

Carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas

Organic carbon and textural characteristics of sediments within the Carretas-Pereyra coastal lagoons system, Chiapas

Laura G. Calva Benítez, Rocío Torres Alvarado
y Juan Carlos Cruz Toledo

Laboratorio de Ecosistemas Costeros. Depto. Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
México D.F. c.p. 09340. Autor para correspondencia: cblg@xanum.uam.mx

Calva Benítez L. G., R. Torres Alvarado y J. C. Cruz Toledo. 2009. Carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del Sistema Costero Lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas. *Hidrobiológica* 19(1): 33-42

RESUMEN

En este estudio se analizó la distribución estacional y espacial de los sedimentos superficiales y el contenido de carbono orgánico (CO) en ellos, en el sistema lagunar Carretas-Pereyra durante el período de 1998 a 2003. La determinación del CO en sedimentos se llevó a cabo con el método de Gaudette *et al.* (1974) y la composición del sedimento se evaluó con el análisis de tamizado en húmedo y de pipeteo (Folk, 1974). No se determinaron diferencias significativas de CO en los sedimentos entre las estaciones de secas y lluvias. La distribución espacial de CO a través de las lagunas mostró que los porcentajes mayores estuvieron en las estaciones 1 (Buena Vista), 3 y 4 (Carretas) mientras que en la 6 (Boca, con influencia marina) fue menor. La distribución de la textura del sedimento fue heterogénea entre años, épocas climáticas y estaciones en las lagunas, siendo la estación 6 la única conformada prioritariamente por arenas. Se identificaron 3 zonas de acuerdo a su granulometría. Las arcillas se incrementaron hacia adentro del sistema lagunar (con excepción de la E-9) y el contenido de CO decreció en dirección hacia el mar. La hojarasca fue un componente importante en la fracción gruesa de febrero (1998) y de septiembre (2001). La tormenta torrencial "Javier" (TTJ) (septiembre, 1998) tuvo como consecuencia un decremento en la proporción de arenas, incremento en la de arcillas y disminución del CO en casi todo el sistema lagunar. El área de la Boca se redujo en profundidad, prácticamente a la mitad. Quedó manifiesta la influencia de los dragados realizados desde 1999.

Palabras clave: Sedimentos, carbono orgánico, laguna costera, Carretas-Pereyra, Chiapas.

ABSTRACT

In this study were analyzed the seasonal and spatial distribution of surficial sediments and their organic carbon (OC) content from Carretas-Pereyra coastal lagoon between 1997 to 2003 period. Total organic carbon determination was based on method of Gaudette *et al.* (1974) and sediment composition was measured by pipette analysis (Folk, 1974). There was differences between dry and wet seasons of OC in the sediments. No differences between dry and wet seasons of OC in the sediments were detected. The content of OC in the sediments. The spatial distribution of OC through the lagoons showed that the highest percentages were in stations E1 (Buenavista), E3 and E4 (Carretas) while station 1 (in the Mouth with marine influence) were lesser. Sediment texture distribution was heterogeneous between years, seasons and stations in the lagoons; station 6 was the only one conformed basically by sands. Were identified

3 zones accord their granulometry. Clays were increased inward of lagunar system (with exception E9) and the OC content decrease toward the sea. One important component was the dead leaves into the heavy fraction in February (1998) and September (2001). The tropical storm "Javier" (September, 1998) has like consequences a decrease in sand proportion, increase in clays and diminish of OC in almost all lagunar system. The deep in the Mouth area was reduced in half practically. Remain manifested of dredge influence made since 1999.

Key words: Sediments, organic carbon, coastal lagoon, Carretas-Pereyra, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

El sistema lagunar Carretas-Pereyra se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera denominada "La Encrucijada", está catalogado como sitio RAMSAR N°.185 (RAMSAR, 1997). Representa uno de los humedales más importantes del país por su grado de conservación, abundancia de aves acuáticas y considerarse parte de las prioridades internacionales de conservación (Toledo, 1994).

Los sedimentos son un factor muy importante en el control de las lagunas costeras, ya que generalmente presentan concentraciones considerables de elementos traza, nutrientes y materia orgánica (MO). En los sedimentos, los ciclos de varios elementos químicos, particularmente del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, son afectados por las reacciones geoquímicas llevadas a cabo en la interfase agua-sedimento, como son el intercambio y la difusión de iones disueltos o adsorbidos y por diversos compuestos y gases (Kennish, 1986). La MO en los estuarios y lagunas costeras proviene de diversas fuentes que se agrupan en tres categorías: alóctonas, antropogénicas y autóctonas (Eatherall *et al.*, 1998).

Los provenientes de fuentes alóctonas abarcan la vegetación adyacente al sistema (marismas y manglares), además del material continental erosionado y lixiviado. Entre los aportes antropogénicos se citan las descargas industriales y domésticas que llegan a los ambientes litorales principalmente a través de los ríos; y por otra parte, se encuentran los aportes de origen autóctono, integrados por los productores primarios (Preston y Prodduturu, 1992).

El sedimento es fundamental porque, conforma el substrato para los diversos microorganismos que participan en los procesos biogeoquímicos de remineralización, representando al mismo tiempo, energía potencial para la producción secundaria bacteriana dentro del estuario (Moran y Hodson, 1990). Igualmente es sabido que la cantidad y composición bioquímica de ésta modifica la distribución de los organismos bentónicos (Albertelli *et al.*, 1999). Por otra parte, los organismos contribuyen al transporte de sedimentos y al reciclaje de nutrientes a través de la bioturbación y resuspensión.

La determinación de la textura de los sedimentos y su contenido de MO es primordial en los estudios de los sistemas

acuáticos, porque se ha demostrado que la adsorción de contaminantes orgánicos hidrofóbicos y metales, se correlacionan con ambos (Al-Ghadban *et al.*, 1994). La MO, tanto disuelta como particulada, frecuentemente es estimada con base en su contenido de carbono orgánico total.

