

Análisis temporal y espacial físicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado

Guadalupe de la Lanza Espino¹,
Norma Sánchez-Santillán² y
Alfonso Esquivel Herrera²

¹Depto. de Zoología, Instituto de Biología, UNAM, Apdo. Postal 70-153, Coyoacán, 04510 México.

²Depto. El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, 04960 México.

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.

RESUMEN

Se analiza la variación espacial y temporal de temperatura, salinidad, silicatos y ortofosfatos del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, durante el período de 1979 a 1986 mediante el uso del análisis multivariado aplicado (Análisis Cluster y Componentes Principales) a las tres épocas climáticas de la región. Se delimitaron tres áreas características: (1) la estuarina-marina caracterizada por un bajo contenido de silicatos (3.37 a 5.44 $\mu\text{g-at/l}$), (2) la intermedia que constituye el cuerpo principal de la laguna con una fuerte variante temporal y espacial en su área de cobertura y con un amplio intervalo de concentración de SiO_3 (7.04 a 14.71 $\mu\text{g-at/l}$) y (3) la de las lagunetas de escasa profundidad y bajos niveles de SiO_3 (4 a 8.47 $\mu\text{g-at/l}$); dichas áreas se modifican en cobertura de acuerdo a las tres temporadas climáticas: "nortes", secas y lluvias, durante las cuales los silicatos explicaron dicho patrón en un 57%, 56% y 42% respectivamente.

Palabras clave: Análisis multivariado, físicoquímico, clima, lagunas costeras.

ABSTRACT

This study analyses spatial and temporal variations in temperature, salinity, silicate and orthophosphate in the water of Tampamachoco lagoon, Veracruz (México), from 1979 to 1986. Multivariate analysis was applied to distinguish water types during the three climatic seasons of the region. Principal components analysis defined three areas in the lagoon: (1) an estuarine-marine area characterized by a low content of silicate (3.37 to 5.44 $\mu\text{g-at/l}$), (2) an intermediate area that makes up the main body of the lagoon with a strong temporal and spatial variation and a wide range of SiO_3 concentrations (7.04 to 14.71 $\mu\text{g-at/l}$) and (3) the area of shallow inner lagoons with low levels of SiO_3 (4 to 8.47 $\mu\text{g-at/l}$). These areas varied during the three climatic seasons: northers, dry and rainy season. The variation explained by silicate during the three seasons were 57%, 56% and 42%, respectively.

Key words: Multivariate analysis, physicochemical, climate, coastal lagoons.

INTRODUCCIÓN

Una característica importante del comportamiento ambiental de las lagunas costeras tanto de latitudes templadas como tropicales es la heterogeneidad espacial,

tal como lo señala Herrera-Silveira (1994), dependiente de los aportes continentales, marinos y en consecuencia del clima. Este último factor influye en la precipitación y evaporación que conjuntamente con la marea, contribuyen

en la concentración salina y de nutrientes a través de cambios de las masas de agua, como fue determinado por Caffrey y Day (1986) en el estuario del Río Atchafalaya.

A pesar de que existe una variabilidad en la distribución de los compuestos no conservativos en lagunas, el intervalo de concentración puede ser predicho como un indicador a través de las mezclas conservativas de agua dulce o marina (Smith, 1984). Diversos autores han empleado análisis univariado ó multivariado para establecer con mayor precisión él o los factores que controlan los cambios en las mezclas y por consiguiente en cada variable química, e incluso poder definir regiones que en un análisis simple se perderían (Green y Vascoto, 1978; Legendre y Troussellier, 1988; Comin et al., 1991; Herrera-Silveira, 1994).

El clima local determina una regionalización que puede ser discriminada con base en la temperatura, salinidad y clorofila como Sánchez-Santillán (1994) lo diferenció en la Laguna de Tampamachoco al norte del Golfo de México.

La red fluvial, orografía, morfología y comunicación marina, caracterizan hidrológicamente a los cuerpos de agua, condición que debe reflejarse en cada laguna costera (Sánchez-Santillán y De la Lanza, 1993), situación que influye a su vez en la distribución de los nutrientes nitrogenados, fosforados e incluso en los silicatos, según el equilibrio de los factores arriba citados. Con base en lo anterior y con apoyo en los métodos de estadística multivariada el presente estudio tiene como objetivo establecer regiones con rasgos fisicoquímicos afines.

ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna de Tampamachoco y el Río Tuxpam, constituyen el límite meridional al NW del Golfo de México dentro de la Cuenca Hidrológica exorreica Tamiahua-Poza Rica (Fig. 1).

La profundidad media de la laguna es de 0.6 a 0.8 m, con un canal de navegación hacia la parte oriental del cuerpo principal, cuya profundidad es de 2.5 a 3.0 m. Paralela al canal corre una barra formada por el material extraído en dragados según información local. Dicha barrera tiene varios islotes que, al igual que los márgenes formados de la laguna, están cubiertos por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y algunos parches ocasionales de *Conocarpus erectus* (Esquivel, 1981) (Fig.1).

Con base en la clasificación de García (1988) el clima en la región de la laguna es del tipo Aw"2(e), es decir, cálido subhúmedo, con régimen de lluvias en verano. La temperatura media anual del aire es de 25°C; la mínima es

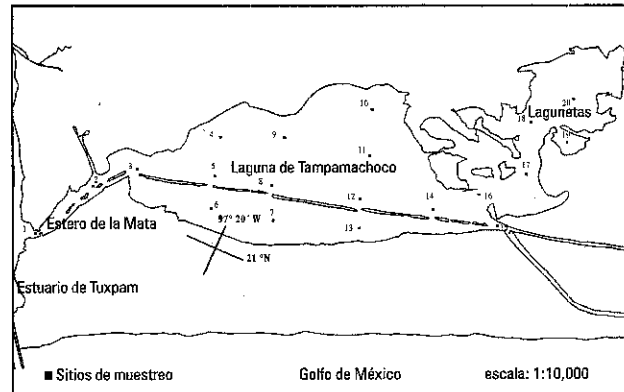


Figura 1. Localización y toponimia del área de estudio y estaciones de muestreo.

de 19.8°C en enero, en tanto que la máxima es de 28.2°C en junio. La precipitación anual es de 1990 mm siendo enero el mes más seco con 14.8 mm y septiembre el más lluvioso con 310.6 mm. Presenta sequía de medio verano con una estimación relativa del 14.85% y una oscilación térmica de 8.1°C, por lo que se considera una localidad extremosa con marcha de la temperatura intertropical. Esta última característica la presentan localidades ubicadas entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio, con dos máximos térmicos en el año ocasionados por el doble paso del sol por el cenit, los cuales se registrarán más juntos conforme más cercano se encuentre al Ecuador (García, 1967). Por su posición geográfica, la laguna queda bajo la influencia de los Vientos Alisios en el verano y por las masas de aire polar modificado o "nortes" durante el invierno (Mosiño, 1964; Mosiño, 1966; García, 1967).

MATERIAL Y MÉTODOS

La temperatura fue determinada a través de un termómetro de cubeta de $\pm 0.1^\circ\text{C}$ y la salinidad con un refractómetro Optical $\pm 0.5\text{-}1\text{‰}$ y tanto estas variables físicas como los nutrientes se registraron en meses representativos de la estacionalidad a nivel superficial durante el período 1979-1986, en 20 estaciones distribuidas que incluyeron los rasgos geomorfológicos principales en la Laguna de Tampamachoco (Fig. 1). Cabe aclarar que no se pudieron muestrear todas las estaciones durante las tres temporadas, debido a que la localidad 19 durante la temporada de secas disminuyó su tirante de agua; y en la estación 1 la velocidad de la corriente fue muy alta imposibilitando el muestreo en diversas ocasiones. La determinación de amonio, nitritos y fosfatos se realizó siguiendo las recomendaciones de Strickland y Parsons

(1972); mientras que los silicatos se cuantificaron de acuerdo a Schwartz (1942).

La estacionalidad fue establecida a partir del clima, con las variables origen y volumen de la precipitación; además de la dirección e intensidad del viento. Con base en lo establecido por el patrón de circulación atmosférica superficial de García y Mosiño (1966) y se determinaron dos temporadas climáticas: de invierno (que incluye a los "nortes" y las secas) y de verano (lluvias). Es importante señalar que durante el patrón invernal se presentan dos temporadas climáticas: secas durante marzo y abril, y nortes de noviembre a febrero.

