



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"COMPORTAMIENTO DE LOS NUTRIENTES EN EL SISTEMA
BENTONICO DE UN CUERPO CERRADO DEL ESTERO
DE PUNTA BANDA, B.C."



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

JUAN ANGEL CHAVEZ VARGAS

Ensenada, B.C.

Febrero de 1994

RESUMEN

Se realizó un experimento in situ en un cuerpo de agua cerrado dentro de Estero de Punta Banda, B.C., generando una serie de tiempo de 24 horas en el mes de noviembre de 1991, con el propósito de estimar el comportamiento de los nutrientes y oxígeno en un sistema bentónico. Fueron medidas las siguientes variables: S^o/oo, T°C, pH, O₂, los nutrientes (PO₄, NH₄, y NO₃+NO₂) y la productividad primaria, en la columna de agua. Se obtuvieron los flujos de O₂, PO₄, NH₄ y NO₃+NO₂ en la interfase sedimento-agua. Las concentraciones de los nutrientes y flujos de difusión a 0, 5, 15 y 30 cm en el agua intersticial. La salinidad mostró una variación de 0.14^o/oo, siendo la evaporación el principal factor que la afecta. La temperatura se relaciona con el período día-noche, con una variación de 2°C. El pH se incrementa cuando existe una mayor irradiación con un cambio de 1.2 durante el muestreo. El oxígeno disuelto en la columna de agua presenta mayores concentraciones durante el día con un promedio de 2.96 mg/l. La productividad primaria fue de 483.35 mgCm⁻²h⁻¹, mostrando que el bentos por remineralización contribuye con un 33% aproximado del total de la productividad primaria neta y con un 57% la comunidad total (bentica y pelágica) por efecto del metabolismo. Las concentraciones promedio de nutrientes en la columna de agua fueron 8.0 µM, 5.11 µM y 0.23 µM para PO₄, NH₄ y NO₃+NO₂, menores que los promedios encontrados en el agua intersticial de 11.0 µM, 90.69 µM y 1.82 µM para PO₄, NH₄ y NO₃+NO₂. Los flujos de oxígeno muestran una incorporación al sedimento con tasas promedio de -150.44 µmolm⁻²h⁻¹, los de fosfatos una liberación con tasas promedio de 331.51 µmolm⁻²h⁻¹, el amonio con una liberación promedio de 214.61 µmolm⁻²h⁻¹, los flujos de nitratos más nitritos muestran una incorporación promedio de -61.61 µmolm⁻²h⁻¹. Los flujos promedio por difusión fueron 1.66 µmolm⁻²h⁻¹, 12.94 µmolm⁻²h⁻¹ y 0.48 µmolm⁻²h⁻¹ para PO₄, NH₄ y NO₃+NO₂, observándose que son mayores los flujos obtenidos en la cámara bentónica, siendo 222 veces más para los fosfatos, 22 el amonio y 125 los nitratos más nitritos que los flujos por difusión. Con los flujos se observa que el bentos juega un papel importante en el cuerpo de agua cerrado, en donde suministra el 26% de nitrógeno y el 519% del fósforo requerido por el fitoplancton para llevar a cabo su proceso fotosintético.

"COMPORTAMIENTO DE LOS NUTRIENTES EN EL SISTEMA
BENTONICO DE UN CUERPO CERRADO DEL ESTERO
DE PUNTA BANDA, B.C."

TESIS

QUE PRESENTA:

JUAN ANGEL CHAVEZ VARGAS

APROBADO POR:



PRESIDENTE DEL JURADO
M.C. Francisco Ley Lou



SINODAL PROPIETARIO
M.C. Héctor Bustos Serrano



SINODAL PROPIETARIO
Oc. Manuel Salvador Galindo Beck

DEDICATORIA

A MI FAMILIA

MIS PADRES

Amparo Vargas de Chávez

Ma. Soledad Avila de Vargas

J. Trinidad Chávez Calderón

J. Soledad Vargas Zandoval

Por toda la educación y amor que me han
brindado... "GRACIAS".

MIS HERMANOS

Chávez Vargas

Y

Vargas Avila

A TODOS MIS TIOS(AS)

Por todo el apoyo y confianza que he recibido de ellos.

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS DE HOY Y DE SIEMPRE

Por la amistad que tengo con ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California por la formación académica que nos brinda a todos nosotros.

A la Facultad de Ciencias Marinas por contar con una área de estudio tan linda como es la "Oceanología".

A mi director de tesis M.C. Francisco Ley Lou. Por el tiempo, apoyo, comentarios y sugerencias; para que se llevara a cabo este trabajo, "Gracias".

A mis sinodales M.C. Héctor Bustos S. y Oc. Manuel Salvador Galindo B. Por toda la ayuda que recibí de ellos.

Para todos aquellos que de alguna manera me apoyaron en el muestreo, análisis y resultados de esta tesis: M.C. Francisco Ley L., M.C. Sergio Aguiñiga G., M.C. Ramón Cajal M., Oc. Octavio de Neira y Oc. J. Constantino.

Al Cuerpo de Salvavidas y Rescate de Ensenada, B.C., y a todos sus integrantes que conforman este grupo, que de alguna manera prestan un poco de su tiempo para ayudar a sus semejantes.

A todos aquellos compañeros quienes integraron la "Generación XXXIII" de la Facultad de Ciencias Marinas.

Un gran agradecimiento a mis compañeros y amigos, "los terribles HHOCQXXXIII": Victor (chivo), Gabriel (bebe), Soledad (chole), YO (pelón), Aramis (ciego), Octavio (chapis), Renato (gremmlin), Francisco (tex) y Emilio (morrito). Con quienes compartí los momentos más bellos de mi profesión. "Gracias Amigos".

A mis amigos que de alguna manera estuvieron conmigo: Angie, Gaby, Jocelyn, Martha, Rosy, Sabrina, Salome, Fernando H., Enrique M., Juan B., Eduardo de N., Jorge O., Carlos S. y demás amigos.

Quiero agradecer de antemano a la familia Alvarez Parrilla por su apoyo, amistad y tolerancia para con nosotros, que de alguna forma influenciaron sobre mí.

Por todo lo que me han dado, a ustedes tíos Carlos y Araceli., a sus pequeñines Karla S., Carlos A. y Ana B.

A todos mis amigos de mi pueblo donde me inicie como persona... "Huanímaro, GTO". En especial a ti... "Gracias".

Para toda mi familia que quiero mucho y los llevo en mi corazón... por siempre.

"POR TODO... MIL GRACIAS".

INDICE

	Pag.
I. INTRODUCCION.....	1
I.1. OBJETIVO.....	5
II. MATERIAL Y METODO.....	6
II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
II.2. METODOLOGIA.....	9
II.2.1. COLUMNA DE AGUA.....	9
II.2.2. AGUA INTERSTICIAL.....	11
II.2.3. INTERFASE SEDIMENTO-AGUA.....	11
III. RESULTADOS.....	16
III.1. COLUMNA DE AGUA.....	16
III.1.1. Salinidad.....	16
III.1.2. Temperatura.....	16
III.1.3. pH.....	16
III.1.4. Oxígeno Disuelto.....	19
III.1.5. Fosfatos.....	19
III.1.6. Amonio.....	22
III.1.7. Nitratos más Nitritos.....	22

III.1.8. Productividad Primaria.....	24
III.2. AGUA INTERSTICIAL.....	24
III.2.1. Profundidad de 0 cm.....	24
III.2.1.1. Fosfatos.....	24
III.2.1.2. Amonio.....	24
III.2.1.3. Nitratos más Nitritos.....	26
III.2.2. Profundidad de 5 cm.....	26
III.2.2.1. Fosfatos.....	26
III.2.2.2. Amonio.....	26
III.2.2.3. Nitratos más Nitritos.....	26
III.2.3. Profundidad de 15 cm.....	27
III.2.3.1. Fosfatos.....	27
III.2.3.2. Amonio.....	27
III.2.3.3. Nitratos más Nitritos.....	28
III.2.4. Profundidad de 30 cm.....	28
III.2.4.1. Fosfatos.....	28
III.2.4.2. Amonio.....	28
III.2.4.3. Nitratos más Nitritos.....	29
III.3. FLUJOS EN LA INTERFASE SEDIMENTO-AGUA.....	29
III.3.1. Flujos de Oxígeno.....	29
III.3.2. Flujos de Fosfatos.....	29
III.3.3. Flujos de Amonio.....	31

III.3.4. Flujos de Nitratos más Nitritos.....	31
III.4. FLUJOS DE DIFUSION EN EL AGUA INTERSTICIAL	33
III.4.1. Profundidad de 0 cm.....	33
III.4.1.1. Fosfatos.....	33
III.4.1.2. Amonio.....	33
III.4.1.3. Nitratos más Nitritos.....	33
III.4.2. Profundidad de 5 cm.....	36
III.4.2.1. Fosfatos.....	36
III.4.2.2. Amonio.....	36
III.4.2.3. Nitratos más Nitritos.....	36
III.4.3. Profundidad de 15 cm.....	37
III.4.3.1. Fosfatos.....	37
III.4.3.2. Amonio.....	37
III.4.3.3. Nitratos más Nitritos.....	38
III.4.4. Profundidad de 30 cm.....	38
III.4.4.1. Fosfatos.....	38
III.4.4.2. Amonio.....	38
III.4.4.3. Nitratos más Nitritos.....	39
IV. DISCUSIONES.....	40
IV.1. COLUMNA DE AGUA.....	40
IV.2. AGUA INTERSTICIAL.....	46

IV.3. FLUJOS EN LA INTERFASE SEDIMENTO-AGUA.....	47
IV.4. FLUJOS DE DIFUSION EN EL AGUA INTERSTICIAL.	47
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1. Localización del área de estudio.....	7
Fig. 2. Cámara bentónica y muestreador para la toma de muestras en la interfase sedimento-agua y agua intersticial.....	12
Fig. 3. Salinidad en la columna de agua.....	17
Fig. 4. Temperatura en la columna de agua.....	17
Fig. 5. pH en la columna de agua.....	18
Fig. 6. Concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua.....	18
Fig. 7. Concentraciones de fosfatos en la columna de agua.....	20
Fig. 8. Concentraciones de amonio en la columna de agua.....	20
Fig. 9. Concentraciones de nitratos más nitritos en la columna de agua.....	23
Fig. 10. Concentraciones de fosfatos en el agua intersticial.....	23
Fig. 11. Concentraciones de amonio en el agua intersticial.....	25
Fig. 12. Concentraciones de nitratos más nitritos	

	en el agua intersticial.....	25
Fig. 13.	Flujos netos de oxígeno en la interfase sedimento-agua.....	30
Fig. 14.	Flujos netos de fosfatos en la interfase sedimento-agua.....	30
Fig. 15.	Flujos netos de amonio en la interfase sedimento-agua.....	32
Fig. 16.	Flujos netos de nitratos más nitritos en la interfase sediemnto-agua.....	32
Fig. 17.	Flujos de difusión de fosfatos en el agua intersticial.....	34
Fig. 18.	Flujos de difusión de amonio en el agua intersticial.....	34
Fig. 19.	Flujos de difusión de nitratos más nitritos en el agua intersticial.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Análisis estadístico para las variables tomadas, aplicando el coeficiente de correlación de Spearman.....	21
----------	---	----

I. INTRODUCCION

Los cuerpos costeros como bahías, esteros y lagunas costeras constituyen importantes áreas de reproducción, protección y una fuente de alimento, para especies marinas y terrestres (Beltrán-Félix et al., 1986; Castro-Longoria y Grijalva-Chon, 1988, y Escofet et al., 1988).

En Baja California, estudios de cuerpos costeros y áreas adyacentes han adquirido gran relevancia como línea de investigación, ya que se ha demostrado su enorme potencial productivo con implicaciones comerciales directas (Alvarez-Borrego, 1978).

Odum, (1969) y Yañez-Arancibia, (1986), señalan que la alta productividad de estos sistemas es debido, a un aporte elevado de nutrientes y eficiente manera de regenerarlos, a la diversidad de productores primarios, y al aporte de energía permanente.

Los nutrientes son elementos químicos importantes, porque sirven como materias primas para la producción de carbón orgánico (Day et al., 1989). Sus concentraciones en los estuarios y lagunas costeras, presentan constantemente fluctuaciones espacio-temporales, debido a la importación y exportación de ríos, intercambio oceánico, circulación y

regeneración (Farfán y Alvarez-Borrego, 1983). La principal fuente de nutrientes en estos sistemas procede de la regeneración (Nixon, 1982). Este proceso puede llevarse a cabo en la columna de agua y en los sedimentos, manteniendo la demanda de nutrientes que sostienen la productividad (Fisher et al., 1983).

Una estimación de la regeneración de nutrientes se obtiene midiendo flujos de sustancias disueltas a través de la interfase sedimento-agua. En estos estudios se han utilizado cámaras bentónicas evaluando las variaciones en los flujos de calcio, carbono total, oxígeno, nutrientes inorgánicos y sulfuros (Anderson, et al., 1986; Chambers, 1992, y Grenz et al., 1991). Asimismo se ha observado la influencia de las aguas intersticiales en el ciclo de los componentes del agua (Allen et al., 1981). La ventaja de este tipo de estudios es que son experimentos realizados in-situ, teniendo un mejor control de las perturbaciones y transporte de otros materiales del fondo, factores que nos permiten conocer los movimientos netos de los nutrientes en sistemas que no se han manipulado (Chambers et al., 1992).