Los antecedentes sedimentológicos de esta área son escasos, por ejemplo, un estudio en la parte sureste del Soconusco en el que Helbig (1964), refiere la coloración oscura, casi negra, de la playa y lo atribuye al aporte de minerales oscuros erosionados de las moles básicas de construcción en la serranía volcánica y comenta que hacia el norte la arena era más clara, debido a la presencia de cuarzo. También menciona que los sedimentos en la zona de las lagunas estaban enriquecidos con MO, que eran oscuros, frecuentemente de olor desagradable y consistencia desde arenosa hasta arcillosa. Posteriormente, Carranza (1986), realizó un trabajo sedimentológico, particularmente de algunas playas en Chiapas (Boca del Cielo, El Palmarcito, La Barrita, Barra del Suchiate, Puerto Madero y Puerto Arista).

Los objetivos de este estudio fueron el realizar el análisis textural de los sedimentos y determinar los contenidos de carbono orgánico (CO) en ellos, con el propósito de determinar la dinámica sedimentaria en este sistema lagunar antes y después de la tormenta torrencial "Javier" (TTJ) acaecida en septiembre (1998), de la posterior modificación de los cauces de los ríos a partir de 1999 y de las actividades de dragado efectuadas desde 2001 hasta mayo del 2003.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema Carretas-Pereyra se ubica entre los 93°06' y 93°15' de latitud norte y los 15°23' y 15°32' de longitud oeste, tiene una extensión total de 3,696 ha. y está constituido por los cuerpos acuáticos de Pereyra, Carretas, Bobo, Buenavista y una extensa zona de inundación, además de un cordón estuarino conocido como El Palmarcito y una boca permanente de comunicación con el mar. Los ríos Pijijiapan, Coapa, Margaritas, Bobo y Progreso desembocan al sistema lagunar. Estos ríos están fuertemente influenciados por la temporada de lluvias y el volumen de agua que transportan varía a lo largo del año, llegando algunos a secarse por completo en la temporada de

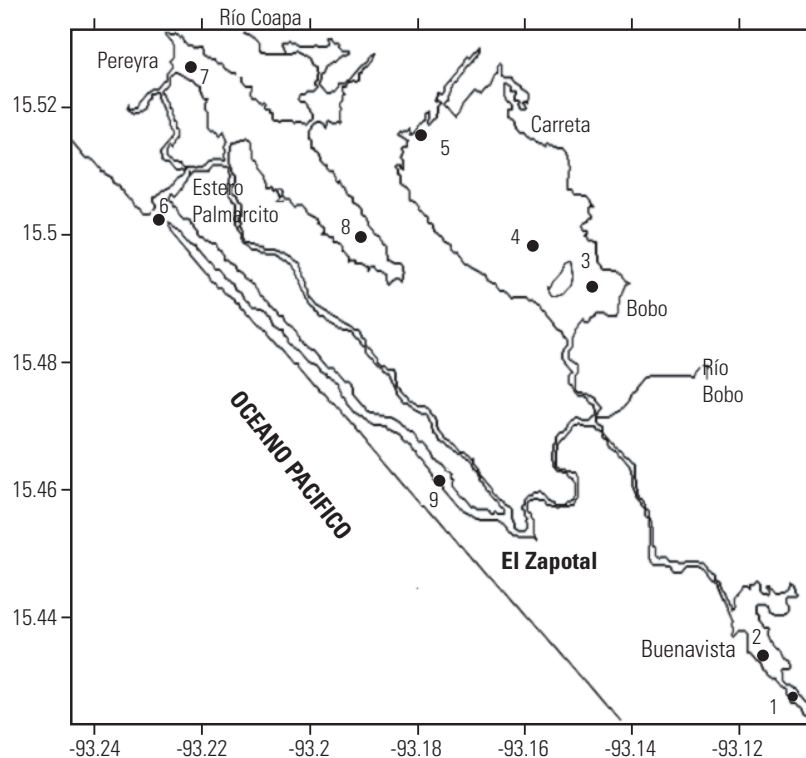


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en el Sistema Carretas-Pereyra

secas (RAMSAR, 1997). El río Coapa desemboca al norte de la laguna de Pereyra y el río Bobo al este de la laguna La Carreta, diluyendo su caudal en las pampas (Tovilla, 2006). La temperatura promedio anual en esta región de la República Mexicana es de las más altas con 29°C. La sedimentación debida a proyectos hidráulicos pobremente planeados, la deforestación y la quema de vegetación con propósitos agrícolas han impactando este sistema lagunar (RAMSAR, 1997).

Su población se dedica específicamente a la captura de camarón ribereño y en menor proporción a la pesca de diversas especies de escama.

En el sistema Carretas-Pereyra, la temperatura del agua fue evaluada utilizando un termómetro de cubeta (precisión de 0.1 °C); la salinidad se midió con un refractómetro "American Optical" (precisión de 0.5 ups) y el pH se registró con un potenciómetro de campo "Conductronic" (exactitud de 0.1 unidades de pH).

Se recolectaron muestras de sedimentos superficiales con una draga tipo van Veen (3L), en 9 estaciones durante 16 meses de muestreo: febrero, abril, junio y noviembre (1998); marzo y julio (2000); febrero, julio y septiembre (2001); abril, junio, agosto, octubre y noviembre (2002); así como febrero y mayo (2003), los cuales abarcaron épocas de secas y lluvias. Los sedimentos fueron preservados a 4°C hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Para la caracterización del tamaño de grano de los sedimentos, se utilizó el análisis granulométrico, en el que se separa la fracción gruesa (>0.0625 mm), de la fracción lodosa mediante tamizado húmedo. La proporción limo/arcilla se evaluó por medio de la Técnica de Pipeteo propuesta por Folk (1974). Las arenas, se cuantificaron como fracción total.

