

# CONDICIONES HIDROQUÍMICAS DEL SACO DE LA ISLA DE COCHE, VENEZUELA. MAYO 1989 – MAYO 1990.

JOSÉ LUIS PALAZÓN-FERNÁNDEZ

*Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar,  
Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela*

**RESUMEN:** Se hizo un estudio de las condiciones hidroquímicas imperantes en El Saco, Isla de Coche, desde mayo de 1989 hasta mayo de 1990, mediante observaciones y determinaciones quincenales, en superficie y fondo, de las variables temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos, clorofila "a", feopigmentos, materia en suspensión y productividad primaria. Entre las características físico-químicas observadas destacaron el patrón estacional de la temperatura, la poca variación de la salinidad, la homogeneidad vertical, la alta concentración de oxígeno, la irregularidad en la fluctuación de los elementos nutritivos y la moderada productividad primaria. La temperatura varió entre 22,5 y 29,9 °C, observándose los mayores niveles en el periodo julio-noviembre y los menores en diciembre-abril. La salinidad fluctuó entre 35,99 y 38,23. La concentración de oxígeno disuelto osciló entre 0 y 5,29 ml.l<sup>-1</sup>. Los contenidos de nutrientes fueron muy variables con ascensos y descensos alternantes. El nutriente más abundante fue el amonio. Los nitratos, fosfatos y nitritos presentaron baja concentración. Las fluctuaciones de los nutrientes inorgánicos podrían estar reguladas en mayor o menor grado por los procesos de asimilación, oxidación, descomposición de la materia orgánica, intercambio con los sedimentos, corrientes de marea, y por los procesos advectivos y la circulación local. La clorofila "a" varió entre 0 y 14,42 mg.m<sup>-3</sup>. La producción primaria fue inferior a la observada en ambientes lagunares costeros del área y osciló entre 14,71 y 310,11 mgCm<sup>-3</sup>día<sup>-1</sup>. No se observó correlación entre las concentraciones de los nutrientes y la productividad primaria, lo cual parece indicar que ésta es regulada por otros factores. La materia en suspensión fue elevada con predominio de los materiales inorgánicos y fluctuó entre 16,6 y 136,8 mg.l<sup>-1</sup>.

**ABSTRACT:** Hydrochemical conditions of El Saco, Coche Island, are described based on samples taken biweekly at six stations from May 1989 to May 1990. Surface and near bottom water samples were analyzed for salinity, dissolved oxygen, inorganic nutrients, chlorophyll "a", pheopigments, particulate materials and primary production. In addition, temperature and transparency (Secchi disk) were measured at each station. Some remarkable characteristics during the sampling period were the seasonal pattern of temperature change, the restricted fluctuation in salinity, the homogeneity of the water column, the high dissolved oxygen concentrations, and the high variability of the inorganic nutrients. Except for the oxygen concentration and particulate materials, all other variables showed vertical homogeneity during the study period. Variation of hydrochemical conditions showed the same seasonal pattern in all stations. Temperature ranged between 22.5 and 29.9 °C. Highest temperatures occurred between July and November; the lowest occurred from December to April. Salinity fluctuated little and varied from 35.99 to 38.23. Dissolved oxygen fluctuated between 0 and 5.29 ml.l<sup>-1</sup>. Ammonia was the most abundant nutrient, while nitrates, phosphates and nitrites were present in low concentration. Inorganic nutrient concentrations could be influenced by assimilation, oxidation, organic matter degradation, exchange with sediments, tides, and other physical processes. Chlorophyll "a" varied between 0 and 14.42 mg.m<sup>-3</sup>. Primary production was lower than that cited for coastal lagoons of Margarita Island, and had values of 14.71 to 310.11 mgCm<sup>-3</sup>día<sup>-1</sup>. No correlation was observed between the nutrient concentrations and primary production, which may indicate that production is regulated by other factors. Particulate material was high, ranging from 16.6 to 136.8 mg.l<sup>-1</sup>. Inorganic materials predominated over the organic ones.

## INTRODUCCION

Las costas del oriente de Venezuela se caracterizan por una alta productividad que está relacionada con el fenómeno de surgencia que fertiliza sus aguas y las convierten en lugar de elevado interés pesquero. Esta zona está rodeada por numerosos ambientes lagunares, los cuales han sido considerados, en su conjunto, como sistemas altamente productivos y que pueden llegar a exportar energía al mar adyacente en las épocas de menor intensidad de la surgencia; de esta manera, ayudan a mantener una alta producción todo el año (GÓMEZ, 1991). Estas lagunas no sólo son importantes

por su aporte a la producción de nuestras costas, sino que ellas sirven de hábitat y/o zonas de cría y/o reproducción de numerosas especies de interés comercial directo o indirecto, y soportan algunas pesquerías artesanales; algunas de ellas son sitios de interés turístico por sus bellezas escénicas y por ello pueden estar sometidas a presiones antropogénicas, lo cual tiende a romper su equilibrio ecológico.

El conocimiento de las condiciones hidroquímicas de los cuerpos de agua costeros es de importancia fundamental para su conservación y manejo adecuado, ya que permite caracterizar el ambiente, detectar

alteraciones en el mismo causadas por la contaminación y/o intervención de los mismos y, en algunos casos, precisar las posibles fuentes de perturbación.

De las lagunas costeras insulares, las más estudiadas son las de la Isla de Margarita, principalmente La Restinga, Punta de Piedras y Las Marites, por ser las de mayores dimensiones y por su importancia, tanto turística como biológica.

El Saco de la Isla de Coche ha sido considerado como un área de reproducción, crianza y/o alimentación para numerosas especies de peces (SULBARÁN, 1993), y hasta ahora este cuerpo de agua no ha sido intervenido por el hombre, razón por la cual se requiere una evaluación de su condiciones ambientales, así como de su flora y fauna que permitan detectar cualquier alteración cuando se sospeche que esté sometido a alguna presión externa.

La hidrografía de El Saco de la Isla de Coche no había sido estudiada, por lo que el presente trabajo tuvo por objetivo realizar una evaluación de las condiciones hidroquímicas de esta laguna para que sirva de punto de referencia a trabajos posteriores que pretendan establecer la presencia de cambios desfavorables en éstas, causados por agentes alóctonos.

## MATERIALES Y METODOS

Para la obtención de las muestras de agua y medición de los parámetros hidrográficos, se fijaron siete estaciones (Fig. 1), las cuales fueron visitadas cada dos semanas durante un año, desde mayo de 1989 hasta mayo de 1990.