El flujo de nutrientes inorgánicos y oxígeno en la interfase sedimento-agua, se relacionan con la actividad de la fauna bentónica (Warren, 1984), donde la falta de oxígeno causa que la actividad de la infauna bentónica disminuya y

el transporte de solutos se vea limitado únicamente al proceso de difusión molecular (Grenz et al., 1991).

El reciclaje de detritus en la interfase sedimento-agua puede ser muy rápido, promoviendo de esta manera un regreso rápido de nutrientes a la columna de agua y formando una cadena entre la productividad en la columna de agua y el metabolismo llevado a cabo por el bentos en el sedimento (Bulleid, 1984). Este metabolismo de la comunidad bentónica se puede determinar relacionándolo directamente con el consumo de oxígeno (Anderson et al., 1986).

Se ha encontrado que la variabilidad espacial de los nutrientes medidos en aguas intersticiales es mayor que la variabilidad temporal (Camacho-Ibar et al., 1988; Alvarez-Borrego et al., 1988; Aguiñiga-García y Alvarez-Borrego, 1989). Esto indica la fuerte heterogeneidad en la distribución de los nutrientes en el sedimento lo cual hace difícil determinar las variables que ocasionan su cambio.

Con el propósito de evaluar el comportamiento de los nutrientes en un sistema bentónico se ha diseñado un estudio que simplifique los factores que afectan la heterogeneidad espacio-temporal de los nutrientes. Para éste propósito se ha elegido un cuerpo de aguas donde las fluctuaciones en el nivel del agua por efecto de mareas es del orden de 1 cm (observación personal) y donde es factible

suponer que los procesos advectivos son despreciables.

Con éste estudio se pretende establecer una idea más clara de los procesos que afectan la distribución de los nutrientes en la columna de agua e interfase sedimento-agua. Para esto se evaluarán los cambios en las concentraciones de los nutrientes y oxígeno en la interfase sedimento-agua, las concentraciones de los nutrientes en la columna de agua y agua intersticial.

I.1. OBJETIVOS:

General:

Estimar el comportamiento de nutrientes (PO_4 , NH_4 , y NO_3+NO_2) y oxígeno disuelto en el sistema bentónico de un cuerpo de agua cerrado del Estero de Punta Banda.

Particulares:

Analizar el comportamiento de nutrientes en la columna de agua y agua intersticial.

Estimar los flujos de nutrientes y oxígeno disuelto en la interfase sedimento-agua.

II. MATERIAL Y METODO

II.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Estero de Punta Banda, es una laguna costera, que se sitúa a lo largo de la margen sureste de la Bahía de Todos Santos, Ensenada, Baja California; entre los $32^{\circ}41'$ de latitud norte y entre los $116^{\circ}38'$ de longitud oeste, en la costa del Océano Pacífico (Pritchard et al., 1978), a 123 Km de la frontera entre México y Estados Unidos (Fig. 1). Se caracteriza por una canal en forma de "L" se separa de la bahía por una barra arenosa que se extiende desde Punta Banda hacia el noreste, con más de 7 Km de longitud (Alvarez-Borrego, 1978).

El Estero consta de un brazo corto de 3 Km y el brazo largo de 7.5 Km, que en su extremo norte del brazo tiene una entrada permanente con el mar abierto, con una abertura de la boca de 250 m. Tiene una área de alrededor de 3.6 Km^2 en bajamar media inferior y alrededor de 11.6 Km^2 en pleamar media superior. Por lo tanto, grandes marismas se inundan y descubren periódicamente con las mareas (Soto-Balderas y Alvarez-Borrego, 1991). El Estero de Punta Banda es considerado como una laguna neutra, donde la densidad de sus aguas es similar a la Bahía de Todos Santos, (Pritchard et al., 1978).

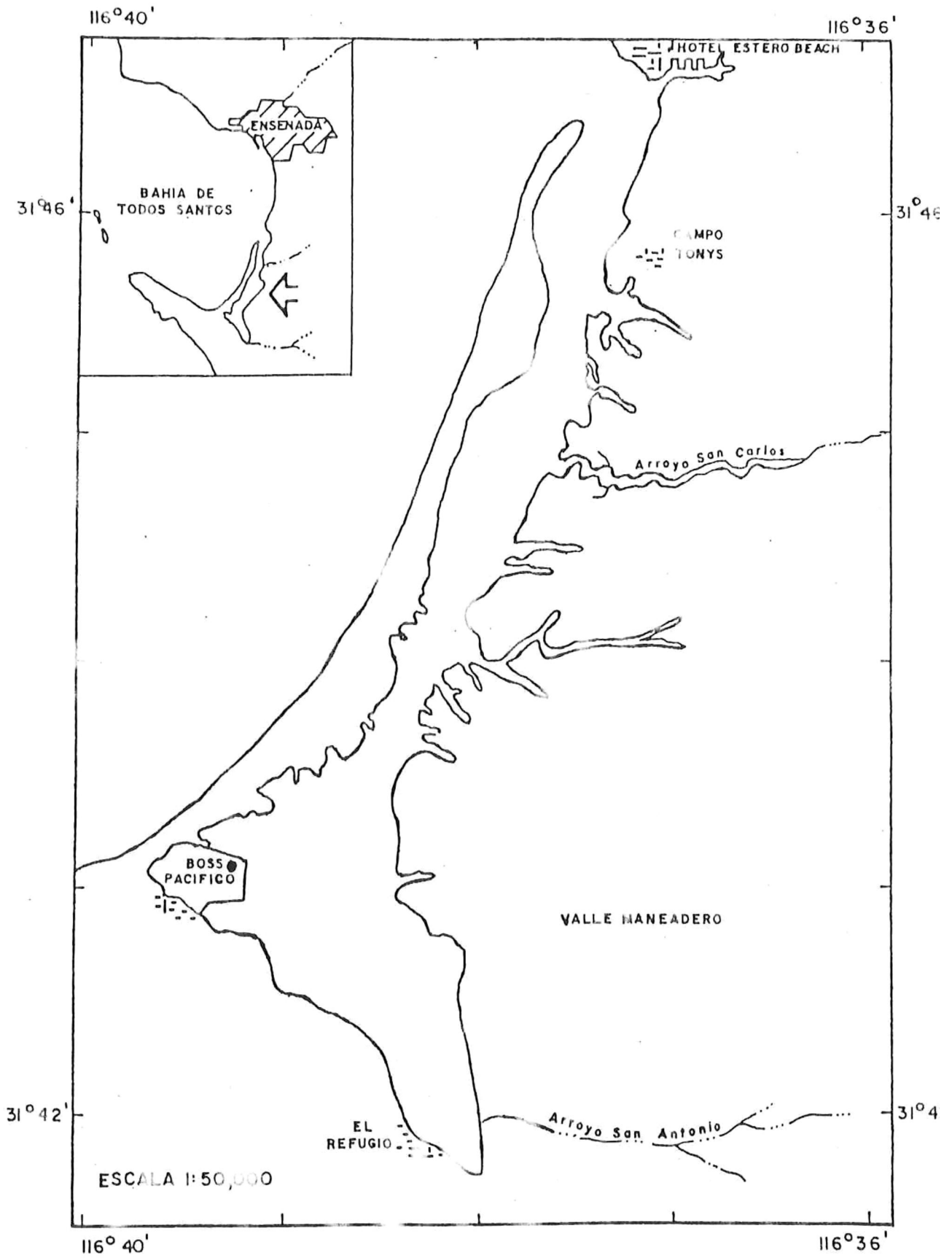


FIG. 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.
● ESTACION DE MUESTREO.

El cuerpo de agua cerrado que se estudió, es una fosa de construcción localizada en el primer tercio de la barra del Estero de Punta Banda a unos 7 Km de la boca. Hacia el norte colinda con una planicie lodosa, hacia el sur y sureste colinda con las estribaciones del macizo montañoso que forma la península de Punta Banda (Villareal-Chávez, 1991). Fue construido por la compañía transnacional francesa "BOSS-PACIFIC", para establecer estructuras de soporte de plataformas petroleras (Nishikawa, 1983; Beltrán-Félix et al., 1986). En la actualidad, la construcción ha quedado abandonada e inconclusa, debido a las presiones que se ejercieron por parte de la comunidad científica y grupos ecologistas, como medida de protección al ambiente y también al decremento en el precio del petróleo que se suscitó durante esos años que hacían incosteables estas inversiones.

Los principales aportes de materia orgánica de esta fosa son: a) Por detritus originado por la marisma, donde predominan las especies de *Spartina foliosa* y varias especies de *Salicornia* y b) Aporte de el detritus fitoplanctónico (Villareal-Chávez, 1991). Además, se ha observado la presencia de peces como la lisa y lenguados.

Los factores físicos que influyen este cuerpo de aguas son provocados por efecto del viento sobre la superficie. Las corrientes de marea afectan mínimamente con

fluctuaciones del orden de 1 cm sobre el nivel medio del mar en mareas vivas. El sedimento está clasificado como limo-arcilloso característico de esa zona.

II.2. METODOLOGIA

El estudio fue llevado a cabo el 25 y 26 de noviembre de 1991 en un cuerpo de agua cerrada dentro del Estero de Punta Banda, B.C. Se generó una serie de tiempo de 24 horas (un ciclo diurno). Se colectaron muestras de agua simultáneamente en la columna de agua, agua intersticial y en el domo a intervalos de aproximadamente 3 horas. En la columna de agua las variables medidas fueron: Temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), Salinidad (S°/oo), Potencial hidrogeno (pH), Oxígeno disuelto (O_2), productividad primaria, Fosfatos (PO_4), Amonio (NH_4), y Nitratos más nitritos (NO_2+NO_3). En el domo los nutrientes: PO_4 , NH_4 , NO_3+NO_2 y oxígeno disuelto. En el agua intersticial los nutrientes: PO_4 , NH_4 y NO_3+NO_2 .

II.2.1. COLUMNA DE AGUA

La temperatura de la columna de agua fue medida con un termómetro de cubeta con intervalo de 0 a 100 $^{\circ}\text{C}$ y precisión de ± 0.1 $^{\circ}\text{C}$.

La determinación de la salinidad se realizó utilizando un salinómetro conductímetro Beckman modelo RS10, con

precisión ± 0.003 ‰, el cual se estandarizó con agua de mar estandar.

El potencial hidrógeno (pH), fue determinado mediante el uso de un potenciómetro portátil, con un electrodo selectivo para pH, conectado al microprocesador ORION de expansión, analizador de iones, modelo EA 940, previamente estandarizado con solución buffer de pH 7 y pH 9.

La cuantificación de oxígeno disuelto, para la columna de agua, se efectuó por el método Winkler (Strickland y Parsons, 1972).

La productividad primaria se estimó realizando incubaciones por triplicado durante el día, utilizando botellas BOD claras y oscuras durante un período aproximado de tres horas, colocándolas en el sedimento a 0.5 m de profundidad. Se utilizó el método descrito por Strickland y Parsons (1972).

Las muestras de nutrientes fueron colectadas directamente, se filtraron con filtros de fibra de vidrio de 25 mm. (luz de malla de 0.45 μm), colocando el agua colectada en botellas de plástico, se colocaron en hielo hasta su posterior congelamiento y análisis en el laboratorio.

II.2.2. AGUA INTERSTICIAL

Se colectaron muestras a los 0, 5, 15, y 30 cm de profundidad, con un muestreador de agua intersticial (Fig. 2). Este muestreador consiste en una caja con orificios para la penetración vertical de una serie de tubos diseñados para muestrear hasta profundidades de 40 cm (Alvarez-Borrego et al., 1988). Las muestras fueron extraídas de los colectores intersticiales con una jeringa de 50 ml y una manguera de plástico, extrayendo el agua que se encuentra en el colector. Todas las muestras se filtraron utilizando filtros de fibra de vidrio de 25 mm. (luz de malla de 0.45 μm). El agua colectada fue almacenada en botellas de plástico previamente etiquetadas y se colocaron en una hielera a -4°C , posteriormente se trasladaron al laboratorio donde fueron analizadas.

III.2.3. INTERFASE SEDIMENTO-AGUA.

Para estudiar el flujo de los nutrientes y oxígeno disuelto, en la interfase sedimento-agua, fue utilizada una cámara de acrílico opaco (Fig. 2), en forma de domo, con una capacidad de 25 litros y superficie de cobertura de 0.164 m^2 , (Hopkinson y Wetzel, 1982; Teague et al., 1988).

