

Estimación de la producción primaria y biomasa del fitoplancton y su relación con algunas condiciones ambientales en la Laguna de Chautengo, Guerrero (Febrero de 2009).

Chautengo Lagoon, Guerrero (February 2009): estimation of primary production and phytoplankton biomass and their association to some environmental conditions.

Gil-Águilar, J, Labastida-Estrada, E, Mineros-Ramírez, R, Ramírez-Pérez, E y Tenorio-Romero, RM.

Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. Licenciatura en Biología. Producción Primaria Trimestre 09-Invierno. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud. México, 04960, D.F. Del. Coyoacán.

Email: estelar.ramirez@gmail.com

RESUMEN

Se estimó la producción primaria y biomasa fitoplanctónica en la laguna costera de Chautengo Gro, durante los días 10 y 11 de febrero de 2009. La producción primaria se cuantificó por el método de cambios de oxígeno en botellas claras y oscuras, para lo cual se realizaron incubaciones in situ en intervalos de dos horas. Los valores de la producción bruta en el muelle oscilaron entre 1352.42 mg C m³h⁻¹ y 158.56 mg C m³h⁻¹, mientras que en la barra fueron entre 349.77 mg C. m³h⁻¹ y 116.56 mg C. m³h⁻¹. Además, se obtuvieron datos de temperatura, salinidad, pH, profundidad, transparencia, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y velocidad del viento. La biomasa fue calculada mediante el análisis espectrofotométrico de pigmentos fotosintetizadores. Los valores máximos de clorofila a en el muelle y la barra fueron de 31.27 mg m³, y 3.32 mg m³, respectivamente. Se encontró que la producción bruta es mayor en la zona del muelle, así como la concentración de clorofila a. Se concluyó que tanto la producción bruta como la concentración de clorofila a variaron en espacio y tiempo, y que la influencia de factores físicos y químicos intervinieron directamente en tales variaciones. Los organismos predominantes en la laguna fueron los dinoflagelados, correspondiendo a los ciclos estacionales característicos de esta época del año.

Palabras clave: clorofila a, feopigmentos, pigmentos fotosintetizadores.

ABSTRACT

Estimated the phytoplankton's biomass and primary production in coastal lagoon of Chautengo Gro. during days 10 and 11 february 2009. Primary production was quantified by the method of oxygen changes in light and dark bottles, which was incubated in situ at intervals of two hours. The values of gross production in pier ranged from 1352.42 and 158.56 mg C m³h⁻¹, while those in the bar were between 349.77 and 116.56 mg C m³h⁻¹. In addition, data was obtained in temperature, salinity, pH, depth, transparency, dissolved oxygen, percent oxygen saturation and wind speed. Biomass was calculated by spectrophotometric analysis of pigments. The maximum values of chlorophyll a in the pier and the bar was 31.27 and 3.32 mg m³, respectively. We found that gross production is higher in the pier, and the concentration of chlorophyll a. It is concluded that the gross production as the concentration of chlorophyll a range of spatial and temporal manner and that the influence of physical and chemical factors may be involved directly in such variations. The predominant organism in the lagoon was the dinoflagellates, with the seasonal cycle characteristic of this time of year.

Key words: chlorophyll a, phaeopigments, photosynthetic pigments

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras se caracterizan por el balance que existe entre los factores internos y externos que influyen en su comportamiento físico, químico y biológico. Uno de los componentes biológicos más importantes de estos ecosistemas es el fitoplancton, el cual juega un papel preponderante en el ciclo de materiales y energía, lo que les confiere una elevada productividad potencial; por esta razón, las lagunas costeras son las áreas más productivas del ecosistema marino y cuentan con redes tróficas de alta diversidad y alta biomasa de productores secundarios (Odum 1972, Margalef 1974, Varona y Gutiérrez 2006).

El estudio de las tasas de producción primaria en los ecosistemas acuáticos es de gran importancia, ya que ésta constituye la producción de material orgánico en la parte inicial de la red trófica; sin embargo, este proceso se puede ver limitado por varios factores, como la poca penetración de luz en la columna de agua, debido a la turbidez en ambientes ricos en nutrimentos, los cuales son uno de los mecanismos reguladores de la producción fitoplanctónica. Se ha reportado que la actividad fotosintética del fitoplancton está asociada con variaciones de mezcla vertical, lo que da como resultado la adaptación del fitoplancton a la luz y a la sombra por ciclos endógenos mediante cambios de la clorofila *a* por célula (Millan et al. 1999). Así entonces, existe un conjunto de factores tanto bióticos como abióticos que limitan o regulan la producción primaria fitoplanctónica y que provocan variaciones temporales y espaciales de la misma (Spiniello et al. 2006).

La estimación de la productividad primaria del fitoplancton es de gran importancia, ya que es el proceso que transforma carbono inorgánico en materia orgánica mediante la asimilación fotosintética del CO_2 , introduciendo carbono en la red trófica acuática. La concentración de clorofila *a* ha sido utilizada como indicador de la biomasa fitoplanctónica y, por tanto, la cuantificación de su distribución resulta esencial para la determinación de la producción primaria (Barocio et al. 2007).

Los registros realizados por Koblenz-Mishke et al. (1970) reportaron la distribución mundial de la producción primaria del fitoplancton, y se incrementa hacia la región costera y en zonas de

surgencias. Millan y Lara (1995), coinciden al señalar las regiones costeras del Pacífico mexicano como zonas de alta producción fitoplanctónica. Los estudios realizados en costeras mexicanas se han enfocado a la composición fitoplanctónica a la descripción de los cambios de su biomasa (clorofila *a*) y su relación con la magnitud de la producción primaria (Varona y Gutiérrez 2006).

Klimek (1978) comparó la producción primaria de las lagunas de Nuxco, de Coyuca y de Chautengo durante abril, julio y agosto de 1976, registrando en la laguna de Chautengo valores de $1.64 \text{ g C m}^2 \text{ día}^{-1}$ en el mes de junio y $0.49 \text{ g C m}^2 \text{ día}^{-1}$ en el mes de julio. Mee (1978), estimó la producción primaria mediante el método de cambios de oxígeno, durante los meses en los cuales la barra se encontraba abierta y durante los que se cerraba, obteniendo valores de 4.5 y $10.4 \text{ g C m}^2 \text{ h}^{-1}$ respectivamente (Millán y Lara 1995). Contreras (1985), al analizar la hidrología y nutrimentos en lagunas costeras mexicanas, tanto en la zona del océano Atlántico y del Pacífico, obtuvo los siguientes valores de clorofila *a* y de producción primaria en la Laguna de Chautengo. 7.9 mg m^3 y $0.95 \text{ g C m}^3 \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Bulit (1996), analizó la distribución superficial de clorofila *a* en la laguna de Chautengo. Ésta osciló entre 0.69 y 21 mg m^3 mientras que su valor promedio para las temporadas de lluvias duplicó el valor correspondiente a las temporadas de secas, 25.72 y 13.17 mg m^3 , respectivamente.

