

# El Colegio de la Frontera Sur

## Hábitats críticos para el reclutamiento de larvas planctónicas de peces en el delta Grijalva - Usumacinta

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Wendi del Carmen Arévalo Frías

2008

# ÍNDICE

Introducción .....	1
Objetivos .....	5
Método .....	6
Resultados .....	10
Discusión.....	21
Conclusiones.....	25
Referencias bibliográficas .....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.- Clasificación taxonómica de las larvas encontradas en el delta Grijalva-Usumacinta .....	13
Tabla II.- Variación temporal de la abundancia de larvas planctónicas de familias de peces en el delta Grijalva-Usumacinta. ....	14
Tabla III.- Densidad de larvas por punto de muestreo en el delta Grijalva-Usumacinta. ....	14
Tabla IV.- Abundancia relativa porcentual de los taxa encontrados en los puntos costeros del río Grijalva. ....	15
Tabla V.- Abundancia relativa porcentual de los taxa encontrados en los puntos dulceacuícolas del río Grijalva. ....	16
Tabla VI.- Diversidad de larvas planctónicas de peces por mes en el delta Grijalva-Usumacinta.....	17
Tabla VII.- Diversidad de larvas planctónicas de peces por punto de muestreo en el delta Grijalva-Usumacinta.....	17
Tabla VIII.- Variación de la salinidad en los puntos muestreados.....	18
Tabla IX.- Variación de la temperatura del agua (°C) en los puntos muestreados.....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.- Puntos de origen de las muestras de zooplancton.....	9
Fig. 2.- Riqueza de especies analizada a través de la técnica de rarefacción.....	19
Fig. 3.- Ordenación de las especies con respecto a los parámetros físico-químicos .....	20
Fig. 4.- Ordenación de las muestras con respecto a los parámetros físico-químicos .....	20

## DEDICATORIA

*A Tvo Alessandro  
Con todo mi amor*

*A mis padres  
por brindarme su apoyo  
en todo momento*

*A mis amigos,  
con quienes he compartido  
múltiples experiencias*

# AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su amor y apoyo incondicional, y a toda mi familia.

A la International Foundation for Science, institución que financió el proyecto del que derivaron los datos para este trabajo.

Al Colegio de la Frontera Sur y al CONACYT por haberme permitido la realización de la maestría y culminar con esta tesis.

A mi tutor Dr. Manuel Mendoza Carranza, quien siempre estuvo allí para guiarme por el camino correcto, y a estar más cerca de mis metas profesionales.

A mis asesores, Dr. Luis Gerardo Abarca Arenas y Dr. Laura Carrillo Bibriezca, por sus acertados comentarios.

A mi sinodal Dr. Pablo Jorgensen por haber tenido la paciencia suficiente y tolerar mi “rebeldía académica” y sobre todo por haber puesto tanto empeño en mejorar mi formación.

Al Dr. César Flores Coto por apoyarnos con información básica para el desarrollo del trabajo.

A mis amigos y compañeros de la maestría, por su gran amistad y apoyo, a Ángel (también por su ayuda en el campo), Sheila, Alejandra, Alfonso, Meriely y Judith; a Martha Alicia por los buenos momentos que hemos compartido.

A Carlos Raúl por su incansable apoyo, motivación y por hacerme sonreír aun en mis momentos más difíciles.

A Rosa Griselda Juárez y Elsy Consuelo Segura Bertolini por su ayuda en campo.

Al Dr. Cigüeñal, Mincho, Gustavo y demás personas que nos ayudaron en los muestreos.

Gracias a aquellas personas que de una u otra forma han pasado por mi vida dejando su huella y que no menciono acá, ustedes también han sido parte importante de mi vida, me han ayudado a crecer y eso no tiene valor...

También gracias a aquellas personas que bastante tierra me echaron, ustedes me han hecho mejor persona...

A todos, mil gracias

## RESUMEN

La determinación del valor de ciertos hábitats como áreas de crianza para larvas de peces es importante principalmente para la industria pesquera y para el ecosistema en general. Las zonas de manglar, pastos marinos y de marismas son atribuidos generalmente como hábitats idóneos para proveer de alimento y protección a las larvas de peces y otros organismos, sin embargo, puede haber variaciones a este respecto. Se realizaron colectas mensuales de zooplancton por espacio de un año en 6 puntos del río Grijalva, tres en áreas costero-marinas y tres río arriba, uno en zona de manglar, otro sobre mantos de *Vallisneria americana* y uno más en ambiente ribereño. Fueron analizadas la variación temporal de la abundancia de especies y su relación con parámetros ambientales para determinar zonas críticas para el reclutamiento de larvas planctónicas de peces. Se identificaron 8,738 larvas planctónicas de peces, distribuidas en 10 órdenes, 24 familias y 35 especies. Los puntos más diversos correspondieron a la zona costero-marina del río Grijalva. Las especies más abundantes fueron *Anchoa mitchilli*, *Anchoa hepsetus*, *Gobiomorus dormitor*, *Elops saurus*, *Gobiosoma sp.* La abundancia máxima de larvas se obtuvo en la boca del río Grijalva principalmente en el mes de noviembre ( $1363 \text{ org m}^{-3}$ ), indicando el periodo reproductivo para la mayor parte de estas especies.

Palabras clave: *Manglar, hábitats críticos, reclutamiento, larvas planctónicas de peces, delta Grijalva-Usumacinta.*

## INTRODUCCIÓN

La fase larvaria de los peces es una de las etapas más importantes y críticas dentro de su ciclo de vida, ya que de esta depende la cantidad de organismos que se reclutarán a la población adulta, determinando el tamaño de las poblaciones futuras (Houde, 1994; James *et al.*, 2003). El flujo de corrientes y mareas afectan la distribución y abundancia de larvas debido a su limitada capacidad de locomoción (Strydom y Wooldridge, 2005). Sin embargo, la selección del hábitat de crianza por los progenitores, la posterior redistribución de larvas entre diferentes hábitats y la vulnerabilidad de las larvas a interacciones biológicas negativas como la depredación también son importantes (Whitfield, 1999; Peterson *et al.*, 2000). Las larvas de peces son fuente de alimento de muchas especies de peces e invertebrados (Civera-Cerecedo *et al.*, 2004), pero la provisión de refugio y alimento para las pequeñas larvas suele disminuir la presión de depredación en hábitats estructuralmente complejos y productivos. En este sentido, los patrones espaciales de distribución de abundancia de larvas de peces puede servir como indicador para evaluar inicialmente el valor potencial de los hábitats que garanticen un mayor éxito en el reclutamiento (Peterson *et al.*, 2000, Gillanders *et al.*, 2003; Sheridan y Hays, 2003). Consecuentemente agentes de perturbación antropogénicos (*e.g.* alteraciones hidrológicas, contaminación ambiental, actividades pesqueras) que promuevan el deterioro de estos hábitats de concentración de larvas de peces posiblemente afectarán la viabilidad de las poblaciones adultas (Whitfield, 1999; Peterson *et al.*, 2000).

Las zonas estuarinas son consideradas generalmente como áreas de refugio, alimentación y reproducción de muchas de las especies que constituyen las pesquerías litorales. Esto determina que los estuarios áreas sean usualmente considerados como zonas prioritarias para su conservación (Heck, 1997; Whitfield, 1999; Blaber, 2002; Sheridan y Hays, 2003). De ahí que el concepto de “maternidades” o áreas de crianza sea un concepto ecológico establecido aceptado por científicos, grupos conservacionistas, manejadores y público y justifica la protección y conservación de éstas áreas (Beck, *et al.*, 2001). Estas zonas constituyen áreas de crianza de muchas especies tanto de importancia comercial como ecológica albergándolas en sus fases larvarias y juveniles (Weinstein, 1979). Sin

embargo, este concepto ha sido utilizado indiscriminadamente lo que dificulta la identificación de hábitats de crianza valiosos (Beck *et al.*, 2003). A este respecto, las áreas de crianza se pueden definir como zonas de alta productividad y que contribuyen con una gran abundancia de juveniles y/o larvas en relación a otros hábitats (Beck *et al.*, 2003). Praderas de pastos marinos, marismas, y manglares son frecuentemente referidas como áreas de crianza debido a la alta productividad primaria y secundaria que presentan (Beck *et al.*, 2001; Sheridan y Hays, 2003), sin embargo su valor como maternidades puede variar geográficamente y esta generalización puede restar importancia a otros hábitats que pueden estar realizando también esta función (Beck *et al.*, 2003).

En México destacan los trabajos que tratan acerca de la abundancia y distribución de ictioplancton en diversas lagunas costeras y estuarios (Flores-Coto y Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982; Álvarez-Cadena, 1983; Flores-Coto *et al.*, 1983; Flores-Coto *et al.*, 1988; Sánchez-Velasco *et al.*, 1996; Flores-Coto *et al.*, 2000; Flores-Coto *et al.*, 1993), sin embargo no detallan los procesos que explican la distribución de las larvas de peces en las zonas estudiadas. Además, la gran mayoría de estos estudios se ha realizado por periodos cortos y en áreas restringidas. Sólo algunos estudios analizan las fluctuaciones estacionales de las asociaciones de larvas de peces para periodos de tiempos mayores (Able 1978, Potter *et al.*, 1986, Allen y Barker, 1990; Drake y Arias, 1991; Aceves-Medina *et al.*, 2003). La duración de los estudios es necesaria para definir periodos reproductivos, y esta información es particularmente escasa en los trópicos. En sistemas tropicales los eventos reproductivos pueden llegar a repetirse durante el año, a diferencia de lo que ocurre en regiones templadas y frías, donde dichos eventos están usualmente restringidos a la primavera y el verano (Kendall *et al.*, 1984).

A pesar de la importancia de las fases tempranas de vida de los peces, existe un gran vacío en el conocimiento de las larvas de peces costeras tropicales; una de las principales causas de ello es su complejidad taxonómica (Quintal-Lizama y Vázquez-Yeomans, 2000). La carencia de información acerca de larvas de peces agua dulce dificulta su identificación (Richards, 1994; Able y Fahay, 1998). Se han realizado descripciones sobre el desarrollo larvario de algunas especies de peces (Flores-Coto *et al.*, 1982; Flores-Coto, 1983; Chavance *et al.*, 1984; Flores-Coto y Zavala-García, 1988; Flores-Coto *et al.*, 1992;



Sánchez-Ramírez y Flores-Coto, 1993; Zavala-García y Flores-Coto, 1994; Flores-Coto *et al.*, 1998), sin embargo, es imperativo un mayor esfuerzo en este sentido.

En Tabasco, el río Grijalva posee áreas de rica producción pesquera de importancia a nivel nacional por las facilidades naturales que ofrecen para su aprovechamiento. Sin embargo, los ecosistemas bajo su influencia sólo han sido investigados parcialmente. En particular, de la ictiofauna sólo se han generado algunos listados de especies para la zona de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, entre los que destacan los trabajos de Páramo (1984), Reséndez y Salvadores (2000). Consecuentemente la información sobre la estructura de la comunidad, el estado de las poblaciones y la ecología de las diversas especies de peces que habitan los ambientes acuáticos del estado de Tabasco y en específico del río Grijalva es muy escasa.

El último cuarto del río Grijalva está enclavado dentro de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y se caracteriza por la diversidad de ambientes que presenta: zonas de influencia marina aledañas a su desembocadura, zonas ribereñas con influencia predominantemente dulceacuícola, lagunas costeras y de agua dulce, pantanos, manglares, áreas permanentemente cubiertas por agua y con cobertura vegetal bentónica y zonas inundables. Muchas de estas zonas sobresalen por la complejidad estructural y elevada productividad de las especies vegetales que las definen (*e.g.* manglares, lechos de macrófitas sumergidas) y que suministran las condiciones esenciales para el desarrollo de especies acuáticas de importancia ecológica y económica, y especialmente para el reclutamiento de larvas y juveniles de peces. Más allá de la fisonomía vegetal que caracteriza a estas zonas, el patrón de distribución de las larvas de peces será lógicamente modificado o influenciado por la dinámica hidrológica del área. Por ende, es esperable un gradiente de especies en el que las más asociadas al agua dulce se encuentren en áreas alejadas de la boca del río mientras que, especies marinas-estuarinas ocupen la zona costera con una amplitud que dependerá de sus afinidades ambientales, ciclo de vida y capacidad de movimiento. Asimismo, se espera que la mayor abundancia y diversidad se encuentre en las zonas con vegetación (manglar o áreas de pastos) ya que son las que aportan mayor protección y disponibilidad de alimento.

La región de estudio se encuentra expuesta a los efectos de la urbanización, contaminación generada río arriba por actividades humanas diversas, y actividades asociadas a la explotación petrolera en gran parte de la región. Por lo tanto, es prioritario determinar las áreas de mayor valor ecológico para el reclutamiento de especies de peces, ya que los impactos sobre estos hábitats tendrán consecuencias potencialmente negativas sobre los rendimientos futuros de las pesquerías en la región (Hoss y Thayer, 1993). Este trabajo tiene como objetivo determinar y comparar la importancia que tienen los ambientes asociados al cauce del Río Grijalva caracterizados a partir de parámetros físico-químicos, como zonas de reclutamiento analizadas en función de la abundancia específica, diversidad y distribución espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces.

## **OBJETIVOS**

- Determinar la abundancia y diversidad de larvas planctónicas de peces y su variación espacio-temporal en el río Grijalva.
- Relacionar la distribución de las larvas planctónicas de peces con los parámetros físico-químicos de los sitios de muestreo.
- Determinar la importancia de diversos hábitats para el reclutamiento de larvas planctónicas de peces.

## MÉTODO

Se realizaron muestreos mensuales por un periodo de un año, de junio de 2004 a mayo de 2005 en seis puntos del río Grijalva en el municipio de Centla, Tabasco (Figura 1). Tres puntos en la desembocadura del río, caracterizados por ambientes salobres-marinos y playas arenosas: Grijalva Oeste (GO) 18°35'08"N 92°42'22"W, Grijalva Boca (GB) 18°36'03"N 92°41'46"W, Grijalva Este (GE) 18°36'52"N 92°41'37"W, y tres puntos río arriba: Arroyo Polo (ARP) 18°30'00"N 92°39'05"W, caracterizado por la presencia de mangle, principalmente *Rizophora mangle*; Tres Brazos (TBZ) 18°24'22"N 92°38'56"W, situado en la unión de los ríos Grijalva y Usumacinta caracterizado por ser una zona netamente ribereña con ausencia de vegetación sumergida y vegetación modificada en sus márgenes principalmente pastizales, y San Pedrito (SPR) 18°21'58"N 92°35'02"W caracterizado por vegetación de pantano, juncos y mantos de *Vallisneria americana*, éstos últimos tres puntos están incluidos dentro de la zona núcleo I de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

Para la colecta del ictioplancton se efectuaron arrastres horizontales desde una lancha de fibra de vidrio W25 (25 pies de eslora) con motor fuera de borda, empleando una estructura de acero diseñada para muestrear en áreas someras y canales (Zavala-García y Flores-Coto, 2005) en la cual se montó una red cónica para zooplancton de 150 cm de largo, con una boca de 50 cm de diámetro y 500  $\mu$ m de luz de malla. Para estimar el volumen de agua filtrado por arrastre se empleó un flujómetro marca General Oceanics®. En cada punto de muestreo se colectaron tres muestras realizando arrastres de cinco minutos en trayectoria circular. Se obtuvo un total de 216 muestras, las cuales fueron fijadas en solución de Formaldehído al 4% y Borato de Sodio como agente neutralizante (Smith y Richardson, 1977).

En cada punto de muestreo, se registró la transparencia con ayuda de un disco de Secchi, la temperatura del agua, salinidad, pH y oxígeno disuelto (mg/l). Las muestras de agua para determinar los parámetros referidos se obtuvieron con una botella van Dorn a una profundidad aproximada de 50 cm, antes y después de los arrastres.

La identificación y separación de los especímenes se realizó separando las larvas de peces de las muestras de zooplancton y con el uso de un microscopio estereoscópico se identificaron hasta el taxón inferior posible apoyándose en las claves de identificación de Álvarez-Cadena y Flores-Coto (1981), Fahay (1983), Flores-Coto *et al.* (1992), Sánchez-Ramírez y Flores-Coto (1993), Richards (1994) y Able y Fahay (1998), posteriormente se contó el número de larvas. Con el material identificado se formó una colección de referencia, que se encuentra depositada en el laboratorio de Recursos acuáticos de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

Las especies identificadas fueron clasificadas de acuerdo al hábitat al cual se asocian basados en la información de Froese y Pauly (2008). La densidad de larvas (número de larvas m<sup>-3</sup>) (Carpenter, 1999) se calculó para cada punto de muestreo, a través del conteo de individuos y en el volumen estimado de agua filtrada (m<sup>3</sup>) en cada arrastre de la red de zooplancton.

