

Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México

Seasonal assessment of physicochemical variables of water Tampamachoco Lagoon, Veracruz, Mexico

Marisela LÓPEZ ORTEGA ^{1,2}✉, Griselda PULIDO FLORES ¹, Arturo SERRANO SOLÍS ²,
Juan Carlos GAYTÁN OYARZÚN ¹, William Scott MONKS SHEETS ¹ y María Alejandra
LÓPEZ JIMÉNEZ ^{1,2}

¹Laboratorio de Morfología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4,5 s/n, Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C. P. 42184 y ²Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Carretera Tuxpan-Tampico Km 7,5, Colonia Universitaria C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México
E-mails: malopez@uv.mx, mariselaloor@hotmail.com, gpulido@uaeh.edu.mx, arserrano@uv.mx, smonks@uaeh.reduaeh.mx, jcgaytan@uaeh.edu.mx y malexa_58@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 11/03/2011 Fin de primer arbitraje: 26/02/2012 Primera revisión recibida: 12/03/2012
Fin de segundo arbitraje: 19/04/2012 Segunda revisión recibida: 22/06/2012 Aceptado: 22/10/2012

RESUMEN

El objetivo fue evaluar las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México, en diferentes estaciones climáticas durante el período enero de 2009 a marzo de 2010. Se eligieron cuatro sitios de muestreo, La Mata de Tampamachoco, Isla Potrereros Sur, CFE y Pipiloya, determinándose *in situ* las variables de temperatura, pH, porcentaje de saturación de oxígeno, salinidad, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y transparencia. Las variables físicoquímicas mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las estaciones climáticas con excepción de la transparencia; mientras que entre los sitios muestreados no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$). Los promedios máximos registrados de pH, porcentaje de saturación de oxígeno y SDT fueron en invierno del 2009, la salinidad y CE en primavera, la temperatura en verano. Los promedios mínimos registrados en verano fueron porcentaje de saturación de oxígeno y CE. En otoño el pH, salinidad y SDT y en invierno 2010 la temperatura. En relación a los sitios muestreados, las variables mostraron un comportamiento homogéneo. De acuerdo con los resultados obtenidos de las variables físicoquímicas durante el periodo de muestreo en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, se concluye que su comportamiento está relacionado a las variaciones climáticas.

Palabras clave: Laguna de Tampamachoco, variables físicoquímicas, calidad del agua

ABSTRACT

The objective was to evaluate water physic-chemical variables of Tampamachoco Lagoon, Veracruz, Mexico, in different seasons during the period January 2009 to March 2010. Four sites were selected for sampling, La Mata de Tampamachoco, Potrereros South Island, CFE and Pipiloya, variables such as: temperature, pH, percentage of oxygen saturation, salinity, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) and transparency, were determined *in situ*. The physicochemical variables showed significant differences ($P < 0.05$) between seasons except for transparency, while among the sampling sites no significant differences ($P > 0.05$). The highest average of pH, percentage of oxygen saturation and SDT were in the winter of 2009, salinity and EC in the spring, summer temperatures. The lowest averages registered on summer were the percentage of oxygen saturation and EC. In autumn the pH, salinity, TDS and temperature in winter 2010. In relation to the sampling sites, variables showed a homogeneous behavior. According to the results of physicochemical variables registered during the sampling period Tampamachoco Lagoon, Veracruz, we conclude that their behavior is related to climatic variations

Key words: Lagoon Tampamachoco, physicochemical variables, water quality

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son consideradas depresiones someras (<10 m), con su eje principal paralelo a la costa, conectada al mar temporal o

permanentemente por uno o más canales y separada de él por una barrera física (Kjerfve, 1994). En tanto, los estuarios son cuerpos de agua semicerrados perpendiculares a la costa, conectados con el mar abierto por un río. Sin embargo, es frecuente

encontrar ecosistemas que incluyen los dos tipos de ambientes interconectados, denominados sistema estuarino-lagunar (Day *et al.*, 1989).