En cada estación se midió la temperatura del agua con un termómetro de mercurio de 0,1 °C de precisión y la visibilidad con un disco de Secchi. Las muestras de agua para el análisis de oxígeno, salinidad, nutrientes, pigmentos y materia en suspensión fueron tomadas con una botella Van Dorn de cuatro litros de capacidad. Todas las muestras fueron colectadas entre las 7:00 y 10:00 am. En cada estación se tomaron muestras de la superficie y del fondo a fin de evaluar la homogeneidad de la columna de agua.

Las muestras para la determinación de la salinidad fueron almacenadas en frascos de vidrio. Las muestras para el análisis de la concentración de oxígeno disuelto

fueron fijadas *in situ* en botellas ámbar de 125 ml de capacidad. Las muestras para el análisis de nutrientes, pigmentos y materia en suspensión fueron tomadas en botellas plásticas de 500 ml de capacidad. Las muestras para los nutrientes fueron almacenadas en el congelador hasta su procesamiento.

Para la medición de la productividad primaria se utilizó la técnica del cambio en las concentraciones de oxígeno disuelto en botellas claras y oscuras. Las botellas fueron incubadas *in situ* durante aproximadamente cuatro horas.

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Oceanografía Química de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, donde se realizaron los análisis siguiendo los métodos descritos por STRICKLAND & PARSONS (1972). El peso de los materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión se obtuvo según lo descrito por PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH (1994).

Análisis estadísticos: Los datos fueron analizados mediante un análisis de la varianza factorial de tres factores ortogonales (Estaciones, Profundidades y Muestreos). Las comparaciones *a posteriori* fueron realizadas mediante la prueba de Student-Newman-

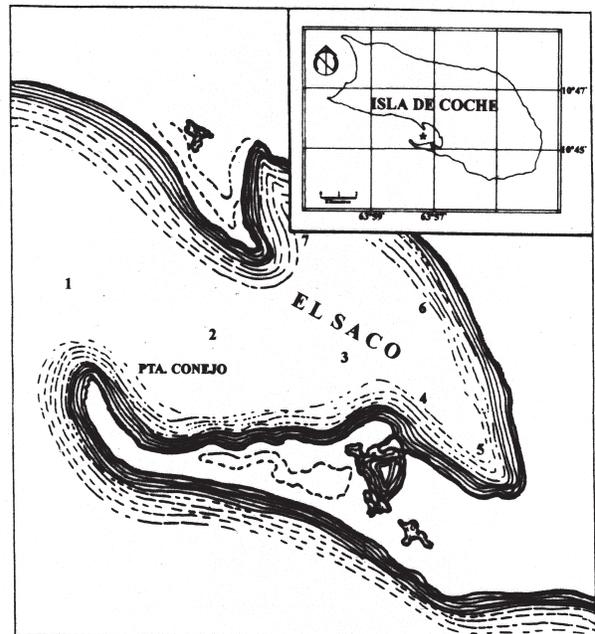


Figura 1. Ubicación geográfica de El Saco, indicando las estaciones de muestreo.

Keuls (S.N.K.) (SOKAL & ROHLF, 1979). El cumplimiento de los supuestos del Análisis de Varianza (normalidad y homoscedasticidad) fue verificado mediante el análisis de los residuales. En todas las pruebas se utilizó un nivel de significación del 5 %. Los datos correspondientes a las concentraciones de nitrito, nitrato, amonio y fosfato fueron transformadas logarítmicamente a fin de estabilizar las varianzas (FLOS, 1979).

#### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Saco está situado en la costa sur de la Isla de Coche (Fig. 1), entre los 10°45'00" y 10°45'40" de Latitud N y 63°56'50" y 63°57'50" de Longitud W, al este de la población de El Bichar. Es un cuerpo de agua en forma de U de aproximadamente 198.000 m<sup>2</sup>. Está comunicado permanentemente con el mar a través de una amplia boca que garantiza el flujo continuo del agua hacia y desde el interior. Su profundidad varía entre 1.6 y 4 m. Carece de manglares, a excepción de algunas plantas aisladas ubicadas en su parte sur y noreste. Además se encuentran presentes algunas praderas de *Thalassia sp.*, en las zonas próximas a la boca y en su parte sureste. Las precipitaciones y escorrentías constituyen el único aporte de agua dulce de este cuerpo de agua. Está separado del mar en su parte sur por una barrera arenosa paralela a su eje longitudinal. En su parte suroriental presenta un pequeño caño con el cual se comunica por un canal.

Dentro del Saco se realizan labores de pesca artesanal, principalmente de lisas (*Mugil curema*) y bagres (*Cathorops spixii*), por los habitantes de las poblaciones aledañas (El Bichar y Güinima).

Hasta ahora, la información que se tiene sobre este cuerpo de agua es escasa, sólo se conoce un estudio de las comunidades de peces realizado por SULBARÁN (1993), quién identificó 77 especies, de las cuales 32 fueron consideradas habitantes permanentes, e indicó que es utilizado por los juveniles de algunas especies de interés económico como área de crianza y/o alimentación.

#### RESULTADOS

La variación anual de los diferentes parámetros es presentada en las Figs. 2 - 5. Se observó homogeneidad vertical en las condiciones durante el período de muestreo, lo cual puede estar relacionado con las bajas

profundidades y un efecto mareal favorecido por la amplia boca de comunicación con el mar.

#### TEMPERATURA

La temperatura del agua osciló entre 22,5 (Est. 1, marzo 1990) y 29,9 °C (Ests. 4 y 5, septiembre 1989) con una media de  $26,46 \pm 0,09$ . La variación anual fue de 7,4 °C. Se encontraron diferencias entre las estaciones en cuanto al promedio ( $F=141,41$ ;  $p<0,001$ ), pero no entre profundidades ( $F=0,77$ ;  $p>0,05$ ). Las menores temperaturas ocurrieron en las estaciones próximas a la boca (Ests. 1 y 2) y se observó un incremento hacia las estaciones más internas.

A pesar de que las estaciones difirieron en sus temperaturas medias, los cambios en el ciclo anual (Fig. 2) mostraron un patrón común para todas las estaciones.