Para determinar el volumen del agua filtrada se empleó la siguiente fórmula:

$$m^3 = 2 \times 3.14 (\text{radio de la red m})^2 \left( \frac{\text{revoluciones} \times 26\,873}{999\,999} \right)$$

\* 26 873 es la constante del rotor del flujómetro.

Para la determinación de la diversidad de larvas en los diferentes locales muestreados se empleó el índice de Diversidad de Shannon, además de calcular los índices de dominancia y equitatividad con el paquete estadístico PAST versión 1.82. Además se comparó la riqueza de especies a través de la técnica de rarefacción (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971). Esta técnica compara la riqueza de especies mediante curvas de acumulación que representan el número esperado de especies en función de un número hipotético de individuos colectados. Este número hipotético debe ser menor que la abundancia total de la curva de menor tamaño (Krebs, 1989). La principal ventaja de esta técnica es que al considerar diferencias en el número de individuos colectados en cada zona, nos permite comparar la riqueza específica de ambientes bajo un esfuerzo de muestreo comparable.

Se realizó un análisis de correspondencia canónica para determinar las relaciones entre las especies y las variables ambientales, este método se emplea para extraer gradientes ambientales sintéticos de grupos de datos ecológicos. Estos gradientes son la base para describir y visualizar las preferencias de las especies por diferentes hábitats representados en un diagrama de ordenación asumiendo que la distribución de las especies es una función gaussiana de las variables ambientales (Ter Braak y Verdonshot, 1995; Lepš y Šmilauer, 1999). Este método fue elegido debido a que es apropiado cuando el objetivo es describir cómo responden las especies a un conjunto de variables ambientales observadas (McCune, 1997). El análisis fue realizado con el paquete CANOCO 4.5.

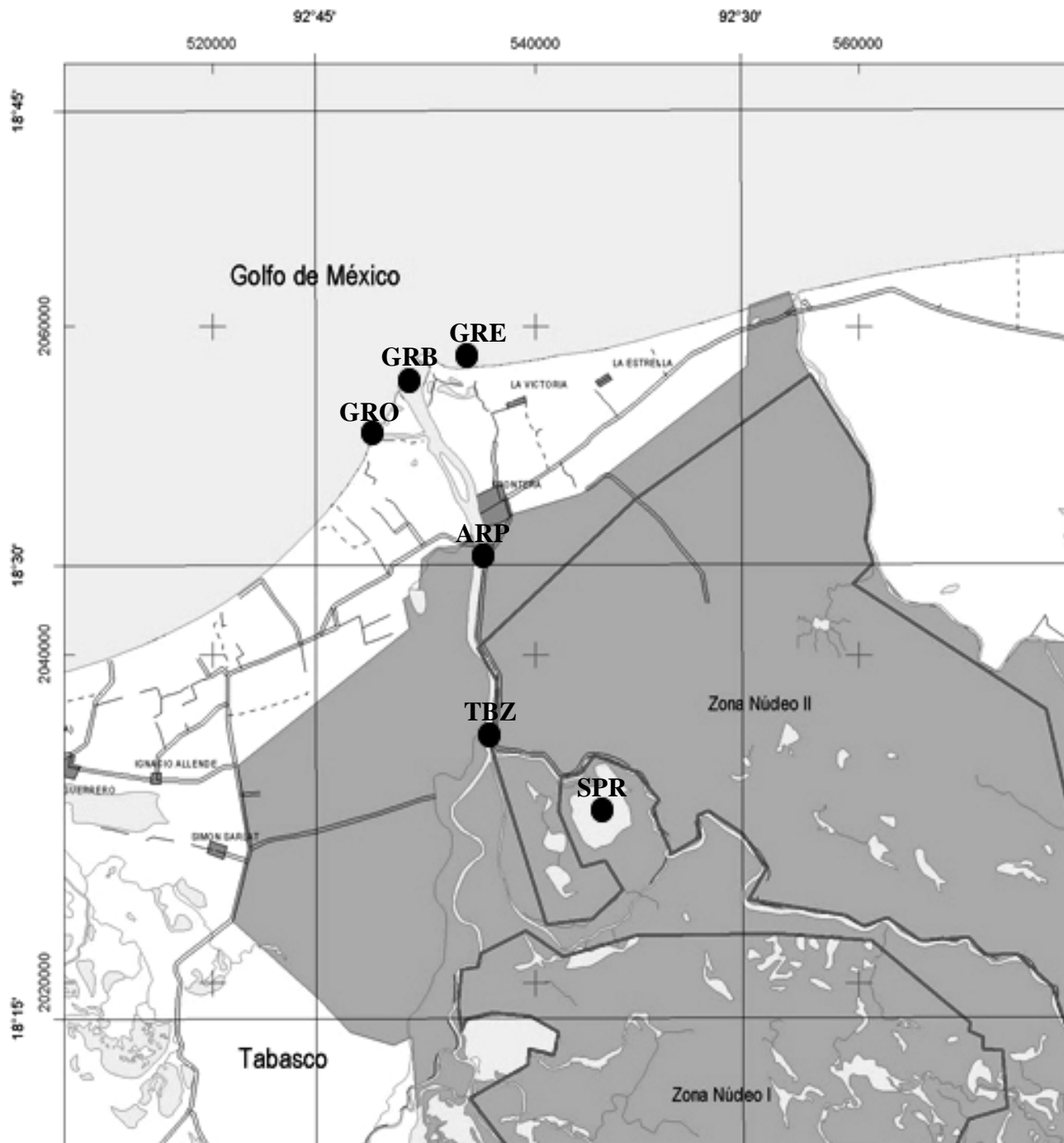


Figura 1. Puntos de origen de las muestras de zooplancton. Grijalva Boca (GRB), Grijalva Oeste (GRO), Grijalva Este (GRE), Arroyo Polo (ARP), Tres Brazos (TBZ) y San Pedrito (SPR). El área sombreada corresponde a la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

## RESULTADOS

Se identificaron 8,738 larvas planctónicas de peces, distribuidas en 10 órdenes, 24 familias y 35 especies (Tabla I). Se registró la ocurrencia de *Micropogonias furnieri*, especie que no había sido reportada anteriormente para el litoral tabasqueño. Las familias presentes todo el año fueron Engraulidae y Gobiidae, Eleotridae estuvo presente en casi todo el año a excepción del mes de marzo. Las familias Synodontidae, Atherinidae, Tetraodontidae, Monacanthidae, Characidae, Cichlidae y Hemiramphidae sólo se registraron en un mes del año cada una (Tabla II). Las familias más abundantes fueron Engraulidae, Gobiidae y Elopidae, las menos abundantes fueron Monacanthidae, Characidae, Cichlidae y Hemiramphidae con un ejemplar cada una.

La mayor densidad de larvas se registró en la boca del río Grijalva en el mes de noviembre ( $1,363 \text{ org } 100 \text{ m}^{-3}$ ) y la menor abundancia se obtuvo en Tres Brazos, durante seis meses menos de un  $\text{org } 100 \text{ m}^{-3}$ ) (Tabla III). De las 35 especies encontradas, 16 son eurihalinas, 10 ocurren tanto en los puntos costeros (con alta influencia salina) como en los de río arriba (de agua dulce), 22 se encontraron sólo en los puntos de costa y 3 solamente en los puntos río arriba (Tablas IV y V). La mayor diversidad ocurrió en junio ( $H' = 2.441$ ) y el mes de menor diversidad ( $H' = 0.2801$ ) fue diciembre (Tabla VI). Los valores de mayor riqueza y diversidad corresponden en general a las áreas costeras, el punto de muestreo más diverso fue Grijalva Este ( $H' = 2.501$ ) y Tres Brazos el menos diverso ( $H' = 0.8807$ ) (Tabla VII). El análisis espacial de la riqueza por medio de la técnica de rarefacción fue en general consistente con el patrón resultante a partir del análisis del índice de diversidad, ya que los puntos de colecta de la zona estuarina fueron los más ricos en especies. A diferencia del índice de diversidad, el análisis de rarefacción indicó que entre los puntos costeros Grijalva Oeste (GRO) presentó el mayor número de especies esperadas ( $E[S]=26$  especies, para un número hipotético común de 653 individuos) (Figura 2a). Entre las zonas muestreadas río arriba, la que presentó un mayor número de especies esperadas ( $E[S]=11$ , para un número hipotético de 35 individuos especies) fue San Pedrito (SPR) (Figura 2b).



La ordenación resultante del análisis de correspondencia canónica (ACC) muestra que los factores más determinantes en la composición de especies de larvas de peces son la salinidad y la temperatura del agua, reflejando la distribución espacial de las mismas. Los dos primeros ejes del ACC representan el 74% de la variabilidad de los datos de la comunidad. La correlación entre las matrices de especies de peces vs. variables ambientales para el eje 1 y 2 es de 0.88 y 0.64 respectivamente.

En los extremos del gradiente definido por los vectores de salinidad y temperatura fueron segregados dos grupos de peces integrados por pocas especies con su óptimo de distribución en aguas cálida, baja salinidad y alta concentración de oxígeno disuelto (O.D.) (*Etropus crossotus*, *Astyanax aeneus* y 5 individuos sin identificar). Las muestras con estas características físicas del agua donde estas especies fueron más abundantes provinieron principalmente de zonas predominantemente dulceacuícolas (Tres Brazos y San Pedrito). En el extremo opuesto del gradiente tuvieron su óptimo de distribución (*Cynoscion arenarius*, *Selene vomer*, y *Sphoeroides maculatus*) con una aparente preferencia por aguas estrictamente marinas caracterizadas también por ser comparativamente frías, todas provenientes de Grijalva Oeste. También en Grijalva Oeste, pero en aguas ligeramente más alcalinas y de menor transparencia, tuvieron su óptimo de distribución un grupo de especies relativamente grande conformado por *Menticirrhus americanus*, *Harengula jaguana*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Opisthonema oglinum*, *Lutjanus synagris*, *Chaetodipterus faber* y *Stephanolepis hispidus*.

El grupo de especies mayoritario tuvo su óptimo de distribución en la región de la desembocadura del río Grijalva y Grijalva Este (*Elops saurus*, *Megalops atlanticus*, Clupeidae, *Anchoa mitchilli*, *Anchoa hepsetus*, Engraulidae, *Synodus foetens*, *Syngnathus sp*, *Achirus lineatus*, *Eucinostomus sp*, *Lutjanus griseus*, *Micropogonias furnieri*, *Hypsoblennius sp*, *Gobiomorus dormitor*, *Gobiosoma sp*, *Gobionellus oceanicus*, Atherinidae, *Archosargus rhomboidalis*, Blenniidae, Gerreidae, *Brevoortia sp.*, *Eugerres plumieri*, *Eugerres sp.*, *Dorosoma petenense*, Cichlidae), de aguas con condiciones físicas difíciles de caracterizar pero predominantemente mesohalinas, relativamente baja

temperatura, y baja transparencia. Un quinto grupo de apenas 3 taxa (Sparidae, *Mugil sp.*, y *Mugil curema*) tuvieron su óptimo de distribución en aguas marinas a ambos lados de la desembocadura del río Grijalva, pero caracterizadas por su transparencia y acidez. Estas y otras especies estuvieron más fuertemente correlacionadas a un gradiente ortogonal (*i.e.* independiente) al de salinidad-temperatura, definido por el pH y la turbidez del agua. En otras palabras, en general las aguas más turbias fueron más alcalinas, pero esta relación fue independiente de la condición de salinidad o temperatura del agua, y del ambiente muestreado (Figuras 3 y 4).



Tabla II. Variación temporal de la abundancia de larvas planctónicas de familias de peces en el delta Grijalva-Usumacinta.

<b>FAMILIA</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>Total</b>
Engraulidae	83	106	65	19	3493	4	109	29	1	14	102	<b>4025</b>
Eleotridae	72	11	28	1	837	510	1	3		4	56	<b>1523</b>
Elopidae	14				1045	3	11	1			8	<b>1082</b>
Gobiidae	45	19	18		750	2	1	17	6	2	1	<b>861</b>
Achiridae	8	147	30	3	186	1	2		10		2	<b>389</b>
Clupeidae	13	71	60	20	69	7	28	10			3	<b>281</b>
Gerreidae	14	92	7	1	20	1	62	1	6		5	<b>209</b>
Sciaenidae	15	36	9		108	4	1				11	<b>184</b>
Megalopidae	5	7	5	1	21						1	<b>40</b>
Syngnathidae	10	4	2	3				1		11	3	<b>34</b>
Lutjanidae	5		1		18		1		2		2	<b>29</b>
Mugilidae	1						16					<b>17</b>
Blenniidae	1	6				1	1	1	1	3		<b>14</b>
Carangidae	8	1	1									<b>10</b>
Paralichthyidae		4				1	3					<b>8</b>
Sparidae	1		2				5					<b>8</b>
Ephippidae	4		2									<b>6</b>
Synodontidae					6							<b>6</b>
Atherinidae	4											<b>4</b>
Tetraodontidae			4									<b>4</b>
Monacanthidae			1									<b>1</b>
Characidae					1							<b>1</b>
Cichlidae				1								<b>1</b>
Hemiramphidae									1			<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>303</b>	<b>504</b>	<b>235</b>	<b>49</b>	<b>6554</b>	<b>534</b>	<b>241</b>	<b>63</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>194</b>	<b>8738</b>

Tabla III. Densidad de larvas por punto de muestreo en el delta Grijalva-Usumacinta. GRB = Grijalva Boca, GRO = Grijalva Oeste, GRE = Grijalva Este, ARP = Arroyo Polo, TBZ = Tres Brazos y SPR = San Pedrito.

<b>Mes</b>	<b># larvas 100 m<sup>-3</sup></b>					
	<b>GRB</b>	<b>GRE</b>	<b>GRO</b>	<b>ARP</b>	<b>TBZ</b>	<b>SPR</b>
Junio	33	34	12	3	23	1
Julio	29	25	37	23	2	1
Agosto	5	15	13	11	5	10
Septiembre	1	4	2	2	<1	1
Noviembre	1363	32	16	1	<1	<1
Diciembre	5	2	117	2	<1	1
Enero	1	22	30	<1	<1	1
Febrero	<1	1	10	6	<1	<1
Marzo	<1	2	3	1	<1	<1
Abril	2	2	2	<1	7	<1
Mayo	1	21	18	1	1	2

Tabla IV. Abundancia relativa porcentual de los taxa encontrados en los puntos costeros del río Grijalva. GRB = Grijalva Boca, GRO = Grijalva Oeste, GRE = Grijalva Este. Los taxa sombreados corresponden a especies presentes tanto en puntos de costa como río arriba.

TAXA	GRB	GRO	GRE
<i>Anchoa mitchilli</i> <sup>bB</sup>	52.33	2.46	11.79
<i>Gobiomorus dormitor</i> <sup>b2A</sup>	12.19	43.27	17.92
<i>Elops saurus</i> <sup>b3B</sup>	15.88	0.97	3.83
<i>Gobiosoma sp</i> <sup>2A</sup>	10.61	2.99	12.40
<i>Achirus lineatus</i> <sup>3B</sup>	2.95	12.58	7.81
<i>Anchoa hepsetus</i> <sup>1B</sup>	0.53	17.94	10.41
Clupeidae <sup>A</sup>	1.43	3.78	2.60
<i>Micropogonias furnieri</i> <sup>c2B</sup>	1.66	2.02	0.15
<i>Eucinostomus sp</i> <sup>3A</sup>	0.41	0.26	11.94
Gerreidae <sup>A</sup>	0.26	3.17	5.82
<i>Brevoortia sp</i> <sup>1B</sup>	0.00	1.50	5.05
<i>Megalops atlanticus</i> <sup>b3A</sup>	0.52	0.35	0.31
<i>Cynoscion sp</i> <sup>2A</sup>	0.23	1.58	0.92
<i>Gobionellus oceanicus</i> <sup>b2A</sup>	0.05	0.26	3.68
<i>Lutjanus griseus</i> <sup>b3A</sup>	0.27	0.09	0.61
Engraulidae <sup>A</sup>	0.05	1.67	0.00
<i>Syngnathus sp</i> <sup>2A</sup>	0.18	0.44	0.61
<i>Mugil curema</i> <sup>a3A</sup>	0.00	0.18	1.53
<i>Hypsoblennius sp</i> <sup>2C</sup>	0.02	0.62	0.46
<i>Opisthonema oglinum</i> <sup>C</sup>	0.00	0.79	0.15
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> <sup>1B</sup>	0.02	0.70	0.00
<i>Cynoscion arenarius</i> <sup>2B</sup>	0.02	0.70	0.00
<i>Etropus crossotus</i> <sup>c2B</sup>	0.11	0.00	0.00
Sparidae <sup>A</sup>	0.03	0.00	0.77
<i>Chaetodipterus faber</i> <sup>c3B</sup>	0.03	0.35	0.00
<i>Lutjanus synagris</i> <sup>3C</sup>	0.02	0.44	0.00
<i>Synodus foetens</i> <sup>3B</sup>	0.09	0.00	0.00
<i>Mugil sp</i> <sup>a3A</sup>	0.00	0.00	0.77
Atherinidae <sup>A</sup>	0.05	0.00	0.15
<i>Eugerres sp</i> <sup>2A</sup>	0.05	0.09	0.00
<i>Sphoeroides maculatus</i> <sup>2B</sup>	0.00	0.35	0.00
<i>Menticirrhus americanus</i> <sup>c2B</sup>	0.00	0.26	0.00
<i>Eugerres plumieri</i> <sup>2A</sup>	0.03	0.00	0.00
<i>Archosargus rhomboidalis</i> <sup>3B</sup>	0.02	0.00	0.00
Blenniidae <sup>A</sup>	0.02	0.00	0.00
<i>Harengula jaguana</i> <sup>3B</sup>	0.00	0.09	0.00
<i>Stephanolepis hispidus</i> <sup>3C</sup>	0.00	0.00	0.15
<i>Selene vomer</i> <sup>2B</sup>	0.00	0.09	0.00
Sin identificar	0.00	0.00	0.15

<sup>a</sup> Catádromo, <sup>b</sup> Anfídromo, <sup>c</sup> Oceanódromo

<sup>1</sup> Pelágico, <sup>2</sup> Demersal, <sup>3</sup> Asociado a arrecifes

<sup>A</sup> Agua dulce, salobre, marino; <sup>B</sup> Salobre, marino, <sup>C</sup> Marino

Fuente: Froese R. y D. Pauly (2007)

Tabla V. Abundancia relativa porcentual de los taxa encontrados en los puntos río arriba. ARP = Arroyo Polo, TBZ = Tres Brazos y SPR = San Pedrito. Los taxa sombreados corresponden a especies presentes en los puntos de costa y río arriba.

