



Contenido de carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas

Organic carbon content and textural characteristics of sediments within the Chantuto-Panzacola coastal lagoons system, Chiapas

Laura Georgina Calva Benítez¹, Alberto Pérez Rojas²,
Antonio Z. Márquez García²

¹Laboratorio de Ecosistemas Costeros. Depto. Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México D.F. C. P. 09340. e-mail: cblg@xanum.uam.mx

²Laboratorio de Geología y Limnología, Depto. Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México D.F. C. P. 09340. e-mail: apr@xanum.uam.mx, azmg@xanum.uam.mx

Calva-Benítez L. G., A. Pérez-Rojas & A.Z. Márquez-García. 2006. Contenido de carbono orgánico y características textuales de los sedimentos del Sistema Costero Lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas. *Hidrobiológica* 16 (2): 127-136.

RESUMEN

En este estudio se analizó la distribución textural estacional y espacial de los sedimentos superficiales y el contenido de carbono orgánico (C.O.) en ellos en el sistema costero Chantuto-Panzacola durante el período de 1997 a 2003. Los sedimentos superficiales se colectaron en 10 estaciones de muestreo con una draga tipo van Veen (3L). Se determinó el carbono orgánico (C.O.%) y se analizó la distribución textural (arena, limo, arcilla) con el método del pipeteo. Hubo diferencias significativas de C.O. en los sedimentos entre las estaciones de secas y de lluvias. El contenido de C.O. fue mayor en los meses asociados a la época de lluvias, mostrando que el aporte de C.O. proviene de fuentes tanto autóctonas, como alóctonas (por medio de la descarga fluvial). La distribución espacial de C.O. a través de las lagunas fue mayor principalmente en la E4 (Chantuto) - E6 - E5 (Panzacola), mientras que en la E1 (en la boca con influencia marina) fue mucho menor debido al flujo de agua de mar que mantiene en suspensión la materia particulada. La distribución del tamaño de grano fue muy heterogénea entre años, épocas climáticas y estaciones en las lagunas ya que varió de limo-arenoso y arena-limo-arcilloso a arcilla-arenosa. El efecto de la tormenta tropical "Javier" de septiembre de 1998 fue significativo, con un incremento en la proporción de arenas y disminución del C.O. en casi todo el sistema lagunar. Para el año 2003, el porcentaje de C.O. fue similar al de 1997, sin embargo, la granulometría continúa modificándose, sobre todo en las áreas donde se han realizado dragados desde el año 2001.

Palabras clave: Tormenta tropical, dragado, manglares, arcillas, limos, arenas.

ABSTRACT

Seasonal and spatial distribution of surface sediments from the Chantuto-Panzacola coastal lagoon system were analyzed, including organic carbon (O.C.) content, during the years 1997 to 2003. Surface sediments were taken from 10 sites by means of a small van Veen grab sampler (3L) and sediment composition (sand, silt and clay components) was obtained by pipette analysis. There were differences in the sediment's O.C. inbetween dry and wet seasons, with higher levels corresponding to the latter and showing that O.C. contributions to the system come from autochthonous and allochthonous sources through fluvial drainage. O.C. levels throughout the lagoons were highest in stations 4



(Chantuto), 5 and 6 (Panzacola), while station 1 (the entrance, influenced by marine conditions) showed lower values. Sediment texture values were markedly heterogenous throughout years, seasons and stations. The effect of tropical storm "Javier" was found to be significant in incrementing the sand content in almost the entirety of the system, as well as decreasing the O.C. contents. The 2003 O.C. values were similar to those measured in 1997; on the other hand, continuous change in grain size has been the norm, affecting mainly those areas where dredging activities have taken place since 2001.

Key words: Tropical storm, dredging, mangroves, clays, silts, sands.

INTRODUCCIÓN

El Estado de Chiapas, localizado en el sureste de México, es considerado como uno de los patrimonios ecológicos y culturales más valiosos del país. El área de estudio, sistema lagunar Chantuto-Panzacola, se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera denominada "La Encrucijada". En ella están los manglares de mayor altura del país y es una zona que cuenta con una alto potencial productivo debido a su alta diversidad de especies, a sus hábitats críticos para ciertas especies migratorias y residentes, por poseer importantes valores arqueológicos y culturales. Así como, por representar un bien insustituible para las comunidades de pescadores, cuya economía, está basada esencialmente en la pesca del camarón. Además de que esta zona, es de gran importancia para la agricultura, especialmente por el cultivo de café, plátano, mango, soya, sorgo y algodón (Toledo, 1994).

Los sedimentos son un factor muy importante en el control de la ecología de las lagunas costeras, ya que generalmente presentan concentraciones considerables de elementos traza, nutrientes y materia orgánica (M.O.) (Kennish, 1986). 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 determinación de la textura de los sedimentos y su contenido de M.O. 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 M.O. tanto disuelta como particulada frecuentemente son estimadas por su contenido de carbono orgánico total. Por otra parte, los organismos contribuyen al transporte de sedimentos y al reciclaje de nutrientes a través de la bioturbación y resuspensión.