El presente trabajo tiene como objetivo cuantificar la producción primaria del fitoplancton en la laguna de Chautengo, por el método de cambios en la concentración de oxígeno disuelto en botellas claras y oscuras, y determinar la influencia de algunos factores abióticos en dicho proceso; así como, estimar la biomasa fitoplanctónica por el método espectrofotométrico (concentración de pigmentos fotosintéticos), cualificar los fitopláncetes presentes en la laguna.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo de campo se realizó del 10 al 12 de Febrero de 2009. El 10 de febrero se trabajó en muelle ($16^\circ 37' 06'' \text{ N}$; $99^\circ 05' 38'' \text{ O}$) y el 11 de febrero en la zona de la barra ($16^\circ 36' 10'' \text{ N}$; $99^\circ 06' 55.5$) (Fig.1). Para estimar la producción

primaria del fitoplancton se utilizó el método de cambios en la concentración de oxígeno en botellas claras y oscuras. Mientras que para la cuantificación de la biomasa del fitoplancton se empleó el método tricromático por espectrofotometría.

Se realizaron cinco incubaciones a lo largo del día con intervalos de dos horas, las muestras de agua se obtuvieron mediante una botella Van Dorn de 4 L, a una profundidad de 50 cm. Se llenaron nueve botellas DBO, evitando introducir burbujas.

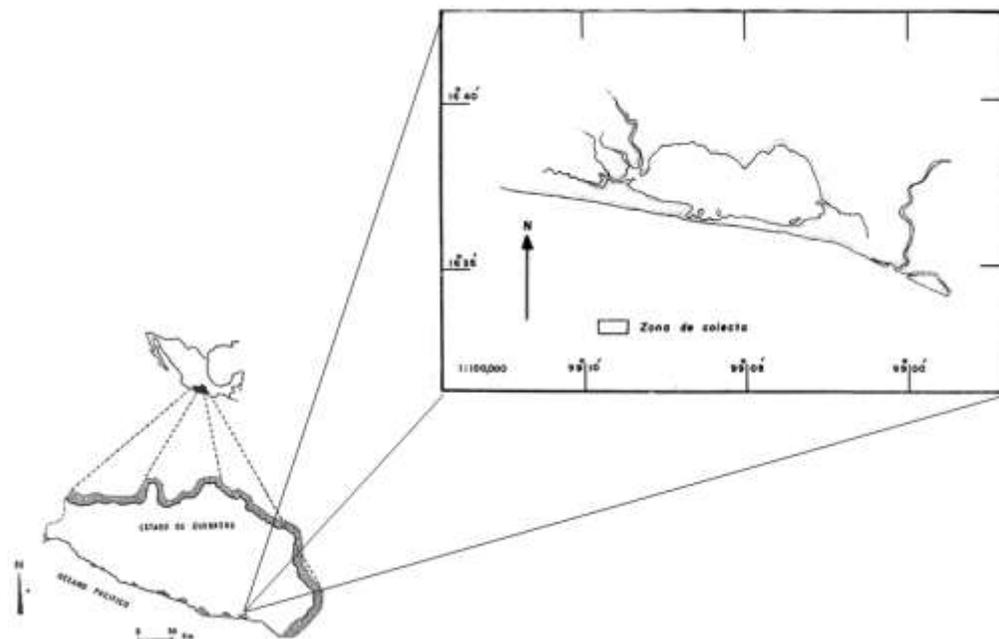


Fig.1 Localización geográfica de la laguna de Chautengo, Gro.

Fig. 1. Geographical location of Chautengo, Gro. Lagoon.

Además de las dos series de muestreo en las zonas de la barra y el muelle, el 12 de febrero se realizó un muestreo en lancha a lo largo de la laguna en ocho estaciones previamente establecidas. En este muestreo se registraron parámetros físicos como profundidad, transparencia, temperatura del agua, salinidad, concentración y porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en superficie y fondo en las diferentes estaciones. Asimismo, se colectaron muestras de fitoplancton con una red de arrastre de 10 μ m de abertura de poro.

I. Estimación de la producción primaria por el método de cambios en la concentración de oxígeno en botellas claras y oscuras.

Las incubaciones se hicieron *in situ* y por triplicado, en botellas DBO de 300 mL (iniciales, claras y oscuras); el sistema de incubación se instaló en un mareógrafo artesanal. La determinación de oxígeno disuelto se realizó en campo por el método de Winkler y se calculó en mg de oxígeno disuelto y en mg de carbono incorporado (Barreiro y Signoret 1999).

Al terminar los periodos de incubación, todas las botellas se procesaron de igual forma. Se realizaron titulaciones por duplicado y se registró el gasto de tiosulfato de sodio empleado en cada una, los resultados se promediaron. Para calcular el factor de corrección de la normalidad (f), se utilizó la fórmula siguiente:

$$F=5.0/V$$

Dónde: V= tiosulfato gastado

Cálculos para la determinación de la concentración del oxígeno disuelto

$$\text{Oxígeno disuelto } (\mu\text{mol L}^{-1}) = 0.1006 \times f \times v$$

Se realizó una conversión de $\mu\text{mol L}^{-1}$ a mg L^{-1} multiplicando 16 por los μmol de oxígeno disuelto

f = Factor de corrección de la normalidad del tiosulfato. Con el tiempo, la normalidad inicial de la solución preparada va cambiando y es necesario estimar ese cambio por medio del factor de corrección e introducirlo en los cálculos.

V= volumen del tiosulfato gastado (en mL)

La producción neta, bruta y respiración se expresaron en términos de liberación de oxígeno e incorporación de carbono. Para calcular la producción expresada en liberación de oxígeno (mg L^{-1}) se usaron las siguientes fórmulas (Barreiro y Signoret 1999):

$$P_n = (\text{clara} - \text{inicial}), R = (\text{inicial} - \text{oscura}) \\ P_b = (\text{clara} - \text{inicial}) + (\text{inicial} - \text{oscura})$$

La producción primaria expresada como incorporación de carbono ($\text{mg C. m}^3\text{h}^{-1}$) se determinó con base en las siguientes fórmulas (Barreiro y Signoret 1999):

$$P_n = \frac{605 \times f \times (T_c - T_i)}{N \times FQ} \\ R = \frac{605 \times f \times (T_i - T_o) RQ}{N} \\ P_b = \frac{605 \times f \times (T_c - T_o)}{N \times FQ}$$

Dónde:

f=factor de corrección del tiosulfato.

T=gasto del tiosulfato.

c=DBO clara.

o=DBO oscura.

i= DBO inicial.

FQ = Coeficiente fotosintético (1.2). Relación entre la liberación de oxígeno y la incorporación de dióxido de carbono.

RQ= cociente respiratorio (1.0). Relación entre la liberación de dióxido de carbono y la incorporación de oxígeno y

605= factor de correspondencia de liberación de oxígeno respecto a incorporación del carbono.

En cada intervalo de incubaciones, se registraron algunos parámetros físicos y químicos del agua. Se utilizó el oxihalinotermoconductivímetro marca YSI modelo 85 para medir salinidad (± 0.1), pH (± 0.1), temperatura (± 0.1 °C), porcentaje de saturación de oxígeno ($\pm 2\%$) y oxígeno disuelto ($\pm 0.25 \text{ mg L}^{-1}$).

Para estimar la salinidad se utilizó un refractómetro marca American Optical (± 2 unidades de salinidad), para determinar la visibilidad en el cuerpo de agua se utilizó un disco de secchi (± 1 cm). Para determinar el pH se usó un potenciómetro digital Conductronic pH 10 (± 0.01).

