



# Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA

“DETERMINACION DE PIGMENTOS DEL FITOPLANCTON  
DE LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VERACRUZ”.

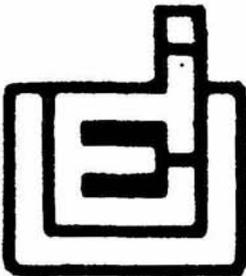
T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

MAYELA DEL CARMEN CANTU RAMIREZ



San Juan Iztacala, México

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Mi más profundo agradecimiento a

La Dra. Guadalupe de la Lanza E., del Depto. de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, por su valiosa asesoría, por sus enseñanzas, por su paciencia y amistad incondicionales;

A los pescadores de la Cooperativa "21 de Marzo" en la Laguna de Pueblo Viejo, de quienes aprendí la grandeza de la humildad y sencillez, y de quienes obtuve ayuda desinteresada;

A la Ing. Susana Hurtado por las facilidades otorgadas en el Laboratorio Regional de Aguas en la Ciudad de Tampico, Tams.;

Al Dr. Sergio Licea, Jefe del Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la UNAM, por su confianza al permitirme disponer de las instalaciones del laboratorio;

Al P. de Biol. José Martínez Aguilar por la fabricación del fotómetro, de gran valor en el desarrollo del presente trabajo;

A los Biólogos Irma Garduño G., Tomás Portillo M., Fausto Alberto Véliz Avila y a Ma. Guadalupe Cantú R. por su ayuda y compañía en los muestreos;

A los Biólogos Ruth Luna, Pablo Torres y Carmen Torres, por su asesoría en la identificación de los organismos;

Y al Lic. Ignacio Cantú R. por las facilidades otorgadas para el mecanografiado del presente trabajo.

Este trabajo está dedicado con inmenso cariño y respeto

A ti Señor

A mis padres, Rafael y Efigenia

A mi adorado esposo Fausto Alberto

A mis hermanos: Martín Rafael, Hector, Carlos, Ignacio,  
Luz María, Irma, José Humberto, Isidro y Lupita

A mis sobrinitos

A la Familia Véliz Avila

A Julián

Y a mis amigos

"Nunca me he sentido tan lleno de vida,  
estoy aprendiendo que existe un mundo  
maravilloso que existe  
y que ninguno ha visto ni percibido jamás"

Juan Salvador Gaviota.

## CONTENIDO

	PAG.
1. RESUMEN.	1
2. INTRODUCCION.	3
3. ANTECEDENTES.	8
4. AREA DE ESTUDIO.	10
5. MATERIAL Y METODOS.	15
6. RESULTADOS Y DISCUSION.	18
6.1 Factores Abióticos.	18
6.2 Factores Bióticos.	30
6.3 Muestreo Nictemeral.	58
7. CONCLUSIONES.	68
8. LITERATURA CITADA.	72

## 1. RESUMEN

Se describen las variaciones mensuales de parámetros bióticos (clorofilas *a*, *b* y *c*, carotenoides y feofitina-*a*, índice de diversidad de pigmentos ( $D_{430}/D_{665}$ ) y composición cuali y cuantitativa del fitoplancton) y abióticos (temperatura, potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, transparencia del agua, intensidad lumínica y porcentaje de disminución) durante un periodo semestral que abarca finales del otoño, invierno y principios de primavera de 1982 y 1983 en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Se analiza la variación durante un ciclo nictemeral de algunos de estos parámetros biológicos y físico-químicos, tomando en cuenta la inestabilidad temporal de las poblaciones del fitoplancton.

Las mayores concentraciones de pigmentos se registraron a finales de otoño, específicamente durante los meses de octubre y noviembre (2.92 y 2.98 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*; 3.85 y 3.14 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *b*; 11.07 y 15.00 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *c*; 2.43 y 2.95 mg/m<sup>3</sup> de carotenoides; y, 0.01 mg/m<sup>3</sup> de feofitina *a*) hecho que coincidió con el segundo máximo teórico de producción primaria.

Con base en el contenido de pigmentos, se califica a la laguna en estudio como un cuerpo de agua pobre en comparación con otros cuerpos de agua del Golfo de Méxi

co y del Pacífico.

En los meses de octubre, noviembre y abril, se observó un gradiente de distribución horizontal de los pigmentos que fue de norte a sur, por lo cual se estima una influencia de aportes continentales a través del Río Pánuco.

El comportamiento de los pigmentos en función del tiempo, se vió asociado con el patrón temporal que siguió la temperatura y la profundidad de visibilidad.

La mayor abundancia de la clorofila *c*, con respecto a los demás pigmentos; los bajos valores del índice de diversidad de pigmentos durante octubre, noviembre, diciembre y enero ( 2.3, 1.13, 0.97 y 1.5 respectivamente); los altos valores de éste índice durante marzo y abril (2.7 y 2.6 respectivamente); el bajo número de células por litro promedio (100 603); y, la abundancia relativa de las diatomeas (*Nitzschia* sp. y *Navicula* sp.) hacen inferir que la Laguna de Pueblo Viejo se encuentra en un estado sucesional avanzado que tiende a la senectud.

Considerando la relativa baja variación de los parámetros abióticos durante el periodo estudiado así como la información obtenida a partir del muestreo nictemeral, señalaron una baja variabilidad del sistema y la determinante influencia de los factores climáticos ("nortes").

## 2. INTRODUCCION

En la actualidad las lagunas costeras, al igual que los estuarios, tienen un importante significado para el hombre, ya que son una fuente de recursos fácilmente explotables. Posiblemente estas áreas en el futuro puedan ser manejadas incrementando su productividad al seleccionar y cultivar especies de importancia económica (Villalobos *et al.*, 1975). Para esto se hace necesario el tener un buen conocimiento del alimento disponible para las especies a cultivarse. Esto es muy complejo en sistemas dinámicos donde las condiciones ambientales como las corrientes de marea, intensos gradientes de variables físicas y químicas como temperatura, salinidad y nutrientes, provocan cambios fuertes en el orden de días. De particular importancia es no solamente el evaluar la cantidad de alimento en un momento dado en una cierta localización, sino los flujos de las mismas (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977)

La base alimentaria en los sistemas acuáticos, como es el caso de las lagunas litorales, está representado por los productores primarios (Russell - Hunter, 1970), los cuales son la puerta de entrada de la energía (solar)

en los ecosistemas. Esta energía se utiliza en la asimilación de elementos biógenos que se encuentran en el medio en un grado máximo de oxidación (Margalef, 1967).

Específicamente han demostrado algunos autores, entre otros Steemann Nielsen (1975), que la captación de esta energía solar se realiza principalmente por la clorofila  $\alpha$  contenida en las células fitoplanctónicas.

En condiciones favorables el fitoplancton es capaz de realizar un crecimiento rápido, produciendo en ocasiones su propio peso en material orgánico nuevo cada 24 horas, tal velocidad de producción es mayor que la de las plantas terrestres (Tait, 1971).

En la actualidad los métodos más usados para estimar la producción primaria en sistemas acuáticos son: el basado en la incorporación de carbono ( $\text{CO}_2$ ) utilizando  $\text{C}^{14}$ ; el de la evolución de oxígeno o método llamado de las botellas claras y oscuras, basado en la proporción de carbono asimilado y oxígeno liberado; y el del contenido de pigmentos (Schwoerbel, 1975).

En cuanto a la última técnica toma en consideración los siguientes aspectos: en las células fotosintéticas el pigmento que se presenta con mayor frecuencia es la clorofila  $\alpha$ . Existen otros pigmentos los cuales son conocidos como accesorios, que parecen servir como trans-

portadores de energía física (Golterman, 1975).

En general las algas contienen clorofila *a*; las Euglenales y las Clorofíceas contienen clorofila *b*; y las Criptofíceas, Dinoflageladas, Crisofíceas, Diatomeas y Feofíceas contienen clorofila *c*. Todas las células fotosintéticas contienen aparte de uno o dos pigmentos clorofilianos, la presencia de carotenoides (hidrocarburos según Golterman, 1975), y que dentro de sus posibles funciones están el absorber una pequeña parte de la luz y proteger a la clorofila *a* de la intensidad lumínica (Salisbury and Ross, 1969).

Al respecto, Margalef (1974) menciona que probablemente las diferencias en la composición pigmentaria en las distintas especies o de una misma especie bajo condiciones diferentes dependen, en buena parte, de diferencias más profundas en la representación relativa de los dos sistemas fotosintetizadores (I y II).

La proporción entre clorofila *a* y carotenoides depende básicamente de las condiciones fisiológicas de las células como lo indica Yentsch (1965).

Margalef (1965), relacionó la productividad primaria con la estructura de la comunidad a través de proporciones de los pigmentos como un índice de diversidad de especies, e indica que la proporción  $D_{430}/D_{665}$  refleja no solamente los cambios en la composición de especies de

la comunidad sino también el estado fisiológico de especies de una sola población.

Yentsch and Ryther (1959), observaron que a grandes profundidades del oceano la cantidad de clorofila  $a$  decrece notablemente, haciéndose evidente el cambio de clorofila  $a$  a feofitina  $a$ . Este pigmento resulta, según Yentsch (1965), de la pérdida del átomo central de Mg de la clorofila  $a$ , debido a periodos prolongados a la obscuridad, a la predación o procesos bacterianos.

Un concepto global usado por Gómez-Aguirre (1981), es que la diversidad y concentración de clorofilas es en gran medida el resultado de la composición del fitoplancton y de su relación cuantitativa. Los cambios de las clorofilas serán entonces el reflejo de la estructura y densidad del fitoplancton.

Morris (1980), menciona que el proceso de capacidad de asimilación en las lagunas no es proporcional al contenido de clorofila, sino más bien, es por una alta densidad del fitoplancton, y esto a su vez a un alto contenido de clorofila.

Debido a que uno de los factores determinantes en la actividad de las clorofilas es la luz, Morris (1980), señala que las mismas especies de algas sintetizan diferentes cantidades de clorofila dependiendo en todo caso

de que crezcan en intensidades de luz diversas.

Debido a la falta de integración en la información y metodología sobre productividad primaria, interpretación e importancia de los pigmentos en las comunidades fitoplanctónicas y consecuentemente la caracterización del estado fisiológico en ambientes lagunares en México y de acuerdo con lo anteriormente expuesto, el presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el contenido de los pigmentos clorofílicos (*a*, *b*, *c* y accesorios) del fitoplancton de la Laguna de Pueblo Viejo, Ver. y su relación con algunos factores abióticos, así como su comportamiento durante un periodo semestral, que comprende, finales de otoño, invierno y principios de primavera, y estimar el estado fisiológico de dichos productores primarios.

Se pretende también que este trabajo sea un aporte al conocimiento general de las lagunas costeras en México, procurando establecer las posibles relaciones entre los factores abióticos y bióticos.

### 3. ANTECEDENTES

Entre las lagunas costeras de México, la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, reviste gran importancia debido a su potencial ocupando uno de los primeros lugares en cuanto a volumen y valor de producción pesquera del Estado de Veracruz, según informe de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH, 1981).

Desde 1963 García inició registros periódicos de temperatura y salinidad del agua para relacionarlos con el comportamiento del ostión principalmente en su etapa reproductiva (García, 1967).

Por otra parte se han hecho algunas aportaciones sobre la dinámica poblacional del ostión y los cambios provocados en el dragado del Canal Principal de dicha laguna en 1969 (García, 1972).

Cruz (1973), por otro lado realizó estudios sobre el microplancton y su distribución en dicha laguna.

En 1974 la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) llevó a cabo estudios sobre la calidad del agua, tanto de la Laguna de Pueblo Viejo, como el estuario del Río Pánuco y otras lagunas cercanas al área de Tampico-Madero.

Así mismo, la SARH (1981) realizó estudios en la Laguna de Pueblo Viejo, sobre la calidad del agua y su evaluación para la certificación sanitaria.

#### 4. AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (Fig 1), está localizada al norte del Estado, aproximadamente a 18 km al oeste de la desembocadura del Río Pánuco, entre los paralelos 22°4' y 22°12' de latitud norte, y entre los 97°50' y 97°56' de longitud oeste (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, DEGETENAL, 1979).

Según informes de SRH (1974) y de DEGETENAL (1979) su extensión aproximada es de 14.2 km de largo y 11.25 km de ancho.

Al norte se comunica con el Río Pánuco; al sureste se localizan los esteros "La Puerca" y "Tamacuil"; al noreste se encuentran asentados los poblados de Anáhuac y Villa Cuauhtémoc; y al noroeste tiene comunicación con la Laguna Paso de las Piedras de acuerdo con la cartografía de DEGETENAL (1979).

Su profundidad varía de 1.00 m a 2.50 m aproximadamente y la influencia de la pleamar trae consigo un arrastre de contaminantes del río a la laguna y viceversa (SRH, 1974).

Los principales tipos de suelos que circundan a este cuerpo lagunar están caracterizados por vertisoles pélicos, rendzinas y regoles calcáricos, de acuerdo con el

Atlas Nacional del Medio Físico de la Secretaría de Programación y Presupuesto, SPP(1981).

El clima de esta región es de tipo AW1, según la clasificación de Koeppen modificada por García (1973), es decir, cálido subhúmedo con una temperatura anual de 22°C y el mes más frío de 18°C.

