

**DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Syngnathus louisianae* Y *Syngnathus scovelli* (SYNGNATHIDAE) EN LA LAGUNA DE TAMIAHUA, GOLFO DE MÉXICO**

**DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF *Syngnathus louisianae* AND *Syngnathus scovelli* (SYNGNATHIDAE) IN TAMIAHUA LAGOON, GULF OF MEXICO**

Silvia Díaz-Ruiz<sup>1\*</sup>  
Arturo Aguirre-León<sup>2</sup>  
Oswaldo Pérez-Solís<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera  
Departamento de Hidrobiología  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa  
Apartado postal 55-535  
09340 México, DF  
\* E-mail: sdr@xanum.uam.mx

<sup>2</sup> Laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías  
Departamento El Hombre y su Ambiente  
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco  
Apartado postal 23-181  
04960 México, DF

*Recibido en marzo de 1999; aceptado en noviembre de 1999*

**RESUMEN**

En la Laguna de Tamiahua, Veracruz (México), entre 1994 y 1995 se recolectaron un total de 190 ejemplares de dos especies de peces pipa: *Syngnathus louisianae* y *Syngnathus scovelli*. Las variaciones estacionales de abundancia (0.0009–0.0045 ind/m<sup>2</sup>), biomasa (0.0005–0.0090 g/m<sup>2</sup>) y peso promedio (0.31–1.98 g/ind) de ambas especies están asociadas con la estructura de la población a través de los ciclos de vida y con el comportamiento ambiental del sistema a lo largo del año. La mayor abundancia de *S. louisianae* fue en la época de lluvias (0.0045 ind/m<sup>2</sup>, 0.0090 g/m<sup>2</sup>), mientras que *S. scovelli* presentó mayor abundancia durante los nortes (0.0035 ind/m<sup>2</sup>, 0.0011 g/m<sup>2</sup>). Los juveniles (35–120 mm LT) y adultos (85–250 mm LT) de las dos especies se presentaron en áreas de pastos marinos, en salinidades promedio de 18.5–21.4‰. Ambas especies separan sus áreas de alimentación, crecimiento y protección dentro del ecosistema, lo cual permite optimizar los recursos por espacio y alimento durante sus ciclos de vida, modificando los patrones de distribución y abundancia a través del año.

*Palabras clave:* peces pipa, ecología, ciclos de vida, Golfo de México.

## ABSTRACT

A total of 190 pipefishes of the species *Syngnathus louisianae* and *Syngnathus scovelli* were collected in Tamiahua Lagoon, Veracruz (Mexico), between 1994 and 1995. Seasonal variations in abundance (0.0009–0.0045 ind/m<sup>2</sup>), biomass (0.0005–0.0090 g/m<sup>2</sup>) and average weight (0.31–1.98 g/ind) of both species are related to the population structure throughout the life histories and the seasonal environmental changes in the system. The biomass of *S. louisianae* peaked during the rainy season (0.0045 ind/m<sup>2</sup>, 0.0090 g/m<sup>2</sup>) and that of *S. scovelli* during the *nortes* season (0.0035 ind/m<sup>2</sup>, 0.0011 g/m<sup>2</sup>). Juveniles (35–120 mm TL) and adults (85–250 mm TL) of both species are found in seagrass habitats with salinities of 18.5–21.4‰. Both species have separate refuge, growth and feeding areas, which allows a better partitioning of space and food resources within the ecosystem. This can modify the spatial and temporal distribution and abundance patterns according to the life cycle.

*Key words:* pipefishes, ecology, life histories, Gulf of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Syngnathidae (peces pipa y caballitos de mar) son típicas de mares cálidos tropicales y subtropicales. En las costas del Atlántico americano, incluyendo el Golfo de México y Mar Caribe, se distribuyen 29 especies de esta familia. Son peces pequeños cuyos cuerpos están encerrados en anillos de armazón ósea; sus cuerpos armados y sus formas variadas hacen de ellos atractivos peces de ornato. Los machos presentan una bolsa incubadora especial en la que llevan los huevos fertilizados. Son carnívoros y, en su mayor parte, habitantes de aguas costeras poco profundas con áreas de vegetación sumergida, así como de fondos de arrecifes coralinos (Cervigón, 1991).

En la Laguna de Tamiahua se presentan dos especies de peces pipa: *Syngnathus louisianae* (Günther, 1870) y *Syngnathus scovelli* (Evermann y Kendall, 1896). No obstante su importancia ecológica, son pocos los estudios que tratan aspectos de su taxonomía, biología y ecología. Entre los trabajos más relevantes se pueden mencionar los de Kilby (1955), Herald (1965), Dawson (1972), Herald y Dawson (1972), Huh y Kitting (1985), Fuller y Bergland (1996) y Jones y Avise (1997).

## INTRODUCTION

Species of the family Syngnathidae (pipefishes and seahorses) typically occur in warm tropical and subtropical seas. On the American Atlantic coast, including the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, 29 species of this family occur. They are small fish and their bodies are covered with an armor of bony plates arranged in rings. Their armor-like covering and different shapes make them prized ornamental fish. The males have a brood pouch where they carry the fertilized eggs. They are carnivorous and mainly inhabit shallow coastal waters with submerged vegetation, as well as coral reefs (Cervigón, 1991).

Two species of pipefish occur in Tamiahua Lagoon: *Syngnathus louisianae* (Günther, 1870) and *Syngnathus scovelli* (Evermann and Kendall, 1896). Despite their ecological importance, there are few studies on their taxonomy, biology and ecology. Some of the more relevant works are those of Kilby (1955), Herald (1965), Dawson (1972), Herald and Dawson (1972), Huh and Kitting (1985), Fuller and Bergland (1996) and Jones and Avise (1997). Among the ecological studies on the ichthyofauna of coastal lagoons of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea that include

Estudios ecológicos ictiofaunísticos en lagunas costeras del Golfo de México y Mar Caribe incluyen en sus registros especies de peces pipa; cabe citar a Reséndez-Medina (1974), Franco-López *et al.* (1985), Kobelkowsky-Díaz (1985), Chávez *et al.* (1987), Reséndez-Medina y Kobelkowsky-Díaz (1991), Franco-López y Chávez-López (1992) y Díaz-Ruiz *et al.* (1996). El objetivo de este trabajo es conocer la distribución y abundancia de las especies de peces pipa y su relación con las diferentes épocas climáticas de la región.

### ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna de Tamiahua está localizada en la parte occidental del Golfo de México, entre 21°06' y 22°05' N y 97°23' y 97°46' W (fig. 1). Es la laguna costera más grande del estado de Veracruz, con una superficie aproximada de 880 km<sup>2</sup>, longitud de 100 km y ancho de 25 km. Es un área somera, con una profundidad media de 2.5 m (Contreras, 1988). El clima es tropical subhúmedo, lluvioso en verano y seco en invierno, modificado por los nortes con fuertes vientos en otoño e invierno (García, 1988). Las mareas son diurnas. Dos bocas conectan a la laguna con el mar: Tampachiche, al norte a través del Río Pánuco, y Corazones, al sur. La laguna recibe la descarga de numerosos ríos de pequeño caudal, que son: Estero La Laja, Río Cucharas, Río Carbajal, Estero Tancochin y Río Tampache. Se reconocen tres épocas climáticas: secas, de febrero a mayo; lluvias, de junio a septiembre; y nortes, de octubre a febrero. Existen diferentes ambientes en la laguna, incluyendo pantanos de manglar salobre y de baja salinidad, pastos marinos (*Halodule wrightii*, Aschers 1868, y *Ruppia maritima*, Linneo 1753), áreas de alta sedimentación, arrecifes de ostión y la cuenca central oligohalina. Amplios detalles de esta síntesis se encuentran en los trabajos de García (1988) y Contreras *et al.* (1996).

pipefishes in their lists of species, are those of Reséndez-Medina (1974), Franco-López *et al.* (1985), Kobelkowsky-Díaz (1985), Chávez *et al.* (1987), Reséndez-Medina and Kobelkowsky-Díaz (1991), Franco-López and Chávez-López (1992) and Díaz-Ruiz *et al.* (1996). This study aims to determine the distribution and abundance of the pipefish species and their relationship with the different seasons of the year in the region.