TAXA	ARP	TBZ	SPR
<i>Anchoa hepsetus</i> <sup>1B</sup>	51.58	24.16	31.43
<i>Gobiomorus dormitor</i> <sup>b2A</sup>	3.68	69.13	5.71
Clupeidae <sup>A</sup>	26.84	1.34	28.57
<i>Syngnathus sp</i> <sup>2A</sup>	4.74	0.67	8.57
<i>Gobionellus oceanicus</i> <sup>b2A</sup>	3.16	2.01	8.57
<i>Gobiosoma sp</i> <sup>2A</sup>	2.63	0.00	2.86
Sin identificar	0.53	2.01	2.86
<i>Dorosoma petenense</i> <sup>d</sup>	1.58	0.00	0.00
Engraulidae <sup>A</sup>	1.58	0.00	0.00
<i>Eucinostomus sp</i> <sup>3A</sup>	1.58	0.00	0.00
<i>Hypsoblennius sp</i> <sup>2C</sup>	1.05	0.00	0.00
<i>Achirus lineatus</i> <sup>3B</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Astyanax aeneus</i> <sup>3</sup>	0.53	0.00	0.00
Cichlidae <sup>3</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Elops saurus</i> <sup>b3B</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Etropus crossotus</i> <sup>c2B</sup>	0.00	0.00	2.86
Gerreidae <sup>A</sup>	0.00	0.67	0.00
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> <sup>c3B</sup>	0.53	0.00	0.00

<sup>a</sup> Catádromo, <sup>b</sup> Anfídromo, <sup>c</sup> Oceanódromo, <sup>d</sup> Anádromo

<sup>1</sup> Pelágico, <sup>2</sup> Demersal, <sup>3</sup> Asociado a arrecifes

<sup>A</sup> Agua dulce, salobre, marino; <sup>B</sup> Salobre, marino, <sup>C</sup> Marino

Fuente: Froese R. y D. Pauly (2007)

Tabla VI. Diversidad de larvas planctónicas de peces por mes en el delta Grijalva-Usumacinta.

	JUN	JUL	AGO	SEP	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
<b>No. de Taxa</b>	24	16	21	9	16	11	14	9	8	6	14
<b>No. de Individuos</b>	303	504	237	49	6554	534	241	65	27	36	194
<b>Shannon</b>	2.441	2.042	2.20	1.592	1.457	0.2801	1.609	1.505	1.695	1.502	1.631
<b>Dominancia D</b>	0.1359	0.1752	0.1588	0.2761	0.3335	0.9124	0.2896	0.2951	0.2318	0.2701	0.2918
<b>Equitatividad</b>	0.4787	0.4816	0.4299	0.5462	0.2684	0.1203	0.357	0.5004	0.6812	0.7484	0.3649

Tabla VII. Diversidad de larvas planctónicas de peces por punto de muestreo en el delta Grijalva-Usumacinta. GRB= Grijalva Boca, GRO= Grijalva Oeste, GRE= Grijalva Este, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos y SPR= San Pedrito.

	GRB	GRE	GRO	ARP	TBZ	SPR
<b>No. de Taxa</b>	29	24	29	13	7	11
<b>No. de Individuos</b>	6580	653	1137	190	149	35
<b>Shannon</b>	1.536	2.501	2.011	1.493	0.8807	1.916
<b>Dominancia D</b>	0.3266	0.1026	0.2407	0.3443	0.5373	0.2033
<b>Equitatividad</b>	0.1602	0.5083	0.2576	0.3422	0.6176	0.3447

Tabla VIII. Variación de la salinidad (ups) en los puntos muestreados.

	<b>Grijalva Boca</b>	<b>Grijalva Oeste</b>	<b>Grijalva Este</b>	<b>Arroyo Polo</b>	<b>Tres Brazos</b>	<b>San Pedrito</b>
Junio	6.6	28.3	0	0	0	0
Julio	0	28.3	12.5	0	0	0
Agosto	14.5	36.2	16.5	0	0	0
Septiembre	0.0	12.5	0.7	0	0	0
Noviembre	10.5	28.3	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0.7
Enero	4.6	36.2	16.5	0	0	0
Febrero	0.7	16.5	2.7	0	0	0
Marzo	4.6	16.5	4.6	0.7	-	-
Abril	4.6	4.6	2.7	0.7	0	0
Mayo	4.6	28.3	16.5	0.7	0	0

Tabla IX. Variación de la temperatura del agua (°C) en los puntos muestreados.

	<b>Grijalva Boca</b>	<b>Grijalva Oeste</b>	<b>Grijalva Este</b>	<b>Arroyo Polo</b>	<b>Tres Brazos</b>	<b>San Pedrito</b>
Julio	29.5	28.4	29.2	30.4	30.5	32.9
Agosto	27.5	24.3	27	30	31.7	30
Septiembre	29.9	30.9	29.6	29.8	29.4	30.2
Noviembre	27.5	28.2	27.4	26.6	27.0	26.4
Diciembre	24	24.6	23.8	22.8	24	22.0
Enero	25.6	24.3	25.0	26.5	26.2	27.5
Febrero	27.4	25.7	27.3	28.6	29.1	28.3
Marzo	29.4	28.4	28.4	29.9	-	-
Abril	27.8	28.2	28.5	29.4	30.6	31.2
Mayo	30.0	27.5	29.2	30.0	32.2	32.1
Junio	27.9	24	28.4	30.5	29.9	31.4



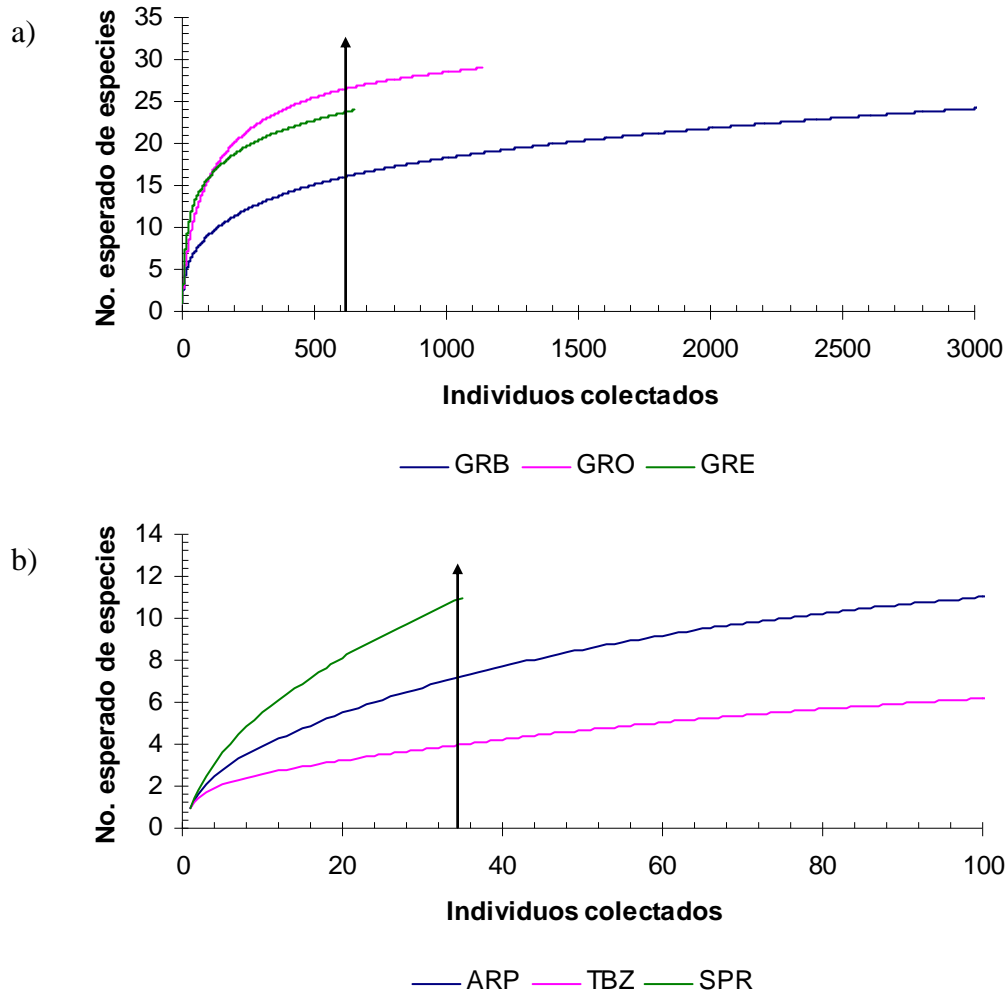
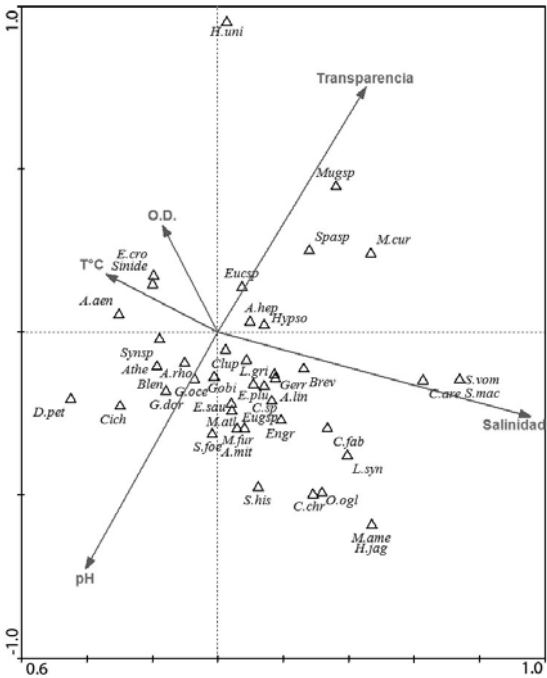


Figura 2. Riqueza de especies analizada a través de la técnica de rarefacción donde una recta perpendicular al eje de las abscisas indica el número esperado de especies. a)  $E[S]$  para 653 individuos (GRB = Grijalva Boca, GRO = Grijalva Oeste y GRE = Grijalva Este). b)  $E[S]$  para 35 individuos. (ARP = Arroyo Polo, TBZ = Tres Brazos y SPR = San Pedrito).



E.sau = *Elops saurus*, M.atl= *Megalops atlanticus*, H.jag= *Harengula jaguana*, O.ogl= *Opisthonema oglinum*, Clup= Clupeidae, A.mit= *Anchoa mitchilli*, A.hep= *Anchoa hepsetus*, Engr= Engraulidae, S.foe= *Synodus foetens*, M.cur= *Mugil curema*, Mugsp= *Mugil sp.*, Synsp= *Syngnathus sp.*, E.cro= *Etropus crossotus*, Spasp= Sparidae, A.lin= *Achirus lineatus*, C.chr= *Chloroscombrus chrysurus*, Eucsp= *Eucinostomus sp.*, L.gri= *Lutjanus griseus*, L.syn= *Lutjanus synagris*, C.are= *Cynoscion arenarius*, M.fur= *Micropogonias furnieri*, Hypso= *Hypsoblennius sp.*, G.dor = *Gobiomorus dormitor*, Gobi= *Gobiosoma sp.*, G.oce= *Gobionellus oceanicus*, C.fab= *Chaetodipterus faber*, Sinide= Sin identificar, H.uni= *Hyporhamphus unifasciatus*, A.aen= *Astyanax aeneus*, Athe= Atherinidae, A.rho= *Archosargus rhomboidalis*, Blen= Blenniidae, Gerr= Gerreidae, Brev= *Brevoortia sp.*, S.mac= *Sphoeroides maculatus*, S.vom= *Selene vomer*, E.plu= *Eugerres plumieri*, Eugsp= *Eugerres sp.*, D. pet= *Dorosoma petenense*, Cich= Cichlidae, S.his= *Stephanolepis hispidus*, M.ame= *Menticirrhus americanus*.

Figura 3. Ordenación simple resultante del ACC de las especies con respecto a los parámetros físico-químicos. Se indican los parámetros fisicoquímicos, como vectores irradiando del centroide, y los taxa de los peces. La longitud de los vectores representa la fuerza de la tendencia, y el ángulo entre pares de vectores refleja la correlación entre las respectivas variables. Las etiquetas de los peces en el plano localizan su óptimo de distribución.

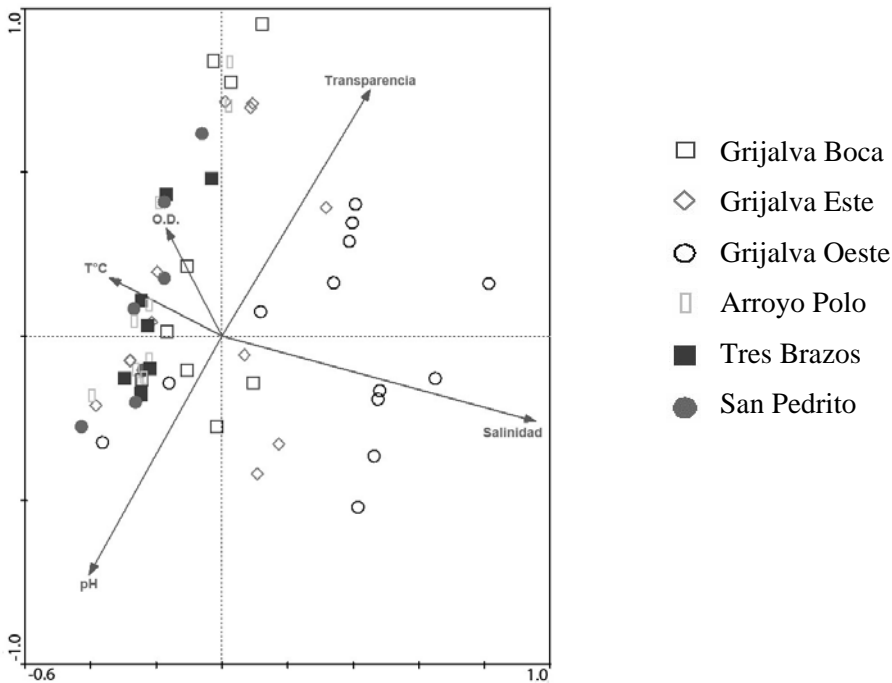


Figura 4. Ordenación simple resultante del ACC de las muestras con respecto a los parámetros físico-químicos, indicando los parámetros fisicoquímicos, como vectores irradiando del centroide, y el origen de las unidades de muestreo. Los símbolos corresponden a los puntos de muestreo.