El mes más seco tiene una precipitación de 60 mm y la lluvia invernal es de 5 por ciento y 10.2 por ciento de la precipitación anual (García, 1973).

Los vientos dominantes son de sur a este, sin embargo esto varía dependiendo de las estaciones del año. Durante la primavera predominan vientos del este, noreste y sureste con velocidades de 22 a 25 km/h; en verano se presentan vientos del sur y sureste con velocidades de 18 km/h, esporádicamente se pueden presentar vientos del norte y sur; en otoño dominan vientos del norte, noreste y este así como vientos del sureste que se intensifican a finales de esta temporada, y en invierno los vientos provienen del sureste, así como vientos del norte, noreste y este (Cruz, 1973).

La vegetación representativa de las zonas aledañas en la Laguna de Pueblo Viejo, es de tipo selva baja perennifolia secundaria asociada con manglar y agricultura de temporal, según DEGETENAL (1979) y SPP (1981).

De acuerdo con informes de SRH (1974), en la laguna

en estudio se realiza la pesca comercial de especies como el ostión (el cual se cultiva), camarón, bagre, machete y charal, entre otros.

En la elección de estaciones de muestreo se tomó en cuenta: afluentes y efluentes, cercanías de los principales bancos de ostión, descargas residuales municipales y áreas que aparentemente no han sido alteradas por el manejo del ambiente y que a continuación se describen (Fig 1).

- Estación 1 localizada en el Canal Principal que comunica a la laguna con el Río Pánuco;
- Estación 2 localizada frente a Cementos Anáhuac, sobre un cultivo de ostión;
- Estación 3 localizada cerca de la Isleta Grande;
- Estación 4 localizada entre dos isletas al sur de la laguna;
- Estación 5 localizada cerca del canal que conduce a Mata de Chávez;
- Estación 6 localizada en la región este de la laguna;
- Estación 7 localizada frente a la Cooperativa de Pueblo Viejo.

El muestreo de 24 horas se realizó al final del Ca-

nal Principal, dentro de la laguna.

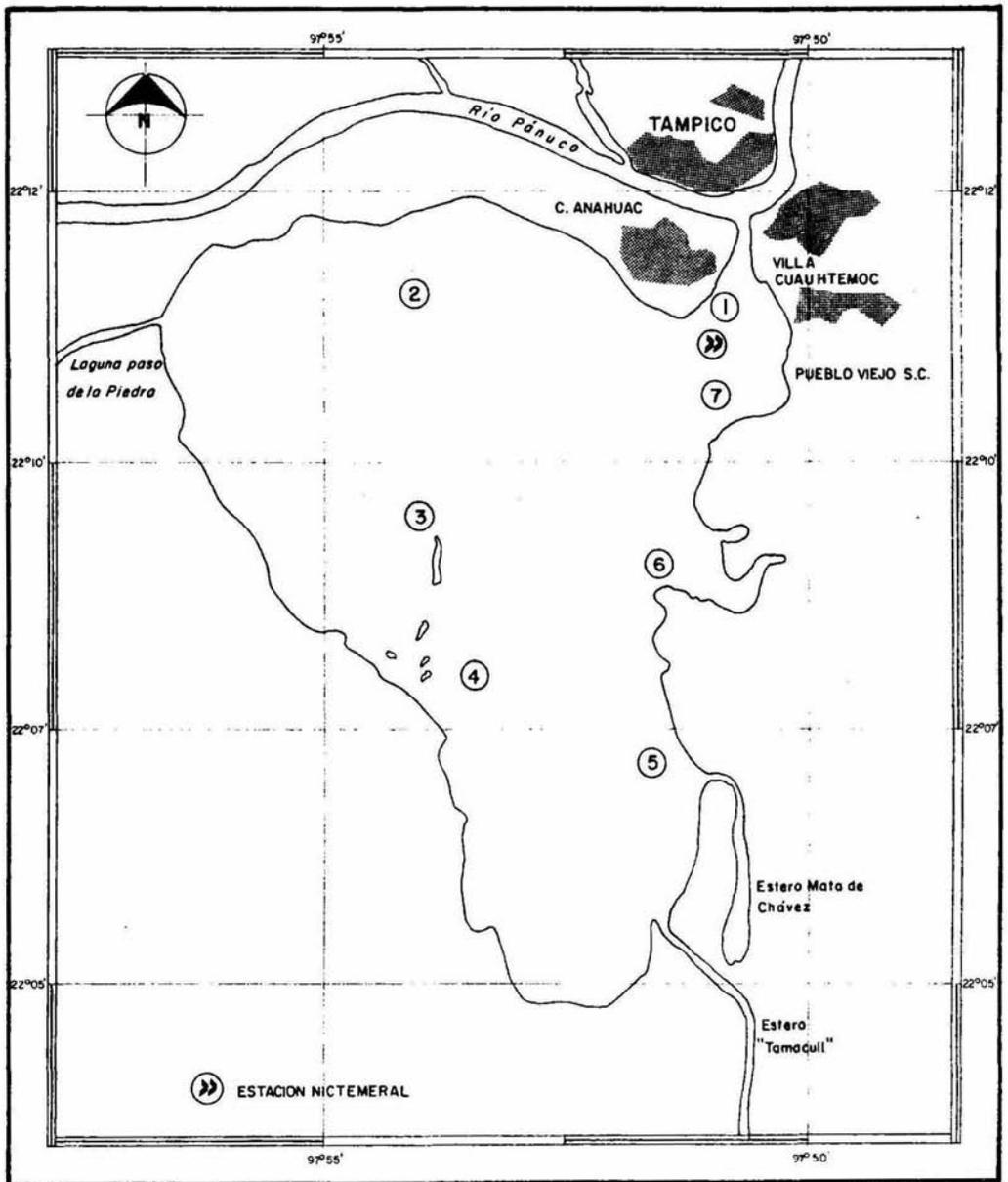


FIG. I  
 LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MUESTREO EN LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO VER.  
 ESC: 1:100,000

## 5. MATERIAL Y METODOS

Se realizaron seis muestreos mensuales durante un lapso que comprendió de octubre de 1982 hasta abril de 1983.

Se tomaron muestras de agua superficial con ayuda de una botella Niskin con capacidad de 1.25 l, mismas que se utilizaron para la determinación de factores abióticos como temperatura, potencial hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto, y para factores bióticos como pigmentos.

La temperatura del agua se midió con un termómetro convencional; el pH con papel indicador y el oxígeno disuelto siguiendo el método de Winkler (Strickland and Parson, 1972).

La transparencia del agua se estimó con ayuda de un disco de Secchi, como profundidad de visibilidad en centímetros (Schwoerbel, 1975)

En cuanto a la intensidad lumínica, se empleó un fotómetro sencillo de fabricación personal, siguiendo las recomendaciones de Jerlov (1976); Cole (1979) y Steemann Nielsen (1975). Las unidades que maneja dicho aparato están dadas en watts, mismas que fueron transferidas a langley/minuto, de acuerdo con la ecuación

$$1 \text{ watt/cm}^2 = 14.3 \text{ ly/min. (Steemann Nielsen, 1975)}$$

La intensidad lumínica se midió tanto en la superficie, fuera del agua, como a la profundidad del Secchi para estimar la atenuación, referida como porcentaje de disminución de la intensidad.

Para el estudio de los organismos fitoplanctónicos se hicieron muestreos con una red de plancton de 50µ de abertura, con un tiempo de arrastre de 5 min a la velocidad aproximada de 1 km/h, en un diametro de 15 m.

En el laboratorio, la concentración de clorofilas a, b y c fue estimada de acuerdo a la técnica de Strickland and Parson (1972), utilizando también las ecuaciones de Jeffrey and Humphrey (1975) y Alexander (1961); la determinación de feopigmentos y carotenoides fue según Strickland and Parson (1972).

Se determinó el Índice de Diversidad de Margalef (1981) según las longitudes de onda  $D_{430}/D_{665}$  (absorbancias).

El conteo e identificación de los géneros más abundantes relativamente, se realizó de acuerdo con el método Utermöhl (UNESCO, 1978).

Se realizó un muestreo nictemeral en donde se efectuaron mediciones cada dos horas de factores abióticos como temperatura, potencial hidrógeno, oxígeno disuelto y salinidad, este último se estimó con un refractómetro. En cuanto a los factores bióticos, se hicieron muestreos

para número de células y abundancia relativa de géneros. Este muestreo nictemeral se realizó entre las 1000 hs y las 0900 hs del día 7 de abril, siguiendo la metodología anteriormente descrita.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1. Factores abióticos.

La Laguna de Pueblo Viejo se ha caracterizado por ser un cuerpo de agua somero tal como lo señala SRH en su informe de 1974, por lo que, la temperatura del agua se manifiesta como un resultado de la acción atmosférica ya sea por la insolación o bien del enfriamiento del aire durante la noche.

Durante todos los muestreos realizados para el presente estudio, se trabajó en condiciones de norte, teniendo las condiciones climáticas más severas durante los meses de noviembre, diciembre y marzo.

Como valor promedio mensual de temperatura, en octubre se presentó la más alta de 26.5° C y en diciembre la más baja de 18.7°C (Tabla 2).

A pesar de que la mayoría de los muestreos se realizaron en condiciones de "norte", las temperaturas más altas se registraron tanto a finales del otoño, como a principios de primavera y las más bajas durante el invierno como puede apreciarse en la Tabla 1.

No se apreció un verdadero gradiente de temperaturas dentro de la laguna sin embargo estas fueron más bajas generalmente en la zona oeste, en Cementos Anáhuac, la

Isleta Grande y entre las dos Isletas Chicas (localidades 2,3 y 4).

Cruz (1973) registró el mismo patrón mensual de temperatura pero para 1969, lo cual indica que el comportamiento de este parámetro no ha variado significativamente a través del tiempo.

De acuerdo con los datos obtenidos de temperatura del agua en la Laguna de Pueblo Viejo, y comparándolos con los de otras lagunas del Golfo, se encontró una semejanza con lo registrado por Barba y Sánchez (1981) en la Laguna de Tamiahua, Ver., quienes registraron valores más bajos durante el invierno, de  $16.0^{\circ}\text{C}$ , en primavera de  $29.2^{\circ}\text{C}$  y en otoño de  $16.2^{\circ}\text{C}$ .

El potencial hidrógeno señaló una visible oscilación, de 4.5 a 8.0, tanto en el espacio como en el tiempo, con una tendencia hacia la acidez durante el periodo de muestreo (Tabla 1, Fig 2).

Específicamente el pH más bajo fue registrado frente a la Cooperativa de Pueblo Viejo (pH 4.5 en la Tabla 1). Este nivel de acidez fue registrado en el trabajo realizado por la SRH en su informe de 1974, quienes señalan que posiblemente se daba a la gran cantidad de materia orgánica en descomposición que es vertida a la laguna

en el área de las cooperativas.

Sin embargo y a pesar de esto, se puede decir que el pH se mantuvo dentro del rango deseable para el desarrollo de los organismos en la mayoría de los meses y de las localidades, tomando en cuenta los conceptos de Horne (1972).

Comparativamente con otras lagunas, Contreras(1983) encuentra que en la Laguna de Tampamachoco, Ver. los valores de pH tienden a ser más bien básicos (8 y 9) a pesar de que señala un efecto de asentamientos de tipo industrial de reciente desarrollo.

La variación en la intensidad lumínica dentro y fuera del agua en la Laguna de Pueblo Viejo estuvieron sujetas tanto a las horas del día en que se muestreó, como a las fluctuaciones estacionales en las que, como señala Gómez-Aguirre (1981) son importantes por la nubosidad. En general se puede decir que los valores aquí registrados fueron muy bajos en comparación con lo que reporta Raymond (1980) para un área comprendida entre 30° de latitud norte y 65° a 77° de longitud oeste, en donde, durante los meses de noviembre y abril, registra intensidades lumínicas inferiores a 0.141 ly/min en promedio.

En el sistema lagunar Nichupté, Q. Roo, el Fondo Na

cional del Fomento al Turismo (FONATUR), en 1984 registra valores de radiación solar de 450 ly/día (0.3125 ly/min) en otoño, de 400 ly/día (0.27 ly/min) en invierno y en primavera de 500 ly/día (0.347 ly/min).

En el presente estudio la máxima intensidad de luz registrada en la superficie fue de  $0.9 \times 10^{-6}$  ly/min en diferentes localidades, horas del día y en diferentes meses como se muestra en la Tabla 1.

Por lo contrario, la mínima intensidad lumínica que se obtuvo fue de  $0.149 \times 10^{-6}$  ly/min durante el muestreo del mes de abril a las 0930 hs en el Canal Principal (localidad 1) como se puede observar en la Tabla 1.

A la profundidad del Secchi, los valores máximos de intensidad lumínica se registraron en enero con  $0.735 \times 10^{-6}$  ly/min en la parte central, específicamente en la Isleta Grande (estación 3) y al sureste, cerca del Canal de Mata de Chávez (estación 5); por lo contrario, en noviembre y en abril se registraron los valores más bajos, de  $0.020 \times 10^{-6}$  ly/min en la parte central también en la Isleta Grande y en el Canal Principal (estaciones 3 y 1).

