

VARIACIÓN DIARIA DE ALGUNAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS Y DE LA BIOMASA DEL FITOPLANCTON EN UNA PLAYA TROPICAL, CUMANÁ, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

TIBISAY C. RIVAS-ROJAS¹, JOSÉ R. DÍAZ-RAMOS², LUÍS E. TROCCOLI-GHINAGLIA³, LINA CHARZEDDINE-CHARZEDDINE², SONIA S. SUBERO-PINO¹ & ARÍSTIDE MÁRQUEZ².

¹ *Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
tibisaycarolina@hotmail.com.

² *Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*

³ *Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela.*

RESUMEN: Se evaluó la variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la abundancia y biomasa del fitoplancton en la playa San Luis en los períodos de calma (25 agosto – 05 septiembre 2003), surgencia (13-26 marzo 2004) y transición (15-28 mayo 2004). Para ello, se recolectaron muestras de agua superficial y se midió: temperatura *in situ*, salinidad, concentración de nutrientes y chl *a* y abundancia fitoplanctónica. Se aplicó un Análisis de Componentes Principales ACP para establecer las relaciones entre las variables. Los resultados obtenidos mostraron que la temperatura del agua en el período de surgencia fue menor (23,0-25,0°C) que en los períodos de calma y transición (28,0-30,0 y 24,5-28,5°C, respectivamente), mientras que la salinidad fue alta con un intervalo promedio de 36,71 a 36,96 para los tres períodos. Se determinó que la concentración de amonio fue mayor que 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el estudio, mientras que las concentraciones de nitrito, nitrito+nitrato y fosfato tendieron a ser más elevadas en la época de surgencia. Por otra parte, la mayor concentración promedio de silicato (6,1 $\mu\text{mol l}^{-1}$) se determinó en la época de transición. En el período de calma, la abundancia y la biomasa fitoplanctónica fueron más bajas (174 cél. ml^{-1} y 1,8 mg. chl *a* m^{-3}) que en los períodos restantes (>202 cél. ml^{-1} y >3 mg. chl *a* m^{-3}) debido a la baja disponibilidad de nutrientes. Durante el período de transición se detectó la mayor variabilidad diaria para todas las variables exceptuando la concentración de nitrito y la abundancia fitoplanctónica. Los resultados del ACP indicaron un cambio en la fuente de nutrientes dependiendo con el período. El fenómeno de surgencia resultó en un incremento de la concentración de nitrato, chl *a* y abundancia celular mientras que en las épocas de transición y calma, las descargas de agua continental fueron la principal fuente de nutrientes. Los valores en la concentración de NH_4^+ y clorofila *a* medidos indican que playa San Luis es un cuerpo de agua eutrófico.

Palabras claves: fitoplancton, cambios diarios, ecología, playa tropical.

ABSTRACT: Daily changes in some physico-chemical variables and phytoplankton biomass and abundance were evaluated in San Luis Beach during the stagnation (August 25-September 05, 2003), upwelling (March 13-26, 2004), and transition (May 15-28, 2004) periods. Surface water samples were collected to measure: *in situ* temperature, salinity, nutrient and chl *a* concentration, and phytoplankton abundance. A Principal Component Analysis (PCA) was applied to establish the relations among the physico-chemical and biological variables. Water temperature during the upwelling period was lower (23,0-25,0°C) than that measured in the calm and transition periods (28,0-30,0 and 24,5-28,5°C, respectively) while mean salinity varied from 36,71 to 36,96 for the three periods. Ammonia concentration was higher than 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ during the study while nitrite, nitrite+nitrate, and phosphate concentration tended to be higher during the upwelling period than during the stagnation and transition periods. The highest mean silicate concentration (6,1 $\mu\text{mol l}^{-1}$) was determined during the transition period. During stagnation, phytoplankton abundance and biomass were lower (174 cél. ml^{-1} and 1,8 mg. chl *a* m^{-3}) than in the other periods (>202 cél. ml^{-1} and >3 mg. chl *a* m^{-3}) due to the lower availability of nutrients. The highest variability for all the variables except for nitrite concentration and phytoplankton abundance was detected during the transition period. The results of the PCA showed a change in nutrient source depending on the period. During the upwelling period an increase in nitrate and chl *a* concentration and phytoplankton abundance occurred while during the transition and stagnation periods, continental waters were the main source of nutrients. The values for ammonia and chl *a* concentrations indicated that San Luis Beach is a eutrophic water body.

Keywords: phytoplankton, daily changes, ecology, tropical beach.

INTRODUCCIÓN

En la región costera nororiental, las playas del estado Sucre son de gran importancia turística y comercial debido a su belleza y riqueza pesquera. La playa San Luís es una barra de arena de aproximadamente 5 Km ubicada en el extremo oeste de la ciudad de Cumaná y separa a la laguna de Los Patos del Mar Caribe (Fig. 1). Su fondo es arenoso y tiene una pendiente suave hasta alcanzar los límites de la Cuenca de Cariaco. La playa recibe aguas continentales de los ríos Manzanares y Tacal en sus extremos este y oeste, respectivamente. También recibe las descargas de agua dulce de la laguna de los Patos, de un canal de escorrentía y del colector submarino de aguas servidas de El Guapo en el sector este. A lo largo de la playa existen una serie de instalaciones turísticas (hoteles, restaurantes, ventas de comida al aire libre) y viviendas uni- y multifamiliares.