En el Golfo de México, la estructura funcional de los ecosistemas estuarinos lagunares a lo largo del gradiente latitudinal desde el delta del río Bravo hasta la costa Caribe de México, sugiere tres regiones: a) una región distintiva desde la Laguna Madre de Texas/Tamaulipas hasta la Laguna de Tamiahua, Veracruz, pudiéndose prolongar hasta el centro-norte del estado de Veracruz, b) otra región desde la Laguna de Alvarado y delta del Papaloapan en Veracruz hasta la Laguna de Términos y los Pantanos de Centla delta Usumacinta/Grijalva en Tabasco y Campeche y c) la costa norte y oriental de la Península de Yucatán. Los niveles de productividad primaria acuática, gradientes físicoquímicos y estructura trófica, se correlacionan con estas regiones (Caso *et al.*, 2004).

Las lagunas costeras y estuarios se ubican entre los ecosistemas de mayor productividad, la cual depende de muchos factores que se ven modificados por los aportes fluviales y los intercambios mareales, que alterna su dominancia en función de las principales épocas climáticas que se presentan a lo largo del año (Gutiérrez *et al.*, 2006). Además, son importantes tanto por su biodiversidad, como por las actividades socioeconómicas que sostienen.

Por tratarse de una zona de mezcla de aguas oceánicas y dulceacuícolas, el entendimiento de sus propiedades físicoquímicas es fundamental para la comprensión de su funcionamiento y sus implicaciones para su manejo sustentable (De la Lanza-Espino *et al.*, 1998; Caso *et al.*, 2004). La mezcla de aguas fluctúa en tiempo y espacio, influye en los cambios estacionales de las variables físicoquímicas del agua y de los atributos de la biota (Kjerfve, 1994; Sanderson y Taylor, 2003). Las características físicoquímicas son resultado de su ubicación latitudinal; desde tropical, subtropical hasta templado, con climas distintos, catalogados como épocas de secas (primavera), lluvias (verano- otoño) y nortes (invierno) (De la Lanza Espino y Gómez Rojas, 2004). Por sus características hidrológicas y ecológicas, las lagunas costeras muestran variación temporal de forma significativa (Contreras, 1985; Alzieu, 1994).

Las lagunas costeras y estuarios representan el mejor índice de calidad de la cuenca. Así, el conocimiento de las principales variables

físicoquímicas ofrece claves invaluable para el manejo de las cuencas y ecosistemas costeros (Contreras y Castañeda, 2004).

La laguna de Tampamachoco es de característica salobre, en el norte recibe agua del mar por la entrada artificial de Galindo y en el sur por el estuario del río Tuxpan (Ocaña y Sánchez, 2003). Es una de las lagunas del Golfo de México más ricas en especies de peces, moluscos y de crustáceos. Su valor radica en sus características hidrológicas y ecológicas e interrelación con otros ambientes costeros, así como por su uso, manejo y aprovechamiento por el hombre. Está sujeta a impactos antropogénicos, como el dragado, la supresión de los manglares con fines de uso agrícola, las descargas de aguas residuales y los asentamientos humanos (Contreras, 1985; Ruiz Marín *et al.*, 2009).

La laguna de Tampamachoco ha sido poco estudiada en los últimos años, como consecuencia hay pocos registros de sus características físicoquímicas. Ocaña y Sánchez (2003), reportan la temperatura superficial de 20 a 24 °C durante el otoño 1987-invierno 1988 y de 27 a 34 °C en primavera-verano 1988. Contreras y Warner (2004) durante los periodos 79-80, 90-91 y 94-95, reportan pH de 8,0; 8,1 y 8,2, oxígeno disuelto de 4,2; 4,9 y 5,5 mg/L y salinidad de 34,1; 28,2 y 28,5 ups, respectivamente. De La Lanza Espino *et al.* (1998) reportan en la primavera, salinidad de 28,79 a 32,62 ups, en el verano-otoño 25,07 a 28,6 ups y en el invierno 30,09 a 31,9 ups.