A pesar de que el Estado de Chiapas posee una producción elevada y un vasto potencial agrícola, en la actualidad, carece de estudios básicos sobre las condiciones de dicho sistema lagunar. Los antecedentes de esta área son escasos y han sido aportados por Helbig (1964), referentes a un estudio en la parte sur-este del Soconusco, acerca de la coloración oscura, casi negra, de

la playa, lo cual atribuye al aporte de minerales oscuros erosionados de las rocas básicas de construcción en la serranía volcánica y hacia el norte la arena es más clara debido a la presencia de cuarzo. También menciona que los suelos en la zona de las lagunas que están enriquecidos de M.O., son oscuros, frecuentemente de olor desagradable y consistencia desde arenosa hasta arcillosa. Posteriormente, Carranza-Edwards (1986), realizó un trabajo sedimentológico particularmente de las playas de Chiapas.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la distribución y variación del tamaño de grano y el contenido de C.O. presentes en los sedimentos del sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio. El sistema lagunar Chantuto-Panzacola se localiza en los 15° 09' y 15° 17' de latitud norte y los 92° 45' y 92° 55' de longitud oeste. Tiene una extensión de 18,000 ha y está conformada por cinco lagunas principales, Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos y Panzacola, se extiende a lo largo de 27.5 km de la costa y presenta una anchura promedio de 15 km. Se encuentra rodeado por grandes extensiones de suelos salinos, pastizales, manglares y terrenos sujetos a inundaciones por lluvia y desbordamiento de las corrientes de los ríos Cacaluta, Doña María, Cintalapa-Las Lauras y Vado Ancho, que abastecen de agua dulce y sedimentos a las lagunas. Existe comunicación con el mar a través de la boca "San Juan" y se presenta un cordón amplio en un estero, el cual es paralelo a la barrera arenosa "El Huetate" (Fig. 1).

Por sus características geomorfológicas y de intercambio de agua lagunar y oceánica, Chantuto-Panzacola, se puede clasificar como una laguna de tipo estrangulado (Boggs, 1995). Sus rasgos físicos principales los constituyen largos y angostos canales que comunican con el mar a varios cuerpos lagunares someros, propiciando largos periodos de tiempo de residencia de sus aguas, y una extensa zona de inundación que los rodea. El movimiento dominante de sus aguas interiores se debe principalmente a la energía transmitida por el viento, ya que la de los ríos que pudiera ocasionar su circulación, se diluye al entrar a las zonas de inundación.

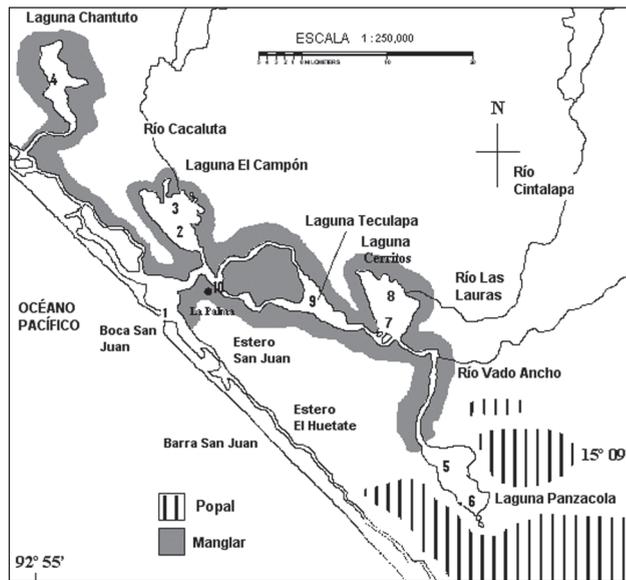


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en el Sistema Chantuto-Panzacola

García-Nagaya y Castañeda (1994) reportan que es un sistema eurihalino con niveles altos de saturación de oxígeno disuelto, un elevado contenido de nutrientes y la productividad primaria rebasa los 100 mgCm⁻³hr⁻¹.

El tipo de clima característico es Am(w), que corresponde a un cálido húmedo con lluvias abundantes en verano que compensan la sequía de invierno con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 a 12% del total anual (García, 2004). Finalmente, en la zona de estudio se presenta la comunidad más extensa de mangle, los cuales alcanzan generalmente los 30m de altura (*Rhizophora harrisonii*, *R. mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) Contreras *et al.*, (1994).

Muestreo en campo. En las lagunas del sistema Chantuto-Panzacola, en 10 estaciones de muestreo se colectaron en total 165 muestras de sedimentos superficiales con una draga tipo van Veen (3L), durante 20 meses de muestreo (marzo, mayo, julio y noviembre de 1997; octubre de 1998; febrero y junio de 1999; marzo y julio de 2000; febrero, julio y septiembre de 2001; abril, junio, agosto, octubre y noviembre de 2002, y febrero, mayo, julio de 2003), los que abarcaron épocas de secas y lluvias. Los sedimentos fueron preservados a 4 °C hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Análisis en laboratorio. Para la caracterización del tamaño de grano de los sedimentos, se utilizó el análisis granulométrico. Se hizo la separación de la fracción arena limo-arcilla vía húmeda, y esta fracción se analizó por medio de la Técnica de Pipeteo, propuesta por Folk (1974). En cuanto a las arenas, se cuantificaron como fracción total.