Se puede considerar que la turbidez (turbiedad) del agua en los estuarios y lagunas costeras, inversa a la

transparencia, muestra un ciclo anual que obedece al régimen del clima de la región, es decir, a lluvias, vientos, aportes fluviales, etc. (Gómez-Aguirre, 1981).

De acuerdo a esto, el periodo de muestreo en la Laguna de Pueblo Viejo, estuvo caracterizado por fuertes vientos, lluvias y por corrientes que provocaron la mezcla de sus fondos lodosos originando una disminución en la transparencia, registrándose las condiciones climáticas más desfavorables a finales del otoño y a principios de primavera. Al respecto, García (1972) hace mención de que a finales del otoño los vientos del sureste son más intensos que los del norte y este, y durante la primavera los vientos predominantes son del este, noreste y sureste con velocidades de 22 a 25 Km/h. Posiblemente los vientos cambiantes originaron que no se pudiera apreciar un verdadero gradiente espacial de la transparencia del agua en los meses de muestreo, aunque hubo un predominio de los vientos del norte.

Durante el mes de octubre se registró el valor máximo de profundidad de visibilidad promedio de 48.57 cm, a pesar de que en este mes no se registró la máxima intensidad de luz; durante marzo el valor mínimo fue de 22.85 cm, aunque la mínima intensidad se haya encontrado en noviembre. Esto puede explicarse de acuerdo a un

patrón de circulación, corrientes o sólidos en suspensión de origen terrestre que hayan impedido, en algunos casos, la penetración de la luz y con esto una mayor atenuación estimada como porcentaje de penetración.

Como se mencionó anteriormente, no fue posible observar un gradiente en el espacio de acuerdo a este factor ya que, la transparencia varió en forma indistinta. Generalmente se observó que en la parte central así como la parte sureste, la transparencia del agua fue escasa, a diferencia de la encontrada en la parte oeste, en donde la profundidad de visibilidad fue de 25 a 60 cm en todos los meses.

Ayala-Castañares *et al.* (1969) diferenciaron en la Laguna de Tamiahua tres áreas diferentes de transparencia; aquellas aguas claras con visibilidad mayor de 1 m, aguas de turbidez media con visibilidad entre 0.5 m y 1 m, y aguas con visibilidad menor de 0.5 m. Utilizando esta clasificación para los datos obtenidos en la Laguna de Pueblo Viejo, con profundidad máxima promedio de visibilidad de 63 cm, correspondió a un ambiente de turbidez media, durante finales de otoño, invierno y primavera, bajo condiciones de norte durante todos los muestreos mensuales.

En cuanto al porcentaje de disminución de la intensi-

dad de la luz no se pudo apreciar un verdadero gradiente horizontal ya que su comportamiento fue más bien heterogéneo.

El mayor porcentaje de disminución en las estaciones de muestreo, se registró durante el mes de noviembre en la parte norte de la laguna, específicamente frente a Cementos Anáhuac (estación 2) en donde este fue de 95.2% indicando así que la intensidad lumínica (ly/min) recibida en la superficie sólo pudo penetrar a la profundidad del disco de Secchi un 4.8%

En marzo también se registró un 90.7 % de disminución de la intensidad lumínica en la parte suroeste, entre las Isletas Chicas (estación 4), cuando la profundidad de visibilidad fue de 25 cm, indicando así que sólo el 9.3 % de la intensidad obtenida en la superficie ( $0.934 \times 10^{-6}$  ly/min) penetró a la profundidad del Secchi.

Pór lo contrario, el valor más bajo de dicho porcentaje se encontró en la zona noroeste, en la Isleta Grande (estación 3) durante el mes de enero con 13.4% cuando la profundidad del disco de Secchi fue de 30 cm. Además aquí se registró durante este mes uno de los valores más altos de intensidad tanto en la atmósfera como a la profundidad del Secchi, situación posiblemente debida a condiciones de circulación regionales y material en sus

pensión, como ya fue señalado.

El oxígeno disuelto en el agua superficial de la Laguna de Pueblo Viejo tuvo un valor promedio máximo de 8.0 ml/l, en el mes de noviembre y un mínimo de 6.3 ml/l en enero.

Las concentraciones de dicho gas fueron en su mayoría altas. A excepción de las registradas en la zona norte, en el Canal Principal (estación 1), no se observó variación apreciable entre los meses de muestreo (6.4 a 8.0 ml/l).

En general, el panorama que mostró el oxígeno disuelto en la superficie del agua durante el final del otoño, el invierno y principios de primavera, estuvo asociado con las condiciones climáticas de fuertes vientos, lluvias, etc. Cruz (1973), reporta que en esta laguna las condiciones a diferentes niveles de profundidad se mantienen homogéneas debido a la acción de los vientos originando más o menos ininterrumpidamente las mezclas de masas de agua.

Comparativamente con otras lagunas del Golfo, las concentraciones de dicho gas en la Laguna de Pueblo Viejo fueron altas; Contreras (1983), en la Laguna de Tampamachoco registró en un periodo bianual (1980-1981) concen-

traciones máximas de 5.31 ml/l en mayo y mínimas de 3.22 ml/l en abril.

TABLE 1 Variación por localidad de los Parámetros Abióticos  
en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver.

Meses de Muestreo Localidades	Hora	Factores							
		Temperatura ( °C )	pH	Profundidad de visibilidad con el Disco de Secchi. (cm)	Intensidad lumínica (X 10 <sup>-6</sup> ly/min)		Porcentaje de Disminución de luz (%)	Oxígeno Disuelto (ml/l)	
					Superf.	Prof.			
OCTUBRE	1	1145	25	5	63	0.632	0.149	29	6.9
	2	1203	27	6.5	60	0.813	0.571	29.7	6.8
	3	1215	26	6	50	0.879	0.632	28.1	6.7
	4	1230	27	6	37	0.874	0.511	41.5	6.6
	5	1250	27	6	60	0.874	0.632	27.7	7.3
	6	1320	27	6	35	0.874	0.571	34.6	7.8
	7	1340	27	6	35	0.874	0.571	34.6	8.0
NOVIEMBRE	1	1110	20	7	30	0.300	0.028	90.8	8.1
	2	1131	19	8	35	0.571	0.028	95.2	7.8
	3	1150	19	8	30	0.300	0.020	93.1	8.2
	4	1202	19	7	35	0.450	0.028	93.9	8.2
	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-
DICIEMBRE	1	1042	17	8	35	0.692	0.450	35.0	7.6
	2	1110	17	7	30	0.813	0.632	22.3	7.7
	3	1130	15	7	30	0.934	0.571	38.9	8.2
	4	1145	20	7	30	0.874	0.450	48.5	8.0
	5	1200	20	7	30	0.813	0.571	29.8	8.0
	6	1235	20	7	40	0.874	0.571	29.8	8.1
	7	1250	22	7	30	0.813	0.450	44.6	7.7
ENERO	1	1210	20	7	30	0.875	0.692	20.9	6.6
	2	1230	20	7	35	0.934	0.300	67.8	6.1
	3	1250	21	7	30	0.875	0.753	13.4	4.7
	4	1310	21	7	25	0.753	0.511	32.1	6.1
	5	1325	21	7	35	0.934	0.753	19.4	6.7
	6	1350	21	7	35	0.934	0.753	19.4	8.1
	7	1425	21	7	30	0.875	0.450	48.6	6.1
MARZO	1	1245	25	6.5	30	0.753	0.300	60.2	7.7
	2	1305	25	6.5	20	0.855	0.149	83.0	7.6
	3	1350	25	6.5	20	0.995	0.208	79.1	7.7
	4	1410	25	6.5	25	0.934	0.087	90.7	7.2
	5	1430	25	6.5	20	0.753	0.208	72.4	6.8
	6	1500	25	6.5	20	0.874	0.269	69.2	7.7
	7	1530	25	6	30	0.995	0.208	79.1	7.7
ABRIL	1	0930	21	7	10	0.149	0.028	18.8	7.9
	2	1000	20	7	30	0.300	0.149	50.3	5.9
	3	1020	20	7	25	0.390	0.149	61.8	6.1
	4	1035	20	7	30	0.390	0.149	61.8	9.0
	5	1045	21	7	30	0.300	0.149	50.3	9.5
	6	1105	21	6.5	30	0.510	0.149	70.8	8.6
	7	1130	20	4.5	30	0.390	0.149	61.8	7.2

- = no se determinaron.

TABLA 2. Valores Promedio de los Parámetros Abióticos  
en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver.

Mes de Muestreo	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Marzo	Abril
<b>Factores</b>						
Temperatura del agua (°C)	26.57	19.25	18.7	20.7	25.0	20.4
pH	5.9	7.5	7.1	7.0	6.4	6.5
Intensidad lumínica en la superficie ( X 10 <sup>-6</sup> ly/min)	0.83	0.4	0.83	0.88	0.88	0.35
Intensidad lumínica a la profundidad de visibilidad (X 10 <sup>-6</sup> ly/min)	0.52	0.07	0.52	0.60	0.2	0.12
Profundidad de Visibilidad con el Disco de Secchi (cm)	48.57	32.5	32.14	31.42	22.85	26.42
Oxígeno Disuelto (ml/ l)	7.1	8.0	7.9	6.3	7.5	7.0

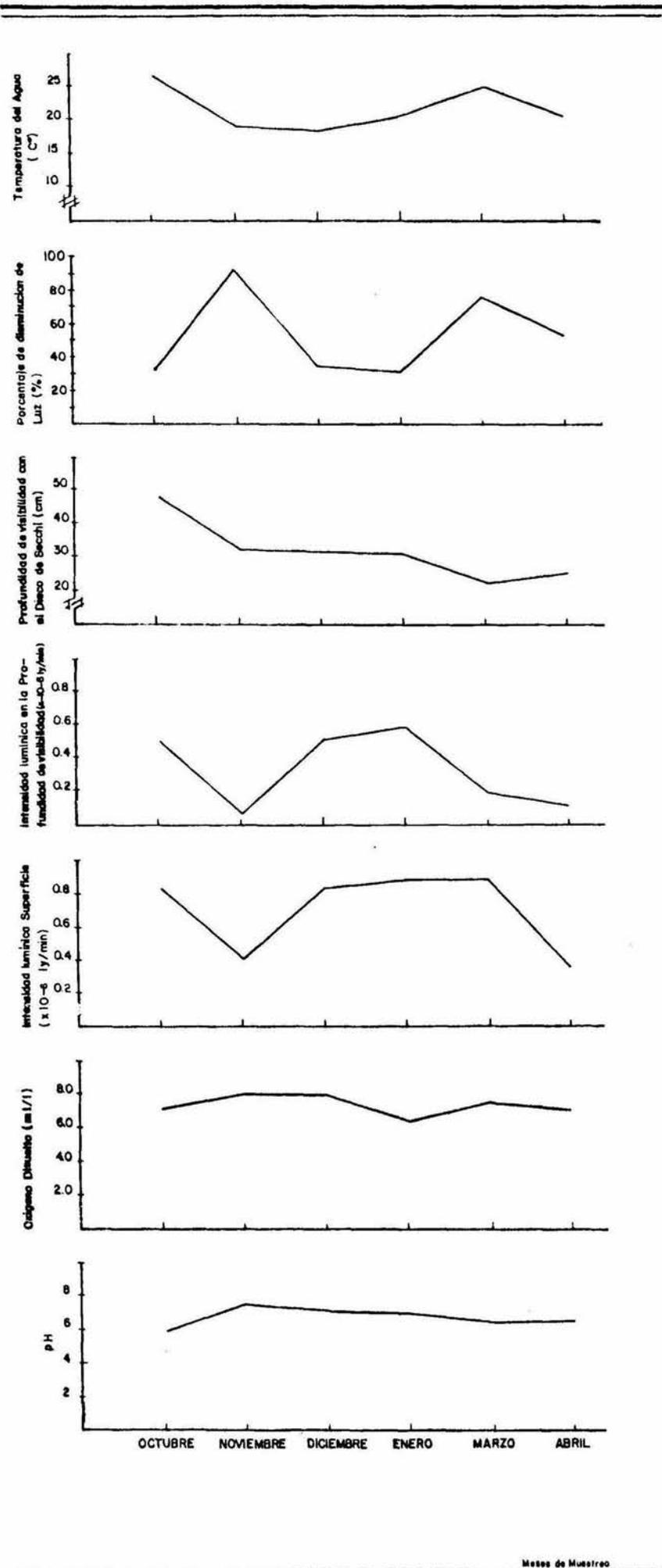


FIG. 2 VALORES PROMEDIO MENSUALES DE LOS FACTORES ABIÓTICOS EN LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VER.

Meses de Muestreo

## 6.2. Factores bióticos.

La cantidad de clorofila  $a$  estimada en el presente estudio proporciona información sobre la biomasa vegetal que está participando en la producción primaria del sistema, como lo estima Morris (1980).