La velocidad del viento se registró mediante un anemómetro Luft (m s^{-1}) (± 3 en 3 m s^{-1} en viento fuerte y de ± 1 en 1 m s^{-1} en vientos débiles). La amplitud de la marea se midió con un mareógrafo artesanal y las coordenadas geográficas se determinaron usando un GPS marca Garmyn ($\pm 1'$).

II. Estimación de la biomasa del fitoplancton

Para la estimación de la biomasa del fitoplancton se obtuvieron de muestras de agua de la zona del muelle y la barra con una cubeta de volumen considerable. Se utilizó un sistema Millipore de filtración al vacío de 47 mm de diámetro y filtros GF/F Whatman de abertura de poro de $0.7 \mu\text{m}$, los cuales, al momento de filtrar, se cubrieron con una solución saturada de carbonato de magnesio. El sistema de filtración, se cubrió con un paño negro para evitar la descomposición de los pigmentos fotosintéticos. El filtro se dobló con ayuda de pinzas de punta plana y se introdujo en tubos forrados con papel aluminio; posteriormente fueron colocados, sin tapa, dentro de un recipiente con gel de sílice, el cual se cubrió y guardó en una

hielera para su posterior análisis en el laboratorio (Barreiro y Signoret 1999).

Se utilizó el método tricromático de cuantificación de pigmentos fotosintetizadores por espectrofotometría.

Para hacer la extracción de los pigmentos se utilizó acetona al 90 % la cual se agregó a cada tubo en un volumen de 10 mL. Se machacó el filtro con una varilla de vidrio, se taparon los tubos y se refrigeraron durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de extracción, las muestras se centrifugaron durante 15 minutos a 3 500 rpm, en una centrífuga Sol bat C-600. El sobrenadante se trasladó a las celdas y se procedió a realizar las lecturas. Se utilizó un espectrofotómetro Spectronic 20 Genesys™ 4001/4 (± 0.01 nm).

Las muestras se sometieron a una primera lectura a 750 nm. Las concentraciones de las clorofilas a, b, c1 y c2 (método tricromático) se determinaron realizando lecturas a 664, 647 y 630 nm y se aplicaron las fórmulas de Jeffrey y Humphrey (1975):

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{11.8 A_{664} - 1.54 A_{647} - 0.08 A_{630} \times V}{V \times l}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{-5.43 A_{664} + 21.03 A_{647} - 2.66 A_{630} \times V}{V \times l}$$

$$\text{Clorofila } c1 \text{ y } c2 \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{-1.67 A_{664} - 7.60 A_{647} + 24.52 A_{630} \times V}{V \times l}$$

En la determinación de carotenoides se realizaron lecturas a 480 nm y 510 nm y se aplicaron las fórmulas de Strickland y Parsons (1972).

$$\text{Carotenoides (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{10.0 A_{480} \times V^3}{V \times l}$$

Todas las muestras se leyeron a 430 nm (longitud de onda donde absorben los pigmentos fotosintéticos).

Para determinar las concentraciones de clorofila a y feopigmentos se realizaron lecturas a 665 nm antes y después de acidificar (se añadieron dos gotas de ácido clorhídrico, 0.3 M, a cada muestra) se homogenizaron y se esperaron dos minutos para realizar lecturas a 750 y 665 nm. Para los cálculos se aplicaron las fórmulas propuestas por Lorenzen (1967).

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26.7 (A_{665na} - A_{665a}) \times V}{V \times l}$$

$$\text{Feopigmentos (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26.7 (A_{665a} - A_{665na}) \times V}{V \times l}$$

Se calculó el índice pigmentario de Margalef con las lecturas obtenidas a 430 y 665 nm (D430/D665), (Margelef 1974).

III. Cualificación del fitoplancton

Se colectaron muestras de agua durante cada incubación realizada, en ambas zonas de estudio; se les agregó una solución de lugol-acetato hasta obtener un color ámbar. En el caso de las muestras colectadas durante el recorrido en la laguna, se realizó un procedimiento similar. Una vez en el laboratorio las muestras se observaron en un microscopio óptico Olympus modelo Cx21FS1 con objetivos secos y de inmersión. La identificación taxonómica (género) se basó en literatura especializada como Identifying marine phytoplankton. (Tómas 1997), Fitoplancton (Lara et al. 1996) y Marine plankton a practical guide (Newell y Newell 1979).

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos del método botellas claras y oscuras en la laguna de Chautengo Gro. H=hora, pH, T=transparencia, T°C=temperatura, P=profundidad, Salinidad (g L⁻¹) O=oxitermoalinoconductividmetro, A(cm)=amplitud de marea, DV=dirección del viento, V=velocidad del viento (cm s⁻¹), Oxígeno, #tubo, VF (mL)=volumen filtrado (mL).

Table 1. Physical and chemical values, using light and dark bottle technique in Chautengo lagoon, Gro. H = hour, pH, T = transparency, T ° C = temperature, P = depth, salinity (g L⁻¹) O = oxitermoalinoconductivimeter, A (cm) = tidal amplitude, DV = wind direction, V = wind speed (cm s⁻¹), oxygen, # tube, VF (mL) = filtered volume (mL)

H	pH	T	T(°C)	P(m)	Salinidad (g L ⁻¹)		A(cm)	DV	V (cm s ⁻¹)	Oxígeno		# tubo	VF(mL)
					O					[O ₂] Mg L ⁻¹	[O ₂] %		
MARTES													
10:00	7.79	32	26.5	48	29.7	30	1	Ne	0	4.23	66.5	2	700
12:00	7.83	30	27.8	53	29.8	29	2	Ne	4	5.58	83.5	3	300
02:00	7.19	10	29.4	50	29.7	31	3	Ne	5	6.40	157.0	4	250
04:00	7.98	5	30.2	50	29.4	-	7	Ne	7	6.52	100.2	5	-
06:00	7.87	5	29	55	29.8	-	7	Ne	3	5.30	81.7	6	-
MIÉRCOLES													
08:00	5.9	116	26.6	116	32.3	-	-	Ne	0	4.75	69.2	6	1,650
10:00	7.3	110	26.5	115	30	-	-	Ne	0	5.10	65.9	7	2,000
12:00	7.7	115	27.2	115	32.2	-	-	Ne	3.5	4.62	62.8	8	2,000
02:00	7.8	115	28.9	115	29.7	-	126	Ne	7.5	5.48	83.4	9	2,000
04:00	8	113	29.4	113	32.1	-	-	Ne	5	6.44	99.8	10	2,850
06:00	7.7	110	28.6	110	30.3	-	-	Ne	3.5	6.35	89.8	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Parámetros físicos y químicos (Tabla 1)

Temperatura: En las zonas de muelle y barra se registró un cambio de 1 a 2°C aproximadamente en cada intervalo de tiempo registrado. Oscilaron entre los 25.7 y los 30.2°C en el muelle; mientras que en la barra se registraron entre los 26.5 y 29.4°C. En ambas zonas se registró una disminución de 1°C después de las 16:00 horas. Contreras (2004), menciona que la temperatura superficial marítima ejerce gran influencia sobre las variaciones registradas en toda la zona costera. En este estudio la fluctuación de temperatura no fue tan marcada a lo largo del tiempo.