### STUDY AREA

Tamiahua Lagoon is located in the western part of the Gulf of Mexico (21°06'–22°05' N; 97°23'–97°46' W) (fig. 1). It is the largest coastal lagoon in the state of Veracruz, with an approximate area of 880 km<sup>2</sup>, length of 100 km and width of 25 km. It is shallow, with an average depth of 2.5 m (Contreras, 1988). The climate is humid subtropical, rainy in summer and dry in winter, modified by *nortes* (winter storms) with strong winds in autumn and winter (García, 1988). The tides are diurnal. The lagoon connects with the sea through two mouths: Tampachiche, to the north through the Pánuco River, and Corazones, to the south. Many small rivers flow into the lagoon, including Estero La Laja, Cucharas River, Carbajal River, Estero Tancochin and Tampache River. Three climatic seasons have been identified: dry, from February to May; rainy, from June to September; and *nortes*, from October to February. There are different environments in the lagoon, including marshes of brackish mangroves, seagrasses (*Halodule wrightii*, Aschers 1868, and *Ruppia maritima*, Linneo 1753), areas of high sedimentation, oyster reefs and the central oligohaline basin. Detailed descriptions of these environments can be found in the works of García (1988) and Contreras *et al.* (1996).



**Figura 1.** Mapa de la Laguna de Tamiahua en el Golfo de México. La figura muestra la distribución de las estaciones de muestreo, las características fisiográficas principales en el área y los ríos asociados con la laguna: Boca Tampachiche (BT), Boca Corazones (BC), Isla Juan (IJ), Isla Burros (IB), Isla Toro (IT), Isla Idolo (II), Estero Laja (EL), Río Cucharas (RC), Estero Tancochil (ET).

**Figure 1.** Map of Tamiahua Lagoon in the Gulf of Mexico, indicating the distribution of the sampling stations, principal physiographic characteristics of the area and the rivers associated with it: Boca Tampachiche (BT), Boca Corazones (BC), Juan Island (IJ), Burros Island (IB), Toro Island (IT), Idolo Island (II), Laja Estuary (EL), Cucharas River (RC), Tancochil Estuary (ET).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las recolecciones de peces se efectuaron en ocho estaciones de muestreo entre 1994 y 1995, durante las tres épocas climáticas del año, de la siguiente manera: secas, en marzo y mayo; lluvias, en julio y septiembre; y nortes, en octubre y diciembre (fig. 1). Las capturas se realizaron durante el día, entre profundidades de 0.3 y 2.0 m, utilizando un chinchorro playero de 60 m de largo con una luz de malla de  $\frac{3}{4}$  en el copo y 1.5 cm en las alas. Las muestras fueron fijadas en formaldehído al

## MATERIAL AND METHODS

The fish were collected at eight stations between 1994 and 1995, during the three climatic seasons, as follows: dry, in March and May; rainy, in July and September; and *nortes*, in October and December (fig. 1). The catches were made during the day at depths between 0.3 and 2.0 m, using a 60-m long beach seine net, with a mesh size of  $\frac{3}{4}$  in the codend and 1.5 cm in the wings. The samples were fixed in 10% formaldehyde neutralized with sodium borate. The following

10% neutralizado con borato de sodio. En cada estación se midió la temperatura con un termómetro de cubeta (precisión 0.1°C), la salinidad con un salinómetro YSI (precisión 0.1‰), el oxígeno disuelto con un oxímetro YSI (precisión 0.01 mg/L), y la profundidad y transparencia de la columna de agua con una sondaleza y disco de Sechii con divisiones de 10 cm, respectivamente (tabla 1). Los peces fueron identificados, contados, pesados y medidos. La abundancia fue estimada como biomasa (g peso húmedo/m<sup>2</sup>) y densidad (No. ind/m<sup>2</sup>). Además, se calculó el peso promedio de las poblaciones (g/ind), como una proporción del peso total entre el total de individuos de cada especie. La distribución, abundancia, peso promedio y frecuencia de tallas se analizaron en función del tiempo y espacio como se describe en Yáñez-Arancibia *et al.* (1985). Los datos de abundancia y peso promedio de cada especie se compararon entre épocas del año, así como entre las especies en escala temporal; se utilizaron pruebas de hipótesis a partir de la diferencia entre las medias de los parámetros, mediante el estadístico *t* de Student, suponiendo varianzas desconocidas, grados de libertad  $n_1 + n_2 - 2$  y significancia  $P < 0.05$  (Daniel, 1997).

## RESULTADOS

### Distribución

*Syngnathus louisianae* presentó una amplia distribución en la Laguna de Tamiahua, con la frecuencia de aparición más alta (>70%) en la porción oriental, en áreas de influencia marina dominadas por praderas de pastos marinos (estaciones 2, 5 y 6) (tabla 1). La población de *S. louisianae* estuvo compuesta tanto de juveniles (60–120 mm LT) como de adultos (140–250 mm LT) (fig. 2); los individuos juveniles se registraron principalmente en la porción central de la laguna (estaciones 2 y 5) y

measurements were made at each station: temperature, with a bucket thermometer (precision 0.1°C); salinity, with a YSI salinometer (precision 0.1‰); dissolved oxygen, with a YSI oxygen meter (precision 0.01 mg/L); and depth and transparency of the water column, with a sounding line and Secchi disk (10-cm divisions), respectively (table 1). The fish were identified, counted, weighed and measured. Abundance was estimated as biomass (g wet weight/m<sup>2</sup>) and density (No. ind/m<sup>2</sup>). The average weight of the populations (g/ind) was also calculated, as a proportion of the total weight divided by the total individuals of each species. Distribution, abundance, average weight and size frequency were analyzed in terms of time and space as described in Yáñez-Arancibia *et al.* (1985). A temporal comparison was made of the abundance and average weight data of each species among seasons, as well as between species, using tests of hypotheses for the difference between the parametric means with Student's *t*, assuming unknown variances,  $n_1 + n_2 - 2$  degrees of freedom and significance  $P < 0.05$  (Daniel, 1997).

## RESULTS

### Distribution

*Syngnathus louisianae* was widely distributed in Tamiahua Lagoon, with the highest frequency of occurrence (>70%) in the eastern part, in areas with marine influence dominated by seagrass meadows (stations 2, 5 and 6) (table 1). The population of *S. louisianae* consisted of juveniles (60–120 mm TL) and adults (140–250 mm TL) (fig. 2). The juveniles were mainly recorded in the central part of the lagoon (stations 2 and 5) and in the fluvial-lagoon systems (station 4). The intermediate sizes (130–180 mm TL) mainly occurred at stations 3 and 4 and the large fish (190–250 mm TL) throughout the lagoon, but mainly in the

**Tabla 1.** Parámetros ambientales promedio para las estaciones en la Laguna de Tamiahua, Golfo de México, en las diferentes épocas del año (1994–1995).

**Table 1.** Average environmental parameters for the stations (estación) at Tamiahua Lagoon, Gulf of Mexico, in the dry (secas), rainy (lluvias) and nortes seasons (1994–1995).