La descripción fisicoquímica de las áreas y su discusión, se basó en la información hidrológica y meteorológica obtenida, las cuales se agruparon por épocas climáticas, en matrices primarias conteniendo los registros de cada variable en cada lugar o sitio de muestreo; los datos faltantes se estimaron considerando los registros de sitios vecinos, si éstos eran próximos, o bien con el promedio de ese sitio en los otros meses de la misma época, calculándose el valor promedio y desviación estándar de cada variable por sitio en el período de 1979-1986, construyendo una matriz secundaria.

A partir de esta matriz secundaria y con objeto de observar las diferencias, entre las zonas formadas en las tres épocas climáticas a través del análisis de agrupamiento, y considerando las variables de mayor importancia definidas en el análisis de componentes principales, se calculó, para dichas variables: el recorrido (r), valor promedio máximo (\bar{x}_{max}) y el valor promedio mínimo (\bar{x}_{min}) con sus respectivas desviaciones estándar.

Con las matrices primarias de cada época climática, se desarrolló un análisis multivariado de Componentes Principales (Jolliffe, 1986), de Agrupamiento (Chatfield y Collins, 1980; Hair, *et al.* 1992) y Discriminante (Chatfield y Collins, 1980; Hair, *et al.* 1992).

El análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica que transforma un conjunto de variables originales en un nuevo conjunto lineal de variables no correlacionadas llamadas componentes principales, y son obtenidas en orden de importancia decreciente, esto es, el primer componente explica la cantidad posible de la variación de los datos originales. El objeto del ACP es: la identificación de un conjunto de variables fundamentales; la reducción de la dimensionalidad del problema y la eliminación de las variables originales que contribuyen con poca información.

El procedimiento general seguido para el ACP fue el siguiente:

- Cálculo de una matriz de covarianza y correlación.
- Cálculo de los valores característicos de las matrices.
- Cálculo de los coeficientes de las variables de cada componente.
- Cálculo de la varianza y el porcentaje de variación explicado por cada componente.
- Elección de los componentes que explicaran al menos, el 75% de la variación de los datos.
- Graficación de los componentes elegidos para observar la formación de agrupamientos.

El análisis de agrupamiento es una técnica multivariada, que tiene por objeto encontrar cualquier conjunto de individuos, objetos, puntos o sitios de muestreo (Chatfield y Collins, 1980), es decir, el análisis de agrupamiento ubica a un número de sitios en grupos mutuamente excluyentes y exhaustivos, de tal manera que los sitios de un grupo son similares entre sí pero diferentes a los de los otros grupos.

En este trabajo se calcularon dos matrices de disimilitud, una a partir de los datos originales (DO) y otra considerando los cinco primeros componentes principales (CP).

El procedimiento general aplicado en el análisis de agrupamiento fue:

Cálculo de la matriz de medidas de disimilitud, a partir del Coeficiente de Correlación de Pearson empleando la matriz de datos originales.

Cálculo de la matriz de disimilitud a partir de la Distancia Euclidiana, empleando los primeros cinco Componentes Principales.

A partir de las matrices de disimilitud se formaron las clases o grupos, por un procedimiento jerárquico aglomerativo, a través de ligaduras promedio, donde el criterio de agrupamiento es la distancia promedio dada en medidas de disimilitud, de los individuos de una clase a los individuos de otra.

Se ordenaron jerárquicamente los grupos con base en las medidas de disimilitud, de tal manera que los sitios similares quedaran con una clase que posteriormente se une a otra para formar un nuevo agrupamiento o clase.

Se trazó una línea de corte a diferentes distancias de disimilitud, para apreciar la formación de grupos.

El análisis de agrupamiento se representó gráficamente por medio de un diagrama de árbol o dendrograma, donde la escala se dio en términos de índice de disimilitud (Hair *et al.*, 1992).

La otra técnica multivariada empleada en este trabajo fue la de análisis discriminante que involucra la derivación de una combinación lineal de dos o más variables independientes que mejor discriminen entre grupos definidos previamente, su objeto apunta a maximizar la separación entre grupos (Krzanowski, 1988). El objetivo de este análisis discriminante es:

Determinar la existencia de diferencias significativas entre los promedios de dos o más grupos definidos previamente.

Establecer procedimientos para clasificar unidades estadísticas (individuos u objetos) con base en los registros de las diferentes variables.

Determinar cuál de las variables independientes cuenta más para diferenciar dos o más grupos en términos del registro de sus promedios (Hair, et al., 1992).

