Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 50 (1): 69-77 (2011) 4 Figs., 2 Tbs.

CAMBIOS DIARIOS DE LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA EN LA BAHÍA DE MOCHIMA, VENEZUELA, DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS

INAYDES SALAZAR GÓMEZ[1], JOSÉ RAFAEL DÍAZ-RAMOS[2*], KARLA RINCONES REYES[1], LINA CHARZEDDINE CHARZEDDINE[2], SONIA SUBERO-PINO[1], LUÍS TROCCOLI-GHINAGLIA[3], BRIGHTDOOM MÁRQUEZ[2], BAUMAR MARÍN[2], ARÍSTIDE MÁRQUEZ[2], & DEUDEDITH HERNÁNDEZ[2].

[1] *Escuela de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.*

[2] *Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.*
jrdiazramos@yahoo.com

[3] *Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente. Nueva Esparta, Venezuela.*

RESUMEN: Se examinaron las relaciones entre algunas variables fisicoquímicas y la biomasa fitoplanctónica a corta temporal escala en una zona de la Bahía de Mochima sometida a descargas de aguas servidas en la época de lluvias. Se midió amplitud mareal, salinidad y temperatura, concentración de nutrientes y biomasa fitoplanctónica a 0, 5 y 10 m cada seis horas del 3 al 10/08/2006. Se analizaron las diferencias temporales y espaciales de las variables y las relaciones entre éstas. La máxima amplitud mareal fue de 51 cm; la salinidad (30-40) fue más alta durante la noche lo que coincidió con el cese de la actividad de los pobladores de la localidad. La distribución vertical de la temperatura mostró que la columna de agua se estratificó formándose dos capas (0-5 y 5-10 m). La concentración de nutrientes fue alta (promedios de 4,74, 0,17, 0,45 µmol l^{-1} para amonio, nitrito y fosfato, respectivamente) y varió significativamente con respecto a los días. En el caso del nitrito, se observaron diferencias verticales muy significativas. La biomasa fitoplanctónica (0,11-12,39 mg chl *a* m^{-3}) presentó variaciones diarias y verticales muy significativas que se correlacionaron positivamente con la salinidad y negativamente con la concentración de amonio. La marea influyó sobre la concentración de nitrito y fosfato, posiblemente por la resuspensión de los sedimentos. La precipitacion, las aguas de la laguna de oxidación y el aporte de los sedimentos se relacionaron con las altas concentraciones de nutrientes (> 0,25 µmol l^{1}) y de biomasa, típicas de aguas eutrofizadas. La variabilidad diaria detectada en la concentración de nutrientes y biomasa fitoplanctónica obliga al aumento en la frecuencia de muestreo durante la época de lluvias.

Palabras clave: Concentración chl *a*, nutrientes, aguas costeras tropicales, bahía de Mochima, Mar Caribe.

ABSTRACT: This paper depicts the relation between some physico-chemical variables and phytoplankton biomass over short time periods in a zone of Mochima Bay awash with effluents during the rainy season. From 2 to 10 October 2006, tidal range, salinity, temperature, nutrient concentration, and phytoplankton biomass were measured at 0.5 and 10 m every six hours. Temporal and spatial differences of the variables and their relations among themselves were also analyzed. The maximum tidal range was 51 cm; salinity (30-40) was highest at night, coinciding with activities in the town coming to a halt. The thermal distribution of the water column showed the development of two strata (0-5 and 5-10 m). Nutrient supply was high, the concentration of ammonium, nitrite, and phosphate averaging 4.74, 0.17, 0.45 imol L^{-1}, respectively; and varying significantly from day to day. Nitrite reflected very significant differences throughout the water column. Very significant differences were also apparent in the daily and vertical distribution of phytoplankton biomass (0.11-12.39 mg chl *a* m-3), which correlated positively with salinity, and negatively with ammonium concentration. Nitrite and phosphate concentrations were affected by the tide, possibly through resuspension of nutrient load. Rainfall, oxidation pond inflow, and sediment input correlated with the high concentration of nutrients (> 0,25µmol L-1) and phytoplankton biomass, typical of eutrophic bodies of water. The daily variability detected in nutrient concentration and phytoplankton biomass compels more frequent sampling during the rainy season.

Keywords: Chl-*a* concentration, nutrients, tropical coastal waters, Mochima bay, Caribbean Sea

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los fenómenos biológicos exhiben alguna forma particular de periodicidad. Muchos aspectos de la fisiología del fitoplancton fluctúan dentro de un ciclo de 24 horas. BRUNET & LIZON (2003) señalan que la distribución vertical y temporal del fitoplancton en la columna de agua puede ser altamente variable debido a procesos físicos (ondas internas, advección, movimientos anisotrópicos turbulentos), químicos (entrada de nutrientes) y biológicos, (el pastoreo que incide sobre el desarrollo, éxito e índice de crecimiento de algunos grupos del fitoplancton durante el ciclo diario y la migración).

Los ecosistemas marinos son complejos y presentan jerarquías en su estructura que sólo pueden detectarse mediante estudios a escalas cortas de tiempo. Los trabajos a mayor escala enmascaran tal complejidad. Se considera que la alta frecuencia en la toma de muestras del plancton, en especial el fitoplancton, tiende a minimizar el error temporal asociado, el cual está calculado en un 35% en toma de muestras mensuales en ecosistemas variables (GONZÁLEZ *et al.* 2006).