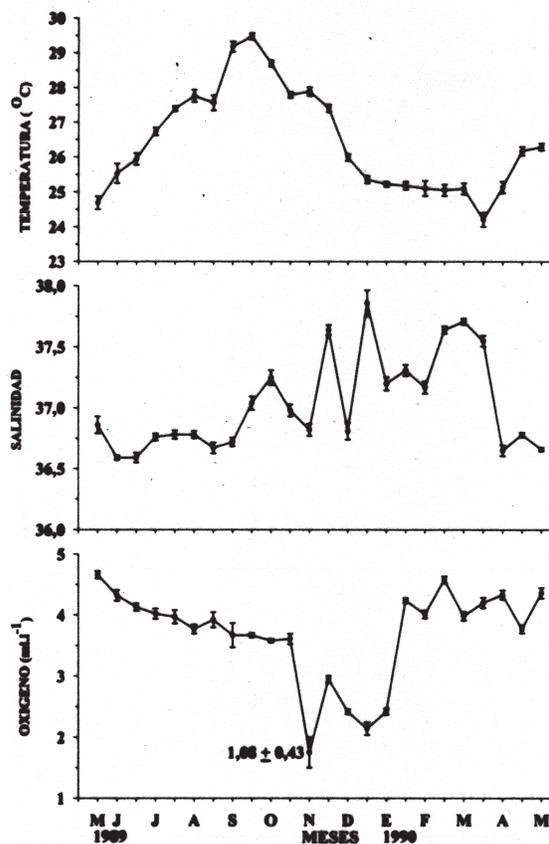


Fig. 2.- Variación quincenal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en El Saco, Isla de Coche durante el período mayo 1989 - mayo 1990. Las líneas verticales corresponden a los errores estándar.

Los valores mínimos se presentaron entre diciembre y abril y los máximos entre julio y noviembre.

SALINIDAD

La salinidad osciló poco, entre 35,99 (Est. 7; mayo 1989) y 38,23 (Est. 5; dic. 1989) con un intervalo de variación de 2,24. La media fue  $37,03 \pm 0,02$ . Al igual que en el caso de la temperatura se encontraron diferencias entre las estaciones ( $F = 36,92$ ;  $p < 0,01$ ), pero no entre las profundidades ( $F = 0,47$ ;  $p > 0,05$ ). La salinidad tendió a aumentar ligeramente hacia las porciones más internas (Ests. 4 y 5). En la Fig. 2 se muestra la variación mensual de la salinidad. El patrón fue el mismo para todas las estaciones. Las salinidades más bajas se presentaron en mayo-septiembre 1989 y abril-mayo 1990. A partir de septiembre 1989 hubo una tendencia al ascenso hasta marzo de 1990.

OXIGENO DISUELTO

Los cambios en la concentración de oxígeno en el ciclo anual (Fig. 2) mostraron un patrón irregular en todas las estaciones. La concentración promedio fue de  $3,65 \pm 0,05 \text{ ml.l}^{-1}$  y osciló entre 0 (Est. 5; nov. 89) y  $5,29 \text{ ml.l}^{-1}$  (Est. 2; mayo 90). La variación anual fue de  $5,29 \text{ ml.l}^{-1}$ . Se encontraron diferencias entre las estaciones muestreadas ( $F=13,03$ ;  $p < 0,01$ ). Las estaciones 4 y 5 presentaron los menores contenidos medios, mientras que el resto de las estaciones no mostró diferencias. Las concentraciones en el fondo fueron menores que en la superficie ( $F = 12,51$ ;  $p < 0,01$ ).

NITRITO

Los nitritos oscilaron desde niveles indetectables, observados en la mayoría de las estaciones, hasta un máximo de  $0,63 \mu\text{M}$  (Est. 1; enero y marzo de 1990). En la mayoría de los muestreos las concentraciones fueron menores de  $0,1 \mu\text{M}$ . Las estaciones evidenciaron diferencias estadísticas en relación a su contenido de nitrito ( $F = 10,94$ ;  $p < 0,01$ ). Los mayores niveles se presentaron en la boca y el canal de entrada (Ests. 1 y 2). No se encontraron diferencias superficie-fondo ( $F = 0,52$ ;  $p > 0,05$ ). El promedio durante el presente estudio fue de  $0,06 \pm 0,01 \mu\text{M}$ .

Las fluctuaciones que experimentó este nutriente no se ajustaron a un patrón definido de variación en los

diferentes sectores muestreados, sin embargo, las mayores concentraciones ocurrieron en los primeros meses del año (enero-marzo) (Fig. 3).

NITRATO

Las concentraciones de nitrato no siguieron un patrón definido (Fig. 3) y oscilaron desde niveles indetectables, los cuales ocurrieron con bastante frecuencia durante el lapso de muestreo hasta  $5,66 \mu\text{M}$  (Est. 7; enero de 1990). El promedio durante el período

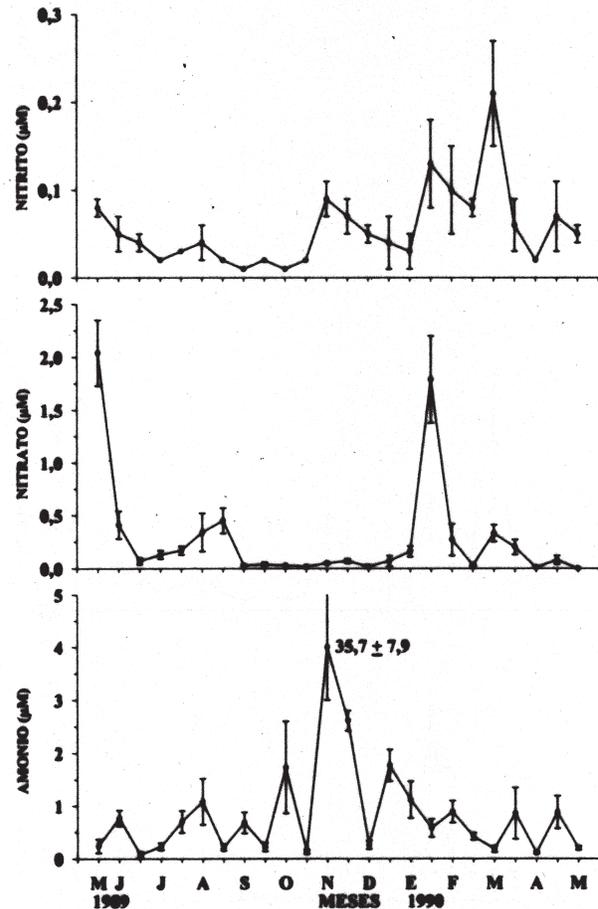


Figura 3. Variación quincenal de la concentración de nitrito, nitrato y amonio en El Saco, Isla de Coche durante el período mayo 1989 - mayo 1990. Las líneas verticales corresponden a los errores estándar.

de muestreo fue de  $0,28 \pm 0,04 \mu\text{M}$ . Se encontraron diferencias entre estaciones ( $F = 11,90$ ;  $p < 0,01$ ). Los mayores niveles se presentaron en la boca (Est. 1) y el canal de entrada (Est. 2). No se detectaron diferencias

entre profundidades ( $F = 0,33$ ;  $p > 0,05$ ). Las concentraciones mayores fueron observadas en enero y mayo. Desde septiembre a diciembre hubo baja concentración.