## DISCUSIÓN

Para la región de estudio, los únicos datos conocidos de la composición ictiofaunística de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, reportan 24 familias y 52 especies de peces (Reséndez y Salvadores, 2000). Del total, sólo *Gobiomorus dormitor*, *Dorosoma petenense* y un representante de la familia Cichlidae fueron observadas durante el periodo de muestreo en el área abarcada por el presente trabajo. Esta diferencia podría deberse principalmente a que Reséndez y Salvadores (2000) colectaron únicamente peces de agua dulce juveniles y adultos restringidos al área delimitada por el perímetro de la reserva, excluyendo importantes zonas con influencia marina. Algunas de estas especies presentan ontogenia directa, como es el caso de los poecílidos, arídeos y algunas especies de cíclidos, entre otros (Kendall *et al.*, 1984). Sin embargo, la composición de familias encontradas y su abundancia es similar a las reportadas por Flores-Coto y Álvarez-Cadena (1980) para Laguna de Términos, Flores-Coto y Méndez-Vargas (1982) para la laguna de Alvarado y Román-Hernández *et al.* (2006) para la laguna de Tampamachoco, Veracruz, sistemas costeros de importancia en el Golfo de México.

Los picos de abundancia registrados para las familias Engraulidae, Eleotridae, Elopidae, Gobiidae, Achiridae y Gerreidae durante los meses de noviembre y diciembre indican eventos reproductivos y de intenso reclutamiento de larvas en el sistema Grijalva-Usumacinta. Para el caso específico de *Anchoa mitchilli*, los desoves ocurren entre invierno y primavera a temperaturas de 22 a 33°C, salinidades de 14 a 35 UPS. Esto es consistente con observaciones de Gaspar-Dillanes *et al.* (1986), quienes han relacionado la abundancia de esta especie con elevada salinidad, baja temperatura y transparencia. *Gobiomorus dormitor* tiene un periodo extendido de reproducción de mayo a noviembre (Hernández-Saavedra, *et al.*, 2004) y aunque su importancia económica es solamente local, juega un papel importante dentro de la trama trófica como fuente de alimento para peces de gran tamaño (Delgado y Stedman, 2004). *Elops saurus* se reproduce todo el año, principalmente en otoño, no es de importancia a nivel local aunque en otras regiones es de importancia en la pesca deportiva (Zale, 1989). Para el caso de *Gobiosoma* sp., la abundancia máxima de larvas se observó en el mes de noviembre existiendo una clara diferencia en cuanto a los picos de abundancia observados por Massman, *et al.* (1963) quienes los reportan en los meses de mayo y junio. Sin embargo, los autores no reportan valores de temperatura y salinidad que ayudan a comprender la variación temporal del pico de abundancia en el área

estudiada; Vizziano, *et al.* (2002) registran la reproducción de *M. furnieri* a finales de primavera en Paraguay; coincidiendo con los picos de abundancia observados en este estudio.

Con base en lo anterior y de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia y abundancia y el ciclo de vida reportado para las especies, se pueden definir dos grupos principales de larvas. Al primer grupo lo conforman las que emplean el estuario como área de crecimiento y residencia, como es el caso de engráulidos, góbidos, eleótridos, y achíridos. Al segundo grupo lo constituyen las larvas de especies que lo utilizan de manera temporal como refugio, tal es el caso de lutjánidos, synodóntidos y blénidos (Flores-Coto y Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto *et al.*, 1983; Álvarez-Cadena *et al.*, 1983 y 1988). El análisis de gradiente directo indica además que los parámetros determinantes en la composición de larvas en el sistema son la salinidad y temperatura. Relacionando los resultados del análisis de correspondencia canónica y los valores de abundancia y diversidad se infiere que el área de la desembocadura del río Grijalva constituye la zona de mayor valor como maternidad en este río. Esto contrasta con patrones generales encontrados en otros estudios, que describen a los hábitats de manglar y fanerógamas sumergidas como de importancia para el reclutamiento de larvas y juveniles de peces (Houde, 1994; Gillanders *et al.*, 2003; Ellis y Bell, 2004). Entonces en cierta medida es sorprendente que los ambientes próximos a la desembocadura del río, asociados a ambientes donde predominan planicies arenosas prácticamente desprovistas de vegetación, sean más importantes para las larvas de peces que zonas internas con desarrollo de manglar (*e.g.* Arroyo Polo).

La elevada abundancia y diversidad de la región litoral está asociada a la influencia de alta salinidad y baja temperatura. Esto es consistente con lo determinado por Navarro-Rodriguez *et al.* (2006), quienes señalan que en altas salinidades y temperaturas bajas hay mayor abundancia de larvas. La salinidad alcanzó valores máximos en los meses de agosto y noviembre, sin embargo la máxima abundancia de larvas sólo fue importante en el mes de noviembre, correspondiendo al ciclo reproductivo de engráulidos, eleótridos y góbidos principalmente (Flores-Coto y Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1983). Las zonas río arriba presentaron menor abundancia de peces, alta temperatura y nula salinidad. La riqueza de especies también fue mayor en las regiones litorales. Grijalva Este y Grijalva Boca presentaron la mayor riqueza de especies en el área de costa. La desembocadura del río Grijalva es un estuario de cuña salina, esto explica porqué en el ordenamiento gran parte de las muestras correspondientes a Grijalva Boca y Grijalva

Este poseen baja salinidad y altas temperaturas (Figura 4), ya que la descarga del río se desplaza superficialmente hacia la derecha en tanto que la cuña salina en la capa inferior se desplaza hacia la izquierda (Day *et al.*, 1989 y Toledo, 2003). Según el análisis de rarefacción San Pedrito también es un sistema con alta diversidad de larvas. Sin embargo estos resultados deben interpretarse con cautela, porque las curvas de rarefacción no permitieron una adecuada comparación del número esperado de especies debido a la marcada diferencia en la abundancia de larvas registrada para cada punto, principalmente en el caso de los puntos de costa (Figura 2a). El caso es similar para la curva en la figura 2b que representa la riqueza esperada en los puntos río arriba. Aquí se presenta el mismo problema a la hora de comparar la riqueza: la diferencia en abundancia de larvas por punto es alta, entonces es necesario intensificar el número y frecuencia de muestras en los puntos más diversos para poder confirmar la presencia de un mayor número de especies. Por el contrario, en los puntos de baja diversidad el esfuerzo durante este trabajo fue suficiente para encontrar asíntotas en el número de especies.

Si bien la mayoría de las especies colectadas pueden encontrarse en ambientes de agua dulce, salobres o marinos, para las etapas iniciales de su desarrollo dependen mucho de la salinidad y de ahí que se haya encontrado la mayor diversidad y la mayor abundancia en la zona estuarina del río. Esto contrasta con el hecho de que los puntos de Arroyo Polo, Tres Brazos y San Pedrito, los cuales se ubican dentro del área de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, no son más importantes que la boca del río, ya que en la zona del estuario se completan los ciclos de vida de especies tanto catádomas como anádromas (Whitfield, 1999). Esta área debería haber sido contemplada en el establecimiento del área protegida de la Reserva, más orientada a la protección de zonas con vegetación acuática y subacuática y a la comunidad de aves. A pesar de lo ya mencionado es importante la realización de muestreos que comprendan zonas habitualmente valiosas como áreas de crianza de peces, como lo son las áreas de manglar y mantos de *V. americana* que por su complejidad estructural presentan dificultades para la implementación de muestreos convencionales (Zavala-García y Flores-Coto, 2005). Muestreos más dirigidos a este tipo de ecosistemas pueden arrojar información sobre el uso de estas áreas por especies de importancia comercial, como el robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Gilmore, *et al.*, 1983). Entonces es importante resaltar la función ecológica para la dinámica de las poblaciones de peces de las zonas estuarinas y manglares como áreas de crianza, refugio y

alimentación, atributos en los que se sostiene la pesca como principal actividad productiva de los habitantes de la zona (SEMARNAP, 2000).

Este trabajo constituye el primero sobre ictioplancton para la zona costera de Tabasco. Es necesario llevar a cabo otros estudios de este tipo que nos permitan visualizar patrones temporales en cuanto al reclutamiento de peces y proponer áreas susceptibles de protección y/o manejo. Es preciso continuar explorando todas las etapas del desarrollo de la ictiofauna local, para comprender de manera integral los patrones de distribución y reproducción de los recursos ícticos con los que cuenta el estado de Tabasco.

## CONCLUSIONES

El área de la boca del río Grijalva es el punto con mayor diversidad de especies de larvas de peces de la zona del delta Grijalva-Usumacinta, constituyendo un hábitat crítico para el reclutamiento de larvas de peces.

Durante el periodo de muestreo se determinaron 24 familias, 32 géneros y 35 especies de larvas de peces.

El mes de noviembre presenta el pico máximo de abundancia para *A. mitchilli*, *G. dormitor*, *E. saurus*, *Gobiosoma sp*, *A. lineatus* y *M. furnieri* por lo que se puede considerar época de reproducción de estas especies, mientras que para *A. hepsetus*, el evento ocurre en el mes de enero.

Las especies más abundantes tienen poca o ninguna importancia económica, sin embargo, su gran abundancia sugiere su importancia como fuente de alimento para juveniles y adultos de otras especies.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Able, K. W. 1978. Ichthyoplankton of the St. Lawrence Estuary: composition, distribution and abundance. *J. Fish. Res. Can.* 35: 1518-1531.
- Able, K. W. y M. P. Fahay. 1998. The first year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight. Rutgers University Press. New Jersey. 342 p.
- Aceves-Medina, G. S., P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, *et al.* 2003. Fish larvae from the Gulf of California. *SCI. MAR.*, 67(1):1-11.
- Allen D. M. y D. L. Barker. 1990. Interannual variations in larval fish recruitment to estuarine epibenthic habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 113-125.
- Álvarez-Cadena, J. y C. Flores-Coto. 1981. Clave para la identificación de familias de larvas de peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 13 p.
- Álvarez-Cadena, J. N., M. A. Aquino G., F. Alonzo R., J. G. Millán G., F. Torres S. 1983. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar Huizache-Caimanero. Parte I Agua Dulce 1978. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 18 p.
- Álvarez-Cadena, J. N., R. Cortés-Altamirano y G. A. Mussot-Pérez. 1988. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema laguna Huizache-Caimanero Parte II Tapo Botadero. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 21 p.
- Beck, M. W., K. L. Heck Jr., K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan y M. P. Weinstein. 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience*. 51: 633-641.



- Beck, M. W., K. L. Heck Jr., K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan y M. P. Weinstein. 2003. The Role of Nearshore Ecosystems as Fish and Shellfish Nurseries. *Issues in Ecology* 11: 1-12
- Blaber, S. J. M., 2002. 'Fish in hot water': the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *Journal of Fish Biology* 61 (S1), 1-20.
- Carpenter, K. E. 1999. Work/Quality assurance project plan for monitoring mesozooplankton and microzooplankton in the coger Chesapeake Bay and tributaries. Commonwealth of Virginia. Richmond, VA. 45 p.
- Civera-Cerecedo, R., C. A. Álvarez-González y F. J. Moyano-López. 2004. Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Centro de las Artes, Universidad de Sonora. 87 p.
- Day, J. W., A. S. Hall., W. M. Kemp y A. Yañez-Arancibia. 1989. Estuarine ecology. Wiley, New York.
- Delgado, P. y S-M. Stedman. 2004. The U.S. Caribbean Region, Wetlands and Fish, A Vital Connection. Habitat Protection Division, Office of Habitat Conservation, NOAA Fisheries. 32 pp.
- Drake, P. y A. M. Arias. 1991. Composition and seasonal fluctuations of the ichthyoplankton community in a shallow tidal channel of Cadiz Bay. *J. Fish. Biol.* 39: 245-263.
- Ellis, W. L. y Bell, S.S. 2004. Conditional use of mangrove habitats by fishes: Depth as cue to avoid predators. *Estuaries and Coasts* 27(6): 966-976.
- Fahay, M. P. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the Southern Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* (Vol. 4). Northwest Atlantic fisheries organization. Dartmouth, Canadá. 425 p

- Flores-Coto, C. y J. Álvarez-Cadena. 1980. Estudios preliminares sobre la abundancia y distribución del ictioplancton en la Laguna de Términos, Campeche. *An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México.* 7 (2): 67-78.
- Flores-Coto, C. y F. Zavala-García. 1988. Desarrollo y distribución larvaria de *Gobiosoma robustum* Ginsburg (Pisces: Gobiidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Vol. 15 (1): 237-244.
- Flores-Coto, C. y L. Méndez-Vargas. 1982. Contribución al conocimiento del Ictioplancton de la Laguna de Alvarado, Ver. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México.* 9 (1): 141-160.
- Flores-Coto, C., F. Barba-T. y J. Sánchez-R. 1983. Seasonal diversity, abundance and distribution of ichthyoplankton in Tamiahua Lagoon, Western Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society.* 112 (2b): 247-256.
- Flores-Coto, C., F. Zavala G. y G. Espinoza V. 1993. Asociaciones ictioplanctónicas de la Bahía de Campeche, México (verano 1987). *Fac. Ciencias del Mar. Univ. Católica del Norte. Coquimbo, Chile. Serie Ocasional* 2:57-67.
- Flores-Coto, C., L. Sanvicente, R. Pineda y M. A. Rodríguez. 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica del Sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia.* 5(9):65-84.
- Flores-Coto, C., R. Martínez-Gutiérrez, M. González-Félix, L. Sanvicente-Añorve y F. Zavala-García. 2000. Annual variation of ichthyoplankton assemblages in neritic water of the southern Gulf of Mexico. *Caribbean Journal of Science.* 36 (3-4): 233-243.
- Froese, R. y D. Pauly. Editors. 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (07/2008).
- Gaspar-Dillanes, M. T., A. Sánchez, P. González y D. López. 1986. Dinámica poblacional y biomasa desovante de la anchoa (*Anchoa mitchilli*) en la laguna de Tamiahua, Ver., México. *Ciencia pesquera.* 12. INAPESCA. 21p.

- Gillanders, B. M., K. W. Able, J. A. Brown, D. B. Eggleston. y P. F. Sheridan. 2003. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series* 247:281–295.
- Gilmore, R. G., C. J. Donahoe y D. W. Cooke. 1983. Observations on the distribution and biology of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch). *Florida Scientist* 46:313-336
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper. y P. D. Ryan. PAST - PAleontological STatistics, ver. 1.82.
- Hernández-Saavedra, R., Martínez-Pérez, J. A., Brown-Peterson, N. J. y Peterson, M. S. 2004. Gonadal development and sexual dimorphism of *Gobiomorus dormitor* from the estuarine system of Tecolutla, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research* 16, 95-100.
- Heck, K. L. Jr., D. A. Nadeau, y R. Thomas.1997. The nursery role of seagrass beds. *Gulf of Mexico Science* 1997:50–54.
- Hoss, D. E. y G.W. Thayer. 1993. The importance of habitat to the early life history of estuarine dependent fishes. American Fisheries Society Symposium 14: 147–158.
- Houde, E. D. 1994. Differences between marine and freshwater fish larvae: implications for recruitment. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 51(1):91-97.
- Hurlbert, S. H. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*. 52:577-586.
- James, A., J. W. Pitchford y J. Brindley. 2003. The relationship between plankton blooms, the hatching of fish larvae, and recruitment. *Ecological modelling*. 160(1-2):77-90.
- Kendall, A. W., E. H. Ahlstrom y H. G. Moser. 1984. Early life history of fishes and their characters. En: Moser, H. G., Richards, W. J., Cohen, D. M., Fahay, M. P., Kendall, A. W. y Richardson, S. L. (Eds.) *Ontogeny and Systematics of Fishes*. Am. Assoc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. No. 1, pp. 11-22.
- Krebs, Charles J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. 482 p.

- Lepš, J. y P. Šmilauer. 1999. Multivariate analysis of ecological data. University of South Bohemia. 110 p.
- Massman, W. H., J. J. Norcross y E. B. Joseph. 1963. Distribution of Larvae of the Naked Goby, *Gobiosoma bosci*, in the York River. *Chesapeake Science* 4(3), pp. 120-125.
- McCune, B. 1997. Influence of noisy environmental data on canonical correspondence análisis. *Ecology* 78(8):2617-2623.
- Navarro-Rodríguez M. del C., L. F. González, R. Ramiro Flores-Vargas, M. E. González y F. M. Carrillo. 2006. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35-43.
- Páramo, D. S. 1984. Ictiofauna del Río González y lagunas adyacentes, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 1 (2): 5-19.
- Peterson, M. S., B. H. Comyns, J. R. Hendon, P. J. Bond, y G. A. Duff. 2000. Habitat use by early life-history stages of fishes and crustaceans along a changing estuarine landscape: Differences between natural and altered shoreline sites. *Wetlands Ecology and Management*. 8:209-219.
- Quintal-Lizama, C. y L. Vásquez-Yeomans. 2000. Asociaciones de larvas de peces en una bahía del Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 49:2
- Reséndez, A. M. y M. L. Salvadores B. 2000. Peces de la Reserva de la biosfera “Pantanos de Centla”. Resultados preliminares. *Universidad y Ciencia* 15 (30): 141-146.
- Richards, W. J., K. C. Lindeman, J. J. Shultz, J. M. Leis, A. Röpke, M. E. Clarke, y B. A. Comyns. 1994. Preliminary guide to the identification of the early life history stages of lutjanid fishes of the Western Central Atlantic. U. S. Department of Commerce, National Marine Fisheries Science. Southeast Fisheries Science Center. Florida. 49 p.
- Román-Hernández, U., J. Valdez-Zenil y F. Zavala-García. 2006. Composición y abundancia del ictioplancton durante la temporada de estiaje en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 6(1): 138-149.

- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *The American Naturalist*, 102(925):243-282.
- Sánchez-Ramírez, M. y C. Flores-Coto. 1993. Desarrollo larvario de algunas especies de la familia Carangidae (Pisces) del sur del Golfo de México y clave para su identificación.). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón de México*.20 (1):1-24.
- Sánchez-Velasco, L., C. Flores-Coto y V. Shirasago. 1996. Fish larvae abundance and distribution in the coastal zone of Terminos Lagoon, Campeche (Southern Gulf of Mexico). *Estuarine coastal and shelf Science*. 43: 707-721.
- Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 2000. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Instituto Nacional de Ecología, México D. F. 223 p.
- Sheridan, P. y C. Hays. 2003. Are mangroves nursery habitat for transient fishes and decapods?. *Wetlands* 23(2): 449-458.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1977. Standard technique for pelagic fish egg and larval survey. FAO Fisheries Technical Paper No. 175. 100 p.
- Strydom, N. A. y T. H. Wooldridge. 2005. Diel and tidal variations in larval fish exchange in the mouth region of the Gamtoos Estuary, South Africa. *African Journal of Aquatic Science*. 30(2):131-140.
- Ter Braak, C.J.F y P. Šmilauer. *Canoco for Windows* package v. 4.5.
- Ter Braak, C J. F. y F. M. Verdonshot. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in Aquatic Ecology. *Aquatic Sciences* 57: 255-286.
- Toledo, A. 2003. Ríos, costas y mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. INE-SEMARNAT. 117 p.

- Vizziano, D., Forni, F., G. Saona, W. Norbis. 2002. Reproduction of *Micropogonias furnieri* in a shallow temperate coastal lagoon in the southern Atlantic *Journal of Fish Biology* 61, 196–206.
- Weinsten, M. P. 1979. Shallow marsh habitats as primary nurseries for fishes and shellfish, Cape Fear River, North Carolina. *Fish. Bull.* 77: 339-357.
- Whitfield, A. K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9: 151-186.
- Zale, A. V. 1989. Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of coastal Fishes and Invertebrates (South Florida) - Ladyfish and Tarpon. 82(11.104) (ed.). National Wetlands Research Center Washington, DC:17.
- Zavala-García, F. y C. Flores-Coto. 2005. Marco de soporte para muestreo de plancton y neuston en áreas someras y canales. *Ciencia y Mar* IX (25) 23-26.

Fw: Journal of Plankton Research - Manuscript ID JPR-2008-169

From: "jpr.editorialoffice@oxfordjournals.org" <jpr.editorialoffice@oxfordjournals.org>  
To: einhorn@hotmail.com; xoof1@yahoo.com; mcarranza@ecosur.mx;  
pjorgensen@ecosur.mx; luisgaa@gmail.com; lcarrillo@ecosur.mx  
Sent: Thursday, August 14, 2008 4:08:01 PM  
Subject: Journal of Plankton Research - Manuscript ID JPR-2008-169

14-Aug-2008

Dear Dr Carranza,

Your manuscript entitled "IMPORTANCE OF CRITICAL TROPICAL HABITATS FOR RECRUITMENT OF PLANKTONIC FISH LARVAE" has been successfully submitted online in the Journal of Plankton Research. Thank you very much for your submission. We will endeavour to review your work as quickly and thoroughly as possible.

Your manuscript ID is JPR-2008-169.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <http://mc.manuscriptcentral.com/jplankt> and edit your user information as appropriate.

You can view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <http://mc.manuscriptcentral.com/jplankt>.

Please note that all future communications concerning this manuscript will be directed to the Corresponding Author only.

Should you have any queries, please do not hesitate to contact me.

Thank you for submitting your manuscript to the Journal of Plankton Research.

Yours sincerely,

Dr Lulu Stader, Managing Editor  
jpr.editorialoffice@oxfordjournals.org  
Journal of Plankton Research  
Editor-in-Chief, Dr Roger Harris

ISI Impact factor: 1.897; average number of days from submission to first decision = 32 days



**IMPORTANCE OF CRITICAL TROPICAL HABITATS FOR RECRUITMENT OF  
PLANKTONIC FISH LARVAE**

Journal:	<i>Journal of Plankton Research</i>
Manuscript ID:	draft
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Arévalo-Frías, Wendi; El Colegio de la Frontera Sur, Fisheries department Carranza, Manuel; El colegio de l Frontera Sur, Fisheries Department Jorgensen, Pablo; El Colegio de la Frontera Sur, Benthic ecology Abarca Arenas, Luis Gerardo; Universidad Veracruzana, Biological research Carrillo Bibriezca, Laura Elena; El Colegio de la Frontera Sur, Ecology and aquatic systematic
Keywords:	fish larvae, critical habitats, diversity





# IMPORTANCE OF CRITICAL TROPICAL HABITATS FOR RECRUITMENT OF PLANKTONIC FISH LARVAE

Wendi Arévalo-Frías, Manuel Mendoza-Carranza, Pablo Jorgensen, Luis G. Abarca-Arenas and Laura E. Carrillo-Bibriezca.

einhorn78@hotmail.com

xoof1@yahoo.com

Keywords: *abundance, diversity, temporary variation, fish larvae, critical habitats.*

## ABSTRACT

Determining the value of certain habitats as nursery areas for fish larvae is important mainly for the fishing industry and the ecosystem in general. Mangroves forests, seagrass meadows, marshes and wetlands are generally attributed as suitable habitat to provide food and protection for fish larvae and other organisms, however, there may be variations in this regard. Objective of this research is to identify and to compare the importance of several critical habitats using diversity and abundance of fish larvae. We conducted monthly collections of zooplankton for a year at 6 points in the Grijalva River, three in coastal areas and three upstream, analyzing the temporal variation and its relationship with environmental parameters. 8,738 fish larvae were identified distributed into 10 orders, 24 families and 35 species. The most diverse point corresponded to the estuarine zone of the Grijalva river and the most abundant species were *Anchoa mitchilli*, *Gobiomorus dormitor*, *Elops saurus*, *Gobiosoma* sp. The major abundance of larvae (1363 org m<sup>-3</sup>) was obtained in the mouth of the Grijalva River during November, which corresponds to the reproductive period of these species.

## INTRODUCTION

The fish larvae is one of the most important and critical stages in its life cycle, because on it depends the number of individuals that will recruit to the adult population, determining the future populations size (Houde, 1994; James et al. 2003). The flow of currents and tides affect the distribution and abundance of larvae due to its limited capacity of locomotion (Strydom and Wooldridge, 2005). However, the selection of habitat for breeding by parents, the subsequent redistribution of larvae between different habitats and vulnerability of the larvae to biological negative interactions as predation are also important (Whitfield, 1999; Peterson et al., 2000). Fish larvae are a source of food for many fish species and invertebrates (Civera-Cerecedo et al., 2004), but the provision of shelter and food for small larvae usually lessen the pressure of predation in structurally complex habitat and productive. In this sense, the spatial patterns of distribution of abundance of fish larvae can serve as an indicator to assess initially the potential value of habitats to ensure greater success in recruitment (Peterson et al. 2000, Gillanders et al. 2003; Sheridan and Hays, 2003). Consequently agents anthropogenic disturbance (e. g. hydrological alterations, environmental pollution, fisheries, etc.) that promote the deterioration of these habitats of concentration of fish larvae possibly affect the viability of the adult population (Whitfield, 1999; Peterson et al. 2000).

The role of the estuarine zones as refuge, feeding and reproduction areas for many of the species that constitute the coastal fisheries, makes of the estuaries high-priority and critic areas as much ecological as economically (Heck, 1997, Whitfield, 1999; Blaber, 2002; Sheridan and Hays, 2003). The concept of “nurseries” is an established ecological concept accepted by scientists, groups, managers and public and justifies the protection and conservation of these areas (Beck, et al., 2001). These zones are recruitment areas of many species of commercial importance as ecological lodging them in their larval stages (Weinstein, 1979). Nevertheless, this concept has been barely defined making difficult the identification of valuable nursery habitats (Beck et al., 2003). In this regard, we will define nurseries as

zones of high productivity and that contribute with a great abundance of juvenile in relation to other habitats (Beck et al., 2003).

The Grijalva-Usumacinta river basin, the second wetland zone in importance at North America and seventh worldwide (Toledo, 2003), in its last quarter encloses a high diversity of environments as coastal and freshwater lagoons, mangroves and large floodplains areas and riverine and marine beaches. This diversity of environments allows the development of a high diversity of aquatic species and providing favorable conditions for recruitment, refuge and growth of marine, estuarine and freshwater larvae and juvenile fishes. Hence, conservation and protection are indispensable for this area (Álvarez-Cadena et al., 1983; Whitfield, 1999). Despite the importance of this area, the knowledge of the diversity and ecology of fish larvae is null in the area compared with other estuarine and marine zones of Gulf of México as Laguna de Terminos, Campeche; Alvarado's lagoon, Veracruz; Tamiahua lagoon, western Gulf of Mexico; Campeche Bay and south of Gulf of México (Flores-Coto y Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982; Flores-Coto et al., 1993; Álvarez-Cadena, 1983; Flores-Coto et al., 1988; Sánchez-Velasco et al., 1996; Sanvicente-Añorve et al., 1998; Sanvicente-Añorve et al., 2000; Flores-Coto et al., 2000; Espinosa-Fuentes and Flores-Coto, 2004). The aim of this work is to determine the importance of several environments (coastal lagoons, mangrove creeks, and river mouth) as recruitment zones for fish larvae throughout the measurement and comparison of its abundance, diversity and distribution with regard to the physic and chemical parameters.

## METHODS

Monthly samplings were realized during one year, (June, 2004 to May, 2005) in six points of the Grijalva River, Centla municipality, Tabasco, (Fig. 1). Three points in the river mouth, characterized by brackish-marine environments and sandy beaches: West Grijalva (WG) 18°35'08"N 92°42'22"W, Grijalva Mouth (GM) 18°36'03"N 92°41'46"W, East Grijalva (EG) 18°36'52"N 92°41'37"W, and three more points upstream: Polo stream (ARP) 18°30'00"N 92°39'05"W surrounded by mangroves, mainly *Rizophora mangle*, Tres Brazos (TBZ) 18°24'22"N 92°38'56"W at the union of Grijalva and Usumacinta rivers, characterized by a riverine environment surrounded by modified vegetation, mainly livestock forage, and San Pedrito lagoon (SPR) 18°21'58"N 92°35'02"W surrounded by reeds, swamp vegetation and *Vallisneria americana* beds, these last three points are included into the core zone I of the Centla Wetlands Biosphere Reserve Centla (SEMARNAP, 2000).

A total of 216 ichthyoplankton samples were obtained (three samples per point per month) using one zooplankton conical net (150 cm length, 50 cm of diameter in mouth and 500 µm of mesh). The zooplankton net was supported in a side of boat by a special structure of steel designed to make horizontal tows in shallow areas and channels (Zavala-García and Flores-Coto, 2005). Each ichthyoplankton sample was collected from circular tows of five minutes each with a W25 (25 ft length) fiberglass boat with 25 hp outboard motor at a velocity of 1,5 to 2 knots (2,7 to 4 km.h<sup>-1</sup>). Samples were fixed in of 4% formaldehyde solution and sodium borate as buffer (Smith and Richardson, 1977). Water transparency (cm), temperature (°C), pH, salinity (psu) and dissolved oxygen (mg/l) were registered at each sampling point before and after sampling process. All ichthyoplankton was separated from the zooplankton samples and were identified to the lowest taxonomic level.

Environmental classification of fish larvae was perform based in the habitat where species occur (Froese and Pauly, 2008).

Diversity of larvae in the different sampled places was determined using Shannon's diversity index (Krebs, 1989; Navarro-Rodríguez et al., 2006). To establish possible relations among environmental variables and changes in the community structure a Canonical correspondence analysis was used (Leps and Smilauer, 1999; Ramos et al. 2005).

## RESULTS

A total of 8,738 fish larvae were identified, distributed in ten orders, 24 families and 35 species. *Micropogonias furnieri* larvae represent a first record for the Tabasco coast. The Engraulidae and Gobiidae families were present all the year round, Eleotridae was present almost all year with the exception of March 2005. The most abundant families were Engraulidae, Eleotridae and Elopidae, the least abundant were Monacanthidae, Characidae, Cichlidae and Hemiramphidae with one organism each (Table I). The highest density of larvae was registered in the Grijalva river mouth during November 2004 (1,363 org/100 m<sup>3</sup>) and the least abundance was obtained in Tres Brazos, during six months (September, November, December 2004, January, February and March 2005) with less than one org/100 m<sup>3</sup>, (Table II).

In relation to its environment we found that 16 species of fish larvae were eurihaline, ten occurring in the coastal points (with high salinity influence as in upstream (freshwater), 22 occur only at coastal points and only three in the upstream points at a freshwater environment (Tables III, IV).

June 2004 was the month with highest diversity ( $H' = 2.441$ ), and that of minor diversity ( $H' = 0.2801$ ) was December 2004 (Table V). The values of major richness and diversity correspond to the coastal areas, the most diverse sampling point was Eastern Grijalva ( $H' = 2.501$ ) and Tres Brazos presents the lowest diversity ( $H' = 0.8807$ ; Table VI).

The simple ordination result of the canonical correspondence analysis explains 95.4 % of the variance and shows that the most determinant factors in the species composition are salinity and temperature

that represent 74% of species and samples variability; non correlation was observed among salinity, temperature gradients with transparence and pH. Correlation among species and environmental variables for axis 1 (salinity) and 2 (temperature) was 0.88 and 0.64 respectively. One group of species (*Etropus crossotus*, *Astyanax aeneus* and five non indentified individuals) was associated to warm, freshwater ( $27^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) and high dissolved oxygen concentration ( $5.7 \text{ mg/l} \pm 1$ ) environments (Tres Brazos and San Pedrito Lagoon; Fig. 2, 3). In opposite side we found species (*Cynoscion arenarius*, *Selene vomer*, and *Sphoeroides maculatus*) associated to water with marine characteristics (low temperature,  $24 \pm 1$ ; high salinity,  $32 \text{ ups} \pm 8$ ; and high transparency). This environmental conditions corresponding to West Grijalva sampling point mainly during August and January (Fig. 2, 3). *Menticirrhus americanus*, *Harengula jaguana*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Opisthonema oglinum*, *Lutjanus synagris*, *Chaetodipterus faber* y *Stephanolepis hispidus* were observed also in West Grijalva sampling point however this species were related with to brackish water ( $24 \text{ psu} \pm 5$ ) and low transparency (Fig. 2, 3). Most of species (*Elops saurus*, *Megalops atlanticus*, Clupeidae, *Anchoa mitchilli*, *Anchoa hepsetus*, Engraulidae, *Synodus foetens*, *Syngnathus sp*, *Achirus lineatus*, *Eucinostomus sp*, *Lutjanus griseus*, *Micropogonias furnieri*, *Hypsoblennius sp*, *Gobiomorus dormitor*, *Gobiosoma sp*, *Gobionellus oceanicus*, Atherinidae, *Archosargus rhomboidalis*, Blenniidae, Gerreidae, *Brevoortia sp.*, *Eugerres plumieri*, *Eugerres sp.*, *Dorosoma petenense*, Cichlidae) was related with mesohaline water conditions (low temperature and low transparency). *Mugil sp.*, Sparidae, and *Mugil curema* were related with high transparency and low pH.

## DISCUSSION

For the study area (Centla Wetland Biosphere Reserve), the only previous information available about ichthyofaunal composition reported 24 families and 52 species (Reséndez and Salvadores, 2000). For this research only the Cichlidae family, and the species *Gobiomorus dormitor* and *Dorosoma petenense*, were commons with Reséndez and Salvadores (2000) record. This difference between the species composition from both works may be due to the age of the fishes collected, since Reséndez and Salvadores (2000) report only freshwater juvenile and adult fishes, and some of these species present direct ontogeny, as in case of poecilids, ariids and cichlid species among others (Kendall et al., 1984). Instead our samples were obtained in marine, estuarine and freshwater environments. The observed composition of families and their abundance in this research are similar to those reported in several estuarine zones mainly coastal lagoons as Términos lagoon, Campeche, Alvarado lagoon and Tampamachoco lagoon, Veracruz in Gulf of Mexico. (Flores-Coto and Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto and Méndez-Vargas, 1982; Román-Hernández et al., 2006)

The presence of *Micropogonias furnieri* was not reported earlier for the Tabasco coastal zone (Castro et al., 1999), this species occurs from the Yucatán Peninsula, México to Blanca Bay, Argentina (Isaac-Nahum, 1988). However Flores-Coto and Méndez-Vargas (1982) reported the species in larval stage for Alvarado lagoon located NW of the Grijalva river estuarine zone. Our specimens of *M. furnieri* were identified according to the meristic characters described by (Shaw et al., 2003). This species is frequently confound with *M. undulatus* since their meristic characters are similar, the size and the physical conditions of the larvae are also determinant to make successful identification (Flores-Coto et al., 2004).