Hasta el presente, la mayoría de los estudios realizados sobre el fitoplancton en aguas venezolanas comprenden frecuencias muestrales que varían de dos a cuatro semanas. A escalas de tiempo menores sólo se conocen los trabajos de DÍAZ-RAMOS & FERRAZ-REYES (1988), quienes recolectaron muestras cada seis horas en un período de 24 horas entre febrero y noviembre de 1988 para determinar las variaciones diarias y mensuales de algunos parámetros hidrográficos y biológicos del canal de entrada de la Laguna de Los Patos (Cumaná, Sucre). En ese estudio, se determinó que la biomasa y abundancia del fitoplancton no variaron de forma significativa a lo largo del día pero si a lo largo del año. Por otra parte, GONZÁLEZ *et al.* (2006) analizaron los cambios producidos por la velocidad del viento en los factores físicos y químicos, la productividad primaria y la concentración de clorofila *a* ante eventos de surgencia y no surgencia en la Bahía de Mochima (estado Sucre). Estos autores determinaron que la biomasa y la productividad primaria presentaron fuertes cambios diarios que se manifestaron de acuerdo a eventos Lasker. Finalmente, RIVAS-ROJAS *et al.* (2007) estudiaron los cambios diarios de algunas variables físico-químicas y de la biomasa y abundancia fitoplanctónica durante los períodos de calma (agosto-septiembre 2003), surgencia y transición (marzo y mayo 2004, respectivamente) en Playa San Luís (Cumaná, estado Sucre). En esa zona, se determinó que la mayor variabilidad diaria se produjo durante el periodo de transición. En la presente investigación, se examinan las relaciones existentes entre los parámetros ambientales y la biomasa del fitoplancton en periodos de tiempo cortos (diurnos) en el muelle de la Estación Biológica de la Bahía de Mochima, estado Sucre durante el periodo de lluvias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

La Bahía de Mochima está ubicada en la región nororiental de Venezuela, dentro del Parque Nacional homónimo. Sus características morfológicas más resaltantes han sido descritas por GONZÁLEZ *et al.* (2006). En la bahía, los manglares se desarrollan vigorosamente en la parte sur; allí también, las praderas de *Thalassia testudinum* ocupan extensas áreas a profundidades menores de 4 m. El pueblo de Mochima vive del turismo y de la pesca. Las aguas servidas del pueblo son tratadas de manera parcial en una laguna de oxidación ubicada en el extremo oeste del mismo y adyacente a la estación de muestreo. La laguna descarga directamente al mar sin ningún tipo de control.

Análisis de las muestras:

Los muestreos se realizaron en el muelle de la Estación Biológica IDEA MOCHIMA, cada seis horas entre el 3 y el 10 de agosto de 2006. La amplitud mareal se midió con una cinta métrica fijada a uno de los soportes del muelle. Las muestras de agua fueron extraídas a 0, 5 y 10 m de profundidad con mangueras conectadas a una bomba de diafragma (SHURflo 2088). La salinidad se determinó con un refractómetro Atago (± 1) y la temperatura con un termómetro ambiental (± 0,5 °C); Se procedió inmediatamente a concentrar la muestra con filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/C, 47 mm Ø, 1,2 µm de diámetro de poro) con una bomba de vacío (Gast; presión < 15 mm de Hg) y un equipo de filtración Millipore. Los filtros se mantuvieron congelados (≤-20°C) en la oscuridad hasta su posterior análisis en el Laboratorio de Fitoplancton del Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Las muestras utilizadas para las determinaciones de nutrientes se guardaron en botellas de polietileno y se mantuvieron en el congelador (amonio, según el método de KOROLEFF (1969); fosfato, método colorimétrico de MURPHY & RILEY (1956) y nitrito, BENDECHNEIDER &

ROBINSON (1952). Para medir la concentración de clorofila *a* (chl *a*) y de feopigmentos se utilizó el método de Lorenzen descrito y mejorado por STRICKLAND & PARSONS (1972).

Las diferencias temporales y verticales de las variables se analizaron con un análisis de variancia no paramétrico propuesto por Kruskall-Wallis (BOYER *et al.* 2000). Esto se hizo debido a que la distribución de los datos no era normal. Las posibles relaciones entre las variables se determinaron con un Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de una matriz de correlación múltiple (JOHNSON & WICHERN, 1992).

RESULTADOS

Durante el período de muestreo el estado del mar varió entre 0 y 2 de acuerdo a la escala Beaufort. Se presentaron lluvias de leves a fuertes entre las 15:00 y 17:00 hrs del 6 al 8 de agosto. La Tabla 1 contiene los estadísticos básicos de las variables estudiadas. La amplitud mareal máxima fue de 51 cm. La salinidad del agua varió ampliamente entre 30 y 40 y no presentó diferencias significativas con respecto a los días y a las profundidades (Kw= 1,38 y 1,86, respectivamente; p>0,05). Sin embargo, se observaron diferencias altamente significativas con respecto a las horas de muestreo (Kw= 7,74; p< 0.001), con la formación de dos grupos; el primero con los valores más bajos (promedio < 37) el cual incluye las muestras recolectadas a las 4:00, 10:00 y 16:00 h y el segundo con valores más elevados (promedio > 37) conformado por la salinidad medida a las 22:00 (Fig. 1A). El intervalo de la temperatura del agua estuvo comprendido entre los 25 y 31 °C. Esta variable no mostró diferencias significativas con respecto a los días de muestreo (Kw= 1,10; p>0,05), pero sí con respecto a las horas (Kw= 12,99; p<0,001; Fig. 1B) y profundidades (Kw= 98,95; p<0,001; Fig. 1C). La temperatura fue más alta durante las horas del día (promedio > 28 °C) las cuales formaron un grupo, mientras que fueron más bajas (promedio < 27) durante los muestreos nocturnos. Con respecto a la profundidad, se formaron tres grupos. Las mayores temperaturas (promedio > 29 °C) se midieron en la superficie y las más bajas a 10 m (promedio < 27 °C).