Los valores mensuales de clorofila  $a$  estimados según la fórmula de Strickland and Parson (1972), no excedieron de los  $3.0 \text{ mg/m}^3$ . Durante los meses de octubre y noviembre, en promedio, se registraron las concentraciones más altas de este pigmento con  $2.92 \text{ mg/m}^3$  y  $2.98 \text{ mg/m}^3$  respectivamente. En enero y marzo se obtuvieron las concentraciones más bajas en promedio,  $0.1 \text{ mg/m}^3$  y  $0.15 \text{ mg/m}^3$ , respectivamente como se puede apreciar en la Tabla 4.

Este comportamiento se puede explicar de acuerdo con las anotaciones que hace Raymond (1980), en el sentido de que durante el ciclo anual, en un cuerpo de agua, se presentan dos incrementos en la concentración de clorofila  $a$ . El primero, de mayor magnitud que corresponde al periodo de primavera y el otro menor se presenta durante el otoño. En primavera la concentración de nutrientes en las capas superficiales del agua es inicialmente alta, pero comienza a decrecer debido a su consumo por el rá-

pido crecimiento del fitoplancton.

En el mes de octubre se observó un gradiente de distribución espacial de la clorofila  $a$ . El valor más alto,  $10.23 \text{ mg/m}^3$  se obtuvo en la parte norte, específicamente en la estación 1, en el Canal Principal, mismo que fue disminuyendo hacia el sur hasta que en el Canal de Mata de Chávez (estación 5) la concentración de este pigmento fue de  $0.2 \text{ mg/m}^3$ . Tal situación puede deberse a la influencia de aportes continentales a través del Río Pánuco (Tabla 3).

Durante el mes de noviembre, cuando las condiciones climáticas fueron poco favorables ("norte"), las concentraciones de clorofila  $a$ , en la parte oeste de la laguna, fueron bajas a diferencia de la que se registró en la parte norte, en el Canal Principal (estación 1), en donde se obtuvo un valor de  $9.08 \text{ mg/m}^3$ .

En los meses de diciembre, enero y marzo, la distribución fue heterogénea por lo cual no fue posible apreciar una distribución espacial (Tabla 3).

A semejanza de octubre, en abril, se pudo observar un ligero gradiente de distribución el cual varió de la parte norte con las concentraciones más altas,  $1.01 \text{ mg/m}^3$ .

Lara-Lara y Alvarez Borrego (1975), observaron una distribución superficial de la clorofila  $a$  en la Bahía de San Quintín a finales del invierno, de tal manera que

los valores disminufan de la boca hacia el interior de la misma, señalando un efecto combinado de la variación en la irradiación solar y por el efecto de las mareas.

Los valores obtenidos de clorofila *a* calculadas a par tir de las ecuaciones de Jeffrey and Humphrey (1975) y Alexander (1961), difieren en  $0.97 \text{ mg/m}^3$  y  $1.002 \text{ mg/m}^3$  respectivamente, de los que se obtuvieron con las ecuaciones de Strickland and Parson (1972) como se muestra en la Tabla 4.

De manera estacional se apreció una relación entre la temperatura superficial del agua y la concentración de clorofila *a* , esto es, en otoño y primavera se registraron mayores concentraciones de este pigmento y las temperaturas más altas.

Así mismo, pero de una manera inversa se apreció una relación entre los promedios de clorofila *a* mensuales y el promedio de la intensidad lumínica mensual (Figs.2 y 3)

Según Margalef (1969), si las concentraciones de los distintos elementos nutritivos son apropiados, la producción primaria por clorofilas, guarda notable proporcionalidad con la intensidad de luz. Pero tanto la concentración de estos pigmentos como el crecimiento y el ritmo a que se multiplican las células están sometidas a limitaciones fisiológicas de otro tipo, de manera que existe un valor de saturación a partir del cual, la pro-

ducción por unidad de biomasa, esto es concentración de clorofila  $\alpha$  , no aumenta aunque se incremente la intensidad de luz.

Durante el invierno, cuando se registraron las concentraciones más bajas de este pigmento, a pesar de que las intensidades de luz fueron altas respecto a la profundidad de visibilidad, el porcentaje de disminución de la intensidad fue 33.59 % en promedio en comparación con el otoño, en el cual se observó una disminución de 48.71 % y en donde la concentración de clorofila  $\alpha$  fue más alta a diferencia de la concentración de este pigmento registrada en invierno.

Las intensidades de luz obtenidas en primavera fueron bajas a diferencia de las concentraciones de clorofila  $\alpha$ . Al respecto señala Strickland (1958) que en épocas de vientos fuertes, como fue el caso específico de abril, la cantidad de energía solar disminuye hasta en un 30 % debido a la reflectividad, además esta energía depende del ángulo del sol en las diferentes estaciones del año, y de otros factores como la cobertura de las nubes, del polvo y del contenido de vapor de agua en la atmósfera.

Millán Núñez y Alvarez Borrego (1978), encuentran en las bocas de dos lagunas de Baja California concentraciones de clorofila  $\alpha$  a finales de invierno de 0.3 a 1.3 mg/m<sup>3</sup> y de 0.8 a 15.7 mg/m<sup>3</sup>, las cuales al ser compa

radas con lo obtenido en el presente trabajo, durante la misma época, ( $0.22 \text{ mg/m}^3$  y  $0.1 \text{ mg/m}^3$ ), parecen señalar niveles bajos; sin embargo, las condiciones climáticas son bastante diferentes no solo por latitud, sino por aquellas climáticas regionales como los denominados "nortes".

En la Laguna de Alvarado, Villalobos *et al.* (1975) reportan por su parte concentraciones de clorofila *a* que van de  $0.646 \text{ mg/m}^3$  a  $9.97 \text{ mg/m}^3$  durante la primavera en diferentes localidades, valores que resultan ser también superiores a los registrados durante el presente estudio en la misma época del año.

Por otra parte, las concentraciones de este pigmento pueden cambiar hasta en un orden de diez horas en las lagunas costeras como lo señala Alvarez Borrego *et al.* (1977b) para las lagunas de Baja California.

En cuanto a la relación con el oxígeno disuelto, el promedio máximo se registró en noviembre, con  $8.0 \text{ ml/l}$ , valor que coincidió con la concentración más alta promedio de clorofila *a* de  $2.92 \text{ mg/m}^3$  durante el mismo mes. Así también la concentración promedio de oxígeno más baja, de  $6.34 \text{ ml/l}$  coincidió con la concentración de clorofila *a* promedio más baja, de  $0.1 \text{ mg/m}^3$ . Esto indica que si bien es cierto en este tipo de aguas someras existe una gran influencia de las condiciones ambientales (lluvia, vien-

tos, corrientes, etc.) en la disolución de este gas, en este caso se puede pensar también que la fotosíntesis ha ya influido en la concentración de dicho gas.

El comportamiento de la clorofila *b* fue muy parecido al de la clorofila *a* (Fig.3), a pesar de que en algunas estaciones las concentraciones fueron más altas. Al respecto Jeffrey (1974), reporta que la presencia de cantidades significativas de este pigmento en aguas costeras se debe a la presencia de algas verde azules.

Las concentraciones de este pigmento según la fórmula de Strickland and Parson (1972), presentaron un valor máximo mensual en octubre de  $3.85 \text{ mg/m}^3$  y el más bajo de  $0.08 \text{ mg/m}^3$  en enero (Tabla 4).

Al igual de lo que ocurrió con la clorofila *a*, la clorofila *b* mostró un ligero gradiente de distribución superficial en los meses de octubre, marzo y abril, en donde las concentraciones más altas se observaron en la parte norte y disminuyeron gradualmente hacia el sur de la laguna (Tabla 3).

En las localidades centrales y este la cantidad de este pigmento no excedieron de  $1.6 \text{ mg/m}^3$ , y en diciembre, enero y marzo en varias estaciones no se detectó concen-

tracción alguna.

Millán Núñez y Alvarez Borrego (1978), han registrado concentraciones de clorofila *b* en dos lagunas costeras de Baja California de  $0.1 \text{ mg/m}^3$  a  $0.6 \text{ mg/m}^3$  y de  $0.1$  a  $2.9 \text{ mg/m}^3$  a finales del invierno. Los valores obtenidos en la laguna en estudio oscilaron entre  $0.5 \text{ mg/m}^3$  y  $0.0 \text{ mg/m}^3$ , situación explicable por la misma razón expuesta para la clorofila *a*, probablemente.

Los valores obtenidos de este pigmento, al emplear las ecuaciones de Strickland and Parson (1972), difieren en  $1.08 \text{ mg/m}^3$  más que los obtenidos con las ecuaciones de Jeffrey and Humphrey (1975). (Tabla 4).

La clorofila *b* mostró una correlación positiva estacional con la temperatura ya que durante otoño y primavera, en donde las temperaturas fueron más altas, la concentración de dicho pigmento también fue de las más altas principalmente en otoño. (Figs. 2 y 3).

De igual forma se pudo apreciar una relación directamente proporcional con la profundidad de visibilidad y con la concentración de oxígeno disuelto.

La clorofila *c* es un pigmento parcialmente oxidado derivado de la clorofila *a*, pero sin la cadena fitol. Es

te lo contienen principalmente, en mayor abundancia las diatomeas y las algas cafés (Golterman,1975).

De las estimaciones hechas en el presente estudio, el valor mensual promedio, utilizando las ecuaciones de Strickland and Parson (1972), fue de  $15.00 \text{ mg/m}^3$  durante el mes de noviembre, indicando ser el más alto; y en enero de  $0.44 \text{ mg/m}^3$  como el más bajo.

Por localidad, se observó que en la región norte, cerca del Canal Principal (estación 1), la cantidad de este pigmento, en octubre fue de  $40.04 \text{ mg/m}^3$ , valor que ascendió a  $50.45 \text{ mg/m}^3$  en noviembre en la misma estación (Tabla 4).

Así mismo, como para los pigmentos anteriores, la clorofila *c* en varias estaciones de diciembre, enero y marzo no registró valor alguno.

A diferencia de las clorofilas *a* y *b*, en cuanto a la clorofila *c* no fue factible observar un verdadero gradiente de distribución espacial por lo que se vió un comportamiento heterogéneo.

Comparativamente con las estimaciones hechas de este pigmento por Millán Núñez y Alvarez Borrego(1978), a finales de invierno, quienes registran valores que van de  $0.1 \text{ mg/m}^3$  a  $0.9 \text{ mg/m}^3$  las concentraciones obtenidas en el presente estudio resultan ser tres veces mayores, de  $0.0 \text{ mg/m}^3$  a  $3.05 \text{ mg/m}^3$ .

Por otro lado los valores obtenidos de clorofila *c* al emplear las ecuaciones de Jeffrey and Humphrey (1975), difieren en  $4.12 \text{ mg/m}^3$  menos que los valores obtenidos a partir de las ecuaciones de Strickland and Parson (1972). (Tabla 4 )

Los carotenoides tienen su principal función en la fase oscura y aunque no se ha demostrado evidentemente, se ha sugerido que tienen un papel protector de los pigmentos activos contra la intensa radiación (Golterman,1975).

Según las ecuaciones dadas por Strickland and Parson (1972), expresadas en unidades arbitrarias, los factores de concentración son elegidos con base en el tipo de población dominante del fitoplancton.

El comportamiento de los carotenoides en la Laguna de Pueblo Viejo, durante el periodo de muestreo siguió el mismo lineamiento que las clorofilas *a* y *b*, en cuanto a la variación en su concentración. Los valores promedio más bajos de carotenoides se encontraron durante el invierno y principios de primavera, los cuales no superaron a los  $0.8 \text{ mg/m}^3$ . El valor máximo promedio se obtuvo en noviembre con  $2.95 \text{ mg/m}^3$ . Durante octubre fue posible apreciar un ligero gradiente que fue de norte, con las más altas concentraciones ( $8.2 \text{ mg/m}^3$ ), hacia el sur, con valores más bajos ( $0.8 \text{ mg/m}^3$  a  $0.2 \text{ mg/m}^3$ ) como

se puede apreciar en la Tabla 3.

De manera global se observó que a finales de otoño y a principios de primavera, las concentraciones más altas de clorofilas *a*, *b* y *c*, como de carotenoides se registraron en la mayoría de las veces en la región norte, específicamente cerca del Canal Principal (estación 1) y al sur de la laguna (estaciones 4 y 5), mientras que los valores más bajos se registraron en el centro de la laguna. Por lo contrario, durante diciembre las más altas concentraciones se obtuvieron en la parte central (estaciones 2, 3, 4 y 6). Esto muy posiblemente se deba a un aspecto sucesional en el tiempo y en el espacio según los conceptos de Margalef (1981).

Se debe hacer notar una relación entre la concentración de los pigmentos y la marea, ya que los valores altos de éstos, principalmente en el área cercana al Canal Principal, se registraron en mareas altas y en bajamar las concentraciones más bajas en esta misma área (Figs. 2 y 3).

Por otro lado, se pudo apreciar que la clorofila *c* durante todos los meses y en todas las localidades fue más abundante que la clorofila *b* y estas a su vez que la clorofila *a*. Además de que la concentración de carotenoides fue ligeramente más alta que la clorofila *a* (Fig.3). Al

respecto Margalef (1967), señala en general que a medida que la población de fitoplancton es más vieja y se encuentra en un medio más deficiente de elementos nutritivos, tiende a aumentar las proporciones de clorofila *b* y *c* y de carotenoides, con respecto a las concentraciones de clorofila *a*. Por lo que puede esperarse que esta laguna en estudio tenga deficiencias nutricionales no solo temporales sino espaciales. Aunado a esto, los factores abióticos no muestran un comportamiento regular con variaciones en lapsos cortos, como lo señalan Alvarez Borrego *et al.* (1977) en las lagunas de Baja California.