Para el contenido de CO los sedimentos fueron secados en horno a 40°C durante 48 hr y se tamizaron en una malla de 0.25 mm. El porcentaje del CO se determinó mediante la técnica propuesta por Gaudette *et al.* (1974) que consiste en la titulación del exceso de dicromato de potasio con sulfato ferroso. Las muestras se analizaron por duplicado y se procesaron dos blancos de igual forma. Dicha técnica tiene una precisión de ± 0.25 %.

La variabilidad estacional y temporal, se realizó por medio de comparaciones de los valores centrales (media, mediana) dependiendo si había o no *homoscedasticidad*, en el caso de varianzas desiguales se aplicó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis si las varianzas fueron semejantes se utilizó un análisis de varianza de una vía, empleando como factor "el espacio" (distribución por estaciones de colecta) y "el tiempo" (mes y época climática), para determinar si existían diferencias significativas entre ellos (Zar, 1997), se usó el programa estadístico NCSS (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La salinidad a lo largo del período febrero 1998 a noviembre del 2002 se ha mantenido constante con promedio de 15 ups y un intervalo de 0 a 38.6 ups registradas en febrero (1998) y abril (2002) respectivamente. Al realizar los análisis estadísticos se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre épocas climáticas y entre los meses de muestreo con un promedio para secas de 26 ups (6.57 a 37.24 ups) y en lluvias de 18 ups (2 a 32.5 ups). De igual forma, hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre estaciones de colecta, los mayores valores se presentaron en la estación netamente marina, la E6 con un promedio de 26.61 ups (8 a 37.8 ups) y la E-9 con 21.5 ups (8 – 36.6 ups). Las menores salinidades se obtuvieron en la E-2 con 5.67 ups (0 – 19.5 ups) (Fig. 2a).

En la figura 2b se muestra que el evento de 1998 modificó sustancialmente la batimetría en la Boca (E-6), en Bobo (E-3) y Pereyra (E-7). Lo más destacado fue la alteración de la profundidad en la zona de la Boca ya que de 4.5 m (abril y junio, 1998), después de la TTJ disminuyó hasta 2.10 m, alcanzando un promedio de tan sólo 0.43 m durante el ciclo del 2001. De nueva cuenta para 2002, pasó de 0.60 m hasta 2.0 m; no obstante, en los muestreos realizados en 2003, la profundidad promedio fue menor a 0.80 m. Por lo tanto, hasta mayo del 2003 la Boca El Palmarcito no recuperó la profundidad de 4.45 m que tenía al inicio del presente trabajo, lo que pudiera generar problemas de tipo ecológico y por ende económico para los pescadores de la zona.

Durante los 16 meses el pH presentó un promedio de 7.6 (3.7 a 9.6) registrados en septiembre (2001) y noviembre (1998) respectivamente, el análisis de varianza mostró solamente diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses de muestreo (Fig. 3).

En lo correspondiente a sedimentos, el porcentaje de arenas en los 16 meses tuvo un promedio de 28.86%, con valores mínimos y máximos de 0% y 83.73% en febrero y abril de 1998 respectivamente. El análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las épocas climáticas ni entre los meses de muestreo. La salinidad tuvo una correlación significativa ($p < 0.05$) con el pH ($r = 0.23$) y con arenas ($r = 0.40$), demostrando la relación que hay entre las arenas típicas de la zona marina con la salinidad de la misma.

El promedio de arenas en 1998 fue de 31.75%, en 2001 (13.88%), en 2002 (29.99%) y de 34.43% para 2003 lo que evidenció que dichos valores no han fluctuado considerablemente, pero se aprecia claramente que después de la TTJ el porcentaje decreció hasta 2.85% (Fig. 4).

En 1998, durante los meses previos a la TTJ, prevalecieron las arenas (40.41%) y los contenidos de arcillas fueron mínimos (9.25%); sin embargo, dos meses posteriores a dicho fenómeno meteorológico (noviembre de 1998), dominaron las

arcillas (61.40%), lo que incrementó el CO alcanzando valores promedio de 9.19%. Lo anterior pudo generar cambios en la distribución espacial de los organismos bentónicos principalmente. Nuevamente en septiembre (2001) y en octubre (2002) hubo una disminución de arcillas (20.59%) y (20.88%).

Las arcillas en los 16 meses presentaron un promedio de 34.69% (0% a 89.77%) registrándose ambos en febrero del 2001, el análisis de varianza tuvo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses de muestreo pero no entre las épocas climáticas.

En la figura 4 se aprecia que de febrero 1998 a mayo del 2003 los contenidos de arcillas, prácticamente se duplicaron (de 22.29% a 45.11%). Mientras que en 2002 fueron de 37.86% y en 2001 de 47.28% por lo que se observa que después de la TTJ (septiembre, 1998) la cantidad de arcillas se ha incrementado y no han disminuido a sus valores iniciales, lo que evidencia que había condiciones de inestabilidad hidrodinámica.

Cabe aclarar que la fracción gruesa en algunos muestreos estuvo conformada por hojarasca y/o arenas, de ahí el que un resultado relevante fue la recolección de una gran cantidad de ésta, en febrero (1998) no se detectaron arenas, pero la hojarasca tuvo hasta un 64.27%. Los promedios de hojarasca en épocas de secas fueron los siguientes: 1998 (32.14%), 2001 (18.43%) y de tan sólo 7.81% para 2002.

En lo referente al porcentaje de hojarasca en los 16 meses mostró un promedio de 11.42% (0% a 89.46%) registrados en febrero (1998) y junio (1998). El análisis de varianza por Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) de hojarasca entre las estaciones pero sí hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses de muestreo y épocas climáticas (Fig. 4). La hojarasca presentó una correlación significativa ($p < 0.05$) inversamente proporcional con arenas ($r = -0.60$).