En este trabajo, se evaluaron las condiciones físicoquímicas del agua de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México durante las estaciones climáticas invierno 2009 a invierno 2010, con el fin de contribuir a su conocimiento ecológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Laguna de Tampamachoco se localiza en la llanura costera del estado de Veracruz, México, a 9 km al noroeste de la ciudad de Tuxpan. Se ubica entre los 20°18'-21°02'N y los 97°19'- 97°22'W. Forma parte del complejo lagunar Tamiahua-Tampamachoco pertenecientes al Sitio Ramsar 1602, "Manglares y Humedales de Tuxpan". Tiene una forma alargada y se sitúa paralela a la línea de costa, con una longitud de 10,6 km y ancho máximo de 2,7 km; ocupando un área de 15 km² (Reguero *et al.*, 1991) (Figura 1).

Está separada del Golfo de México por una barrera arenosa de nombre "Barra Galindo", al norte se conecta con la Laguna de Tamiahua a través de un canal natural y uno artificial, al sur con el río Tuxpan por un pequeño estuario (Ocaña y Sánchez, 2003). Es somera, con una profundidad promedio de un metro, de turbiedad elevada, con transparencia media de 0.30 cm. (Contreras, 1983). De acuerdo con (García, 1971), el clima de la región es del tipo Aw" z (e), que corresponde a cálido-subhúmedo con régimen de lluvias en el verano, temperatura y precipitación pluvial medias anuales de 24,2 °C y 1.350 mm, respectivamente. La época de lluvias comprende los meses de junio a diciembre (verano y otoño); el mes más lluvioso es septiembre, con precipitación media mensual de 349 mm (Departamento de Pesca, 1977).

Procedimiento de campo

Los muestreos mensuales se realizaron en cuatro sitios de la laguna durante el invierno 2009 al invierno 2010: (1) La Mata de Tampamachoco, al sur, en la zona estuarina del río Tuxpan, (2) Isla Potreritos Sur, en estos dos hay asentamientos humanos y descargas de aguas residuales, (3) Central Termoeléctrica (CFE) que limita con la laguna y (4) Pipiloysa, cercana a los canales de navegación que comunican con la laguna de Tamiahua, uno de los canales es artificial y conecta a la laguna con el mar en la parte norte. En cada sitio se midieron las variables físicoquímicas de la columna del agua de la laguna: temperatura (°C), pH, porcentaje de saturación de oxígeno (%), salinidad (ups) (unidades prácticas de salinidad), conductividad eléctrica (CE) (mS/cm), sólidos disueltos totales (SDT) (ppt) y transparencia (cm).

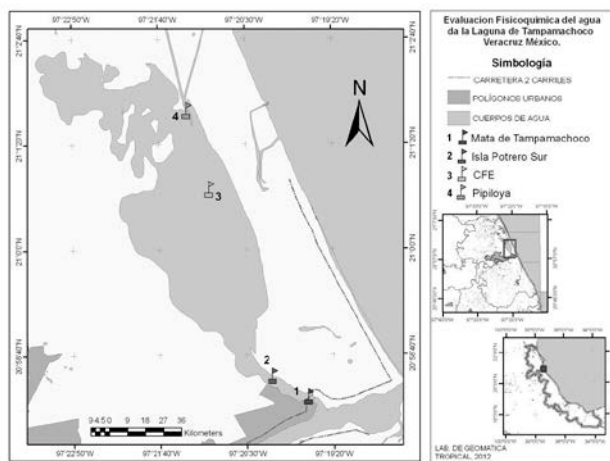


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. Laguna de Tampamachoco a 9 km al noroeste de la ciudad de Tuxpan, Veracruz, México.

Las mediciones de las variables se realizaron *in situ*, durante el día entre las 10 y las 14 h a una profundidad de 50 cm en la columna del agua, usando una sonda multiparámetros marca Hanna modelo HI 9828 previamente calibrada; la transparencia (cm) fue medida con el disco de Secchi, se realizaron tres repeticiones para cada variable en todos los sitios.

Análisis estadístico

Para analizar el comportamiento de las variables físicoquímicas a escala temporal y entre los sitios de muestreo de la Laguna de Tampamachoco, se realizó un análisis de varianza de una vía, se evaluó con una prueba F al 95% de significación y para visualizar las diferencias se realizó una prueba de Tukey al 95% de significación (Zar, 1999; Daniel, 2002). Se aplicó el programa Statgraphics Plus V. 5.1.