Abundance peaks registered for Engraulidae, Eleotridae, Elopidae, Gobiidae, Achiridae and Gerreidae during the months of November and December 2004 indicate reproductive events and consequently an intense recruitment of larvae in the Grijalva-Usumacinta system. Specifically for *A. mitchilli* in

Tamiahua Lagoon, Veracruz, Mexico, spawning occurs between winter and spring at temperatures in the range of 22 to 33 °C and salinities from 14 to 35, linking their abundance to high salinity, low temperature and transparency (Gaspar-Dillanes et al., 1986). The species *Gobiomorus dormitor* had an extended period of reproduction, from May to November (Hernández-Saavedra, et al., 2004), even though it has low commercial importance, the species plays an important role in the food web as a food source for larger fishes (Delgado and Stedman, 2004). *Elops saurus*, spawns throughout the year mainly in the autumn, it has no economic importance locally but in other regions is an important target in sport fishing (Zale, 1989). In the case of *Gobiosoma* sp. maximum abundance of larvae was observed in the month of November, there was a clear difference in the abundance peaks observed by Massman et al. (1963) who reported high values in the months of May and June in York River, *Gobiosoma* sp. is a demersal species related with temperate water (Robins and Ray, 1986). For *Micropogonias furnieri* Sinque and Muelbert (1998) reported a peak of the larvae abundance from spring to summer during a two-year cycle in Patos Lagoon, Brazil. Vizziano et al. (2002) recorded spawning of *M. furnieri* in late spring in Paraguay and Cancio-Mozo et al. (2006) reported spawning in November in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean, consistent with the peak abundance of the species as observed in this study.

Based on the frequency of occurrence and abundance, two main groups of larvae can be defined, one which use the estuary as a growth and residence area (engraulids, eleotrids, gobids, and achirids) and those who are accidentally trapped in the system and use it on a temporary basis as a refuge (lutjanids, synodontids and blenids; Flores-Coto and Álvarez-Cadena, 1980; Flores-Coto et al., 1983; Álvarez-Cadena et al., 1983 and 1988). An analysis of direct gradient indicates that the parameters in determining the composition of larvae in the system are salinity and temperature. Linking the results of the analysis of canonical correspondence and values of diversity and abundance determined that the area of the mouth of the river Grijalva represents the area of higher value as nursery in this river. This contrasts with general patterns found in other studies, which described the mangrove habitats and



submerged phanerogams as important for the recruitment of larvae and juvenile fish (Houde, 1994; Gillanders et al. 2003; Ellis and Bell, 2004). Then is surprising that environments near the mouth of the river, associated with environments dominated by sandy plains practically lacking of vegetation, are more important for fish larvae than internal areas with development of mangrove (eg Arroyo Polo).

The high abundance and diversity of the coastal region is associated with the influence of high salinity and low temperature. This is consistent with that determined by Navarro-Rodriguez et al. (2006), who point out that in high salinity and low temperatures there is greater abundance of larvae. The salinity peak reached values in August and November, however the maximum abundance of larvae was only important in November, with the reproductive cycle of engraulids, gobids and eleotrids (Flores-Coto and Alvarez-Cadena, 1980; Coto and Flores-Mendez-Vargas, 1983). The upstream areas had lower abundance of fish, high temperature and zero salinity. Species richness was also higher in coastal regions. East Grijalva and Grijalva Boca had the highest species richness in the area of coastline. The mouth of the Grijalva River estuary is of saline wedge, this explains the differences in abundance and diversity among coastal sampling points. Grijalva Mouth and Grijalva East had frequently low salinity and high temperature values (Fig. 3), since river discharge flows move superficially towards the right and whereas the saline wedge in the bottom layer inferior moves towards the left (Day et al., 1989 and Toledo, 2003).

While most of the collected species can be found in freshwater environments, early stages of brackish or marine species, are highly dependent on salinity (Whitfield, 1999) hence having greater diversity and abundance values in the estuarine area. This contrasts with the fact that the points of Arroyo Polo, Tres Brazos and San Pedrito lagoon, which are located within the area of the Centla Wetlands Biosphere Reserve are not more important than the mouth of the river, because in the estuary area complete life cycles of catadromous and anadromous species (Whitfield, 1999). This area should have been covered in the establishment of the protected area of the reserve, more oriented towards the protection of areas with aquatic vegetation and bird community. Despite what has already been

mentioned is important to do samplings covering areas usually valuable as nurseries for fish, as mangroves and *V. americana* beds because their structural complexity present difficulties in implementing conventional sampling (Zavala-Garcia and Flores-Coto, 2005). Sampling more oriented to this kind of ecosystem can yield information on the use of these areas by commercially important species such as common snook *Centropomus undecimalis* (Gilmore, et al., 1983). So it is important to highlight the ecological function of estuarine zones as breeding, food and shelter areas, attributes which maintains fishing as the main productive activity of its inhabitants (SEMARNAP , 2000).

This work is the first one on ichthyoplankton for the coastal zone of Tabasco, it is necessary to carry out further studies of this kind that will allow us to visualize temporal patterns related to the recruitment of fish and to propose areas eligible for protection and/or management. We must continue to explore all stages of local fish, in a holistic manner to understand the patterns of distribution and reproduction of fishery resources.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

We like to thank to Dr. César Flores Coto for his advice, to the International Foundation for Science which sponsored this project. To the people who help us to carry out the sampling: MS. Ángel Romero Rodríguez, Biol. Elsy Consuelo Segura Bertolini, Biol, Mariela Frías López, Ing. Alfredo Hernández López, Tech. Rosa Griselda Juárez, José Gaspar Calam Palma and fishermen that helped in sampling survey, Mincho, Gustavo, Cigüñal and others.

## REFERENCES

- Álvarez-Cadena, J. and Flores-Coto, C. (1980) Clave para la identificación de familias de larvas de peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. México. 13 p.
- Álvarez-Cadena, J. N., Aquino G., M. A., Alonzo R., F., Millán G., J. G. and Torres S., F. (1983) Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar Huizache-Caimanero. Parte I Agua Dulce 1978. *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. México. 18 p.
- Barletta-Bergan, A., Barletta, M. and Saint-Paul, U. (2002) Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. *Journal of Fish Biology* 61(sa), 33–51.
- Cancio-Mozo, E., Narváez B., J., Blanco R., J. (2006) Dinámica poblacional del coroncoro *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* (35)37-58.
- Civera-Cerecedo, R., Álvarez-González, C. A. and Moyano-López, F. J. (2004) Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Centro de las Artes, Universidad de Sonora. 87 p.
- Day, J. W., Hall, A. S., Kemp, W. M. and Yañez-Arancibia, A. (1989) Estuarine ecology. Wiley, New York.
- Delgado, P. and Stedman, S-M. (2004) The U.S. Caribbean Region, Wetlands and Fish, A Vital Connection. Habitat Protection Division, Office of Habitat Conservation, NOAA Fisheries. 32 p.
- Ellis, W. L. and Bell, S. S. 2004. Conditional use of mangrove habitats by fishes: Depth as cue to avoid predators. *Estuaries and Coasts* 27(6): 966-976.

- Espinosa-Fuentes, M. L. and Flores-Coto, C. (2004) Cross-shelf and vertical structure of ichthyoplankton assemblages in the continental shelf waters of the Southern Gulf of Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 59: 333-352.
- Flores-Coto, C. (1983) Descripción del huevo y desarrollo larvario de *Membras vagrans*; con notas sobre su época de desove en la laguna de Tamiahua, Veracruz (Pisces; Atherinidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México*. 10 (1): 233-247.
- Flores-Coto, C. and Álvarez-Cadena, J. (1980) Estudios preliminares sobre la abundancia y distribución del ictioplancton en la Laguna de Términos, Campeche. *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 7 (2): 67-78.
- Flores-Coto, C., Barba-T., F. and Sánchez-R, J. (1983) Seasonal diversity, abundance and distribution of ichthyoplankton in Tamiahua Lagoon, Western Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*. 112 (2b): 247-256.
- Flores-Coto, C., Flores-Hernández, F., Zavala-G., F., Arenas-F., V., Monreal-Gómez, M. A. and Salas-de-León, D. A. (2000) Oceanic and Neritic ichthyoplankton at the edge of the continental shelf in the southern Gulf of Mexico. *Gulf and Caribbean Research*. 12:31-35.
- Flores-Coto, C., Martínez-Gutiérrez, R., González-Félix, M., Sanvicente-Añorve, L. and Zavala-García, F. (2000) Annual variation of ichthyoplankton assemblages in neritic water of the southern Gulf of Mexico. *Caribbean Journal of Science*. 36 (3-4): 233-243.
- Flores-Coto, C. and Méndez-Vargas, L. 1982. Contribución al conocimiento del Ictioplancton de la Laguna de Alvarado, Ver. *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 9 (1): 141-160.
- Flores-Coto, C., Sánchez I., A., Zavala-García, F. and López, D. (1992) Edad y crecimiento de larvas de *Achirus lineatus*, *Etropus crossotus*, *Syacium gunteri* y *Symphurus civitatus* en el sur del Golfo de México, determinados a partir del número de anillos de crecimiento diario en los otolitos. *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 19 (2):167-173.

- Flores-Coto, C., Sanvicente L., R. Pineda y M. A. Rodríguez. 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica del Sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*. 5(9):65-84.
- Flores-Coto, C., Zavala G., F. and Espinoza V., G. (1993) Asociaciones ictioplanctónicas de la Bahía de Campeche, México (verano 1987). Fac. Ciencias del Mar. Univ. Católica del Norte. Coquimbo, Chile. Serie Ocasional 2:57-67.
- Flores-Coto, C. and Zavala-García, F. (1982) Descripción de huevos y larvas de *Dormitador maculatus* (Bloch) de la Laguna de Alvarado, Veracruz (Pisces: Gobiidae). *An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. México. 9 (1): 127-140.
- Flores-Coto, C. and Zavala-García, F. (1988) Desarrollo y distribución larvaria de *Gobiosoma robustum* Ginsburg (Pisces: Gobiidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Vol. 15 (1): 237-244.
- Flores-Coto, C., Zavala-García, F., Sánchez-Iturbe, A. and Warlen, S. M. (2004) abundante seasonal variation of larval sciaenid in Campeche Bay, México. *Rev. Invest. Mar.* 25(1): 45-56.
- Froese, R. and Pauly, D. (eds) (2007) FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (11/2007)
- Gaspar-Dillanes, M. T., Sánchez, A., González, P. and López, D. (1986) Dinámica poblacional y biomasa desovante de la anchoa (*Anchoa mitchilli*) en la laguna de Tamiahua, Ver., México. *Ciencia pesquera*. 12. INAPESCA. 21 p.
- Gillanders, B. M., Able, K. W., Brown, J. A., Eggleston, D. B. and Sheridan P. F. (2003) Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series* 247:281–295.
- Gilmore, R. G., Donahoe, C. J. and Cooke, D. W. (1983) Observations on the distribution and biology of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch). *Florida Scientist* 46:313-336
- Heck, K. L. Jr., Nadeau, D. A. and Thomas, R. (1997) The nursery role of seagrass beds. *Gulf of Mexico Science* 1997:50–54.

- Hernández-Saavedra, R., Martínez-Pérez, J. A., Brown-Peterson, N. J. and Peterson, M. S. (2004) Gonadal development and sexual dimorphism of *Gobiomorus dormitor* from the estuarine system of Tecolutla, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research* 16, 95-100.
- Houde, E. D. (1994) Differences between marine and freshwater fish larvae: implications for recruitment. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 51(1):91-97.
- Isaac-Nahum, V. J. (1988) Sinopsis of biological data on the whitemouth croaker, *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) FAO Fisheries, 150:35 p.
- Kendall, A. W., Ahlstrom, E. H. y Moser, H. G. (1984) Early life history of fishes and their characters. En: Moser, H. G., Richards, W. J., Cohen, D. M., Fahay, M. P., Kendall, A. W. y Richardson, S. L. (Eds.) *Ontogeny and Systematics of Fishes*. Am. Asoc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. No. 1, pp. 11-22.
- Krebs, Charles J. (1989) *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. 482 p.
- Lepš, J. and Šmilauer, P. (1999) *Multivariate analysis of ecological data*. University of South Bohemia. 110 p.
- Massman, W. H., Norcross, J. J. and Joseph, E. B. (1963) Distribution of Larvae of the Naked Goby, *Gobiosoma boscii*, in the York River. *Chesapeake Science* 4(3), pp. 120-125.
- Navarro-Rodríguez, M. del C., González, L. F., Flores-Vargas, R., González, M. E. and Carrillo, F. M. (2006) Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35-43.
- Peterson, M. S., Comyns, B. H., Hendon, J. R., Bond, P. J. and Duff, G. A. (2000) Habitat use by early life-history stages of fishes and crustaceans along a changing estuarine landscape: Differences between natural and altered shoreline sites. *Wetlands Ecology and Management*. 8:209-219.
- Ramos, S., Cowen, R. K, Paris, C., Ré, P. and Bordalo, A. A. (2005) Environmental forcing and larval fish assemblage dynamics in the Lima River Estuary (NW Portugal). *Journal of Plankton Research*. 28 (3): 275-286.

- Reséndez, A. M. and Salvadores B., M. L. (2000) Peces de la Reserva de la biosfera “Pantanos de Centla”. Resultados preliminares. *Universidad y Ciencia* 15 (30): 141-146.
- Robins, C.R. and Ray, G.C. (1986) A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 354 p.
- Román-Hernández, U., Valdez-Zenil, J. and Zavala-García, F. (2006) Composición y abundancia del ictioplancton durante la temporada de estiaje en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 6(1): 138-149.
- Sánchez-Velasco, L., Flores-Coto, C. and Shirasago, V. (1996) Fish larvae abundance and distribution in the coastal zone of Terminos Lagoon, Campeche (Southern Gulf of Mexico). *Estuarine coastal and shelf Science*. 43: 707-721.
- Sanvicente-Añorve, L., Flores-Coto, C. and Sánchez-V., L. (1998) Spatial and temporal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. *Bull. of Marine Science*. 62 (1):17-30.
- Sanvicente-Añorve, L., Flores-Coto, C. and Chiapa, X. (2000) Temporal and spatial scales of ichthyoplankton distribution in the southern Gulf of Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Sciences*. 51: 463-475.
- Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (2000) Programa de manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Instituto Nacional de Ecología, México D. F. 223 p.
- Shaw, R. F., Ditty, J. G. And Farooqi, T. (2003) Scianidae. In: Richards W. J. (ed.) *Preliminary guide to the identification of the early life history stages of ichthyoplankton of the western central Atlantic*. Draft ed. <http://208.152.233.21/NOAA/>.
- Sheridan, P. and Hays, C. (2003) Are mangroves nursery habitat for transient fishes and decapods?. *Wetlands* 23(2): 449-458.

- Sinque, C. and Muelbert, J. H. (1998) Ictioplâncton. In: Seeliger, U. Odebrecht, C. And Castello, J. P. (eds) Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Brasil. 56-60 p.
- Smith, P. E. and Richardson, S. L. (1977) Standard technique for pelagic fish egg and larval survey. FAO Fisheries Technical Paper No. 175. 100 p.
- Strydom, N. A. and Wooldridge, T. H. (2005) Diel and tidal variations in larval fish exchange in the mouth region of the Gamtoos Estuary, South Africa. *African Journal of Aquatic Science*. 30(2):131-140.
- Toledo, A. (2003) Ríos, costas y mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. INE-SEMARNAT, Mexico. 117 p.
- Tongnunui, P., Ikejima, K., Yamane, T., Horinouchi, M., Medej, T., Sano, M., Kurokura, H and Taniuchi, T. (2002) Fish fauna of the Sikao Creek mangrove estuary, Trang, Thailand. *Fisheries Science* 68(1), 10–17.
- Vizziano, D., Forni, F., Saona, G. and Norbis, W. (2002) Reproduction of *Micropogonias furnieri* in a shallow temperate coastal lagoon in the southern Atlantic. *Journal of Fish Biology* 61:196–206.
- Weinsten, M. P. (1979) Shallow marsh habitats as primary nurseries for fishes and shellfish, Cape Fear River, North Carolina. *Fish. Bull.* 77: 339-357.
- Whitfield, A. K. (1999) Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9: 151-186.
- Zale, A. V. (1989) Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of coastal Fishes and Invertebrates (South Florida) - Ladyfish and Tarpon. 82(11.104) (ed.). National Wetlands Research Center Washington, DC:17.
- Zavala-García, F. and Flores-Coto, C. (1994) Growth, mortality and feeding habits of *Bregmaceros cantori* larvae and juveniles, from the southern Gulf of Mexico. *Tropical Ecology*. 35(2):185-198.