El porcentaje de limos durante el presente estudio tuvo un promedio de 29.60% (9.13% a 50.34%) febrero (2001) y junio (1998). Respecto al contenido anual de limos, fluctuaron de 29.07% (1998) hasta 30.60% (2002), y disminuyó nuevamente a 20.47% (2003), no obstante el decremento no tuvo diferencias significativas; el análisis de varianza no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los meses de muestreo, ni entre las épocas climáticas (Fig. 4). Los sedimentos arenosos y los limosos, indican depositación bajo condiciones de alta energía y progresivamente segregados desde limosos a arcillosos, los cuales denotan procesos de depositación bajo condiciones de baja energía (Flemming, 2000). El pH mostró una correlación significativa ($p < 0.05$) inversamente proporcional con limos ($r = -0.25$).

En general se diferenciaron 3 zonas de acuerdo a su tipo de sedimento, la más evidente fue la localizada en la E-6 conformada por arenas, otra que incluye a las estaciones de la E-1 a la E5 y

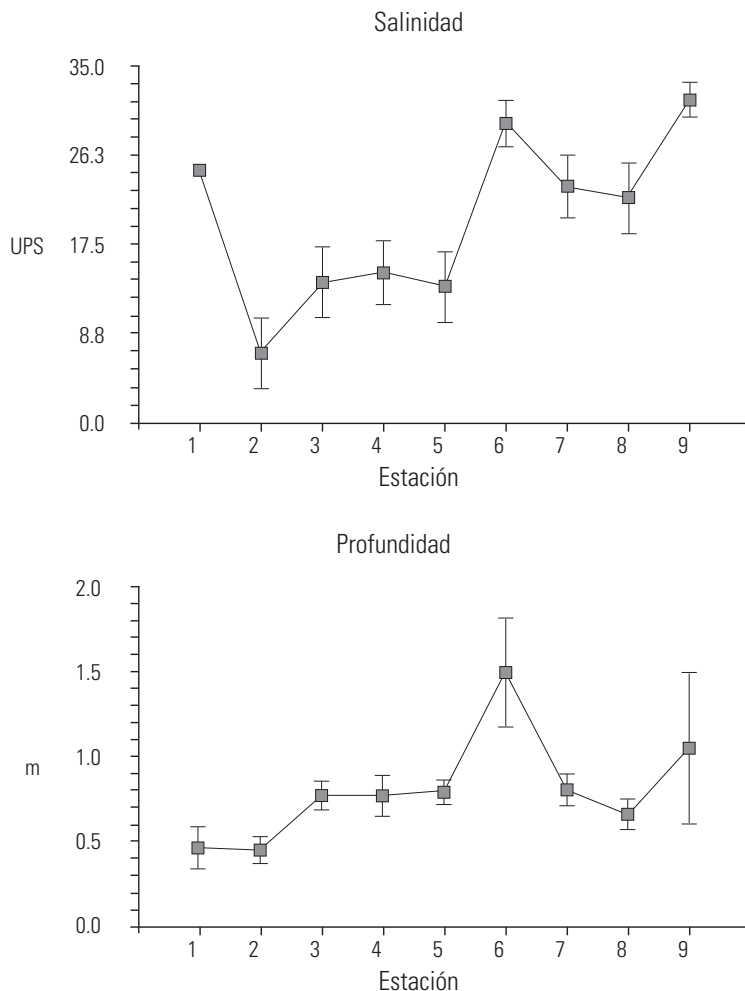


Figura 2. Distribución espacial promedio de: a) profundidad y b) salinidad del Sistema Carretas-Pereyra (1998-2003).

la E-7 y E-8 constituidas principalmente por lodo (limos y arcillas preferentemente) y la E-9 localizada en el cordón estuarino del sistema lagunar (cercana a El Zapotal) y de alguna manera atípica, ya que pese a estar cercana a la zona marina estuvo caracterizada primordialmente por arcillas (71.61%) con salinidades que fluctuaron desde 8 a 36.6 ups, esto porque es un área somera (0.83 m promedio de profundidad) con un amplio intervalo de la misma (0.60 – 1.50 m). La depositación de arcillas se puede producir por ser una zona de mezcla a la que confluyen las descargas del río Margaritas que se une con el río Bobo, así como la entrada de agua marina lo que favorece el proceso de floculación.

Respecto al CO, en el sistema Carretas-Pereyra durante los 16 meses de muestreo se presentó un promedio de 7.42%, con un intervalo de 0.09% a 21.12% registrados durante septiembre (2001) y octubre (2002) respectivamente, el análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los meses de muestreo ni entre épocas climáticas ($p > 0.05$) (Fig. 5), ya que ambas presentaron promedios similares de CO (7.25%

durante el período de secas y 7.56% en lluvias), esto contradiciendo lo referido por Poppe *et al.* (2000) en cuanto a que el CO varía estacionalmente.

Pese a las diferencias no significativas entre épocas climáticas, en la mayoría de los meses correspondientes a la época de secas se obtuvieron los mayores porcentajes de CO, por ejemplo, durante 1998 en los meses de noviembre (9.19%) y febrero (8.67%), en febrero del 2001 (8.28%) y en marzo del 2000 (8.43%), esto debido a que en la época de secas es cuando los patrones de circulación son escasos y hay una gran mortandad de las hidrófitas emergentes, lo que contribuye a aumentar los contenidos de CO. En los meses de mayor precipitación pluvial (julio, agosto y septiembre) durante los años 2000 y 2001 se detectaron los menores contenidos de CO [julio.00 (6.5%), julio.01 (5.46) y septiembre.01 (5.62)], esto probablemente porque dicho fenómeno conlleva el transporte de MO hacia la zona marina. Se dio un mayor porcentaje de CO en la época de secas de febrero (1998) a septiembre (2001), pero hubo un cambio y de abril de

