

05.04
A43

SECRETARIA DE MARINA

DIRECCION GENERAL DE OCEANOGRAFIA NAVAL

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS
EN EL SISTEMA LAGUNAR DE TEACAPAN-AGUA BRAVA, SINALOA-NAYARIT,
DURANTE SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1989.



ESTACION DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA
TOPOLOBAMPO, SINALOA, 1992



GCI75.

-M4

Ej. 1/2017

A la memoria del
M. EN C. RAUL E. OCAMPO TORREA
Pionero de la Oceanografía en México.



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
REGIONAL CENTRAL

RES. #
2534

Ej. #14
948

DIRECCION DE PLANEACION
CENTRO DE INFORMACION DOCUMENTAL
DOCUMENTO No. 05.04

A 43

La Secretaría de Marina, a través de la Dirección General de Oceanografía Naval en cumplimiento al Artículo 5, Fracción XV de la Ley de Secretarías y Departamento de Estado y al Artículo 30, Inciso XVII de la Nueva Ley Orgánica de Administración Pública Federal.

Publica el trabajo:

"VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS EN EL SISTEMA LAGUNAR DE TEACAPAN-AGUA BRAVA, SINALOA-NAYARIT, DURANTE SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1989".

Esta edición forma parte del "Estudio Oceanográfico del Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, Sinaloa-Nayarit, México" realizado por la Estación de Investigación Oceanográfica de Topolobampo, dependiente de la Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina.

Sugerencias y comentarios para el presente estudio serán agradecidas.



CONTRALMIRANTE S.I.O.
ALBERTO H. VAZQUEZ DE LA CERDA
DIRECTOR GENERAL

"VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS
EN EL SISTEMA LAGUNAR DE TEACAPAN-AGUA BRAVA, SINALOA-
NAYARIT, DURANTE SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1989".

"VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS EN EL SISTEMA LAGUNAR DE TEACAPAN-AGUA BRAVA, SINALOA-NAYARIT, DURANTE SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1989.

*Q.F.B. Ma. Teresa Hernández Real.

R E S U M E N

Se efectuaron muestreos en Teacapán-Agua Brava en septiembre y diciembre de 1989, representativos de las estaciones de verano y otoño respectivamente. En septiembre se realizó en la Boca de Teacapán una variación diurna; además en ambos meses se efectuaron a lo largo del sistema monitoreos para determinar transparencia, concentraciones de salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fósforo total y reactivo, y se calculó la saturación de oxígeno. Los resultados se agruparon para conocer diferencias estacionales y en la columna de agua mediante análisis multifactoriales. Presentaron diferencias estacionales con máximos en septiembre, la temperatura, fósforo total y fósforo reactivo, mientras que la transparencia, salinidad, pH, oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación y los nitritos, tuvieron sus mayores valores en diciembre. Las diferencias en la concentración de nitratos no fueron significativas. La descarga de agua de los ríos, de baja densidad, es determinante de la estratificación desarrollada en verano, que limita la mezcla en la columna de agua, promoviendo baja saturación de oxígeno y las mayores concentraciones de nutrientes. En otoño, se rompe la estratificación por las menores descargas de agua dulce, con lo que los efectos de los vientos y mareas predominan, presentándose adecuada saturación de oxígeno y menor concentración de nutrientes en general. La distribución espacial de las variables analizadas es influenciada en ambas épocas por las descargas de los ríos, mientras que en diciembre la influencia de vientos y mareas es importante. Se encontraron diferencias significativas entre las condiciones previas a la apertura de la Boca de Cuautla y las actuales, tanto para salinidad como para oxígeno disuelto.

*Estación de Investigación Oceanográfica de Topolobampo.
Departamento de Química.

INTRODUCCION

Las lagunas costeras son masas de agua separadas de los océanos en su mayoría, por barras o islas de origen marino y son usualmente paralelas a la línea de costa. (Emery y Stevenson 1958).

En la columna de agua, en cualquier localización de una laguna costera, las propiedades del agua exhiben variaciones temporales grandes, principalmente debidas a corrientes de mareas y a la distribución en forma de manchas o petacheo de éstas propiedades. (Arce Duarte y Alvarez Borrego 1992).

Otras condiciones que influyen en la composición del agua en las lagunas son: contenido de los ríos que inciden en ellas, intercambio de elementos con los sedimentos, la eventual precipitación o solución de depósitos salinos (en áreas con excesiva evaporación), contribuyendo además la influencia del hombre (Postma 1969).

Debido a la evidente importancia ecológica y económica de los sistemas lagunares, se han efectuado en ellos, estudios tendientes a su caracterización. Resaltan los realizados por Ayala Castañares et al. (1969) en la Laguna de Tamiahua; Villalobos Figueroa y De La Lanza et al. (1969) en la Laguna de Alvarado; Alvarez Borrego y Chee-Barragán (1976) en la Bahía de San Quintín, B.C.; Alvarez Borrego et al. (1977) en la Bahía de San Quintín y Estero Punta Banda; Espinoza-Avalos (1977), Lechuga et al. (1986) y Cervantes-Duarte et al. (1991) en la Ensenada de La Paz; Amezcua-Linares (1977) y Edwards (1978) en Huizache-Caimanero; Yáñez-Arancibia et al. (1980 y 1982) en la Laguna de Términos; Millán-Núñez y Rivas-Lozano (1988) en la Bahía de Todos Santos.

El sistema lagunar estuarino de Teacapán-Agua Brava objeto de este estudio, cuenta con una de las áreas de manglar más extensas de la costa del Pacífico de Norte América y soporta

una importante comunidad de peces de alta diversidad (Alvarez-Rubio et al. 1986; Amezcua-Linares et al. 1987). Flores Verdugo et al. (1990), sugieren que el sistema juega un papel ecológico importante como área de cría y alimentación de recursos pesqueros de la plataforma continental adyacente.

Entre los estudios previos en el área se encuentra el de Núñez-Pastén (1973), cuyo objetivo principal fue conocer la variación y relación de los factores abióticos: temperatura, salinidad, oxígeno y transparencia; Alvarez Rubio et al. (1986) tuvieron como uno de sus objetivos, caracterizar el hábitat en función de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fauna macrobéntica, mareas, sustrato y vegetación sumergida; Flores Verdugo et al. (1986) estudiaron en 2 estaciones de muestreo de la Laguna de Agua Brava, además de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, los nutrientes. No existen antecedentes sobre nutrientes en el resto de la zona, por lo que el propósito de éste trabajo es caracterizar al sistema en relación con la concentración y variación de nutrientes (NO_3 , NO_2 y PO_4), así como determinar en que medida se han modificado algunas condiciones prevalecientes en el área antes de la apertura de la Boca de Cuautla.

AREA DE ESTUDIO

El complejo lagunar de Teacapán-Agua Brava, está localizado en el Noroeste de la República Mexicana, en los límites de los estados de Sinaloa y Nayarit, entre los 22°04' y 22°45' de Latitud Norte, y los 105°20' y 105°50' de Longitud Oeste (Fig. 1).

El clima de la región es de subtropical a tropical, del tipo Aw o (w) (e) según el sistema de Köepen modificado (Alvarez-Rubio et al. 1986). La temperatura promedio es de 25°C con un período de lluvias que se distribuye a finales del verano y principios de otoño y cambios en la precipitación de aproximadamente 850 mm al Norte de Mazatlán, 1200 mm en Tepic, Nayarit y cerca de 1660 mm en la costa Sur, en las proximidades de San Blas, Nayarit (Curry et al. 1969 en Alvarez-Rubio et al. 1986).

El patrón predominante de vientos muestra dos fases: una de invierno con dominancia de vientos del Noroeste, y otra en verano con dirección Oeste a Suroeste principalmente (Curry et al. 1969 en Alvarez-Rubio et al. 1986).

El sistema está comunicado con el mar mediante dos bocas. La Boca Norte o Boca de Teacapán, con una amplitud de 1660 m aproximadamente y una profundidad variable que va de 3 a 9 m; y la Boca Sur o Boca de Cuautla, que es un canal artificial que comunica a la Laguna de Agua Brava con el mar, con aproximadamente 200 m de ancho, pero que está constantemente ampliándose debido a las fuertes corrientes litorales, y que tiene una profundidad de 8 m aproximadamente (Alvarez-Rubio et al. 1986).

Las mareas son de tipo mixto semidiurnas con una amplitud media en la Boca de Cuautla de 86 cm y en Palmar de Cuautla, a 2.5 km de la boca, de 32 cm con un amortiguamiento de 60% aproximadamente (Cepeda 1977, en Sigala Morales 1991).

Durante la variación diurna realizada en 1989, simultaneamente con nuestro estudio, Sig~~g~~la-Morales (1991) reportó una velocidad máxima de la corriente ligeramente superior a 100 cm/seg durante flujo, y de 80 cm/seg en reflujo.