### AMONIO

Fue la forma más abundante del nitrógeno inorgánico durante el lapso de muestreo. Sus concentraciones fluctuaron entre valores indetectables, los cuales ocurrieron en todas las estaciones y  $116,38 \mu\text{M}$  (Est. 5; noviembre de 1989) con una media de  $2,16 \pm 0,50 \mu\text{M}$ . Los niveles generalmente fueron inferiores a  $1,5 \mu\text{M}$ . No se detectaron diferencias entre las estaciones ( $F = 1,56$ ;  $p > 0,05$ ), ni entre las profundidades ( $F = 0,02$ ;  $P > 0,05$ ). El patrón de variación fue irregular (Fig. 3) con ascensos y descensos alternantes.

### FOSFATO

Los resultados del análisis de la concentración de fosfato son mostrados en la Fig. 4. Los niveles generalmente fueron inferiores a  $0,5 \mu\text{M}$ . Las estaciones mostraron medias diferentes ( $F = 2,17$ ;  $p < 0,05$ ). Las grandes fluctuaciones experimentadas por este nutriente no siguieron un patrón de variación temporal, pero si una secuencia espacial relacionada con la zona de comunicación con el mar adyacente, presentándose los mayores niveles en las estaciones más internas (4 y 5) y los menores en las proximidades a la boca (1 y 2). No se detectaron diferencias entre profundidades ( $F = 1,82$ ;  $P > 0,05$ ). La media fue de  $0,25 \pm 0,05 \mu\text{M}$ . Se observaron valores indetectables para este nutriente en todas las estaciones. La máxima concentración,  $10,0 \mu\text{M}$ , fue registrada en noviembre de 1989 en la estación 5. En general, los mayores niveles se presentaron de noviembre a enero.

### PIGMENTOS

Los pigmentos estudiados presentaron promedios diferentes en las estaciones consideradas ( $F=4,24$ ;  $p < 0,01$  para la clorofila "a" y  $F = 6,78$ ;  $p < 0,01$  para los feopigmentos). Los mayores niveles ocurrieron en las estaciones más internas. En ambos casos no hubo diferencias superficie-fondo ( $F = 0,93$ ;  $P > 0,05$  y  $F = 0,01$ ;  $P > 0,05$ , respectivamente).

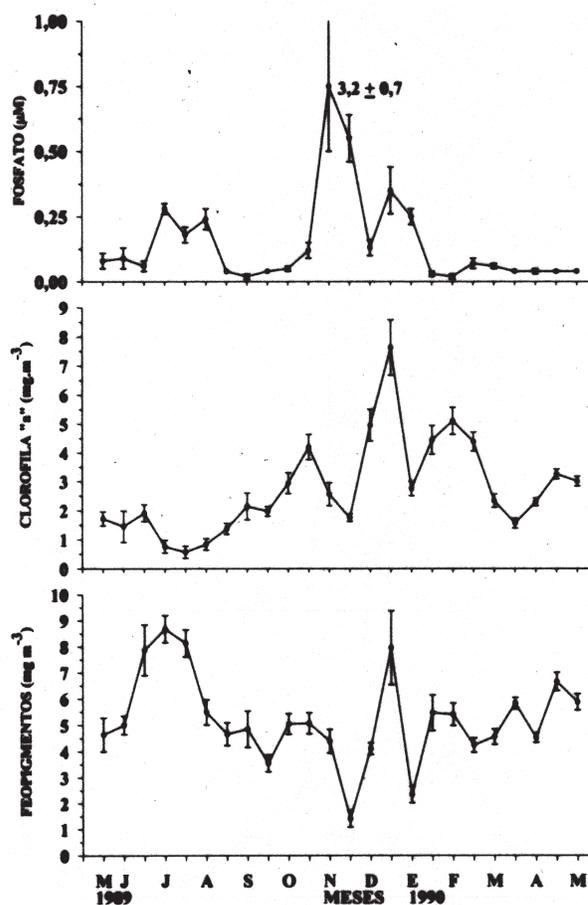


Figura 4. Variación quincenal de la concentración de fosfato, clorofila "a" y feopigmentos en El Saco, Isla de Coche durante el período mayo 1989 - mayo 1990. Las líneas verticales corresponden a los errores estándar.

Los valores de clorofila "a" oscilaron entre niveles indetectables, los cuales fueron observados en todas las estaciones, principalmente entre junio y principios de agosto de 1989 y  $14,42 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Est. 5; diciembre de 1989). La mayoría de las observaciones estuvieron entre 1 y  $6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . La media fue  $2,75 \pm 0,12 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . La variación estacional de la clorofila "a" se muestra en la Fig. 4. Esta indica una tendencia al aumento de julio a diciembre.

Los feopigmentos presentaron una media de  $5,24 \pm 0,14$  y variaron desde 0, nivel que se presentó en las estaciones 1, 2, 4 y 5, hasta  $16,93 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Est. 5, diciembre 1989). La mayoría de las observaciones oscilaron entre 1 y  $9 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Las fluctuaciones de los feopigmentos fueron muy irregulares en todas las estaciones (Fig. 4).