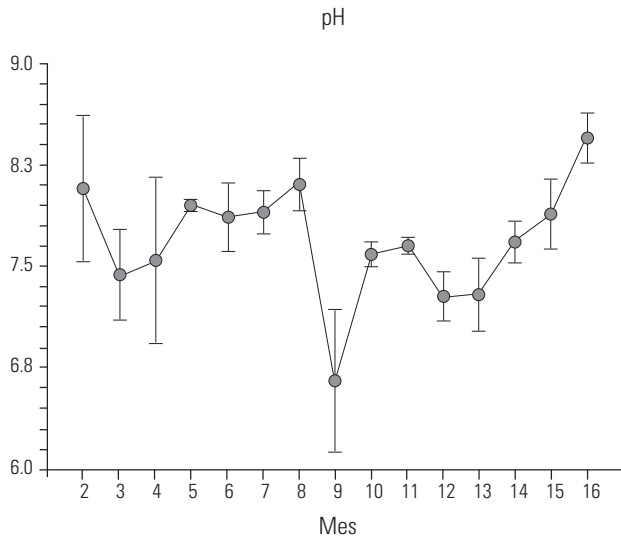


Figura 3. Variación mensual del pH en el Sistema Carretas-Pereyra. Abr. 1998(2), jun. 1998(3), nov. 1998(4), mar. 2000(5), jul. 2000(6), feb. 2001(7), jul. 2001(8), sep. 2001(9), abr. 2002(10), jun. 2002(11), ago. 2002(12), oct. 2002(13), nov. 2002(14), feb. 2003(15) y may. 2003(16).

2002 a mayo de 2003, los mayores contenidos de CO se presentaron en la época de lluvias. Por lo tanto, considerando la TTJ, los promedios de CO que se obtuvieron en noviembre (1998) fueron muy altos (9.19%), debido a que hubo un acarreo masivo de MO desde tierras altas, tanto vegetal como animal (incluso ganado que murió ahogado), de igual forma se dio un transporte masivo de rocas, gravas y arenas hacia los sistemas lagunares.

Rodríguez (2000), cita que la TTJ alcanzó hasta 1200 mm de precipitación en un período de 5 días y que ocasionó uno de los peores desastres naturales en la historia del Estado de Chiapas, sepultando poblaciones enteras y azolvando el sistema lagunar 0.80 m y hasta 3.0 m la planicie costera. Consecuentemente, impactando la producción pesquera de aproximadamente 3,000 pescadores que tienen el sustento familiar de la pesca ribereña, la cual se desarrolla en esta área natural protegida, desde hace 70 años. Dicho fenómeno produjo el desbordamiento de los ríos y pudo ser constatado durante el presente trabajo de campo.

La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de GS Ingeniería Integral (2001), efectuó un estudio de impacto ambiental, con la modalidad particular de rehabilitar el sistema lagunar Carretas-Pereyra-Buenavista, dragando canales para permitir el ingreso y circulación del agua de mar y frenar el deterioro de la calidad de sus aguas. En este estudio, se corroboró que en febrero (1999), febrero y noviembre (2002) se llevaron a cabo labores de dragado de forma irregular, en Buenavista (E-1 y E-2) y en Carretas (E-5). De hecho en la E-2 se observó una cantidad considerable de sedimento acumulado a las orillas de esta zona por lo tanto hay que considerar que el

incremento en los intervalos de aportes de sedimentos, afectan adversamente la biodiversidad y el valor ecológico de los sistemas costeros y estuarinos (Thrush *et al.*, 2004).

Por lo anterior, en los meses de febrero (2001) no se colectaron muestras de sedimento en la E-5 (NO de Carretas) y E-8 (SE de Pereyra) debido a que el sistema de Carretas se encontraba azolvado con áreas con una profundidad media menor a los 30 cm, por lo que las embarcaciones no pudieron pasar por los canales habituales, de hecho había ya plántulas de mangle creciendo, esto como consecuencia de la consolidación del sedimento. Al respecto, Sui & QiaoMin (1999) en su estudio concluyeron que el manglar crece principalmente en planos conformados por arena-limosa ya que son los más adecuados, aunque en menor medida también llegan a crecer en sedimentos arcillosos-limosos.

Además, en 2001 la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) realizó estudios, los cuales concluyeron con acciones tales como el modificar el cauce natural de los principales ríos que drenan hacia el sistema Carretas-Pereyra tales como Bobo y Pijijiapan; es decir, hicieron la rectificación de los ríos (eliminaron las curvas para dejar el cauce en línea recta). Explicaron que ello con el propósito de facilitar la descarga de los mismos hacia la zona marina y evitar futuras inundaciones como las presentadas en 1998, donde el nivel del agua materialmente cubrió a los caseríos asentados en las márgenes de las lagunas.

En lo que se refiere a la distribución espacial del CO en Carretas-Pereyra, los mayores porcentajes promedio correspondieron a la E-3 (8.82%) y a la E-9 (8.36%), en tanto que los menores valores promedio se presentaron en la E-6 (0.48%), ubicada en la boca de la laguna y que se presentó como la única estación diferente, asimismo, el análisis espacial en este sistema mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las estaciones de muestro (Fig. 6). Los resultados anteriores concuerdan con lo reportado por Poppe *et al.* (2000) ya que refieren que el contenido de CO aumenta en dirección hacia las áreas someras y son similares a lo reportado por Sui & QiaoMin (1999) en cuanto a que, el contenido de material fino se incrementa hacia tierra, mientras que el CO decrece hacia el mar.