La batimetría de la zona es somera, con valores en la Laguna de Agua Grande de 5.5 m en la boca, desde donde decrece hacia el interior hasta 0.8 m. La zona intermedia o estero, se orienta de forma paralela a la costa, separada del mar por una barra con bermas arenosas y una profundidad promedio de 4 m; mientras que la Laguna de Agua Brava presenta profundidades promedio cercanas a 2.5 m (Alvarez-Rubio et al. op. cit.).

En el sistema descargan los ríos Acaponeta, Cañas, Bejuco y Rosa Morada, los cuales son secos en la época de estío a excepción del Acaponeta (Alvarez-Rubio et al. 1986; Flores-Verdugo et al. 1990).

Los sedimentos están constituidos principalmente por limos y arcillas y sólo en donde existe influencia directa del Río Acaponeta y el mar (bocas de Teacapán y Cuautla y Estero Teacapán), existe material arenoso (Muhech 1991).

MATERIAL Y METODOS

Se realizaron dos campañas de muestreo en el sistema lagunar de Teacapán-Agua Brava; la primera del 6 al 9 de septiembre y la segunda del 7 al 9 de diciembre de 1989; en ellas se cubrieron 31 estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del sistema lagunar (Fig. 1) colectándose muestras de agua en los niveles de superficie y fondo. En cada muestra se determinó la temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), salinidad (S°/oo), pH, oxígeno disuelto (O.D.), transparencia, nitratos (NO_3), nitritos (NO_2) y fósforo total (Pt) y reactivo (Pr). Adicionalmente se realizó un monitoreo de 24 hrs en la boca de Teacapán (Boca Norte) manejándose en este trabajo los datos obtenidos de las 6:00 hrs del día 8 a las 5:30 hrs del 9 de septiembre de 1989. Se obtuvieron muestras en superficie para determinar la concentración de NO_3 , NO_2 , Pt y Pr, O.D. y pH cada dos horas; en tanto que la $T^{\circ}\text{C}$ y S°/oo se monitorearon cada 30 minutos en los niveles de superficie y fondo.

Las muestras fueron colectadas con una botella Niskin de 1.7 l de capacidad; la temperatura se determinó con un termómetro de cubeta marca Taylor con precisión de 1°C ; la salinidad con un salinómetro de inducción marca Beckman modelo RS-10 y el pH con un potenciómetro de campo marca Corning modelo 3D.

La toma, preservación y análisis de las muestras, tanto de NO_3 , NO_2 y Pt y Pr se llevaron a cabo de acuerdo a Strickland y Parsons (1972). Los análisis de O.D. se efectuaron con la modificación de azida del método yodométrico (421 B) y para el análisis de Pt, se efectuó una digestión preliminar con persulfato de amonio (parte III del método 424 C) ambos de APHA AWWA WPCF (1980). Las lecturas de las reacciones colorimétricas se efectuaron con un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 35.

Las muestras utilizadas para análisis de nutrientes fue-

ron filtradas con papel Gelman de 0.45 μ m de abertura de poro y 47 mm de diámetro.

Se agruparon los datos por épocas del año y nivel de muestreo y se graficaron para analizar su variación espacial. Con la finalidad de investigar si hay diferencia significativa en la varianza de los datos, entre la estación del año y el nivel de muestreo, se efectuó un análisis de varianza multifactorial al 95% de confianza, habiéndonos planteado las hipótesis siguientes: 1) que no hay diferencias entre las estaciones del año y 2) que no hay diferencias entre los niveles de muestreo.

Se compararon los resultados, con los reportados antes de la apertura de la Boca de Cuautla.

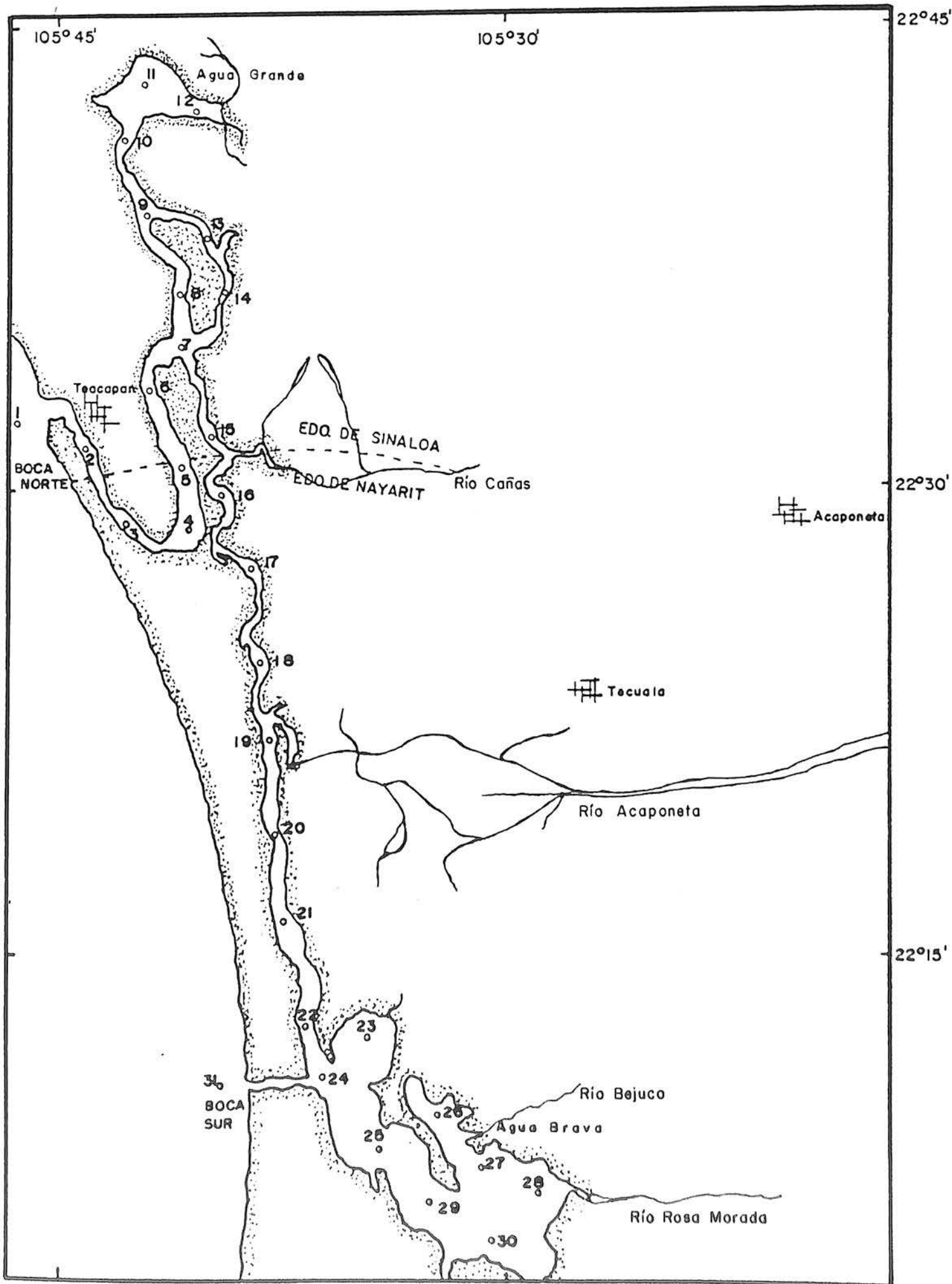


Fig. 1. Ubicación del área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo.

RESULTADOS

A) Variación Diurna:

Durante ésta, se observaron fluctuaciones en la salinidad, de 19.72 a 32.20‰ en superficie y de 22.12 a 32.11‰ en fondo (Fig. 2A). La reducción en la salinidad, observada tanto en superficie como en fondo al fin del reflujó y principio del flujo, con mayor reducción en superficie, sugieren que la mezcla vertical es débil.

Se registraron temperaturas entre 30.6 y 32.1°C en superficie y entre 30.8 y 32.2°C en fondo, sin diferencias significativas entre ambos niveles. Esto se debe a que las máximas temperaturas se presentaron indistintamente en superficie o fondo (Fig. 2B), lo que es indicativo de inestabilidad estática de la columna de agua (Osborn 1973).