La concentración de amonio presentó un valor promedio de 4,74 µmol l^{-1} (Tabla 1; Fig. 2A). Los valores más altos (promedio de 13,3 µmol l^{-1}) se presentaron el primer día y a partir de allí se observó un descenso progresivo hasta el final del muestreo cuando se registraron las

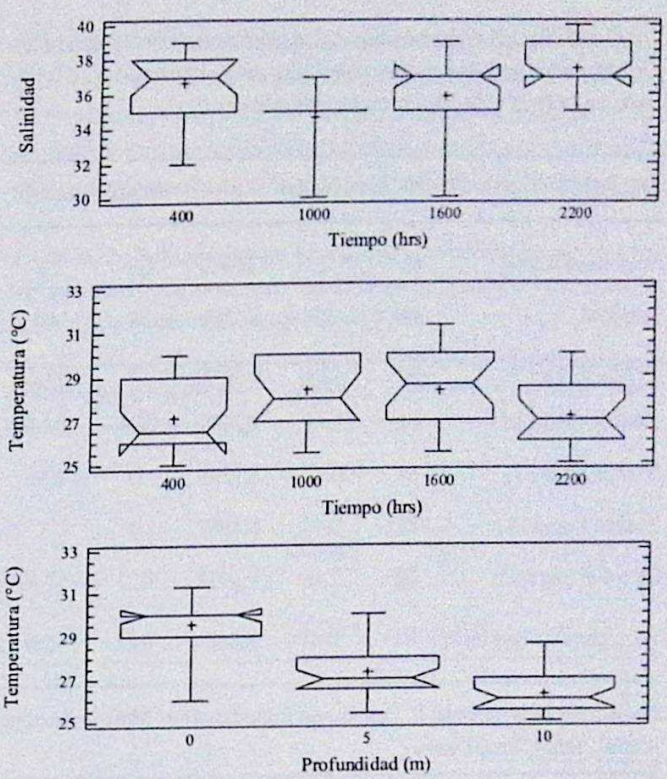


Fig. 1. Cambios espaciales y temporales de algunas variables físicas del agua en la Bahía de Mochima del 03 al 10 de agosto de 2006. A, salinidad; B y C, temperatura del agua (°C).

concentraciones más bajas (1,4 µmol l^{-1}). Se formaron 4 grupos; el primero de valores más altos (promedio de 13,3 µmol l^{-1}) formado por el día 1 del muestreo; el segundo grupo de valores intermedios a elevados (8 µmol l^{-1}) incluye los días 2 y 3; el tercer grupo con concentraciones más bajas estuvo formado por los días 4, 5 y 6 (3,0 µmol l^{-1}); y el último, con los valores más bajos estuvo formado por los días 7 y 8 (1,6 µmol l^{-1}). No se detectaron diferencias significativas en esta variable con respecto a las horas ni a las profundidades muestreadas (Kw = 1,62 y 2,44, respectivamente; p>0,05).

La concentración de nitrito osciló desde no detectable hasta 0,36 µmol l^{-1} (Fig. 2B). Se produjo un aumento progresivo entre el día 1 y el 4 y un descenso posterior hasta el final del muestreo. Se demostró la existencia de diferencias diarias altamente significativas (Kw= 3,17; p<0,001) y la formación de tres grupos conformados por: los días 1 y 8 (0,08 µmol l^{-1}) con los valores más bajos; 2, 3, 5, 6 y 7 (0,16 µmol l^{-1}) con los intermedios; y 4 (0,23 µmol l^{-1}) con el más alto. También hubo diferencias altamente significativas en cuanto a la concentración de nitrito con respecto a las profundidades (Kw= 9,47; p< 0,001; Fig.

TABLA 1. Estadísticos básicos de los parámetros físico-químicos y biológicos medidos diariamente, durante el período 3 - 10/08/2006 en la Bahía de Mochima, estado Sucre.

VARIABLE	N	Promedio	S	Mínimo	Máximo
Amp. mareal (cm)	81	-1	13,6902	-28	23
Salinidad	84	36	5,6395	30	40
Temp._agua (°C)	83	27,7	6,2899	25	31,3
Amonio (µmol l-1)	81	4,74	9,2408	0,34	14,5
Nitrito (µmol l-1)	81	0,17	8,9268	0	0,36
Fosfato (µmol l-1)	81	0,45	8,8989	0	1
Clorofila (mg m-3)	82	2,16	9,1472	0,21	12,39
Feopigmentos (mg m-3)	81	0,87	8,8681	0,12	2,87

N: Tamaño de la muestra; S: Desviación Estándar; Amp. Mareal: Amplitud mareal; Temp: Temperatura

2C). Se formaron dos grupos, el primero comprendido por los valores medidos a 0 y 5 m (0,14 µmol l^{-1}) y el segundo conformado por los valores medidos a 10 m (0,22 µmol l^{-1}). Esta variable no presentó diferencias significativas con respecto a las horas de muestreo (KW= 2,68; p> 0,05).

La concentración de fosfato en el agua varió significativamente con respecto a los días (Kw= 7,15; p <0.001; Fig. 2D). Se notó un aumento en la concentración desde el día 1 hasta el 6 (promedios de 0,24 y 0,61 µmol l^{-1}, respectivamente), un descenso el día 7 (promedio de 0,16 µmol l^{-1}) y un ligero aumento el día 8 (promedio de 0,28 µmol l^{-1}). No se observaron diferencias significativas de la concentración de este nutriente con respecto a las horas ni profundidades muestreadas (Kw= 2,73 y 0,98, respectivamente; p>0,05)

La biomasa total presentó diferencias altamente significativas con respecto a los días y a las profundidades muestreadas (Kw= 12,06 y 7,93, respectivamente; p < 0,001; Figs. 3A, B). Se observó un aumento de la concentración entre los días 1 y 7 (0,78 y 5,51 mg chl *a* m^{-3}) y un ligero descenso hacia el día 8. Se formaron tres grupos. El primero integrado por los días 1 al 5 con la biomasa más baja (1,03 mg chl *a* m^{-3}); el segundo, integrado por los días 6 y 8 con valores intermedios (2,63 mg chl *a* m^{-3}) y el último, el día 7