Salinidad: Este parámetro fue registrado usando dos equipos distintos, los datos obtenidos mediante oxitermoalinoconductividmetro (YSI 85) muestran en el muelle una salinidad mínima de 29.4 y una máxima de 29.8, mientras que en la barra se registró 29.7 como mínima y como máxima 32.3. Al usar un refractómetro se obtuvieron los siguientes datos, en el muelle un mínimo de 29 y un máximo de 31, en la barra 29 y 34 respectivamente. Sin embargo al comparar la salinidad registrada en ambas zonas se puede apreciar que la barra presenta mayor salinidad, estas diferencias se deben principalmente a la localización de las zonas de muestreo; la barra está en contacto directo con el mar, por lo que existe una mezcla constante de agua marina con agua epicontinental que hace que los

valores de salinidad sean más altos en comparación con el muelle, que se encuentra mucho más alejado del mar y no cuenta con esos aportes directos de agua marina. Coral y Segura (1979) reportaron un mínimo de 8.46 y un máximo de 16.85, en el presente estudio se reporta una salinidad de 29.1 siendo mayores los datos obtenidos; lo mismo sucede con el máximo de salinidad, que fue de 34 y es casi el doble del máximo registrado por estos autores.

pH: A las 8:00 h el muelle presentó un pH con una ligera tendencia acida 6.8 aumentando a lo largo del día y manteniendo un pH alcalino con un valor máximo de 7.9. En la barra se muestra un pH menor con un mínimo de 5.9 y un máximo de 8.0. La correlación entre los valores de pH con los valores de oxígeno disuelto, señala que cuando se registró un pH ácido las concentraciones de oxígeno disuelto eran bajas mientras que a un pH alcalino éstas aumentaban.

Amplitud de marea y velocidad del viento:

Los datos registrados de velocidad de viento en el muelle y barra se muestran en la Tabla 1, los datos máximos fueron a las 16 h y 14 h respectivamente. La amplitud de marea aumento gradualmente a lo largo del tiempo hasta el último registro.

Espesor de la capa eufótica: El valor mínimo del muelle fue de 12.5 cm a las 16:00 y 18:00 h y el máximo de 95 cm a las 8:00 h. La disminución en el espesor de la capa eufótica se atribuye a factores bióticos como la presencia de materia orgánica y factores abióticos como el viento, turbulencia, corrientes y lluvia, esto ocasiona repercusiones importantes en la actividad fotosintética del fitoplancton, disminuyendo la producción primaria del mismo. En la barra se percibió la presencia de comunidades fotótroficas benthicas que se benefician de la penetración de la luz incluso en el sustrato, tienen relación con los valores obtenidos en el cálculos para la obtención del espesor de la capa eufótica. El aumento de la velocidad del viento y de la amplitud de marea, influyen en el espesor de la capa eufótica, en muelle y barra, sin embargo en ambas zonas el espesor de la capa eufótica no varía a las 16:00 y 18:00 h. y a las 14:00 y 16:00 h.

Coefficiente de extinción de la luz: En el muelle, el valor máximo que se registró fue de 0.34 y el mínimo de 0.04; en la barra los valores de

coeficiente de extinción oscilan entre 0.1 y 0.2. Estos valores indican una atenuación de la luz más rápida en muelle que en barra. Se observó que la extinción de luz aumentó considerablemente entre las 12:00 y las 16:00 h en muelle. Este efecto puede ser el resultado de la suspensión de los sedimentos causados por la amplitud de marea ya que en esta zona se obtuvo un aumento de 7 cm. Otro factor que influyó fue la turbulencia causada durante la toma de muestras. La barra no presentó un cambio considerable en la atenuación de la luz ya que hubo un aumento en la amplitud de marea de solo 2 cm.

El coeficiente de extinción de la luz es mayor en cuerpos de agua donde se hay presencia de materia orgánica o inorgánica suspendida o disuelta (Parsons 1984), esto se relaciona con los valores obtenidos en la laguna de Chautengo, ya que los valores de coeficiente de extinción más altos se registraron en el muelle (0.34), la cual presentó mayor suspensión de sedimentos. La barra presentó valores de coeficiente de extinción relativamente bajos.

Concentración (mg L^{-1}) y porcentaje de saturación (%) de oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el muelle tuvo un valor mínimo de 2.25 mg L^{-1} a las 8:00 h y el máximo de 6.52 mg L^{-1} a las 16:00 h. La velocidad del viento y amplitud de marea modifican las concentraciones de oxígeno. Una posible mezcla de oxígeno atmosférico y oxígeno del agua puede ser la causa de las variaciones a lo largo del tiempo. La barra tuvo un valor mínimo de 4.62 mg L^{-1} a las 12:00 h y 6.44 mg L^{-1} a las 16:00 h. El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto del agua, en el muelle fue de 36% a las 8:00 h como mínimo y el máximo a las 14:00 hrs con 157%. Se puede observar que el intervalo es elevado con relación a la barra. Estas diferencia en la saturación de oxígeno disuelto fueron menores, el mínimo fue de 62.8% a las 12:00 h y el máximo en 99.8% a las 16:00 h.

b. Producción Primaria

En el muelle se registró el máximo valor de producción bruta máxima fue de $1352.43 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ a las 14:00 h. Los valores mínimos de incorporación de carbono se observaron a las 10:00

Tabla 2. Valores de la producción neta y respiración en la laguna de Chautengo, Gro.

Table 2. Chautengo, Gro. Lagoon net production and respiration values.

Sitio	Hora	Respiración	Producción neta	Producción bruta
Muelle	8	251.83	289.14	499.00
	10	128.71	102.60	209.86
	12	100.73	74.62	158.56
	14	761.09	718.19	1352.43
	16	173.46	298.47	443.04
Barra	8	187.47	72.28	228.51
	10	50.37	74.62	116.59
	12	44.77	177.21	214.52
	14	156.70	219.19	349.77
	16	16.79	144.57	158.56

y 12:00 h registrando 209.86 y 158.56 mg C m⁻³ h⁻¹ respectivamente (Tabla 2).

La zona de la barra registró una producción bruta de 349.77 mg C m³h⁻¹ a las 14:00 h. Sin embargo, la producción bruta disminuyó a las 10:00 y 16:00 h mostrando valores de 116.56 y 158.56 mg C m³h⁻¹ respectivamente.

La producción bruta equivale a la producción total del fitoplancton. Al comparar la producción bruta obtenida en ambas zonas de estudio, se determinó que la zona del muelle presenta mayores tasas de producción primaria bruta.

Millán-Núñez et al. (1999), describen algunos factores reguladores de los procesos fotosintéticos como son la penetración de la luz y la disponibilidad de nutrientes (principalmente NH⁴⁺ y PO₄⁻³). En el muelle, la penetración de la luz en la columna de agua disminuyó a lo largo del día, sin embargo la producción neta mayor se registró a las 14:00 h, donde se estimó un valor para *k* de 0.17 (lo que indicó que la extinción de la luz fue mayor con respecto a la zona de la barra) y un espesor de la capa eufótica de 25 cm. Esto mostró que la tasa fotosintética máxima no requiere de grandes cantidades de irradianza.