Los niveles de O.D. variaron de 2.5 a 5 mg/l y estuvieron siempre por debajo de la saturación, habiéndose observado de 6:00 a 18:00 hrs, valores entre 64 y 80% mientras que de 19:00 a 05:00 hrs, los valores fluctuaron entre 63.6 y 36.4%. Se observó además una adecuada correlación con el pH ($r = 0.63$), que tuvo amplias fluctuaciones (7.11 a 8.41), habiéndose registrado el máximo en las horas de la tarde y los mínimos a media noche, en que se dieron las mínimas saturaciones de oxígeno (Fig. 3). Variaciones diurnas en pH y O.D. ya han sido reportadas en otras localidades (Park *et al.* 1958) y se deben a que la fase luminosa de la fotosíntesis genera oxígeno con la consiguiente reducción en la concentración de CO₂ disuelto hasta un mínimo observado por la tarde, que es acompañado por la elevación en el pH; mientras que por la noche predominan los procesos respiratorios, que consumen O.D. y generan CO₂ con la resultante disminución del pH (Schmalz and Swanson 1969). Sin embargo, se observó también una adecuada correlación del porcentaje de saturación con la salinidad ($r = 0.76$), lo que refleja por una parte, la mayor concentración de oxígeno en el agua

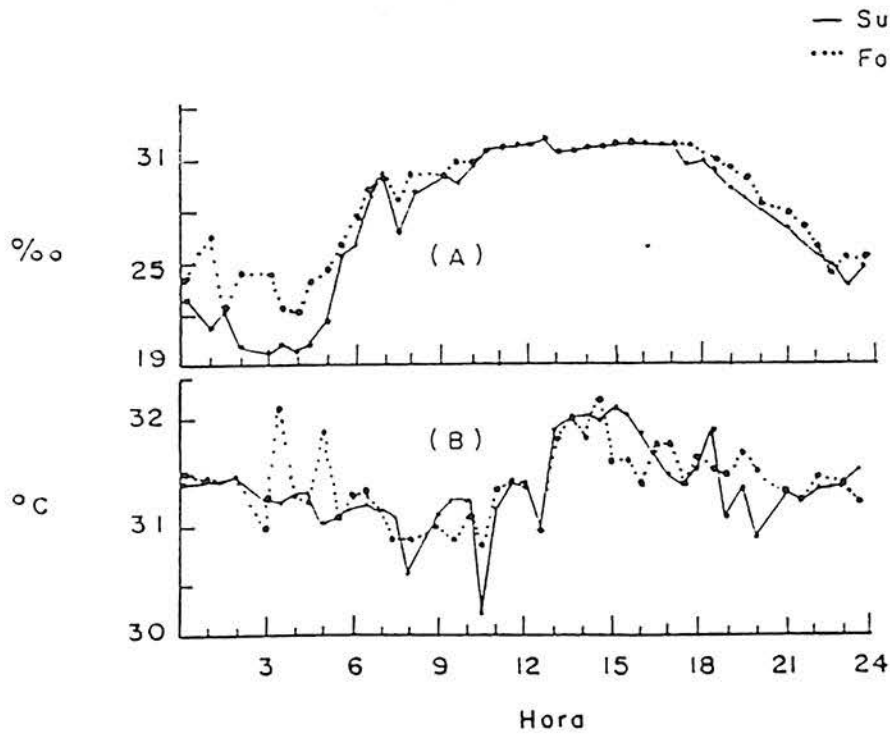


Fig. 2. Salinidad (A) y Temperatura (B) en la Boca Norte durante la variación diaria del 8 al 9 de septiembre de 1989.

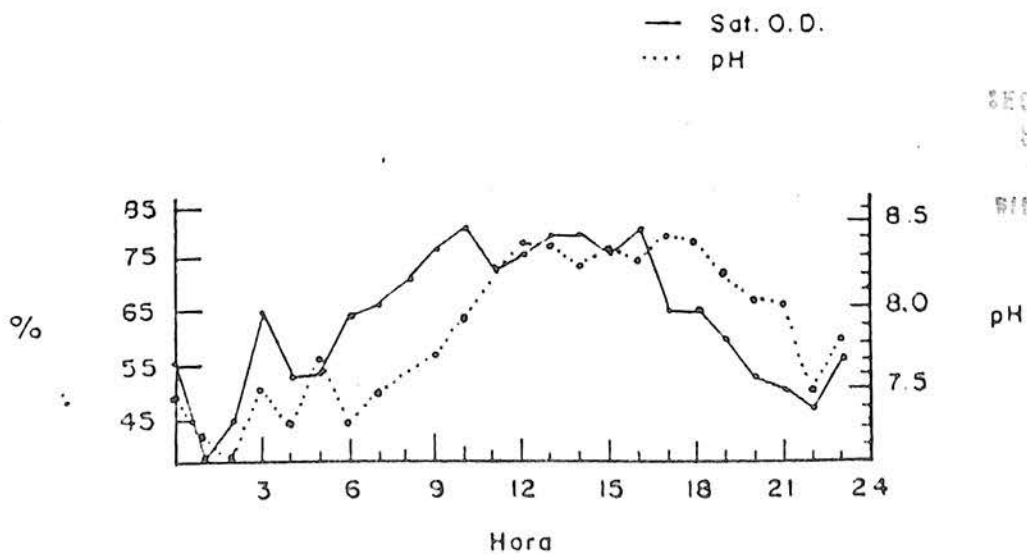


Fig. 3. Saturación de Oxígeno y pH en la Boca Norte durante la variación diaria.



SECRETARÍA DE MARINERÍA
SECRETARÍA DE FISCALÍA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

oceánica presente durante el flujo mareal, y su consumo, originado por la gran cantidad de materia orgánica que es exportada del sistema durante reflujos.

Los nutrientes presentaron también amplias fluctuaciones, con valores promedio relativamente altos, siendo éstos y su desviación estandar, de 7.73 ± 7.98 uM para $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$; 3.17 ± 2.81 uM para Pt; y de 1.73 ± 0.75 uM para Pr (Fig. 4). Los nitritos estuvieron por debajo del límite de detección del método utilizado.

B) Sistema Lagunar:

La salinidad durante el muestreo de verano, fluctuó entre 5.53 y $33.64^\circ/\text{oo}$ ($\bar{x} = 16.8$) en superficie, y entre 5.47 y $34.72^\circ/\text{oo}$ ($\bar{x} = 21.0$) en fondo. Tales diferencias entre niveles fueron significativas y son reflejo de la estratificación que de acuerdo al criterio de Cabrera Muro (1975) se observó desde la parte media del sistema, hasta la mitad Oeste de Agua Brava. En las bocas se registraron las mayores salinidades, con homogeneidad en la columna de agua debido a la mezcla causada por vientos y corrientes de marea. Al Este de Agua Brava se observaron las menores salinidades por la influencia de los ríos Bejuco y Rosa Morada, con homogeneidad vertical; ya que debido a lo somero del área (1.2-2 m), la turbulencia superficial influye en el fondo, provocando una mezcla efectiva en la columna de agua (Fig. 5A).

En otoño las fluctuaciones de salinidad fueron menores (22.9 a $34.6^\circ/\text{oo}$) con homogeneidad vertical para todo el sistema, excepto en los puntos 13 y 20, el primero de los cuales registró la menor salinidad en el nivel de fondo (Fig. 5B). Esta inversión en la salinidad fue observada por Alvarez *et al.* (1986) en verano y explicado de acuerdo a Reid y Wood, por una fuerte evaporación, consecuencia de altas temperaturas registradas en las capas subyacentes de agua.

Las diferencias estacionales observadas, con menor salini

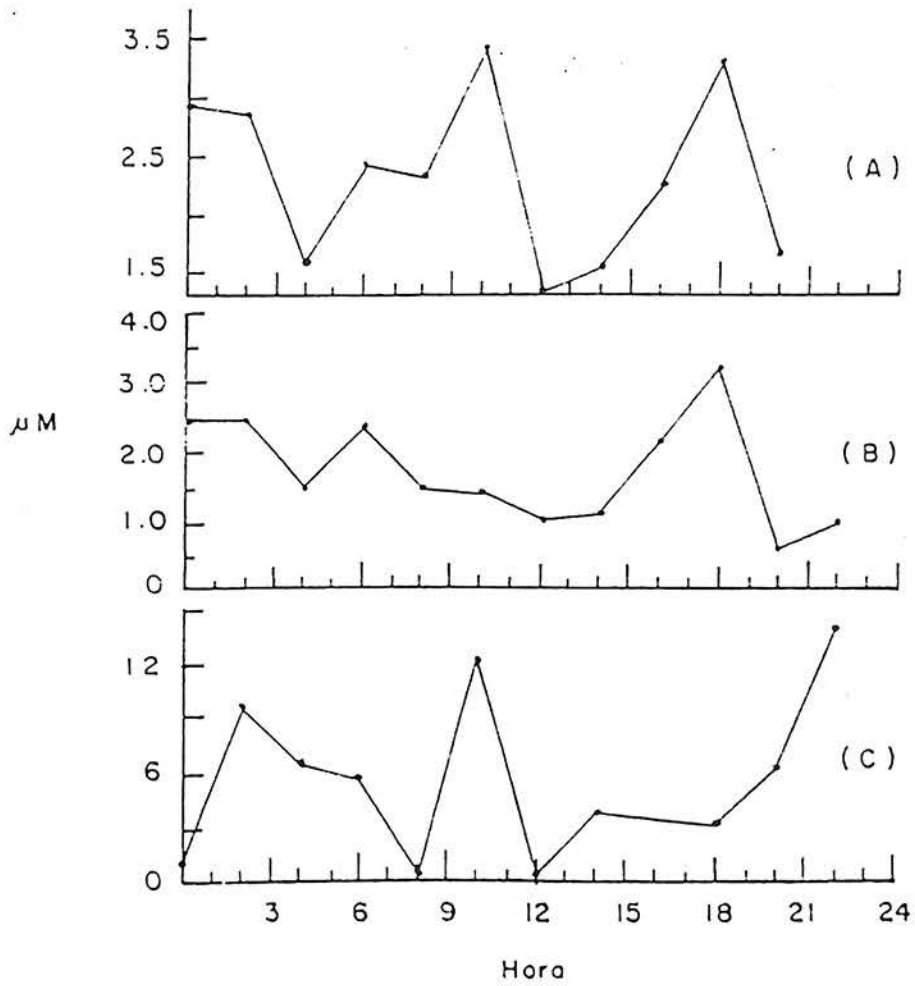


Fig. 4. Concentración de Fósforo Total (A), Reactivo (B) y Nitratos+Nitritos (C) durante la variación diaria del 8 y 9 de septiembre en la Boca de Teacapán.