En el laboratorio, para el contenido de C.O. los sedimentos fueron secados en horno a no más de 40 °C durante 48 hr y se tamizaron en una malla de 0.25 mm. El porcentaje del C.O. 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 %.

Para los análisis estadísticos se empleó el método de varianza (ANOVA) de dos vías para identificar diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la concentración de C.O. Los factores empleados fueron el tiempo (años, épocas) y el espacio (estaciones). Adicionalmente se hizo una prueba de comparaciones múltiples (Tukey-Kramer) para identificar las diferencias específicas ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono Orgánico. El C.O. en el sistema Chantuto-Panzacola, durante el período 1997 a 2003, presentó una concentración promedio de 3.95% con un intervalo que va desde 0.16% reportados en abril 2002 hasta 12.88% registrados durante mayo 2003. El comportamiento a lo largo de los diferentes años de muestreo del C.O. en estas lagunas, muestra que los años con los mayores porcentajes fueron 1997 (4.96%), 2003 (4.28%) y 2002 (4.22%), en tanto que los años con los menores niveles fueron 1999 (2.58%) y el 2000 (2.83%) (Fig. 2).

Comparando los resultados promedio por épocas climáticas se tiene que hubo una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre ellas, ya que durante el período de secas la concentración promedio fue de 3.76% (2.14 – 4.85%) mientras que en lluvias alcanzó un valor de 4.14% (2.83 – 6.31%).

Durante los 20 muestreos del mes de marzo 1997 a julio 2003, se aprecia que los mayores promedios de C.O. se detectaron en los meses de la época de lluvia tales como: mayo

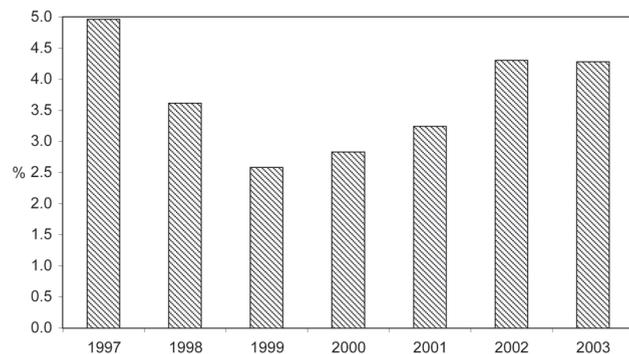


Figura 2. Promedio anual de C.O. (%) en el Sistema Chantuto-Panzacola.

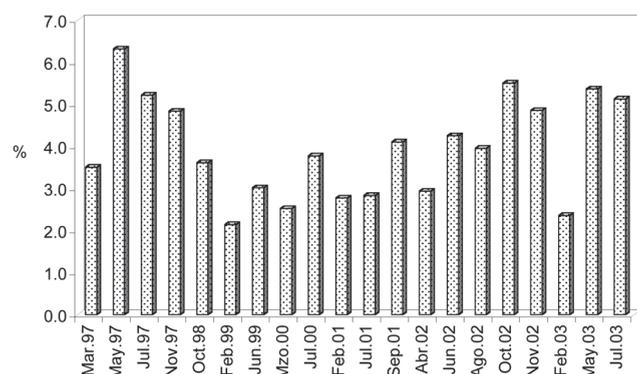


Figura 3. Promedio de C.O.(%) por período de colecta en el Sistema Chantuto-Panzacola.

1997 (6.31%), octubre 2002 (5.50%), mayo 2003 (5.36%), julio 1997 (5.21%) y julio 2003 (5.12%). Los valores promedio menores correspondieron a febrero 1999 (2.14%), febrero 2003 (2.35%) y marzo 2000 (2.52%) correspondientes al período de secas (Fig. 3). A pesar de la presencia de casos extraordinarios, en la mayoría de los meses el análisis de varianza dio como resultado que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos.

Con el objeto de constatar si el sistema lagunar había tenido algún cambio con respecto al ciclo 1997 (considerado nivel base) en la textura del sedimento y el contenido de C.O., en octubre de 1998 se llevó a cabo un muestreo. Los resultados obtenidos evidenciaron un decremento no significativo en los contenidos de C.O., ya que en noviembre 1997 el promedio fue de 4.83 y en octubre 1998 de 3.61% (valor similar al obtenido en marzo 1997 (3.5%). Respecto a la distribución de C.O. por estaciones de colecta, comparando el intervalo de noviembre 1997 (0.56-9.4%) con el de octubre 1998 fue significativamente menor (0.24-6.73%).