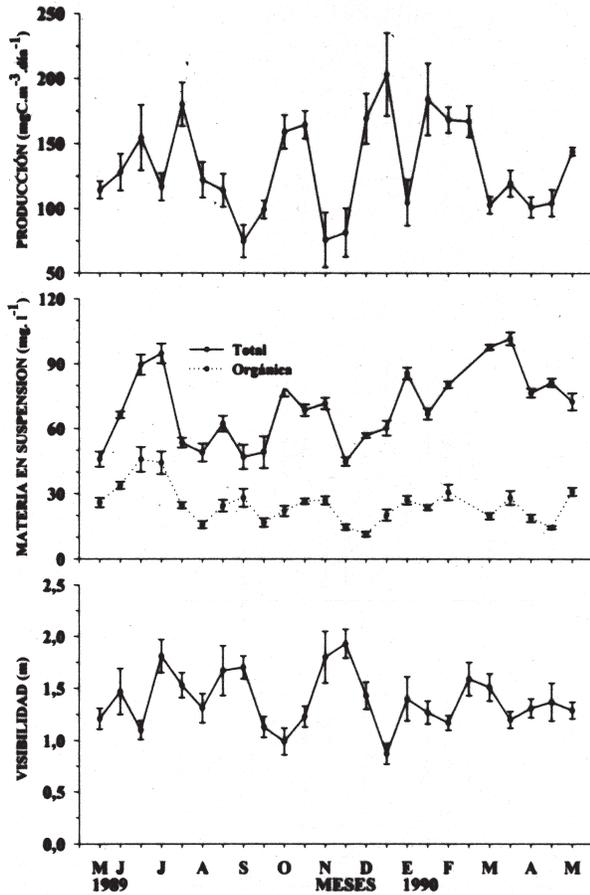


Figura 5. Variación quincenal de la producción primaria, materia en suspensión y visibilidad del disco de Secchi en El Saco, Isla de Coche durante el período mayo 1989 - mayo 1990. Las líneas verticales corresponden a los errores estándar.

### PRODUCCION PRIMARIA

Varió entre 14,71 (Est. 1; enero 90) y 310,11  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$  (Est. 5; diciembre 89). El promedio fue de  $131,59 \pm 4,12 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$ . Se observaron diferencias altamente significativas entre las estaciones ( $F= 4,69$ ;  $P<0,01$ ). La menor producción promedio se observó en la boca (Est. 1), el resto de las estaciones no difirieron entre sí. El patrón de variación quincenal fue irregular, aunque similar en todos los sitios de muestreo (Fig. 5).

### MATERIA EN SUSPENSION

La cantidad de materiales en suspensión presentó un

promedio de  $69,70 \pm 1,18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  y un intervalo de variación de 16,60 (Est. 1; septiembre de 1989) a 136,80  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Est. 1; marzo de 1990). La materia inorgánica predominó sobre la orgánica en todas las estaciones y fluctuó entre 0 (Ests. 1 y 6; septiembre 89) y 91,80  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Est. 7; octubre 89) con un promedio anual de  $44,74 \pm 1,04 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . La materia orgánica suspendida osciló entre 3,00 (Est. 3; diciembre 89) y 85,20  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Est. 6; junio 89) con un promedio de  $24,95 \pm 0,71 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . No se detectaron diferencias en los contenidos de materia total en suspensión ( $F= 1,15$ ;  $P > 0,05$ ), inorgánica ( $F= 1,39$ ;  $P > 0,05$ ) y orgánica ( $F= 0,99$ ;  $P > 0,05$ ) entre las estaciones. En relación con las profundidades, se observaron diferencias en el contenido de materiales suspendidos totales ( $F= 4,26$ ;  $P < 0,05$ ) e inorgánicos ( $F= 7,81$ ;  $p < 0,01$ ), pero no en el contenido de materia orgánica ( $F = 0,18$ ;  $p > 0,05$ ).

El patrón de variación fue el mismo en todas las estaciones (Fig. 5), con una tendencia al ascenso a partir de noviembre hasta alcanzar los máximos en el mes de marzo de 1990.

### VISIBILIDAD DEL DISCO DE SECCHI

Osciló entre 0,6 m (Est. 5, octubre 89) y 3,1 m (Est. 1, noviembre 89) con una media de  $1,39 \pm 0,03 \text{ m}$ . El intervalo de variación anual fue de 2,5 m. Las estaciones difirieron en su visibilidad ( $F = 21,63$ ;  $p < 0,01$ ), los máximos se registraron en las estaciones cercanas a la boca, disminuyendo hacia las zonas más internas. En todas las estaciones el patrón de variación fue irregular (Fig 5).

### DISCUSION

Entre las características físico-químicas observadas en El Saco destacaron el patrón estacional de la temperatura, la poca variación de la salinidad, la homogeneidad vertical, la alta concentración de oxígeno, la irregularidad en la fluctuación de los elementos nutritivos y baja productividad primaria en relación con otros ambientes costeros del nor-orienté de Venezuela.

La variación de la temperatura en el ciclo anual presentó un patrón que es común en la zona y ha sido descrito para las lagunas costeras de la costa nororiental (OKUDA *et al.*, 1968; GAMBOA *et al.*, 1971; GARMENDIA,

1992; OCANDO, 1992) y de la Isla de Margarita (BONILLA & OKUDA, 1971; VOLTOLINA & VOLTOLINA, 1976,1978; ALFONZO, 1977; PINEDA, 1978; PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH, 1994, 1998; PALAZÓN-FERNÁNDEZ *et al.*, 1996), en las que se han indicado dos épocas, una caracterizada por las máximas temperaturas entre junio y noviembre y una de mínimas temperaturas entre noviembre y marzo, con un periodo de transición entre ellas.

Los cambios de la temperatura en El Saco parecen estar afectados por los procesos de surgencia que se desarrollan en el mar adyacente. A este respecto, MARCANO (1990) indicó que al sur de la Isla de Coche, los procesos de surgencia ocurren con mayor intensidad entre noviembre y junio. Este autor observó un núcleo de aguas relativamente frías durante el mes de marzo de 1989 e indicó que esto era una consecuencia del ascenso de agua subtropical desde 100-200 m de profundidad. Al igual que en el presente estudio, las mayores temperaturas observadas por este autor ocurrieron en el mes de septiembre de 1989.

El patrón de variación de la temperatura en las lagunas costeras de la Isla de Margarita, donde el intercambio de agua con el exterior es más restringido, ha sido relacionado con las variaciones en la radiación solar, temperatura del aire, insolación y celeridad y dirección de los vientos (VOLTOLINA *et al.*, 1975; PINEDA, 1978; PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH, 1994, 1998). El intervalo de variación observado (7,4 °C) fue del mismo orden encontrado en sistemas lagunares costeros del oriente del país (GAMBOA, *et al.*, 1971; CABRERA, 1988; PINEDA, 1978; LONGA, 1990; GONZÁLEZ, 1987; GARMENDIA, 1992, OCANDO, 1992, PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH, 1994,1998; PALAZÓN-FERNÁNDEZ *et al.*, 1996) y puede considerarse como típico para este tipo de ambiente. Las mayores temperaturas observadas en las estaciones más internas podrían ser consecuencia de la disminución de la profundidad y/o un menor efecto de las mareas.