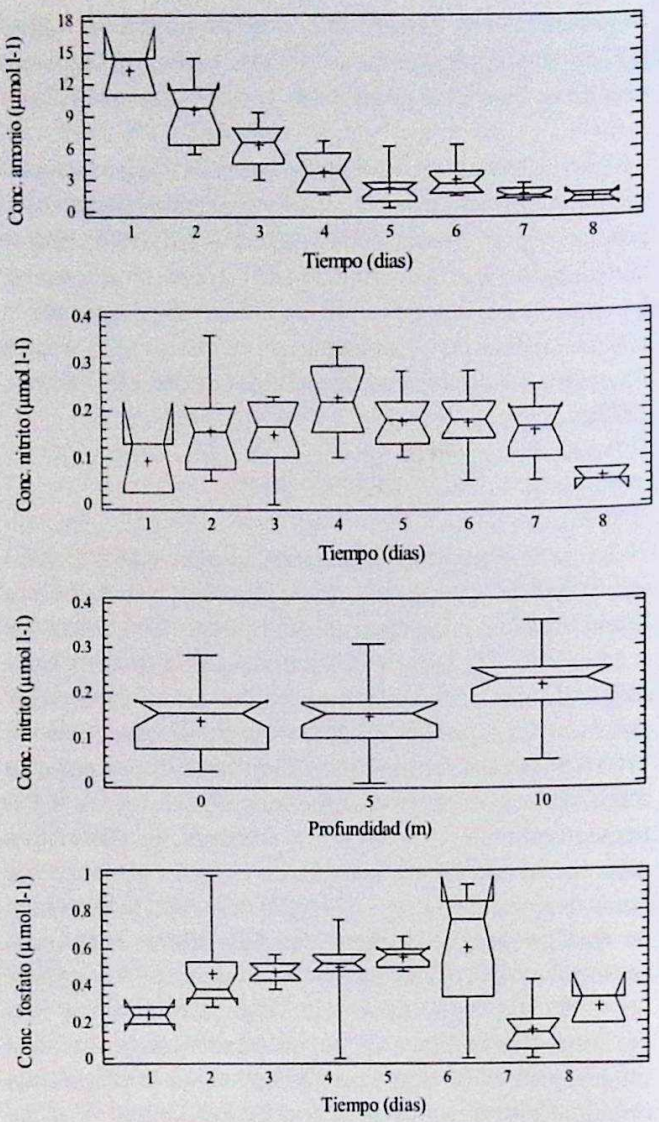


Fig. 2. Cambios espaciales y temporales en la concentración de nutrientes (µmol l^{-1}) en la Bahía de Mochima del 3 al 10 de agosto de 2006. A, amonio; B y C, nitrito; D, fosfato.

cuando se registraron las concentraciones más elevadas del estudio (5,74 mg chl *a* m^{-3}). En relación a las profundidades, se formaron dos grupos. El primero con valores más bajos (1,19 mg chl *a* m^{-3}) correspondiente a 0 m, y el segundo con los más altos (2,50 mg chl *a* m^{-3}) formado por los 5 y 10 m.

Los feopigmentos variaron entre 0,12 y 2,87 mg m^{-3} con un promedio de 0,87 mg m^{-3}. Se encontraron diferencias altamente significativas de las concentraciones de feopigmentos con respecto a los días y a la profundidad (Kw= 6,24 y 11,77, respectivamente; p< 0,001; Figs. 3C y D). En el primer caso, se formaron dos

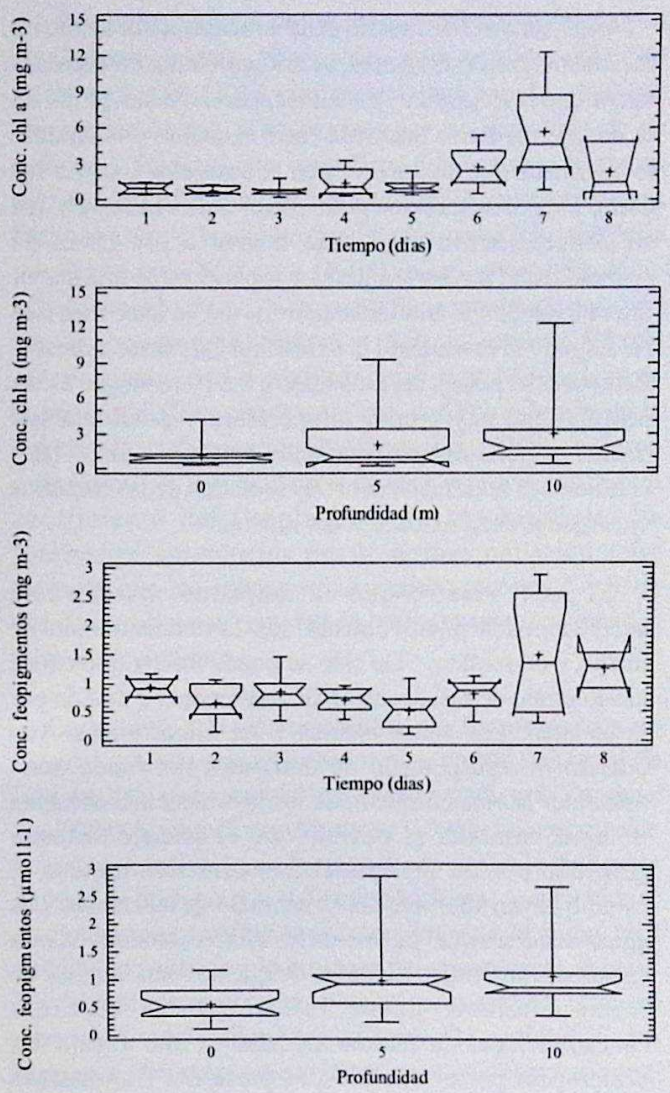


Fig. 3. Cambios espaciales y temporales de la concentración total de pigmentos (mg m^{-3}) en la Bahía de Mochima del 03 al 10 de agosto de 2006. A y B, concentración de chl *a*, C y D, concentración de feopigmentos.

grupos, el primero conformado por los días 1 al 6 (0,72 mg m^{-3}) y el segundo, por los días 7 y 8 cuando se registraron las concentraciones más altas (1,13 mg m^{-3}). En cuanto a las profundidades, se formaron dos grupos; 0 m conformó el primero con las medidas más bajas (0,55 mg m^{-3}); y 5 y 10 m conformaron el segundo con las más elevadas (1,02 mg m^{-3}). Las diferencias horarias no fueron estadísticamente significativas (Kw= 0,99; p> 0,05).