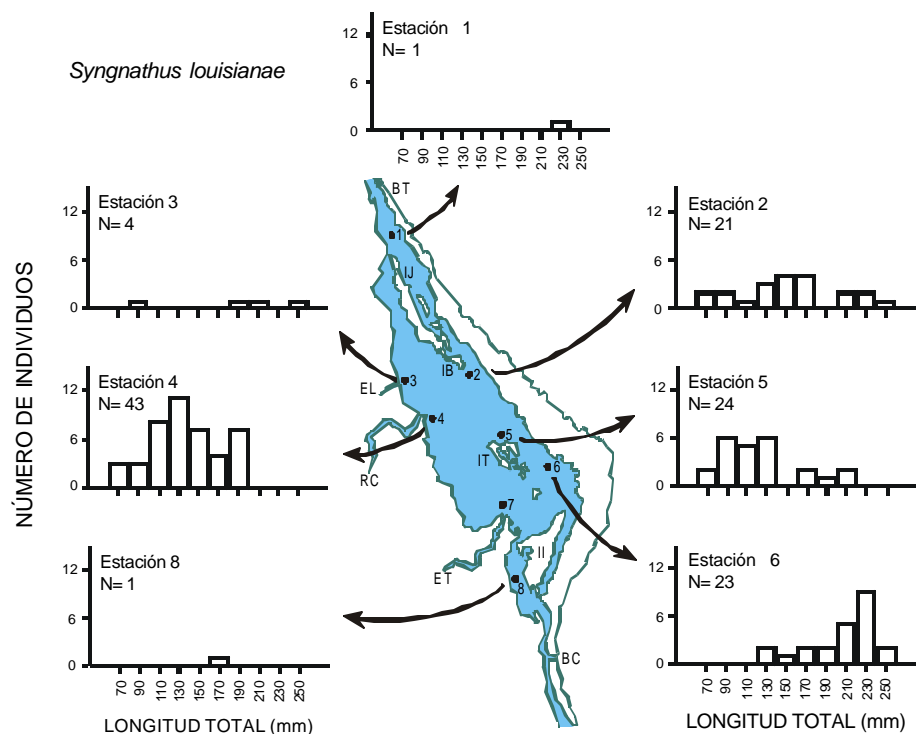
Estación	Prof. (m)	Secas			Lluvias			Nortes		
		S‰	T°C	O <sub>2</sub> mL/L	S‰	T°C	O <sub>2</sub> mL/L	S‰	T°C	O <sub>2</sub> mL/L
1	1.1	26.5	27.3	6.0	20.5	29.8	4.5	20.2	24.3	5.1
2	1.4	20.7	27.9	7.1	18.7	31.3	4.8	18.6	25.0	5.5
3	1.6	17.9	28.8	6.8	16.5	31.0	4.2	17.9	25.5	6.2
4	0.6	17.0	30.3	7.8	16.1	31.5	3.5	17.6	26.5	6.1
5	1.0	18.6	29.0	7.5	17.7	30.2	3.9	18.4	25.5	4.2
6	0.7	19.0	28.6	7.4	18.6	29.7	3.7	18.2	25.0	5.5
7	1.0	25.3	29.0	5.8	16.5	30.4	5.9	17.6	26.5	5.2
8	0.7	26.2	29.9	6.0	26.5	32.5	9.0	19.7	27.8	5.3
Promedio	1.0	21.4	28.9	6.8	18.9	30.8	4.9	18.5	25.8	5.4

en los sistemas fluvio-lagunares (estación 4). Las tallas intermedias (130–180 mm LT) se registraron en las estaciones 3 y 4, y los peces grandes (190–250 mm LT) a través de la laguna, pero principalmente en la porción sur-oriental (estación 6) (fig. 2). Esta especie alcanza una talla máxima de 250 mm LT.

*Syngnathus scovelli* se distribuye en todo el sistema; sin embargo, la mayor frecuencia (>75%) se encontró en áreas cercanas a la descarga de los ríos y en la porción noreste de la laguna (estaciones 3 y 4) (tabla 1). La estructura de la población de *S. scovelli* en la Laguna de Tamiahua consistió de peces juveniles y adultos (fig. 3). Los individuos juveniles (35–55 mm LT) fueron encontrados en la porción occidental de los sistemas fluvio-lagunares (estaciones 3 y 4), así como en la porción central de la laguna (estación 2). Los

southeastern part (station 6) (fig. 2). The species reaches a maximum size of 250 mm TL.

*Syngnathus scovelli* occurred throughout the lagoon, but the highest frequency (>75%) was reported for areas close to river discharges and in the northeastern part (stations 3 and 4) (table 1). The population structure of *S. scovelli* in Tamiahua Lagoon consisted of juveniles and adults (fig. 3). Juveniles (35–55 mm TL) were found in the western part of the fluvial-lagoon system (stations 3 and 4) and in the central part of the lagoon (station 2). Adults (85–125 mm TL) were mainly observed in the central part (stations 2 and 5) and in areas of fluvial influence (station 3). The intermediate sizes (65–75 mm TL) were common in the areas with marine influence (stations 1, 6 and 8) (table 1, fig. 3). This species reaches a maximum size of 150 mm TL.



**Figura 2.** *Syngnathus louisianae*. Distribución de la frecuencia de tallas para cada estación de recolección durante el periodo de estudio.

**Figure 2.** *Syngnathus louisianae*. Distribution of the size frequency for each sampling station during the study period.

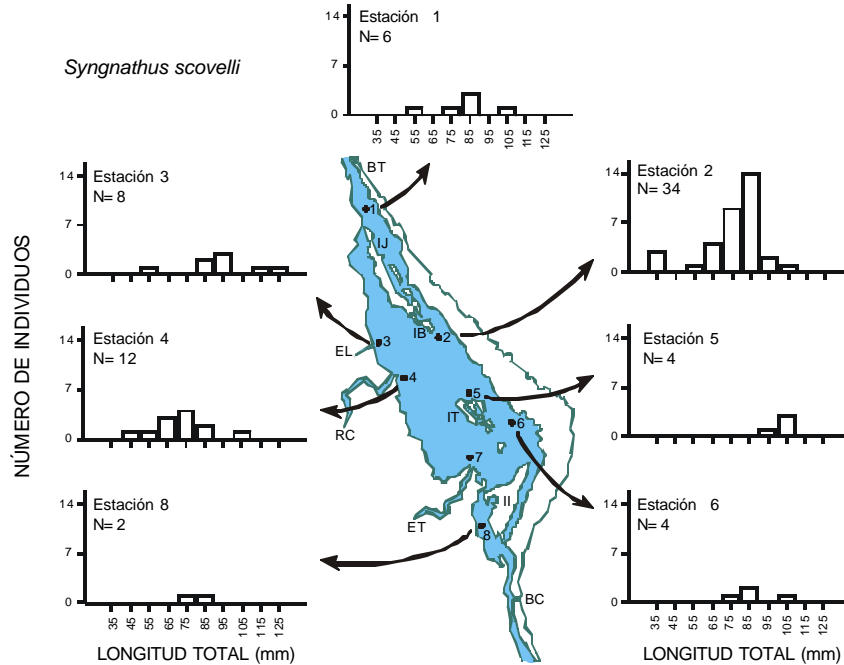
adultos (85–125 mm LT) se registraron principalmente en la parte central (estaciones 2 y 5) y de influencia fluvial (estación 3) del sistema. Las tallas intermedias (65–75 mm LT) fueron comunes en áreas de influencia marina (estaciones 1, 6 y 8) (tabla 1, fig. 3). Esta especie alcanza una talla máxima de 150 mm LT.