El procedimiento seguido para el análisis discriminante fue:

Calcular la función discriminante.

Valorar la significancia estadística de la función discriminante, con la distribución ji cuadrada.

Desarrollar la matriz de clasificación.

Definir el "criterio de corte" para clasificar a los sitios dentro de uno u otro grupo.

Presentar la precisión de clasificación en porcentaje (%), de la función discriminante (Hair, et al., 1992).

En este caso el análisis discriminante se aplicó, únicamente como una etapa de validación para confirmar la formación de grupos indicada por las gráficas de componentes principales y el análisis de agrupamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las lluvias tienen un origen de acuerdo a la época: en invierno, (de noviembre a febrero) de las masas de aire polar modificadas (García y Mosiño, 1966) con 92 mm; en secas, (marzo a abril), las lluvias son origen convectivo, con 200 mm; y en verano, (mayo a octubre), provienen de los Vientos Alisios con 1700 mm. De acuerdo a esta división se definieron tres temporadas, "nortes", secas y lluvias, en las cuales se llevó a cabo el análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas.

Según el análisis de "Cluster" basado en la distancia euclidiana y el vecino más cercano, se discriminaron dos grupos durante las tres temporadas, con mayor definición

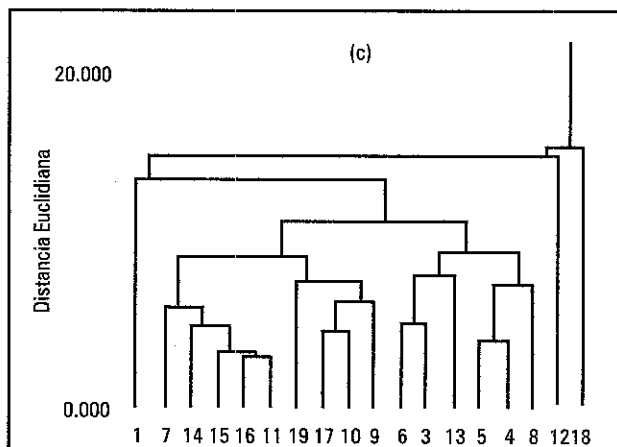
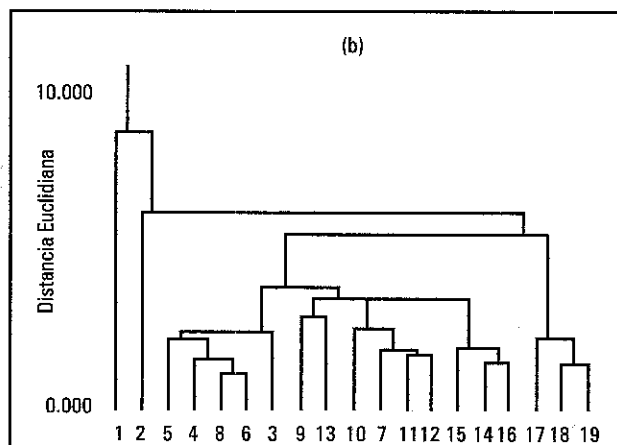
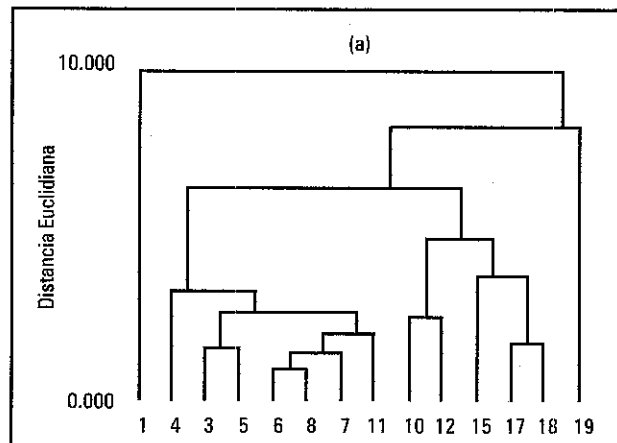


Figura 2. Análisis de Cluster de las variables fisicoquímicas para las estaciones de muestreo durante (a) nortes, (b) secas y (c) lluvias.

durante "nortes" y secas (Fig. 2); en ambos casos la primera discriminación agrupó la mayoría de las estaciones del cuerpo lagunar y en el segundo el área adyacente de las lagunas.