En relación al ACP, se demostró que los tres primeros componentes explicaban un 67,26% de la variancia total acumulada (Tabla 2). En el primer componente, la concentración de amonio y la temperatura del agua mostraron una correlación positiva y opuesta a la mostrada por la salinidad, y la concentración de chl *a* y feopigmentos (Fig. 4). En cuanto al segundo componente, se observó una correlación positiva entre la concentración de nitrito, la concentración de fosfato y la amplitud mareal.

TABLA 2. Porcentajes de la variancia total explicada por los tres primeros componentes del ACP de las variables medidas en la Bahía de Mochima en agosto de 2006.

Número de componente	Valor	Variancia	Porcentaje
1	2,37728	29,716	29,716
2	1,65093	20,637	50.353
3	1,35233	16,904	67,257

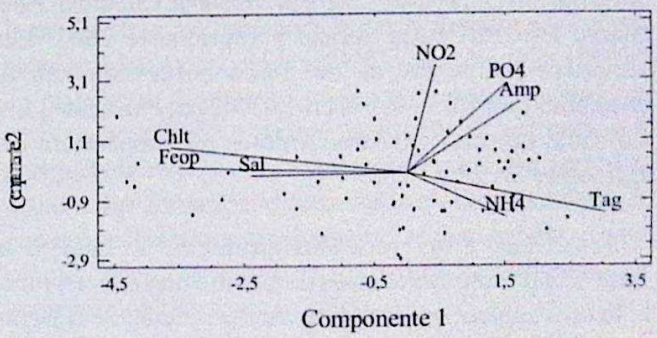


Fig. 4. Proyección ortogonal de las variables en el espacio definido por los dos primeros componentes del ACP medidas en la Bahía de Mochima del 3 al 10 de agosto de 2006. Amp, amplitud mareal; Sal, salinidad; Tag, temperatura del agua; NO_2, nitrito; NH_4, amonio; PO_4, fosfato; Chlt, chl *a*; Feop, feopigmentos.

DISCUSION

Los bajos valores de salinidad medidos durante el día en este trabajo podrían ser explicados por el hecho de que la Estación Biológica está ubicada cerca de la laguna de oxidación del pueblo de Mochima y cerca de una vertiente que recoge agua de escorrentía. Esta condición también fue reportada por Rivas-Rojas *et al.* (2007) en Playa San Luis, Cumaná, para el período de calma la cual atribuyen en parte al aumento del agua de escorrentía. El aumento nocturno de la salinidad coincide con la disminución de la

actividad humana y posiblemente con la disminución de la descarga de agua de la laguna de oxidación, alcanzándose valores típicos del agua de mar a las 22:00 h. La estratificación de la columna de agua mostrada por la temperatura del agua se debe a la influencia de las condiciones meteorológicas predominantes. La capa de agua superficial es la que recibe directamente la radiación solar y por tanto se calienta más que el resto de la columna de agua (OKUDA *et al.* 1968). Esto ocurre porque en la temporada de lluvia, al disminuir la velocidad del viento, se reduce el intercambio vertical y el flujo de calor desde las capas superiores hacia lo profundo, lo cual disminuye a una mínima expresión y aumenta la evaporación superficial causando un aumento de la temperatura (DÍAZ-RAMOS *et al.* 2007); todas estas condiciones pudieron propiciar la formación de dos capas de agua. Resultados similares fueron informados RODRÍGUEZ MÁRQUEZ (1995) y GONZÁLEZ *et al.* (2006), en la Bahía de Mochima; PIRELA-OCHOA *et al.* (2008), también informaron sobre la estratificación de la columna de agua entre los 5 y 10 m de profundidad en la bahía Charagato (Isla de Cubagua, Edo. Nueva Esparta) entre agosto y septiembre 2003. Las elevadas temperaturas del agua coinciden con lo encontrado por RIVAS-ROJAS *et al.* (2007) en Playa San Luis, Cumaná, quienes señalaron valores de temperatura del agua entre los 28 y 30° C.

En cuanto a las variables químicas, se detectó la presencia de concentraciones de amonio mayores a 4 µmol l^{-1} lo cual sugiere que las aguas de esa sección de la Bahía de Mochima podrían estar eutroficadas; estos altos valores en la concentración de amonio se deben a la actividad antropogénica. RIVAS-ROJAS *et al.* (2007) señalaron la importancia que tiene el aporte de las aguas continentales en Playa San Luis en la época de lluvias; en este período, las aguas de escorrentía transportan gran cantidad de materia orgánica que se descompone y puede generar las altas concentraciones de amonio. El ACP reveló una correlación positiva entre la concentración de amonio y la temperatura del agua, lo que apoya el origen continental de este nutriente. CONTRERAS *et al.* (2005) y TWOMEY *et al.* (2005) señalan que la mayor proporción de amonio puede ser un indicativo de nitrógeno reciclado procedente de procesos de mineralización bacteriana la cual puede ser más acentuada durante la estratificación de la columna de agua. Adicionalmente, la liberación del amonio proveniente del pastoreo y excreción del zooplancton podría representar una fuente significativa de nitrógeno para la comunidad fitoplanctónica (BIDIGARE 1983).

Aun cuando el promedio de la concentración de nitrito fue normal para estas aguas, se midieron concentraciones mayores a 0,25 µmol l^{-1}, las cuales son elevadas. El nitrito es un intermediario inestable entre el nitrato y el amonio lo cual hace que su duración en el ambiente marino sea corta. Esta característica pudo influir en el hecho de que su concentración haya sido mayor a los 10 m de profundidad. La columna de agua superior tiene una mayor interacción con el ambiente exterior que la hace más rica en oxígeno favoreciendo la oxidación del nitrito a nitrato. Este proceso podría ser más lento a los 10 m ya que a esta profundidad hay menor temperatura y posiblemente menos oxígeno disuelto que en la superficie. Bajo estas condiciones se desacelera el metabolismo de las bacterias encargadas de la oxidación del nitrito.