El comportamiento de la salinidad evidenció notables diferencias en relación con las lagunas de la costa nororiental, en las que los aportes importantes de agua dulce hacen que, en determinadas épocas, se presenten salinidades muy bajas, cercanas a 0 y el rango de fluctuación puede ser superior a las 60 (GARMENDIA, 1992; OCANDO, 1992). Por otro lado, en las lagunas costeras de la Isla de Margarita, carentes de aportes

fluviales, las salinidades en las zonas más internas pueden sobrepasar los 45 (BONILLA & OKUDA, 1971; MONENTE, 1978; PINEDA, 1978; PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH, 1994,1998; PALAZÓN-FERNÁNDEZ *et al.*, 1996), y el rango de fluctuación de este parámetro puede ser superior a 30 (PINEDA, 1978). El Saco es un sistema de salinidad más o menos constante. Esta apenas sobrepasó los 38, con una variación de 2,24, lo cual puede deberse a la ausencia de aportes fluviales y de canales que limiten la circulación del agua y al elevado intercambio y mezcla por efecto mareal.

La homogeneidad vertical es un rasgo común de los cuerpos de agua costeros de la zona nororiental de Venezuela y es consecuencia de la poca profundidad y efectiva mezcla causada por el viento y las mareas (BONILLA & OKUDA, 1971; BONILLA, 1974; LONGA, 1990). En el caso de El Saco, su forma alargada y la ausencia de manglares u otra vegetación podría favorecer la efectiva mezcla, ya que las aguas se mantienen agitadas. Las diferencias superficie-fondo observadas en la concentración de oxígeno podrían estar relacionadas con la penetración de la luz y su efecto sobre la producción primaria, a cambios rápidos en la superficie por razones de tipo climático y/o meteorológico o a un mayor consumo de oxígeno por oxidación de la materia orgánica en las cercanías al fondo. CERVIGÓN & GÓMEZ (1986) indicaron que las concentraciones de oxígeno en las lagunas costeras están afectadas por la elevada respiración y el carácter reductor de los sedimentos. PINEDA (1978) indicó que en la Laguna de La Restinga, las concentraciones de oxígeno se ven afectadas principalmente por la descomposición de la materia orgánica y por la acción del viento en las zonas menos profundas y libres de manglar. La correlación negativa ( $p < 0,01$ ) observada entre los productos de la descomposición orgánica (amonio y fosfato) y las concentraciones de oxígeno en El Saco, podría indicar que la descomposición de la materia orgánica tiene un efecto marcado sobre las concentraciones de oxígeno.

Durante el mes de noviembre de 1989 se produjo en la laguna una mortandad masiva de peces, causada presumiblemente por un turbio ocurrido en las afueras, lo cual indujo una elevada descomposición orgánica, cuyos efectos más marcados se observaron en la caída de las concentraciones de oxígeno hasta niveles no detectables en la estación más interna y grandes aumentos en las concentraciones de amonio y fosfato.

Sin embargo, este acontecimiento es considerado atípico y el sistema fue capaz de recuperarse rápidamente debido al elevado intercambio y renovación del agua por efecto mareal, favorecido por su amplia boca, su forma alargada, la ausencia de caños y por haber ocurrido en la época de grandes llenantes (CERVIGÓN & GÓMEZ, 1986). El resto del año las concentraciones de oxígeno fueron superiores a  $3 \text{ ml.l}^{-1}$ , por lo que no son consideradas como limitantes para la distribución de los organismos en la laguna.

De los compuestos nitrogenados estudiados, el nitrito presentó la menor concentración, al igual que en los sistemas lagunares de la costa sur de la Isla de Margarita (MONENTE, 1978; PINEDA, 1978; PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH, 1994, 1998). A este respecto, es bien conocido que éstos son compuestos intermedios en las reacciones de oxidación-reducción entre el amonio y los nitratos y que raramente se acumulan ya que, bajo condiciones aeróbicas, son oxidados a nitrato a medida que se producen (KAPLAN, 1983; WADA & HATTORI, 1991). Sus bajas concentraciones pueden ser explicadas por una rápida oxidación debido a las condiciones de oxigenación del agua.

Se observó una correlación negativa de los nitritos y nitratos con la temperatura del agua ( $r = -0,36$ ;  $p < 0,001$  y  $r = -0,23$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente), puesto que las mayores concentraciones de estos nutrientes se presentaron en los meses de menores temperaturas (enero-mayo) lo cual podría indicar que su concentración esta influenciada, en cierto grado, por los procesos de surgencia costera que ocurren en la zona en los primeros meses del año. MARCANO (1990) encontró, al sur de la Isla de Coche, concentraciones máximas de nitritos y nitratos en los meses de febrero y enero, respectivamente, e indicó que las concentraciones de estos nutrientes se encuentran relacionadas con los procesos advectivos y la circulación local. Las concentraciones mínimas de nitrato observadas por este autor ocurrieron en los meses de julio y septiembre a noviembre.

Debido a las condiciones oxidativas que prevalecen en las lagunas, las bajas concentraciones de nitratos son atribuidas a la asimilación por el fitoplancton. GARMENDIA (1992) indicó que, en la Laguna de Píritu, la mayor descomposición es hasta amonio, y que las pequeñas cantidades de nitratos regeneradas, son

rápidamente asimiladas por el fitoplancton.

El amonio ha sido indicado como el nutriente inorgánico más abundante en los sistemas lagunares costeros del oriente de Venezuela, lo cual puede estar relacionado con el hecho de que este nutriente es el primer producto en los procesos de mineralización de la materia orgánica (la cual es muy abundante en estos ambientes) y en los fenómenos biológicos de excreción. En el presente estudio se observó una correlación negativa ( $r = -0,39$ ;  $p < 0,001$ ) entre este nutriente y las concentraciones de oxígeno, sin embargo no se observó correlación con la temperatura del agua ( $p > 0,05$ ) lo cual podría indicar que no es afectado grandemente por los procesos de surgencia. Además, este nutriente puede ser asimilado y regenerado rápidamente. OCANDO (1992) indicó que las variaciones del amonio en la Laguna de Unare deben ser atribuidas a la excreción directa por parte de los peces y el zooplancton, junto con la degradación bacteriana de la materia orgánica.