De acuerdo a los registros realizados por Lee (1978), utilizando la mismo método de

cuantificación, la producción bruta registrada fue de 4.5 g C m³h⁻¹; al comparar dicha estimación con la obtenida en esta investigación se reportaron valores menores.

La producción bruta de la laguna de Chautengo fluctuó dentro del intervalo propuesto por Subba Rao (1981) para lagunas costeras de latitudes medias, los cuales oscilan entre 4-236 mg C m³h⁻¹.

Producción neta y respiración: La producción neta en el muelle presentó una producción máxima de 718.18 mg C m³h⁻¹ a las 14:00 h. Los valores mínimos se observaron a las 12:00 registrando 74.62 56 mg C m³h⁻¹. En la zona 2 la máxima producción neta fue de 219.19 mg C m³h⁻¹ a las 14:00 h y la mínima de 72.28 mg C m³h⁻¹ (Tabla 2).

Los datos estimados de respiración en la zona 1 son: un máximo de 761.09 mg C m³h⁻¹, y un mínimo de 100.73 mg C m³h⁻¹. En la zona 2 se obtuvieron los siguientes valores 187.47 mg C m³h⁻¹ y 16.79 respectivamente.

La evaluación de las tasas de respiración y producción neta contribuyen a definir la eficiencia de la red trófica microbiológica marina, la cual es de

importancia fundamental para la determinación de los flujos de carbono globales (Robinson et al. 2002).

Al analizar los datos anteriores, se puede observar que en el muelle, los valores máximos de producción bruta, neta y respiración se presentaron en el mismo intervalo de tiempo (14:00 h). Sin embargo, se aprecia que la respiración fue mayor que la producción neta, es decir que sobrepasó el punto de compensación, por lo que se presenta un balance negativo con respecto a la energía disponible para los niveles tróficos superiores.

En la zona de la barra, los procesos metabólicos de los fitoplanctones presentaron ligeras variaciones temporales a lo largo del día. La tasa máxima de producción bruta y neta se registró a las 14:00 h, los valores máximos de respiración a las 8:00 h; sin embargo, en este intervalo sucede lo mismo que en el muelle; los valores de respiración son mayores que los valores de producción neta, si consideramos el factor tiempo esto se puede atribuir a que en las primeras horas de la mañana las tasas fotosintéticas no son elevadas debido a la baja cantidad de irradianza incidente en la columna de agua.

La producción bruta, neta y respiración en ambas zonas de estudio se relacionan con la temperatura, uno de los principales factores que regulan la actividad fotosintética, ya que esta puede acelerar los procesos metabólicos del fitoplancton aumentando sus tasas de producción o bien cuando se sobrepasa la temperatura óptima puede afectar o inhibir la producción de materia orgánica al afectar directamente la actividad enzimática de los fototrófos.

Solo se consideró la temperatura como factor regulador, ya que al ubicarse a distintos niveles de la columna de agua fue más probable que mostraran variaciones por errores técnicos. Factores como la salinidad o pH mostraron mínimas o nulas variaciones, ya que al tratarse de sistemas cerrados (botellas DBO) dichos parámetros se mantuvieron constantes al no intercambiar agua con el medio, por lo cual no influyeron significativamente en los resultados obtenidos.

En el muelle, la producción neta y la respiración registraron valores muy similares, manteniéndose en el punto de compensación entre las 8:00 y las 14:00 h. La producción bruta es mínima entre las 8:00 y las 12:00 h, sin embargo entre las 14:00 y las 16:00 h se registró un aumento considerablemente. Con respecto a la temperatura del agua, esta incrementó con respecto al tiempo; el pico de producción bruta coincide con una de las máximas temperaturas registradas (29.4°C).

En la barra se observaron diferencias entre los datos registrados de respiración y producción neta. Sólo a las 8:00 h la respiración fue mayor que la producción neta, lo que indica que había un balance negativo entre lo que se producía y lo que se consumía; esto probablemente se relacionó con factores temporales tales como la penetración de irradianza sobre la columna de agua. No obstante a partir de las 10:00 h la producción neta aumentó con respecto a la respiración, manteniéndose así hasta las 16:00 h. El pico de producción bruta corresponde con una de las máximas temperaturas registrada (28.9°C).

c. Cuantificación de biomasa

La concentración de clorofila *a* es un indicador de la biomasa fitoplanctónica presente en un sistema acuático, por lo que resulta esencial para la determinación de la producción primaria (Barocio et al. 2007).

La estimación de clorofila *a* cuantificada en el muelle (Tabla 3) presentó un máximo de 31.27 mg m⁻³ a las 16:00 h, el valor mínimo fue de 2.90 mg m⁻³ a las 10:00 hrs. Sin embargo se registraron valores altos en carotenoides, obteniéndose un mínimo de 3.71 mg m⁻³ y un máximo de 53.4 mg m⁻³. Considerando la predominancia de carotenoides lo que indica que los dinoflagelados son los organismos fitoplanctónicos más abundantes en la laguna, ya que éstos se caracterizan por presentar clorofila *a*, *c1*, *c2* y carotenoides como principales pigmentos (Tomas 1997).

En la zona de la barra la cuantificación de clorofila *a* presentó un valor máximo de 3.32 mg

Tabla 3. Concentración de pigmentos en la laguna de Chautengo (Febrero 2009).

Table 3. Chautengo Lagoon pigment concentration values (2009 February).

Sitio	Horas	Clorofila a mg m ³	Clorofila b mg m ³	Clorofila c1 y c2 mg m ³	Carotenoides mg m ³
Muelle	8	15.3	2.50	5.0	23.7
	10	2.9	1.90	2.3	3.7
	12	10.9	0.60	0.1	14.6
	14	5.3	1.10	1.6	9.2
	16	31.2	1.20	10.3	53.4
Barra	8	2.4	0.70	0.9	4.5
	10	0.6	0.30	0.1	1.3
	12	3.3	0.30	0.5	5.0
	14	2.0	0.07	0.2	3.1
	16	0.4	0.20	0.2	0.7

m³ en la muestra correspondiente a las 12:00 h, en tanto que el valor se registró a las 16:00 h obteniendo un valor de 0.42 mg m³. Los valores de carotenoides estimados en la barra registraron un mínimo de 1.30 mg m³ y un máximo de 5 mg m³. Al comparar los datos de clorofila a registrados por Bulit (1996) que oscilan entre 0.69 -21 mg m³, se observó un aumento, ya que los valores máximos obtenidos oscilan entre 0.4 -31.2 mg m³.

La concentración de los pigmentos cuantificados en la laguna de Chautengo; se apreció que los carotenoides presentaron los picos más altos, seguido de clorofila a. El análisis de los pigmentos presentes en las muestras indicaron el tipo de fitopláncetes que abundan en la laguna, considerando en este caso a los dinoflagelados como más abundantes.

d. Cuantificación de clorofila a y feopigmentos (método de acidificación)

Se cuantificó la clorofila a activa mediante la acidificación de las muestras, obteniendo en el muelle máximo de clorofila activa de 20.60 g m³ y un mínimo de 1.14 g m³; mientras que los

feopigmentos registraron 16.2 g m³ y 1.1 g m³ respectivamente. El porcentaje de clorofila a activa en esta zona fue de 16.32 %.