En la zona costera de la ciudad de Cumaná se han realizado varios trabajos sobre la ecología de las microalgas marinas. Entre estos destacan: el realizado por DÍAZ-RAMOS & FERRAZ-REYES (1988) quienes determinaron que en la laguna de Los Patos la biomasa fitoplanctónica varió a lo largo del año, con máximos en la época de sequía; y los realizados por GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2000, 2002) en dos estaciones ubicadas en el sector este y el extremo oeste (Los Uveros y Los Bordones, respectivamente) en playa San Luís. Los autores determinaron que no existían diferencias significativas en las variables estudiadas con respecto a la estación y que la variación temporal de la abundancia y biomasa fitoplanctónica en la playa era similar a la del golfo de Cariaco, pero los valores eran menores y los nanoflagelados dominaron la comunidad fitoplanctónica casi todo el año.

También es importante mencionar el trabajo de GONZÁLEZ-CEDENO (2002) en la desembocadura del río Manzanares. Este autor señaló que en la estación seca (marzo de 1998), la biomasa, abundancia y diversidad fitoplanctónica eran relativamente altas ($1,08 \text{ mg chl } a \text{ m}^{-3}$; $1222 \text{ cél. ml}^{-1}$ y $2,44 \text{ bit. org}^{-1}$) y que en el período comprendido entre mayo y julio de 1998, los valores de estos parámetros fueron más bajos debido a que el agua se estratificó y aumentó la turbidez. Este fenómeno impidió el desarrollo de los organismos fitoplanctónicos por la reducción de la penetración de la luz en el agua.

La mayoría de los trabajos realizados en la región nororiental de Venezuela (GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* 2000, 2002;

GONZÁLEZ-CEDENO 2002; LA BARBERA-SÁNCHEZ *et al.* 1999; DÍAZ-RAMOS & FERRAZ-REYES, 1988), emplearon frecuencias muestrales iguales o mayores a una semana. Estas frecuencias de muestreo no permiten estudiar de manera adecuada la evolución de la comunidad fitoplanctónica. La compleja estructura y la dinámica del fitoplancton hacen que los cambios en composición y biomasa ocurran en intervalos de tiempo corto. Esto es producto de la interacción de factores físicos, químicos y biológicos característicos de cada localidad sumado a que en la naturaleza, muchas especies se dividen una vez cada dos a cuatro días (MARSHALL, 1991). La concentración de chl *a* y la abundancia celular pueden cambiar en pocos días. Además, es necesario conocer que tan confiables son las muestras puntuales obtenidas quincenal o mensualmente con respecto a lo que sucede diariamente en el mar.

Debido a que el fitoplancton es la base de las cadenas y redes alimenticias marinas, su caracterización es primordial para determinar las condiciones ambientales de cualquier cuerpo de agua. Es por ello que se consideró de interés estudiar la variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la biomasa y abundancia del fitoplancton durante los períodos de calma, surgencia y transición en la playa San Luís y también determinar la influencia de algunos parámetros físico-químicos sobre estas variables.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de agua superficial se recolectaron directamente con botellas plásticas, a una distancia de aproximadamente 20 m de la orilla y a una profundidad de 1,7 m, en la estación Los Uveros. Se utilizó sólo esta estación debido a que GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2000, 2002) determinaron que no existían diferencias significativas en las variables ambientales que estudiaron entre la zona este y oeste de la playa. El muestreo se realizó diariamente entre las 8:00 y las 9:00 a.m., durante tres períodos: calma (25 agosto – 5 septiembre 2003), surgencia (13-26 marzo 2004) y transición (15-28 mayo 2004). La medición de la temperatura del agua se realizó *in situ* con un termómetro ambiental ($\pm 0,1^\circ\text{C}$) y la salinidad se determinó mediante conductividad con un salinómetro portátil inductivo (Khalsico 118wC2000g). Para cuantificar la concentración de amonio se empleó el método de KOROLEFF (1969) mientras que para la de fosfato se utilizó el método calorimétrico de MURPHY & RILEY (1956). La concentración de nitrito ($\text{NO}_2 - \text{N}$) se estimó usando la reacción de GRIESS

(BENDECHNEIDER & ROBINSON, 1952) mientras que la concentración de nitrato y silicato se determinaron con un autoanalizador TECHNICON II (Scientific Instruments AC-100) según el método descrito por TREGUER & LE CORRE (1975) bajo los principios de GRASSHOFF (1964) y MULLIN & RILEY (1955), respectivamente, adaptados por STRICKLAND & PARSONS (1972).

La determinación de chl *a* se realizó según el método descrito por Lorenzen modificado por STRICKLAND & PARSONS (1972) para lo cual se empleó un espectrofotómetro SHIMADZU UV-120. Las muestras utilizadas para medir la abundancia microalgal fueron fijadas con formol (4%) neutralizado con hexametilentetramina y fueron analizadas con un microscopio invertido (WILD HEERBRUGG M40) de acuerdo al método de sedimentación de UTERMÖHL (1958).

Para determinar las diferencias temporales de las variables estudiadas se efectuó un análisis de varianza no paramétrico (BOYER *et al.* 1997) y para establecer las posibles relaciones entre estas, se realizó un Análisis de Componente Principales (ACP) a partir de una matriz de correlación múltiple (JOHNSON & WICHERN, 1992).