RESULTADOS

Variables físicoquímicas

De manera general se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables analizadas durante las temporadas climáticas ($p \leq 0,05$), pero no así entre las estaciones ($p > 0,05$) (Cuadros 1 y 2). Así mismo, la variable transparencia no presentó diferencias significativas para las temporadas temporales ($p > 0,05$).

La prueba de Tukey (Cuadro 1) para las temporadas climáticas indicó que la menor temperatura se presentó en el invierno 2010 y las más altas en la primavera y verano del 2009, el menor valor de pH se obtuvo en el otoño del 2009 y el mayor en el invierno 2009., por otra parte, la menor saturación de oxígeno disuelto se presentó en el verano y otoño 2009 e invierno 2010 y la mayor en el invierno 2009. La salinidad y CE fueron mayores en la primavera del 2009 y menores en el verano y otoño de ese mismo año. Los SDT fueron mayores en el invierno y primavera del 2009 y menores en las otras tres temporadas climáticas (Cuadro 1). El promedio general de la transparencia fue 51,77 cm.

No se encontraron diferencias significativas entre las variables evaluadas en los diferentes sitios de muestreo. Los promedios generales de las variables fueron 25,08 °C; 7,53; 72,46 %; 27,60 ups; 42,13 mS/cm; 21,74 ppt y 51,61 cm para la temperatura, pH, saturación de oxígeno disuelto, salinidad, CE, SDT y transparencia, respectivamente.

DISCUSIÓN**Comportamiento estacional**

Las características físicoquímicas encontradas en la Laguna de Tampamachoco durante el periodo de invierno 2009 a invierno 2010, coinciden con los resultados encontrados por Contreras y Zabalegui

(1991), De La Lanza *et al.* (1998), Ahumada y Ruiz (2008), sobre las características físicoquímicas de las lagunas costeras mexicanas y sus variaciones con respecto a las fluctuaciones climáticas estacionales.

La temperatura de la laguna de Tampamachoco presentó diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones climáticas,

Cuadro 1. Valores promedio, mínimo y máximo de las variables físicoquímicas por estación climática durante el Invierno 2009-Invierno 2010 en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. México.

Variable	Invierno 2009	Primavera 2009	Verano 2009	Otoño 2009	Invierno 2010
Temperatura (°C)	24,81 b † (22,3-26,6)	27,75 c (25,9-31,5)	28,59 c (26,5-30,5)	23,67 b (21,4-25,4)	20,20 a (16,9-22,7)
pH	7,86 c (7,7-8,1)	7,41 ab (6,3-7,9)	7,46 abc (6,5-8,0)	7,15 a (6,5-8,0)	7,75 bc (7,1-8,6)
Saturación de oxígeno disuelto (%)	89,85 c (80,3-100)	77,83 b (67-86,5)	62,15 a (11,4-79,2)	66,47 a (51-72,7)	65,99 a (59,8-72,8)
Salinidad (ups)	31,74 bc (29,6-33,1)	33,21 c (30,1-35,7)	23,89 a (5,5-33,7)	22,59 a (10,6-31,8)	26,56 ab (19,9-29,5)
Conductividad eléctrica (mS/cm)	48,60 bc (45,6-50,5)	50,82 c (46,6-53,9)	34,46 a (1,9-51,5)	35,44 a (17-48,6)	41,32 ab (32,4-45,5)
Sólidos disueltos totales (ppt)	26,24 b (22,8-33,1)	25,41 b (23,3-27)	18,69 a (4,9-25,8)	17,77 a (8,9-24,3)	20,60 a (15,5-22,7)
Transparencia (cm)	45,66 (38-58)	51,74 (30,2-104)	49,79 (20-89)	47,87 (32-80)	63,8 (34-91,0)

Valores de la prueba F: Temperatura: $F_{4,55} = 48,02$; $p = 0,0000$; pH: $F_{4,55} = 3,93$; $p = 0,0071$; Porcentaje de saturación de oxígeno: $F_{4,55} = 17,78$; $p = 0,0000$; Salinidad: $F_{4,55} = 6,2$; $p = 0,0003$; Conductividad eléctrica: $F_{4,55} = 5,42$; $p = 0,0009$; Sólidos disueltos totales: $F_{4,55} = 7,05$; $p = 0,0001$ y Transparencia: $F_{4,55} = 1,71$; $p = 0,1509$.