Los feopigmentos o productos de transformación de la clorofila *a*, se encuentran en aguas naturales y en parte son el resultado de la deficiencia de nutrientes y de células muertas del fitoplancton, así como también del producto de la alimentación de los herbívoros. Estos productos, como la feofitina *a*, interfieren en la lectura de absorbancia de la clorofila *a*, ya que absorben en el mismo rango del espectro (Morris, 1980; Lorenzen, 1965).

Yentsch (1965) manifiesta que la presencia de feopigmentos se deben a variaciones en la intensidad de luz, observó que los periodos prolongados de obscuridad indu-

jeron a la formación de feopigmentos en diatomeas como *Skeletonema costatum*, y que esto se debía a la pérdida del átomo de Mg de la clorofila  $a$ . Dicha pérdida es un proceso aparentemente reversible, lo cual puede explicarse como una rápida fotooxidación del feopigmento bajo la presencia de luz y una transformación a clorofila en algunas células intactas.

En la Laguna de Pueblo Viejo, las determinaciones de este pigmento fueron muy bajas en relación al contenido de clorofila  $a$ .

Debido a que en la mayoría de los meses no hubo registro de feopigmentos, la distribución espacial de la feofitina  $a$  se registrará puntualmente como estaciones.

La concentración de feofitina  $a$  en octubre fue de  $0.05 \text{ mg/m}^3$  en la Isleta Grande (estación 3) valor que disminuyó a  $0.03 \text{ mg/m}^3$  hacia la parte sur de la laguna, entre las Isletas Chicas (estación 4), en el mismo mes. Estos fueron básicamente los valores más altos registrados durante todo el muestreo. En el resto de los meses y en la mayoría de las estaciones no se registró concentración alguna (Tabla 3).

Dado que la feofitina  $a$  es un producto de transformación de la clorofila  $a$ , como ya se indicó, las bajas concentraciones de ésta última explican la escasez de feo

pigmentos (Yentsch, 1965).

Millán Núñez y Alvarez Borrego (1978), encontraron variaciones de feofitina  $a$  durante el invierno de  $0.00 \text{ mg/m}^3$  a  $0.9 \text{ mg/m}^3$  en el estero Punta Banda (B.C.), en concentraciones bajas de nutrientes y con alto contenido de clorofila  $a$ , por lo que se considera un aspecto que haya influido también en la laguna en estudio. Al respecto señalan que frecuentemente cuando se hacen estas determinaciones se tienen errores en la metodología.

De acuerdo a Margalef (1965, 1974), entre el índice  $D_{430}/D_{665}$  y la diversidad de especies existe una fuerte correlación positiva. Menciona que dicho índice está comprendido entre 2.4 y 3.6 en el plancton de los lagos oligotróficos y entre 1.4 y 2.4 en el de los eutróficos.

Aplicando dichos límites en el presente estudio, los valores obtenidos en la proporción  $D_{430}/D_{665}$  indicaron que en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero, el plancton de la Laguna de Pueblo Viejo resultó estar en condiciones de eutrofia ya que se obtuvieron valores del índice de diversidad de pigmentos de 2.3, 1.13, 0.97 y 1.5 respectivamente. Durante los meses de marzo y abril, donde se obtuvieron valores del orden de 2.7 y 2.6 respec

TABLA 3. Variación por localidad de los parámetros bióticos en la Laguna Pueblo Viejo, Ver.

Mes de Muestreo	OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE							ENERO							MARZO							ABRIL						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Estación	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Parámetro																																										
Clorofila a	10.23	1.26	0.89	0.78	0.20	1.83	5.28	9.08	1.42	0.41	1.02	-	-	-	0.00	0.84	0.20	0.00	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.20	0.20	0.32	0.08	0.08	0.37	0.37	0.00	0.08	0.08	1.01	0.84	0.71	0.55	0.61	0.81	0.40		
Clorofila b	13.31	2.3	1.48	1.28	0.24	2.15	6.21	9.20	1.67	0.48	1.19	-	-	-	0.00	0.54	0.24	0.00	0.24	0.24	0.2	0.00	0.00	0.24	0.15	0.20	0.10	0.10	0.39	0.43	0.00	0.10	0.10	1.02	0.45	0.84	1.46	0.63	0.95	0.39		
Clorofila c	40.04	4.76	4.68	3.50	0.68	6.13	17.70	50.45	4.77	1.36	3.41	-	-	-	0.00	3.05	0.68	0.00	0.68	0.68	0.34	0.00	0.00	0.68	1.78	0.63	0.27	0.27	1.78	1.23	0.00	0.27	0.27	5.61	4.15	2.38	2.49	3.14	2.72	2.46		
Carotenoides	8.20	1.10	0.72	0.80	0.20	1.80	4.20	9.00	1.40	0.40	1.00	-	-	-	0.00	0.80	0.19	0.00	0.19	0.19	0.08	0.00	0.00	0.20	0.40	0.20	0.08	0.08	0.46	0.36	0.00	0.08	0.08	0.80	0.60	0.70	0.60	0.60	0.80	0.40		
Feofitina c	0.03	0.02	0.05	0.03	0.003	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.004	-	-	-	-			
D <sub>430</sub> /D <sub>665</sub>	1.38	3.30	3.46	1.80	2.50	1.60	2.25	1.36	1.06	1.10	1.00	-	-	-	2.80	3.00	-	1.00	-	-	-	1.0	3.00	2.00	1.00	2.50	2.00	3.10	3.30	2.70	2.40	2.90	2.60	2.20	3.00	3.00	2.10	3.30	3.00	1.20	2.60	
No. Cél/1 X 10 <sup>3</sup>	20.02	34.00	27.00	8.5	9.5	45.5	49.5	34.5	2.5	30.0	2.5	-	-	-	63.0	48.0	25.0	37.0	38.0	39.0	153.5	34.0	21.5	49.0	65.0	14.5	13.0	113.5	322.0	194.5	277.0	451.5	563.0	449.0	168.0	82.0	154.5	24.0	81.5	212.0	185.5	31.0

TABLA 4. Contenido de Pigmentos Fitoplanctónicos utilizando las ecuaciones de tres autores en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver. (valores promedio  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

autor	Strickland and Parson (1972)						Jeffrey and Humphrey (1975)						Alexander (1961)					
	oct.	nov.	dic.	ene.	mar.	abr.	oct.	nov.	dic.	ene.	mar.	abr.	oct.	nov.	dic.	ene.	mar.	abr.
Pigmento ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )																		
Clorofila a	2.92	2.98	0.22	0.10	0.15	0.70	0.27	-	0.020	0.01	0.01	0.04	0.002	0.03	0.01	0.003	0.01	0.01
Clorofila b	3.85	3.14	0.20	0.08	0.17	0.82	0.61	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
Clorofila c	11.07	15.00	0.78	0.44	0.58	3.28	1.36	0.49	0.04	0.04	-	0.36	-	-	-	-	-	-
Carotenoides	2.43	2.95	0.20	0.11	0.16	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peofitina a	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- = Valores no determinados.

tivamente, se encontró que el plancton de esta laguna estuvo en condiciones de oligotrofia (Tabla 5; Fig. 3)

Según Parson *et al.* (1977) emplean el término eutrofia para señalar tanto la abundancia de nutrientes como de plancton. Con respecto a lo que se obtuvo en este estudio en otoño, cuando la laguna se encontró en estado de eutrofia, se registró así mismo uno de los máximos de producción primaria (según la concentración de clorofila *a*), hecho que coincidió con el incremento teórico de nutrientes en este periodo, según conceptos de Tait (1971).

En invierno igualmente en estado de eutrofia de acuerdo con el Índice de Pigmentos de Margalef (1981), las concentraciones de clorofila *a*, *b* y *c*, se mantuvieron en niveles bajos, a pesar de que las intensidades lumínicas promedio en la superficie fueron las más altas registradas durante todo el muestreo y que las concentraciones de nutrientes en las capas superficiales sean teóricamente muy altas de acuerdo con lo que señala Tait (1971).

Algunos autores han estudiado el Índice de Diversidad de Pigmentos en grupos específicos de algas, en cultivos mixtos y en algunos reservorios, entre ellos Golterman (1975), quien encontró valores entre 1.8 y 2.0 en extractos de algas verdes.

Margalef (1965), obtuvo valores altos de dicho índice, entre 5 y 20 en cultivos, y de 4 y 7 en algunos reser-

varios hispanos (Margalef, 1974). Esto se puede deber, según Golterman (1975), a las concentraciones extremadamente bajas de clorofila *a* en los cuerpos de agua o bien por dificultades metodológicas.

También Margalef (1967), señala que la simple proporción,  $D_{430}/D_{665}$ , relaciona la cantidad total de pigmentos y la cantidad de clorofila, es decir, relaciona los pigmentos amarillos y los pigmentos verdes. Dicho cociente, por tanto, aumenta normalmente a medida que avanza la sucesión tanto en el mar como en los lagos. Se considera así que, el aumento en los valores de dicho índice durante el periodo de muestreo fue meramente un aspecto sucesional en el tiempo.

A pesar de que noviembre fue uno de los meses de condiciones climáticas poco favorables para el desarrollo de los organismos fitoplanctónicos, el Índice de Diversidad señaló un estado de eutrofia en la laguna, además de que se observaron las mayores concentraciones de pigmentos; aún cuando a esto, la intensidad de luz promedio fue la más alta al igual que en el mes de octubre. Esto señala que existió posiblemente una mayor eficiencia fotosintética originando a su vez un mayor aprovechamiento de los recursos ambientales por los subsecuentes niveles tróficos, según conceptos de Margalef (1967).

Para entender la estructura y funcionamiento de un eco sistema es esencial conocer los diferentes elementos de los cuales está compuesto, es decir, la distribución de los organismos en el tiempo y en el espacio. El fitoplancton tiene gran significancia ecológica porque ellos comprenden la mayor porción de los productores primarios en el mar y en los lagos (Zeitzchel,1978).

Para poder estimar la potencialidad productiva de la Laguna de Pueblo Viejo, se efectuó el conteo e identificación hasta género de los organismos del fitoplancton, agrupándolos posteriormente por phylum. Las concentraciones de organismos manifestaron fluctuaciones marcadas a través del tiempo y del espacio. En este sentido, los valores promedio mensuales de marzo, ofrecieron el mayor número de células por litro, de 346 429 cél/l, y el más bajo durante noviembre con 17 375 cél/l, como se puede apreciar en la Tabla 5.

En marzo se estimó un número mayor de organismos en el área oeste de la laguna, específicamente en las localidades 4 y 5, registrándose 1 014 500 cél/l; para el área central (localidades 3 y 6), se cuantificaron 726 000 cél/l. En este mes se puede apreciar que la cantidad de células por litro va incrementándose gradualmente

te de norte a sur. De una manera inversa se observó en el otoño (octubre y noviembre) a pesar de que fue esta época en donde se registraron las concentraciones más bajas de organismos (Tabla 3).

El mayor número de organismos fitoplanctónicos se registraron a principios de primavera y las más bajas a finales de otoño. Esto no coincidió con las concentraciones de pigmentos.

Villalobos *et al.* (1975), encontraron que en la Laguna de Alvarado el mayor número de organismos fitoplanctónicos fue a principios de primavera ( 36 000 cél/l) en comparación con lo registrado a finales del invierno (10 000 cél/l), hecho que al parecer es muy similar a lo observado en el presente estudio, en donde el mayor número de células por litro se registró también en primavera (228 250 cél/l en promedio).

Básicamente el factor que se relacionó con la concentración de organismos fitoplanctónicos fue la temperatura del agua, ya que se pudo apreciar que durante principios de primavera, específicamente en marzo, se registró en promedio una de las temperaturas más altas, y mayor número de células por litro, así mismo, durante este mismo periodo la intensidad de luz en la superficie fue también alta, a pesar de que hubo una gran disminución en su penetración a la profundidad del Secchi, registrándose

se así un 90.68% de disminución en la irradiación en varias estaciones.

De los organismos identificados se obtuvieron 39 géneros en total, de los cuales 2 fueron representantes del phylum Chlorophyta, 5 de Pyrrophyta, 25 de Chrysophyta y 5 de Cyanophyta (Tabla 6).

Los géneros representantes del phylum Chlorophyta fueron únicamente *Scenedesmus* sp. y *Closterium* sp. En el caso de *Scenedesmus* sp. apareció sólo durante los meses de octubre en 2.3 % y en abril con 0.5 % (Tabla 6). Su distribución en la laguna fue heterogénea y su presencia coincidió con la máxima y las mínimas intensidades de luz y con las concentraciones más altas de clorofila a, b y c.

En el caso de *Closterium* sp. se observó una distribución más bien homogénea dentro de la laguna, durante los muestreos de los meses de enero y marzo, con una abundancia relativa de 46.4 % y 19.3 % respectivamente (Tabla 6).

