastal zone, where the highest number of individuals in maturity stages II and III were observed, though maturation occurs throughout the area including the southeastern part of Términos Lagoon (fig. 7a). Juveniles move to feeding areas closer to shore (stations 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, and 24) where they remain until attaining maturity (9.2 cm), and then return to deeper areas to reproduce (fig. 7b). Juveniles do not necessarily need the estuarine habitat to survive, and they have been observed within the fluvio-lagoon systems and distributed throughout the coastal zone. The distribution of sizes revealed few individuals within the lagoon (stations 26 to 37; figs. 3, 7).

Some adults and juveniles enter Términos Lagoon when the conditions, such as salinity, are appropriate (Yáñez-

la cuenca central y sedentario y residente permanente en la Boca del Carmen. El rango de salinidad para el hábitat de la especie es de 10 a 35. Al respecto Sosa-López *et al.* (2007) mencionaron que la especie soporta rangos de salinidad de 5 hasta 30, y Ayala-Pérez (2006) señaló su presencia en los sistemas fluvio-lagunares de Palizada del Este, Chumpán, Candelaria-Panlau y Pom-Atasta, lo que confirma el amplio rango de salinidad que soporta la especie; sin embargo, Stickney *et al.* (1975), en un estudio realizado en estuarios de Carolina del Sur y Florida, indican que esta especie parece estar restringida a las bocas de los ríos, sondas y aguas costeras con salinidades de 20 y que no se observaron individuos de la especie río arriba, lo que concuerda parcialmente con el presente estudio.

Asimismo, Camargo e Isaac (2005) en un estudio realizado en el estuario de Caeté al norte de Brasil observaron los movimientos espaciales y temporales de dos especies del género *Stellifer* (*S. rastrifer* (Jordan 1889) y *S. naso* (Jordan 1889)) con relación a la salinidad estuarina, encontrando una diferencia entra la abundancia de juveniles y adultos. En la estación de secas observaron juveniles tanto en la bahía como en los ríos, mientras que los adultos fueron más abundantes en la bahía durante diciembre y abril. Estos resultados si bien no pueden ser comparados en su totalidad con este trabajo por tratarse especies distintas, si indican un comportamiento similar al observado ya que las mayores abundancias se presentaron en la zona costera y las menores en el interior de la Laguna de Términos lo que indica la preferencia por el hábitat costero-marino.

En la figura 7 se presenta la distribución hipotética del ciclo de vida de la especie propuesta tras este estudio. La reproducción se realiza en la zona costera, donde se observó mayor cantidad individuos de fases II y III, aunque la maduración se realiza en toda el área incluyendo la parte sureste de la Laguna de Términos (fig.7a), los juveniles se acercan a las áreas de alimentación cercanas a la costa (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 y 24), en donde permanecen hasta alcanzar la talla de madurez (9.2 cm) para regresar a las áreas más profundas y reproducirse nuevamente (fig. 7b). Los juveniles no requieren necesariamente del hábitat estuarino para su supervivencia pero llegan a penetrar a los sistemas fluvio-lagunares y se distribuyen en toda la zona costera. Esto se concluye con base en la distribución por tallas encontrada en donde se aprecian pocos individuos al interior de la laguna (estaciones 26 a 37; figs. 3, 7).

Algunos adultos y juveniles pueden penetrar a la Laguna de Términos cuando condiciones como la salinidad les resultan adecuadas (Yáñez-Arancibia *et al.* 1988). Esto pudiera ser por el efecto de la temporada de nortes durante los meses de octubre a enero, ya que los vientos permiten la mezcla de agua entre la laguna y la zona costera. Esto hace incrementar la salinidad al interior de la Laguna de Términos, lo que resulta favorable para la especie que utiliza la laguna como área de crianza y alimentación e incluso maduración, como lo confirmó el segundo periodo de reclutamiento observado (septiembre a diciembre).

Arancibia *et al.* 1988). During the *Nortes* season from October to January, the winds can cause mixing between the lagoon and coastal waters. This results in increased salinity within Términos Lagoon and more favourable conditions for the species, who uses the site as a breeding and feeding area, and even to develop, as indicated by the second recruitment period observed (September to December).