Durante los "nortes" se determinaron cuatro áreas bien definidas (Fig.3a) explicadas en un 57% por la variación de los SiO_3 , en un 19% por SiO_3 y salinidad y en un 11% por salinidad y temperatura (que sumadas alcanzaron un 88%): (1) la zona frente al canal de La Mata que comunica a la Laguna de Tampamachoco con el Estuario de Tuxpam, donde las características hidrodinámicas fueron más altas con mayor influencia mareal y en consecuencia salinas (de 31.34‰ a 31.90‰) y menor contenido en silicatos (3.37 a 3.43 $\mu g-at/l$); (2) el área más amplia constituida por el cuerpo principal de la laguna, con predominio de aportes de silicatos, (10.56 a 14.71 $\mu g-at/l$); (3) la parte Norte del cuerpo principal, cuya característica sobresaliente fue la disminución de la salinidad (30.09‰ a 30.85‰); y (4) las lagunetas de condición menos salina (28.22‰ a 28.99‰ y más somera con un nivel intermedio de SiO_3 (4.0 a 5.16 $\mu g-at/l$) (Fig.4). Con base en la distribución de las áreas se pudo observar la influencia del canal de La Mata hasta en un 75% del cuerpo principal como se muestra en la figura (4). Existieron algunas localidades puntuales que no entraron en el comportamiento por áreas, consecuencia de la topografía, batimetría y composición textural de los sedimentos con fuerte predominio de conchas (Villarreal, 1989).

En la época de secas la formación de áreas fue la más clara, porque incluyó el mayor número de localidades, a pesar de que se explicó en un 57% por SiO_3 principalmente y salinidad, 15% con base en salinidad y 11% en salinidad y temperatura (que juntos explicaron 83%)(Fig. 3b). Durante esta época se definieron cuatro áreas: (1) la zona frente al

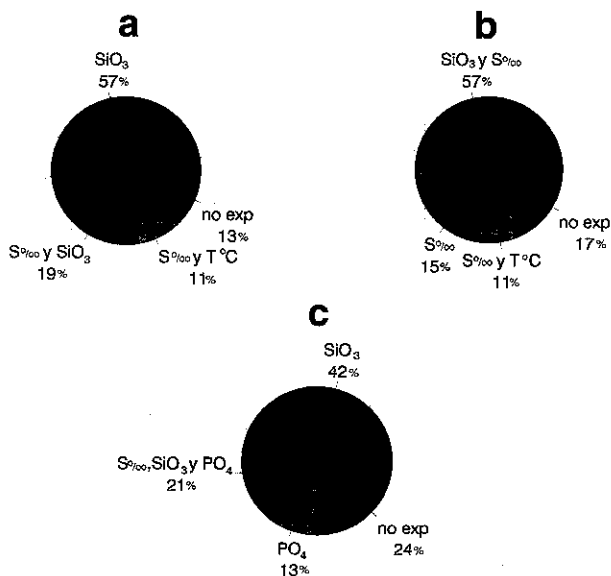


Figura 3. Ponderación fisicoquímica por época con base en el análisis de Cluster (a) nortes, (b) secas y (c) lluvias.

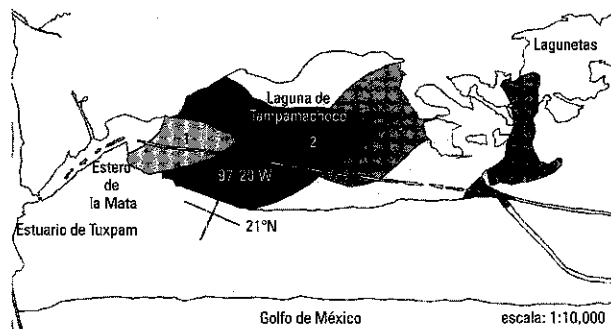


Figura 4. Regionalización del sistema lagunar durante Nortes.

Canal de la Mata pero de mayores dimensiones que en la época de nortes y con un decremento en la salinidad (28.79‰ a 31‰) con una cobertura del 20%; esta disminución puede obedecer a la fuerte bajante, además de un amplio intervalo de SiO_3 (4.47 a 12.84 $\mu g-at/l$); (2) el cuerpo principal de la laguna que cubrió un 70%, cuya salinidad escasamente incrementó en comparación con "nortes" (de 31.12‰ a 32.62‰) y mayor regularidad en SiO_3 (5.61 a 8.47 $\mu g-at/l$); (3) la intercomunicación con las lagunetas, con un 10% del área y una salinidad más o menos estable (32.11‰ a 32.99‰) con los máximos de SiO_3 (14.13 $\mu g-at/l$); y (4) las lagunetas de salinidad intermedia (30.55‰ a 32.12‰) (Fig. 5).