Zavala-García, F. and Flores-Coto, C. (2005) Marco de soporte para muestreo de plancton y neuston en áreas someras y canales. *Ciencia y Mar* IX (25) 23-26.

## LEGENDS FOR TABLES AND FIGURES

Table I. Temporary variation of the abundance of planktonic fish larvae of families in the Grijalva-Usumacinta delta.

Table II. Fish larvae density by sampling point in the Grijalva-Usumacinta delta. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

Table III. Taxa percentage of fish larvae found in coastal points. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva. Shaded taxa correspond to species present also in upstream points.

Table IV. Taxa percentage of fish larvae found in upstream points. ARP = Arroyo Polo, TBZ = Tres Brazos and SPR = San Pedrito. Shaded taxa correspond to species present also in coastal points.

Table V. Diversity of fish larvae by month in the Grijalva-Usumacinta delta.

Table VI. Diversity of fish larvae by sampling point in Grijalva-Usumacinta delta. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

Table VII. Salinity variation in sampling points.

Table VIII. Temperature (°C) variation in sampling points.

Fig. 1. Sampling points: WG= West Grijalva, GM= Grijalva Mouth, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

Fig. 2. Simple ordination resulting from canonical correspondence analysis of species and physico-chemical parameters. E.sau = *Elops saurus*, M.atl= *Megalops atlanticus*, H.jag= *Harengula jaguana*, O.ogl= *Opisthonema oglinum*, Clup= Clupeidae, A.mit= *Anchoa mitchilli*, A.hep= *Anchoa hepsetus*, Engr= Engraulidae, S.foe= *Synodus foetens*, M.cur= *Mugil curema*, Mugsp= *Mugil sp*, Synsp= *Syngnathus sp*, E.cro= *Etropus crossotus*, Spasp= Sparidae, A.lin= *Achirus lineatus*, C.chr= *Chloroscombrus chrysurus*, Eucsp= *Eucinostomus sp*, L.gri= *Lutjanus griseus*, L.syn= *Lutjanus synagris*, C.are= *Cynoscion arenarius*, M.fur= *Micropogonias furnieri*, Hypso= *Hypsoblennius sp*, G.dor = *Gobiomorus dormitor*, Gobi= *Gobiosoma sp*, G.oce= *Gobionellus oceanicus*, C.fab= *Chaetodipterus faber*, Noide= No Identified.

Fig. 3. Simple ordination resulting from canonical correspondence analysis of samples and physico-chemical parameters.

## TABLES

Table I. Temporary variation of the abundance of planktonic fish larvae of families in the Grijalva-Usumacinta delta from June 2004 to May 2005.

FAMILY	JUN	JUL	AUG	SEP	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	TOTAL
Engraulidae	83	106	65	19	3493	4	109	29	1	14	102	<b>4025</b>
Eleotridae	72	11	28	1	837	510	1	3	-	4	56	<b>1523</b>
Elopidae	14	-	-	-	1045	3	11	1	-	-	8	<b>1082</b>
Gobiidae	45	19	18	-	750	2	1	17	6	2	1	<b>861</b>
Achiridae	8	147	30	3	186	1	2	-	10	-	2	<b>389</b>
Clupeidae	13	71	60	20	69	7	28	10	-	-	3	<b>281</b>
Gerreidae	14	92	7	1	20	1	62	1	6	-	5	<b>209</b>
Sciaenidae	15	36	9	-	108	4	1	-	-	-	11	<b>184</b>
Megalopidae	5	7	5	1	21	-	-	-	-	-	1	<b>40</b>
Syngnathidae	10	4	2	3	-	-	-	1	-	11	3	<b>34</b>
Lutjanidae	5	-	1	-	18	-	1	-	2	-	2	<b>29</b>
Mugilidae	1	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	<b>17</b>
Blenniidae	1	6	-	-	-	1	1	1	1	3	-	<b>14</b>
Carangidae	8	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>10</b>
Paralichthyidae	-	4	-	-	-	1	3	-	-	-	-	<b>8</b>
Sparidae	1	-	2	-	-	-	5	-	-	-	-	<b>8</b>
Ephippidae	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>6</b>
Synodontidae	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	<b>6</b>
Atherinidae	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>4</b>
Tetraodontidae	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>4</b>
Monacanthidae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
Characidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
Cichlidae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
Hemiramphidae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>303</b>	<b>504</b>	<b>235</b>	<b>49</b>	<b>6554</b>	<b>534</b>	<b>241</b>	<b>63</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>194</b>	<b>8738</b>

Table II. Fish larvae density by sampling point in the Grijalva-Usumacinta delta. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

Months	# larvae 100 m <sup>-3</sup>					
	GM	EG	WG	ARP	TBZ	SPR
June	33	34	12	3	23	1
July	29	25	37	23	2	1
August	5	15	13	11	5	10
September	1	4	2	2	<1	1
November	1363	32	16	1	<1	<1
December	5	2	117	2	<1	1
January	1	22	30	<1	<1	1
February	<1	1	10	6	<1	<1
March	<1	2	3	1	<1	<1
April	2	2	2	<1	7	<1
May	1	21	18	1	1	2

Table III. Taxa percentage of fish larvae found in coastal points. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva. Shaded taxa correspond to species present also in upstream points.

TAXA	GM	WG	EG
<i>Anchoa mitchilli</i> <sup>bB</sup>	52.33	2.46	11.79
<i>Gobiomorus dormitor</i> <sup>b2A</sup>	12.19	43.27	17.92
<i>Elops saurus</i> <sup>b3B</sup>	15.88	0.97	3.83
<i>Gobiosoma sp</i> <sup>2A</sup>	10.61	2.99	12.40
<i>Achirus lineatus</i> <sup>3B</sup>	2.95	12.58	7.81
<i>Anchoa hepsetus</i> <sup>1B</sup>	0.53	17.94	10.41
Clupeidae <sup>A</sup>	1.43	3.78	2.60
<i>Micropogonias furnieri</i> <sup>c2B</sup>	1.66	2.02	0.15
<i>Eucinostomus sp</i> <sup>3A</sup>	0.41	0.26	11.94
Gerreidae <sup>A</sup>	0.26	3.17	5.82
<i>Brevoortia sp</i> <sup>1B</sup>	0.00	1.50	5.05
<i>Megalops atlanticus</i> <sup>b3A</sup>	0.52	0.35	0.31
<i>Cynoscion sp</i> <sup>2A</sup>	0.23	1.58	0.92
<i>Gobionellus oceanicus</i> <sup>b2A</sup>	0.05	0.26	3.68
<i>Lutjanus griseus</i> <sup>b3A</sup>	0.27	0.09	0.61
Engraulidae <sup>A</sup>	0.05	1.67	0.00
<i>Syngnathus sp</i> <sup>2A</sup>	0.18	0.44	0.61
<i>Mugil curema</i> <sup>a3A</sup>	0.00	0.18	1.53
<i>Hypsoblennius sp</i> <sup>2C</sup>	0.02	0.62	0.46
<i>Opisthonema oglinum</i> <sup>C</sup>	0.00	0.79	0.15
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> <sup>1B</sup>	0.02	0.70	0.00
<i>Cynoscion arenarius</i> <sup>2B</sup>	0.02	0.70	0.00
<i>Etropus crossotus</i> <sup>c2B</sup>	0.11	0.00	0.00
Sparidae <sup>A</sup>	0.03	0.00	0.77
<i>Chaetodipterus faber</i> <sup>c3B</sup>	0.03	0.35	0.00
<i>Lutjanus synagris</i> <sup>3C</sup>	0.02	0.44	0.00
<i>Synodus foetens</i> <sup>3B</sup>	0.09	0.00	0.00
<i>Mugil sp</i> <sup>a3A</sup>	0.00	0.00	0.77
Atherinidae <sup>A</sup>	0.05	0.00	0.15
<i>Eugerres sp</i> <sup>2A</sup>	0.05	0.09	0.00
<i>Sphoeroides maculatus</i> <sup>2B</sup>	0.00	0.35	0.00
<i>Menticirrhus americanus</i> <sup>c2B</sup>	0.00	0.26	0.00
<i>Eugerres plumieri</i> <sup>2A</sup>	0.03	0.00	0.00
<i>Archosargus rhomboidalis</i> <sup>3B</sup>	0.02	0.00	0.00
Blenniidae <sup>A</sup>	0.02	0.00	0.00
<i>Harengula jaguana</i> <sup>3B</sup>	0.00	0.09	0.00
<i>Stephanolepis hispidus</i> <sup>3C</sup>	0.00	0.00	0.15
<i>Selene vomer</i> <sup>2B</sup>	0.00	0.09	0.00
Sin identificar	0.00	0.00	0.15

<sup>a</sup> Catadromous, <sup>b</sup> Amphidromous, <sup>c</sup> Oceanodromous, <sup>d</sup> Anadromous

<sup>1</sup> Pelagic, <sup>2</sup> Demersal, <sup>3</sup> Reef asociated

<sup>A</sup> Freshwater, brackish, marine; <sup>B</sup> Brackish, marine, <sup>C</sup> Marine

Source: Froese R. and D. Pauly (2007)

Table IV. Taxa percentage of fish larvae found in upstream points. ARP = Arroyo Polo, TBZ = Tres Brazos and SPR = San Pedrito. Shaded taxa correspond to species present also in coastal points.

<b>TAXA</b>	<b>ARP</b>	<b>TBZ</b>	<b>SPR</b>
<i>Anchoa hepsetus</i> <sup>1B</sup>	51.58	24.16	31.43
<i>Gobiomorus dormitor</i> <sup>b2A</sup>	3.68	69.13	5.71
Clupeidae <sup>A</sup>	26.84	1.34	28.57
<i>Syngnathus sp</i> <sup>2A</sup>	4.74	0.67	8.57
<i>Gobionellus oceanicus</i> <sup>b2A</sup>	3.16	2.01	8.57
<i>Gobiosoma sp</i> <sup>2A</sup>	2.63	0.00	2.86
Sin identificar	0.53	2.01	2.86
<i>Dorosoma petenense</i> <sup>d</sup>	1.58	0.00	0.00
Engraulidae <sup>A</sup>	1.58	0.00	0.00
<i>Eucinostomus sp</i> <sup>3A</sup>	1.58	0.00	0.00
<i>Hypsoblennius sp</i> <sup>2C</sup>	1.05	0.00	0.00
<i>Achirus lineatus</i> <sup>3B</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Astyanax aeneus</i> <sup>3</sup>	0.53	0.00	0.00
Cichlidae <sup>3</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Elops saurus</i> <sup>b3B</sup>	0.00	0.00	2.86
<i>Etropus crossotus</i> <sup>c2B</sup>	0.00	0.00	2.86
Gerreidae <sup>A</sup>	0.00	0.67	0.00
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> <sup>c3B</sup>	0.53	0.00	0.00

<sup>a</sup> Catadromous, <sup>b</sup> Amphidromous, <sup>c</sup> Oceanodromous, <sup>d</sup> Anadromous

<sup>1</sup> Pelagic, <sup>2</sup> Demersal, <sup>3</sup> Reef asociated

<sup>A</sup> Freshwater, brackish, marine; <sup>B</sup> Brackish, marine, <sup>C</sup> Marine

Source: Froese R. and D. Pauly (2007)

Table V. Diversity of fish larvae by month in the Grijalva-Usumacinta delta.

	No. of Taxa	Individuals	Shannon H'	Dominance D	Evenness
June	24	303	2.441	0.1359	0.4787
July	16	504	2.042	0.1752	0.4816
August	21	237	2.20	0.1588	0.4299
September	9	49	1.592	0.2761	0.5462
November	16	6554	1.457	0.3335	0.2684
December	11	534	0.2801	0.9124	0.1203
January	14	241	1.609	0.2896	0.357
February	9	65	1.505	0.2951	0.5004
March	8	27	1.695	0.2318	0.6812
April	6	36	1.502	0.2701	0.7484
May	14	194	1.631	0.2918	0.3649

Table VI. Diversity of fish larvae by sampling point in Grijalva-Usumacinta delta. GM= Grijalva Mouth, WG= West Grijalva, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

	No. of Taxa	Individuals	Shannon H'	Dominance D	Evenness
GM	29	6580	1.536	0.3266	0.1602
WG	29	1137	2.011	0.2407	0.2576
EG	24	653	2.501	0.1026	0.5083
ARP	13	190	1.493	0.3443	0.3422
TBZ	7	149	0.8807	0.5373	0.6176
SPR	11	35	1.916	0.2033	0.3447



Table VII. Salinity values for the sampling points in the Grijalva-Usumacinta Delta for June 2004 to May 2005. (For point location refer to Fig. 1).

	<b>Grijalva Mouth</b>	<b>West Grijalva</b>	<b>East Grijalva</b>	<b>Arroyo Polo</b>	<b>Tres Brazos</b>	<b>San Pedrito</b>
June	6.6	28.3	0	0	0	0
July	0	28.3	12.5	0	0	0
August	14.5	36.2	16.5	0	0	0
September	0.0	12.5	0.7	0	0	0
November	10.5	28.3	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0.7
January	4.6	36.2	16.5	0	0	0
February	0.7	16.5	2.7	0	0	0
March	4.6	16.5	4.6	0.7	-	-
April	4.6	4.6	2.7	0.7	0	0
May	4.6	28.3	16.5	0.7	0	0

Table VIII. Temperature (°C) values for the sampling points in the Grijalva-Usumacinta Delta for June 2004 to May 2005. (For point location refer to Fig. 1).

	<b>Grijalva Mouth</b>	<b>West Grijalva</b>	<b>East Grijalva</b>	<b>Arroyo Polo</b>	<b>Tres Brazos</b>	<b>San Pedrito</b>
June	29.5	28.4	29.2	30.4	30.5	32.9
July	27.5	24.3	27	30	31.7	30
August	29.9	30.9	29.6	29.8	29.4	30.2
September	27.5	28.2	27.4	26.6	27.0	26.4
November	24	24.6	23.8	22.8	24	22.0
December	25.6	24.3	25.0	26.5	26.2	27.5
January	27.4	25.7	27.3	28.6	29.1	28.3
February	29.4	28.4	28.4	29.9	-	-
March	27.8	28.2	28.5	29.4	30.6	31.2
April	30.0	27.5	29.2	30.0	32.2	32.1
May	27.9	24	28.4	30.5	29.9	31.4

## FIGURES

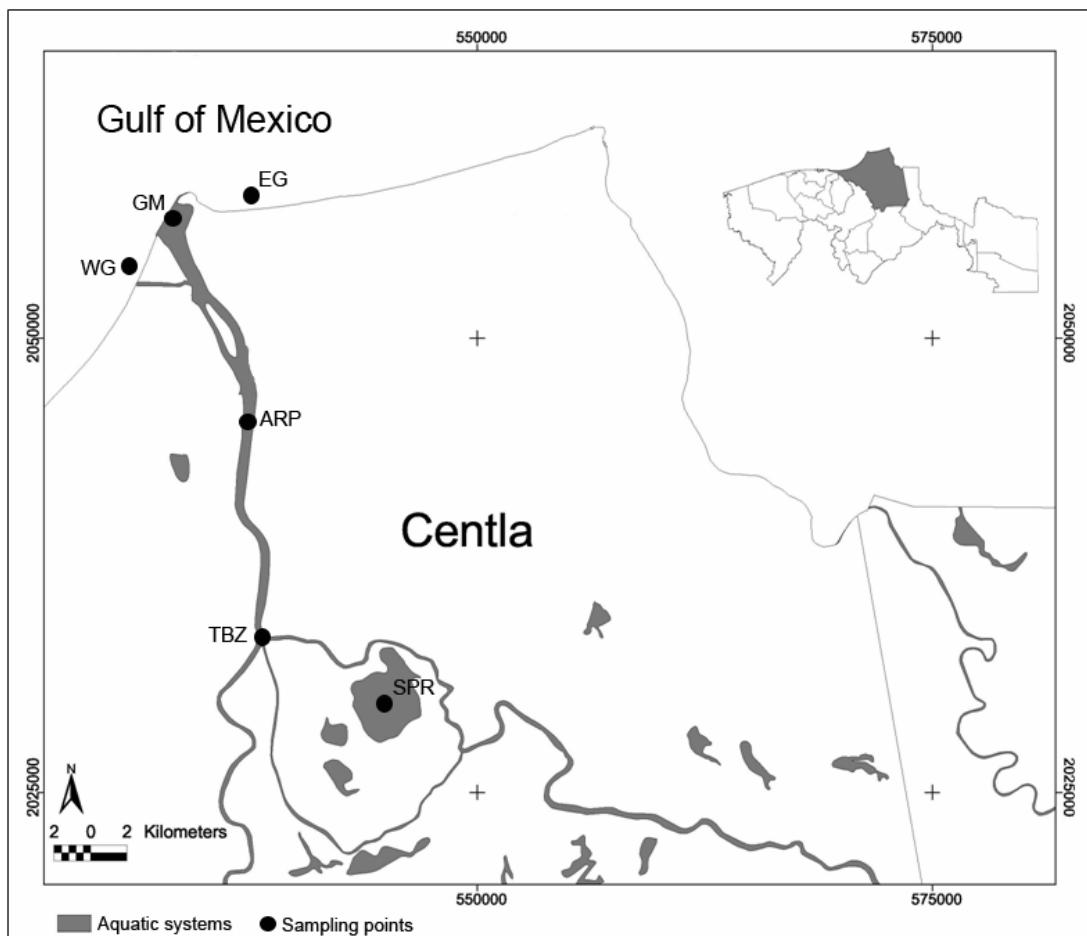


Fig. 1. Sampling points: WG= West Grijalva, GM= Grijalva Mouth, EG= East Grijalva, ARP= Arroyo Polo, TBZ= Tres Brazos and SPR= San Pedrito.