Comparando este trabajo con el de Rueda *et al.* (1997), en Carretas-Pereyra la textura de los sedimentos se ha modificado considerablemente, debido a que dichos autores reportaron que en Buenavista, Bobo y Carretas prevalecieron durante 1994-1995 los limos muy finos, en tanto que la zona de Pereyra había arena muy fina. Dichos autores no refirieron la presencia significativa de hojarasca en los sedimentos. Durante el período de este estudio (1998 a 2003) en general, los sedimentos típicos en el sistema lagunar fueron arcillosos-limosos que sobresalieron en áreas caracterizadas por ambientes que han requerido de un tiempo prolongado de depositación (Poppe *et al.*, 2000). La excepción estuvo en Pereyra norte (E-7) que mostró una heterogeneidad

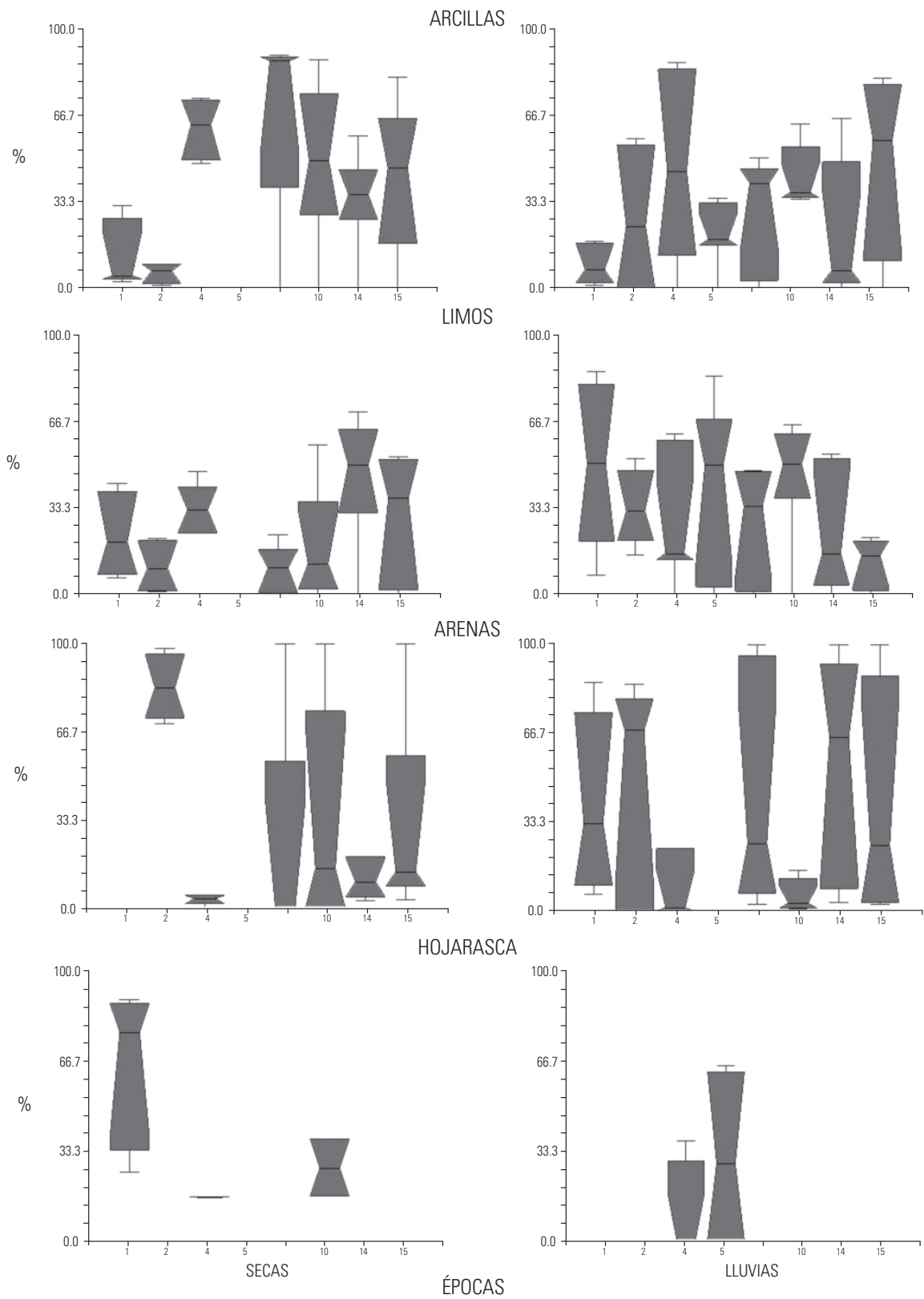


Figura 4. Variación de la textura de los sedimentos por época climática en el Sistema Carretas-Pereyra. Feb. 1998(1), abr. 1998(2), jun. 1998(3), nov. 1998(4), mar. 2000(5), jul. 2000(6), feb. 2001(7), jul. 2001(8), sep. 2001(9), abr. 2002(10), jun. 2002(11), ago. 2002(12), oct. 2002(13), nov. 2002(14), feb. 2003(15) y may. 2003(16).