La figura 4 muestra comparativamente la distribución de frecuencia de tallas de ambas especies para cada época del año: *S. louisianae* presentó una mayor proporción de individuos juveniles (60–120 mm LT) en la época de secas y de adultos (140–250 mm LT) en la de lluvias; *S. scovelli* presentó una mayor proporción de juveniles (35–55 mm LT) y preadultos (65–75 mm LT) durante la *nortes* season, but during the dry and rainy seasons, the adults (85–125 mm TL) were the most abundant.

Figure 4 compares the distribution of the size frequencies of both species for each season: *S. louisianae* showed a greater proportion of juveniles (60–120 mm TL) in the dry season and of adults (140–250 mm TL) in the rainy season; *S. scovelli* presented a greater proportion of juveniles (35–55 mm TL) and preadults (65–75 mm TL) during the *nortes* season, but during the dry and rainy seasons, the adults (85–125 mm TL) were the most abundant.

#### Abundance

A total of 119 individuals of *S. louisianae* were collected in the lagoon throughout the



**Figura 3.** *Syngnathus scovelli*. Distribución de la frecuencia de tallas para cada estación de recolección durante el periodo de estudio.

**Figure 3.** *Syngnathus scovelli*. Distribution of the size frequency for each sampling station during the study period.

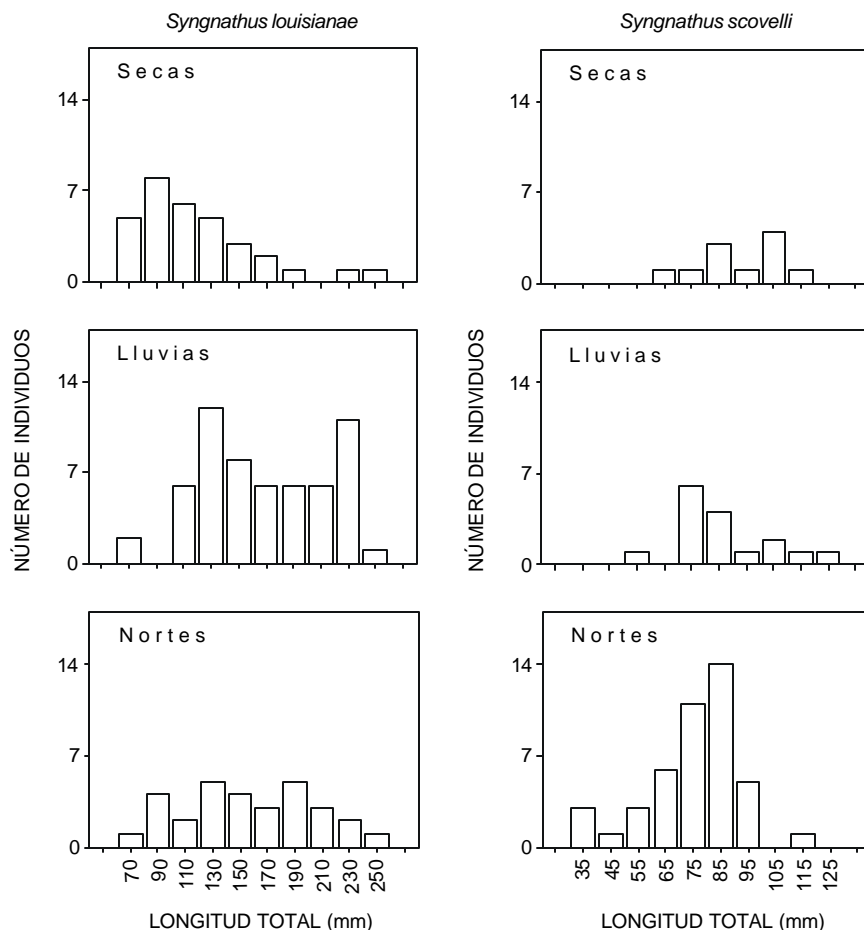
(65–75 mm LT) durante los nortes, mientras que en las épocas de secas y lluvias, los adultos (85–125 mm LT) fueron más abundantes.

### Abundancia

Un total de 119 individuos de *S. louisianae* fueron recolectados en la laguna a lo largo del año. En las épocas climáticas, la densidad fluctuó de 0.0023 ind/m<sup>2</sup> durante los nortes a 0.0045 ind/m<sup>2</sup> durante las lluvias. Espacialmente, el máximo valor se registró en la estación 4, con 0.0163 ind/m<sup>2</sup> en la época de lluvias (fig. 5). El intervalo de biomasa varió de 0.0027 g/m<sup>2</sup> en la época de secas a 0.0090 g/m<sup>2</sup>

year. Density fluctuated during the seasons between 0.0023 ind/m<sup>2</sup> during the *nortes* and 0.0045 ind/m<sup>2</sup> during the rainy season. Spatially, the maximum value, 0.0163 ind/m<sup>2</sup>, was recorded at station 4 in the rainy season (fig. 5). Biomass ranged from 0.0027 g/m<sup>2</sup> in the dry season to 0.0090 g/m<sup>2</sup> in the rainy season. The highest value, 0.0428 g/m<sup>2</sup>, was recorded at station 6 in the rainy season. Average weight showed a pattern similar to that of biomass, which varied from 1.09 g/ind in the dry season to 1.98 g/ind in the rainy season. However, the highest value, 5.8 g/ind, was recorded at station 6 during the *nortes* season (fig. 5). The statistical analysis did not show any significant





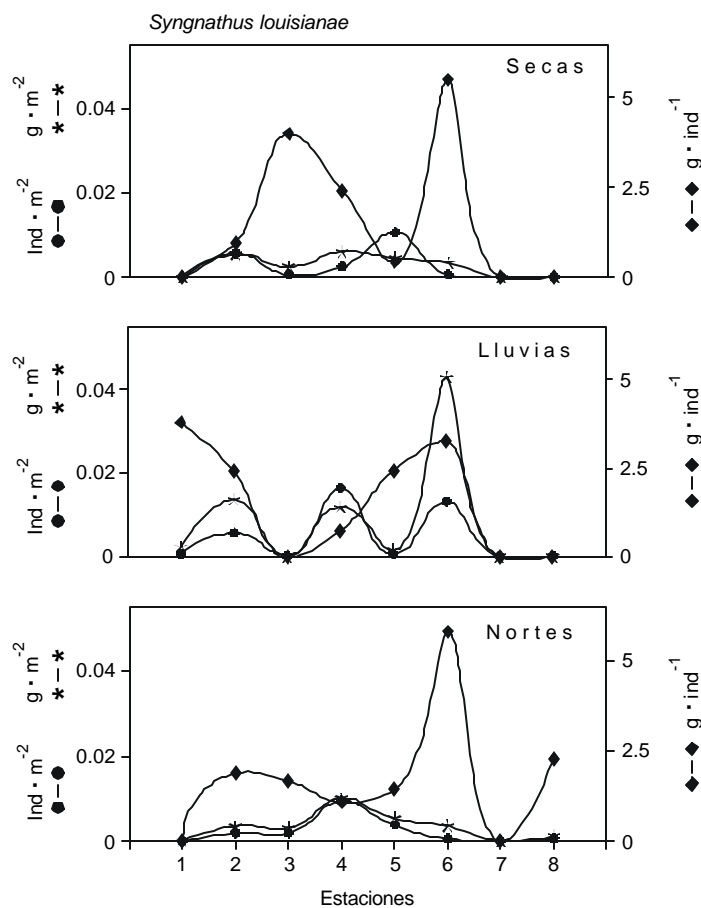
**Figura 4.** Distribución temporal de la frecuencia de tallas para *Syngnathus louisianae* y *S. scovelli* en la Laguna de Tamiahua.