† Promedios con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$))

Cuadro 2. Valores promedio, mínimo y máximo de las variables físicoquímicas por sitio de muestreo durante el Invierno 2009-Invierno 2010 en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. México.

Variable	La Mata	Isla Potrerros	Central Termoeléctrica	Pipiloya
Temperatura (°C)	24,34 (17,9-27,4)	24,63 (17,7-28,4)	25,31 (16,9-30,5)	25,75 (17,9-31,5)
pH	7,60 (6,3-8,6)	7,52 (6,5-8,5)	7,54 (6,5-8,5)	7,45 (6,5-8,4)
Saturación de oxígeno disuelto (%)	74,43 (62,9-92,4)	75,93 (58,8-92,6)	73,23 (55,8-93,6)	66,24 (11,4-100)
Salinidad (ups)	25,40 (5,5-34,8)	27,89 (10,2-34,6)	28,54 (11,4-35,5)	28,56 (11,6-35,7)
Conductividad eléctrica (mS/cm)	39,51 (9,6-52,7)	43,16 (17,4-52,6)	42,93 (1,9-53,7)	42,91 (2-53,9)
Sólidos disueltos totales (ppt)	19,73 (4,9-26,4)	22,08 (8,7-32,5)	22,57 (9,6-32,7)	22,59 (10-33,1)
Transparencia (cm)	62,21 (20-104)	50,66 (32,5-79)	47,65 (30-76)	45,92 (32,2-79)

Valores de la Prueba F: Temperatura: $F_{3,56} = 0,51$; $p = 0,6799$; pH $F_{3,56} = 0,20$; $p = 0,8964$; Porcentaje de saturación de oxígeno: $F_{3,56} = 1,52$; $p = 0,2181$; Salinidad: $F_{3,56} = 0,57$; $p = 0,6378$; Conductividad eléctrica: $F_{3,56} = 0,28$; $p = 0,8417$; Sólidos disueltos totales: $F_{3,56} = 0,76$; $p = 0,5194$ y Transparencia: $F_{3,56} = 2,6$; $p = 0,0608$.

coincidiendo con De La Lanza Espino y Gómez (2004) quienes reportaron que en el Golfo de México en verano oscila de 28 a 29 °C y en invierno de 19 a 20 °C. Por su parte, Ocaña y Sánchez (2003) mencionan que la temperatura superficial de esta laguna, varió entre 20 y 24°C en otoño 1987-invierno 1988 y de 27 a 34°C en primavera-verano 1988.

Se difiere con Filonov *et al.* (2000) quienes reportaron para la zona costera de Jalisco y Colima, temperaturas máximas de 29,31 °C en verano y la mínima de 23,27 °C en invierno, considerando que estas lecturas corresponden al pacífico mexicano. La diferencia puede deberse a los cambios en la temperatura ambiental que se registraron durante el periodo de muestreo, ya que ésta influye en la temperatura del agua como lo refieren Sánchez-Santillán y De La Lanza Espino (1996). Es importante destacar que estas fluctuaciones moderadas de la temperatura en los ecosistemas tropicales, propician un entorno favorable para la reproducción de una gran variedad de organismos tal como lo mencionan Ruiz Marín *et al.* (2009). Eyre y Balls (1999) mencionan que la temperatura de los estuarios tropicales son más altas (24-30°C) que en los estuarios templadas.