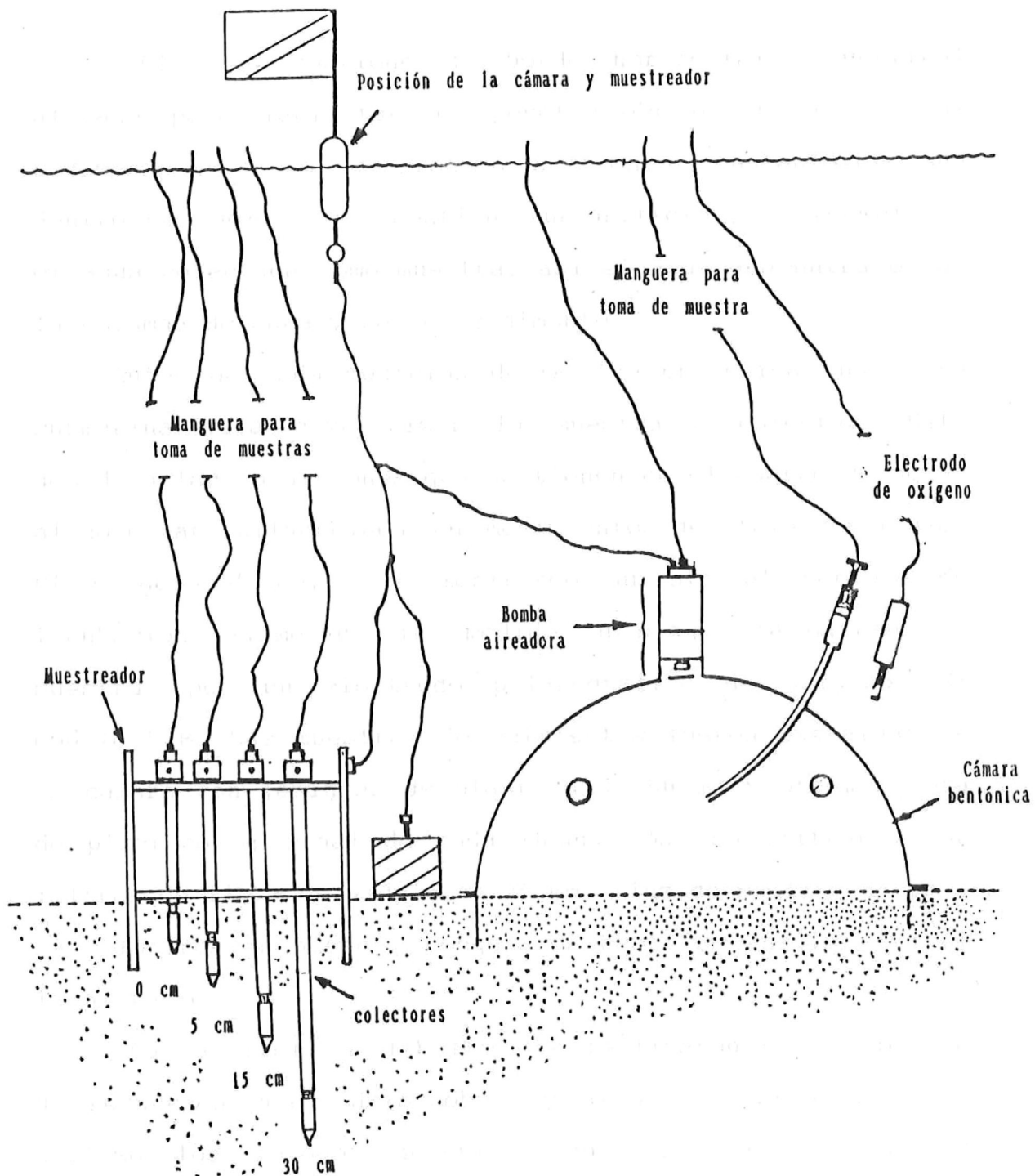


Fig. 2. Cámara bentónica y muestreador para la toma de muestras en la interfase sedimento-agua y agua intersticial.

El domo contiene un borde horizontal y vertical afilado para facilitar la penetración de la cámara al sedimento, con esto se asegura un volumen constante de agua dentro del domo. Este contiene un orificio para reemplazar el agua colectada como muestra, así el agua que entra es de la columna de agua y no del sedimento.

Antes de cada medición de O_2 fue encendida una bomba submarina para homogenizar la muestra a colectar. Esto debido a las condiciones que se tienen en el cuerpo de agua, al no estar influenciada por movimientos de flujo y reflujo. El oxígeno disuelto se monitoreó durante el período de incubación, mismo que fue medido in situ, sin extraer la muestra, por un electrodo polarográfico de oxígeno YSI modelo 51B. Las muestras de nutrientes fueron extraídas de la cámara con jeringas de plástico de 50 ml y una manguera de plástico al final de cada incubación, se filtraron con filtros de fibra de vidrio de 25 mm. (luz de malla $0.45 \mu\text{m}$), se colocaron en hielo y congelaron hasta su análisis en el laboratorio.

Los análisis de NO_3+NO_2 , se realizaron por el método de reducción con cadmio-cobre, y al igual que el PO_4 , se utilizó los métodos descritos en Strickland y Parsons (1972). Las muestras de NH_4 , se analizaron por el método potenciométrico, con un electrodo selectivo de NH_4 , ORION

modelo 95-12, conectado al microprocesador ORION de expansión, analizador de iones, modelo EA 940.

Los flujos netos de nutrientes en la interfase sedimento-agua fueron calculados a partir de los cambios de concentración, dentro de las cámaras durante el período de incubación, utilizando la ecuación establecida por Teague et al., (1988). Los flujos positivos indican liberación neta de los sedimentos a la columna de agua, mientras que los flujos negativos indican incorporación neta por los sedimentos.

$$\Delta N/\Delta T_{(neta)} = \frac{[(\Delta N/\Delta T_{(domo)} - \Delta N/\Delta T_{(botella)})(25 \text{ lt})]}{0.164 \text{ m}^2}$$

Donde: $\Delta N/\Delta T$ = Razón de cambio del nutriente o del oxígeno, durante un tiempo (t).

Superficie de cobertura = 0.164 m^2

Volumen del domo = 25 lt.

Para calcular los flujos de difusión molecular de los nutrientes en el agua intersticial, se utilizó el modelo de difusión de Fickian, con valores de 0.4 de porosidad y coeficiente de difusión para PO_4 de $1.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{h}^{-1}$, NH_4 de $3.53 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{h}^{-1}$ y NO_3+NO_2 de $3.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{h}^{-1}$ (Li y

Gregory, 1974, y Chambers et al., 1992), establecido por la ecuación:

$$J = -D_S \phi \, dC/dz$$

Donde: J = Flujo de difusión

D_S = Coeficiente de difusión

ϕ = Porosidad

dC/dz = Gradiente de concentración con respecto a la profundidad.

Para el procesamiento de datos se utilizó un paquete estadístico, donde se aplicó un método no paramétrico (coeficiente de correlación de rango de Spearman, representado por r_S con variaciones de -1 a +1, que ayuda a evaluar el grado de dependencia entre una y otra variable).

III. RESULTADOS

III.1. COLUMNA DE AGUA

III.1.1. Salinidad

La salinidad se ve aumentada durante el día, alcanzando el valor máximo de $49.86^{\circ}/_{\text{OO}}$, a las 7:00 hrs del día 26. Existe una disminución durante la noche hasta alcanzar un valor mínimo de $49.63^{\circ}/_{\text{OO}}$, a las 1:00 hrs del día 26., teniendo un promedio de $49.72^{\circ}/_{\text{OO}}$ (Fig. 3).

III.1.2. Temperatura

La temperatura se ve incrementada durante el día alcanzando el valor máximo de 23°C a las 16:00 hrs del día 25. Durante la noche disminuye la temperatura hasta alcanzar un valor mínimo de 21°C de las 22:00 a las 7:00 hrs. El promedio de la temperatura fue de 21.44°C (Fig. 4).

III.1.3 pH

Los valores de pH no varían demasiado durante el muestreo, encontrando valores máximos a las 16:00, 19:00 hrs del día 25 y 1:00 hrs del día 26 con un pH de 9.0; aunque se observa una disminución drástica por la mañana, detectando

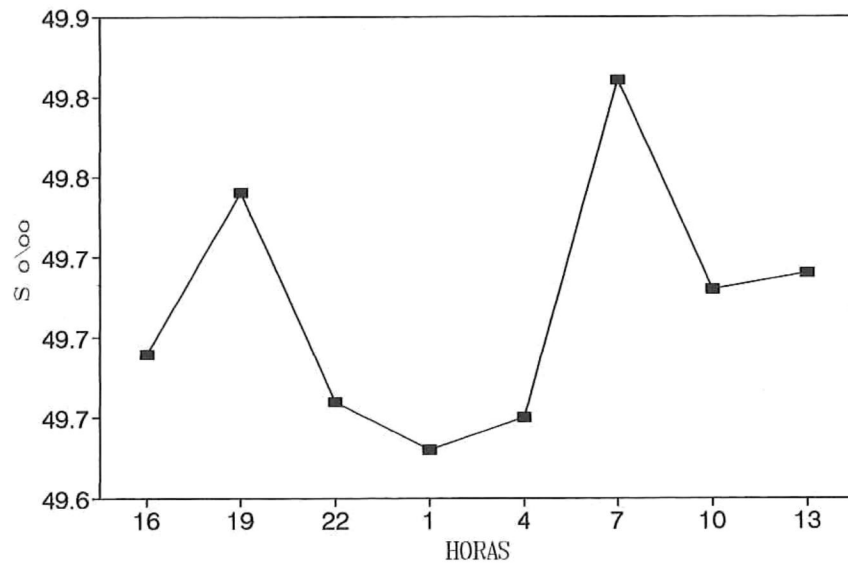


Fig. 3. Salinidad en la columna de agua.

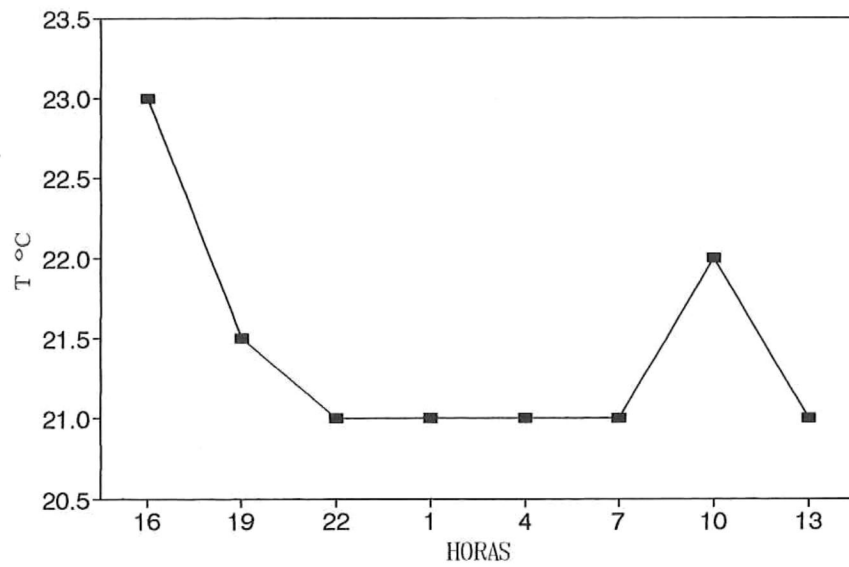


Fig. 4. Temperatura en la columna de agua.

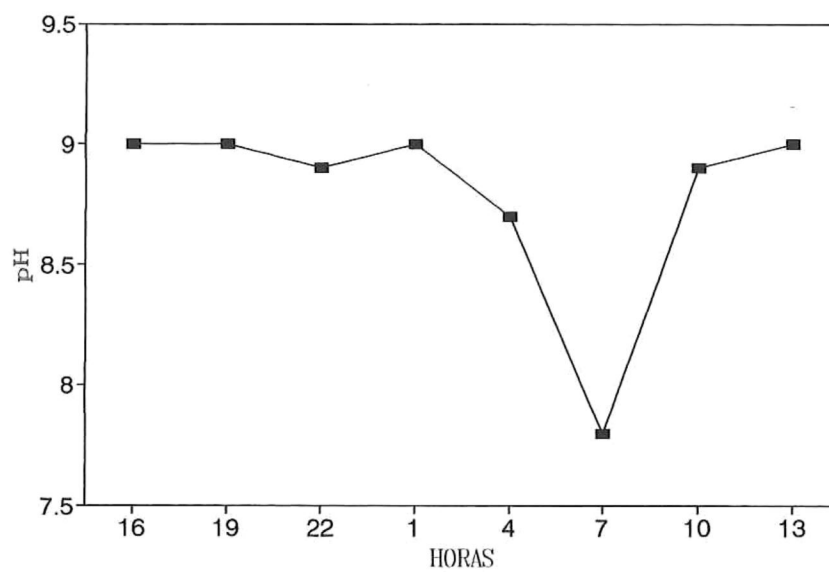


Fig. 5. pH en la columna de agua.

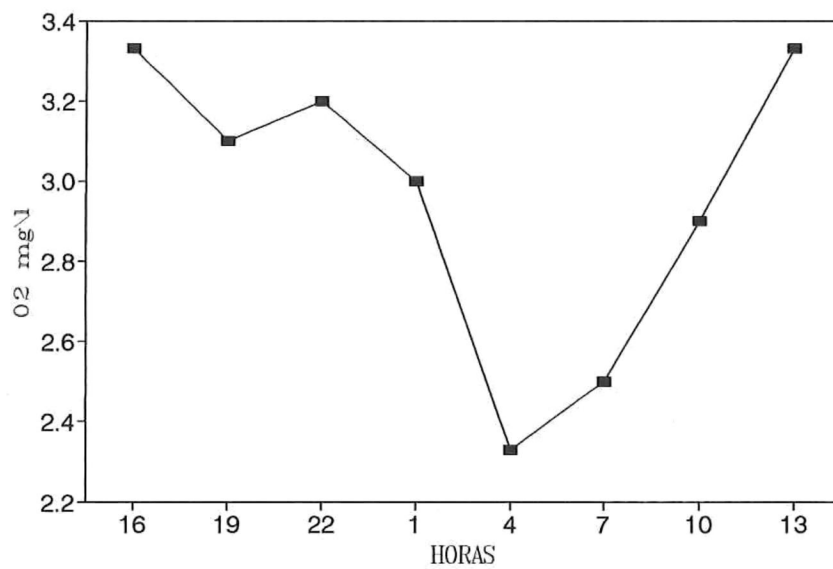


Fig. 6. Concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua.

un valor mínimo de pH 7.8, a las 7:00 hrs. El pH promedio es de 8.4 (Fig. 5).