**Figure 4.** Temporal distribution of the size frequency for *Syngnathus louisianae* and *S. scovelli* in Tamiahua Lagoon.

en la de lluvias. En el sistema, el valor más alto se registró en la estación 6, con 0.0428 g/m<sup>2</sup> durante las lluvias. El peso promedio presentó un patrón similar a la biomasa, con un intervalo de 1.09 g/ind en la época de secas a 1.98 g/ind en la de lluvias. No obstante, en el área de estudio su valor más alto se registró en la estación 6, con 5.8 g/ind durante los nortes

differences among seasons for each of the parameters compared ( $P > 0.05$ ).

Regarding *S. scovelli*, a total of 71 individuals of this species were recorded throughout the year. Density varied during the seasons, from 0.0009 ind/m<sup>2</sup> in the dry season to 0.0035 ind/m<sup>2</sup> during the *nortes*. Spatially, the highest value, 0.0169 ind/m<sup>2</sup>, was recorded at

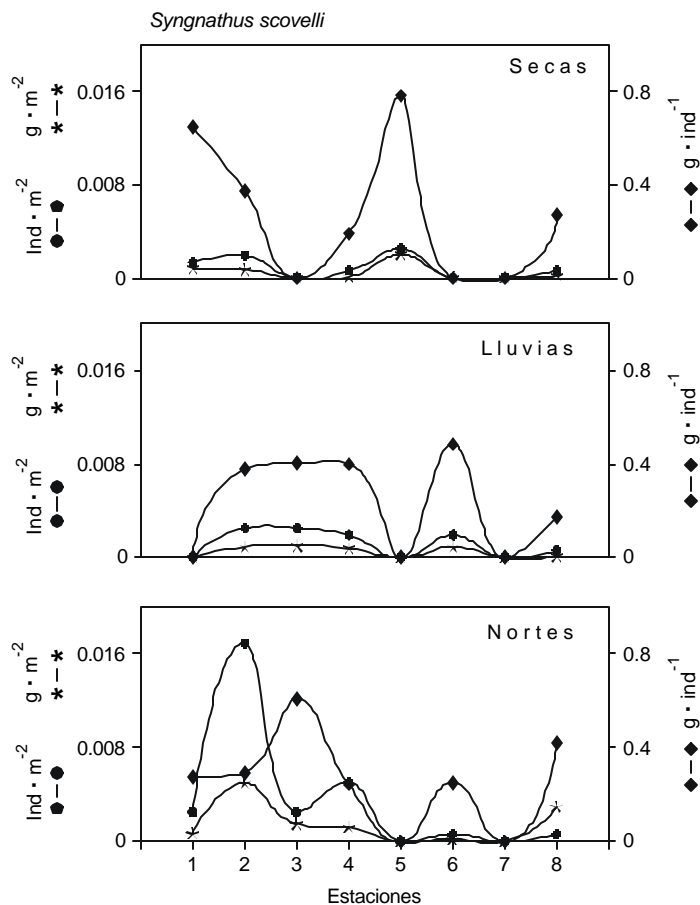


**Figura 5.** Distribución y abundancia estacional de *Syngnathus louisianae* en la Laguna de Tamiahua. Biomasa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) y peso promedio de la población ( $\text{g}/\text{ind}$ ).  
**Figure 5.** Seasonal distribution and abundance of *Syngnathus louisianae* in Tamiahua Lagoon. Biomass ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), density ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) and average weight of the population ( $\text{g}/\text{ind}$ ).

(fig.5). De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre épocas del año para cada uno de los parámetros comparados ( $P > 0.05$ ).

En cuanto a *S. scovelli*, se registraron 71 individuos de esta especie a través del año. Durante las épocas climáticas, la densidad fluctuó de  $0.0009 \text{ ind}/\text{m}^2$  en la época de secas a  $0.0035 \text{ ind}/\text{m}^2$  en la de nortes. Especialmente, el valor más alto se registró en la estación 2,

station 2 during the *nortes* season (fig. 6). The biomass values ranged from  $0.0005 \text{ g}/\text{m}^2$  during the dry and rainy seasons to  $0.001 \text{ g}/\text{m}^2$  during the *nortes* season. The highest biomass,  $0.005 \text{ g}/\text{m}^2$ , was recorded at station 2 during the *nortes*. The values of average weight ranged from  $0.31 \text{ g}/\text{ind}$  during the *nortes* to  $0.55 \text{ g}/\text{ind}$  during the dry season. Spatially, the highest value,  $0.78 \text{ g}/\text{ind}$ , was recorded at station 5 during the dry season (fig.6). According



**Figura 6.** Distribución y abundancia estacional de *Syngnathus scovelli* en la Laguna de Tamiahua. Biomasa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) y peso promedio de la población ( $\text{g}/\text{ind}$ ).

**Figure 6.** Seasonal distribution and abundance of *Syngnathus scovelli* in Tamiahua Lagoon. Biomass ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), density ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) and average weight of the population ( $\text{g}/\text{ind}$ ).

con  $0.0169 \text{ ind}/\text{m}^2$  durante los nortes (fig. 6). Los valores de biomasa presentaron un intervalo de  $0.0005 \text{ g}/\text{m}^2$  en las épocas de secas y lluvias a  $0.001 \text{ g}/\text{m}^2$  durante los nortes. En el sistema, el valor más alto de biomasa se presentó en la estación 2, con  $0.005 \text{ g}/\text{m}^2$  durante los nortes. Los valores de peso promedio fluctuaron de  $0.31 \text{ g}/\text{ind}$  en la época de nortes a

to the statistical analysis, no significant differences were observed among seasons for each of the parameters compared ( $P > 0.05$ ).

The annual behavior of density and biomass of *S. louisianae* was similar, with low values in May of  $0.0003 \text{ ind}/\text{m}^2$  and  $0.0007 \text{ g}/\text{m}^2$ , respectively, and the highest in July of  $0.0070 \text{ ind}/\text{m}^2$  and  $0.0127 \text{ g}/\text{m}^2$ ,

0.55 g/ind en la de secas. Espacialmente, su valor más alto se registró en la estación 5, con 0.78 g/ind durante la época de secas (fig. 6). De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre épocas del año para cada uno de los parámetros comparados ( $P > 0.05$ ).

El comportamiento anual de la densidad y biomasa de *S. louisianae* presentó un patrón similar, con los valores bajos en mayo de 0.0003 ind/m<sup>2</sup> y 0.0007 g/m<sup>2</sup>, respectivamente, y los más altos en julio de 0.0070 ind/m<sup>2</sup> y 0.0127 g/m<sup>2</sup>, respectivamente (fig. 7A, B). El peso promedio varió de 1.007 g/ind en marzo a 2.06 g/ind en septiembre (fig. 7C). También *S. scovelli* presentó valores mínimos de densidad, 0.0002 ind/m<sup>2</sup>, y biomasa, 0.00004 g/m<sup>2</sup>, en el mes de mayo, mientras que los valores máximos de densidad, 0.0058 ind/m<sup>2</sup>, y biomasa, 0.0018 g/m<sup>2</sup>, se registraron en octubre (fig. 7A, B). El peso promedio más bajo se obtuvo en mayo, de 0.27 g/ind, y el más alto en marzo, de 0.57 g/ind (fig. 7C). De acuerdo con el análisis estadístico de la abundancia entre las especies, no se encontraron diferencias significativas para la densidad ( $P > 0.05$ ); sin embargo, sí se obtuvieron para la biomasa y el peso promedio ( $P < 0.05$ ), predominando *S. louisianae*.