El ACP mostró que la amplitud mareal está correlacionada positivamente con la concentración de nitrito y de fosfato. De esto se puede inferir que existe cierto grado de resuspensión de sedimentos inducido por la pleamar. Las aguas tienden a ser oligotróficas. Aun cuando la resuspensión de nutrientes del fondo pudo aumentar la concentración de los mismos en la columna de agua, también es posible que el drenaje terrestre generado por las precipitaciones ocurridas durante el estudio hayan aportado cierta cantidad de nutrientes. Las aguas residuales del pueblo de Mochima constituyen otra fuente de nutrientes. El hecho de que no sean tratadas de forma eficiente puede influir en las elevadas concentraciones de amonio medidas en este trabajo. La preferencia por el amonio por parte del fitoplancton explicaría porque no se produjo un aumento temporal en su concentración (MCCARTHY *et al.* 1982; LIPSCHULTZ 1995; TWOMEY *et al.* 2005).

Existen numerosos mecanismos que pueden causar variabilidad a corto plazo de la biomasa fitoplanctónica, incluyendo la resuspensión inducida por el viento, el crecimiento diario, los ciclos de síntesis y destrucción, el pastoreo y las migraciones verticales (BRUNET & LIZON 2003; CLOERN *et al.* 1989; SMAYDA 1998; TREBINI *et al.* 2005). Las fluctuaciones diarias observadas en la biomasa fitoplanctónica pueden ser consecuencia del aumento en la concentración de nutrientes, específicamente el amonio lo cual está corroborado por el ACP. La ausencia de cambios significativos en la concentración de esta variable con respecto a las horas de muestreo sugiere que la producción del pigmento no está sincronizada con el fotoperíodo.

Los bajos valores de biomasa, medidos al inicio y al final del muestreo, coinciden con lo observado por González *et al.* (2006), quienes encontraron los menores valores de biomasa fitoplanctónica al comienzo de su estudio y éstos se incrementaron ligeramente hasta un máximo de 8,57 mg m^{-3}, en la Bahía de Mochima. La biomasa fue más alta a 10 m de profundidad, similar a lo señalado por Rodríguez -Márquez (1995), quien encontró que, en la bahía de Mochima, la biomasa fitoplanctónica tuvo una mayor concentración entre 5 y 10 m. El autor señaló que este resultado sería el producto de un mayor suministro de nutrientes a 10 m combinado con la fotoinhibición en la columna de agua superior. Huovinen *et al.* (1999) señalaron que las altas intensidades de luz pueden inhibir el crecimiento del fitoplancton en la superficie. La fotoinhibición inducida por la intensa radiación solar causaría que las células se acumulen entre los 5 y 10m donde consiguen la cantidad de luz y nutrientes adecuados para su crecimiento.

En cuanto a la concentración de feopigmentos se observó que su variación presentó un patrón similar al de la biomasa lo que coincidió con lo encontrado por González *et al.* (2006) y Rodríguez-Márquez (1995), quienes señalan que la concentración de feopigmentos siguió la tendencia general de la chl *a* en la Bahía de Mochima. Aun cuando al inicio del muestreo las concentraciones de feopigmentos fueron casi iguales a la biomasa, se observó que al pasar los días su concentración se mantuvo cuando la biomasa aumentó, esto indica que al inicio la calidad de los pigmentos era menor o que había un mayor pastoreo por el zooplancton (González *et al.* 2006). Luego, se puede inferir que, durante el muestreo, los feopigmentos provinieron de la muerte celular y no del pastoreo por parte del zooplancton, siendo un indicativo del buen estado fisiológico de las algas ya que los feopigmentos son productos de la destrucción de los pigmentos fitoplanctónicos por alta luminosidad, pastoreo o senescencia (Margalef, 1983)

El ACP mostró que las variables biológicas (concentración de chl *a* y feopigmentos) están correlacionadas positivamente con la salinidad. También se observa una correlación negativa entre la biomasa, la temperatura y la concentración de amonio. Ochoa & Tarazona (2003) obtuvieron resultados similares cuando estudiaron la variación temporal a pequeña escala del fitoplancton en bahía Independencia (Perú). Los autores indican que aun cuando la temperatura no varió mucho durante su investigación, los incrementos del fitoplancton están asociados con esa variable. La temperatura y la salinidad determinan la densidad del agua de mar la cual tiene una gran influencia sobre las comunidades fitoplanctónicas al afectar la profundidad de la capa de mezcla. Esto determina el tiempo que los organismos reciben luz y nutrientes suficientes para su óptimo crecimiento. Es posible que durante la época de calma, los factores físicos como la temperatura y la salinidad tengan mayor importancia en la distribución de los organismos fitoplanctónicos.

En cuanto a la correlación negativa entre la biomasa y la concentración de amonio, Harrison *et al.* (1999) señalan que la biomasa fitoplanctónica puede covariar en sentido inverso con los nutrientes. Esto nos indica que el fitoplancton durante su crecimiento consumió el amonio presente en el agua a diferencia del nitrito y el fosfato los cuales no están correlacionados con las variables biológicas, coincidiendo con lo señalado por Calliari *et al.* (2005) y Pirela *et al.* (2008). Estos resultados reflejan la preferencia del fitoplancton por el amonio tal como lo señalan McCarthy *et al.* (1982), Lipschultz (1995) y Twomey *et al.* (2005), y sugieren un período rápido de respuesta por parte de los productores primarios al enriquecimiento por nutrientes en el agua. La respuesta de las redes alimenticias planctónicas al enriquecimiento por nutrientes varía ampliamente a nivel global y tiene efectos directos e indirectos sobre los procesos de eutroficación (Pérez *et al.* 2005).

Los sistemas tropicales suponen muy pocas variaciones a lo largo de un ciclo anual. Sin embargo, la dinámica oceanográfica e hidrográfica podría ser la responsable de las variaciones temporales de la biomasa fitoplanctónica (Lalli y Parsons, 1997). Durante la época de lluvias, esta dinámica es caracterizada por la fertilización con nutrientes a la plataforma continental.