III.1.4. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto, se incrementa durante el día hasta alcanzar la máxima concentración de 3.33 mg/l, a las 16:00 hrs del día 25 y 13:00 hrs del día 26. Este se ve disminuido conforme avanza la noche encontrando la concentración mínima de 2.33 mg/l, a las 4:00 hrs del día 26. Se registró un promedio de 2.96 mg/l (Fig. 6)

III.1.5. Fosfatos

Las concentraciones de PO_4 muestran una variabilidad durante el estudio, con tendencias a una disminución durante el período de muestreo. Se detectaron concentraciones máximas de 9.41 μM , a las 19:00 hrs del día 25 y mínimas de 6.56 μM , a las 16:00 del día 26. La concentración promedio de PO_4 fue de 8.0 μM . Existe una correlación de rango de Spearman entre los PO_4 y NO_3+NO_2 , observando una relación significativa negativa ($r_s < -0.5$), comportándose estas de manera inversa. Para los PO_4 y salinidad existe una correlación significativa positiva ($r_s > 0.5$), comportándose estas de manera directa (Tabla 1).

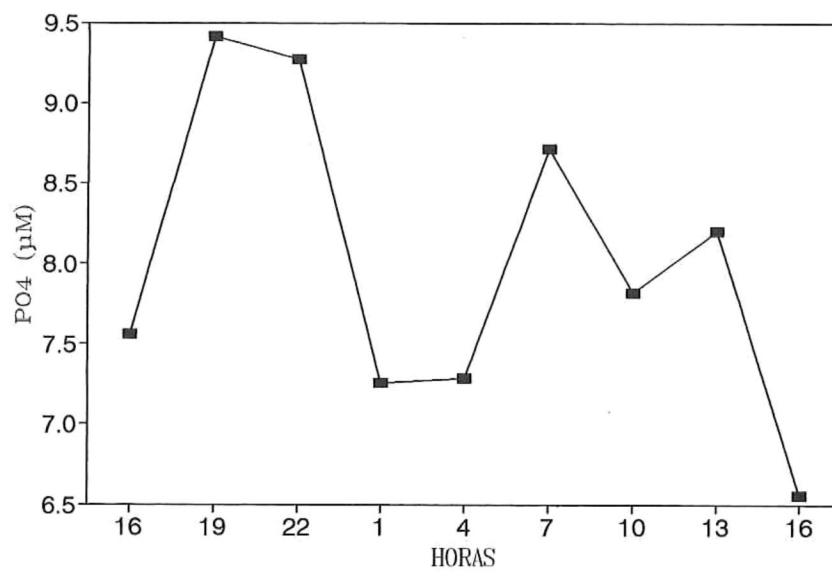


Fig. 7. Concentraciones de fosfatos en la columna de agua.

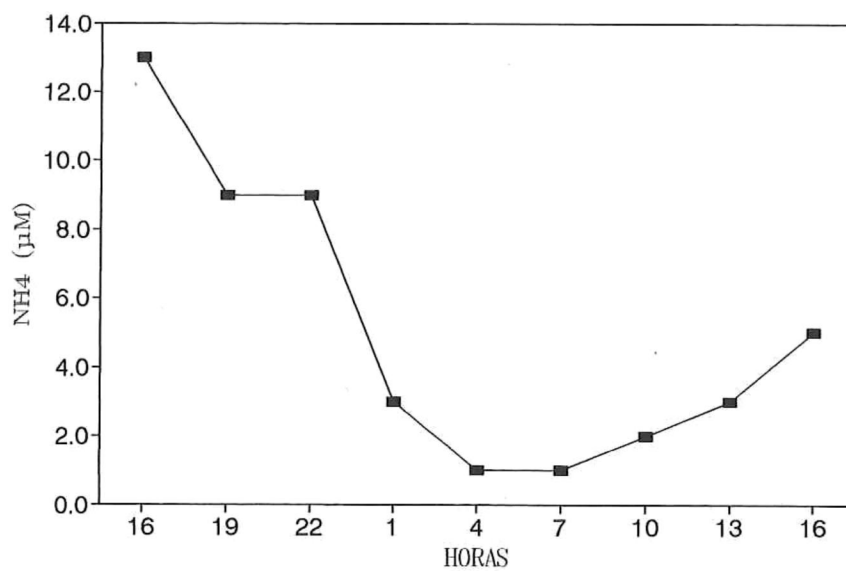


Fig. 8. Concentraciones de amonio en la columna de agua.

TABLA 1

Análisis estadístico para las variables tomadas, aplicando el coeficiente de correlación de Spearman[^].

Va ria ble	S ^o /oo	T °C	pH	O ₂	PO ₄	NH ₄	NO ₃ + NO ₂
S ^o /oo	--	NP*	NP	NP	SPP**	NP	NP
T °C	NP*	--	NP	NP	NP	SPP	NP
pH	NP	NP	--	NP	NP	SPP	NP
O ₂	NP	NP	NP	--	NP	SPP	NP
PO ₄	SPP**	NP	NP	NP	--	NP	SPN
NH ₄	NP	SPP	SPP	SPP	NP	--	SPN
NO ₃ + NO ₂	NP	NP	NP	SPN***	SPN	SPN	--

[^] Cuando r_s mayor de 0.5, presenta una correlación que puede ser positiva (comportamiento directo entre una variable y la otra) y negativa (comportamiento de manera inversa).

Donde: NP* _ no presenta correlación.

SPP** _ si presenta correlación positiva.

SPN*** _ si presenta correlación negativa.

III.1.6. Amonio

Las concentraciones máximas de NH_4 , se presentan a las 16:00 hrs del día 25, de $13 \mu\text{M}$, con una tendencia a disminuir durante la noche hasta alcanzar el valor mínimo de $1 \mu\text{M}$, a las 4:00 y 7:00 hrs del día 25, para después volver a incrementarse durante el día. En promedio se tiene una concentración de $5.11 \mu\text{M}$ (Fig. 8). Existe una correlación de rango de Spearman del amonio con la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH, demostrando que hubo una relación significativa positiva entre las variables ($r_s > 0.5$), mostrando un comportamiento de manera directa (Tabla 1).

III.1.7. Nitratos más Nitritos

Para las concentraciones de $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ no se observa un patrón definido, apreciando un valor máximo a las 4:00 hrs del día 26, de $0.61 \mu\text{M}$ y valores bajos con una concentración mínima de $0.02 \mu\text{M}$, a las 19:00 hrs del día 25, 7:00 y 10:00 hrs del día 26. El promedio presenta una concentración de $0.23 \mu\text{M}$ (Fig. 9). Existe una relación significativa negativa ($r_s < -0.5$) de los nitratos más nitritos con el oxígeno disuelto, los fosfatos y el amonio, comportándose de manera inversa (Tabla 1).

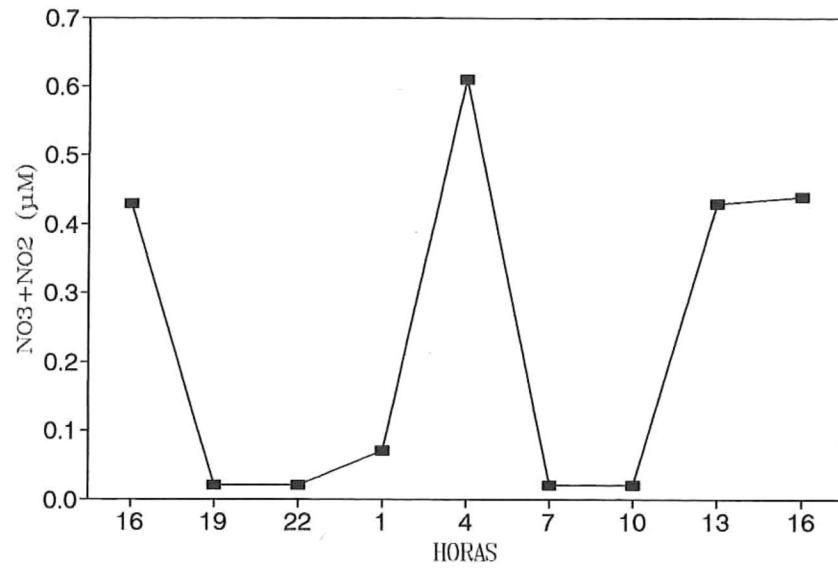


Fig. 9. Concentraciones de nitratos más nitritos en la columna de agua.

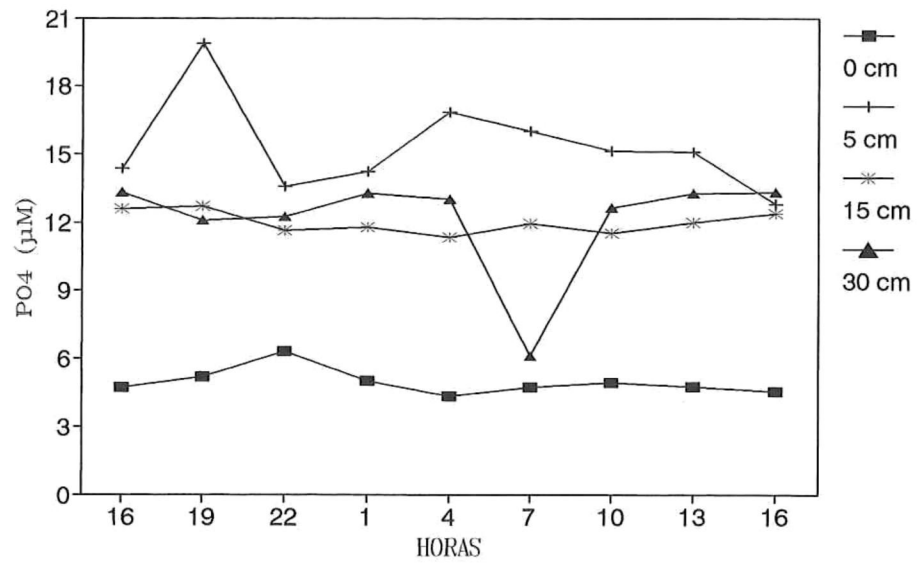


Fig. 10. Concentraciones de fosfatos en el agua intersticial.

III.1.8. Productividad Primaria

La tasa de producción primaria encontrada en el cuerpo de agua cerrada durante el estudio fue de $97.42 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$, con una productividad primaria integrada de $483.35 \text{ mgCm}^{-2}\text{h}^{-1}$. Se encontró que la tasa promedio de la respiración de la comunidad total (bentónica y pelágica) fue de $11610 \text{ mgCm}^{-2}\text{d}^{-1}$.

III.2. AGUA INTERSTICIAL

III.2.1. Profundidad de 0 cm.

III.2.1.1. Fosfatos

Para los PO_4 no existe una variabilidad muy marcada, encontrando la máxima concentración de $6.3 \text{ }\mu\text{M}$, a las 22:00 hrs del día 25 y una concentración mínimo a las 4:00 hrs del día 26, de $4.34 \text{ }\mu\text{M}$. La concentración promedio fue de $4.92 \text{ }\mu\text{M}$ (Fig. 10).

III.2.1.2. Amonio

El NH_4 presenta fluctuaciones en las concentraciones detectadas, con un valor máximo de $15 \text{ }\mu\text{M}$ a las 1:00 hrs del día 26 y una concentración mínima de $4 \text{ }\mu\text{M}$ a las 16:00 del día 25. El promedio fue de $8.55 \text{ }\mu\text{M}$ (Fig. 11).

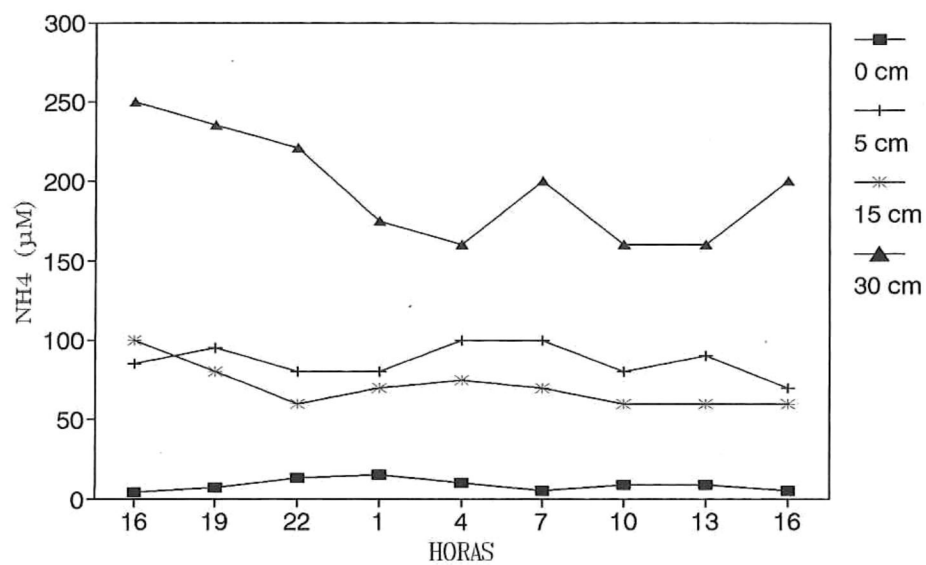


Fig. 11. Concentraciones de amonio en el agua intersticial.