The spatial size distribution pattern showed a moderate stratification, with juveniles and adults throughout the area and only juveniles (<9.2 cm) at stations 11, 13, and 26. Juveniles were not very abundant from stations 31 to 37, where mainly larger sizes were recorded (figs. 3, 7a). This observation supports the previously-mentioned hypothesis regarding the life cycle of *S. lanceolatus* (there are no other studies on the spatiotemporal size structure of this species).

Regarding the growth parameters, the L_{∞} and K values obtained in this study were 18.5 cm and 0.4 yr^{-1} , respectively. There are no formal studies determining the growth of *S. lanceolatus*; however, Ayala-Pérez (2006) studied two sciaenid species of similar size in Términos Lagoon and obtained the following values: $L_{\infty} = 29.7 \text{ cm}$ and $K = 0.42 \text{ yr}^{-1}$ for *Bairdiella chrysoura*, and $L_{\infty} = 29.8 \text{ cm}$ and $K = 0.55 \text{ yr}^{-1}$ for *B. ronchus*. Note that the K values for *Stellifer* and *Bairdiella* are similar. To verify the similarity in growth, ϕ' was calculated for *B. chrysoura* and *B. ronchus*, and the values obtained (2.57 and 2.69, respectively) confirmed a similar growth for the three species.

The length-weight relationship of the population was defined by the model $W = 0.0000052L^{3.16}$ ($r^2 = 0.97$). In a study conducted in the Sao Paulo system in southeastern Brazil, Muto *et al.* (2000) reported values of $W = 0.102L^{3.42}$ ($r^2 = 0.96$) for *Stellifer brasiliensis* (Schultz 1945) and $W = 0.030L^{3.31}$ ($r^2 = 0.98$) for *S. rastrifer* (Jordan 1889). For *B. chrysoura*, Ayala-Pérez (2006) and Chavance *et al.* (1984) reported values of $W = 0.0114L^{2.99}$ ($r^2 = 0.98$) and $W = 0.000025L^{2.97}$ ($r^2 = 0.98$), respectively, showing that the species present a similar form of isometric growth. According to Froese (2006), if $b = 3$ then small specimens in the sample have the same form and condition as large specimens; this seems to be the case for *S. lanceolatus* and the other species, which show a similar type of growth.

Based on the findings of this study and the behaviour of the monthly condition factor, the high values observed from September to November seem to be associated with the reproduction season (fig. 5a, b). The high values in February and April may be related to the onset of fat accumulation prior to maturation. Flores-Coto and Pérez (1991) also found that organisms attain their maximum reproductive competence in December. In the present study, most of the mature females were found in the coastal zone though a few also occurred within Términos Lagoon, at the same time as adults and juveniles. This indicates that most of the population spawns primarily in the coastal zone and to a lesser extent inside the lagoon.

El patrón de distribución espacial por tallas presentó una estratificación moderada, observándose juveniles y adultos en toda el área y solamente juveniles (<9.2 cm) en las estaciones 11, 13 y 26. A partir de las estaciones 31 a 37 los juveniles fueron poco abundantes, presentándose principalmente individuos de tallas mayores (figs. 3, 7a). Esta observación refuerza la hipótesis planteada anteriormente sobre el ciclo de vida de la especie ya que no existe hasta el momento ningún trabajo reportado basado en la estructura de tallas de esta especie a nivel espacial y temporal.

En cuanto a los parámetros de crecimiento obtenidos en este estudio se determinó que la especie alcanza una L_{∞} de 18.5 cm con valores de K de 0.4 año^{-1} . No existen estudios formales sobre la determinación del crecimiento en esta especie; sin embargo, Ayala-Pérez (2006) en un estudio realizado en la Laguna de Términos para dos especies de sciaenidos de talla similar, *Bairdiella chrysoura* y *B. ronchus*, determinó valores de $L_{\infty} = 29.7 \text{ cm}$ y $K = 0.42 \text{ año}^{-1}$ y $L_{\infty} = 29.8 \text{ cm}$ y $K = 0.55 \text{ año}^{-1}$, respectivamente. Como se puede observar, la constante de crecimiento K para *Stellifer* y para *Bairdiella* son muy semejantes. Para verificar la semejanza en el crecimiento se calculó el valor de ϕ' para *B. chrysoura* y *B. ronchus*, obteniendo valores de 2.57 y 2.69, respectivamente, lo que confirma la semejanza en el crecimiento de las tres especies.