La concentración de fosfatos presentó una baja correlación positiva con la temperatura ( $r = 0,16$ ;  $p < 0,01$ ) y negativa con las concentraciones de oxígeno ( $r = -0,43$ ;  $p < 0,001$ ), lo cual podría indicar que aunque es afectado por los procesos de surgencia costera, su concentración debe estar regulada por otros procesos internos de la laguna, tales como la oxidación de la materia orgánica y los intercambios con los sedimentos. LÓPEZ-HERNÁNDEZ *et al.* (1985) indicaron que los sedimentos juegan un papel relevante en el control de los niveles de fosfato de la interfase sedimento-agua superficial y que los niveles de fosfato y nitrógeno que se encuentran en un cuerpo de agua somero están afectados por múltiples factores de carácter biótico y abiótico y el metabolismo interno del ecosistema permite un continuo reciclaje de los elementos en los diferentes compartimientos sin que ocurra una acumulación significativa que afecte la calidad de productividad del cuerpo de agua. UNESCO (1981) indicó que la interfase agua-sedimentos proporciona un lugar importante para la oxidación de los detritos y permite la adsorción y desorción química del fosfato y amonio, importante para el mantenimiento de la producción en la columna de agua. Estos procesos estarían controlados por mecanismos abióticos como la salinidad, el área superficial de los sedimentos, y su capacidad de intercambio de cationes y composición mineral (SUNDARESHWAR y MORRIS, 1999). La poca profundidad

observada en las lagunas costeras del oriente de Venezuela podría favorecer el intercambio de nutrientes entre el agua y los sedimentos.

Los elementos nutritivos no mostraron relación con la clorofila "a", a excepción de los nitratos que presentaron una correlación negativa ( $r = -0,33$ ;  $p < 0,001$ ). Las elevadas concentraciones de clorofila "a" en presencia de niveles de nitrato relativamente bajos podrían deberse a una tasa de renovación rápida del nitrógeno o a la utilización de otras formas del nitrógeno, tal como el amonio, más abundantes en este tipo de ambiente. Ocando (1992) observó una correlación negativa entre las concentraciones de nitrato y clorofila "a" e indicó que esta era debida a la asimilación.

La producción primaria promedio observada en El Saco ( $131,59 \pm 4,12 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$ ) es baja en relación a las citadas para las lagunas de la costa sur de la Isla de Margarita: La Restinga,  $648 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$  (ALFONZO, 1977); Marites,  $1177,5 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$  (BONILLA, 1973); Laguna de Raya,  $1400 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$  (PALAZÓN-FERNÁNDEZ y PENOTH, 1994) y Boca de Palo,  $1084 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{día}^{-1}$  (PALAZÓN-FERNÁNDEZ y PENOTH, 1998).

La producción primaria siguió las tendencias de la clorofila "a", con la cual presentó una correlación positiva significativa ( $r = 0,52$ ;  $p < 0,001$ ); sin embargo, no se observó relación entre la producción primaria y las concentraciones de nutrientes. Aunque la mayor producción ocurrió en la época de menores temperaturas, no se observó relación entre la producción y la temperatura del agua superficial. En las lagunas de La Restinga y Las Marites se ha observado que las producciones más bajas ocurren en la época fría (BONILLA 1973; GÓMEZ, 1983).

Aunque las concentraciones de nutrientes registradas en esta laguna fueron equivalentes, en promedio, a las registradas para los ambientes lagunares de la costa sur de Margarita, la producción primaria resultó menor, lo cual parece indicar que ésta puede estar limitada por otros fenómenos como la temperatura, salinidad, turbidez (calidad y cantidad de luz disponible) y la composición y estado fisiológico del fitoplancton.

Las concentraciones de feopigmentos representaron una fracción importante de los pigmentos clorofílicos

presentes. En promedio, el porcentaje de feopigmentos fue del 65 % del total de pigmentos, aunque con amplias oscilaciones. Esta relativa abundancia de feopigmentos puede ser considerada un indicativo de la presencia de poblaciones de fitoplancton en decadencia (VARELA y MASSA, 1983) o de un pastoreo intensivo por los herbívoros (Perumal y SUBRAMANIAN, 1989).

La elevada cantidad de materiales en suspensión observada en esta y otras lagunas es debida a su poca profundidad, lo cual permite que los sedimentos puedan ser resuspendidos por la acción del viento y de las mareas. La resuspensión y transporte de la materia orgánica particulada constituye un eslabón importante entre los ciclos biogeoquímicos de la columna de agua y los sedimentos. SANTAMARÍA DEL ANGEL *et al.* (1996) indicaron que la mayoría de los cuerpos costeros tienen una alta energía cinética turbulenta, la cual mantiene en suspensión sedimentos terrígenos, dando como resultado una alta turbidez. El Saco de la Isla de Coche se considera un lugar turbio, con valores para la visibilidad del disco de Secchi entre 0,6 y 3,1. Estos valores son intermedios entre los registrados para sistemas considerados extremadamente turbios como la región del delta del Río Colorado, con valores entre 0,15 y 1,5 (SANTAMARÍA-DEL-ANGEL *et al.*, 1996) y sistemas considerados turbios como el estero de Punta Banda, Baja California con visibilidades de 2,5 a 4,5 m (MUÑOZ-ANDERSON, 1989, cit. por SANTAMARÍA-DEL-ANGEL *et al.*, 1996).

En la mayoría de las muestras se observó un claro predominio de la materia inorgánica en suspensión sobre la orgánica. Esta condición también fue observada por VARELA & MASSA (1983) y PALAZÓN-FERNÁNDEZ & PENOTH (1994, 1998) en las Lagunas de Raya y Boca de Palo en la costa Sur de la Isla de Margarita.