## DISCUSIÓN

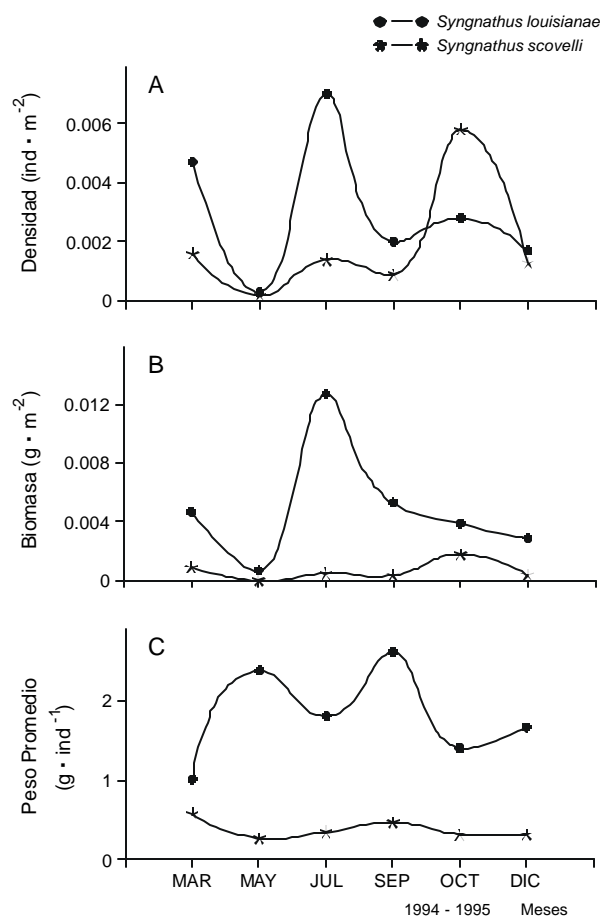
La Laguna de Tamiahua presenta ambientes de vegetación sumergida compuesta por *H. wrightii* y *R. maritima*, siendo áreas importantes de protección, alimentación y crianza para una gran variedad de peces. La presencia de pastos marinos, poliquetos, moluscos y ciertos peces son el reflejo de un hábitat estable y propicio para especies marinas, por lo que muchos peces tienen amplias áreas de distribución desde el mar hasta el interior de las lagunas. Diversos autores han discutido en detalle la

respectively (fig. 7A, B). The average weight varied from 1.007 g/ind in March to 2.06 g/ind in September (fig. 7C). Likewise, *S. scovelli* had minimum values of density, 0.0002 ind/m<sup>2</sup>, and biomass, 0.00004 g/m<sup>2</sup>, in May, and maximum values of density, 0.0058 ind/m<sup>2</sup>, and biomass, 0.0018 g/m<sup>2</sup>, in October (fig. 7A, B). The lowest average weight was observed in May, of 0.27 g/ind, and the highest in March, of 0.57 g/ind (fig. 7C). According to the statistical analysis of the abundance between the species, no significant differences were found for density ( $P > 0.05$ ); however, significant differences were found for biomass and average weight ( $P < 0.05$ ), with a predominance of *S. louisianae*.

## DISCUSSION

Tamiahua Lagoon has environments of submerged vegetation made up of *H. wrightii* and *R. maritima*, which are important refuge, feeding and breeding areas for many fish. The presence of seagrasses, polychaetes, mollusks and certain fishes reflects a stable habitat for marine species and, for this reason, many fish have wide areas of distribution that extend from the sea to inside the lagoons. Many authors have discussed in detail the fish/habitat relationship in ecosystems that have areas of seagrass and mangroves, and suggest that there are particular species that typify these areas (Vargas-Maldonado *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia and Lara-Domínguez, 1983; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985; Díaz-Ruiz *et al.*, 1996).

The species that make up the fish communities in tropical coastal ecosystems are known to have varied biological and ecological strategies (i.e., growth, refuge, feeding, breeding) in the use of the habitats (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985, 1988). These strategies are closely related to the optimum use of the resources of the ecosystems and are reflected in the seasonal



**Figura 7.** Variación anual de la abundancia de *Syngnathus louisianae* y *S. scovelli* en la Laguna de Tamiahua. (A) Densidad (ind/m<sup>2</sup>), (B) biomasa (g/m<sup>2</sup>) y (C) peso promedio (g/ind).

**Figure 7.** Annual variation of abundance of *Syngnathus louisianae* and *S. scovelli* in Tamiahua Lagoon. (A) Density (ind/m<sup>2</sup>), (B) biomass (g/m<sup>2</sup>) and (C) average weight (g/ind).

relación peces/hábitat en ecosistemas con zonas de pastos marinos y manglares, y sugieren que algunas especies en particular tipifican estas áreas (Vargas-Maldonado *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1983; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985; Díaz-Ruiz *et al.*, 1996).

Se conoce que las especies que componen las comunidades de peces en ecosistemas

changes of distribution and abundance of the species (Hook, 1991; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1993). These characteristics are evident in Tamiahua Lagoon, since it has contrasting habitats in which a large variety of species occur, but not in the same habitat nor at the same time, resulting in a differential distribution. At the same time, the coexistence of species with similar biological and ecological

costeros tropicales presentan variadas estrategias biológicas y ecológicas (i.e., crecimiento, protección, alimentación, reproducción) en el uso de los hábitats (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985, 1988). Estas estrategias están estrechamente relacionadas con el óptimo aprovechamiento de los recursos del ecosistema y se reflejan en los cambios estacionales de distribución y abundancia de las especies (Hook, 1991; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1993). Estas características son evidentes en la Laguna de Tamiahua, ya que posee diversos hábitats contrastantes, en los cuales se distribuyen una gran variedad de especies que no ocurren en un mismo hábitat y a un mismo tiempo, lo que determina una distribución diferencial. A su vez, la coexistencia de especies con hábitos biológicos y ecológicos similares en un mismo hábitat, como los peces pipa, determina que se presenten diferentes patrones y tiempos de utilización a través de sus ciclos de vida, lo cual permite una mejor repartición del espacio y alimento, compitiendo con éxito dentro del sistema (Huh y Kitting, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988, 1993).

### Distribución

Los peces pipa presentaron patrones de distribución diferentes en las áreas de pastos marinos, donde la estructura de la población de cada especie fue distinta en las estaciones de recolección y las épocas del año (figs. 2, 3, 4). *Syngnathus louisianae* está bien representada en las épocas de lluvias y secas; tanto los juveniles como los adultos de esta especie utilizan áreas de vegetación sumergida en estas épocas del año a través de su ciclo de vida. Sin embargo, existe una separación entre el tamaño de los individuos, localizándose los adultos en la porción suroriental (estación 6) de la laguna y los juveniles en la porción central (estaciones 2 y 5), los primeros en la época de lluvias

strategies in the same habitat, such as the pipefishes, causes them to present different patterns and times of use during their life cycles, which permits a better division of space and food for a successful competition within the system (Huh and Kitting, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988, 1993).