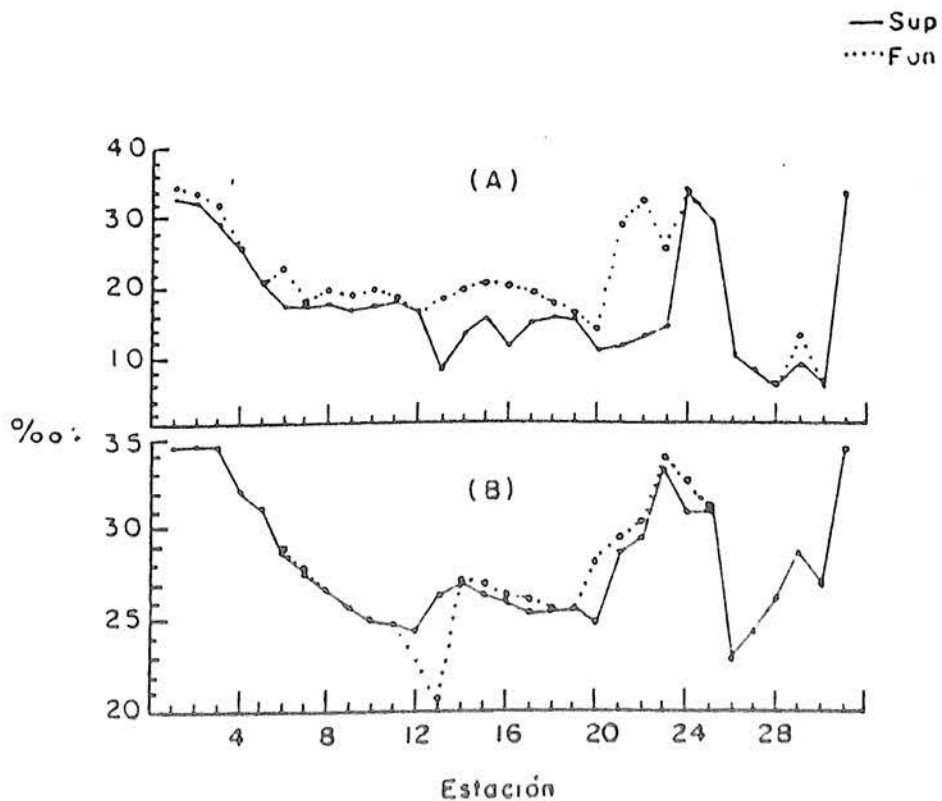


Fig. 5. Salinidad en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

dad y estratificación en septiembre, son debidas al mayor volumen descargado por los ríos en esa época, que es la lluviosa (Núñez-Pasten 1973, Alvarez-Rubio et al. 1986 y Flores-Verdugo et al. 1990). Sin embargo, en ambas épocas se observó la influencia de las corrientes de marea, que crean condiciones salinas en las bocas y salobres hacia el interior del sistema (Fig. 5A y B).

La temperatura mostró un patrón estacional con máximos en septiembre, en que se tuvieron promedios en superficie y fondo de 32.1 y 31.6°C; y menores en diciembre, con 25.4 y 25.2°C. Las máximas temperaturas en la columna de agua se presentaron generalmente en superficie a excepción del punto 14 en septiembre y los puntos 13 y 24 en diciembre. (Fig. 6A y B).

El pH mostró diferencias estacionales significativas, con los mínimos promedios de superficie y fondo en septiembre (7.76 y 7.66) y los máximos en diciembre (8.16 y 8.06). Aunque las diferencias entre niveles no fueron significativas, se observó estratificación en algunos puntos; dándose menor pH en el fondo, principalmente en septiembre, cuando un número considerable de localidades presentó valores inferiores a 7.3 con mínimo pH de 7.01, mientras que en diciembre valores tan bajos fueron escasos siendo el mínimo de 7.40. Por otra parte, en ambas campañas de muestreo las correlaciones con la salinidad fueron adecuadas observándose gradientes longitudinales, con los menores valores en el interior del sistema y valores superiores a 8 en las bocas. (Fig. 7A y B). Sin embargo, en sistemas estuarinos y áreas anóxicas, son comunes las desviaciones del pH del rango de aguas oceánicas superficiales (7.8 a 8.4) (Skirrow 1975; Burton y Liss 1976).

A lo largo del sistema se observaron fluctuaciones en los niveles de O.D. en ambas épocas climáticas, con los menores valores en el interior del sistema y los máximos en las bocas (Fig. 8A y B). Los resultados del análisis multifactorial apo-

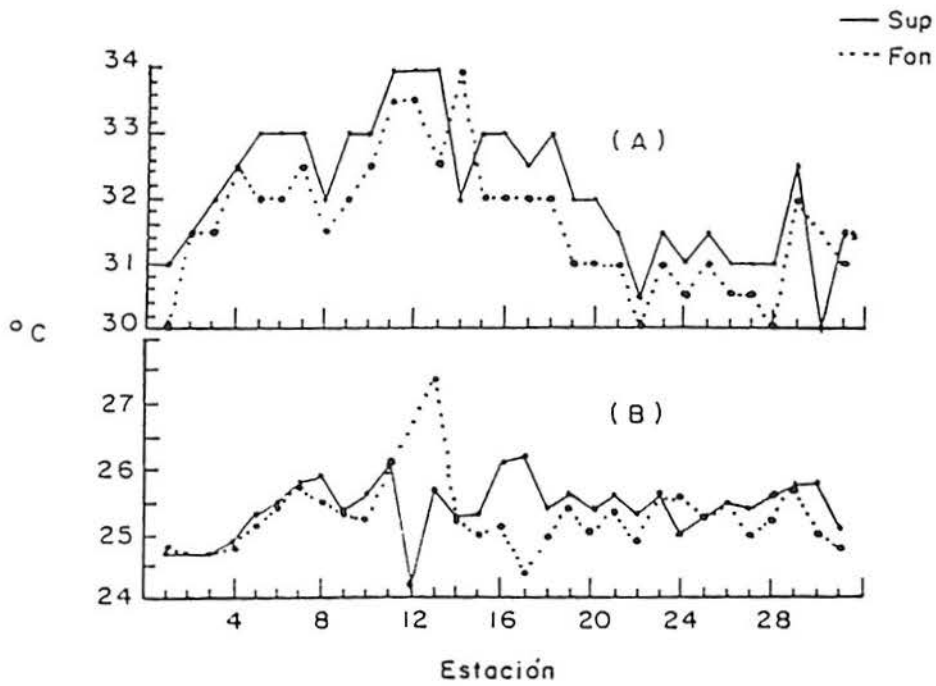


Fig. 6. Temperatura en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

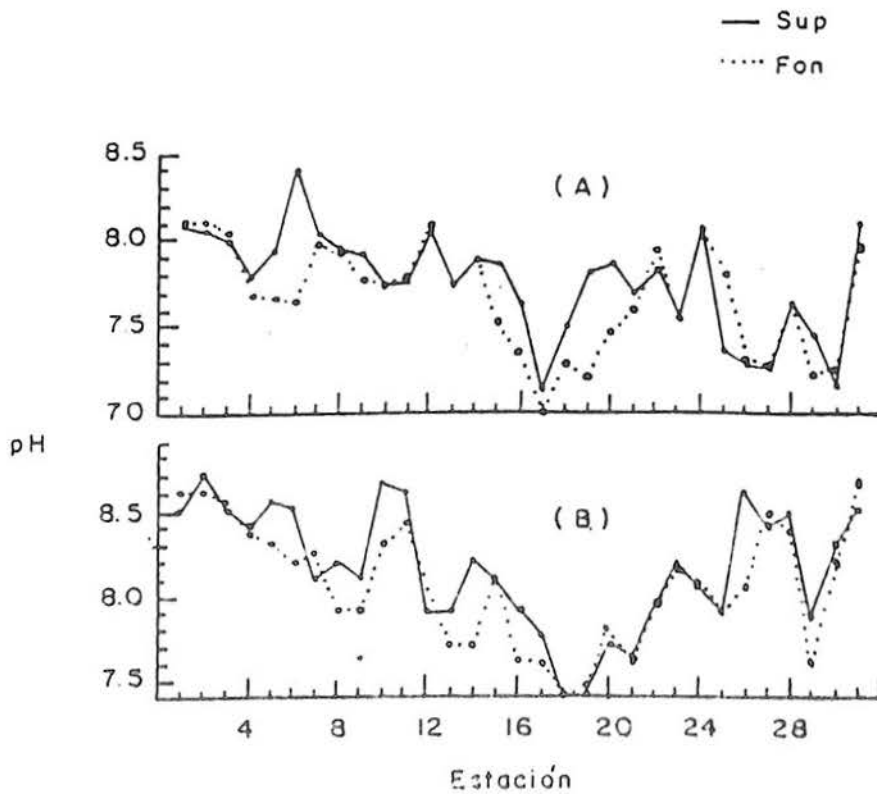


Fig. 7. Valores de pH durante septiembre (A) y diciembre (B) en el sistema lagunar.