Con respecto al pH, se determinaron condiciones ligeramente básicas, que reflejan la influencia del océano sobre la laguna. Los valores están por debajo de los promedios reportados por Contreras y Warner (2004) de 8,0; 8,1 y 8,2 para los periodos 79-80; 90-91 y 94-95 respectivamente para esta laguna. Ruiz Marín *et al.* (2009) reportaron pHs en las lagunas de Atasta y Poom, de 7,6 a 8,8, además mencionan son muy cercanos a los encontrados en otras lagunas costeras en México. Las Lagunas costeras, son por lo general ambientes que regulan sus variables, a menos que existan actividades antropogénicas. En el caso del pH, esta variación puede deberse a la degradación de la materia orgánica o la remoción del sedimento por efectos de las corrientes, la cual causan remineralización.

Los valores promedio más bajo del porcentaje de oxígeno se encontraron en verano, cuando se presentaron las temperaturas más elevadas y los más altos se presentaron en invierno con las temperaturas más bajas, que aumentan la solubilidad del oxígeno. Los organismos requieren concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto para su sobrevivencia y adecuado crecimiento; la concentración mínima de este elemento varía según la especie y el tiempo de exposición, el medio favorable no debe contener

menos del 70% de saturación de oxígeno disuelto (Martínez *et al.*, 2000). Los porcentajes de saturación de oxígeno en la laguna, no evidencian signos de hipoxia.

La salinidad mostró una clara diferencia entre las temporadas climáticas, indicando la influencia que las entradas de agua dulce, proveniente del río y la lluvia, tienen sobre el sistema, en verano- otoño se registraron las mínimas y en primavera las máximas, coincidiendo con los valores reportados para esta laguna por otros autores. Contreras y Warner (2004) reportaron valores de 34,1; 28,2 y 28,5 ups para los periodos 79-80, 90-91 y 94-95, respectivamente. Mientras De La Lanza Espino *et al.* (1998) presentaron para esta laguna durante la primavera, valores que fluctuaron entre 28,79 a 32,62 ups, en el verano-otoño 25,07 a 28,6 ups y en el invierno entre 30,09 a 31,9 ups.

Los valores reportados en esta investigación difieren con algunos de los reportados por otros autores para el mismo cuerpo de agua. Ocaña y Sánchez (2003) refieren para el otoño 29 y 32 ups, en invierno 29 y 30 ups, en primavera de 34-38 ups y en verano de 20-28 ups. Contreras y Warner (2004) reportaron 34,1; 28,2 y 28,5 ups para los periodos 79-80, 90-91 y 94-95, respectivamente. Por su parte, Martínez *et al.* (2000) refieren 29 a 33 ups, sin especificar el periodo. Las diferencias de salinidad presentadas en la laguna en las distintas épocas del año y en los diferentes periodos analizados han demostrado que uno de los principales factores que afectan su distribución es la entrada de agua dulce provenientes de los ríos y la precipitación (Alongi, 1998; Troccoli *et al.*, 2004), además del efecto que tienen sobre la salinidad, las descargas fluviales también ocasionan que disminuya la transparencia, (Verona y Gutiérrez, 2003).

Los resultados para las variables evaluadas en relación a las temporadas climáticas puede estar influenciados por la mezcla de aguas oceánicas y dulceacuícolas, así como, a la ubicación latitudinal, para el caso específico de esta zona de estudio, se definen tres épocas climáticas conocidas como secas (primavera), lluvias (verano y otoño) y nortes (invierno).

Por otra parte, en los sitios de muestreo no se encontraron diferencias significativas entre los mismos, sugiriendo similitud de las variables dentro de los lugares muestreados.

CONCLUSIÓN

El comportamiento de las variables físico-químicas de la laguna de Tampamachoco, Veracruz presentó diferencias significativas en relación a las temporadas climáticas dado que en la primavera se registran los mayores promedios de salinidad y conductividad eléctrica; en verano, la temperatura; y en invierno el pH, porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos disueltos totales y transparencia, mientras que los menores promedios registrados fueron, en verano el porcentaje de saturación de oxígeno y conductividad eléctrica; en otoño el pH, la salinidad y los sólidos disueltos totales y en invierno la temperatura y transparencia.

En relación a los sitios de muestreo, no hubo diferencias significativas en el comportamiento de las variables físicoquímicas durante el periodo de muestreo.