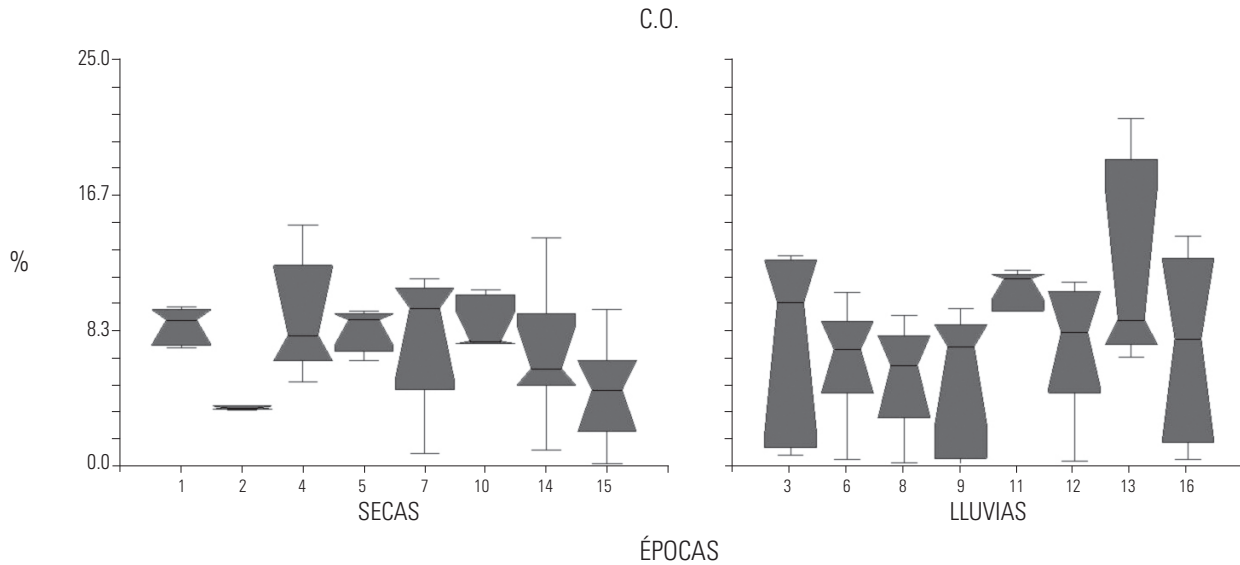


Figura 5. Variación estacional de carbono orgánico en el Sistema Carretas-Pereyra. feb. 1998(1), abr. 1998(2), jun. 1998(3), nov. 1998(4), mar. 2000(5), jul. 2000(6), feb. 2001(7), jul. 2001(8), sep. 2001(9), abr. 2002(10), jun. 2002(11), ago. 2002(12), oct. 2002(13), nov. 2002(14), feb. 2003(15) y may. 2003(16).

en los sedimentos, Poppe *et al.* (2000) mencionan que esto se presenta cuando la batimetría es compleja, en áreas cercanas a la costa y someras; sobre ello, cabe señalar que en la E-7 la profundidad promedio fue de 0.82 m (0.20m – 1.60m) mostrando una gran variabilidad. En dicha área, la heterogeneidad disminuyó y la textura fina también al haber un decremento en la energía de la corriente en el fondo tal como se presenta en la zona de la Boca (E-6). En Pereyra sur (E-8) estuvieron conformados principalmente por limos y arenas marcando la transición de un ambiente de baja a alta energía.

El CO obtuvo una correlación significativa ($p < 0.05$) con el limo ($r = 0.39$) y la arcilla ($r = 0.43$), siendo directamente proporcional con ellos, pero con arena ($r = -0.33$) mostró una relación inversamente proporcional, que también fue significativa ($p < 0.05$), corroborando la teoría de sorción. Padmalal & Seralathan (1995) reportaron que las cantidades de CO en sedimentos limoso-arcillosos se duplicaron de 27-30 veces, en relación a los contenidos en arenas, en Carretas-Pereyra se duplicaron de 11-21

veces, mostrando que el incremento del CO en las fracciones finas puede ser atribuido al aumento del área superficial de las partículas en las que se aumenta la capacidad de sorción.

Tomando en cuenta lo referido por Calva *et al.* (2006) respecto a los valores promedio de CO en algunos sistemas lagunares de México, se constata que la laguna que presentó los mayores porcentajes respecto a otros sistemas fue Carretas-Pereyra (6.92%). Los resultados de este estudio fueron similares a los reportados por Rueda *et al.* (1997), quienes realizaron su estudio en abril-julio (1994) y febrero (1995) y reportaron un promedio de

6.5%. Dicha comparación muestra que existió una mayor cantidad de CO en los sistemas lagunares de Chiapas, con respecto a otras lagunas costeras del Golfo de México, por lo tanto, en el presente trabajo se confirma el papel relevante que desempeñan tanto los manglares adenaños a Carretas-Pereyra, así como la presencia de vegetación emergente, macroalgas y fitoplancton. De igual forma, las corrientes, las mareas y el sedimento predominantemente limoso-arcilloso determinaron, en primera instancia, la distribución del CO en estos ecosistemas acuáticos

La única diferencia significativa entre este estudio y el de Rueda *et al.* (1997) se tuvo con el CO en el área de Pereyra ya que dichos autores reportaron un promedio de CO de 3% y en este trabajo se obtuvo un promedio de 8.38%, por lo que el CO se incrementó. Las otras áreas no mostraron diferencias significativas.

El análisis espacial en el sistema aportó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las estaciones de muestreo para CO, arenas, limos, arcillas, pH y salinidad. Específicamente la E-6 mostró las menores concentraciones de CO (0.44%), limos (1.35%), arcillas (0%), así como los mayores valores de arenas (98.65%), pH (7.6) y salinidad (29.27).

Se concluye que, en general, en el sistema Carretas-Pereyra el aporte fluvial tuvo un impacto menor en comparación con el sistema Chantuto-Panzacola, Chis. (Calva *et al.*, 2006) y que los cambios que se han presentado en las diferentes texturas de sedimento y contenido de CO fueron a nivel de distribución espacial pero, básicamente ocasionadas por la TTJ y las subsecuentes rectificaciones de los ríos y las labores de

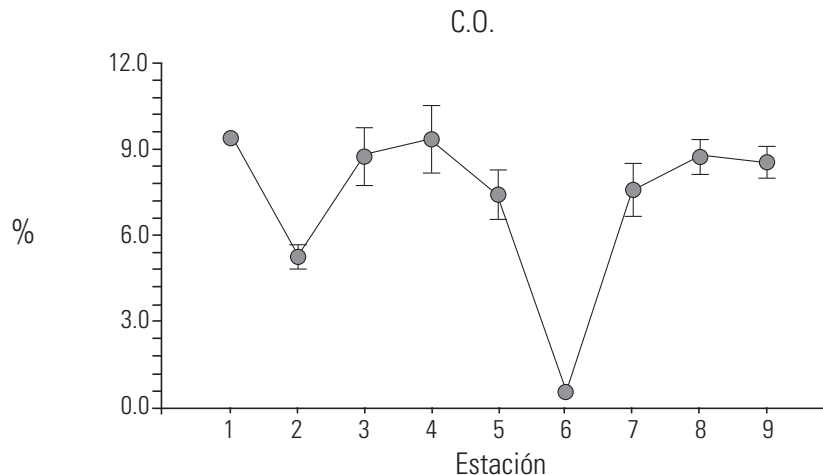


Figura 6. Distribución espacial promedio de carbono orgánico en el Sistema Carretas-Pereyra (1998-2003).

dragado. La distribución del tamaño de grano fue muy heterogénea entre años y épocas climáticas, así como espacialmente en estas lagunas. El efecto de la TTJ fue significativo en cuanto a la distribución de los sedimentos ya que se dio un incremento en la proporción de arcillas y la hojarasca dejó de ser considerable en la fracción gruesa desde junio (2002); sin embargo, los contenidos de CO no presentaron diferencias significativas entre las épocas climáticas ni entre los meses de muestreo. El porcentaje de material fino se incrementó hacia adentro del sistema lagunar (con excepción de la E-9) y el contenido de CO decreció en dirección hacia el mar.