La relación longitud-peso de la población fue definida por el modelo $W = 0.0000052L^{3.16}$, con una $r^2 = 0.97$. Muto *et al.* (2000) en un estudio realizado en el Sistema de Sao Paulo en el sureste de Brasil reportan para *S. brasiliensis* (Schultz 1945) y *S. rastrifer* (Jordan 1889) valores de $W = 0.102L^{3.42}$ y $r^2 = 0.96$, y $W = 0.030L^{3.31}$ y $r^2 = 0.98$, respectivamente. Por otra parte, Ayala-Pérez (2006) reportó para *B. chrysoura* valores de $W = 0.0114 L^{2.99}$ y $r^2 = 0.98$, y Chavance *et al.* (1984) reportaron para la misma especie $W = 0.000025L^{2.97}$ con $r^2 = 0.98$, mostrando que las especies tienen una forma semejante de crecimiento isométrico. De acuerdo a Froese (2006), si $b = 3$, entonces las especies pequeñas en la muestra tienen la misma forma y condición que cuando son grandes, lo cual al parecer es el caso de *S. lanceolatus* y de las otras especies, mostrando una forma de crecimiento similar.

Basados en las observaciones de este estudio y del comportamiento del factor de condición mensual, se puede señalar que los altos valores observados de septiembre a noviembre están asociados a la época de reproducción (fig. 5a, b). Asimismo, los altos valores en febrero y abril pudieran estar relacionados al inicio de la acumulación de grasa previa a la maduración. Flores-Coto y Pérez (1991) coinciden en que en diciembre los organismos han alcanzado el máximo grado condición para reproducirse. En el presente estudio la mayoría de las hembras maduras se encontraron en la zona costera aunque también se encontraron algunas en el interior de la laguna, al mismo tiempo se encontraron adultos y juveniles. Esto significa que el desove de la mayoría de la población se presenta en la costa y en menor grado en el interior de la laguna.

The size at first maturity was calculated to be 9.2 cm, with a range of 7.5 to 10.5 cm (25% and 75%, respectively), differing considerably from that reported by Camargo and Isaac (2005) for *S. rastrifer* and *S. naso* (12.1 and 11.7 cm, respectively) from Caeté Estuary (Brazil). These authors also indicate that continuous spawning was observed for both species during the year; however, the main spawning pulse occurred from October to December and a second in June. Though these species differ from *S. lanceolatus*, they seem to present the same physiological behaviour regarding maturation. The difference in size at first maturity may indicate that *S. lanceolatus* matures more rapidly than the other two species, possibly due to the environmental salinity and/or temperature conditions.

Total mortality calculated for *S. lanceolatus* was 1.68 yr⁻¹. For *B. chrysoura*, Ayala-Pérez (2006) and Chavance *et al.* (1984) reported Z values of 1.47 and 1.98 yr⁻¹, respectively. The relatively low mortality of *S. lanceolatus* is evident, most likely because it is not a fishing target species; however, it does form part of the bycatch of the heavily-exploited seabob shrimp (Abarca-Arenas *et al.* 2003). Consequently, the natural mortality is high (1.10 and 0.90 yr⁻¹) and confirms that temperature significantly affects the survival of the species, as well as gonad development, thus supporting the hypothesis that variations in environmental conditions impact the abundance of the species.

Two recruitment periods were observed, a major one from April to July (70.0%) and a second of lower intensity from September to December (5.0%). Recruitment is associated with the spawning season, since the development, abundance, and migration of juveniles depends on this. Hence, if the main peak in reproductive activity occurs from September to November, there will most likely be an increase in recruits from March to July. Ayala-Pérez (2006) reported a long recruitment period for *B. chrysoura*, lasting from April to November with a maximum between June and July. In the present study, the largest number of small individuals was recorded in April, and this month coincides with the recruitment period observed. Based on these findings, it is possible to corroborate that *S. lanceolatus* is a species of continuous recruitment, with two periods of greater intensity. It would be interesting to analyze the dynamics of the population in terms of spatial and temporal variability of the physicochemical characteristics of the environment. This will allow the long-term observation of possible changes at species level and thus of the ecosystem structure, taking into account that Términos Lagoon and its areas of influence are environmentally and anthropogenically impacted.

Acknowledgements

This study was supported by the Mexican Council for Science and Technology (CONACYT) and the Campeche State government through project FOMIX-CAM2005-C01-040.

English translation by Christine Harris.