RESULTADOS

En agosto-septiembre de 2003 no hubo viento y el cielo tendió a permanecer despejado con pocas precipitaciones. El color del agua fue verde oliva y se observó en el fondo la presencia de *Ulva lactuca*, cangrejos y peces. En marzo de 2004, predominó el viento del este y el cielo estuvo cubierto por bruma. El agua se tornó verde azulada, con presencia de pequeñas cantidades de *U. lactuca*. Así mismo, se observó la presencia de pelicanos, cotúas y pescadores en plena faena. Para mayo de 2004, hubo poca brisa y el cielo mostró diferentes grados de nubosidad. Cabe destacar, que por espacio de casi una semana se notó resaca y el color del agua varió de azul verdoso a verde, encontrándose a las macroalgas *Hypnea musciformis* y *U. lactuca*. En este período, la boca de la laguna de Los Patos se abrió ocasionalmente. Los estadísticos básicos de los parámetros medidos en este estudio se presentan en la TABLA 1.

La temperatura del aire fue uno de los parámetros que presentó mayores variaciones durante el estudio (Fig. 2A). Para el período de calma, fluctuó entre 28,8 y 30,5° C y tendió a ser la más alta del estudio. En el período de surgencia, la temperatura varió entre 28,0 y 30,0° C pero la

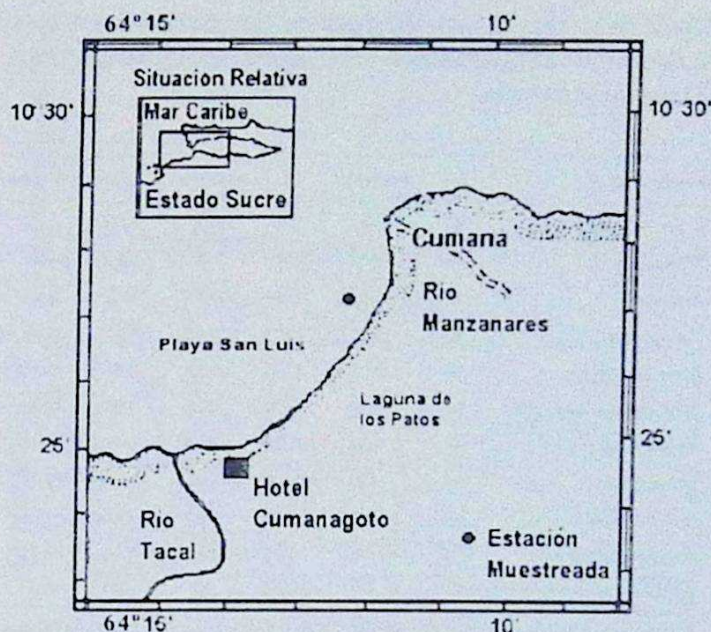


Fig. 1. Área de estudio mostrando la ubicación de la estación objeto de estudio.

mayor diferencia diaria se detectó en el período de transición cuando los valores variaron entre 26,0 y 31,0° C. Se determinó la existencia de diferencias muy significativas ($F_s = 6,39$; $p < 0,01$) de este parámetro con respecto al período estudiado.

Al igual que la temperatura del aire, los valores más elevados de la temperatura del agua se detectaron en el período de calma (28,0 y 30,0° C; Fig. 2B). En el período de surgencia, los valores fluctuaron entre 23,0 y 25,0° C, mientras que, en el de transición fueron intermedios (24,5 – 28,5° C) con respecto a los períodos anteriores. Se encontró que existían diferencias muy significativas en la variación diaria de la temperatura del agua con respecto a la época de muestreo ($F_s = 115,03$; $p < 0,01$). Por otra parte, la salinidad presentó valores que estuvieron entre los intervalos 36,55-37,29; 36,84-37,07 y 34,81-36,96 para los períodos de calma, surgencia y transición, respectivamente. El valor más bajo se midió el día 6 del último período. A pesar de los bajos valores de salinidad medidos en el período de transición se determinó que no existían diferencias significativas en la salinidad diaria con respecto a los períodos estudiados ($F_s = 1,74$; $p > 0,05$).

En cuanto a los nutrientes, se encontró que la concentración de amonio tendió a ser superior a 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en los tres períodos. Durante la época de surgencia, los valores fueron más bajos que los medidos en las épocas

TABLA 1. Estadísticos básicos de los parámetros físico-químicos y biológicos medidos diariamente en la playa San Luis, Cumaná, Venezuela.

VARIABLE	N	Promedio	S	Mínimo	Máximo	C V (%)
T _{aire} (°C)	40	29,0	0,97	26,0	31,0	2,73
T _{agua} (°C)	40	26,5	2,42	23,0	30,0	3,13
Salinidad	40	36,83	0,364	34,81	37,29	0,77
Amonio (μmol l ⁻¹)	40	2,31	1,457	0,50	7,23	51,34
Nitrato (μmol l ⁻¹)	40	0,28	0,196	0,02	0,73	43,71
Nitrato+Nitrato (μmol l ⁻¹)	40	2,21	1,768	0,34	7,55	45,50
Fosfato (μmol l ⁻¹)	40	0,51	0,365	0,00	1,18	74,18
Silicato (μmol l ⁻¹)	40	4,81	2,636	2,82	19,80	35,70
Clorofila (mg m ⁻³)	40	5,08	7,776	0,00	43,06	101,89
Fecopigmentos (mg m ⁻³)	40	13,66	15,213	0,00	0,50	95,38
Abundancia total (cél ml ⁻¹)	40	207	124,6	43	554	61,21

N: Tamaño de la muestra, S: Desviación Estándar, T_{aire}: Temperatura del aire, T_{agua}: Temperatura del agua.

de calma y transición, siendo en este último período donde se midió el valor más alto del estudio (7,23 μmol l⁻¹). Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la variación diaria de la concentración de amonio con respecto al período (Fs = 1,52; p>0,05).