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE MARINA
Y COMANDO NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



yan las hipótesis de que hay diferencias tanto estacionales como entre niveles muestreados. En septiembre, las medias fueron de 6.29 y 3.83 mg/l en superficie y fondo; en diciembre fueron superiores, con 7.06 en superficie y 6.19 mg/l en fondo. Mientras que en septiembre se observaron generalmente en fondo y aun en superficie valores inferiores al mínimo necesario para conservación de flora y fauna que es de 4 mg/l (SEDUE 1983); en diciembre valores tan bajos fueron la excepción. El patrón temporal observado, con mínimas en septiembre que en diciembre, también se observó en 1985 (Flores-Verdugo et al. 1990).

De igual forma, los valores de saturación de oxígeno presentaron diferencias estacionales y en la columna de agua, con medias inferiores a la saturación en septiembre, en que se tuvo un 95% y 59% de saturación para superficie y fondo respectivamente, mientras que en diciembre se tuvieron medias de 100 y 87% respectivamente para superficie y fondo.

Adecuadas correlaciones del O.D. con el pH se observaron en superficie ($0.70 < r > 0.61$) en ambas campañas, mientras que en fondo sólo en diciembre lo fueron ($r = 0.7$) (Fig. 9A y B).

Por otra parte, en septiembre se presentaron en la zona, la mayor cantidad de sustancias húmicas (Flores-Verdugo et al. op. cit.) y sedimentos en suspensión, siendo la transparencia media de 0.77 m a diferencia de diciembre en que fue de 1.02 m.

Aunque los mayores gradientes verticales en la concentración y saturación de O.D. observados en septiembre se debieron en gran medida a la estratificación salina que impide o restringe la mezcla vertical (Uncles et al. 1990), lo que origina la baja temporal de la productividad primaria (Mee L.D. 1977), las bajas saturaciones observadas en septiembre en fondo, se debieron también a la poca transparencia; ya que a bajas irradiancias, la productividad primaria se relaciona linealmente con la irradiancia (Alvarez Borrego 1992); habiendo coadyuvado,

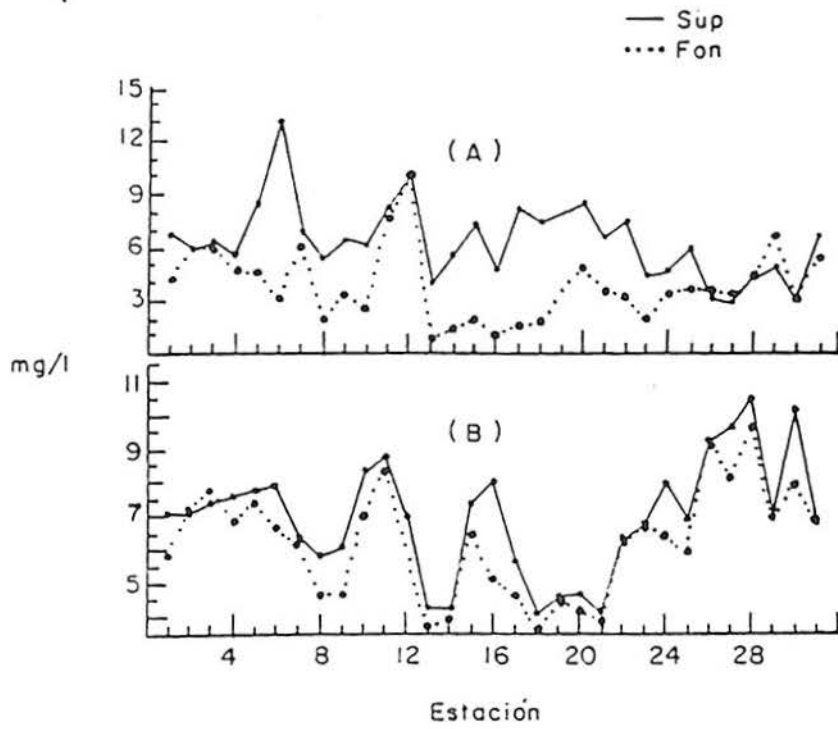


Fig. 8. Concentración de Oxígeno Disuelto en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

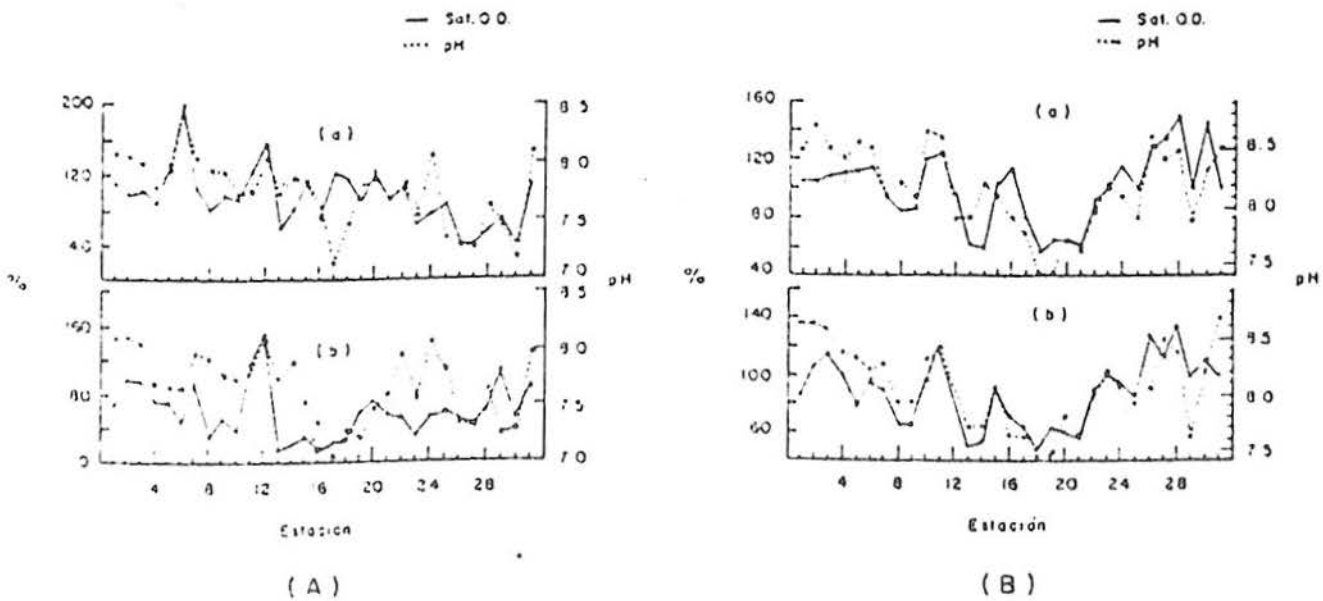


Fig. 9. Relación Saturación de Oxígeno y pH en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) en superficie (a) y fondo (b).

la alta concentración de sustancias húmicas que inhiben la fotosíntesis; no sólo por la absorción selectiva de la luz, sino por la excesiva quelación que generan, con lo que los iones esenciales se hacen inaccesibles para el crecimiento fitoplanctónico (Prakash et al. 1973). Además, suponemos que la gran desviación de la saturación que alcanzó hasta un mínimo de 14% fue originada también por la utilización del oxígeno en los procesos de remineralización de la gran cantidad de materia orgánica aportada por los ríos y detritus procedentes del manglar.

Los análisis de varianza de nutrientes llevaron al rechazo de las hipótesis nulas (1) en el caso del Pt y Pr y NO_2 , no así para nitratos; mientras que la hipótesis 2 no se rechazó para ningún nutriente.