### Distribution

The pipefishes presented different distribution patterns in the seagrass beds. The population structure of each species was different at the sampling stations and during the seasons (figs. 2, 3, 4). *Syngnathus louisianae* is well represented in the rainy and dry seasons. Both the juveniles and adults of this species use areas of submerged vegetation in these seasons during their life cycle. However, there is a separation of the sizes of the individuals. The adults occurred in the southeastern part (station 6) during the rainy season, when the average salinity decreased (18.6‰) and the average temperature was 29.7°C. The juveniles occurred in the central part (stations 2 and 5) during the dry season, when average salinity and temperature were 19.7‰ and 28.5°C, respectively. Kilby (1955) caught adults (164mm TL) in marshes of Florida with a salinity of 31.1‰ and temperature of 25°C, while Dawson (1972) observed adults (280 mm SL) and juveniles (101 mm SL) on the Mississippi coast in salinities of 13.1–36.5‰ and temperatures of 12.4–30.8°C. The distribution of sizes of *S. scovelli* was inverse to that of *S. louisianae*. The adults were recorded in the central part (stations 2 and 5) where there is greater marine influence (average salinity of 18.2‰ and temperature of 30.8°C), mainly in the rainy season. Juveniles and preadults were mainly caught in areas with marine influence (stations 1, 6 and 8), with an average salinity of 19.4‰ and temperature of 25.7°C, during

cuando la salinidad promedio disminuye (18.6‰) y la temperatura promedio es de 29.7°C, y los segundos en la época de secas cuando se presenta una salinidad y temperatura promedio de 19.7‰ y 28.5°C, respectivamente. Kilby (1955) capturó organismos adultos (164mm LT) en áreas pantanosas de Florida con salinidad de 31.1‰ y temperatura de 25°C, mientras que Dawson (1972), en las costas del Mississippi, observó individuos adultos (280 mm LS) y juveniles (101 mm LS) en salinidades de 13.1–36.5‰ y temperaturas de 12.4–30.8°C. La especie *S. scovelli* presentó un comportamiento inverso a *S. louisianae* en relación con la distribución de tallas en el sistema. Los adultos se registraron en la porción central (estaciones 2 y 5), de mayor influencia marina (salinidad y temperatura promedio de 18.2‰ y 30.8°C), principalmente en la época de lluvias. Individuos juveniles y preadultos fueron capturados principalmente en áreas de influencia marina (estaciones 1, 6 y 8), en salinidades y temperaturas promedio de 19.4‰ y 25.7°C, respectivamente, durante los nortes. Springer y Woodburn (1960) reportaron para la Bahía de Tampa, individuos recolectados en salinidades de 14.1–35.0‰ y temperaturas de 10.0–32.5°C, mientras que Cervigón (1991), en Venezuela, capturó individuos en lagunas hipersalinas, con salinidades de 44–56‰ en áreas de pastos marinos.

En este estudio el comportamiento anterior refleja que los individuos adultos y preadultos de *S. louisianae* y *S. scovelli* se distribuyen en áreas más profundas (>0.50 m), de influencia marina y protegidas por *H. wrightii*. Los juveniles de *S. scovelli* se distribuyen en áreas someras (<0.50 m) con vegetación sumergida y de mayor influencia dulceacuícola, protegidas por *R. maritima*. Cabe mencionar que ambas especies no se capturaron en la estación 7, debido probablemente a la ausencia de áreas de vegetación sumergida. Kilby (1955) reportó juveniles de *S. scovelli* en áreas de *Ruppia* sp. y

the nortes season. Springer and Woodburn (1960) collected individuals from Tampa Bay in salinities of 14.1–35.0‰ and temperatures of 10.0–32.5°C. Cervigón (1991), on the other hand, caught individuals in hypersaline lagoons of Venezuela, with salinities of 44–56‰ in sea-grass habitats.

The results obtained in this study indicate that the adults and preadults of *S. louisianae* and *S. scovelli* are found in deeper areas (>0.50m), with marine influence and protected by *H. wrightii*. The juveniles of *S. scovelli* occur in shallow areas (<0.50 m), with submerged vegetation and greater fresh-water influence, protected by *R. maritima*. It should be mentioned that neither species was caught at station 7, probably because there are no areas of submerged vegetation. Kilby (1955) reported juveniles of *S. scovelli* in areas of *Ruppia* sp. and adults of *S. louisianae* in deeper areas with sandy bottoms; the latter has also been caught at depths of 18 m in coastal areas of Mississippi (Dawson, 1972).

### Abundance

Both juveniles and adults of *S. louisianae* and *S. scovelli* were recorded throughout the year in protected areas with submerged vegetation. However, the results show that the maximum values of abundance of these species appear in different climatic seasons and are related to the life cycle of each species (figs. 5, 6). This suggests a seasonal variation of small and large individuals of both species, which is reflected in the biomass and average weight throughout the year. From this, the statistical differences that occurred between the previous parameters are due to the size that each species attains, which is reflected in the biomass of the individuals (fig. 7). At the same time, the lower abundance of *S. scovelli* in the system is reflected in a lower average weight of the species, which is apparently related to its

adultos de *S. louisianae* en áreas más profundas sobre fondo arenoso; esta última especie también ha sido capturada en profundidades de 18 m en áreas costeras del Mississippi (Dawson, 1972).

### Abundancia

Tanto individuos juveniles como adultos de *S. louisianae* y *S. scovelli* se registraron durante todo el año en áreas protegidas de vegetación sumergida. Sin embargo, el análisis de los resultados muestra que los valores máximos de abundancia de estas especies se presentan en épocas climáticas diferentes, lo cual se relaciona con el ciclo de vida de cada especie (figs. 5, 6). Este comportamiento sugiere que existe variación estacional de individuos pequeños y grandes de ambas especies, lo cual se refleja en la biomasa y peso promedio a través del año. De lo anterior, las diferencias estadísticas que se presentaron entre los parámetros anteriores se deben al tamaño que alcanza cada especie, lo cual se refleja en la biomasa de los individuos (fig. 7). Al mismo tiempo, la menor abundancia numérica de *S. scovelli* en el sistema se refleja en un menor peso promedio de la especie, lo que parece estar relacionado con las adaptaciones que tiene para utilizar ambientes de mayor salinidad (Kilby, 1955; Cervigón, 1991).

*Syngnathus louisianae* presenta valores altos de biomasa ( $0.0127 \text{ g/m}^2$ ) y densidad ( $0.0070 \text{ ind/m}^2$ ) durante el mes de julio, cuando la precipitación es alta y los niveles de producción primaria son elevados (Contreras *et al.*, 1996). Sin embargo, *S. scovelli* presenta los máximos valores ( $0.0018 \text{ g/m}^2$  y  $0.0058 \text{ ind/m}^2$ ) en la época de nortes, cuando la temperatura y transparencia son bajas. En ambas especies, el peso promedio de las poblaciones fue inverso a la biomasa, con valores bajos en julio y octubre, representados por individuos preadultos y adultos. Los individuos juveniles

adaptability to environments of higher salinity (Kilby, 1955; Cervigón, 1991).

*Syngnathus louisianae* presented high values of biomass ( $0.0127 \text{ g/m}^2$ ) and density ( $0.0070 \text{ ind/m}^2$ ) in July, when there is considerable rainfall and elevated levels of primary production (Contreras *et al.*, 1996). However, *S. scovelli* presented maximum values ( $0.0018 \text{ g/m}^2$  and  $0.0058 \text{ ind/m}^2$ ) during the nortes season, when temperature and transparency are low. In both species, the average weight of the populations was inverse to that of biomass, with low values in July and October, represented by preadults and adults. Juveniles of *S. louisianae* and *S. scovelli* dominated during the dry season (March) and nortes (October), respectively, and used the seagrass beds for feeding and breeding. Similar patterns have been observed by different authors, who report strategies of coexistence among pipefishes in the same area; different biological and ecological strategies have been observed, such as bathymetric separation, differences in feeding, breeding periods and physioenvironmental factors (Herald, 1965; Dawson, 1972; Huh and Kitting, 1985; Cervigón, 1991).

The distribution and abundance of the pipefishes in Tamiahua Lagoon reflect their strategies of use of habitats with submerged vegetation associated with the physical and environmental characteristics during the climatic seasons of the region. This determines that the species present different spatial and temporal patterns of use, which permit a better division of the space and food for a successful competition within the system. This behavior has been shown in similar studies of other tropical estuarine lagoon systems (Livingston, 1985; Hook, 1991; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1993).