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al Consejo de Investigaciones de la Universidad de Oriente, quién subvencionó la presente investigación como parte del Proyecto "Evaluación de la Ictiofauna del Saco de la Isla de Coche" clasificado bajo el código C.I. 4-020-00359. A la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, por el apoyo logístico. Al Equipo de Trabajo del mencionado proyecto: MARIANA SULBARÁN, GLADYS HERNÁNDEZ, HECTOR GARCÍA, JULIÁN VÁSQUEZ y

EULOGIO PENOTH. A los Lics. MIREN GARMENDIA, GONZALO HERNÁNDEZ, LUIS OCANDO y a los revisores anónimos del Boletín por sus oportunas sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS

- ALFONZO, P. N. 1977. *Estudio de la productividad primaria en la Laguna de La Restinga*. Trab. Ascenso Prof. Asistente, Univ. Oriente. 53 pp.
- BONILLA, J. 1973. Notas sobre la estimación de la producción primaria en la Laguna de Las Marites. *Laguna* (32): 3-12.
- . 1974. Notas sobre las condiciones hidrográficas de la Laguna de La Restinga (Isla de Margarita), Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Laguna* (34): 3-8.
- . & T. Okuda. 1971. Condiciones hidrográficas del agua y características químicas de los sedimentos de la Laguna Las Maritas (Margarita). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 10(1): 81-91.
- CABRERA, T. 1988. Estudio de las condiciones físico-químicas de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Saber* 1(2): 23-37.
- CERVIGÓN, F. & A. GÓMEZ. 1986. *Las Lagunas Litorales de la Isla de Margarita. Sus Recursos y su Conservación*. Centro de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta. Ed. Arte, Caracas. 88 pp.
- FLOS, J. 1979. Interpretación de varios análisis de las componentes principales aplicados a un conjunto de datos oceanográficos de una zona nerítica del golfo de Vizcaya. *Inv. Pesq.* 43(3): 611- 635.
- GAMBOA, B.R., A.J. GARCÍA, J. BENÍTEZ & T. OKUDA. 1971. Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 10(2): 55- 72.
- GARMENDIA, M. A. 1992. *Distribución y evolución espacio-temporal de elementos nutritivos y materia orgánica presente en aguas de la Laguna de Píritu*. Trab. Grado MSc., Univ. Oriente. 162 pp.
- GÓMEZ, A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la Laguna de La Restinga, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 22(1 & 2): 43-63.
- GÓMEZ, A. 1991. Interacción entre un estuario negativo (Laguna de La Restinga, Isla de Margarita) y el Mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 30 (1 & 2): 47 - 55.
- GONZÁLEZ, C. 1987. *Condiciones hidroquímicas de la Laguna de Píritu, Venezuela*. Trab. Grado MSc., Univ. Oriente. 185 pp.
- KAPLAN, W. A. 1983. Nitrification. En *Nitrogen in the Marine Environment* (Eds. E. J. Carpenter y D. G. Capone). Academic Press, London, pp. 139 - 190.
- LONGA, I. 1990. Hidroquímica de las superficie e interfase agua-sedimento de la Laguna de Unare, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 29(1&2): 57 - 65.
- LOPEZ-HERNÁNDEZ, D., J. R. DOMÍNGUEZ & N. DUARTE. 1985. Parámetros que controlan los niveles de fósforo en aguas y sedimentos de una laguna costera (Laguna de Tacarigua). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 24 (1-2): 225-236.
- MARCANO, L. 1990. *Surgencia al sureste de la Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Ascenso Prof. Titular Univ. Oriente. 175 pp.
- MONENTE, J. A. 1978. Estudio Químico-Físico de la Laguna de La Restinga. *Mem. Soc. Cs. Nat. La Salle* XXXVIII (110):227 - 309.
- OCANDO, L. 1992. *Distribución espacial y temporal de parámetros físico-químicos y materia orgánica en Laguna de Unare, Venezuela, noviembre 1988 - julio 1989*. Trab. Grado MSc. Univ. Oriente. 141 pp.
- OKUDA, T. J. BENÍTEZ, A. J. GARCÍA & E. FERNÁNDEZ. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en

- la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 7(2): 7-37.
- PALAZÓN-FERNÁNDEZ, J. L. & E. PENOTH. 1994. Condiciones hidroquímicas de la Laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela, durante el período comprendido entre febrero de 1986 y febrero de 1987. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 33 (1 & 2): 5-17.
- . 1998. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la Laguna Boca de Palo, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 37 (1 & 2): 3 – 15.
- PALAZÓN-FERNÁNDEZ., J. L., G. HERNÁNDEZ, J. HERNÁNDEZ & E. PENOTH. 1996. Condiciones hidroquímicas de la laguna de Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela, abril 1989 - mayo 1990. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 35 (1 & 2): 113-125.
- PERUMAL, P. & P. SUBRAMANIAN. 1989. Pigmentos fotosintéticos y ácidos húmicos en ecosistemas costeros tropicales. *Ciencias Marinas* 15(2): 67 – 77.
- PINEDA, J. 1978. *Variación mensual de las condiciones hidroquímicas de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Ascenso Prof. Agregado, Univ. Oriente. 67 pp.
- SANTAMARÍA-DEL ÁNGEL, E. , R. MILLÁN-NÚÑEZ & G. DE LA PEÑA-NETTEL. 1996. Efecto de la turbidez en la productividad primaria en dos estaciones en el área del delta del río Colorado. *Ciencias Marinas* 22(4): 483 – 493.
- SOKAL, R. & J. ROHLF. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Ed. H. Blume. 831 pp.
- STRICKLAND, J. D. & T. R. PARSONS. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Fish. Res. Bd. Can.* (167): 1 - 310.
- SULBARÁN, M. 1993. *Estudio de la comunidad de peces en El Saco de la Isla de Coche, Venezuela*. Trab. Grado Lic. Biología, Univ. Oriente. 163 pp.
- SUNDARESHWAR, P. V. & J. T. MORRIS. 1999. Phosphorous sorption characteristics of intertidal marsh sediments along an estuarine salinity gradient. *Limnol. Oceanogr.* 44(7): 1693 – 1701.
- UNESCO. 1981. Coastal lagoon research, present and future. *UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci.* 32: 1-97.
- VARELA, R. & I. MASSA. 1983. Concentración de clorofila *a*, feopigmentos y materia en suspensión en Laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela. Períodos: Abril-Junio 1981. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 43(119): 39 – 65.
- VOLTOLINA, A. & D. VOLTOLINA. 1976. Observaciones hidrológicas en la laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita. I. Septiembre 1965- Noviembre 1966. *Mem. Soc. Cs. Nat. La Salle XXXVI* (104): 117- 126.
- . 1978. Observaciones hidrológicas en la Laguna de La Restinga. III. Febrero 1971 - diciembre 1972. *Mem. Soc. Cs. Nat. La Salle, XXXVIII* (109):119-137.
- . & R. SOLO DE SALDIVAR. 1975. Observaciones hidrológicas en la Laguna de La Restinga. II. Enero 1969 - abril 1970. Parte 3. Vivero: Distribución vertical de parámetros hidrológicos y químicos. *Mem. Soc. Cs. Nat. La Salle XXXV* (101): 191- 235.
- WADA, E. & A. HATTORI. 1991. *Nitrogen in the sea: forms, abundances, and rate processes*. CRC Press, Florida. 208 pp.