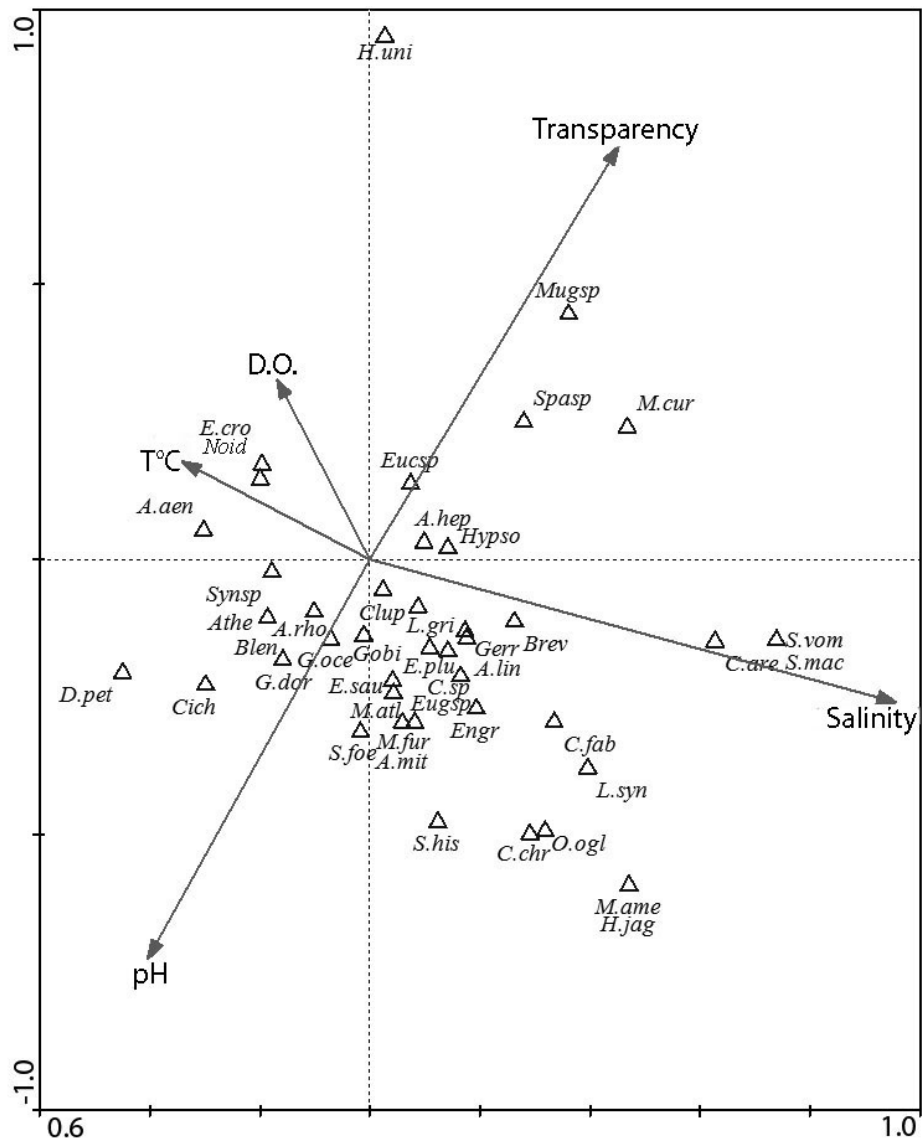


Fig. 2. Simple ordination resulting from canonical correspondence analysis of species and physico-chemical parameters. E.sau = *Elops saurus*, M.atl= *Megalops atlanticus*, H.jag= *Harengula jaguana*, O.ogl= *Opisthonema oglinum*, Clup= Clupeidae, A.mit= *Anchoa mitchilli*, A.hep= *Anchoa hepsetus*, Engr= Engraulidae, S.foe= *Synodus foetens*, M.cur= *Mugil curema*, Mugsp= *Mugil sp*, Synsp= *Syngnathus sp*, E.cro= *Etropus crossotus*, Spasp= Sparidae, A.lin= *Achirus lineatus*, C.chr= *Chloroscombrus chrysurus*, Eucsp= *Eucinostomus sp*, L.gri= *Lutjanus griseus*, L.syn= *Lutjanus synagris*, C.are= *Cynoscion arenarius*, M.fur= *Micropogonias furnieri*, Hypso= *Hypsoblennius sp*, G.dor = *Gobiomorus dormitor*, Gobi= *Gobiosoma sp*, G.oco= *Gobionellus oceanicus*, C.fab= *Chaetodipterus faber*, Noid= No Identified.

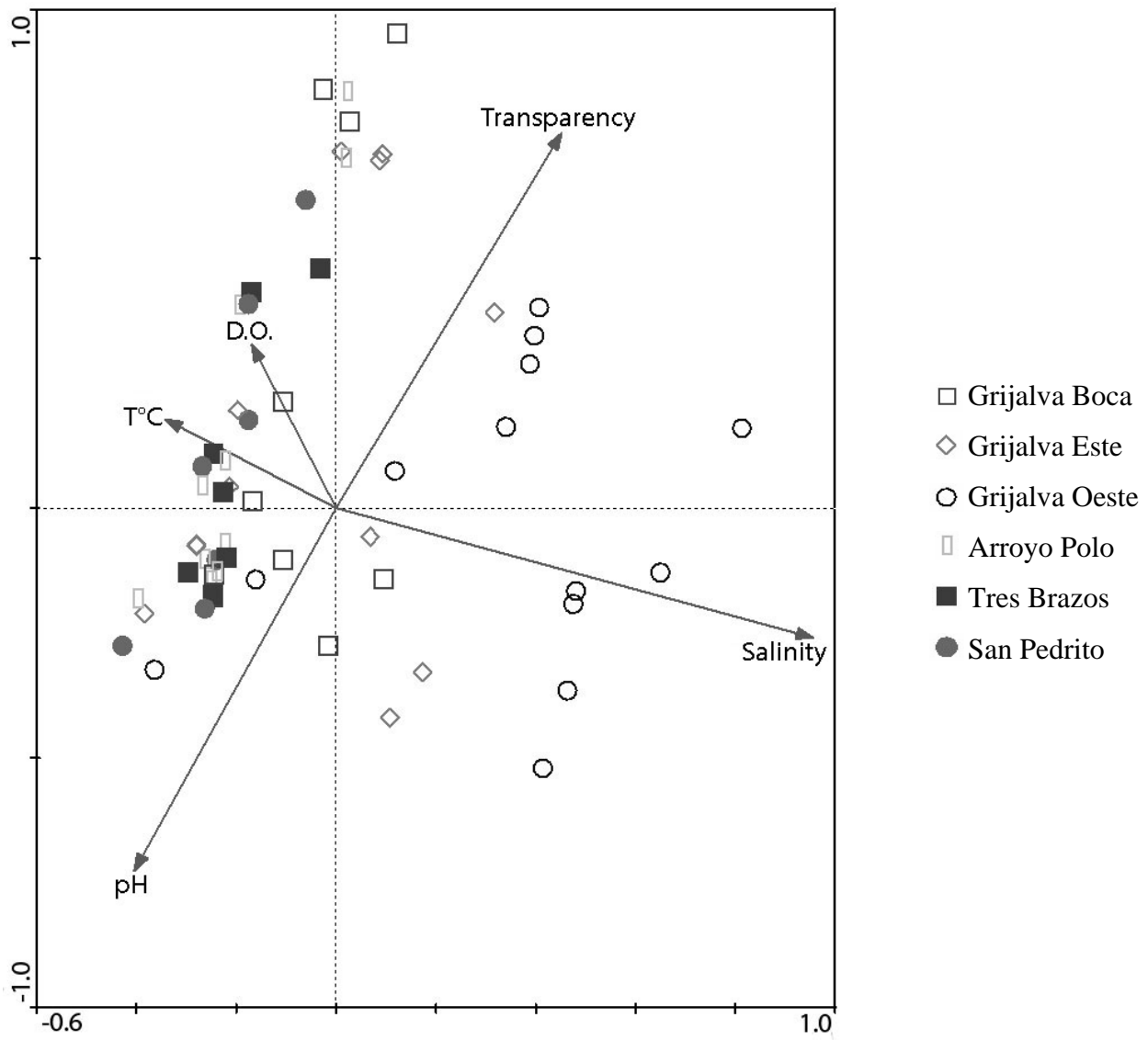


Fig. 3. Simple ordination resulting from canonical correspondence analysis of samples and physico-chemical parameters.

# Journal of Plankton Research

Manuscripts should be in their final form when they are submitted so that proofs will require only correction of typographical errors.

## Sections of the Manuscript

Typically papers should be divided into the following sequence of headed sections:

- Title (title page should also include author contact information and up to five keywords)
- Abstract (max. 200 words)
- Introduction
- Method
- Results
- Discussion
- Acknowledgements
- References
- Table and Figure legends
- Tables
- Figures

## General Format of Submitted Manuscripts

- Manuscripts should occupy not more than the page limit for the manuscript category including text, all tables and figures. The Editor-in-Chief should be consulted prior to submission if this limit cannot be achieved
- Number each page and number the lines (continuous line numbering) on each page to enable reviewers to refer to items in the manuscript easily.
- Use 1.5 line spacing with a 2 cm margin on all sides of the text.
- The text should be Times New Roman font size 12 (except if required within tables where size 10 may be used).
- Avoid footnotes.
- Use 'L' for litre (eg mL), not 'l'
- Nutrient concentrations should be reported as molar (not mass; i.e.  $\mu\text{M}$  nitrate (not  $\mu\text{g}$  nitrate-N  $\text{L}^{-1}$ )
- Avoid use of 'reduce' (opposite of oxidise) except when for chemical usage.
- Use 'autumn' not fall.
- Identify sampling locations by latitude, longitude and by country as appropriate.
- Check the PDF for the clear reproduction of figures, special symbols and Greek letters.
- Differentiate between the letter O and zero, and the letters I and l and the number 1.

## Formatting References

Authors are responsible for the accuracy of the References. Published articles and those in press (state the journal which has accepted them) may be included.

In the text a reference should be cited by author and date as:  
...experiments by Author (Author, 1989) have demonstrated...,  
'or'  
...as reported earlier (Author and Author, 1985; Author et al., 1998)...

### **Reference Citation:**

At the end of the manuscript the citations should be typed in alphabetical order by first author's surname followed by initials. References should include, in the following order:

- Authors' names
- Year
- Paper title
- Journal title
- Volume number and inclusive page numbers

The name of the journal should be abbreviated according to the World List of Scientific Periodicals. Book references should also include the editors and the name and address of the publisher.

### **Some examples:**

Langeland, A. and Rognerud, S. (1974) Statistical analyses used in the comparison of three methods of freshwater zooplankton sampling. *Arch. Hydrobiol.*, **3**, 403--410.

Russell, F. A. and Yonge, M. (eds) (1976) *Advances in Marine Biology*. Vol. 13. Academic Press, London.

Schimizu, I. (1978) Dinoflagellate toxins. In Scheuer, D. J. (ed.), *Marine Natural Products, Chemical and Biological Perspectives*. Vol. 1. Academic Press, London, pp. 1--42.

### **Legends for Tables and Figures**

These should be listed on a separate, numbered page of the manuscript (or several pages if needed) after the References. Define all symbols and abbreviations used in the figure unless these are defined within the figure itself. Common abbreviations and those defined in the preceding text need not be redefined in the legend.

### **Tables**

Tables should be typed on separate pages and numbered consecutively with Roman numerals. They should be self-explanatory and include a brief descriptive title. They should be of such a size that, when typeset, they will easily fit onto a Journal page, the type area of which is 220 (height) x 164 mm (width).

### **Figures**

All illustrations (line drawings and photographs) should be referred as 'Fig. 1' throughout text and legends.

Electronic illustrations submitted to the Journal must:

- use Adobe Postscript fonts, not TrueType or system 'bitmap' fonts
- be converted to grayscale or bitmap mode if originally in colour but are to be reproduced in black and white
- have any unnecessary white space cropped from around the outside of the image if the file is a .tif file.
- each be saved in a separate file. If a figure has multiple parts (e.g., Fig. 1A, Fig. 1B) all parts should be saved into one file arranged as the author wishes them to appear in the final publication
- have a resolution of 600 dpi for line figures, and 300 dpi for half tones) for publication, saved as .tif, .jpg, .gif, .bmp or .eps files
- if they are to be reproduced in colour, be in CMYK, not RGB mode, and saved at 300 dpi
- always use the latest version of the software program available. Files from older versions often lose integrity when opened in newer versions.

### *Line Figures*

Line figures should be the size intended for publication (maximum dimensions 220 x 164 mm including legends), with uniform lettering style which is in proportion with the overall dimensions of the drawing. All lines, letters and symbols should be black: grey does not reproduce on printing. No additional artwork, re-drawing or typesetting will be done. Scale bars, where appropriate, should be included within the figure, not in the legend.

### *Photographs*

Photographs must be submitted for printing in the desired final size so that reduction can be avoided. Photographs, including their legends, must not exceed 220 x 164 mm. Photographs should be of sufficiently high quality with respect to detail, contrast and fineness of grain to withstand the inevitable loss of contrast and detail inherent in the printing process. Please indicate the magnification by a rule on the photograph. Do not state the magnification in the legend: it may be necessary to change photographs slightly to improve the layout of the paper.

### *Colour Figures*

Colour illustrations are accepted, but will incur a charge of **£350** per printed page. Illustrations for which colour is not essential can be reproduced in black and white in the print Journal and, additionally, in colour as online Supplementary Data. This option is not subject to colour charges. Authors should indicate clearly that they would like to take up this option in their original submission.

### **Colour Figures as Supplementary Data**

Illustrations for which colour is not essential can be made available online as Supplementary data, linked to the online manuscript. The availability of additional colour images as Supplementary Data should be mentioned where relevant in the main text of the manuscript.

*Process.* Authors should indicate clearly that they would like to take up this option in their original submission. Colour figures for online-only reproduction must be submitted at the same time as the main manuscript. They cannot be altered or replaced after the paper has



been accepted for publication. The figures must be identical to those reproduced in the print journal, but for the addition of colour.

### **Conventions**

In general, the Journal follows the conventions of the CBE Style Manual (Council of Biology Editors, Bethesda, MD, 1983, 5th edn). Follow Chemical Abstracts and its indexes for chemical names. For guidance in the use of biochemical terminology follow the recommendations issued by the IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature, as given in *Biochemical Nomenclature and Related Documents*, published by the Biochemical Society, UK. For enzymes use the recommended name assigned by the IUPAC-IUB Commission on the Biochemical Nomenclature, 1978, as given in *Enzyme Nomenclature*, published by Academic Press, New York, 1980. Where possible, use the recommended SI (Système International) units. Genotypes should be italicized (underline in typed copy): phenotypes should not be italicized. For bacterial genetics nomenclature follow Demerec *et al.* (1966) *Genetics*, **54**, 61-76.

### *Abbreviations*

Try to restrict the use of abbreviations to SI symbols and those recommended by the IUPAC-IUB. Abbreviations should be defined in brackets after their first mention in the text. Standard units of measurements and chemical symbols of elements may be used without definition in the body of the paper.

### *Chemical formulae and mathematical equations*

Wherever possible, write mathematical equations and chemical formulae on a single line. Submit complicated chemical structures as artwork.