El phylum Chlorophyta representó en general el 14.73% de los organismos durante todo el muestreo.

*Euglena* sp., el único género representante en esta laguna del grupo de las Euglenofitas, se encontró en octubre, enero, marzo y abril, generalmente en escasas cantidades, con el 1.35 % del total de organismos aquí identificados.

De las Pirrofitas, el género que se observó más frecuentemente, pero en escasos números de organismos, fue *Ceratium* sp., tanto en octubre, noviembre y marzo en la parte norte de la laguna (estaciones 1, 2 y 3); esta especie puede no ser propia de este cuerpo de agua por lo que posiblemente sea arrastrada hacia dentro por las corrientes. En general las Pirrofitas representaron el 0.41% del total.

Aunque en el phylum de las Crisofitas hubo una gran cantidad de organismos pennados no identificados (Tabla 6), el género *Nitzschia* sp. fue el más abundante durante la mayoría de los meses y en todas las estaciones. Sin embargo, en noviembre, *Navicula* sp. predominó con 31.1 % y *Nitzschia* sp. con 23.9 %. Además se identificaron en menor porcentaje: *Chaetoceros* sp. con 2.9 %, *Thalassiosira* sp. con 3.21 %, *Lignophora* sp. y *Rhizosolenia* sp. con 3.17 % y 3.03 % respectivamente, *Skeletonema* sp. con 7.52 % pre-

sentándose sólo en invierno y principios de primavera, y *Coconeis* sp. con 4.7 % igualmente a principios de primavera.

De todos los organismos identificados, las diatomeas representaron el 79.89 %, siendo así los más abundantes. (Tabla 6 ).

En años anteriores al presente estudio, Cruz (1973), observó gran variedad de diatomeas. Estos organismos penetran hacia la laguna a través de corrientes o con las mareas adaptándose al medio estuarino, que según Curl (1950) citado por Cruz (1973), la mayoría de los organismos identificados proceden de la zona nerítica.

A lo largo del estudio realizado por Contreras (1983), se observó una marcada dominancia de diatomeas en la Laguna de Tamapamachoco, Ver., y los géneros identificados fueron: *Coccinodiscus* sp., *Biddulphya* sp., *Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *Asterionella* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Thalassionema* sp., *Skeletonema* sp., *Pleurosigma* sp. y *Thalassiothrix* sp., géneros registrados en la Laguna de Pueblo Viejo, aunque no con la misma frecuencia; esto indica la semejanza de ambas lagunas en cuanto a sus constituyentes fitoplanctónicos.

Según Villalobos *et al.* (1975), en sus estudios sobre la hidrología de la Laguna de Alvarado, señalan que la

presencia relativamente abundante de los géneros de *Nitzchia* sp. y *Navicula* sp. sugieren un tipo de agua salobre y cálida como la de la laguna en estudio.

El panorama que muestra la Laguna de Pueblo Viejo en cuanto a las bajas concentraciones de pigmentos y la abundancia relativa de los géneros de *Nitzchia* sp. y *Navicula* sp. se ve apoyado por un estudio realizado por Jeffrey (1974), sobre el fitoplancton de las Costas de Sydney, Australia, donde encontró muy bajas concentraciones de pigmentos fitoplanctónicos y un decremento de diatomeas, de las cuales los únicos géneros que se presentaron fueron precisamente *Nitzchia* sp. y *Navicula* sp. Así mismo estas dos especies se han considerado como indicadoras de contaminación (EPA, 1981), por lo cual podría pensarse que éstas se encuentran bajo condiciones poco favorables de la Laguna de Pueblo Viejo.

Como se mencionó anteriormente, hubo una mayor proporción de clorofilas *b* y *c* con respecto a la clorofila *a*, indicando, de acuerdo con Margalef (1967), que la Laguna de Pueblo Viejo presentó deficiencias nutricionales. Esto aunado a que las diatomeas abundaron relativamente más con respecto a otros grupos fitoplanctónicos y a que estos organismos contienen mayor proporción de clorofila *c*,

con respecto a otro pigmento, hace pensar en cierta forma en un estado fisiológico que tiende a la senectud, según los conceptos de Jeffrey and Humphrey (1975).

*Oscillatoria* sp., género más abundante relativamente de las Cyanophytas, se encontró en la mayoría de las estaciones, excepto en el área del norte de la laguna; además su presencia se mantuvo durante todo el muestreo a pesar de su bajo número de individuos. Este phylum representó el 4.01 % del total de los fila identificados, por lo que no tuvo mayor significancia, ni se relacionó con algún factor abiótico ni biótico.

TABLA 5. Promedios mensuales del Índice de diversidad de pigmentos ( $D_{430}/D_{665}$ )  
y número de células por litro.

MES	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	MARZO	ABRIL
FACTOR						
$D_{430}/D_{665}$	2.3	1.13	0.97	1.5	2.7	2.6
Cél/l	27 743	17 375	57 643	44 357	346 429	110 071

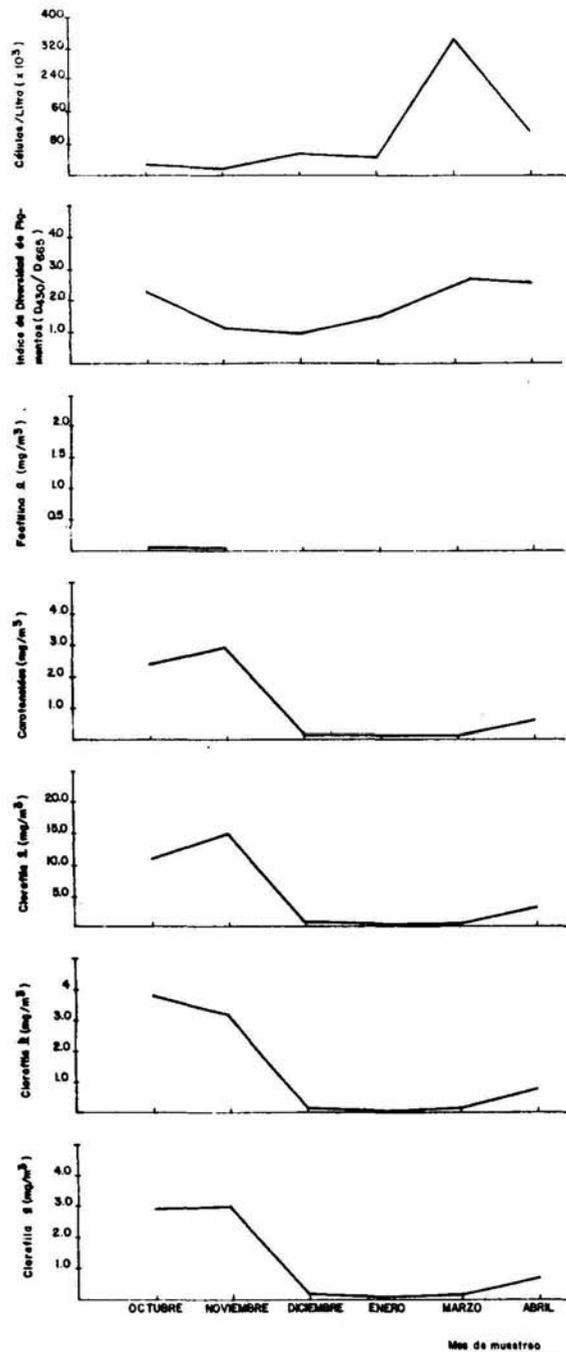


FIG. 3 VALORES PROMEDIO MENSUALES DE LOS FACTORES BIOTICOS EN LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VER.

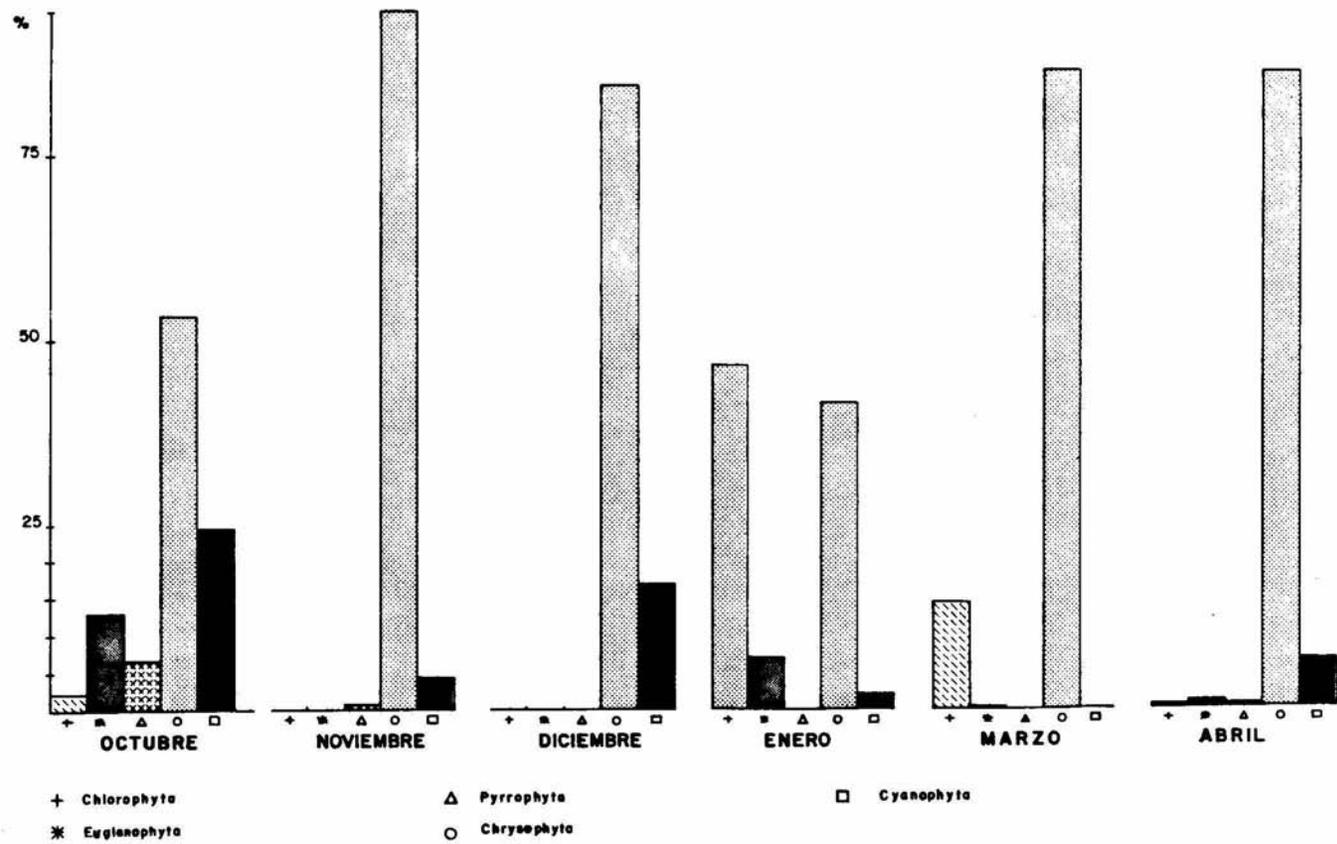


FIG. 4 PORCENTAJE DE ORGANISMOS FITOPLANCTONICOS AGRUPADOS POR PHYLLUM LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VER.



### 6.3. Muestreo Nictemeral.

Para determinar el comportamiento de los organismos fitoplanctónicos y con base en las recomendaciones de Margalef (1974), en cuanto a su inestabilidad temporal e irregularidad espacial en periodos cortos, en el mes de abril de 1983 se realizó en la Laguna de Pueblo Viejo una estación de 24 horas con muestreos a intervalos de 2 horas.

Los resultados de dicho estudio indicaron que esta laguna se encuentra en condiciones normales propias de una laguna de tipo estuarina como la califica Cruz (1973), y que también coincide con las caracterizaciones que hace Barnes (1980) para estos cuerpos de agua.

Este muestreo nictemeral se hizo en condiciones de "norte" con escasa lluvia durante las primeras horas de la mañana (0500 hs), además de vientos cambiantes. (Tabla 7).

La temperatura del agua mostró una fluctuación entre 22°C a 26°C. A las 1015 hs se registró la temperatura más baja de 22°C, y a las 1455 hs se observó la máxima de 26°C. Durante las siguientes horas fue paulatinamente descendiendo hasta mantenerse en 23°C (Tabla 7).

Gómez-Aguirre (1981), menciona que en aguas someras, como es el caso de la Laguna de Pueblo Viejo, la temperatura del agua es un factor que depende en mayor grado de la acción atmosférica, es decir, que sus fluctuaciones seguirán el ciclo de la temperatura del aire y que el efecto de la marea es menor.

De acuerdo con el calendario Gráfico de mareas de la Secretaría de Marina para el año de 1983, las mareas en el Golfo de México, son predominantemente diurnas, ocurriendo una pleamar y una bajamar en cada día de marea. Durante el muestreo nictemeral se pudieron apreciar: una pleamar a las 1200 hs, una bajamar a las 0400 hs el 7 de abril, y el día 8 a las 0900 hs cuando aproximadamente terminó este muestreo se apreció de nuevo una pleamar.

