

ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS DEL SECTOR ORIENTAL DEL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA.

MARTÍNEZ GREGORIO, DEUDEDIT HERNÁNDEZ, ANTONIO QUINTERO, ARÍSTIDE MÁRQUEZ, WILLIAM SENIOR & ÁNGEL GONZÁLEZ*

*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
gmartine@sucr.edu.ve.*

* *Instituto Limnológico, Universidad de Oriente, Caicara de Orinoco, Venezuela.*

RESUMEN: Se evaluó la calidad de las aguas de la región marino-costera del sector oriental del golfo de Cariaco entre Junio y Noviembre de 2002, en 17 estaciones establecidas por toda esta región. Las muestras se tomaron con una botella Niskin de 5 l y se analizaron utilizando las metodologías establecidas para agua de mar. Los valores de pH oscilaron entre 6,91-8,52 unidades; la temperatura entre 24 y 32 °C; la salinidad entre 1,00-37,85 unidades; el oxígeno entre 2,43 y 9,87 mg/l; el amonio entre no detectado y 4,80 µmol/l; los nitratos entre no detectados y 11,55 µmol/l; los nitritos entre no detectados y 2,53 µmol/l; Los fosfatos fluctuaron entre no detectados y 3,84 µmol/l. Las variaciones en las variables hidroquímicas de este ambiente marino costero son producto de la estacionalidad climática que impacta la región, los cuales afectan la intensidad de los vientos alisios que induce la surgencia costera y a las lluvias estacionales que aumentan los aportes de elementos nutritivos debido al aumento de las descargas del río Carinicuao y demás escorrentías límnicas que descargan en la zona.

Palabras Clave: Golfo de Cariaco, condición ambiental, estudio físico-químico.

Abstract: The seawater quality of the northeastern coast of the gulf of Cariaco was analyzed by sampling 17 stations from June to November 2007. pH ranged between 6.91 and 8.52; temperature, between 24 and 32°C; salinity, between 1.00 and 37.85 units; oxygen, between 2.43 and 9.87 mg/L; ammonium, between below detection limits and 4.80 mmol/L; nitrates, between below detection limits and 11.55 mmol/L; nitrites, between below detection limits and 2.53 mmol/L; and phosphates, between below detection limits and 3.84 mmol/L. The hydrochemical variability of the gulf is predicated on the weather, tradewinds affecting both coastal upwelling and precipitation, the latter in turn having a significant bearing on increased runoff by the River Carinicuao and other bodies of water discharging into the gulf.

Keywords: Gulf of Cariaco, environmental conditions, physical-chemical study

INTRODUCCIÓN

El golfo de Cariaco es reconocido por su gran productividad biológica, reflejada en su elevada producción pesquera, y forma parte del área fértil del nororiente de Venezuela (GÓMEZ 1996). Para poder evaluar fielmente el origen de esta productividad hay que realizar estudios de zooplancton, fitoplancton y elementos nutritivos, así como evaluar las relaciones con factores abióticos como los parámetros hidrográficos que determinan su distribución. Factores como la temperatura, pH, salinidad y el oxígeno disuelto sirven para interpretar fenómenos biológicos en masas de agua naturales, (SCHINDLER 1971), o también la densidad, como concluye

FERRAZ (1989) estudiando el fitoplancton del golfo de Cariaco.

Varios estudios han sido realizados en el golfo acerca de la dinámica fitoplanctónica, detallando el gran aporte a la producción del medio de esta comunidad, y los efectos de la surgencia costera en la región como motor principal de las actividades biológicas en los primeros meses del año (OKUDA 1981), así como también la dominancia de ciertos grupos taxonómicos como las diatomeas, principalmente, seguidas de dinoflagelados, microflagelados o cocolitofóridos, (FERRAZ 1983; LA BARBERA *et al.* 1999; GÓMEZ *et al.* 2000; Díaz 2000). La surgencia costera es el proceso común denominador de toda la región nororiental

de Venezuela, la cual es causada por vientos fuertes y en direcciones adecuadas dependiendo de la orientación de la costa, topografía submarina, y corrientes marinas (HUNG *et al.* 1986). Consiste en el transporte, por acción de los vientos, de las capas superficiales menos densas que favorecen la emersión de aguas profundas o subsuperficiales más frías, con menor salinidad y ricas en nutrientes como nitrato, silicato y fosfato, que fertilizan las capas eufóticas superiores al mezclarse en la superficie; este fenómeno ocurre desde enero y hasta los meses de mayo o junio, seguido de épocas de transición, y por último de surgencia débil y hasta estratificación por estancamiento, en la época de lluvias (agosto-noviembre), (OKUDA 1981).