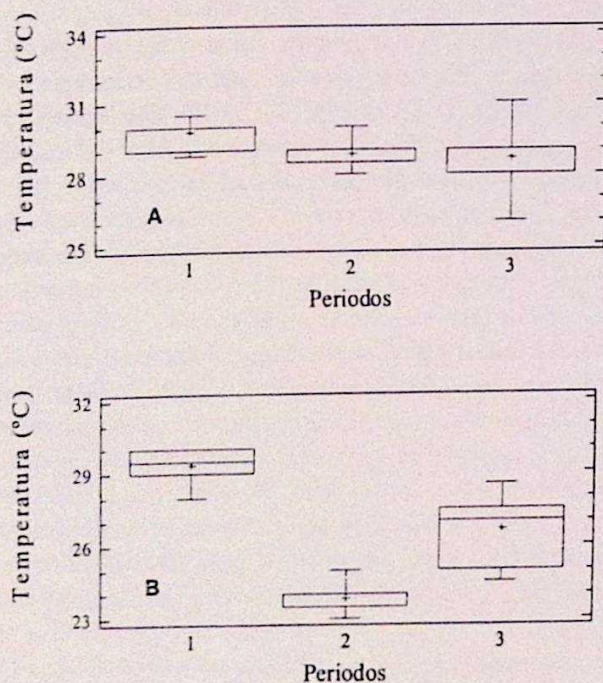


Fig. 2. Variación estacional de la temperatura del aire (A) y del agua (B) en la playa San Luis, Cumaná, Venezuela. 1= Período de Calma; 2= Período de Surgencia y 3= Período de Transición.

Con relación al nitrato, se encontró que la mayor concentración (0,73 μmol l⁻¹) se midió en el período de transición (Fig. 3A), cuando la variación diaria fue más marcada, mientras que en los períodos de calma y surgencia, los valores tendieron a ser un poco más bajos (<0,5 μmol l⁻¹). Se determinaron diferencias muy significativas en la variación diaria de la concentración de este nutriente con respecto a los períodos estudiados (Fs = 21,32; p<0,01). Las concentraciones diarias de nitrato + nitrato variaron entre 0,34 y 7,55 μmol l⁻¹, siendo los valores más altos los determinados en la época de surgencia (Fs = 28,66; p<0,01; Fig. 3B), lo que indicó que las diferencias fueron muy significativas con respecto al tiempo.

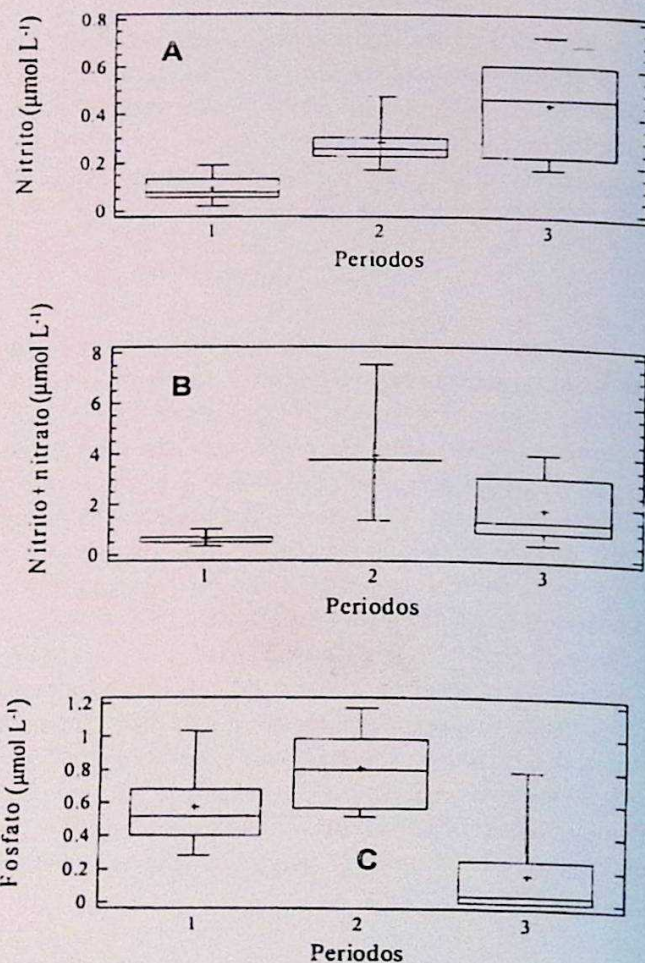


Fig. 3. Variación estacional de la concentración de nutrientes (nitrato, A; nitrato + nitrato, B; fosfato C) en la playa San Luis, Cumaná, Venezuela. 1= Período de Calma; 2= Período de Surgencia y 3= Período de Transición.

Las concentraciones de silicato correspondientes a la época de calma (2,82 - 4,93 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fueron más bajas que en la época de surgencia (4,22 - 5,63 $\mu\text{mol l}^{-1}$). Por otra parte, en el período de transición, los valores fluctuaron entre 2,83 y 19,80 $\mu\text{mol l}^{-1}$ siendo el último valor el más elevado del estudio para este nutriente. A pesar de esto, no se determinaron diferencias temporales estadísticamente significativas ($F_s = 2,83$; $p > 0,05$) en la concentración de silicato.