A pesar de que la salinidad influye en los factores bióticos como lo señala el ACP, los cambios en este parámetro no produjeron una variación significativa de la biomasa fitoplanctónica, posiblemente por la corta duración del aumento de la salinidad durante la noche. Aun cuando la amplitud mareal no estuvo correlacionada con los factores bióticos, tiene una importante influencia con los cambios en las concentraciones de nutrientes.

Dado que las variables químicas y biológicas no

variaron de manera significativa con respecto a las horas, se puede afirmar que, en la epoca de lluvias, los muestreos se pueden realizar a cualquier hora sin que ello tenga algún efecto sobre los resultados. Sin embargo, la gran variabilidad diaria detectada sugiere que la correcta selección de los días de muestreo es importante para aminorar el error inherente a la dinámica del fitoplancton en estas aguas.

AGRADECIMIENTO

Los autores quieren expresar su agradecimiento a RUBÉN PENOTT, MICHAEL RODRÍGUEZ, YELITZA MARCANO y a los estudiantes del curso de Biología Marina del I semestre de 2006 (Depto. de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente) cuya colaboración permitió la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

BENDECHNEIDER, K. & R. ROBINSON. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11: 87-96.

BIDIGARE, R. 1983. Nitrogen excretion by marine zooplankton. En *Nitrogen in the marine environment* E. J. Carpenter & D. J. Capone (Ed.) Academic Press, New York. Pp. 385-409.

BOYER, J., P. STERLING & R. JONES. 2000. Maximizing information from a water quality monitoring network through visualization techniques. *Est. Coast. Shelf Sci.* 50: 30-48.

BRUNET, C. & F. LIZON. 2003. Tidal and diel periodicities of size-fractionated phytoplankton pigment signatures at an offshore station in the southeastern English Channel. *Est. Coast. Shelf Sci.* 56: 833-843.

CALLIARI, D., M. GÓMEZ & N. GÓMEZ. 2005. Biomass and composition of phytoplankton in the Río de la Plata: large-scale distribution and relationship with environmental variables during a spring cruise. *Cont. Shelf Res.* 25: 197–210.

CLOERN, J., T. POWELL & L. HUZZEY. 1989. Spatial and temporal variability in south San Francisco Bay (USA). II. Temporal changes in salinity, suspended sediments, and phytoplankton biomass and productivity over tidal time scales. *Est. Coast. Shelf Sci.* 28: 599-613.

CONTRERAS, F., N. RIVERA & R. AGUILAR. 2005. Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Mancha) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 15 (003): 299-310.

DIAZ-RAMOS, J. R. & E. FERRAZ-REYES. 1988. Dinámica de algunos parámetros hidrográficos y biológicos del canal de entrada de la Laguna de los Patos, Cumaná, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 28 (1&2): 239-244.

_____., CASTAÑEDA, J. CHARZEDDINE, L., SUBERO, S., TROCCOLI, L. & JIMÉNEZ, Y. 2007. Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en el golfo y la plataforma norte de la Península de Paria, Venezuela. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR Florianópolis.

GONZÁLEZ, F., ZOPPI, E. & MONTIEL, E. 2006. Productividad primaria del fitoplancton en la Bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar. Valparaíso*, 34 (2): 37-45.

HARRISON, W, PLATT, T., PETRIE, B. & SATHYENDRANATH, S. 1999. Variability in phytoplankton biomass on the Scotian Shelf as viewed from space: Imagery from the CZCS Ocean Color Sensor (1978-1986) and SeaWiKW (1997-present). *Rem. Sens. Microb. Ecol.* 22: 485-499.

HUOVINEN, P., BRETT, M. & GOLDMAN, C. 1999. Temporal and vertical dynamics of phytoplankton net growth in Castle Lake, California. *J. Plankton Res.* 21: 373-385.

JOHNSON, R. & WICHERN, D. 1992. *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall Int. 3th ed. Canadá. 773 pp.

KOROLEFF, F. 1969. *Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue*. ICES, C.M. 1969/C: 9.

LALLI, C. M. & PARSONS, T. R. 1996. *Biological Oceanography: an introduction*. Butterworth Heineman. Oxford. 320 pp.

Lipschultz, F. 1995. Nitrogen-specific uptake rates of marine phytoplankton isolated from natural populations of particles by cytometry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123: 245–258.

Margalef, R. 1983. *Limnología.* Omega. Barcelona, España. 1050 pp.

McCarthy, J., Wynne, D. & Berman, T. 1982. The uptake of dissolved nitrogenous nutrients by Lake Kinneret (Israel) microplankton. *Limnol. Oceanogr.* 27: 673–680.

Murphy, J. & Riley, J. 1956. The storage of sea water samples for the determination of dissolved inorganic phosphates. *Anal. Chem. Acta*, 14: 318-319.

Ochoa, N. & Tarazona, J. 2003. Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Rev. Per. Biol.* 10 (1): 59-66.

Okuda, T., Benitez, J., García, A. & Fernández, E. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 7 (2): 7-37.

Pérez-Ruzafa, A., Fernández, A., Concepción, M., Gilabert, J., Quispel, J. & García-Charton, J. 2005. Spatial and temporal variations of hydrological conditions, nutrients and chlorophyll *a* in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Hydrobiologia* 550:11–27.

Pirela-Ochoa, E., Troccoli, L., Hernández-Avila, I. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad del fitoplancton en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 47 (1): 3-16.

Rivas-Rojas, T., Díaz-Ramos, J. R., Troccoli-Ghinaglia, L., Charzeddine, L., Subero-Pino, S & Márquez, A. 2007. Variación diaria de algunas variables fisicoquímicas y de la biomasa del fitoplancton en una playa tropical, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46:13-21.

Rodríguez Márquez, A. J. 1995. Fitoplancton de la Bahía de Mochima, Estado Sucre. Abundancia y biomasa en el canal central. Trab. Grad. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná. Venezuela. 95 pp.

Smayda, T. 1998. Patterns of variability characterizing marine phytoplankton, with examples from Narragansett Bay. *ICES J. Mar. Sci.* 55: 562-573.

Strickland, J. & Parsons, T. 1972. A practical handbook of Sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 167: 1-310.