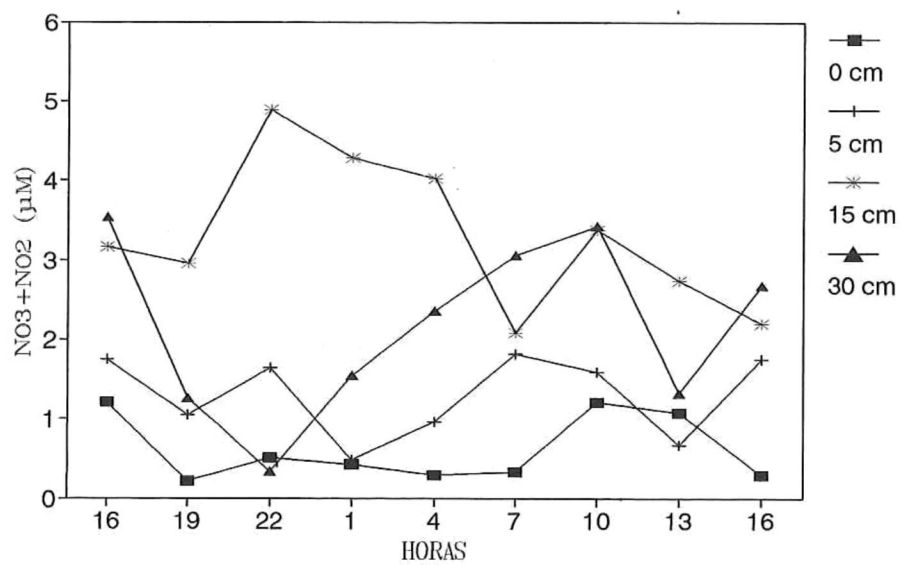


Fig. 12. Concentraciones de nitratos más nitritos en el agua intersticial.

III.2.1.3. Nitratos más Nitritos

En las concentraciones de NO_3+NO_2 , se observa una variabilidad durante el período de muestreo, encontrando concentraciones máxima de $1.21 \mu\text{M}$ a las 16:00 hrs del día 25 y 10:00 hrs del día 26, con una concentración mínima de $0.21 \mu\text{M}$ a las 19:00 hrs del día 25. En promedio se observa una concentración de $0.6 \mu\text{M}$ (Fig. 12).

III.2.2. Profundidad de 5 cm.

III.2.2.1. Fosfatos

Las concentraciones de PO_4 muestran fluctuaciones en los intervalos de muestreo, con la concentración máxima de $19.84 \mu\text{M}$, a las 19:00 hrs del día 25 y la mínima de $12.79 \mu\text{M}$, a las 16:00 hrs de día 26. Se observar un promedio de $15.3 \mu\text{M}$ (Fig. 10).

III.2.2.2. Amonio

El NH_4 presenta intervalos marcados en sus concentraciones, encontrando el valor máximo de $100 \mu\text{M}$, a las 4:00 y 7:00 hrs del día 26 y un valor mínimo de $70 \mu\text{M}$, a las 16:00 del día 26. El promedio en la concentraciones fue de $86.66 \mu\text{M}$ (Fig. 11).

III.2.2.3. Nitratos más Nitritos

Para los NO_3+NO_2 encontramos una variabilidad marcada durante el período de muestreo, con una concentración máxima de $1.81 \mu\text{M}$, a las 7:00 hrs del día 26 y una concentración mínima de $0.48 \mu\text{M}$, a las 1:00 hrs del día 26, siendo el promedio de $1.30 \mu\text{M}$ (Fig. 12).

III.2.3. Profundidad de 15 cm.

III.2.3.1. Fosfatos

La concentración de PO_4 no presenta una variación muy marcada, siendo la concentración máxima de $12.7 \mu\text{M}$, a las 19 hrs del día 25 y la concentración mínima de $4.89 \mu\text{M}$, a las 4:00 hrs del día 26. El valor promedio fue de $11.98 \mu\text{M}$ (Fig. 10).

III.2.3.2. Amonio

En el NH_4 se observa una tendencia a disminuir durante el tiempo del muestreo, observando la máxima concentración de $100 \mu\text{M}$, a las 16:00 hrs del día 25 y las mínimas de $60 \mu\text{M}$ al final del muestreo. El promedio fue de $71.88 \mu\text{M}$ (Fig. 11).

III.2.3.3. Nitratos más Nitritos

Los NO_3+NO_2 presentan fluctuaciones marcadas con la concentración máxima de $4.89 \mu\text{M}$, a las 22:00 hrs del día 25 y la mínima de $2.08 \mu\text{M}$, a las 7:00 hrs del día 26. Se observa un promedio de $3.20 \mu\text{M}$ (Fig. 12).

III.2.4. Profundidad de 30 cm

III.2.4.1. Fosfatos

Las concentraciones de PO_4 en general no presentan una variabilidad muy marcada, con concentraciones máximas de $13.32 \mu\text{M}$, a las 16:00 hrs del día 25 y 26, aunque existe un descenso brusco a las 7:00 hrs del día 26, con una concentración mínima de $6.08 \mu\text{M}$. La concentración promedio fue $12.14 \mu\text{M}$ (Fig. 10).

III.2.4.2. Amonio

El NH_4 presenta fluctuaciones muy marcadas, con la concentración máxima de $250 \mu\text{M}$, detectada a las 16:00 hrs del día 25 y la concentración mínima de $160 \mu\text{M}$, a las 10:00 y 13:00 hrs del día 26. El promedio fue de $195.67 \mu\text{M}$ (Fig. 11).

III.2.4.3. Nitratos más Nitritos

En las concentraciones de NO_3+NO_2 observamos que existen variaciones muy marcadas, encontrando la concentración máxima de $3.54 \mu\text{M}$, a las 16:00 hrs del día 25 y la concentración mínima de $0.35 \mu\text{M}$, a las 22:00 hrs del mismo día, con un promedio de $2.17 \mu\text{M}$ (Fig. 12).

III.3. FLUJOS EN LA INTERFASE SEDIMENTO-AGUA

III.3.1. Flujos de Oxígeno

Se puede observar que el O_2 , tiende a ser asimilado por el sedimento, con una incorporación máxima de $-169.41 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25 y 13:00 hrs del día 26. Una tasa mínima de $-118.60 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 4:00 hrs del día 26, con un promedio de $-150.44 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 13).

III.3.2. Flujos de Fosfatos

En el comportamiento de los flujos de PO_4 , se puede apreciar que existe un aporte de PO_4 de los sedimentos hacia la columna de agua, con un flujo máximo de $553.03 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 7:00 hrs del día 26 y un valor mínimo de $165.04 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 19:00 hrs del día 25. El promedio fue de $331.51 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 14).

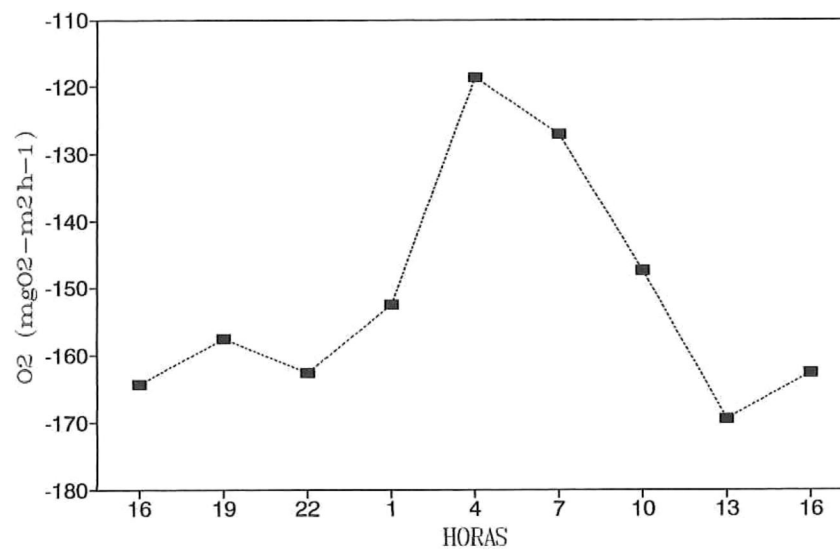


Fig. 13. Flujos netos de oxígeno en la interfase sedimento-agua.

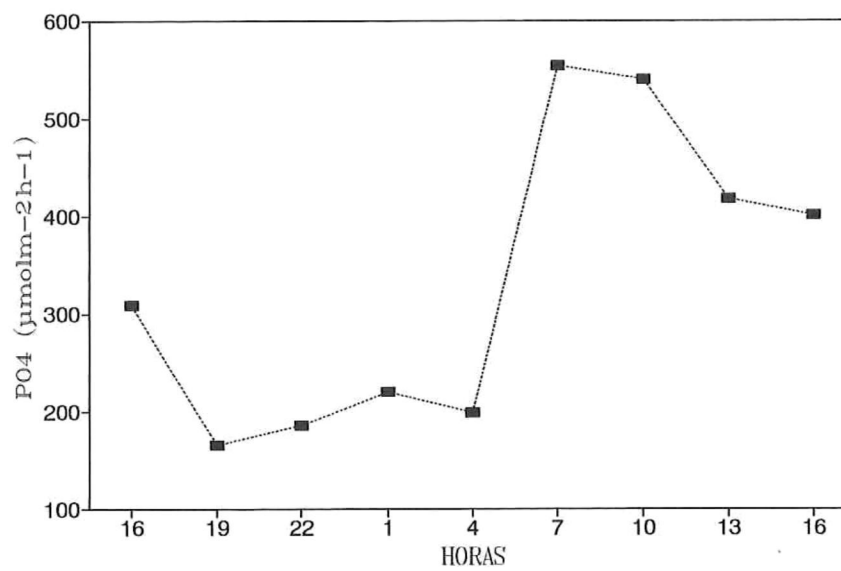


Fig. 14. Flujos netos de fosfatos en la interfase sedimento-agua.

III.3.3. Flujos de Amonio

El NH_4 , es incorporado y liberado del sedimento a la columna de agua, teniendo así, una incorporación mayor a las 10:00 hrs del día 26 con el flujo de $-282.1 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ y el flujo mínimo de $-152.44 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 1:00 y 13:00 hrs del día 26. La liberación máxima de los flujos de NH_4 , se presentan a las 22:00 hrs del día 25, siendo ésta de $640.24 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ y la mínima de $40.65 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 26, aunque en total se encontró una liberación de $-214.61 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 15).

III.3.4. Flujos de Nitratos más Nitritos

El comportamiento en los flujos de NO_3+NO_2 , es de una incorporación del sedimento a la columna de agua, con un flujo máximo de $-148.73 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 4:00 hrs del día 26 y un valor mínimo a las 16:00 hrs del día 26, de $27.13 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$. Existe un promedio de $-61.61 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 16).

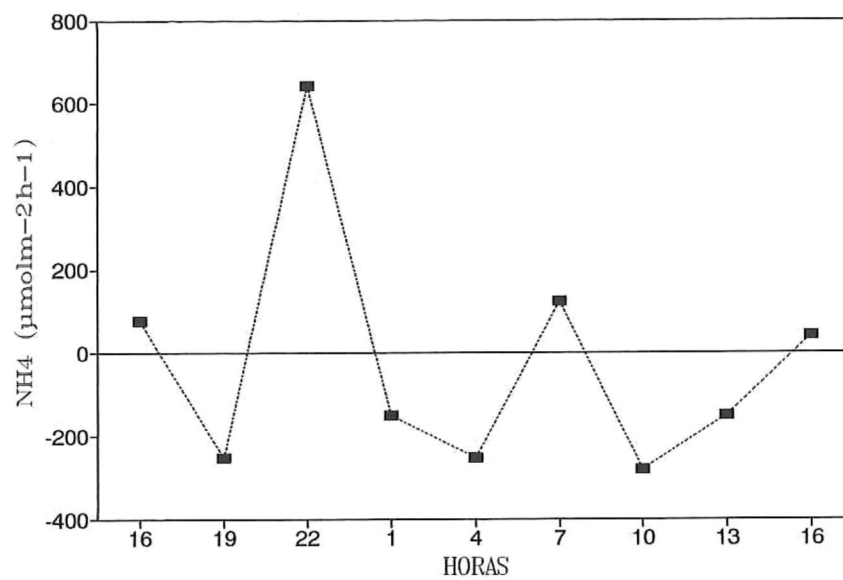


Fig. 15. Flujos netos de amonio en la interfase sedimento-agua.