La concentración de fosfato en los tres periodos fue desde no detectable hasta 1,18 $\mu\text{mol l}^{-1}$, pero se observaron grandes fluctuaciones en cada uno (Figura 3C) y se determinaron diferencias temporales estadísticamente muy significativas ($F_s = 25,02$; $p < 0,01$). Los valores más bajos (no detectables) se midieron en el período de transición.

En cuanto a la variación diaria de la biomasa fitoplanctónica, en el período de calma, los valores fueron inferiores a 5 $\text{mg chl } a \text{ m}^{-3}$, mientras que en el de surgencia, se midieron los valores más altos del estudio (20,08 y 43,06 $\text{mg chl } a \text{ m}^{-3}$) a pesar de que en los primeros 4 días de este período, la biomasa fue no detectable (Fig. 4A). En lo que se refiere al período de transición, los valores fueron intermedios con respecto a los dos periodos anteriores (no detectable a 17,34 $\text{mg chl } a \text{ m}^{-3}$). La biomasa fitoplanctónica presentó diferencias estadísticamente significativas ($F_s = 4,48$; $p < 0,05$) entre los periodos de muestreo. Los valores más altos de la concentración de feopigmentos (productos de degradación de la clorofila), se midieron en el período de surgencia (no detectable y 80,5 mg m^{-3}), mientras que los valores variaron entre 3,39 y 9,82 mg m^{-3} en el período de calma y entre 5,2 y 39,96 mg m^{-3} en el de transición, evidenciando con esto, un comportamiento similar a la concentración de chl *a*. Se detectaron diferencias significativas ($F_s = 4,48$; $p < 0,05$) en la concentración de feopigmentos con respecto a los periodos en estudio.

La abundancia fitoplanctónica varió ampliamente en los tres periodos (Fig. 4B). En el período de calma, la abundancia mostró una variación entre 53 y 437 cél. ml^{-1} , encontrándose el valor más bajo en el séptimo día del muestreo y el más alto en el tercer día. Para la época de surgencia, los valores estuvieron comprendidos entre 90 y 554 cél. ml^{-1} , correspondientes al segundo y séptimo día del muestreo, respectivamente; mientras que en el período de transición, el intervalo fue de 43 a 466 cél. ml^{-1} (días noveno y tercero, respectivamente). Sin embargo, no se detectaron

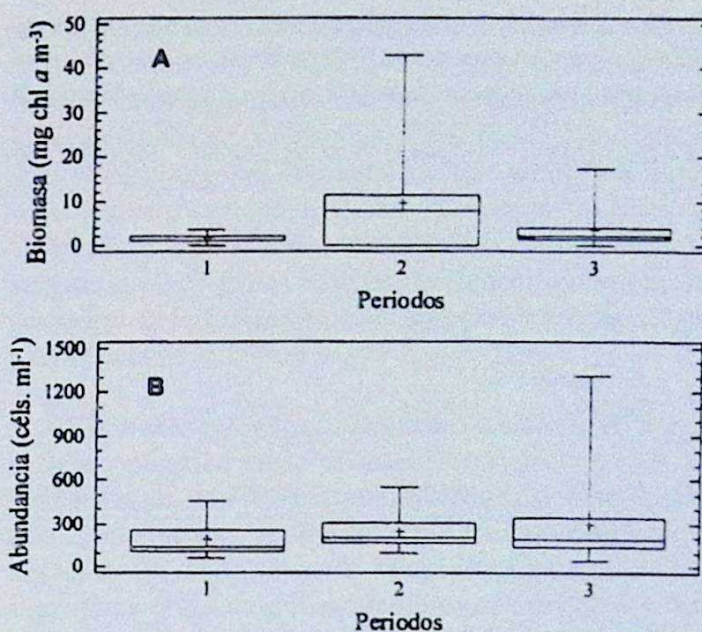


Fig. 4. Variación estacional de la biomasa fitoplanctónica (concentración de clorofila *a*, A, y abundancia fitoplanctónica, B) en playa San Luis, Cumaná, Venezuela. 1= Período de Calma; 2= Período de Surgencia y 3= Período de Transición.

diferencias estadísticamente significativas ($F_s = 0,93$; $p > 0,05$) de la abundancia con respecto al período.

Los resultados del ACP indicaron que la suma de la variancia acumulada para los dos primeros componentes era mayor que 61,56% en los tres periodos y la del tercero, mayor que 11,97% (TABLA 2). En el período de calma, el ACP mostró que la concentración de los nutrientes nitrogenados (nitrito, nitrito+nitrato) y la temperatura del aire (Tar) estaban correlacionadas positivamente entre sí con el componente 1. También mostró que estas variables tenían una correlación negativa con la temperatura del agua (Tag) y la concentración de fosfato (PO_4). La abundancia del fitoplancton (Abu) y la concentración de chl *a*, se correlacionaron de manera positiva con el componente 2 (Fig. 5A).

Por otra parte, en el período de surgencia (Fig. 5B), se detectó que existía una correlación positiva entre la concentración de los nutrientes nitrogenados, fosfato (mostrando también cierta correlación positiva con el componente 2), las temperaturas de agua y del aire entre sí con el componente 1 y estaban negativamente correlacionadas con la concentración de chl *a* y la abundancia fitoplanctónica.

TABLA 2. Porcentajes de variancia total explicada por los tres primeros componentes del ACP durante los periodos de calma, surgencia y transición en la playa San Luis, Cumaná, Venezuela.