En la figura 4 la distribución espacial del C.O. durante todo el estudio, en los sitios de colecta de Chantuto-Panzacola indica que los mayores promedios se tuvieron en la E4 (7.64%) y E6 (5.87%), además de la E5 (4.95%), lo anterior muy probablemente se debe a que éstos son sitios que reciben las descargas de varios ríos importantes tales como el río San Nicolas, que a su vez recibe el aporte de la población de Acacoyahua; la segunda estación se sitúa en la laguna Panzacola, destino final del río Vado Ancho después de pasar por Panzacola, de igual forma, ambas son áreas de escasa circulación y con sedimento preponderantemente limo-arcilloso. La E4 (Chantuto) es la que a lo largo del estudio se ha mostrado sin cambios significativos y al parecer el evento de 1998 no la afectó y permaneció constante a diferencia de los demás sitios de colecta del sistema lagunar. En la E4, E5 y E6 hay tapos que se emplean para la captura de poslarva de camarón y que por lo mismo, son áreas que representan la principal fuente de alimento para diversas especies de aves (pelicano blanco, garzas, cormoranes y aningas), son hábitat de estos organismos y

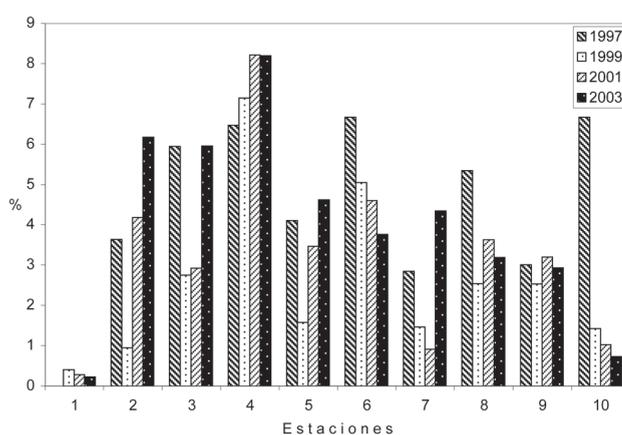


Figura 4. Promedio de C.O. (%) por estaciones de colecta en el Sistema Chantuto-Panzacola.

sus zonas prioritarias de anidación (Toledo, 1994). Particularmente, a partir de junio 1999 se detectaron cantidades grandes de fitoplancton, depositado en los sedimentos, dándoles una coloración blanquecina principalmente en las estaciones 4 y 6, en donde se encontraron los mayores porcentajes de C.O., comparados con el resto de los sitios muestreados. De acuerdo a Postma (1967), las diatomeas en el fondo pueden producir estratos densos de M.O. lo cual previene la resuspensión de las arcillas.

En contraparte, los valores promedio menores se obtuvieron en las estaciones 1 (0.36%) y 7 (1.83%). La E1 se ubica en la boca "San Juan", conformada por sedimento arenoso en donde las mareas de más de un metro, generan corrientes importantes. En la E7, se presenta igualmente predominio de sedimentos arenosos en los que la adsorción de M.O. es menos factible (Valette, 1993) y el análisis de varianza espacial evidenció una alta variación ($p < 0.0001$) demostrándose la correlación inversamente proporcional entre las arenas y el contenido de C.O.

De acuerdo a Valette (1993) el tamaño de grano de los sedimentos influye en la cantidad de materiales orgánicos que están presentes; él reportó que existe una relación inversamente proporcional entre la distribución de M.O. y el tamaño de grano, en donde a menor tamaño de grano se presenta una mayor acumulación de M.O. corroborando esto con lo obtenido en el presente estudio. Las fracciones representadas por limo y arcillas tienen entre 27 y 30 veces más contenido de C.O. que la fracción arenosa. Este aumento en el contenido del C.O. en las fracciones finas, según Padmalal y Seralathan (1995), puede ser atribuido al incremento del área superficial en dichas partículas que da como resultado un aumento de su capacidad adsorbente.

En Chantuto-Panzacola, las concentraciones mayores de C.O. se pueden atribuir a varias fuentes, entre las que están en primer lugar, la gran abundancia de vegetación lagunar; en segundo, la influencia pluvial y las descargas fluviales, entre las que destacan

las de los ríos Cacaluta (E3), con un caudal máximo de 144.2 m³/s en octubre y Cintalapa con 66.2 m³/s (C.N.A., 2001) que al llegar a la laguna Cerritos se denomina como río Las Lauras (E8), y Vado Ancho que afecta a la E5 y E6 y en tercer término, Toledo (1994) menciona que se tiene la pre-presencia de un gran número de aves residentes que se reproducen en el mismo sistema lagunar, las que tienen zonas determinadas de alimentación, anidación y de dormideros.

En la laguna Cerritos, E7 y E8, durante los meses de mayor precipitación pluvial se presentan extensos mantos de vegetación acuática emergente (*Dendrocygna autumnalis*, *Gallinula chloropus*, *Porphyrula martinica* y *Jacana spinosa*) que al iniciarse la época de estiaje esta vegetación desaparece (Toledo, 1994) y es la zona a la que llegan los desechos de las poblaciones Escuintla y Acapetahua, no obstante, el promedio de C.O. fue de 1.83% y 3.45% (E7 y E8) respectivamente, pese a que en el año 1997 se presentaron valores promedio de 10.27% en mayo y de 6.82% en julio. El decremento en C.O. pudiera deberse a que la E8 se ha visto sujeta a dragados, lo que ha ocasionado que en la zona central de Cerritos se concentró el sedimento y en los muestreos posteriores al evento de 1998 y durante 2003, la profundidad media disminuyó a 0.30 m y el área donde descargaba el río Vado Ancho estaba sumamente azolvada.