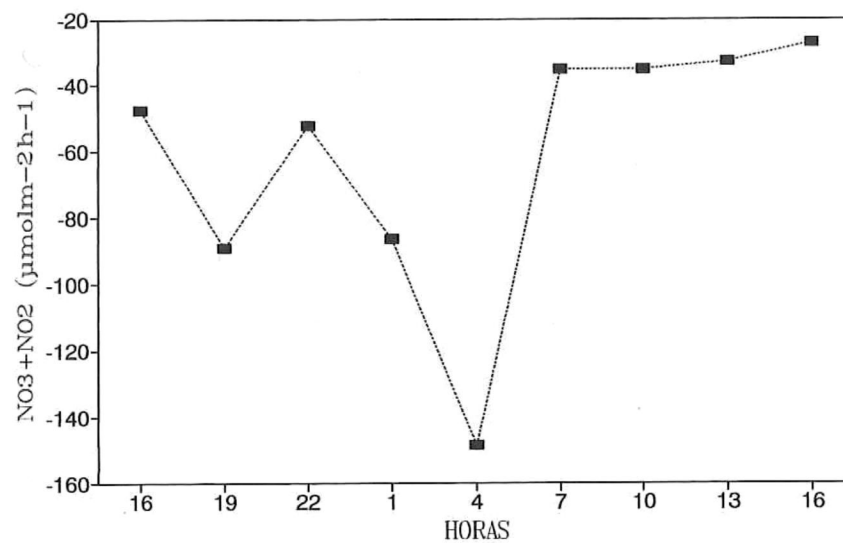


Fig. 16. Flujos netos de nitratos más nitritos en la interfase sedimento-agua.

III.4. FLUJOS DE DIFUSION EN EL AGUA INTERSTICIAL

III.4.1. Profundidad de 0 cm.

III.4.1.1. Fosfatos

El flujo de difusión de los PO_4 , presenta un intervalo muy marcado, encontrando el mayor flujo a las 22:00 hrs del día 25, siendo éste de $-3.26 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ y un flujo mínimo a las 4:00 hrs del día 26, de $-2.25 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$. El promedio alcanzado fue de $-2.55 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 17).

III.4.1.2. Amonio

Los flujos de NH_4 , alcanzados en el sedimento denotan un intervalo marcado con un valor máximo de $-21.17 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 1:00 hrs del día 26 y un valor mínimo de $-5.64 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25, con un promedio de $-12.07 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 18).

III.4.1.3. Nitratos más Nitritos

Para los NO_3+NO_2 en el sedimento, se observa un intervalo marcado, teniendo un valor máximo de $-2.07 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 10:00 hrs del día 26 y un valor mínimo a las 19:00 hrs del día 25 de $-0.29 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$. El flujo promedio de difusión es de $-0.91 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 19).

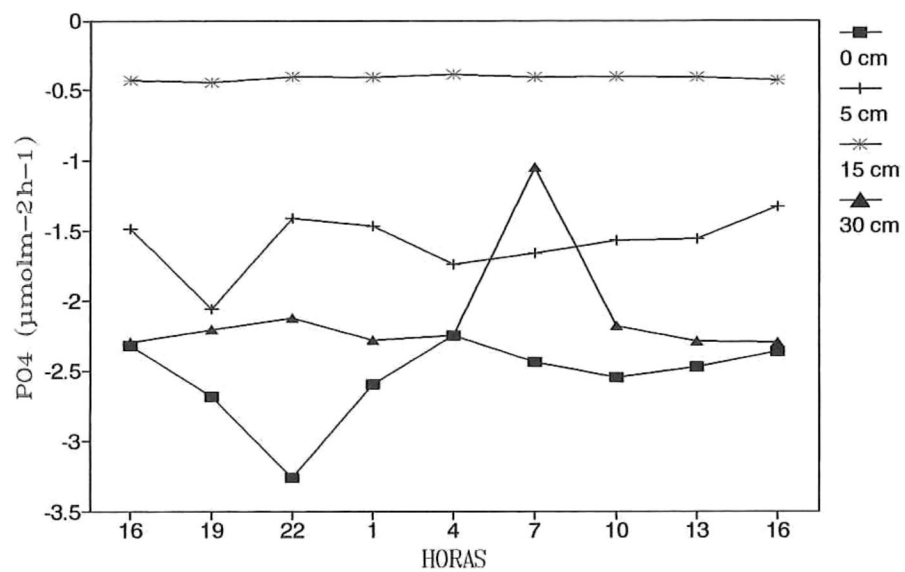


Fig. 17. Flujos de difusión de fosfatos en el agua intersticial.

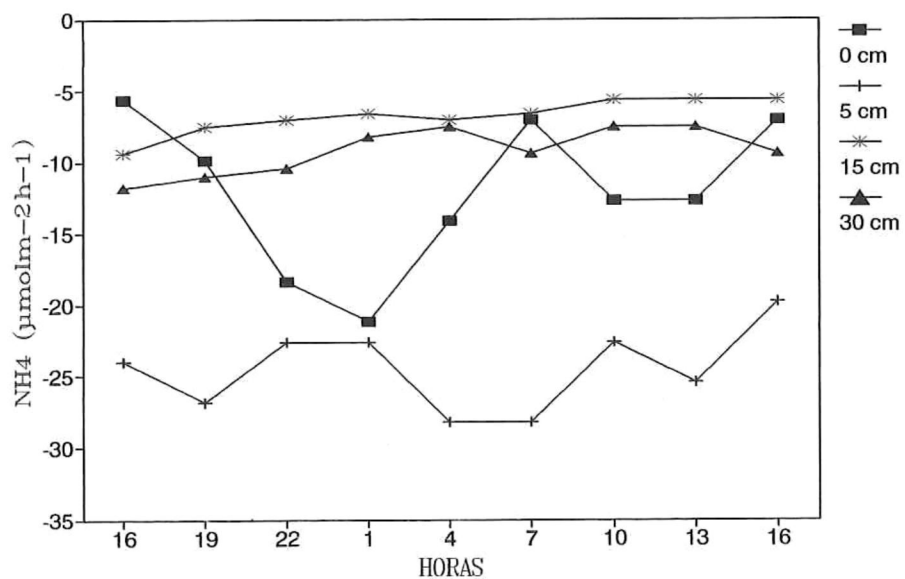


Fig. 18. Flujos de difusión de amonio en el agua intersticial.

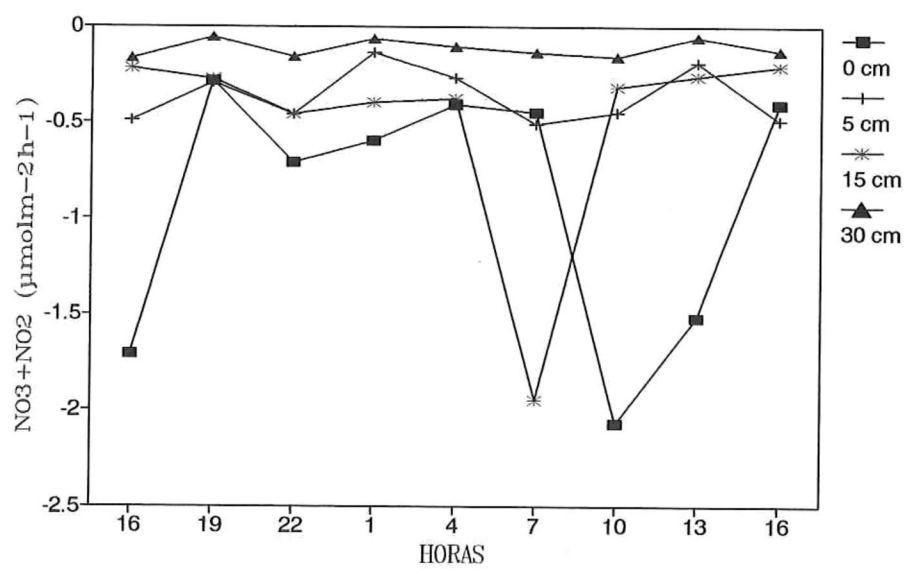


Fig. 19. Flujos de difusion de nitratos mas nitritos en el agua intersticial.

III.4.2. Profundidad de 5 cm

III.4.2.1. Fosfatos

Para los flujos de PO_4 , no se observa un intervalo muy marcado, con un valor máximo de $-2.06 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 19:00 hrs del día 25 y un valor mínimo de $-1.33 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 26, en donde el promedio alcanzado fue de $-1.59 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 17).

III.4.2.2. Amonio

Los flujos de difusión para el NH_4 , no presentan intervalos muy grandes, encontrando un valor máximo de $-28.22 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 4:00 y 7:00 hrs del día 26 y un valor mínimo de $-19.76 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 26, con un promedio de $-24.46 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 18).

III.4.2.3. Nitratos más Nitritos

Los flujos encontrados de NO_3+NO_2 , no muestran intervalos amplios, con un valor máximo alcanzado de $-0.51 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 7:00 hrs del día 26 y un valor mínimo de $-0.14 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 1:00 hrs del mismos día. El flujo promedio fue de $-0.37 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 19).

III.4.3. Profundidad de 15 cm

III.4.3.1. Fosfatos

Los flujos de difusión para el PO_4 , no muestra un intervalo muy marcado, alcanzando un valor máximo a las 19:00 hrs del día 25, de $-0.44 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ y un valor mínimo a las 4:00 hrs del día 26, siendo éste de $-0.39 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$. El promedio para ésta variable fue de $-0.41 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 17).

III.4.3.2. Amonio

Para los flujos de NH_4 no se observa un intervalo amplio, con un valor máximo de $-9.41 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25 y un valor mínimo de $-5.65 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, al final del muestreo. El flujo promedio fue de $-6.01 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 18).

III.4.3.3. Nitratos más Nitritos

En los flujos de NO_3+NO_2 , se aprecia que no existen intervalos amplios durante el muestreo, teniendo un aumento abrupto con un valor máximo de $-1.95 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 7:00 hrs del día 26. Se observa un valor mínimo de $-0.21 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 26. Se tiene un flujo promedio de $-0.50 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 19).

III.4.4. Profundidad de 30 cm

III.4.4.1. Fosfatos

Los flujos de difusión de los PO_4 , no muestran un intervalo muy marcado, observando un valor máximo de $-2.30 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25 y un valor mínimo de $-1.05 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 7:00 hrs del día 26. El PO_4 muestra un promedio de $-2.10 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 17).

III.4.4.2. Amonio

Los flujos de NH_4 no presentan intervalos muy amplios, con un valor máximo de $-11.76 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25 y un valor mínimo de $-7.53 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 4:00, 10:00 y 13:00 hrs del día 26. Se tiene un promedio de $-9.20 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 18).

III.4.4.3. Nitratos más Nitritos

En los flujos de difusión para los NO_3+NO_2 no se aprecian intervalos muy marcados, con un valor máximo de $-0.17 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 16:00 hrs del día 25 y un valor mínimo de $-0.6 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a las 19:00 hrs del mismo día, alcanzando un promedio de $-0.12 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (Fig. 19).

IV. DISCUSIONES

IV.1. COLUMNA DE AGUA

La salinidad en nuestro estudio muestra valores máximos durante el día y mínimos por la noche, pudiendo asumir que no existe un proceso de mezcla que provoque una variación mayor en la salinidad, debido a que los cambios no son mayores de $0.14^{\circ}/_{\text{OO}}$, a diferencia de las reportadas por Millán-Nuñez et al., (1981) y Soto-Balderas y Alvarez-Borrego (1991) con fluctuaciones máximas de 1.3 y $1.5^{\circ}/_{\text{OO}}$ respectivamente en el Estero de Punta Banda, estableciendo que las variaciones son provocadas por un intercambio de agua. Galindo-Bect y Flores-Baez (1982) establecen que los pequeños incrementos en la salinidad pueden ser causados por la evaporación producida principalmente por los vientos. Por lo que el principal factor que afecta la salinidad en el cuerpo de agua cerrado es la evaporación.

La temperatura en nuestro estudio presenta una variación menor (2°C) que la reportada por Millán-Nuñez et al., (1981) en el extremo interno del Estero de Punta Banda en un muestreo diario durante diez días en verano, con una variación de 5.9°C . En el mismo lugar Soto-Balderas y Alvarez-Borrego (1991) para los canales de inundación de las

marismas donde generaron series de tiempo, reportan una variación de 2.7°C . Estos estudios presentan un comportamiento semidiurno, estableciendo que los cambios en la temperatura pueden ser atribuidos a las variaciones de mareas muertas, a la atenuación de la corriente costera y al tiempo de residencia del agua, debido a estas características la variación en la temperatura es mayor que la reportada en éste estudio por ser un cuerpo de agua cerrada, donde el factor que más afecta en el proceso de mezcla, es la radiación solar. Durante éste estudio la temperatura en la columna de agua muestra que existe una relación con el período día-noche, encontrando temperaturas mayores en el día y durante la noche las más bajas y más estables, variaciones que pueden ser atribuidas al ciclo de radiación solar.

Scoffin (1970), ha relacionado las fluctuaciones del pH en el sedimento con las condiciones oxidantes y reductoras provocadas por las bacterias al degradar la materia orgánica, de ahí, que en nuestro estudio se registren valores mínimos de pH de 7.8 en las horas de la mañana, el cual se incrementa al existir una mayor irradiación y en consecuencia un aumento del metabolismo por parte del bentos, ocasionando que el pH se incremente hasta 9.0.