COMPONENTE	CALMA	SURGENCIA	TRANSICIÓN
C-I %	37,742	37,873	41,718
C-II %	23,821	29,075	27,459
C-III %	15,406	14,857	11,969
Total	76,970	81,805	81,147

El ACP para el período de transición mostró que existía una correlación positiva entre la temperatura de aire y la concentración de los nutrientes nitrogenados y la de fosfato con el componente 1, y todas éstas a su vez mostraron una correlación negativa con la temperatura del agua (Fig. 5C). La concentración de chl *a* y la abundancia fitoplanctónica se correlacionaron de manera positiva con el componente 2.

DISCUSIÓN

En el período de surgencia, la temperatura del aire fue más baja debido posiblemente al efecto combinado de los vientos alisios, el afloramiento de aguas subsuperficiales de bajas temperaturas, tal como lo señaló OKUDA *et al.* (1978) para el golfo de Cariaco y a la reducción del fotoperíodo durante esta época del año. Esta condición también fue mencionada por LA BARBERA-SÁNCHEZ *et al.* (1999) para el golfo de Cariaco. Los valores más bajos de temperatura del agua se midieron también en marzo de 2004, lo cual está relacionado con la ocurrencia de la surgencia que de manera característica se registra en la zona nororiental de Venezuela durante esta época del año (OKUDA *et al.* 1978). El intervalo de variación de temperatura registrado en este estudio es similar al señalado por QUINTERO *et al.* (2004) para playa Cautaro (Parque Nacional Mochima).

El aumento del volumen de agua dulce que recibió la playa, proveniente de los ríos Manzanares y Tacal y del agua de escorrentía, pudo inducir a la disminución de la salinidad en el área de estudio. Esto fue evidente en el

período de calma, mientras que en el período de surgencia, la salinidad tendió a ser mayor que en el período anterior debido a que en esta época las precipitaciones son escasas o nulas y predomina el efecto de la evaporación sobre la salinidad del agua. En el período de transición, se midió el valor más bajo de salinidad como resultado de las precipitaciones anómalas que se produjeron esos días. Además, hubo una fuente adicional de agua dulce ya que en ese periodo se constató la apertura de la boca de la laguna de Los Patos ubicada a unos 100 m de la estación. Antes de junio de 2004, la boca de la laguna se abría de manera esporádica después de precipitaciones muy fuertes y/o durante el período de lluvias (julio-noviembre). A pesar de esto, el intervalo de salinidad registrado en este trabajo es más estrecho y elevado (34,81 – 37,29) que el medido en la desembocadura del río Manzanares (16-38) por GONZÁLEZ CEDEÑO (2002), por tanto, el agua de mar tiene una mayor influencia que el agua dulce en playa San Luis.

La variación en la concentración de los nutrientes estudiados en los tres periodos indica que la fuente de

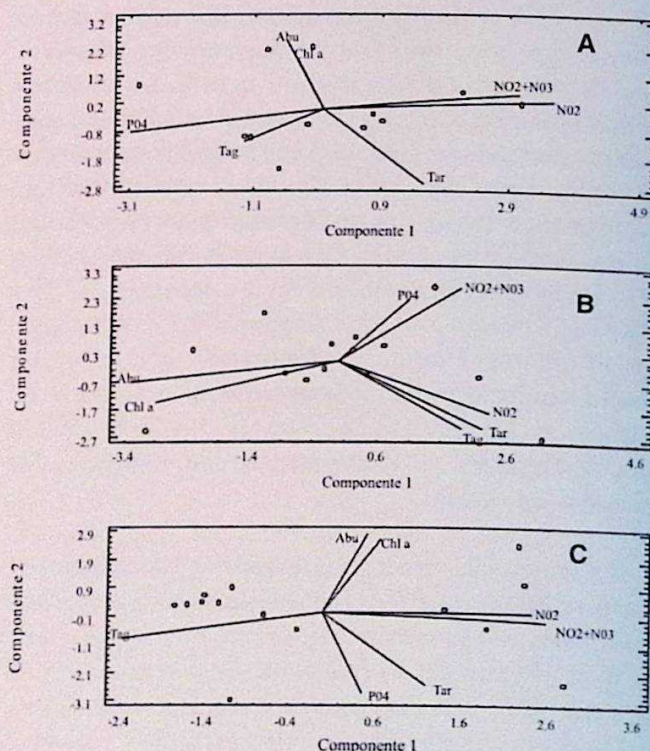


Fig. 5. Proyección ortogonal de algunas variables físico-químicas y biológicas medidas en la playa San Luis (Cumaná) en el espacio definido por los primeros dos componentes del ACP para los periodos de: calma, A; surgencia, B; transición, C.

los mismos varía a lo largo del año. La concentración de amonio en los tres períodos fue alta e indica que la playa San Luís tiene cierto grado de contaminación de acuerdo a lo establecido por SU *et al.* (2004). En el período de calma, que coincide con la estación lluviosa, debido a que el volumen de agua dulce aumentó, se puede afirmar que la fuente principal del amonio fue el agua de origen continental. El río Manzanares al igual que el río Tacal drena áreas intervenidas por la agricultura y por asentamientos humanos que carecen de plantas de tratamiento para las aguas servidas. En el período de calma, cuando los ríos alcanzan su máximo caudal, transportan una gran cantidad de materia orgánica, la cual al descomponerse, aumenta la concentración de amonio en el agua. Los valores de amonio medidos fueron, generalmente, superiores a la máxima concentración ($3 \mu\text{mol l}^{-1}$) medida por GODOY (1991) en la zona marina influenciada por el río Manzanares. Al respecto, se ha establecido que en aguas marino-costeras no contaminadas, la concentración de este nutriente debe ser inferior a $1 \mu\text{mol l}^{-1}$ (DUGDALE *et al.* 1990), con lo cual se puede inferir que las aguas de la playa San Luís están contaminadas. Al respecto, es común este efecto en zonas estuarinas con influencia urbana (EYRE & BALLS, 1999).