Resulta conveniente destacar la presencia de numerosos casos extraordinarios, tanto en la variación mensual como en la temporal de C.O., lo que sugiere que dicha variación obedece en mayor medida al factor espacio.

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes promedio de C.O. en algunos sistemas lagunares de México, en ella se aprecia que en el sistema Chantuto-Panzacola el promedio durante 2002 fue de 4.30% y en 2003 de 4.28%; y con relación a lo citado para otras lagunas del Golfo de México, Pueblo Viejo tiene el menor porcentaje (1.04%) (Botello y Calva, 1998) y Carretas-Pereyra, Chiapas, el mayor (7.97%) tomando en cuenta los resultados del 2002 y 2003 (Contreras *et al.* 2004). Asimismo en dicha tabla se constata que en los sistemas lagunares de Chiapas los promedios de C.O. son mayores que los de varias las lagunas del Golfo de México. Con respecto a lo citado por Rueda *et al.*, (1997), los contenidos no se han modificado significativamente ya que, aunque ha habido fluctuaciones entre las diferentes épocas, el promedio que reportaron para abril y junio 1994 y febrero 1995 fue de 4.84% (0.82 a 10.17%), mientras que en el presente estudio de 1997 al 2003 fue de 3.95% (0.36 a 7.64%).

Guo y Santschi (1997) encontraron que el contenido de C.O. en dos bahías decrece a partir de la zona de los aportes fluviales hacia las aguas marinas, tal como de manera general sucede en el sistema Chantuto-Panzacola, denotando que el C.O. cambia de componentes principalmente terrestres hacia componentes fitoplanctónicos durante la mezcla estuarina. En contraste, Algarsamy (1991) menciona que no existe una variación definida en el contenido de C.O. total en una región estuarina y que éste

Tabla 1. Carbono orgánico promedio en algunas lagunas costeras mexicanas.

Sistema lagunar	C.O. %	Referencia
GOLFO DE MÉXICO		
Pueblo Viejo, Tamps.	1.04	Botello y Calva (1998)
Tamiahua, Ver.	1.28	Botello y Calva (1998)
Tampamachoco, Ver.	1.62	Botello y Calva (1998)
Salada, Ver.	1.68	Botello <i>et al.</i> (2001)
El Llano, Ver.	1.70	Botello <i>et al.</i> (2001)
La Mancha, Ver.	3.93	Botello <i>et al.</i> (2001)
Mandinga, Ver.	1.36	Botello <i>et al.</i> (2001)
Alvarado, Ver.	2.55	Botello <i>et al.</i> (1994)
Sontecomapan, Ver.	1.50	Calva y Botello (1999)
Del Carmen, Tab.	1.27	Botello <i>et al.</i> (1994)
Machona, Tab.	1.16	Botello <i>et al.</i> (1994)
PACÍFICO MEXICANO		
Carretas-Pereyra, Chis.	6.61	Rueda <i>et al.</i> (1997)
Carretas-Pereyra, Chis.	5.96 - 8.14*	Calva (2004)
Chantuto-Panzacola, Chis.	4.85	Rueda <i>et al.</i> (1997)
Chantuto-Panzacola, Chis.	2.58 - 4.96**	Este estudio

* Promedios mínimos y máximos entre 1998 a 2003.

** Promedios mínimos y máximos entre 1997 a 2003.

proviene básicamente de las descargas de aguas residuales domésticas, del material de origen terrestre y de la producción primaria del ecosistema.

En este sistema el patrón de circulación es deficiente, como se puntualizó anteriormente, con una abundancia de vegetación sumergida y se ha confirmado por Pusceddu *et al.* (1999), que uno de los principales factores que influyen en la distribución y composición de los componentes orgánicos primordiales es la presencia de dicha vegetación en las lagunas costeras, incluso Pollard y Kogure (1993) citan que en los ecosistemas tropicales las algas bentónicas y las plantas vasculares son la principal fuente de C.O.

Granulometría. En este trabajo al referirse al término "arenas", se incluye a la fracción total (>0.0625mm), solamente en la E1 ubicada en la boca del sistema lagunar (Boca San Juan) y en una ocasión en la E2, se presentaron arenas gruesas (0.5 a 1.0 mm).

En la figura 5 se observan las proporciones de arcillas, limos y arenas, por colecta del mes de marzo 1997 a julio 2003 y es notorio el incremento en el sedimento arenoso precisamente posterior a la tormenta tropical "Javier" (septiembre 1998). En febrero 1999 en los márgenes del canal hacía Chantuto, había una gran cantidad de troncos sumergidos y en los canales principales mucho manglar caído, así como numerosos mangles que presentaban la mitad de sus raíces expuestas ya que la corriente fuerte se llevó parte del sedimento que los sostenía (Fig.