En la barra los valores de clorofila a activa disminuyeron drásticamente respecto al muelle, registrando un máximo de 2.0 g m³ y un mínimo de 0.37 g m³. Con respecto a los feopigmentos se registró un máximo de 2.1 g m³ y un mínimo de 0.08 g m³. La clorofila activa en esta zona fue de 17.8 % (Tabla 4).

La determinación de feopigmentos permitió conocer la concentración real de clorofila a que participa en el proceso fotosintético; en términos de biomasa, se puede relacionar directamente con la tasa de producción primaria registrada en la laguna. En los sistemas acuáticos los feopigmentos están presentes en forma natural como resultado del pastoreo, senectud o descomposición de los fitopláncetes (Barreiro y Signoret 1999).

e. Índice pigmentario de Margalef

El índice pigmentario de Margalef indica la

Tabla 4. Cuantificación de clorofila y feopigmentos (acidificación), en la laguna de Chautengo, Gro. (Febrero 2009).

Table 4. Chautengo, Gro. Lagoon chlorophyll and phaeopigments (acidification) values (2009 February).

Sitio	Horas	Clorofila a mg m ³	Feopigmentos mg m ³
Muelle	8	10.6	7.30
	10	1.1	3.10
	12	7.1	4.70
	14	3.2	4.30
	16	20.6	16.20
Barra	8	1.9	1.00
	10	0.4	0.60
	12	2.0	2.10
	14	1.2	1.00
	16	0.4	0.08

Tabla 5. Índice pigmentario de Margalef.

Table 5. Pigment Margalef's index pigment.

Muelle	A ₄₃₀ /A ₆₆₅	Barra	A ₄₃₀ /A ₆₆₅
8	3.1	8	3.3
10	1.9	10	2.9
12	3.0	12	3.0
14	2.8	14	3.3
16	3.3	16	2.8

relación entre la cantidad total de pigmentos (ya que todos los pigmentos fotosintéticos accesorios absorben a una longitud de onda de 430 nm) y la

que la comunidad fitoplanctónica es madura, ya que no se registraron valores mínimos, los cuales

cantidad de pigmentos clorofílicos (ya que las clorofilas absorben longitudes de onda de 665 nm) (Pérez y Romero 2001).

Los resultados obtenidos al calcular el índice pigmentario de Margalef, oscilan entre 2.8 y 3.3; sólo se reportó un valor mínimo de 1.95 (Tabla 5). Estos valores muestran una heterogeneidad de los pigmentos fotosintéticos y accesorios, determinando

indican una mayor cantidad de clorofila a (Margalef 1974).

f. Curva diurna de cambios de oxígeno en el agua

La curva de cambios de oxígeno permite cuantificar el metabolismo global del cuerpo de agua (Barreiro y Signoret 1999). La curva realizada con los valores obtenidos de la laguna de Chautengo describe que en la zona del muelle, las

concentraciones de oxígeno en mg L^{-1} aumentaron proporcionalmente con los intervalos de tiempo hasta las 16:00, después de esta hora se registró una ligera disminución. Con respecto a los valores reportados de la barra se las concentraciones de oxígeno disuelto mostraron ligeras fluctuaciones a lo largo del día.

Las variaciones de oxígeno registradas se relacionan estrechamente con los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración, esta última tanto de organismos del fitoplancton como de otros organismos de la columna de agua, así como de los organismos bentónicos y del necton, este aspecto constituye una de las principales desventajas de este método. Otra desventaja importante es que se recomienda realizar dichos monitoreos a lo largo de las 24 h del día; sin embargo, en el caso de la presente investigación los monitoreos sólo se realizaron durante un lapso de 10 h.

g. Cualificación de fitoplancton

Se determinó mediante la observación microscópica y el análisis de pigmentos, que los principales componentes del fitoplancton de la laguna de Chautengo (febrero de 2009) son los dinoflagelados.

Gómez (1980) determinó mediante muestreos bimensuales las variaciones cuantitativas y cualitativas de fitoplancton en la laguna de Chautengo, reportando que el grupo del fitoplancton que dominó cuantitativa y cualitativamente durante el ciclo anual, lo constituyeron las diatomeas penales. Sin embargo dicha variación pudo deberse a que en los climas templados hay típicamente un florecimiento diatomeico en primavera con el mayor aumento de biomasa, debido a las altas temperaturas ya la disponibilidad de nutrimentos, seguido de una serie de ligeras variaciones en las cuales los dinoflagelados, quienes no requieren de grandes cantidades de nutrientes ni de energía luminosa abundante, incrementan hacia los meses de verano e invierno, para finalmente mostrar un incremento final de la misma en otoño, cuantitativamente menor al florecimiento de primavera (Dawes 1986), (Fig.2).

h. Distribución horizontal de algunos parámetros físicos y químicos

pH y salinidad. En superficie tres de las ocho estaciones presentan valores de pH ligeramente ácidos (Chautengo, Tamarindos y Copala), (Tabla 7), mientras que las cinco restantes presentan pH mayor a 7.

La salinidad fue registrada usando dos equipos distintos, los datos obtenidos mediante el oxitermohalinoconductivímetro (YSI 85) presentaron una salinidad mínima de 25.1 y una máxima de 32.3 en superficie, mientras que en el fondo se presentaron valores de 23.9 como mínima y como máxima 32.6. Al usar un refractómetro se obtuvo en la superficie un mínimo de 25 y un máximo de 32, el refractómetro no fue utilizado en fondo.

Las estaciones con valores de pH ligeramente ácido se ven influenciadas por actividades antrópicas ya que son zonas cercanas al muelle, con excepción de la estación desembocadura del río Copala.

Se pudo observar una variación espacial de salinidad poco cambiante a lo largo de toda la laguna, lo que sugiere la heterogeneidad del sistema respecto a la salinidad.

Profundidad y transparencia. En la Tabla 7 se puede apreciar las distintas profundidades correspondientes a cada estación. La profundidad máxima registrada fue de 105 cm en la estación las peñas y la mínima en la estación la barra con 68 cm. Lo anterior evidencia la característica somera o de poca profundidad de la laguna. La transparencia sólo se registró en las estaciones mostradas en la Tabla 7, estos datos son pocos confiables ya que durante el muestreo no se contaba con el disco de Secchi, por lo que se improvisó con un artefacto que simulaba un disco.