De acuerdo a estas fluctuaciones se considera que la marea no fue un factor determinante en los cambios ocurridos dentro de la laguna en estudio. Según Barnes (1980) las lagunas de este tipo tienen una mayor influencia los ríos adyacentes, así como los aportes pluviales.

El canal de afluencia/efluencia de la Laguna de Pueblo Viejo es relativamente pequeño en comparación con el volumen de ésta, de tal manera que, como menciona Barnes (1980), se espera que los gradientes de salinidad sean bajos y

que sólo varíen estacionalmente, en especial en áreas sujetas a periodos de humedad y sequía.

El comportamiento de la salinidad en la Laguna de Pueblo Viejo, durante el periodo nictermeral fue de la siguiente forma: de las 1015 hs a las 1655 hs, este factor no mostró cambios notables, su rango fue, de 26‰ a 28‰, sin embargo a las 2055 hs llegó a 31‰, permaneciendo en este nivel hasta las 0100 hs. Posteriormente se registró un descenso a 26‰ a las 0300 hs. Este comportamiento observado fue contrario a lo esperado.

Aunque durante la mayor parte del muestreo nictermeral el pH permaneció en un valor de 7.0 (de las 1855 hs hasta las 0900 hs), en las primeras horas de muestreo (1015 hs y 1215 hs) se registró un pH de 4.5 (Tabla 7; Fig. 5).

Generalmente las fluctuaciones diarias en el pH de las aguas costeras, así como las fluctuaciones del  $O_2$  y del  $CO_2$  están asociados a la fotosíntesis y a la actividad bacteriana. Durante las horas del día, señala Tait (1971), la fotosíntesis realizada por las algas verdes actúa sobre los niveles de  $O_2$ , así como sobre el anhídrido carbónico, elevando el pH, a niveles alcalinos. Cuando disminuye el oxígeno, el pH desciende por el aumento del  $CO_2$  ocasionado por la rápida descomposición bacteriana.

Por lo tanto se infiere que el pH ácido (4.5) regis-

trado entre las 1015 hs y las 1215 hs, se deba al incremento relativo en el  $\text{CO}_2$ , con un posible aumento de la tasa respiratoria. Podría pensarse que a partir de las 1215 hs la tasa fotosintética aumentara a pesar de que, como ya se indicó, el muestreo se realizó en condiciones de nubosidad.

Otra probable explicación a los valores bajos en el pH, es que sean debidos a las posibles alteraciones del ambiente, por efecto de contaminación. La estación de 24 hs, estuvo situada cerca del Canal Principal, frente a los municipios Anáhuac y Villa Cuauhtémoc de los cuales proceden desechos urbanos (SRH,1974).

En cuanto a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, se registraron dos picos máximos, uno a las 1215 hs con 7.6 ml/l y el segundo, más alto, a las 1855 hs con 7.96 ml/l.(Tabla 7;Fig. 5).

Por otro lado, los valores de oxígeno más bajos se de terminaron durante la noche, parte de la madrugada y par te de la mañana, específicamente a las 1055 hs con 5.15 ml/l, y a las 2300 hs, fenómeno asociado a la respiración.

Los valores máximos como los mínimos de este factor pueden ser debidos a las condiciones climáticas y bioló gicas características del periodo de muestreo. Al respec

to señala Cole (1979), que difícilmente se puede identificar el tipo de ambiente en un momento dado, respecto a la cantidad de oxígeno disuelto, ya que sus variaciones dependen, en cuerpos de agua someros, tanto de la actividad biológica como de las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua en el momento y sitio de muestreo.

Los valores máximos obtenidos de porcentaje de saturación de oxígeno fueron de 149.02 % a las 1215 hs y de 160.8 % a las 1855 hs. Estos son muy semejantes a los que encontró Contreras (1983), en la Laguna de Tampamachoco, con 155 % de saturación. Dichos porcentajes, para el caso de la Laguna de Pueblo Viejo, difícilmente pueden ser explicados que procedan de la actividad biológica, dadas las condiciones climáticas.

El valor más bajo de este porcentaje se determinó a las 2055 hs con 105.05% de saturación de dicho gas, valor que en realidad resulta ser alto para este gas, por lo cual nuevamente se debe a las condiciones climáticas imperantes en este periodo de "nortes".

La intensidad lumínica medida únicamente durante las horas del día (Tabla 7) registró el valor máximo con  $0.149 \times 10^6$  ly/min entre las 1015 hs y las 1455 hs. El valor más bajo se registró a las 0900 hs con  $0.028 \times 10^6$  ly/min, debido a la nubosidad.

En lo referente al número de organismos fitoplancónicos, en general fue factible apreciar la mayor concentración a las 2300 hs con 1 113 500 cél/l y 72 000 cél/l a las 0100 hs. Esto coincide con lo que menciona Russell-Hunter (1970), en el sentido de que las algas unicelulares se dividen en mayor proporción durante la noche que en el día, y en ciertas especies la luz inhibe su división y no son precisamente migraciones diurnas verticales. Esto también coincide con lo que Margalef (1967) señala, y es que las algas unicelulares que no tienen movilidad propia, y que son transportadas por las corrientes, a diferencia de las fitoflageladas o dinoflagelados, se dividen más frecuentemente en aguas superficiales que a las profundas, y su multiplicación se realiza comúnmente hacia el final de la noche. La combinación de este ritmo con una sedimentación homogénea de una parte de las células, hace que en la madrugada se encuentre un número relativamente mayor de células en la superficie que al crepúsculo. Esto puede justificar la mayor abundancia de diatomeas registradas aquí en el periodo nocturno, como a continuación se discutirá.

De los phylum identificados, Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta y Cyanophyta, el que mayor abundancia relativa tuvo fue el de las Chrysophyta el cual representa

tó el 86.24 % del total. De los demás phylum, Euglenophyta representó el 5.68% del total, las Pyrrophyta sólo el 1.98% y las Cyanophyta el 6.08 % (Tabla 8).

De los géneros identificados durante todo el muestreo nocturnal, *Skeletonema* sp. fue el más abundante relativamente (Tabla 8), y en menor proporción *Asterionella* sp., *Oscillatoria* sp., *Nitzschia* sp. y *Melosira* sp.

Como puede verse las poblaciones de *Skeletonema* sp. fueron persistentes durante todo el muestreo nocturnal (Tabla 8), y sólo varió en su densidad numérica. Es importante hacer notar que hubo baja diversidad, relativamente hablando, y sólo se pudieron registrar unos cuantos géneros de cada phylum.

TABLA 7. Factores Bióticos y Abióticos estimados en la estación de 24 horas (nictemeral) en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver.

Estaciones Hora de Muestreo	Factores							Células/l.
	Temperatura (°C)		pH	Salinidad (‰)	Oxígeno Disuelto (ml/l)	% Saturación O <sub>2</sub>	Intensidad lumínica (x 10 <sup>-6</sup> ly/min)	
	Aire	Agua						
1015	23	22	4.5	27	7.36	140.19	0.149	62 500
1215	26	23	4.5	26	7.60	149.02	0.149	38 000
1455	26	26	7.0	27	6.90	142.26	0.149	-
1655	25	25	6.5	28	6.50	131.31	0.087	-
1855	23	24	7.0	30	7.96	160.8	-	-
2055	23	23	7.0	31	5.12	101.38	-	51 500
2300	22.5	24	7.0	30	5.26	105.05	-	113 500
0100	22	23	7.0	31	5.26	104.15	-	72 000
0300	22	23	7.0	26*	6.40	124.27	-	40 500
0500	21	23	7.0	26*	5.97	114.8	-	-
0700	21	23	7.0	27*	5.97	115.92	-	-
0900	23	23	7.0	26	5.26	102.13	0.028	-

- = No se determinaron

\* = lluvia

TABLA 8. Conteo de organismos fitoplanctónicos por género obtenidos durante el muestreo nocturnal, en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver.

		Horas de muestreo y número de células/litro							
Phyllum	Género	1015	1215	2055	2300	0100	0300	Total	% Total Phyllum
Euglenophyta	<i>Euglena</i> sp.	11	4	7	8	8	5	43	5.68
Pyrrophyta	<i>Gymnodinium</i> sp.						9	9	1.98
	<i>Gyrodinium</i> sp.						4	4	
	<i>Glyphodesmis</i> sp.						1	1	
	<i>Polykrikos</i> sp.						1	1	
Chrysophyta	<i>Amphora</i> sp.	2				2		4	86.24
	<i>Asterionella</i> sp.	10	3	8	41	7	17	86	
	<i>Coccolodiscus</i> sp.						2	2	
	<i>Chaetoceros</i> sp.	2	6		3			11	
	<i>Diploneis</i> sp.			2				2	
	<i>Gramatophora</i> sp.	3	2			1		6	
	<i>Halamphora</i> sp.				1			1	
	<i>Hemialux</i> sp.				2		1	3	
	<i>Licmophora</i> sp.	3						3	
	<i>Melosira</i> sp.					30		30	
	<i>Navicula</i> sp.	5	5	5	5	3	2	25	
	<i>Nitzschia</i> sp.	8	10	16	41	16	7	98	
	<i>Pleurosigma</i> sp.		2		2			4	
	<i>Rhizosolenia</i> sp.	4	2		2	1	1	10	
	<i>Skeletonema</i> sp.	30	41	57	97	62	26	313	
	<i>Thalassionema</i> sp.					8	1	9	
	<i>Thalassiosira</i> sp.	10		6	6	6	4	32	
<i>Thalassiotrix</i> sp.				7			7		
Pennadas no ident.	2	1	2	1			6		
Cyanophyta	<i>Agmanellum</i> sp.	5						5	6.08
	<i>Holopedium</i> sp.				10			10	
	<i>Oscillatoria</i> sp.	30			1			31	
Total		125	76	103	227	144	81		
Células/l $\times 10^3$		62.5	38.0	51.5	113.5	72.0	40.5		

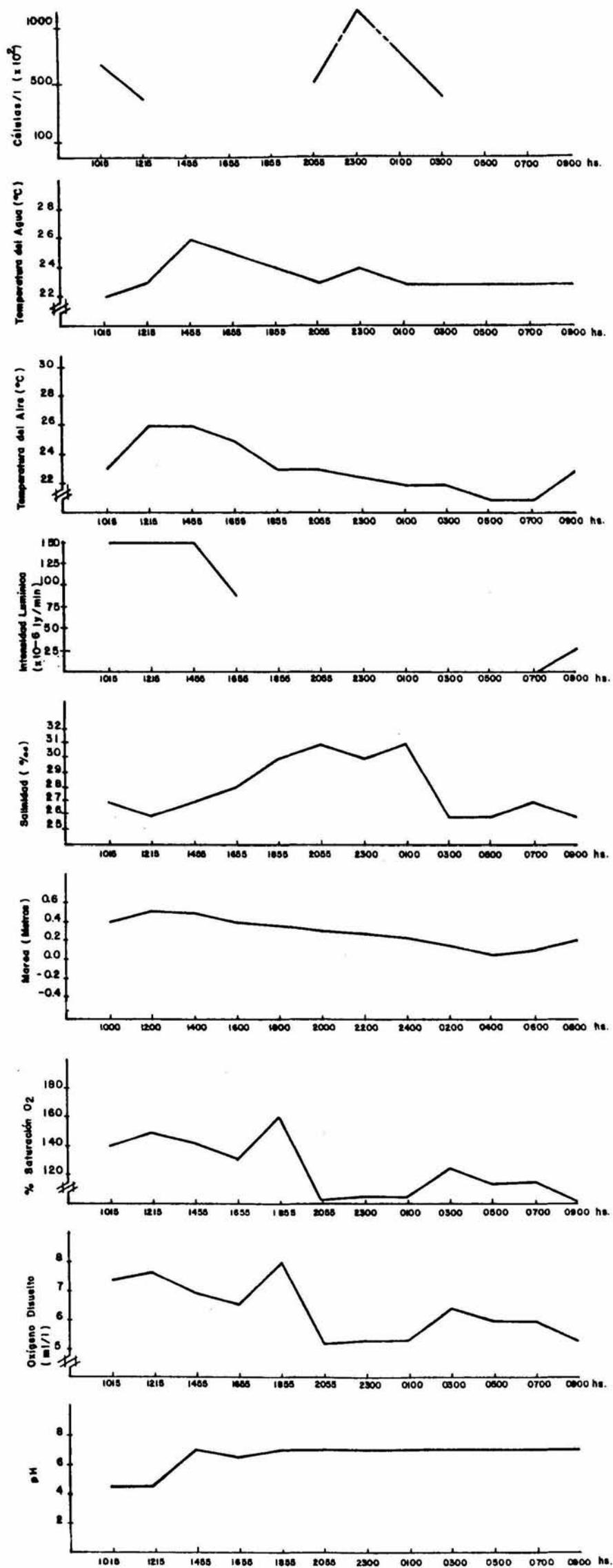


FIG. 5 FACTORES ABIÓTICOS Y BIÓTICOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO NICTEMERAL EN LA LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VER.