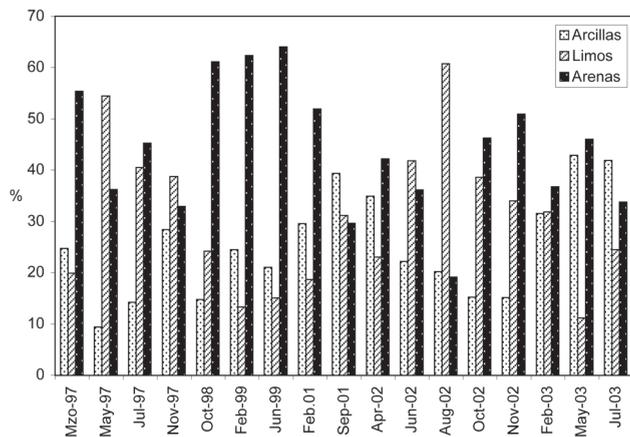


Figura 5. Promedio de la granulometría por período de colecta en el Sistema Chantuto-Panzacola.

6) De igual forma, fue evidente el azolvamiento considerable de la Laguna Cerritos, entre las E7 y E8, frente a la desembocadura del río Vado Ancho así como en las lagunas Campón, Teculapa y Panzacola (Fig. 7).

Desde el año 2001, se iniciaron labores de dragado de forma irregular en algunas áreas del sistema lagunar debido a los problemas de asolvamiento que impedía, en algunos sitios el paso de las embarcaciones al disminuir la profundidad y por la acumulación del sedimento, que inclusive favoreció el crecimiento de plántulas de mangle. Posteriormente, fue notorio el que a partir de que comenzaron los dragados (febrero-2003) en Cerritos (E8), que recibe la influencia de los ríos Las Lauras y Vado Ancho, nuevamente aumentó el porcentaje de arenas, mientras que la proporción de limos-arcillas se modificó a arcillas-limosas.

Aunado a lo anterior, en 2001 la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) realizó estudios, los cuales concluyeron con acciones



Figura 6. Mangle con raíces expuestas y marca del nivel de la corriente de agua donde se observa lo que quedó de sedimento.



Figura 7. Zona azolvada en la Laguna Cerritos.

tales como el modificar el cauce natural de los principales ríos que drenan hacia el sistema Chantuto-Panzacola, es decir, hicieron la rectificación de los ríos 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 la figura 8 se presentan los porcentajes promedio de arenas en períodos representativos de los cambios que ha tenido la dinámica del sistema lagunar. La gráfica muestra que la única zona que permaneció sin variación textural fue la de la Boca de San Juan (E1). Del período 1997 a 1999 hubo un incremento de arenas en las estaciones E4, E5, E8, E9 y entre 1999 a 2003 sus porcentajes disminuyeron, en tanto que en las estaciones E2, E7 y E10 aumentó la proporción de arenas, mientras que, en las estaciones E3 y E6 se mantuvieron los promedios de arena menores. Así las lagunas presentan una distribución de sedimentos típica, es decir, con la mayor proporción de arenas cerca de la

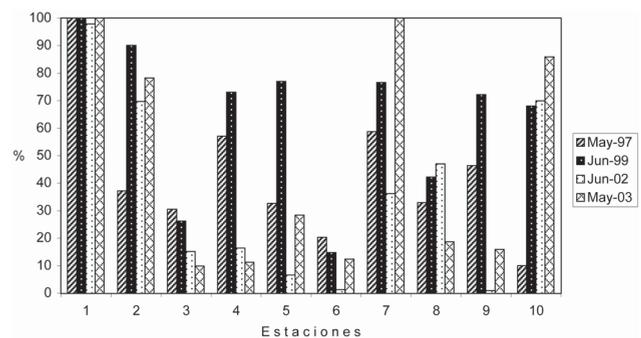


Figura 8. Porcentajes de arenas por estaciones de colecta en meses representativos del Sistema Chantuto-Panzacola

influencia de la boca del sistema y los sedimentos finos en áreas alejadas de la influencia marina y con escasa circulación.

Un evento que hay que tomar en consideración es el de la tormenta tropical "Javier" que se presentó en septiembre (1998) y que de acuerdo a Rodríguez (2000), 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 y en donde se registraron avalanchas con cantidades excepcionales de material sedimentario desde bloques rocosos a arenas, lodo y material vegetal sepultando poblaciones enteras, 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 que pudo ser constatado durante el trabajo de campo, produjo el desbordamiento de los ríos Cacaluta, Doña María, Cintalapa y Vado Ancho, además del desgajamiento de los cerros con el desprendimiento de rocas y el consecuente deslizamiento de los suelos que promovieron su arrastre desde la cuenca alta y media hasta la planicie costera, modificando sustancialmente la batimetría y el patrón de distribución de los sedimentos en este sistema lagunar.