Future studies on the life cycles of these species will provide a more precise understanding of their biology and ecology, as well as of their importance in the structure and



de *S. louisianae* y *S. scovelli* predominaron en las épocas de secas (marzo) y nortes (octubre), respectivamente, y utilizaron los pastos marinos como áreas de alimentación y crianza. Patrones similares han sido observados por diferentes autores, quienes observaron estrategias de coexistencia para peces pipa en una misma área, presentándose diferentes estrategias biológicas y ecológicas como separación batimétrica, diferencias en alimentación, épocas reproductivas y factores fisicoambientales (Herald, 1965; Dawson, 1972; Huh y Kitting, 1985; Cervigón, 1991).

En la Laguna de Tamiahua, la distribución y abundancia de los peces pipa son reflejo de las estrategias de utilización de los hábitats con vegetación sumergida asociadas con las características físicas y ambientales durante las épocas climáticas de la región. Esto determina que las especies presenten un patrón de uso espacial y temporal diferente, lo cual permite una mejor repartición del espacio y alimento, compitiendo con éxito dentro del sistema. Este comportamiento ha sido señalado en estudios similares de otros sistemas lagunares estuarinos tropicales (Livingston, 1985; Hook, 1991; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1993).

Futuros estudios sobre el conocimiento de los ciclos de vida de estas especies permitirán entender con mayor precisión su biología y ecología, así como su importancia en la estructura y función de las comunidades de peces en sistemas lagunares de México.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Departamento de Hidrobiología, CBS/UAM-I, el apoyo institucional y económico para la realización de este estudio. Estas investigaciones forman parte de los siguientes proyectos: “Biología y ecología de las comunidades de peces en las lagunas costeras de Pueblo Viejo, Tamiahua y

function of the fish communities in lagoon systems of Mexico.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

To the Departamento de Hidrobiología, CBS/UAM-I, for the institutional and financial support of this study. This work is part of the projects: “Biología y ecología de las comunidades de peces en las lagunas costeras de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz”, Hidrobiología/CBS-UAM-I (1994–1995); “Evaluación geoquímica ambiental y diagnosis de la zona costera de Veracruz: Lagunas de Tamiahua, Pueblo Viejo y Tampamachoco”, Hidrobiología/CBS/UAM-I/CONACYT 3232-T9308. Our thanks to the anonymous reviewers for their comments and suggestions.

English translation by Jennifer Davis.

---

Tampamachoco, Veracruz”, Hidrobiología/CBS-UAM-I (1994–1995); “Evaluación geoquímica ambiental y diagnosis de la zona costera de Veracruz: Lagunas de Tamiahua, Pueblo Viejo y Tampamachoco”, Hidrobiología/CBS-UAM-I/CONACYT 3232-T9308. Asimismo, se agradece a los revisores anónimos sus sugerencias y comentarios.

#### REFERENCIAS

- Cervigón, F. (1991). Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques, Caracas, 1: 425 pp.
- Chávez, L.R., Franco, J. y Abarca, L.G. (1987). Distribución y abundancia de las especies marinas de la cuenca central de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, durante el ciclo 1985–1986. Mem. IX Congr. Nal. Zool. (México), 2: 18–26.
- Contreras, E.F. (1988). Las Lagunas Costeras Mexicanas. 2da ed. Centro de Ecodesarrollo, México, 263 pp.

- Contreras, E.F., Castañeda, O., Gutiérrez, F. y Torres, R. (1996). Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Trop.*, 44(2): 417–425.
- Daniel, W. (1997). *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud.* Uthea y Noriega Editores, México, 878 pp.
- Dawson, C.E. (1972). Nektonic pipefishes (Syngnathidae) from the Gulf of Mexico of Mississippi. *Copeia*, (4): 844–848.
- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Pérez-Solís, O. and Macuítl-Montes, C. (1996). Seasonal patterns of distribution and abundance of snappers in the Mexican Caribbean. In: F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos and D. Pauly (eds.), *Biology, Fisheries and Culture of Tropical Groupers and Snappers.* ICLARM Conf. Proc., 48: 449 pp.
- Franco-López, J. y Chávez-López, R. (1992). Síntesis sobre el conocimiento de la ictiofauna de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Hidrobiológica*, 3–4: 53–63.
- Franco-López, J., Saldaña, P., Miranda, J.M. y Butrón, G. (1985). Estudio de los peces de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. *Mem. VIII Congr. Nal. Zool. (México)*, 1: 1–13.
- Fuller, R. and Berglund, A. (1996). Behavioral responses of a sex-role reversed pipefish to a gradient of perceived predation risk. *Behav. Ecol.*, 7(1): 69–75.
- García, E. (1988). *Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen.* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, DF, 346 pp.
- Herald, E.S. (1965). Studies on the Atlantic American pipefishes with descriptions of new species. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 4th Ser., 32: 363–375.
- Herald, E.S. and Dawson, C.E. (1972). A new subspecies of the gulf pipefish, *Syngnathus scovelli makaxi* (Pisces: Syngnathidae). *Copeia* (4): 781–784.
- Hook, J. (1991). Seasonal variation in relative abundance and species diversity of fishes in South Bay. *Contrib. Mar. Sci.*, 32: 127–141.
- Huh, S.H. and Kitting, C.L. (1985). Trophic relationships among concentrated populations of small fishes in seagrass meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 92: 29–43.
- Jones, A.G. and Avise, J.C. (1997). Microsatellite analysis of maternity and the mating system in the gulf pipefish *Syngnathus scovelli*, a species with male pregnancy and sex-role reversal. *Mol. Ecol.*, 6(3): 203–213.
- Kilby, J.D. (1955). The fishes of two gulf coastal marsh areas of Florida. *Tulane Studies in Zoology*, 2(8): 175–247.
- Kobelkowsky-Díaz, A. (1985). Los peces de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Biótica*, 10(2): 145–156.
- Livingston, R.J. (1985). Organization of fishes in coastal seagrass systems: The response to stress. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.), *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration.* Universidad Nacional Autónoma de México, DF, 654 pp.
- Reséndez-Medina, A. (1974). Estudio de los peces de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Aut. México, Ser. Cienc. del Mar y Limnol.*, 41(1): 79–146.
- Reséndez-Medina, A. y Kobelkowsky-Díaz, A. (1991). Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México. *Universidad y Ciencia*, 8(15): 91–110.
- Springer, V.G. and Woodburn, K.D. (1960). An ecological study of the fishes of the Tampa Bay area. *Fla. Dept. Nat. Resour. Mar. Res. Lab. Prof. Pap. Ser.*, 1: 1–104.
- Vargas-Maldonado, I., Yáñez-Arancibia, A. y Amezcua-Linares, F. (1981). Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, sur del Golfo de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Aut. México*, 8(1): 241–246.
- Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Domínguez, A. (1983). Dinámica ambiental de la boca de Estero Pargo y estructura de sus comunidades de peces en cambios estacionales y ciclos de 24 horas (Laguna de Términos, sur del Golfo de México). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Aut. México*, 10(1): 85–116.
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A., Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S., Amezcua-Linares, F., Flores-Hernández, D. and Chavance, P. (1985). Ecology of dominant fish populations in tropical estuaries: Environmental factors regulating

- biological strategies and production. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.), *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. Universidad Nacional Autónoma de México, DF, 654 pp.
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A., Rojas-Galaviz, J., Sánchez-Gil, P., Day, J. and Madden, C. (1988). Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (southern Gulf of Mexico). *J. Fish. Biol.*, 33 (Suppl. A): 191–200.
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A. and Day, J.W. (1993). Interactions between mangrove and seagrass habitats mediated by estuarine nekton assemblages: Coupling of primary and secondary production. *Hydrobiologia*, 264: 1–12.