En la época de lluvias se presentó la mayor heterogeneidad. La formación de áreas estuvo explicada en un 42%, básicamente por los silicatos y la salinidad, 21% por los SiO_3 , la salinidad y PO_4 y 13% por PO_4 (que sumados explicaron un 76%) (Fig. 3c). Cabe señalar que fue la única época donde se registraron los máximos de PO_4 pero sin asociación con áreas geográficas, definiéndose tres áreas: (1) la zona frente al canal de La Mata que incluyó hasta la mitad del cuerpo principal, caracterizada por una mayor

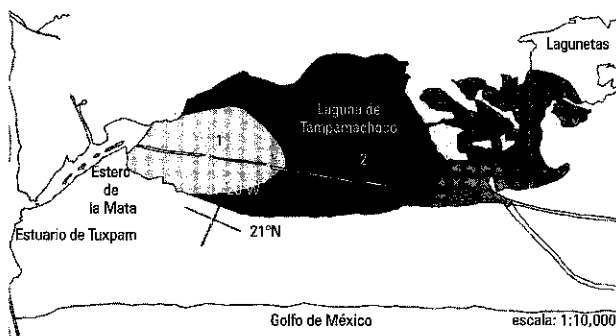


Figura 5. Regionalización del sistema lagunar durante Secas.

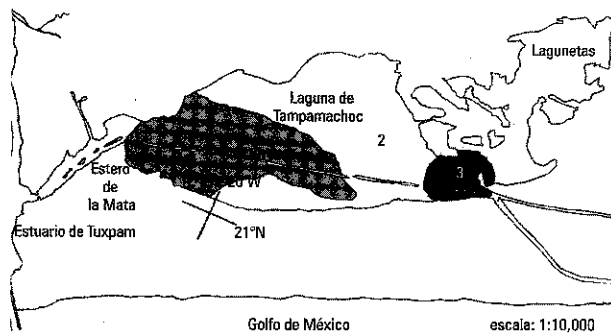


Figura 6. Regionalización del sistema lagunar durante lluvias.

influencia del río (25.07‰ a 28.6‰) de concentración baja en los SiO_3 (3.09 a 5.44 $\mu\text{g-at/l}$); (2) el resto del cuerpo lagunar y lagunetas sin un patrón en la distribución de la salinidad pero con tendencia al decremento (21.09‰ a 25.49‰) y (3) área de comunicación con las lagunetas con influencia de los canales artificiales que comunican con la Laguna de Tamiahua, de niveles ligeramente más altos en SiO_3 (7.04 a 8.90 $\mu\text{g-at/l}$) (Fig. 6).

A pesar de que los silicatos han sido considerados como un nutriente no conservativo, la estabilidad durante las tres épocas manifestó que pueden ser empleados para la definición hidroquímica espacial en tres condiciones climáticas distintas. La asociación entre silicatos, salinidad y fosfatos puede ser justificada por las reacciones físicas de dilución y desestabilización de la carga electrostática como es señalado por Liss (1976).

Herrera-Silveira (1994), determinó condiciones espacio-temporales en la Laguna de Celestum semejantes a las registradas en el Sistema Lagunar de Tampamachoco cuya diferencia latitudinal es de 1°55' de latitud Norte. El citado autor determinó dos agrupamientos parecidos a Tampamachoco durante las tres épocas del año, con mayor definición durante "nortes" y secas, asimismo con base en el análisis de "Cluster" definió tres zonas de acuerdo al comportamiento fisicoquímico: la parte interna caracterizada por la influencia de aguas subterráneas de baja salinidad y altos silicatos consecuencia de las descargas de aguas dulces, la zona del área marina por alta salinidad y bajos nutrientes y la intermedia por valores de baja salinidad y altos nutrientes.

Tabla 1. Correlación de variables fisicoquímicas y climáticas por áreas durante las temporadas de "nortes", secas y lluvias ($P < 0.05$).