La talla de primera madurez se calculó en 9.2 cm, con un rango de 7.5 y 10.5 cm (25% y 75%, respectivamente), muy diferente a las reportadas para *S. rastrifer* (12.1 cm) y *S. naso* (11.7 cm) por Camargo e Isaac (2005). Estos autores señalan además que observaron desoves continuos de ambas especies durante el año en el estuario de Caeté en Brasil; sin embargo, se observó un pulso máximo de desove de octubre a diciembre y un segundo pulso en junio. Aunque las especies son diferentes a *S. lanceolatus*, parecen tener el mismo comportamiento fisiológico en la maduración. La diferencia en la talla de primera madurez podría indicar que *S. lanceolatus* madura más rápidamente que las otras dos especies, lo cual pudiera estar influenciado por la salinidad y/o temperatura ambientales.

La mortalidad total para *S. lanceolatus* fue de 1.68 año⁻¹. Para *B. chrysoura* Ayala-Pérez (2006) reporta un valor de Z = 1.47 año⁻¹, mientras que Chavance *et al.* (1984) estimaron 1.98 año⁻¹. Es evidente la relativamente baja mortalidad de la especie, justificable por el hecho de no ser una especie objetivo de la pesca; sin embargo, forma parte de la fauna de acompañamiento del camarón siete barbas que si es intensamente explotado (Abarca-Arenas *et al.* 2003). En consecuencia para la especie, la mortalidad natural es elevada (1.10 y 0.90 año⁻¹) y confirma que la temperatura influye sustancialmente en la supervivencia de la especie, así como en el desarrollo de la madurez gonádica, reforzando por tanto la hipótesis de la influencia de la variabilidad ambiental sobre su abundancia.

En lo que respecta al reclutamiento se observaron dos periodos. El primero de mayor intensidad (70.0%) de abril a julio y el segundo de menor intensidad de septiembre a diciembre (5.0%). El reclutamiento está asociado a la época de desove, ya que de este depende el desarrollo de juveniles, su abundancia y migración. En este sentido, si se toma en cuenta que el pico reproductivo más importante se observa de septiembre a noviembre, es muy probable que exista un incremento de reclutas de marzo a julio. Ayala-Pérez (2006) reportó para *B. chrysoura* un proceso de reclutamiento largo que inició en abril y continuó hasta noviembre con un máximo entre junio y julio. En este estudio, abril es cuando se encontró el mayor número de individuos de tallas pequeñas coincidiendo con el periodo de reclutamiento observado. Estas informaciones permiten corroborar que *S. lanceolatus* es una especie de reclutamiento continuo, con dos épocas de mayor intensidad. Un aspecto importante sería analizar la dinámica de la población en términos de variabilidad espacial y temporal a nivel de las características fisicoquímicas ambientales. Esto permitiría observar en el largo plazo los posibles cambios a nivel de especie y por tanto en la estructura del ecosistema, tomando en cuenta que la región de la Laguna de Términos y sus áreas de influencia han sido intensamente impactadas ambiental y antropogénicamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT (México) y al gobierno del Estado de Campeche, su apoyo mediante el proyecto FOMIX-CAM2005-C01-040.