En el presente estudio se aborda cómo la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto afectan la distribución de los elementos nutritivos, y cómo los factores climáticos, la radiación, la velocidad de los vientos o precipitación afectan este sistema.

Área de estudio

El golfo de Cariaco se encuentra situado en la región Nororiental de Venezuela, entre los 10° 25' y 10° 35' N. y los 63° 13' 40" y 63° 39' 50" W. (OKUDA *et al.*, 1978A). El mismo tiene aproximadamente 62 km de longitud este-oeste y un máximo de 15 km en su parte más ancha. El Golfo cubre un área de 642 km²; su volumen se estima en 31,5 x 10⁹ m³, aproximadamente, y está separado de la depresión oriental por un umbral submarino entre 60 y 70 m de profundidad. Su entrada se encuentra ubicada al oeste, con un ancho aproximado de 5,5 km y su característica topográfica principal es la presencia de una cuenca anóxica sedimentaria ubicada en la parte sur de la región central conocida como la depresión de Guaracayal, con una profundidad cercana a los 93 m (CARABALLO 1982a; Audermard *et al.* 2007). En su parte oriental se encuentra ubicada el saco del golfo, entre los 10° 26' y 10° 31' N. y los 63° 38' y 63° 45' W. (Figura 1). El cual cuenta con un aproximado de 9 kilómetros de ancho y 17 kilómetros de largo. En esta zona se localizan las menores profundidades, las cuales se aproximan a los 40 metros. En su extremo este desemboca el río Carinicua y en el sur las quebradas Oricoto y López, conformando el drenaje continental y probablemente la fuente proveedora de gran parte de los materiales sedimentarios que están depositados en ella (CARABALLO 1982b). La vegetación en este sector está caracterizada por la presencia de manglares y zonas xerófilas.

Metodología

Se establecieron 17 estaciones que fueron estudiadas durante un período de seis meses (junio-noviembre de 2002). La recolección de las muestras superficiales se llevó a cabo con una botella Niskin de 5 l de capacidad. La temperatura se determinó *in situ* utilizando un termómetro de mercurio de ±0,1° C de apreciación y el pH se determinó *in situ* con un pHmetro portátil (Thermo Orion), con una precisión de ± 0,01 unidades de pH. La salinidad se estimó por conductividad eléctrica con un salinómetro de inducción Khalsico 118WC200. El oxígeno disuelto se determinó por el método de Winkler descrito por STRICKLAND & PARSONS (1972). Las muestras se mantuvieron refrigeradas hasta su procesamiento y análisis en el Laboratorio de Elementos Nutritivos del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente.

El amonio se evaluó por el método descrito por KOROLEFF (1969). El nitrito por el método descrito por STRICKLAND & PARSONS (1972) y los nitratos por TRÉGUER & LE CORRE (1975). Los nitratos son reducidos a nitritos al ser pasada la muestra por una columna de cadmio tratada con cobre (WOOD *et al.* 1967) y luego el nitrito se determinó en forma automática en un autoanalizador Technicon II. Los fosfatos se analizaron siguiendo el método colorimétrico de MURPHY & RILEY (1962). Todos los resultados para estos elementos son expresados en µmol/l.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

En la figura 3 se representan las distribuciones mensuales (junio-noviembre) de la temperatura en la superficie, la cual fluctuó entre 24,0 y 32,0 °C. El análisis de variancia mostró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0,05$) entre las medias de la variable con respecto a los meses. El procedimiento de comparaciones múltiples de Fisher indicó la presencia de un solo grupo (meses de junio y julio) sin diferencias estadísticamente significativas.

La zona en estudio presentó los valores más elevados de temperatura hacia el Noreste, área que es influenciada por el río Carinicua y que además son menos profundas. El comportamiento mensual evidenció un calentamiento progresivo, alcanzando una temperatura máxima de 32 °C