	Salinidad	Precipitación	Silicatos	Fosfatos		Salinidad	Precipitación	Silicatos	Fosfatos
Nortes Área 1					Secas Área 2				
Salinidad	1.000				Salinidad	1.000			
Precipitación	-0.738	1.000			Precipitación	-0.294	1.000		
Silicatos	-0.254	-0.383	1.000		Silicatos	-0.091	0.849	1.000	
Fosfatos	0.653	-0.803	0.253	1.000	Fosfatos	-0.167	0.902	0.892	1.000
Nortes Área 2					Secas Área 3				
Salinidad	1.000				Salinidad	1.000			
Precipitación	-0.653	1.000			Precipitación	0.410	1.000		
Silicatos	-0.269	-0.098	1.000		Silicatos	0.338	0.926	1.000	
Fosfatos	-0.054	-0.082	0.524	1.000	Fosfatos	0.281	0.885	0.975	1.000
Nortes Área 3					Secas Área 4				
Salinidad	1.000				Salinidad	1.000			
Precipitación	-0.910	1.000			Precipitación	-0.741	1.000		
Silicatos	-0.103	-0.171	1.000		Silicatos	-0.206	0.703	1.000	
Fosfatos	0.119	-0.239	0.140	1.000	Fosfatos	-0.742	0.977	0.782	1.000
Nortes Área 4					Lluvias Área 1				
Salinidad	1.000				Salinidad	1.000			
Precipitación	-0.869	1.000			Precipitación	-0.244	1.000		
Silicatos	-0.227	0.131	1.000		Silicatos	0.100	-0.085	1.000	
Fosfatos	-0.575	0.417	0.199	1.000	Fosfatos	0.445	-0.331	-0.224	1.000
Secas Área 1					Lluvias Área 2				
Salinidad	1.000				Salinidad	1.000			
Precipitación	-0.632	1.000			Precipitación	-0.270	1.000		
Silicatos	-0.404	0.904	1.000		Silicatos	0.190	-0.101	1.000	
Fosfatos	0.330	0.716	0.844	1.000	Fosfatos	0.527	-0.427	-0.143	1.000

En la Laguna de Tampamachoco se determinaron tres zonas definidas: 1) la zona estuarina-marina que incrementó su cobertura de "nortes" a secas y lluvias, caracterizada por bajo contenido en SiO_3 ; 2) el cuerpo principal de la laguna con una fuerte variante temporal y espacial en su área de cobertura; con un amplio intervalo de SiO_3 y 3) la interna tipificada por su baja hidrodinámica, someridad y niveles intermedios de SiO_3 ; sin que la salinidad y los fosfatos influyeran de manera significativa en la caracterización por áreas. La heterogeneidad de la salinidad puede ser consecuencia de la morfometría, topografía y climatología locales, aunadas a las diferencias significativas en la precipitación, en los gastos del Río Tuxpan con 695 m³/s en marzo y 1825 m³/s en septiembre; corroborada por la correlación inversa significativa entre ambas variables (Tabla 1), (Sánchez-Santillán, 1994).

Las áreas de la boca y la interna de las lagunetas, marcaron la influencia externa (aportes mareales mezclados con los fluviales, morfología, batimetría, climatología) y la intermedia con una fuerte heterogeneidad fue de influencia interna de origen biogeoquímico, tal como lo señala Herrera-Silveira (1994) en la laguna de Celestum. Con relación a esto último se observó que los fosfatos estuvieron fuertemente relacionados con la lluvia del período de secas en el área intermedia ($r = 0.902$, $p < 0.001$) y área de las lagunetas ($r = 0.977$, $p < 0.001$), así como también los silicatos ($r = 0.892$, 0.703 respectivamente $p < 0.001$) (Tabla 1), en esta temporada se incrementan las tasas de evaporación (201 mm) y escasa profundidad con mayor concentración de estos iones. (Arenas y De la Lanza, 1981).

Con base en el análisis multivariado se estableció el predominio de los silicatos en la explicación de la variación espacial en un sistema tropical fuertemente controlado por las características climáticas interanuales, que se reflejaron en mayor grado en la boca a través de la mezcla estuarina con predominancia mareal. Los fosfatos definieron una marcada variación estacional de origen biogeoquímico y escasa influencia pluvial y fluvial.