## 7. CONCLUSIONES

- \* La variación de los factores abióticos principales mostraron un comportamiento heterogéneo asociado al régimen meteorológico específico regional ("nortes") y a un patrón estacional.
- \* La temperatura fluctuó entre 25.5°C y 18.7°C, es decir, con su máximo en octubre y su mínimo en diciembre.
- \* Las variaciones del pH se mantuvieron dentro de un nivel deseable para el desarrollo de los organismos (pH 7), a excepción de registros específicos asociados a asentamientos poblacionales (pH 5) de la zona norte, mismos que se explican a fenómenos de descomposición de los materiales vertidos en esta zona.
- \* Las intensidades lumínicas por arriba de la superficie del agua fueron en general bajas ( $0.665 \times 10^6$  ly/min) en promedio) asociadas a los fenómenos denominados "nortes". Esto condicionó junto con el material suspendido característico de estos ambientes, a una turbidez media, con una disminución de intensidad lumínica que fue de 47.1% ( $0.313 \times 10^6$  ly/min) a los 30 cm expresada en valores promedio.

- \* Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, fueron en general altas, de 5.9 ml/l a 9.5 ml/l, condicionadas más a factores climáticos de fuertes vientos y lluvias, que al parecer al fenómeno de la fotosíntesis.
- \* Las concentraciones de clorofilas a, b y c, fueron en general bajas, mostrando a finales de otoño las más significativas de 2.9 mg/m<sup>3</sup>, 3.8 mg/m<sup>3</sup> y 15.0 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, mismas que coincidieron con las temperaturas más altas registradas.
- \* Las concentraciones de clorofilas mostraron un comportamiento inverso respecto a la intensidad lumíca, a mayor disminución en el por ciento de la intensidad respecto a la superficie, menor cantidad de pigmentos y visceversa, señalando a este factor como elemento limitante.
- \* La predominancia marcada de la clorofila c en todas las localidades estudiadas denotan un ambiente con predominancia de un grupo de organismos (diatomeas) o un estado sucesional avanzado.
- \* Las bajas concentraciones de feofitina a registradas demuestran la baja influencia de los factores ambientales sobre la clorifila a.

- \* La distribución espacial de los pigmentos mostró una relación con el aporte del Río Pánuco, es decir, generalmente las concentraciones más altas se registraron cerca del Canal Principal (estación 1) el cual comunica al río con la laguna.
- \* En la Laguna de Pueblo Viejo, fue posible observar una variación en el número de organismos en función del tiempo, registrándose mayores valores de células por litro a inicios de primavera, con 228 250 cél/l (coincidiendo con un ligero incremento en las clorofilas) y una mayor representación de grupos (21).
- \* La predominancia de *Nitzchia* sp. y *Navicula* sp. durante el tiempo estudiado, corroboradas por el mayor contenido de clorofila c, manifiestan un aparente estado avanzado de senectud, así también como deficiencias nutricionales.
- \* Si se considera a la eutrofia como una mayor concentración de organismos fitoplanctónicos, el índice de diversidad de pigmentos presentó valores que van de 0.97 a 2.3 durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero, calificándose como eutrofia, y que según este mismo índice significa un estado menos avanzado de sucesión, así como también correspondió con las mayores concentraciones de pigmentos. Para los

meses de marzo y abril con índices de 2.7 y 2.6, mostró un estado de oligotrofia con un nivel de sucesión avanzado y menor concentración de pigmentos. Hechos considerados teóricamente como normales.

- \* La información obtenida en base al muestreo nictemeral confirmó la baja variabilidad del sistema en cuanto a sus parámetros abióticos y la determinante influencia de los factores climáticos regionales ("nortes"), que pueden desvirtuar el comportamiento de los ciclos biológicos.

## 8. LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, J., J.H. STEELE AND E.F. CONCORAN, 1961. The seasonal cycle of chlorophyll. In: *Florida Straits. Proc. Gulf Caribbean Fish. Inst.* November:63-64.
- ALVAREZ BORREGO, S., M. J. ACOSTA RUIZ Y J. R. LARA LARA, 1977. Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California, *Ciencias Marinas*. 4 (1): 1-11.
- , J. R. LARA LARA Y M.J. ACOSTA RUIZ, 1977b. Parámetros relacionados con la productividad primaria en dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas*. 4 (1): 12-22.
- AYALA-CASTAÑARES, A., R. CRUZ, A. GARCIA CUBAS Jr. Y L.R. SEGURA, 1969. Síntesis de los conocimientos sobre la geología marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, Méx. In: AYALA-CASTAÑARES, A. Y B.F. PHLEGER (Eds.) *Lagunas Costeras. Un Simposio. Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras*. U.N.A.M.-U.N.E.S.C.O. México, 689 p.
- BARBA TORRES, J.F. Y J. SANCHEZ ROBLES, 1981. *Abundancia, distribución y estructura de la comunidad ictioplanctónica en la Laguna de Tamiahua, Ver., a través de un ciclo anual*. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. U.N.A.M. México, 57 p.
- BARNES, R.S.K., 1980. *Coastal Lagoons*. Cambridge studies in Modern Biology I. Cambridge University Press. New York, 106 p.
- COLE, A.G., 1979. *Textbook of Limnology*. 2nd. ed. Mosby Co. St.Louis, 426 p.
- CONTRERAS. E.F., 1983. Variaciones en la Hidrología y Concentraciones de nutrientes del área estuarino-lagunar de Tuxpam - Tamamachoco, Veracruz. México. *Biotica*. 8 (2):201-213.

- CRUZ ROMERO, M., 1973. Análisis parcial del microplancton en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 32: 327-368.
- DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NACIONAL (DEGETENAL), 1980. *Carta climatológica. esc. 1:500 000. 14 Q-II.*
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.(EPA). U.S, 1981. A guide to the common diatoms at water pollution surveillance system station. In: AMICA (Ed.) *Memorias del primer curso y simposio Internacional sobre biología de la contaminación.* México, 391 p.
- FONDO NACIONAL DEL FOMENTO AL TURISMO (FONATUR), 1984. *Plan de Ordenación geocológica del sistema lagunar Nichupté, Q. Roo. 1er. Tomo.* México. 156 p.
- GARCIA, E., 1973. *Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen.* U.N.A.M. México. 246 p.
- GARCIA, S.S., 1967. Notas sobre la hidrología de la Laguna de Pueblo Viejo, Ver., y su relación con los bancos ostrícolas. III *Congr. Nac. Ocean. (Campeche):* 1-16
- \_\_\_\_\_, 1972. Dinámica de los bancos de ostión en relación con factores del medio ambiente y el control ejercido mediante obras hidráulicas en la Laguna de Pueblo Viejo, Ver. *Mem. IV Congr. Nac. Ocean. (México):* 429-442.
- GOLTERMAN, H. L., 1975. *Physiological Limnology. An approach to the physiology. Development of lake ecosystems. In water science.* Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, 507 p.
- GOMEZ-AGUIRRE, S., 1981. *Comunidades planctónicas representativas de estuarios y lagunas costeras del Noroeste de México (105°W y 22° a 27° N) en los años 1968-1973.* Tesis Doctorado. Fac. de Ciencias, U.N.A.M. México, 122 p.

- HORNE, A. J. AND C. R. GOLDMANN. 1972. Nitrogen fixation in Clear Lake, California: I. Seasonal variation and the role of heterocysts. *Limnol. Oceanogr.* 17: 678-692.
- JEFFREY, S.W., 1974. Profiles of photosynthetic pigments in the ocean using thin-layer chromatography. *Marin. Biology*. 26: 101-110.
- \_\_\_\_\_ AND C.F. HUMPHREY, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*, and *c<sub>2</sub>* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 1 (167): 191-194.
- JERLOV, N.G., 1976. *Marine Optics*. Elsevier Oceanography Series, 14 Amsterdam. 231 p.
- LARA LARA, J.R. Y S. ALVAREZ BORRERO, 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas* 2 (1); 77-96.
- LORENZEN, C.J., 1965. A note on the chlorophyll and phaeophytin content of the chlorophyll maximum. *Limnol. Oceanogr.* 10: 482-483.
- MARGALEF, R. 1965. Ecological correlations and relationship between primary productivity and community structure. In: GOLMAN, G.R. (ED.) *Productivity in Aquatic Environments*. University of California Press. Los Angeles, 720 p.
- \_\_\_\_\_, 1967. Las algas inferiores. In: Fundación La Salle de Ciencias Naturales. *Ecología Marina*. Monografía No. 14. Caracas, 711 p.

- MARGALEF, R., 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales.  
 In: AYALA-CASTAÑARES, A. Y B. F. PHLEGER (Eds). *Lagunas Costeras. Un Simposio. Memorias del Simposio Internacional de lagunas costeras.* U.N.A.M.- U.N.E.S.C.O. México, 689 p.
- \_\_\_\_\_, 1974. *Ecología.* Omega. Barcelona, 951 p.
- \_\_\_\_\_, 1981. *Perspectivas de la Teoría ecológica.* Blume. Barcelona, 110 p.
- MILLAN NUÑEZ R. Y S. ALVAREZ BORREGO, 1978. Ecuaciones espectrofotométricas para la determinación de clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas. *Ciencias Marinas.* México. 5 (1): 47-52.
- \_\_\_\_\_, 1978. Series de tiempo de clorofilas *a*, *b* y *c* y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. *Ciencias Marinas.* México. 5 (2): 415-452.
- MORRIS, I., 1980. *The physiological ecology of phytoplankton. Studies in Ecology. Vol 7.* Blackwell. Oxford, 598 p.
- PARSON T. R., M. TAKAHASHI AND B. HARGRAVE, 1977. *Biological Oceanographic Processes.* 2nd. Ed. Pergamon Press. Oxford, 332 p.
- RAYMONT. G.E.J., 1980. *Plankton and Productivity in the Oceans..2nd.ed. Vol. 1. Phytoplankton.* Pergamon. Oxford. 479 p.
- RICHARDS, F.A. AND T.G. THOMPSON, 1952. The estimation and characterization of plankton population by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Marine Res.*, 11: 156-172.
- RUSSEL-HUNTER, W.D., 1970. *Aquatic productivity. An introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology.* Mac Millan. New York, 306 p.
- SALISBURY, F.B. AND C. ROSS, 1969. *Plant Physiology.* Wadsworth Publishing Co. California . 747 p.

- SANTOYO, H. y M. SIGNORET, 1975. Variación nictemeral del fitoplancton de la Bahía de Campeche, México. *Rev. Lat. Amer. Microbiol.* 17: 161-167.
- SCHWOERBEL, J., 1975. *Métodos de Hidrología*. 1a. ed. Blumé. Barcelona, 254 p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH), 1981. *Estudios de la calidad del agua y su evaluación para la certificación sanitaria en zonas de explotación de los recursos marinos y lacustres. Laguna de Tamiahua, Pueblo Viejo y Alvarado, Veracruz. Tomo II. (Pueblo Viejo)*, 355 p.
- SECRETARIA DE MARINA. DIRECCION GENERAL DE OCEANOGRAFIA. 1982 y 1983. *Calendario gráfico de mareas. Veracruz, Ver. Matamoros, Tamps., Tuxpan, Ver., Coatzacoalcos, Ver., Tampico, Tamps., Alvarado, Ver., Frontera, Tab.*
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO (SPP), 1981. *Atlas Nacional del Medio Físico. México*. 224 p.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (SRH). SECRETARIA DE PLANEACION, 1974. *Prevención y control de la contaminación del agua. Estudio del estuario del Río Pánuco. Tamp. (Segunda y tercera etapas) Vol. I*. 420 p.
- STEEMANN NIELSEN, E., 1975. *Marine Photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects*. Elsevier Oceanography. Series 13. Amsterdam, 141 p.
- STRICKLAND, J. D. H., 1958. Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, Data and Methods of Measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. *Fish. Res. Bd. Canada*. 15 (3): 453-493.

- STRICKLAND, J. D. H., 1960. Measuring the productions of marine phytoplankton. *Bull Fish. Res. Bd. Canada*, 122: 1-172.
- \_\_\_\_\_ AND T. R. PARSON. 1972. *a practical handbook of seawater analysis*. Bulletin 167. 2nd ed. Fisheries Research Board of Canada Ottawa, 138 p.
- TAIT, R. V., 1971. *Elementos de Ecología Marina*. Acribia. Zaragoza España. 320 p.
- TREGOUBOFF, G. ET M. ROSE, 1978. *Manuel de planctologie méditerranéenne*. Tome I, Editions du centre national de la Recherche scientifique. Paris, 128 p.
- UNESCO, 1978. *Phytoplankton manual monography on oceanographic methodology*. UNESCO. PARIS, 331 p.
- VILLALOBOS, F. A.; S. GOMEZ; V. ARENAS; J. CABRERA; G. DE LA LANZA Y F. MANRIQUE, 1975. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado, *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. México*. 46. Ser, *Zoología* (1): 1-34.
- YENTSCH, C.S. AND J. H. RYTHER, 1959. Absorption curves of acetone extracts of deep water particulate matter. *Deep. Sea Res.* 6: 72-74.
- \_\_\_\_\_, 1965. Distribution of chlorophyll and phaeophytin in the open ocean. *Deep. Sea. Res.* 12: 653-666.
- ZEITZSCHEL, B. 1978. Why study phytoplankton? In: UNESCO (Ed.). *Phytoplankton manual. Monography on oceanographic methodology*. 331 p.