Concentración y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. Las concentraciones de oxígeno disuelto en superficie fueron mayores a los 3mg L^{-1} , en este nivel las estaciones de la punta y la barra presentaron valores de 5.6 y 6.1mg L^{-1} respectivamente. En el fondo se registraron valores menores a 1mg L^{-1} en seis de las ocho estaciones. La concentración de oxígeno disuelto de las estaciones la barra y la punta en fondo fueron de 6.6

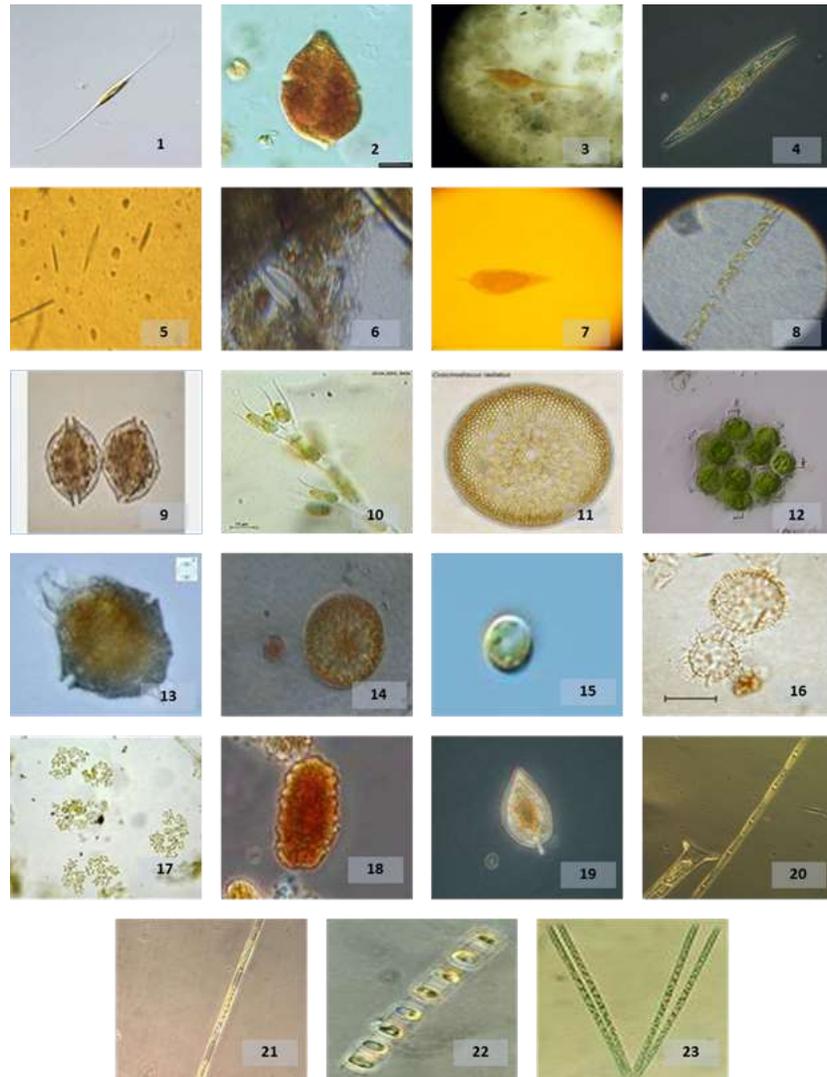


Fig. 2. Cualificación de fitoplancton. Organismos encontrados en el área de estudio (muelle y barra) en la laguna Chautengo. 1. *Nitzschia*, 2. *Gymnodinium*, 3. *Ceratium*, 4. *Pleurosigma*, 5. *Navicula*, 6. *Diatomea pennal*, 7. *Euglenoide*, 8. *Colonia de Clorofitas*. Organismos encontrados a lo largo de la laguna Chautengo. 9. *Alexadrium*. 10. *Chromulina*, 11. *Coscinodiscus*, 12. *Coleastrum*, 13. *Gonyaulaux*, 14. *Halosphaera*, 15. *Isochrysis*, 16. *Pentapharsodinium*, 17. *Phaeocystis*, 18. *Polykrikos*, 19. *prorocentrum*, 20. *Pseudonitzschia*, 21. *Rhizolenia*, 22. *Skeletonema*, 23. *Talassiathrix*.

Fig. 2. Phytoplankton qualification. Organisms found at study geographic zone (dock and sea bar) at Chautengo, Gro. Lagoon. 1. *Nitzschia*, 2. *Gymnodinium*, 3. *Ceratium*, 4. *Pleurosigma*, 5. *Navicula*, 6. *Diatomea pennal*, 7. *Euglenoide*, 8. *Colonia de Clorofitas*. Organisms found at all Chautengo lagoon zone. 9. *Alexadrium*. 10. *Chromulina*, 11. *Coscinodiscus*, 12. *Coleastrum*, 13. *Gonyaulaux*, 14. *Halosphaera*, 15. *Isochrysis*, 16. *Pentapharsodinium*, 17. *Phaeocystis*, 18. *Polykrikos*, 19. *prorocentrum*, 20. *Pseudonitzschia*, 21. *Rhizolenia*, 22. *Skeletonema*, 23. *Talassiathrix*.

Tabla 7. Distribución de parámetros físicos y químicos en la Laguna de Chautengo (Febrero 2009).

Table 7. Chautengo, Gro. Lagoon distribution of physical and chemical parameters (2009 February 2009).

12 de Febrero de 2009 recorrido Laguna Chautengo (superficie)											
Estación	pH	T	T(°C)	P(m)	Salinidad (g L ⁻¹)		V (cm s ⁻¹)	Oxígeno		Coordenadas	
					O			[O ₂] mg L ⁻¹	[O ₂] %	Latitud	Longitud
Chautengo	6.1	-	26.3	1	32.2	30	-	3.03	43.6	16°37'56.6" N	99° 06' 06.6" O
Tamarindos	6.9	-	26.3	-	29.1	29	-	3.54	53	16°38'12.2" N	99° 07' 24.9" O
Desenbocadura Nexpan	7.4	-	25.2	-	27.8	27	-	4.72	63.4	16°37'9.7" N	99° 07' 46.5" O
La Barra	7.1	-	25.7	-	32.3	32	-	5.6	63.4	16°36' 10" N	99° 06' 55.5" O
Pozos	7.2	-	27	-	30	30	-	3.7	59.5	16°36' 14.3" N	99° 05' 42.6" O
Desenbocadura Copala	7	-	28.6	-	26.1	26	-	4.12	61	16°36' 29.3" N	99° 05' 12.8" O
Las peñas	7.3	34	27.8	1.05	25.1	25	3	5.06	80.1	16° 37' 31.5" N	99° 03' 37.9" O
La punta	7.5	50	27.6	92	28.6	29	5	6.15	91.3	16° 37' 25" N	99° 05' 4.4" O
12 de febrero de 2009 recorrido Laguna Chautengo (fondo)											
Estación	pH	T	T(°C)	P(m)	Salinidad (g L ⁻¹)		V (cm s ⁻¹)	Oxígeno		Coordenadas	
					O			[O ₂] mg/L ⁻¹	[O ₂] %	Latitud	Longitud
Chautengo	-	-	26.5	100	29.4	-	-	0.07	1.2	16°37'56.6" N	99° 06' 06.6" O
Tamarindos	-	-	26.5	100	28.6	-	-	0.83	1.1	16°38'12.2" N	99° 07' 24.9" O
Desenbocadura Nexpan	-	-	26	85.3	28.9	-	-	0.09	1.5	16°37'9.7" N	99° 07' 46.5" O
La Barra	-	-	26.2	68	32.6	-	-	6.6	112.5	16°36' 10" N	99° 06' 55.5" O
Pozos	-	41	26.4	90	28.7	-	-	0.1	1.6	16°36' 14.3" N	99° 05' 42.6" O
Desenbocadura Copala	-	51	28.6	94	26.7	-	-	0.09	0.9	16°36' 29.3" N	99° 05' 12.8" O
Las peñas	-	-	27	1.05	23.9	-	-	0.07	1.6	16° 37' 31.5" N	99° 03' 37.9" O
La punta	-	-	27.2	-	29.1	-	-	3.96	58.7	16° 37' 25" N	99° 05' 4.4" O