La SEPESCA en febrero de 2006 reportó que se sembraron seis millones de postlarvas de camarón en la pampa Carretas; no obstante, Rivera *et al.* (2006) refiere que en las últimas décadas la captura de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* ha tenido importantes variaciones y en los últimos años, con una tendencia a la baja, de ahí el que se considera relevante el realizar estudios sobre la dinámica sedimentaria y batimetría del sistema Carretas-Pereyra por la íntima relación que se presenta entre este recurso y los sedimentos. Por lo anterior, se recomienda proponer y realizar estrategias de uso y manejo adecuadas para la preservación de este ecosistema con características únicas en el país.

REFERENCIAS

- ALBERTELLI G., A.H. COVAZZI, R. DANOVARO, M. FABIANO, S. FRASCHETTI & A. PUSCEDDU. 1999. Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *Journal of Sea Research* 42: 11-26
- AL-GHADBAN, A.N., P.G. JACOB & F. ABDALI. 1994. Total organic carbon in the sediments of the Arabian Gulf and need for biological productivity Investigations. *Marine Pollution Bulletin* 28:356-362.
- CARRANZA-E. A. 1986. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Chiapas, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México* 13(1):331-344.
- CALVA L.G.B., A. PÉREZ-ROJAS, A. Z. MÁRQUEZ. 2006. Contenido de Carbono Orgánico y Textura de Sedimentos del Sistema Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas. N° Especial de Chiapas *Hidrobiológica* 16(2):127-136.
- CNA. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 1999. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). CD-ROM.
- EATHERALL, A., P.S. NADEN & D.M. COOPER. 1998. Simulating Carbon Flux to the Estuary: The First Step. *Science of the Total Environment*. 210(6):519-533.
- FLEMMING, B.W. 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. *Continental Shelf Research* 20(10-11):1125-1137.
- FOLK, R.L. 1974. *Petrology of sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas. 182 p.
- GAUDETTE, H., W. FLIGHT, L. TONER & D. FOLGER. 1974. An Inexpensive Tritation Method for the Determination of Organic Carbon in Recent Sediments. *Journal of Sediments and Petrology*. 44(1):249-253.
- HELBIG, C. 1964. *El Soconusco y su zona cafetalera en Chiapas*. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 134 p.
- KENNISH, M.J. 1986. *Ecology of Estuaries. Physical and Chemical Aspects*. Vol I. CRC. Press, INC. USA. 254 p.
- MORAN, M.A. & R.E. HODSON. 1990. Bacterial production on humic and nonhumic components of dissolved organic carbon derived of dissolved organic carbon. *Limnology and Oceanography*. 35:1744-1756
- PADMALAL, D. & P. SERALATHAN. 1995. Organic carbon and phosphorus loading in recently deposited riverine and estuarine sediments- a granulometric approach. *Indian Journal of Earth Sciences* 22:21-28.

- POPPE, J.L., H.J. KNEBEL, Z.J. MLODZINSKA, M.E. HASTINGS & B.A. SEEKINS. 2000. Distribution of surficial sediment in Long Island Sound and Adjacent waters: Texture and Total Organic Carbon. *Journal of Coastal Research* 16(3):567-574.
- PRESTON, M.R. & P. PRODDUTURU. 1992. Tidal variations of particulate carbohydrates in the Mersey Estuary. *Estuarine, Coastal and Marine Science*. 34: 37-48.
- RAMSAR. 1997. Ficha Informativa de los Humedales RAMSAR, México. pp. 1-9.
- RIVERA, G.V., L.F. GONZÁLEZ & E.V. VELÁSQUEZ. 2006. *Distribución y abundancia de camarón blanco Litopenaeus vannamei en un sistema lagunar del sureste mexicano durante un ciclo anual (2004-2005)*. III Foro Científico de Pesca Ribereña. SAGARPA, INE. Puerto Vallarta, Jal. pp. 99-100.
- RODRÍGUEZ, A.J.S. 2000. Restauración y rehabilitación de esteros y canales para favorecer la productividad de áreas de pesca en la reserva de la biosfera la Encrucijada, Chiapas. Resumen XII Congreso Nacional de Oceanografía. 22 al 26 de mayo, Huatulco, Oax., México.
- RUEDA, L., A.V. BOTELLO, & G. DÍAZ. 1997. Presencia de plaguicidas organoclorados en dos sistemas lagunares del Estado de Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 13(2):55-61.
- SUI, S. & Z. QIAOMIN. 1999. Characteristics of sediments along mangrove coast of South China. *Tropic Oceanology/Redai Haiyang. Guangzhou* 18(4):17-23.
- TOLEDO, A. 1994. (Coordinador). *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo. A.C. México, D.F. 492 p.
- TOVILLA, C.H. 2006. En riesgo extinción de miles de hectáreas de mangle en Chiapas. *Proceso*. 9/junio/2006.
- THRUSH, S.F., J.E. HEWITT, V.J. CUMMINGS, J.I. ELLIS, C. HATTON, A. LOHRER & A. NORKKO. 2004. Muddy waters: elevating sediment input to coastal and estuarine habitats. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(6): 299-306.
- ZAR, J. H. 1997. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N. Jersey. 718 p.

Recibido: 22 de septiembre de 2007.

Aceptado: 10 de diciembre de 2008.