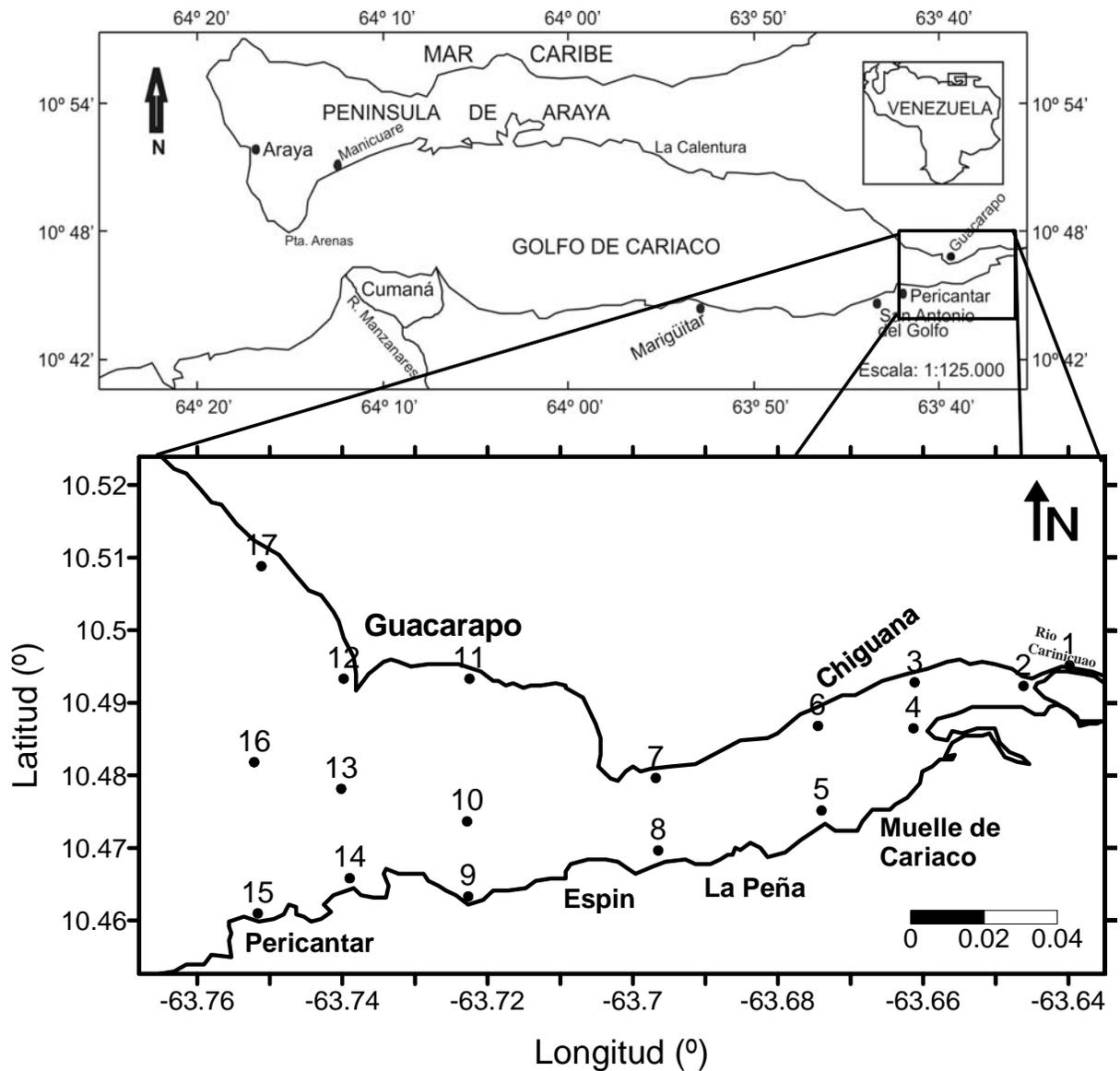


Fig. 1. Sector oriental del golfo de Cariaco mostrando la distribución de las estaciones para el presente estudio.

en el mes de septiembre donde se observan las zonas más calientes hacia el norte. Se evidencia un descenso progresivo en los meses de octubre y noviembre, prevaleciendo la zona Este con temperaturas más elevadas. Valores entre 28,71 y 28,99 °C fueron determinados para el mes de noviembre de 2010 (datos no publicado) para esta región, valores superiores a los determinados para el mes de noviembre de 2002, indicando variaciones climáticas anuales.