Altas concentraciones de Pt se observaron en septiembre, con medias de 5.15 y 4.31 μM en superficie y fondo, mientras que en diciembre se tuvieron medias de 1.06 y 1.04. El mismo patrón estacional, con máximos en verano, se presentó para Pr, con medias de 1.46 y 1.37 μM en septiembre en tanto que en diciembre las medias fueron de 0.74 y 0.89 μM .

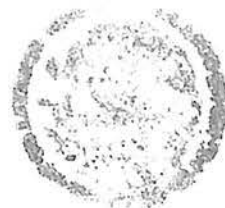
El patrón estacional observado, es comunmente detectado en la mayoría de las lagunas costeras (Nixon 1982) y aunque se atribuye a la liberación de fosfatos desde los sedimentos anóxicos, con estratificación y altas tasas respiratorias en verano (Taft y Taylor 1976); a remineralización de materia orgánica introducida a la laguna, procedente de un previo florecimiento fitoplanctónico oceánico (Postma 1981); o bien puede depender unicamente de las reservas de grandes cantidades de materia orgánica en el fondo, que puede ser remineralizada a altas temperaturas, liberando fosfatos que se mezclan en la columna de agua (Nixon 1982). Sin embargo, en nuestro caso, el patrón espacial observado refleja la gran influencia de los aportes de los ríos que inciden en el sistema, ya que en septiembre, las mayores concentraciones de Pt y Pr se presentaron

generalmente en la mitad sur del sistema, en el área de influencia de los ríos Acaponeta, Bejuco y Rosa Morada, (Fig. 10A y 11A) mientras que en diciembre los máximos valores se presentaron en la parte media, donde descarga el río Acaponeta, que como ya se mencionó es el único con aportes considerables en la época de estío (Fig. 10B y 11B).

La concentración media de $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ fue alta para ambas épocas y niveles de muestreo, y aunque no fueron significativas las diferencias, las medias de septiembre (3.94 y 3.78 μM) fueron inferiores a las de diciembre (4.79 y 5.52 μM) en superficie y fondo. Se observó una distribución espacial similar a la de los fosfatos, presentándose en verano muy bajas concentraciones en la mitad norte del sistema, así como en las áreas cercanas a las bocas (Fig. 12A); mientras que una distribución más homogénea se presentó en otoño (Fig. 12B).

Los nitritos en otoño tuvieron niveles desde no detectables, hasta 6.15 μM , con los mínimos en las áreas de influencia de las bocas y los máximos en el interior del sistema, y aunque las diferencias entre niveles no fueron significativas, la media de superficie fue de 1.98 mientras que en fondo fue de 2.27 μM .

Los máximos de NO_2 se presentaron generalmente en localidades con deficiencia de O.D. (Fig. 13), habiéndose observado adecuadas correlaciones inversas entre ambos ($r = -0.6$ y $r = -0.8$) para los 2 niveles muestreados; se tuvieron además altas concentraciones de NO_3 en esas localizaciones. Lo anterior sugiere nitrificación bacteriana, que puede darse en áreas bien o poco oxigenadas (Carlucci y Mc. Nally 1969).



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE REFINANCIA
Y CONTABILIDAD
SECRETARÍA GENERAL

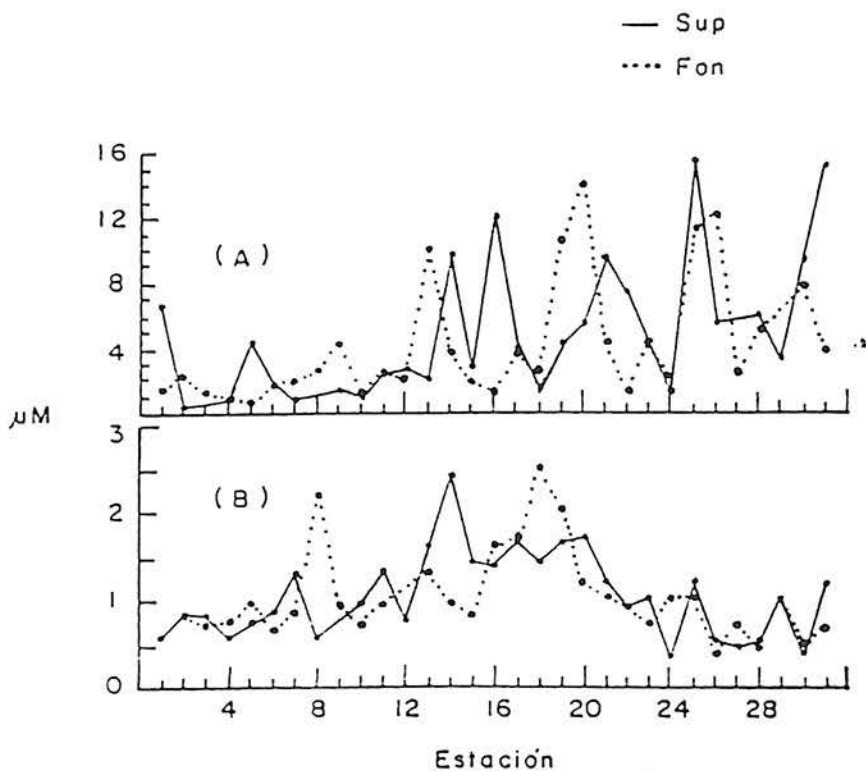


Fig. 10. Concentración de Fósforo Total en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

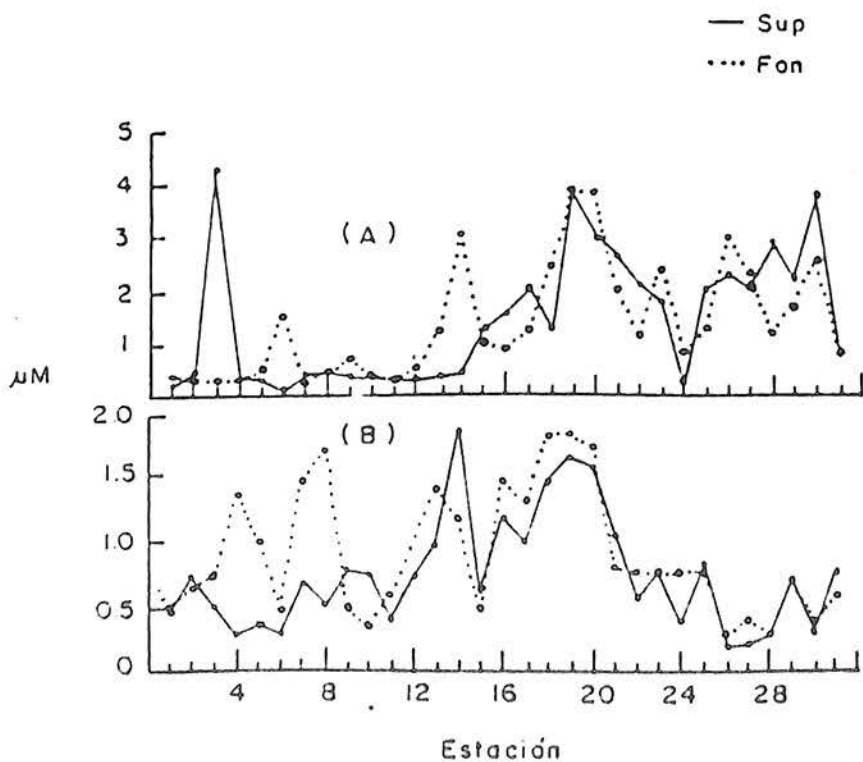


Fig. 11. Fósforo Reactivo en el sistema lagunar durante septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

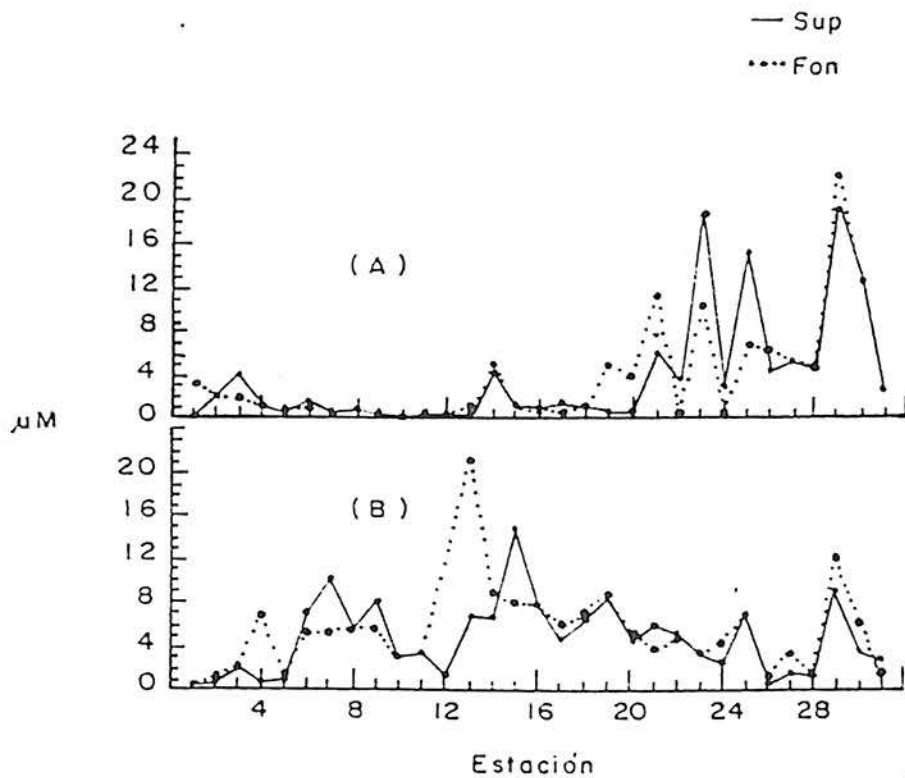


Fig. 12. Concentración de Nitratos + Nitritos en el sistema lagunar en septiembre (A) y diciembre (B) de 1989.