y 3.9 mg L⁻¹ respectivamente. Los porcentajes de saturación de oxígeno en la barra en los niveles de superficie y fondo fueron de 63.4% y 112.5% respectivamente, mientras que en muelle se presentaron valores de 91.3% y 58.7% en fondo y superficie. El valor de la concentración de oxígeno

disuelto en la estación la barra es mayor a todas las concentraciones tanto en superficie como en fondo, producto de la gran cantidad de macro algas benthicas encontradas en esta estación y a la comunicación cercana con el mar. La distribución vertical del oxígeno, responde a diferentes procesos

biológicos y físico-químicos tales como: una mayor producción fotosintética y mayores tasas de respiración, procesos como la aireación ocasionada por el efecto del viento en la superficie y procesos de oxidación resultado de la descomposición de materia orgánica en el fondo (Rendón 2002).

Temperatura. La distribución de la temperatura es generalmente uniforme. Espacialmente existen ligeras variaciones entre cada nivel (superficie y fondo) y entre cada una de las estaciones. Se registraron temperaturas entre los 25.2°C y 28.6 °C en superficie y 26°C y 28.6°C en fondo. La poca fluctuación de temperatura podría atribuirse a la poca profundidad registrada ya que está no sobrepasa los 105 cm. Los factores locales como la poca profundidad y la elevada insolación y las consecuentes altas tasas de evaporación, tienden a magnificar el efecto de la temperatura de las corrientes marítimas costeras (Contreras 1985).

CONCLUSIONES

Se concluye que la zona del muelle registró mayor producción bruta y neta.

La cuantificación de clorofila *a* también presentó valores altos en la misma zona.

La temperatura es el principal factor abiótico que puede influir en la producción primaria del fitoplancton ya que los picos más altos de producción bruta coincidieron con las máximas temperaturas registradas.

El tipo de fitopláncteres más predominantes fueron los dinoflagelados, correspondiendo al periodo estacional característico de las aguas templadas en el la fecha que se realizó el estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Doctora Martha Signoret por la paciencia que siempre mostró a todos sus alumnos en cada una de las actividades que realizamos en el trimestre y aún después de concluirlo. Gracias por tener la disposición de ayudar a quien lo pidiera, además, de brindar una sonrisa sincera y demostrar ser una gran persona. Siempre la recordaremos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barocio L, R Millán-Núñez, E Santamaría y A González. 2007. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica de Sietema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. *Ciencias Marinas* 33 (1): 59-72.
- Barreiro GMT y CJ Balderas. 1991. "Evaluación de algunas comunidades de productores primarios de la laguna de la Mancha, Veracruz". *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* 18 (2): 229-245.
- Barreiro MT y M Signoret. 1999. Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros: métodos de evaluación. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. México. 81 pp.
- Bulit GC. 1996. La clorofila *a* como expresión de proceso de apertura-cierre de la boca de la Laguna de Chautengo, Gro. Res. I. Encuentro Reg. de Investigación y Desarrollo Sustentable: Guerrero, Oaxaca y Chiapas.
- Contreras F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Secretaría de Pesca. México. 263 p.
- Coral HC y VL Segura. 1979. Distribución y ecología de los foraminíferos recientes de la laguna de Chautengo, Guerrero. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología 3:170-183.
- Dawes CJ. 1986. Botánica Marina. Ed. Limusa. México. 673 p.
- De la Lanza E y S Gómez. 1999. Físicoquímica del agua y cosecha de fitoplancton en una laguna costera tropical. *Ciencia Ergo Sum* (6) 2: 147-153.
- Gómez C. 1980. Fitoplancton de la laguna de Guerrero, en un ciclo anual (1974-1975). Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 24 p.
- Koblentz-Mishke OJ, VV Volkovinsky y JG Kabanova. 1970 Plankton primary production of the world ocean. 183-193 pp. En: Wooster WW. Ed. Scientific Exploration of the South Pacific. National Academy of Science. Washington, D.C.
- Klimek R. 1978. En Gonzalez-Jaimes JL. 1985. Simulación matemática de la productividad primaria en tres lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México 82 p.
- Lara LJR, N Millán, ENR Millán y GC Bazán. 2003. Producción primaria del fitoplancton en el pacífico mexicano (1992-2000). *Planctología mexicana* 5: 103-124.
- Lara V, R Moreno y M Amaro. 1996. Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio.

- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México.
- Lorenzen CJ. 1967. Determination of chlorophylls and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12:343-346.
- Margalef R. 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona. 951 p.
- Mee LD. 1978. Coastal lagoons, p. 441-489. En: González-Farías F, de la Rosa-Vélez J. (eds.), *Temas de Oceanografía Biológica en México II*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México, pp. 31-60.
- Millán-Núñez R, E Santamaría, MR Cajal y LO Barocio. 1999. El delta del río Colorado: un ecosistema con alta productividad primaria. *Ciencias Marinas* 25(4): 509-524.
- Millán NR y LR Lara. 1995. Productividad primaria del fitoplancton del Pacífico mexicano: Un diagnóstico. En: González-Farías F, de la Rosa-Vélez J. (eds.), *Temas de Oceanografía Biológica en México II*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México, pp. 31-60.
- Newell GE. y RC Newell. 1979. *Marine plankton, a practical guide* 5 edition. 245 p.
- Odum EP. 1972. *Ecología*. Interamericana. 639 p.
- Parsons T, S Takahashi y S Hardgrave. 1984. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press. 2ª edición. Oxford. 164 p.
- Pérez VM, M Pérez y MJ Romero. 2001. *Prácticas de ecología oceánica*. Edicions Universitat. Barcelona.
- Rendón JA. 2002. *Estudio del Comportamiento Hidrológico de la Laguna de Chautengo*, Guerrero, México. Universidad de Colima. Tesis de Maestría. 123 p.
- Robinson C, P Serret, G Tilstone, E Teira, MV Zubkov, AP Rees, E Malcolm y S Woodward. 2002. Plankton respiration in the Eastern Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.* 49: 787-813.
- Santoyo R. 1992. *Fitoplancton y productividad en lagunas mexicanas*. En Figueroa TG, S Álvarez, H Esquivel y M Ponce, (eds.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. Serie Grandes temas de la Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 122 p.
- Spiniello P, R Candia, L Delgado y E González. 2006. *Laboratorio de Ecología II: guía de trabajos prácticos*. Caracas. 100 p.
- Subba-Rao DV. 1981 *Coastal Lagoon Research Present and Future II. Spatial and temporal variations of phytoplankton production in lagoons*. In. Lasserre, P, Postma H, Cosflow J and M. Steyaert (Eds). *Proceeding UNESCO/IABO Tech Par. Mar. Sci. UNESCO*. 348 p.
- Thomas R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academi Press. Estados Unidos. 858 p.
- Varona-Cordero F. y FG Gutiérrez-Mendieta. 2006. "Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical". *Hidrobiológica* 16(2): 159-174.