En nuestro estudio encontramos que las concentraciones de oxígeno en la columna de agua (con valores máximos de

3.33 ml/l), son más bajas que las reportadas para el Estero de Punta Banda por Galindo-Bect y Flores-Baez (1982), detectando concentraciones por arriba de los 5.6 ml/l en un ciclo diurno en invierno. Podemos asumir que ésta disminución de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua puede ser atribuida principalmente a un aumento de la temperatura y a los niveles altos que se tienen en la salinidad afectando la solubilidad del oxígeno (Riley y Chester, 1978) ó bien a un consumo por parte de la comunidad bentónica al llevarse acabo la degradación de materia orgánica (en especial en el sedimento), propiciando una fuerte remineralización de nutrientes (Abrajan-Villaseñor y Alvarez-Borrego, 1987). Arenas-Fuentes y de la Lanza-Espino, (1990) señalan que puede ser mayor la producción de oxígeno por el fitoplancton que el consumo de la respiración planctónica durante el día, lo que demuestra que los cambios que tenemos en las concentraciones de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua durante el día con una disminución ligera y continua durante la noche se deben a los procesos fotosintéticos (Grenz et al., 1991). En nuestro estudio no se realizó una medición de sulfuros, pudiendo ser otro factor que nos puede afectar en los niveles de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua, si de éste se encuentran concentraciones altas (Rey et al., 1992). Existen además otros factores que regulan las concentraciones de oxígeno en

la columna de agua como pueden ser el intercambio agua-atmósfera, la salinidad y procesos oxidativos (Chávez-de Nishikawa y Alvarez-Borrego, 1974 y Weihaupt, 1984).

El comportamiento de los nutrientes en la columna de agua del cuerpo de agua cerrada es diferente a los reportados en otros cuerpos costeros, encontrando en nuestro caso valores mayores de PO_4 , pero menores los de NH_4 y NO_3+NO_2 , en comparación con los reportados por Muñoz-Anderson y Millán-Nuñez (1991), Soto-Balderas y Alvarez-Borrego (1991); Millán-Nuñez et al., (1981) donde las concentraciones de PO_4 son de 0.8, 7.0 y 1.9 μM respectivamente, en el extremo interno del Estero de Punta Banda, a su vez los primeros reportan concentraciones de NO_3 de 3.0 μM y los segundos para NO_3+NO_2 de 10 μM y para NH_4 de 27 μM . En otro caso Castro-Longoria y Grijalva-Chon (1991) en una laguna costera La Cruz, Sonora., reportan concentraciones menores de PO_4 que las muestras de 3.6 μM , pero mayores las de NO_3+NO_2 de 3.8 μM . En la boca de la Bahía San Quintín Lara-Lara et al., (1980) reporta concentraciones menores de PO_4 de 4.0 μM . Estas variaciones pueden ser debidas a que en nuestro caso no existe un aporte de agua dulce que incremente la concentración de nitratos y nitritos, a los efectos provocados por la marea, a la cantidad de pastos marinos presentes donde existe una acumulación de nutrientes siendo liberados a la columna de

agua por efectos de mezcla (Alvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976) y al aporte de nutrientes del sedimento.

En la columna de agua se puede establecer que existe un comportamiento similar entre el amonio y la temperatura, por lo que se ve una influencia de manera directa con el período día-noche. Al existir un aumento en la temperatura la cantidad de materia orgánica es degradada provocando una remineralización rápida, por lo que el amonio es liberado en forma reducida, que posteriormente en la capa aeróbica del sedimento es oxidado transformándose en nitritos y nitratos (Klump y Marten, 1983; Redfield et al., 1963 y 1983; Weihaupt, 1984). Este aumento en la remineralización causa también que sales como el fosfato se mezclan rápidamente en la columna de agua (Nixon, 1982; Taft y Taylor, 1976), de ahí que las concentraciones de los nutrientes se vean incrementadas en la columnas de agua. Debido a estos cambios podemos explicarnos la relación de los nitratos más nitritos con el amonio, los fosfatos y el oxígeno, observándose un comportamiento de manera inversa. Aunque las concentraciones de amonio en la columna de agua pueden ser afectadas debido a que el amonio puede ser asimilado directamente por el fitoplancton y otros organismos, adherido a otras partículas ó puede difundirse en concentraciones altas a otras regiones en el sedimento (Markin y Allen, 1984). Un factor que puede alterar también los niveles de nitratos más nitritos es que

no existe un aporte directo de agua dulce en el cuerpo costero que incremente las concentraciones de estos a la columna de agua, aunque cuando existen concentraciones bajas de estos y altas de amonio puede estar ocurriendo un proceso de denitrificación (Nixon, 1982).

La productividad primaria juega un papel importante dentro del cuerpo de agua cerrada donde se realizó el estudio, encontrando valores altos, siendo superiores a los reportados por Millán-Núñez et al., (1981) en el Estero de Punta Banda con valores máximos en la boca de $61.75 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ y en la cabeza de $60.0 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$; a los reportados por Muñoz-Anderson y Millán-Núñez, (1991) en un estudio donde se realizaron 11 series de tiempo en una estación del Estero de Punta Banda, con valores máximos en los meses de verano de $68.32 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ y mínimos en otoño e invierno de $3.57 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$. Diferencias que pueden ser debidas a la estabilidad de la columna de agua en el caso nuestro, cosa que no sucede en el Estero de Punta Banda donde el efecto provocado por la marea es directo; a la cantidad de nutrientes que son incorporados del sedimento a la columna de agua, a el efecto provocado por las mareas y al factor luz (Zeitzschel, 1980; Labbish y Kirby, 1985).

IV.2. AGUA INTERSTICIAL

Las concentraciones de los nutrientes en nuestro estudio para el agua intersticial muestran que son más bajas que las reportadas por Aguíñiga-García y Alvarez-Borrego (1988) en sedimentos de entre mareas sin macrovegetación para el PO_4 ($23 \mu\text{M}$) y NH_4 ($315 \mu\text{M}$), pero los reportados por Camacho-Ibar y Alvarez-Borrego (1988) en sedimentos con extensas marismas donde predomina *Spartina foliosa*, reportan los valores más altos de PO_4 y NH_4 , los cuales son cinco y hasta ocho veces más altos que los encontrados por nosotros en el presente estudio. Por otra parte Alvarez-Borrego et al. (1988), no reporta concentraciones de NO_3+NO_2 para el agua intersticial de sedimentos de entre mareas, por lo que en nuestro estudio encontramos valores de $4.89 \mu\text{M}$. Estas diferencias pueden ser debidas a las condiciones de marea las cuales provocan que exista una percolación de los nutrientes, a la cantidades de materia orgánica que es degradada y al tamaño de grano que efectúa la heterogeneidad de los nutrientes.

En el cuerpo de agua cerrada encontramos las máximas concentraciones de nutrientes en el agua intersticial, donde los valores máximos de PO_4 los detectamos a los 5 cm, los de NH_4 a los 30 cm, y los de NO_3+NO_2 a los 15 cm. Esto puede ser debido a que no existe una mezcla en sentido vertical,

provocando muy poca advección como lo establece Aguíñiga-García y Alvarez-Borrego (1989) y a la distribución de los nutrientes; estableciendo que no existe una influencia por el efecto de marea, siendo por lo tanto el fenómeno de difusión el principal factor por el que se pueden distribuir los nutrientes y por el efecto que provocan los organismos al construir madrigueras que afectan la distribución de los nutrientes. Además es en el sedimento donde la regeneración de nitrógeno disuelto y fósforo es mayor, provocando que los nutrientes se distribuyan a la columna de agua.

IV.3. FLUJOS EN LA INTERFASE SEDIMENTO-AGUA

Los flujos netos obtenidos en nuestro estudio para el oxígeno y nutrientes, en el domo, muestran diferencias con otros cuerpos costeros. Encontrando así, que existe una mayor incorporación de oxígeno en el cuerpo de agua cerrado hacia el sedimento, si lo comparamos con las registradas por Bulleid (1984) de $15.46 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ al suroeste de Sydney, Australia; Teague et al., (1988) de $140 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ en la bahía de Fourleague, Louisiana; Hopkinson y Wetzel (1982) con valores de $121 \text{ mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ incorporados por el sedimento, en una zona cercana en la ensenada de Georgia, demostrando que el detritus contribuye de manera substancial en los cambios que se llevan acabo en la interfase sedimento-agua,

por lo que se puede establecer que en el cuerpo de agua cerrada del Estero de Punta Banda existe una mayor actividad bentónica que en los anteriores cuerpos costeros, pero éste se ve superado por los valores de incorporación de oxígeno que reporta Fisher et al., (1982) de 1770 y 1510 $\text{mgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$, en tres estuarios, en Carolina del Norte. Diferencias que pueden ser provocadas por las comunidades tanto bentónicas como pelágicas particulares de cada región.

En nuestro estudio existe una incorporación de oxígeno hacia el sedimento con tasas máximas durante el día, esto puede ser debido a la relación que existe entre la incorporación bentónica del oxígeno y a la temperatura como lo establece Hale (1974) y Nixon et al., (1976) ó a la actividad que realizan las bacterias al degradar la materia orgánica presente en el sedimento (Zeitzschel, 1980). Aunque la comunidad total por efecto del metabolismo influyen en estas tasas (Hopkinson y Wetzel, 1982). Lo anterior se puede relacionar con la productividad primaria, en donde la comunidad bentónica por remineralización aporta el 33% del total de la productividad primaria neta y un 57% la comunidad total (bentónica y pelágica) producto del metabolismo (cálculos según Hopkinson y Wetzel 1982), presentando mayor importancia la comunidad total sobre la productividad en el cuerpo de agua cerrado.

En base a la relación de los flujos que se obtuvieron

en el presente estudio con una incorporación de nitratos más nitritos y una liberación e incorporación de amonio, se puede establecer que una fracción significativa del amonio producido es llevado a cabo por reacciones en donde se realiza una denitrificación (cuando la incorporación de los nitritos y nitratos coincide con la tasa de liberación de amonio) ó bien una nitrificación (cuando los nitritos y nitratos son liberados, existiendo una tasa alta en el consumo de oxígeno en los sedimentos)(Nixon, 1980), en donde el reciclaje del nitrógeno por mineralización ocurre predominantemente con el amonio (Gardner et al., 1991), de ahí que existan mayores cambios en las tasas de amonio predominando una liberación, provocando un aumento en las concentraciones de amonio en la columna de agua. A pesar de estos cambios las tasas encontradas en nuestro estudio son inferiores que las reportadas por Fisher et al., (1982), con valores de hasta $454 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$; Warren y Kanykowski (1984) con tasas de $314.6 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, en las costas al sur de Texas; Teague (1988) reporta tasas de $450 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$; Boyton y Kemp (1985) encontraron flujos de hasta $821 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, en la bahía Chesapeake, EEUU. Aunque los flujos de $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ son superior a los encontrados por Fisher et al., (1982) de $78 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, pero inferior a los reportados por Teague (1988) con tasas de $625 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$. Estas diferencias nos indican que en algunos cuerpos

costeros el comportamiento es diferente, existiendo en algunos una denitrificación ó bien una nitrificación, debido a los cambios físicos que ocurren en cada uno y a la cantidad de materia orgánica degradada por el bentos. La incorporación de nitratos más nitritos y la liberación de amonio pueden indicarnos que los nitratos son usados preferentemente antes que el oxígeno disuelto cuando está ocurriendo el proceso de denitrificación, para llevar a cabo la degradación de la materia orgánica (Koike y Sorensen, 1988). Por otra parte la incorporación de amonio y las concentraciones de la columna de agua, indican que los flujos actúan como buffer con la concentración de amonio en la columna de agua (Teague et al., 1988).

Como se aprecia con los fosfatos en nuestro estudio existe una liberación de los sedimentos a la columna de agua con tasa superiores a las encontradas por Fisher et al., (1982) de $46 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ y a los de Teague (1988) con tasas de $17 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, aunque inferiores a los reportados por Hopkinson y Wetzel (1982) con valores de $880 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$, por lo que, debido a las condiciones que presenta el cuerpo de agua, cabe la posibilidad de que las concentraciones de fosfatos se vean incrementadas en la interfase sedimento-agua, por el fenómeno de difusión como lo establece Chambers, et al., (1992). Aunque existen otras probabilidades por las que se pueda ver un incremento en la

liberación de fosfatos, la cual puede ser debido a la capacidad que tiene éste para ser adsorbido ó precipitado (Fisher et al., 1982 y Teague et al., 1988) y al potencial redox (Eh) siendo un importante controlador de la liberación de los fosfatos del sedimento a la columna de agua (Olauson y Cato, 1980).

En general estas tasas de incorporación y liberación de los nutrientes pueden estar reguladas por el bentos, que proporciona cantidades significativas de nitrógeno y fósforo a la columna de agua, observándolo en nuestro estudio en donde el bentos suministra el 26% del nitrógeno y el 51% de fosfatos requeridos por el fitoplancton para llevar acabo su proceso fotosintético (cálculos según Hopkinson y Wetzel, 1982). Se puede apreciar que el bentos, por regeneración, aporta una fracción significativa de fosfato y nitrógeno del requerido diariamente por el fitoplancton. Estos cambios en las tasas de nutrientes que se suscitan en el cuerpo de agua cerrado pueden estar controlados también por procesos de remineralización llevados acabo en el sedimento al ser degradada la materia orgánica por las bacterias, incrementándose así, las concentraciones de los nutrientes, los cuales son incorporados a la columna de agua y agua intersticial.