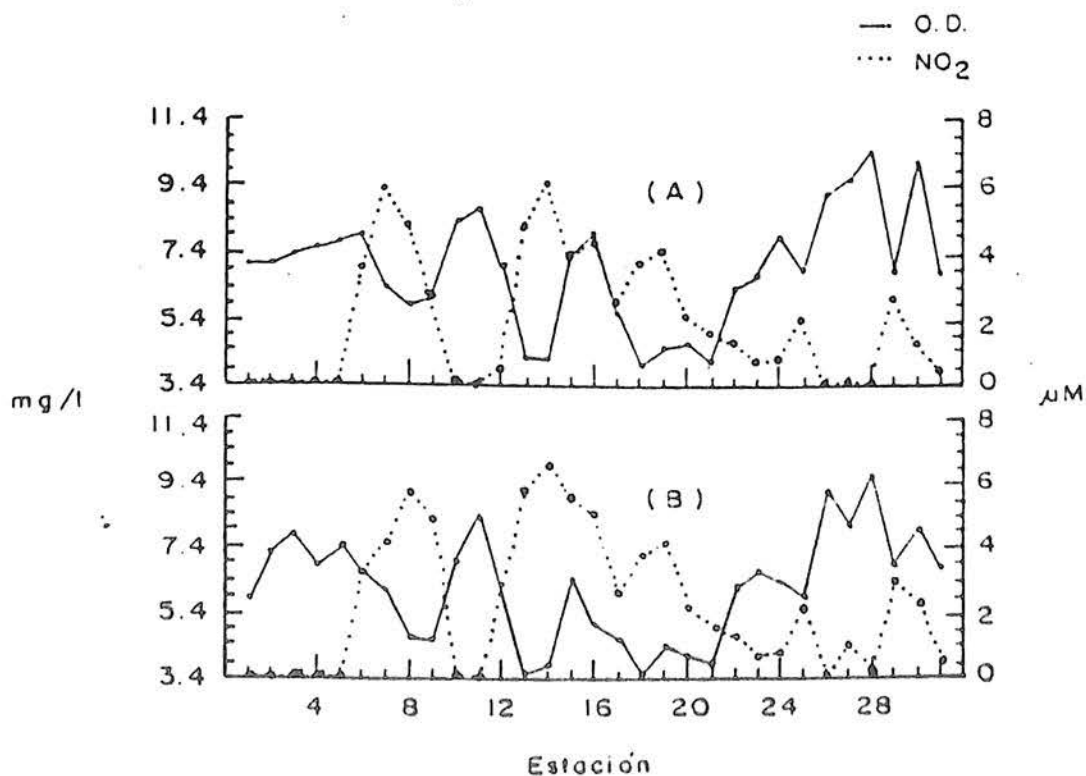


Fig. 13. Oxígeno Disuelto y Nitritos de superficie (A) y fondo (B) en el sistema lagunar durante diciembre de 1989.

CONCLUSIONES

SECRETARIA DE MARINERÍA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

Durante la variación diurna, se observaron mayores desviaciones de la saturación de oxígeno que en el sistema lagunar, ya que coincidieron durante la noche tanto la influencia de los procesos fotosintéticos, como la mayor exportación de materia orgánica acarreada con el agua lagunar de menor salinidad, durante el reflujo. Mientras tanto, las fluctuaciones en los niveles de nutrientes no reflejaron influencia mareal.

Los resultados obtenidos durante las 2 épocas estudiadas a lo largo del sistema, revelan un comportamiento estacional tanto en la salinidad, como en la temperatura, pH, O.D., saturación de oxígeno, Pt y Pr; con máximos promedios en septiembre para temperatura, Pt y Pr; la salinidad, el pH, O.D. y saturación de oxígeno tuvieron sus máximos en diciembre, mientras que los NO₃ no presentaron diferencias estacionales.

Entre los niveles muestreados se obtuvieron diferencias en septiembre, para la salinidad, O.D. y saturación de oxígeno, mientras que en diciembre sólo presentaron diferencias significativas el O.D. y su porcentaje de saturación.

Los patrones tanto estacionales como entre niveles de muestreo reflejan la influencia de los ríos, que tuvieron sus mayores descargas en septiembre, lo que originó los altos niveles de fosfatos y estratificación con la consiguiente deficiencia en la saturación de oxígeno en fondo y bajo pH.

De acuerdo al comportamiento observado durante nuestro estudio, podemos definir tres zonas particulares dentro del sistema lagunar. La parte norte, limitada al área de influencia de la Boca de Teacapán (del punto 1 al 5) que se caracterizó por alta S^o/oo y pH; adecuado O.D. y relativamente bajas temperaturas, fosfatos, NO₃ y NO₂, lo que refleja la influencia de las corrientes de marea.

La parte media, constituida por Agua Grande y el estero

que comunica a las 2 lagunas, (punto 6 al 21) es influenciada grandemente por las descargas de los ríos Cañas y Acaponeta, que originan estratificación y se reflejan en las bajas salinidades, NO_3 y NO_2 , y en las grandes fluctuaciones en la concentración de pH, O.D. y fosfatos durante septiembre, mientras que en diciembre presenta los mayores niveles de NO_3 , NO_2 , Pt y Pr.

La parte sur se caracterizó por ser más dinámica ya que es influenciada tanto por las descargas de los ríos como por las corrientes de marea, debido a su topografía y lo somero del área.

La apertura de la Boca de Cuautla modificó en gran medida los valores de los variables en el área, de forma tal que antes de su apertura (Núñez-Pasten 1973), la salinidad promedio en septiembre era de $10.25^\circ/\text{oo}$ y el O.D. de 3.4 mg/l, inferiores a los obtenidos por nosotros, de $17.37^\circ/\text{oo}$ y 6.29 mg/l. En diciembre, la salinidad media era de $16.67^\circ/\text{oo}$ y el O.D. de 5.81 mg/l y en nuestro estudio tuvimos $28.16^\circ/\text{oo}$ y 6.94 mg/l.

Por otra parte, Núñez-Pasten (op. cit.) reporta estratificación en todo el ciclo anual, mientras que actualmente, la influencia de las corrientes de marea es importante ya que generan una mezcla efectiva en la columna de agua, durante época de estío. Aunque no se encontraron antecedentes que contemplen niveles de nutrientes en la zona, suponemos que debido a los aportes continentales y la poca influencia de corrientes de marea probablemente se propiciaban altos niveles de nutrientes.

Ante las limitaciones inherentes al presente proyecto, sólo se pretendió describir los patrones de distribución espacial y temporal de las variables analizadas, tratando de dilucidar las posibles causas que les dieron origen, ya que para entender los procesos que afectan la distribución y flujo de nutrientes, se requiere de un perfecto conocimiento de la dinámica estuarina, sobre todo cuando la escala temporal es corta en relación con las transformaciones biogeoquímicas (Officer

1980).

Se propone la realización a futuro, de series de tiempo en puntos estratégicos representativos de cada área y época estacional que incluya además de los análisis efectuados, análisis de amoniaco, que seguramente contribuye significativamente a la concentración de nitrógeno en la zona, así como análisis de nutrientes y bacterias nitrificantes en los sedimentos.



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE PESQUERA
Y ACUICULTURA
BIBLIOTECA CENTRAL

COLABORADORES:

Biólogo Diana Cecilia Escobedo Urías.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco el apoyo brindado, a Fernando González Farías y colaboradores, del ICML UNAM; a Nodier E. García por la elaboración del proyecto del que forma parte éste estudio; al personal del Cet Mar Teacapán por facilitarnos sus instalaciones; a Luis Capurro, Saúl Alvarez e Irma Soria, por las valiosas sugerencias durante la revisión del manuscrito y a Ma. Antonieta Aguilar por el mecanografiado del trabajo.



BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ BORREGO, S. y A. CHEE BARRAGAN, 1976. "Distribución su perficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, B.C." Ciencias Marinas 4(1):12-22.
- ALVAREZ BORREGO, S., R. LARA LARA y M.J. ACOSTA RUIZ, 1977. "Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California". Ciencias Marinas 4(1): 12-22.
- ALVAREZ RUBIO, M., F. AMEZCUA LINARES y A. YAÑEZ ARANCIBIA, 1986. "Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar de Teacapán-Agua Brava, Nayarit, México". An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 12(1): 185-242.
- AMEZCUA LINARES, F., 1977. "Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México". A. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 4(1): 1-26.
- AMEZCUA LINARES, F., M. ALVAREZ RUBIO and A. YAÑEZ ARANCIBIA, 1987. "Dinámica y estructura de la comunidad de peces en un sistema ecológico de manglares de la costa del Pacífico de México, Nayarit". An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 14: 92-120.
- APHA AWWA WPCF, 1980. "Standard methods for the examination of water and wastewater". 15th Ed. United Press of America. pp. 413, 390-392.
- ARCE DUARTE, F.A. y S. ALVAREZ BORREGO, 1992. "Mecanismos de fertilización de lagunas costeras: Nutrientes en los sedimentos de entremareas". En: Temas de Oceanografía Biológica en México. Vol. II. González Farías F. y J. De La Rosa Vélez (Eds). Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 21 p.

- AYALA CASTAÑARES, A., R. CRUZ; A. GARCIA CUBAS y L.R. SEGURA, 1969. "Síntesis de los conocimientos sobre la geología marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México". Lagunas Costeras. Un Simp. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras UNAM-UNESCO. Nov. 28-30 de 1969. pp. 39-48.
- BURTON, J.D. and P.S. LISS, 1976. "Estuarine chemistry" Academic Press Inc. London (LTD) pp. 19, 54, 93.
- CABRERA MURO, R., 1975. "Origen y transporte de sedimentos en estuarios". Cienc. Marinas Vol. 2 N° 1. p. 103-108.
- CARLUCCI, A.F. and P.M. McNALLY, 1969. Limnol. Oceanogr. 14 p. 736.
- CERVANTES DUARTE, R., S. AGUIÑIGA GARCIA y R. GUERRERO GODINEZ, 1991. "Variación estacional de temperatura, salinidad y nutrientes en la ensenada de La Paz, B.C.S. (1986-1988)". Rev. Inv. Cienc. 2(2) U.A.B.C.S. pp. 56-64.
- CONTRERAS ESPINOZA, F. y F. GUTIERREZ MENDIETA, 1989. "Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras" Cap. 3 p. 57-78. En: De La Rosa Vélez J. y F. González Farías (Eds). Temas de Oceanografía Biológica en México. U.A.B.C. 337 p.
- EDWARDS, R.R.C., 1978. "Ecology of a coastal lagoon complex in Mexico". Estuarine and Coastal Marine Science N° 6. pp. 75-92.
- EMERY, K.O. and R.E. STEVENSON, 1958. "Treatise on marine ecology and paleoecology". J.W. Heagepet (Ed). Vol. 1. pp. 729-734. Geol. Soc. Amer. Mem. 67.
- ESPINOZA AVALOS, J., 1977. "Los principales parámetros físico-químicos de las aguas de la ensenada de La Paz, Baja California Sur". Informe de Labores 1977. Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz. p. 5-29.

- FLOREZ VERDUGO, F., F. GONZALEZ FARIAS, R. BRICEÑO DUEÑAS, O. M. RAMIREZ FLORES y A. NUÑEZ PASTEN, 1986. "Informe Técnico final del proyecto UNAM-CONACYT". Ecología de los manglares y perfil de comunidades en los sistemas lagunares de Agua Brava y Marismas Nacionales, Nayarit". Cap. 7. Dinámica de algunos parámetros físicos, químicos y biológicos durante ciclos nictemareales en diferentes épocas del año en la Laguna de Agua Brava, Nayarit. pp. 120-124.
- FLORES VERDUGO, F., F. GONZALEZ FARIAS, O. RAMIREZ FLORES, F. AMEZCUA LINARES, A. YAÑEZ ARANCIBIA, 1990. "Mangrove ecology, aquatic primary productivity, and fish community dynamics in the Teacapan-Agua Brava Lagoon-Estuarine System (Mexican-Pacific)". *Estuaries* 13(2): 219-230.
- GRASSHOFF, K., 1975. "The hydrochemistry of landlocked basins and Fjords". En: Riley, J.P. y G. Skirrow. *Chemical Oceanography* V. 2. 2nd Ed. Academic Press London. p. 521.
- LECHUGA, D.C., J. GARCIA PAMANES y J.J. BUSTILLOS GUZMAN, 1986. "Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California. Turbiedad y Clorofila a". *Cienc. Marinas* 12(1): 19-31.
- MEE, L.D., 1977. "Coastal lagoons". En: Riley y Chester (Eds). *Chemical Oceanography* Vol. 7: 441-490.
- MILLAN NUÑEZ, R. y A.M. RIVAS LOZANO, 1988. "Nutrientes y clorofilas en la Bahía de Todos Santos (Mayo 1983)". *Cienc. Marinas* 14(4): 23-42.
- MUHECH JALLATH, E., 1991. "Distribución granulométrica y contenido de carbono orgánico en los sedimentos del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, Sinaloa-Nayarit". *Estación de Invest. Oceanog. Topolobampo, Sinaloa. Secretaría de Marina. sp.*
- NIXON, S.W., 1982. "Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons". *Oceanol. Acta. Actes Symposium international sur les lagunes cotieres. SCOR/UNESCO Bordeaux, 8-14 Septembre 1981. pp. 357-371.*

- NUÑEZ PASTEN, A., 1973. "Hidrología del sistema Teacapán-Agua Brava, en la planicie costera de los estados de Sinaloa y Nayarit, México" Tesis Univ. Autón. Edo. Morelos, 38 pp.
- OFFICER, C.B., 1980. "Box models revisited". In: P. Hamilton and K.B. McDonal (Eds). Estuarine and wetl and processes with emphasis on medelling. Plenum Press, New York: 65-114.
- OSBORN, T.R., 1973. "Journal of physical oceanography" Vol. 3, p. 302-333.
- PARK, K., D.W. HOOD and H.T. ODUM, 1958. "Publ. Inst. Mar. Sci." University of Texas 5, 47 p.
- POSTMA, H., 1969. "Chemistry of coastal lagoons". Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras UNAM-UNESCO Nov. 28-30 1967. México, D.F. pp. 421-430.
- POSTMA, H., 1981. "Exchange of materials between the North sea and the Wadden Sea". Mar. Geol. 40 pp. 199-213.
- PRAKASH, A., M.A. ROSHID, A. JENSEN and A.V. SUBBA RAO, 1973. "Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: Diatoms" Limnology and Oceanography. 13. pp. 516-524.
- SCHMALZ, R.F. and F.J. SWANSON, 1969. "Journal sediment petrol" 39, 255 p.
- SEDUE, 1983. "Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas". Serie Normatividad Ecológica N^o 4. pp.13.
- SIGALA MORALES, R., 1991. "Algunas condiciones hidrodinámicas en las bocas Norte y Sur del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, Sinaloa-Nayarit". Est. de Inv. Oceanog. Topo-lobampo, Sin., Secretaría de Marina, s.p.
- SKIRROW, G., 1975. "The dissolved gases-carbon dioxide". En: Chemical Oceanography. Riley and Skirrow (Eds) Cap. 9, pp. 143 Vol. 2 2nd Edition. Academic Press Inc. London.

- STRICKLAND, J.D. and T.R. PARSONS, 1972. "A practical handbook of sea water analysis". Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167. 2nd Ed. pp. 21-80.
- TAFT, J.L. and W.R. TAYLOR, 1976. "Phosphorus dynamic in some coastal plain estuaries". M.L. Wiley (Ed) Estuarine Process. Vol. I Academic Press New York. pp. 79-89.
- UNCLES, R.J., J.E. ONG and W.K. GONG, 1990. "Observations and analysis of a Stratification-Destratification Event in a Tropical Estuary". Estuarine Coastal and Shelf Science. 31 pp. 651-665.
- VILLALOBOS FIGUEROA, A. y G. DE LA LANZA, 1969. "Relación entre postlarvas planctónicas de Penaeus sp y caracteres ambientales en la Laguna de Alvarado, Veracruz, México". Lagunas Costeras. Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Nov. 28-30 de 1969. pp. 601-620.
- YAÑEZ ARANCIBIA, A., F. AMEZCUA LINARES y L.W. DAY JR., 1980. "Fish community structure and function in Terminos Lagoon. A Tropical Estuary in the Southern Gulf of Mexico". In: U.S. Kennedy (Ed). Estuarine Perspectives. Academic Press Inc. New York. pp. 465-482.
- YAÑEZ ARANCIBIA, A. y C.W. DAY JR., 1982. "Coastal lagoons and estuaries. Ecosystem approach". Ciencia Interamericana, OEA. Washington 22(142): 11-26.