Haciendo una comparación entre las figuras 9a, 9b y 9c, en la primera se observan las condiciones previas a los eventos antes mencionados con un marcado dominio de sedimentos limo-arenosos o areno-limosos, probablemente con un menor aporte de sedimentos de la corriente de entrada proveniente de la zona marina y con un mayor aporte fluvial y pluvial. En tanto que en la figura 9b se incrementaron las variaciones en los patrones texturales, con un aumento considerable de arenas desde octubre-1998 hasta junio 1999 por el aporte de material proveniente desde tierras altas y de la planicie costera, debido a que las corrientes fuertes crearon condiciones de energía alta que indujeron el transporte y depósito de material grueso (arena) y por ende, no se favorece la depositación de sedimentos finos ni de material orgánico; no obstante, después de la modificación de los cauces de los ríos y de los dragados durante 2001 y 2003 la proporción de arenas fue disminuyendo en las áreas que no tienen influencia marina. En el caso particular de la E7, el estar conformada por arenas puede deberse al movimiento de los sedimentos por el dragado continuo realizado en 2003.

Es notable que para 2003 las arcillas prevalecieron sobre las arenas o los limos (como en 1997) en las E3, E4, E5, E6, E8 y E9 porque probablemente al disminuir la velocidad de las co-rrientes se facilita la sedimentación de materiales finos (limos y arcillas). Estas características influyen en el balance resuspensión/sedimentación que afecta la distribución de las fracciones orgánicas en los sistemas estuarinos (Pusceddu *et al.*, 1999).

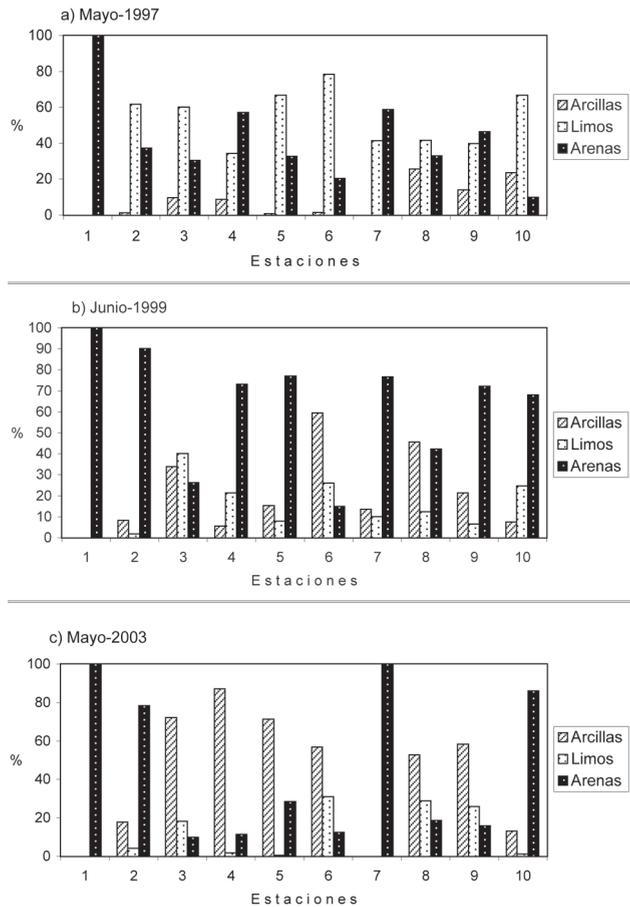


Figura 9. Granulometría de períodos representativos de cambios importantes en Chantuto-Panzacola.

La distribución granulométrica típica lagunar (lodosa) fue modificada por un aporte considerable de arena ocasionado por la tormenta tropical "Javier" de septiembre-1998, sin embargo, los resultados de los muestreos realizados en años posteriores, demuestran una disminución de arena que pudiera estar evidenciando la tendencia a recuperar la textura fina característica de estos sistemas.

Comparando este trabajo con el de Rueda *et al.* (1997), en Chantuto-Panzacola la textura de los sedimentos se ha modificado considerablemente, debido a que dichos autores reportaron que en la mayoría de las estaciones prevalecía durante los años 1994-1995 el sedimento de tipo limoso, en tanto que la zona de los canales entre Campón y Teculapa estaba conformada básicamente por arenas finas y que las arcillas sólo se presentaban en Chantuto. Durante el período de este estudio (1997 a 2003) los sedimentos predominantes en el sistema lagunar fueron areno-limosos, en Campón, Teculapa y Chantuto por lo tanto, se deduce que se presentaron variaciones texturales importantes incluso de un muestreo a otro.

Por lo anterior, el presente trabajo confirma el papel relevante que desempeñan tanto los manglares (*Rhizophora mangle*) aledaños a las lagunas Chantuto-Panzacola, la presencia de vegetación sumergida (*Typha dominguensis*, *Nymphae blanda*, *Cabomba* sp., *Salvinia* sp., *Azolla* sp. y *Eichornia crassipes*), la gran abundancia de restos de fitoplancton detectado en los sedimentos y los afluentes que desembocan en estas áreas, los que descargan grandes cantidades de M.O.. Se infiere que las corrientes, las mareas y el sedimento principalmente limoso-arcilloso determinan, en primera instancia, la distribución del C.O. en este ecosistema acuático. Cabe señalar que las arenas al ser muy finas coadyuvan a la adsorción del C.O.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que Chantuto-Panzacola cuenta con aportes de C.O. total tanto autóctono, proveniente del fitoplancton, y principalmente, por la presencia de diversas hidrófitas sumergidas y de los manglares, así como del aporte alóctono de C.O. procedente de las descargas de los ríos.