Referencias

- Abarca-Arenas L, Franco-López GJ, Chávez-López R, Moran-Silva A. 2003. Estructura de la comunidad de peces de la pesca incidental camaronesa. In: Wakida A, Solana R, Uribe J (eds.), Memorias de III Foro de camarón del Golfo de México y del Mar Caribe. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, pp. 69–73.
- Ayala-Pérez LA. 2006. Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos, Campeche, México. Ph.D. thesis, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México, 208 pp.
- Ayala-Pérez LA, Pérez-Velásquez A, Aguirre-León A, Díaz-Ruiz S. 1995. Abundancia nictimera 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 en la Laguna de Términos: Estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* 51: 738–794.
- 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* off the west coast of Campeche, Mexico. *Cienc. Mar.* 34: 453–465.
- Camargo M, Isaac V. 2005. Biología reproductiva y distribución espaciotemporal de *Stellifer rastrifer*, *Stellifer naso* y *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae) en el estuario Caeté, al norte de Brasil. *Braz. J. Oceanogr.* 53: 13–21.
- Castro-Aguirre JL. 1999. Ictiofauna Estuarino-lagunar y Vicaria de México. *Limusa*, 705 pp.
- Cervigón F, Cipriano R, Fischer W, Garibaldi L, Hendrickx M, Lemus AJ, Márquez R, Poutiers JM, Robaina G, Rodríguez B. 1992. Guía de Campo de las Especies Comerciales Marinas de Aguas Salobres de la Costa Septentrional del Sur de América. FAO, Roma, 513 pp.
- Chavance P, Flores-Hernández D, Yáñez-Arancibia A, Amezcua-Linares F. 1984. Ecología, biología y dinámica de las poblaciones de *Bairdiella chrysoura* (Lacépède, 1803) en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México*, 11: 123–161.
- Fischer W. 1978. FAO Species Identification Sheets for Fisheries Purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31), Roma FAO, Rome, Vol. IV.
- Flores-Coto C, Pérez M. 1991. Efecto de la marea en el paso de las larvas de sciánidos (Pisces) en Boca del Carmen, Laguna de Términos, Campeche. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México* 18: 25–35.
- Froese BR. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22: 241–253.
- Gayanilo FC Jr, Sparre P, Pauly D. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series, No. 8 (Fisheries). FAO, Rome, 126 pp.
- Helfman GS, Collette BB, Facey D. 2002. The Diversity of Fishes. *Blackwell Science*, 528 pp.
- Hilge V. 1977. On the determination of the stages of gonad ripeness in female bony fishes. *Meeresforschung* 25: 149–155.
- Mancera-Rodríguez NJ, Castro-Hernández JJ. 2004. Age and growth of *Stephanolepis hispidus* (Linnaeus, 1766) (Pisces: Monacanthidae), in the Canary Islands area. *Fish. Res.* 66: 381–386.
- Munro JL, Pauly D. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte (ICLARM)* 1: 5–6.
- Muto EY, Soares LSH, Rossi-Wongtschowski CLDB. 2000. Length-weight relationship of marine fish species off São Sebastião system, São Paulo, southeastern Brazil. *NAGA, ICLARM Quart.* 23: 27–29.
- Pauly D. 1980. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* (234): 52 pp.
- Pauly D, Gaschütz N. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data with a program for pocket calculators. *ICES CM 1979/G:24–26*.
- Pauly D, David N. 1981. ELEFAN I, a basic program for the objective extraction of growth parameters from the length-frequency data. *Meeresforschung* 28: 205–211.
- Ramos-Miranda J, Mouillot D, Flores-Hernández D, Sosa-Lopez 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 L, Sosa-López A. 2005b. Spatial and temporal changes in the nekton of the Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *J. Fish Biol.* 66: 513–530.
- Ricker W. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 119: 300 pp.
- Rikhter VA, Efanov VN. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc.* 76/VI/8, 12 pp.
- Rueda M, Santos A. 1999. Population dynamics of the striped mojarra *Eugerres plumieri* from the Ciénega Grande de Santa Marta, Colombia. *Fish. Res.* 42: 155–166.
- Sokal R, Rohlf F. 1996. *Biometry*. 3rd ed. WH Freeman and Co., New York, 887 pp.
- Sosa-López A, Mouillot D, Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Do-Chi T. 2007. Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *J. Biogeogr.* 34: 52–61.
- Sparre P, Venema SC. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. 1. Manual. *FAO Fish Tech. Pap.* (306.1) Rev. 1: 376 pp.
- Stickney RR, Taylor D, White B. 1975. Food habits of five species of young southeastern United States estuarine Sciaenidae. *Chesapeake Sci.* 16: 104–114.
- Tapia-García M, Yáñez-Arancibia A, Sánchez-Gil P, García-Abad MC. 1988a. Biología y ecología de *Cynoscion arenarius* (Ginsburg) en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Rev. Biol. Trop.* 36: 1–27.
- Tapia-García M, Yáñez-Arancibia A, Sánchez-Gil P, García-Abad MC. 1988b. Biología y ecología de *Cynoscion nothus* (Holbrook) en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Rev. Biol. Trop.* 36: 29–54.
- Yáñez-Arancibia A, Sánchez-Gil P. 1986. Los peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México. Caracterización ambiental ecológica y evaluación de las especies y comunidades. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México* 9: 1–230.
- Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez AL, Sánchez-Gil P, Álvarez-Guillen H. 1988. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en la Laguna de Términos y la Sonda de Campeche. In: Yáñez-Arancibia A, Day JW (eds.), *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. Editorial Universitaria, UNAM, Mexico DF, pp. 323–356.

*Recibido en febrero de 2009;
aceptado en junio de 2009.*