LITERATURA CITADA

- ARENAS, V. y G. DE LA LANZA, 1981. The effect of dried and cracked sediment on the availability of phosphorus in a coastal lagoon. *Estuaries* 4(3): 206-212.
- CAPREY, J.M. y DAY JR. W., 1986. Control of the variability of nutrients and suspended sediments in a Gulf Coast Estuary by climatic forcing and spring discharge of the Atchafalaya River. *Estuaries* 9 (4A), 295-300.
- CHATFIELD, C. y A. J. COLLINS, 1980. *Introduction to multivariate analysis*. Chapman y Hall. Londres. 245 P.
- COMIN, F.A., M. MENÉNDEZ y M. MARTIN, 1991. Short-term effects of decreasing water discharge on the chemical and biological characteristics of eutrophic coastal lagoon In: *Memorie dell' Instituto Italiano di Idrobiología*, 48, 9-22.
- DANIEL, W. WAYNE, 1983. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Limusa. 485 p.
- ESQUIVEL, A., 1981. Contribución al conocimiento del macro y mesozooplankton de la Laguna de Tampamachoco, Ver. UAM-Iztapalapa, CBS, Zootecnia (Informe de Servicio Social). 58 p.
- GARCÍA, E., 1967. *Apuntes de Climatología*. Offset Larios, S.A. México, D.F. 153 p.
- GARCÍA, E., 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Offset Larios. México, D.F. 217 p.
- GARCÍA, E. y P. A. MOSIÑO, 1966. Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana. Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. 35-70 p.
- GREEN, R. V. y G. L. VASCOTO, 1978. A method for analysis of environmental factors controlling patterns of species composition in aquatic communities. *Water Research* (12): 583-590.
- HAIR, J. F., R. E. ANDERSON, R. L. TATHAM y W. C. BLACK, 1992. *Multivariate data analysis with readings*. McMillan Publishing Company, Inc. Nueva York. 544 P.
- HERRERA SILVEIRA, J. A., 1994. Spatial heterogeneity and seasonal patterns in a tropical coastal lagoon. *Journal of Coastal Research* 10(3): 738-746.
- JOLLIFFE, I. T., 1986. *Principal Component Analysis*. Ed. Springer-Verlag, Nueva York. 271 p.
- KRZANOWSKY, W. J., 1988. *Principles of multivariate analysis*. Clarendon Press. Oxford. 564 P.
- LEGENDRE, P. y M. TROUSSELLIER, 1988. Aquatic heterotrophic bacteria: Modelling in the presence of spatial autocorrelation. *Limnology and Oceanography* 33(5):1055-1067.
- LISS, P. S., 1976. *Conservative and non conservative behavior of dissolved constituents during estuarine mixing*. in: BURTON, J. D. y P. S. Liss. *Estuarine Chemistry*. Academic Press. 93 - 130 p.
- MOSIÑO, P. A., 1964. Surface weather and upper-air flow patterns in Mexico. *Geofísica Internacional*. México, 124 p.
- MOSIÑO, P. A., 1966. Factores determinantes del clima en la República Mexicana, con referencia especial a las zonas áridas. Instituto de Antropología e Historia. *Departamento de Prehistoria*. 19, México. 45-78 p.
- SÁNCHEZ-SANTILLÁN, N. y G. DE LA LANZA E., 1993. Aspectos Climáticos en una laguna costera (Ejemplo de caso: Laguna de Huizache y

- Caimanero). *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Guadalupe de la Lanza Espino y Carlos Cáceres (Eds.). 199-219
- SÁNCHEZ-SANTILLÁN, N., 1994. Influencia cualitativa y cuantitativa de los factores climáticos que inciden en la salinidad y temperatura del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. (1979-1986)". Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Univ. Nal. Autón. de México. 64 p.
- SCHWARTZ, M. C., 1942. Photometry Determination of silica in the presence of phosphates. *Industrial Engineering Chemistry* 14 (11): 893-895.
- SMITH, V. S., 1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. *Limnology and Oceanography* 29(6):1149-1160.
- STRICKLAND, D. H. y T. R. PARSONS, 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fish Research Board, Canada*, 310 p.
- VILLARREAL, G., 1989. Impacto de la depredación por *Melongena melongena* (L.) sobre las poblaciones del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin) en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. *Ciencias Marinas* 11(2): 55-56.
- Recibido: 30 de septiembre de 1997.
Aceptado: 2 de junio de 1998.