La distribución del tamaño de grano fue muy heterogénea entre años y épocas climáticas, así como espacialmente en estas lagunas. El efecto de la tormenta tropical "Javier" fue significativo, con un incremento en la proporción de arenas y un decremento en el porcentaje de C.O. en casi todo el sistema lagunar; no obstante, para el período 2002 aumentaron las proporciones de limos y para el 2003 el de arcillas, aunque las arenas aún eran un componente dominante de los sedimentos. Esto ocasionado por la deforestación, la agricultura de tumba y quema, así como la modificación de cauces de los ríos y las operaciones de dragado que están impactando el sistema lagunar, poniendo en riesgo el cultivo del camarón y la pesca ribereña en el área, afectando la productividad del ecosistema y la economía de un núcleo importante de pescadores. De ahí el que se recomienda proponer y realizar estrategias de uso y manejo adecuadas para la preservación de este ecosistema con características únicas en el país.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dra. Rocío Torres A. y al Dr. Francisco Gutiérrez M. por la colecta de varias de las muestras de este estudio y al M. en C. Francisco Varona por su apoyo en los análisis estadísticos.

REFERENCIAS

- ALGARSAMY, R. 1991. Organic carbon in the sediments of Mandovi Estuary, Goa. *Indian Journal of Marine Sciences* 20(3):221-222.
- 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.
- BOGGS, S. 1995. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 774 p.
- BOTELLO, A.V. & L.G.B. CALVA. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Pueblo Viejo, Tamiahua and Tampamachoco lagoons in the Northern Gulf of Mexico. *Bulletin Environmental Contamination & Toxicology* 60(1):96-103.
- BOTELLO, A.V., L.G.B. CALVA & G.V. PONCE. 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from coastal lagoons of Veracruz State, Gulf of Mexico. *Bulletin Environmental Contamination & Toxicology* 67:889-897
- CARRANZA-EDWARDS, 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.
- CNA. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 1999. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). CD-ROM.
- CONTRERAS, F. E., O. L. CASTAÑEDA, A. N. GARCÍA & M. A. PÉREZ. 1994. Las lagunas costeras. In: Toledo, A. 1994. (Coordinador). *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo. A.C. México, D.F. pp. 129-181.
- CONTRERAS, F. E., F. M. GUTIÉRREZ, L. G. B. CALVA, R. A. TORRES & O. L. CASTAÑEDA. 2004. Diagnóstico ecológico de los humedales costeros del Estado de Chiapas. Informe Final Proyecto Divisional, U.A.M.I.
- FOLK, R.L. 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas. U.S.A. 182 p.
- GARCÍA, E., 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, 5ª Ed. Instituto de Geografía, UNAM: Serie Libros Núm. G, 90 p.
- GARCÍA, N.A. & O. CASTAÑEDA. 1994. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en dos sistemas costeros del Estado de Chiapas, México. *Revista de Investigaciones Marinas* 15(3):171-190.
- GAUDETTE, H., W. FLIGHT, L. TONER & D. FOLGER. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 44(1):249-253.
- GUO, L.D. & P.H. SANTSCHI. 1997. Isotopic and elemental characterization of colloidal organic matter from the Chesapeake Bay and Galveston Bay. *Marine Chemistry* 59(2):1-15.
- 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*. Vol I. Physical and Chemical Aspects CRC. Press, INC. USA. 254 p.
- PADMALAL, D. & P. SERALATHAN, P. 1995. Organic carbon and phosphorus loading in recently deposited riverine and estuarine sediments - a granulometric approach -. *Indian Journal of Earth Sciences* 22:21-28.
- POLLARD, P.C. & K. KOGURE. 1993. Bacterial decomposition of detritus in a tropical seagrass (*Syringododium isoetifolium*) ecosystem, mea-

- sured with [Methyl-³H]thymidine. *Australian Journal of Freshwater Research* 44:155-172.
- POSTMA, H. 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: Lauff, G.H. (Ed). *Estuaries*. Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. 83, Washington, D.C. 158-179 pp.
- PUSCEDDU, A., G. SARA, M. ARMENI, M. FABIANO & A. MAZZOLA. 1999. Seasonal and spatial changes in the sediment organic matter of a semi-enclosed marine system (W-Mediterranean Sea). *Hydrobiologia* 397(12): 59-70
- 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 biósfera la Encrucijada, Chiapas. *Res. XII Congr. Nal. de Oceanogr.* 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.
- 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.
- VALETTE, S.N. 1993. The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. *Estuaries* 16(3B):577-588.

Recibido: 8 de marzo de 2005.

Aceptado: 15 de diciembre de 2005.