El ACP realizado para el período de calma, mostró una relación negativa entre la concentración de nitrito y de nitrito + nitrato con la temperatura del agua, lo que indica que en esta época, cuando la temperatura tiende a ser más alta, los nutrientes generalmente son escasos, lo que sugiere estratificación de la columna de agua (LINDENSCHMIDT & CHORUS, 1998).

En el período de calma también se midieron bajas concentraciones de chl *a* y de abundancia del fitoplancton, las cuales estuvieron correlacionadas positivamente con la temperatura del agua, por lo que se puede afirmar que la baja disponibilidad de nutrientes en esta época fue el origen de la baja biomasa y baja abundancia. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los publicados por GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2000), quienes registraron en playa San Luís valores iguales entre 63 y 774 cél. ml^{-1} en el período de calma, con relación a la abundancia del fitoplancton, y midieron valores de biomasa menores o iguales a $4 \text{ mg chl } a \text{ m}^{-3}$ para el período lluvioso. Los bajos valores de abundancia del fitoplancton registrados para este período, pueden deberse al efecto de las corrientes, que impiden el establecimiento de comunidades fitoplanctónicas maduras, puesto que disminuye el tiempo

de residencia de estos organismos en las zonas costeras (MARSHALL, 1991). GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2002) establecieron que en playa San Luís las corrientes impiden la acumulación de fitoplancton todo el año. Con relación a las concentraciones de nitrito, nitrito + nitrato y fosfato, estas tendieron a ser más elevadas en marzo de 2004, lo cual guarda una estrecha relación con la ocurrencia de la surgencia en la zona. Esto es un indicativo de que la surgencia es la fuente principal de estos nutrientes en la playa (BODE *et al.* 1996).

El ACP para este período demostró la existencia de una relación positiva entre la temperatura del agua y la concentración de estos nutrientes, lo que permitió inferir que el suministro de los mismos fue adecuado para sostener una abundancia fitoplanctónica alta. Es importante destacar que las temperaturas del agua y del aire más bajas junto con elevadas concentraciones de nutrientes, caracterizaron las aguas marinas durante esta época (IABICHELLA, 1993).

Los valores de abundancia fitoplanctónica medidos en este estudio son inferiores a los referidos por GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2000) quienes determinaron, durante un año de muestreo, una abundancia entre 61 y $1191 \text{ cél. ml}^{-1}$ en el período entre febrero y mayo de 1996 en playa San Luís. Estos mismos autores registraron valores de biomasa fitoplanctónica menores o iguales a $7 \text{ mg chl } a \text{ m}^{-3}$ en época de surgencia, los cuales son inferiores a los determinados en este estudio. Esta aparente contradicción podría ser explicada por la formación de florecimientos de células relativamente grandes. En este caso, la cantidad de chl *a* por célula sería alto y los valores superarían a los estimados por GÓMEZ-CARVAJAL *et al.* (2000). Tal observación queda evidenciada al comparar la concentración de chl *a* y la abundancia medidas durante la surgencia y durante la época de transición. Es notorio el hecho de que en la primera, la concentración del pigmento es mayor pero el número de individuos se encuentra dentro del intervalo de la abundancia determinado en la época de transición.

De manera similar, FERRAZ-REYES *et al.* (1987) en la laguna Grande del Obispo y FERRAZ-REYES & FERNÁNDEZ (1990) en el golfo de Cariaco, también midieron las mayores concentraciones de chl *a* en los meses de surgencia. Sin embargo, los valores no son tan altos como los medidos por LA BARBERA *et al.* (1999) en el golfo de Cariaco, donde

la abundancia máxima registrada fue de hasta 2379 cél. ml⁻¹ en aguas superficiales en diciembre de 1995.

La absorción de nutrientes por el fitoplancton resulta en una disminución en la concentración de éstos en las aguas superficiales y ésta es probablemente la razón por la cual se detectó una relación positiva entre los nutrientes y la temperatura del agua. La concentración de fósforo en la época de surgencia fue la más alta (>0,5 µmol l⁻¹) del estudio indicando que la surgencia permite reponer parte del fósforo en la parte superior de la columna de agua tal y como lo señalaron OKUDA *et al.* (1978) para el golfo de Cariaco.

Durante el periodo de transición, el ACP realizado mostró características típicas del periodo de surgencia, puesto que las variables físico-químicas y biológicas medidas se correlacionaron de manera negativa con la temperatura del agua, lo cual disminuyó su incidencia a medida que transcurrió el tiempo. Esto definió las condiciones imperantes en esta época del año, es decir, el cambio que se produce entre la época de surgencia y la época de estancamiento de la columna de agua o época lluviosa. Resultados similares han sido encontrados por FERRAZ-REYES *et al.* (1987) en el golfo de Cariaco, quienes consideraron al mes de mayo como de transición entre la época de mayor intensidad de la surgencia y la de estancamiento de la columna de agua.

A partir de este estudio, se puede afirmar que las mediciones semanales o quincenales de parámetros como: la salinidad, concentración de amonio y silicato y la abundancia del fitoplancton son adecuadas para monitorear estos parámetros en playa San Luís. Sin embargo, para las restantes variables, es necesario realizar muestreos más intensos sobre todo en la época de transición cuando las condiciones climáticas varían más rápidamente.