LITERATURA CITADA

- Ahumada, S. y N. Ruíz. 2008. Características físicoquímicas de la Laguna de Pastoría, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 12 (36): 3-17.
- Alongi, D. M. 1998. Coastal ecosystem processes. Cr C. Press. Boca Ratón. United States of America. 419 p.
- Alzieu, C. 1994. El agua medio de cultivo. *In*: G. Barnabé, (Ed.). *Acuicultura (I)*. Ediciones Omega, S. A. España. p. 1-27.
- Caso, M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Comp.). 2004 Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT-INE-IE, AC.-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies 1: 105-136
- Contreras, E. F. 1983. Biótica, variaciones en la hidrología y concentraciones de nutrientes del área estuarino-lagunar de Tuxpan, Tampamachoco, Veracruz, México. 213 p.
- Contreras, E. F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. 2ª Edición. México. 263 p.
- Contreras, E. F. y L. M. Zabalegui Medina. 1991. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol.* 18 (2): 207-215.
- Contreras, E. F. y B. G. Warner. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia* 511 (1-3): 233-245.
- Contreras, F. y O. Castañeda. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76: 46-56.
- Daniel, W. 2002. Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. 4ª Edición. LIMUSA WILEY, México, Distrito Federal. 755 p.
- Day, J. W.; A. C. Hall, M. W. Kemp and A. Yáñez Arancibia. 1989. *Estuarine ecology*. John Wiley and Sons, New York. United States of America. 576 p.
- De la Lanza Espino, G.; N. Sánchez Santillán y A. Esquivel Herrera. 1998. Análisis temporal y espacial físicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. *Hidrobiológica* 8 (2): 89-96.
- De la Lanza Espino, G y J. C. Gómez Rojas, 2004. Características físicas y químicas del Golfo de México. *In*: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Comp.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. SEMARNAT-INE-IE, AC.-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies 1: 105-136.
- Departamento de Pesca. 1977. Monografía del puerto de Tuxpan, Veracruz. 30 p.
- Eyre, B. and P. Balls. 1999. A Comparative study of nutrient behavior along the salinity gradient of tropical and temperature estuaries. *Estuaries* 22 (2): 313-326.
- Filonov, A. E.; I. E. Tereshchenko, C. O. Monzón, M. E. González Ruelas y E. Godínez Domínguez. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los Estados de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas* 26 (2): 303-321.
- García, E. 1971. Los climas del Estado de Veracruz (según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora). *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* 41 (1): 3-42.
- Gutiérrez, M. F. J.; F. Varona y F. Contreras. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del Estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 16 (2): 137-146.

- Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. Elsevier. New York 577 p.
- Martínez, A. A.; S. Abundes, M. E. González e I. Rosas. 2000. On the influence of hot-water discharges on phytoplankton communities from a coastal zone of The Gulf of Mexico. *Water, Air and Soil Pollution* 119 (22): 209-230.
- Ocaña, L. A. y R. M. Sánchez. 2003. Diversity of Ichthyoplankton in Tampamachoco lagoon, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* 74 (2): 179-193.
- Reguero, M.; A. García Cubas y G. Zúñiga. 1991. Moluscos de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México: Sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18 (2): 289-328.
- Ruiz Marín, A.; S. Campos García, J. Zavala Loría y Y. Canedo López. 2009. Hydrological aspects of the lagoons of Atasta and Pom, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10 (1): 63-74.
- Sánchez Santillán, N. y G. de la Lanza Espino. 1996. The influence of the regional climate in a lagoon in northeastern Mexico. *Atmósfera* 9: 201-221.
- Sanderson, P. G. y D. M. Taylor, 2003. Short-term water quality variability in two tropical estuaries, Central Sumatra. *Estuaries* 26 (1): 156-165.
- Tróccoli, L. G.; J. A. Herrera Silveira and F. A. Comin. 2004. Structural variations of phytoplankton in coastal seas of Yucatan, México. *Hydrobiologia* 519 (1-3): 85-102.
- Verona Cordero, F. y F. Gutiérrez M. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 13 (3): 177-194.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. 4th Ed. Uniyed States of America. 663 p.