IV.4. FLUJOS DE DIFUSION EN EL AGUA INTERSTICIAL

Los flujos de difusión reportados por Chamber et al., (1992) con tasas de PO_4 ($0.85 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$) y NH_4 ($2.2 \mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$), en un lugar con marismas en la costa este de Virginia, muestran que son menores que las encontradas en el cuerpo de agua en estudio, diferencias que pueden ser provocadas por el efecto de mareas, bioturbación y remineralización del bentos.

Encontramos en nuestro estudio flujos máximos de difusión de PO_4 , NH_4 y NO_3+NO_2 , en los primeros centímetros del sedimento; observando que las más altas son de amonio, esto debido a las concentraciones que tenemos en el sedimento, las cuales se distribuyen hacia la columna de agua, al igual las de los fosfatos. Estas tasas demuestran que existen un movimiento molecular más grande en los primeros centímetros de profundidad con disminuciones a profundidades mayores, lo cual nos está indicando que la mineralización es concentrada cerca de la interfase sedimento-agua (Anderson et al., 1986), provocada por los procesos anaerobios en los primeros centímetros del sedimento donde la regeneración de nitrógeno disuelto y fósforo de la materia orgánica sedimentaria es mayor (Zeitzschel, 1980).

Los flujos de los nutrientes medidos en la cámara bentónica son mayores que los calculados con el modelo de difusión de Fickian (Chambers et al., 1992), siendo 222 veces más para el PO_4 , 22 veces más el de NH_4 y 125 veces más los de NO_3+NO_2 . Diferencias que pueden ser debidas a una rápida remineralización en la interfase sedimento-agua, la cual no se refleja en los perfiles de agua intersticial; a un incremento en la advección por efecto del burbujeo del metano cuando éste se produce y a la bioturbación de la fauna que vive en el sedimento (Day et al., 1987).

V. CONCLUSIONES

El bentos contribuye de manera significativa en la distribución de los nutrientes hacia la columna de agua y agua intersticial en el cuerpo de agua en estudio por efecto de la remineralización.

Existe una incorporación permanente de nitratos más nitritos y oxígeno de la columna de agua hacia el sedimento, una liberación de fosfatos del sedimento a la columna de agua, durante todo el muestreo. Mientras que con el amonio tenemos una liberación e incorporación, predominando la primera del sedimento a la columna de agua.

Los flujos de los nutrientes medidos en la interfase sedimento-agua fueron mayores que los encontrados en el agua intersticial por efecto del fenómeno de difusión, observándose que en los primeros centímetros del sedimento el intercambio de los nutrientes es mayor.

Se puede decir que en el cuerpo de agua costero cerrado del Estero de Punta Banda la denitrificación es un proceso importante en el sistema.

VI. LITERATURA CITADA

Abraján-Villaseñor, I. y S. Alvarez Borrego (1987). Relación fotosintética-irradiancia de fracciones de tamaño de fitoplancton de una laguna costera. *Ciencias marinas*, 13(3):49-62.

Aguíñiga-García, S. y S. Alvarez-Borrego (1989). Petacheo y variación temporal de amonio y fosfatos en aguas intersticiales de sedimento de entremareas en una laguna costera. *Ciencias Marinas*, 15(3):97-120.

Allen, G.E., E.F. Mendelli y J.P.F. Zimmermann (1981). *Physics-Geology-Chemistry in coastal lagoon research, present and future*. UNESCO Technical Paper in Marine Science, 32:29-49.

Alvarez-Borrego, S. (1978). Maricultivos en aguas protegidas y semiprotegidas de Baja California. *Ciencia y Desarrollo*, México, 22:21-23.

Alvarez-Borrego, S., S. Aguíñiga-García y V.F. Camacho-Ibar (1988). Un sencillo y barato muestreador "in situ" para aguas intersticiales de sedimento entremareas. *Ciencias Marinas*, 14(1):45-50.

Alvarez-Borrego, S. y A. Chee-Barragán (1976). Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, 3(1):51-61.

Anderson, G.L., J.O. Hall., A. Iverfeldt., M.M. Rutgers van der Loeff., B. Sundby y G.F.S. Westerlund (1986). Benthic respiration by total carbonate production. *Limnology and Oceanography*, 31(2):319-329.

Arenas-Fuentes, V. y G. de la Lanza-Espino (1990). El metabolismo como determinante de intercambio de nutrientes en sedimentos ricos en materia orgánica en una laguna costera. *Ciencias Marinas*, 12(1):79-92.

Beltrán-Félix, J.L., M.G. Hommann., A. Chagoya-Guzmán y S. Alvarez-Borrego (1986). Ictiofauna del Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas*, 12(1):79-92.

Boynton, R.W. y W.M. Kemp (1985). Nutrient regeneration and oxygen consumption by sediments along an estuarine salinity gradient. *Mar. Ecol. prog.*, 23:45-55.

Bulleid, C.N. (1984). deoxygenation and remineralization above the sediment-water interfase; an in situ experimental study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 19:15-25.

Camacho Ibar, V.F. y S. Alvarez-Borrego (1988). Nutrient concentration in pore water of intertidal sediments in coastal lagoon: Patchiness and temporal variations. *The Science of the Total Environment*, 75:32-39. En: Colección de reimpresos (División de Oceanología). CICESE, México., 13:92-106.

Castro-Longoria, R. y J.M. Grijalva-Chón (1988). Ictioplancton del Estero de Punta Banda, B.C. México, durante primavera-verano de 1985. *Ciencias Marinas*. 14(1):57-79.

Castro-Longoria, R. y J.M. Grijalva-Chón (1991). Variabilidad espacio-temporal de nutrientes y sestón en la laguna costera la Cruz, Sonora. *Ciencias Marinas*, 17(2):83-97.

Chambers, M.R. (1992). A fluctuating water-level chamber for biogeochemical experiments in tidal marshes. *Estuaries*, 15(1):53-58.

Chambers, M.R., W.J. Harvey y E.W. Odum (1992). Ammonium and phosphate dynamics in a Virginia salt marsh. *Estuaries*, 15(3):349-359.

Chávez de Nishikawa, A.G. y S. Alvarez-Borrego (1974). Hidrología de Bahía de San Quintín. *Ciencias Marinas*, 1(12):31-62.

Day, J.W.Jr., C.A.S. Hall., W.M. Kemp y A. Yañez-Arancibia (1989). *Estuarine Ecology*. A Willey-Interscience Publication. 558 pp.

Day, J.W., W.G. Smith y C.S.Jr. Hopkinson (1989). Some trophic relationships of marsh and estuarine areas, pp. 115-135. Proc. Second Symposium, coastal marsh and estuary management symposium, (july 17-18). Baton Rouge, Louisiana. 316 pp.

Escofet, A., D.H. Loya-Salinas y J.I. Arredondo (1988). El Estero de Punta Banda (Baja California, México) como habitat de la avifauna. *Ciencias Marinas*, 14(4):73-100.

Farfán, B.C. y S. Alvarez-Borrego (1983). Variability and fluxes of nitrogen and organic carbon of the mouth of a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 17:599-612.

Fisher, R.T., R.P. Carlson y R.T. Borber (1983). Sediment nutrient regeneration in three North Carolina estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf science*, 14:101-116.

Galindo-Bect, M.S. y B.P. Flores-Baez (1982). Hidrología comparativa en la boca de dos sistemas antiestuarinos de Baja California durante otoño e invierno. *Ciencias Marinas*, 8(1):97-108.

Gardner, W.S., S.P. Seitzinger y J.M. Malczyk (1991). The effects of sea salt on the forms of nitrogen released from estuarine and freshwater-sediment: Do ion pairing affect ammonium flux. *Estuaries*, 14:157-166.

Grenz, C., R.M. Plante-Cuny., R. Plante., E.M. Alliot., D. Baudinet y B. Berland (1991). Measurement of benthic nutrient fluxes in Mediterranean shellfish farms: a methodological approach. *Oceanologica Acta*, 14(2):195-201.

Hale, S.S. (1974). The role of benthic communities in the nutrient cycles of Narragasset Bay, Masters Thesis. University of Rhode Island. 123 pp.

Hopkinson, S.C. y R.L. Wetzel (1982). In situ measurements of nutrient and oxygen fluxes in a coastal marine benthic community. *Marine Ecology Prog. Ser.*, 10:29-35.

Koike, I. y J. Sorensen (1988). Nitrate reduction and denitrification in marine sediment. In: Blackburn, T.H. and J. Sorensen (eds.). Nitrogen cycling in coastal marine environments. SCOPE 1988.

Klump, J.V. y C.S. Marten (1983). Biogeochemical cycling in a organic rich coastal marine basin. Nutrient sediment-water exchange processes. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 45:101-121.

Krom, M.D. y R.A. Berner (1980). The diffusion coefficients of sulfate, ammonium and phosphate ions in anoxic marine sediments. *Limnology and Oceanography*, 25:327-337.

Labbish, C.N. y S.W. Kirby (1985). Proceeding of the international symposium on utilization of coastal ecosystems: Planning pollution and productivity, 21-27 nov. 1982. Ed. de Furg., Rio Grande, Brazil. vol. 1. pp. 496.

Lara-Lara, J.R., S. Alvarez-Borrego y L.F. Small (1980). Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 11:613-637.

Li, Y.H. y S. Gregory (1974). Diffusion of ions in sea water and in deep-sea sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38:703-714.

Millán-Nuñez, E., F. de J. Ortiz-Cortez y S. Alvarez-Borrego (1981). Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en un laguna costera, a finales de verano. *Ciencias Marinas*, 17(1):103-138.

Muñoz-Anderson, M. y R. Millán-Nuñez (1991). Variación anual de la productividad del fitoplancton en el Estero de Punta Banda, B.C. *Ciencias Marinas*, 17(2):57-70.

Nishikawa, K. (1983). Consideraciones sobre el posible impacto ambiental de la instalación de la fábrica de jackets petroleros BOSS-PACIFIC en el Estero de Punta Banda, pp. 10-20. En: informe preliminar sobre el posible impacto en el Estero de Punta Banda, B.C. División de Oceanología. CICESE, México. 60 pp.

Nixon, S.W. (1982). Nutrient dynamics, primary production and fisheries yield of laggons. *Oceanologica Acta*. Proceeding International Symposium on Coastal Lagoons. SCOR/FABO/UNESCO, Bordeaux, 8-14 sep., 1981, 357-371.

Nixon, S.W. (1980). Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. In: Symposium nutrient enrichment estuaries. Williamsburg. Humana Press.

Nixon, S.W., C.A. Oliatt y S.S. Hale (1976). Nitrogen regeneration and the metabolism of coastal marine bottom communities. pp. 269-283. In: Anderson, J.M. and A. Macfayden (eds.). The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes blackwell. Sci. Publ. Oxford.

Odum, E.P. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science*, 169(3877):262-270.

Olausson E. and I. Cato (1980). Chemistry and biogeochemistry of estuaries. A Willey-Interscience Publication. 452 pp.

Pritchard, W.D., R. de la Paz-Vela., H. Cabrera-Muro., S. Farreras-Sanz y E. Morales (1978). Hidrología física del Estero de Punta Banda. Parte 1. Análisis de datos. *Ciencias Marinas*, 5(2):1-23.

Redfield, A.C., Ketchum y F.A. Richards (1963). The influence of organisms on the composition of seawater. In: *The sea* (M.N. Hill, eds.). Interscience, 2:26-77.

Rey, R.J., J. Shafferr., T. Kain., R. Stahl y R. Crossman (1992). Sulfite variation in the pore and surface waters of artificial salt-marsh ditches and a natural tidal creek. *Estuaries*, 15(3):257-269.

Riley, J.P. y R. Chester (1978). *Chemical Oceanography*. Academic Press, London and New York., 7:482-483.

Scoffin, T.P. (1970). The trapping and binding of subtidal carbonate sediments by marine vegetation in Bimini Lagoon, Bahamas. *Jour. Sed. Petrology*, 40(1):249-273.

Soto-Balderas, M.G.L. y S. Alvarez-Borrego (1991). Nutrientes inorgánicos en los canales de inundación de las marismas de una laguna costera del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*, 17(3):1-20.

Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 311 pp.

Taft, J.L. y W.R. Taylor (1976). Phosphorus dynamics in some coastal plain estuaries. In: Wiley, M. (eds.), *Estuarine Processes*. Academic Press, new York., 1:79-89.

Teague, G.K., C.J. Madden y J.W.Jr. Day (1988). Sediment-water oxygen and nutrient fluxes in a river dominated estuary. *Estuaries*, 11(1):1-9.

Villarreal-Chávez, G. (1991). Impacto de la construcción de un dique arenoso en la ecología bentónica de un estuario en el pacífico norte de México. *Ciencias Marinas*, 17(4):105-119.

Yañez-Arancibia, A. (1986). *Ecología de la zona costera: Análisis de 7 tópicos; primera edición*, México. 189 pp.

Warren, F.R. y D. Kamykowski (1984). Benthic nutrient regeneration in southern Texas coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*., 18:221-230.

Weihaupt, J.G. (1984). *Exploración de los océanos introducción a la oceanografía*. CECSA. México, D.F.

Zeitzschel, R. (1980). Sediment-water interactions in nutrient dynamics, pp. 195-218. In: Tendre, K.R. y B.C. Coull (eds.), *Marine Benthic Dynamics* University of South Carolina Press.