CONCLUSIONES

En playa San Luís, la salinidad y la concentración de algunos nutrientes es regulada por la surgencia costera, las precipitaciones y la descarga de agua dulce de los ríos Manzaneros y Tacal y de la laguna de Los Patos. A pesar de los valores relativamente altos de nutrientes, en particular de amonio, la biomasa y abundancia del fitoplancton tienden a ser moderadas lo que sugiere que las corrientes transportan los organismos rápidamente

fuera de la playa e impiden la acumulación de biomasa. Las mediciones semanales o quincenales de parámetros físico-químicos y biológicos durante la época de transición podrían no ser adecuadas debido a variabilidad de las condiciones climáticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a GREGORIO MARTÍNEZ, DEUDEDITH HERNÁNDEZ, ADELKIS MÁRQUEZ y OMAR RIVAS por su colaboración en 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.
- BODE, A., B. CASAS, E. FERNÁNDEZ, E. MARAÑÓN, P. SERRET & M. VARELA. 1996. Phytoplankton biomass and production in shelf waters off NW Spain: Spatial and seasonal variability in relation to upwelling. *Hydrobiologia* 341: 225-234.
- BOYER, J., J. FOURQUREAN & R. JONES. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and witewater bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries* 20(4): 743 - 758.
- DÍAZ-RAMOS, J. & 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.
- DUGDALE, R., F. WILKERSON & A. MOREL. 1990. Realization of new production in coastal upwelling areas: A means to compare relative performance. *Limnol. Oceanogr.* 35(4): 822-829.
- EYRE, B. & P. BALLS. 1999. A comparative study of nutrient behavior along the salinity gradient of tropical and temperate estuaries. *Estuaries* 22: 313-326.
- FERRAZ-REYES, E., E. MANDELLI & G. REYES-VÁSQUEZ. 1987. Fitoplancton de la Laguna Grande del Obispo, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 26 (1-2): 111-124.

- _____. & E. FERNÁNDEZ. 1990. Ciclo anual de las bacterias heterótrofas planctónicas y del fitoplancton en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela* 29: 43-56.
- GODOY P. GONZALO J. 1991. *Estudio espacio-temporal de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la zona estuarina del río Manzanares (Cumaná-Venezuela)*. Trab. Grad. M. Sc.. Ciencia Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 185 pp.
- GÓMEZ-CARVAJAL, E., J. R. DÍAZ-RAMOS & I. SÁNCHEZ-SUÁREZ. 2000. Abundancia y biomasa del fitoplancton de la playa San Luís, Cumaná, Venezuela (Junio 1995-Mayo 1996). *Ciencia* 8 (1): 41-52.
- _____, J. R. DÍAZ-RAMOS & I. SÁNCHEZ-SUÁREZ. 2002. Fitoplancton de la playa San Luís (Cumaná): Composición y Origen. *Ciencia* 10 (4): 340-352.
- GONZÁLEZ-CEDENO, L. 2002. *Ecología de la desembocadura del río Manzanares, Cumaná, Estado Sucre*. Trab. Grad., Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 71 pp.
- Grasshoff, K. 1964. Zur bestimmung von nitrat in meer- und trinkasser. *Kiel. Meeresforsch.* 20 (1): 5-11.
- IABICHELLA, M. 1993. *Evaluación bacteriológica del sector marino-costero San Luís-Guapo, Cumaná-Venezuela, según los criterios para aguas de contacto humano total y parcial*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 300 pp.
- JOHNSON, R. & D. WICHERN. 1992. *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall Int. 3th ed. N. J., U.S.A. 595 pp.
- KOROLEFF, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. ICES, C.M. 1969/C: 9. París, France. 50 pp.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A., J. GAMBOA-MÁRQUEZ & W. SENIOR. 1999. Fitoplancton del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 47 (1): 57-63.
- LINDENSCHMIDT, K-E. & I. CHORUS. 1998. The effect of water column mixing on phytoplankton succession, diversity and similarity. *J. Plankton Res.* 20(10):1927-1951.
- MARSHALL, D. 1991. *Biología de las algas, enfoque fisiológico*. Limusa, México. 167 pp.
- MULLIN, J. & J. RILEY. 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta* 12: 162-170.
- MURPHY, J. & J. RILEY. 1956. The storage of sea water samples for the determination of dissolved inorganic phosphates. *Anal. Chem. Acta* 14: 318-319.
- OKUDA, T., A. GARCÍA, J. BONILLA, & G. CEDENO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela* 17: 69-88.
- QUINTERO, A., J. BONILLA, L. SERRANO, M. AMARO, B. RODRÍGUEZ, G. TEREJOVA & Y. FIGUEROA. 2004. Características ambientales de la Bahía de Mochima y adyacencias de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 43 (1-2): 49-64.
- STRICKLAND, J. & T. PARSONS. 1972. A practical handbook of Sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167: 1-310.
- SU, H.-M., LIN, H.-J. & J.-J. HUNG. 2004. Effects of tidal flushing on phytoplankton in a eutrophic tropical lagoon in Taiwan. *Est. Cost. Shelf Sci.* 61:739-750.
- TREGUER, P. & P. LE CORRE. 1975. *Manual d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer*. Utilisation de l' Auto-Analyzer II. Technicon. LOC-UBO. 2^{ed}. París, France. 135 pp.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodig. *Mitt. Verein. Theor. Argiew. Limnol.* 9: 1-38.

RECIBIDO: Septiembre 2006

ACEPTADO: Marzo 2007