Trebini, F., Padedda, B., Ceccherelli, G., Luglié, A. & Sechi, N. 2005. Changes of nutrient concentrations and phytoplankton communities after morphological modification in the S'Ena Arrubia Lagoon (Central-Western Sardinia). *Chem. Ecol.* 21 (6): 491–502.

Twomey, L., Piehler, M. & Paerl H. 2005. Phytoplankton uptake of ammonium, nitrate and urea in the Neuse River Estuary, NC, USA. *Hydrobiologia*, 533: 123–134.

Recibido: Octubre 2010
Aceptado: Agosto 2011

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 50 (1): 79-80 (2011)

THE OCEAN AND THE 50TH ANNIVERSARY OF THE INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION OF UNESCO

DAVID PUGH

Formerly Chair of the IOC

The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO is celebrating its 50th anniversary. As the leading mechanism in the United Nations through which governments can cooperate in scientific investigations, IOC's work can eventually lead to better management of the ocean. Although fifty years is a short time in the history of the ocean, our scientific knowledge has increased immeasurably since the IOC was established in 1961. Nevertheless, the need for management of the ocean, and of the role of the IOC are not widely recognised, even by marine users and by politicians. This short article gives some reasons why the ocean demands our collective and urgent attention. It derives from the book *"Troubled waters: ocean science and governance"* edited for the Anniversary by Geoff Holland and David Pugh, both former Chairpersons of the IOC.

The ocean covers nearly three quarters of the planet's surface. It forms an essential part of our environment, the air we breathe, the water we drink, the weather and the climate. In addition, we rely on the ocean for food, to carry 80 % of our trade, to absorb our wastes and to be part of our culture and enjoyment. Since the ratification of the Law of the Sea in 1994, jurisdiction over large tracts of the coastal waters, stretching out to two hundred nautical miles and more, have been accorded to the Coastal States. However, much of the ocean waters remain an international commons and the ocean waters and their inhabitants recognize no man-made boundaries, flowing at will from one jurisdiction to another.

It is now commonly recognized that the human race is capable of changing the environment of planet earth. There are many different views about how little or how much; whether changes can be good or bad; or even whether we should be complacent or concerned. This debate implies a fundamental lack of certain knowledge about the relationship between our civilization and the world we live in. Our future existence depends our ability to understand, and to manage future planetary changes.

For all its importance to our society and the life on our planet, the ocean is still relatively unexplored. Until the latter half of the last century, our ocean science observations were mostly restricted to what could be learned from instruments and nets lowered over the side of vessels. Today, modern technology in acoustics, underwater vehicles, automated floats and satellites are overcoming our lack of information, but there remains so much more to be done.

The need for ocean scientists and ocean policy makers to work together is clear. Scientists can explain the range of possible futures. Governments help to make selected futures happen. In marine science we may advise on ocean management possibilities, and governments may choose to take that advice. Or they may not, choosing in the face of uncertainty and societal pressures to do something different or nothing at all. This symbiosis between governments and science is often unrecognised on both sides, without closer examination of the mutual expectations, which are often very different.

Politicians and governments want their environmental decisions to be based on "good science". Translated, that means that there should be scientific consistency and consensus, and an assumption that the actions recommended will be effective. Cynically, if there are unseen consequences of their decisions and actions, governments and politicians have someone else to blame. Unfortunately for them, science seldom delivers absolute certainty. Governments want marine legislation and regulation to be effective. They want operational systems, for example storm surge warnings, and tsunami warning systems, to protect their citizens, and at reasonable cost. And inevitably they want wealth creating businesses to

continue to the maximum extent possible, to ensure jobs, individual prosperity and national economic success.

Scientists have a different agenda. Scientists need funds to carry out their research, and ocean research is inherently expensive. Either directly, or indirectly, governments fund most marine science. Good science requires conclusions to be independent of the expectations of the funding sources, and scientists need freedom to apply their professional skills without interference. Governments naturally desire control of expenditures and seek to ensure that research results lead to more efficient and effective services for their constituents.

Scientists expect that their conclusions and recommendations will be taken seriously, and not dismissed because they are politically difficult. And above all, scientists want politicians to accept and acknowledge publicly that scientific assessments are inevitably expressed in terms of probabilities. There will always be some element of uncertainty in all scientific predictions.

Neither the ocean environment, nor the creatures that inhabit it, recognize national boundaries and ocean issues need to be tackled on scales that transcend national, regional and even ocean basin scales. Even very local issues can be general in nature and can profit from observations and research in other areas.

The book *"Troubled waters"* ends with three basic conclusions. First, the ocean is an essential part of life on the planet, and the ocean is changing, as is the climate. We should be concerned, because we neither fully understand these changes nor how we should act to protect ourselves from potential dangers. This leads to the second point: scientific knowledge must be improved. Science encompasses observations, knowledge and information. The relative amount of resources spent on ocean science is very small, partly because of the expense of collecting ocean data, partly because we are a terrestrial species and partly because the ocean themselves have been regarded as vast and unchangeable. Third, as the ocean issue is global, governments must act together. Cooperation amongst governments leads to more efficient and effective programmes.

In working for the future of the ocean, governments' efforts have lacked urgency, and have been relatively small compared to the size of problems to be tackled. In many cases, national responses have been partial and inadequate. The United Nations system has tried, with limited success, but in always seeking to work by consensus is very slow. The very low level of support for the work of the IOC in UNESCO is evidence of this weak response.

The ocean has been part of the geological evolution of planet earth for hundreds of millions of years. Against a geological time scale the past fifty years is infinitesimally small; and measured in terms of chronology, so too will be the next fifty years. However, for a healthy and viable future ocean, the next fifty years will be the most critical of all time.

The Member States, as represented at the Governing Bodies of the IOC have expressed their willingness to improve co-operation and to increase resources. At the 50th Anniversary of the IOC, that remains a demanding challenge.

RECIBIDO: Noviembre 2010
ACEPTADO: Enero 2011



Este número del Boletín
fue financiado por la
Consultora Ambiental
Universidad de Oriente C.A.
(CAMUDOCA)
Cumaná/ Estado Sucre/ Venezuela