ALCALÁ (1999) y SENIOR (2000) observaron altas temperaturas para este sector del golfo en la época de vientos débiles las cuales son superiores a 24,0 °C. Estas son similares a las observaciones realizadas en este estudio. De igual manera, OKUDA (1982) concluye que en el golfo de Cariaco existen dos temporadas bien diferenciadas, una de diciembre a abril (algunas veces hasta mayo) caracterizada por vientos fuertes y por el

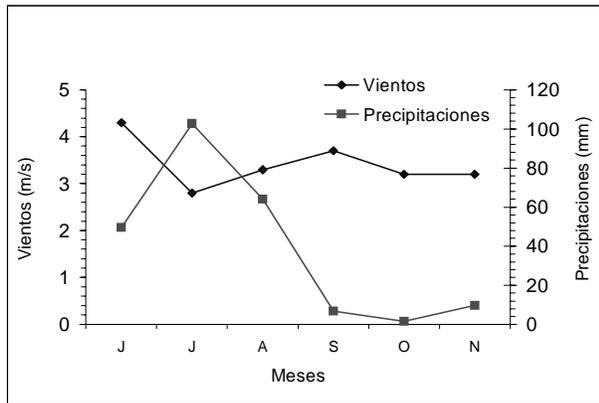


Fig. 2. Promedio mensual de rapidez del viento (m/s) y precipitación (mm) para la región de Cariaco (Estación meteorológica los Botones) al este del sector oriental del golfo de Cariaco para el período de Junio-Noviembre de 2002.

descenso de la temperatura, que se inicia en diciembre, y otra temporada caracterizada por vientos débiles, donde se registran incrementos de la temperatura en el resto de los meses. La figura 2 muestra los promedios mensuales de rapidez del viento y precipitación para esta región durante el período de estudio (junio-noviembre de 2002).

pH

La variación superficial de pH está representada en la figura 4. En la superficie el pH varió de 6,91 a 8,52. El análisis de variancia reveló que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) entre los meses de muestreo 8. Se presentan valores por debajo de 8,00 en las estaciones cercanas a la desembocadura del río Carinicua, probablemente relacionados con una mayor degradación aeróbica de la materia orgánica aportada por el río, provocando la disminución del pH del agua.

El pH en la superficie presentó sus valores más bajos hacia la desembocadura del río Carinicua. Para junio, la zona Este presentó los valores mínimos de pH, permaneciendo pequeñas fluctuaciones en el resto de la zona. En julio la zona Norte evidencia la isolínea de 8,2 unidades, la cual corresponde al mayor pH detectado en la zona y para el mismo mes se hace presente una zona con mayor nivel de acidez hacia el Suroeste del sector oriental del golfo de Cariaco. Para agosto, isolíneas de 7,9 unidades dividen el espacio estudiado, resaltando varias zonas con menor pH ubicadas hacia el centro, al Sur y cerca a la desembocadura del Carinicua. Asimismo, para septiembre se continúan observando isolíneas de 7,9 unidades que

permanecen únicamente hacia el Este, en las cercanías de la desembocadura del río. Los meses de octubre y noviembre presentaron una variación muy similar de pH, con sus mínimos valores hacia el Este, conforme se observó en los meses anteriores.

Las variaciones del pH en las aguas superficiales pueden ser de origen natural o artificial. Como causa natural se puede mencionar el ácido carbónico disuelto, proveniente de la disolución del dióxido de carbono de la atmósfera y por la respiración de los organismos vivos. Como causa artificial se pueden mencionar los vertidos o desechos de aguas residuales. Los valores elevados de pH se corresponden con aguas muy productivas y son indicativas de que el CO_2 producido por los procesos de respiración es utilizado por el fitoplancton para la síntesis de la materia orgánica a través del proceso de la fotosíntesis, disminuyendo el efecto tampón o buffer del sistema carbonato-gas carbónico, haciéndolo más alcalino.

Oxígeno disuelto

La figura 5 muestra la distribución del oxígeno disuelto en la superficie. Octubre y noviembre no tienen datos reportados debido a errores ocurridos durante el manejo de la muestra. Las concentraciones de oxígeno disueltos fluctuaron entre 2,97 y 9,87 mg/l, con un valor promedio de 5,73 mg/l. El análisis de variancia indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) entre las medias con respecto a los meses de muestreo ($F=18,08$). La prueba a posteriori de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher identificó 3 grupos homogéneos (junio, julio y agosto-noviembre) con un error de 5%.

Las estaciones cercanas a la desembocadura del río presentaron en general los valores más bajos de oxígeno en la superficie, sugiriendo un mayor aporte de materia orgánica la cual tiende a degradarse aeróbicamente que conlleva a una disminución del oxígeno disuelto en estas aguas. En julio se detectan las máximas concentraciones de oxígeno, con una isolínea de 7,00 mg/l que divide el Este, el cual presenta concentraciones menores en comparación con la zona Oeste. Para agosto las concentraciones comienzan a disminuir. En noviembre la isolínea de 4,6 mg/l caracteriza la zona Noreste con las mínimas concentraciones detectadas.

Las aguas superficiales no contaminadas están generalmente saturadas de oxígeno, lo que depende de la

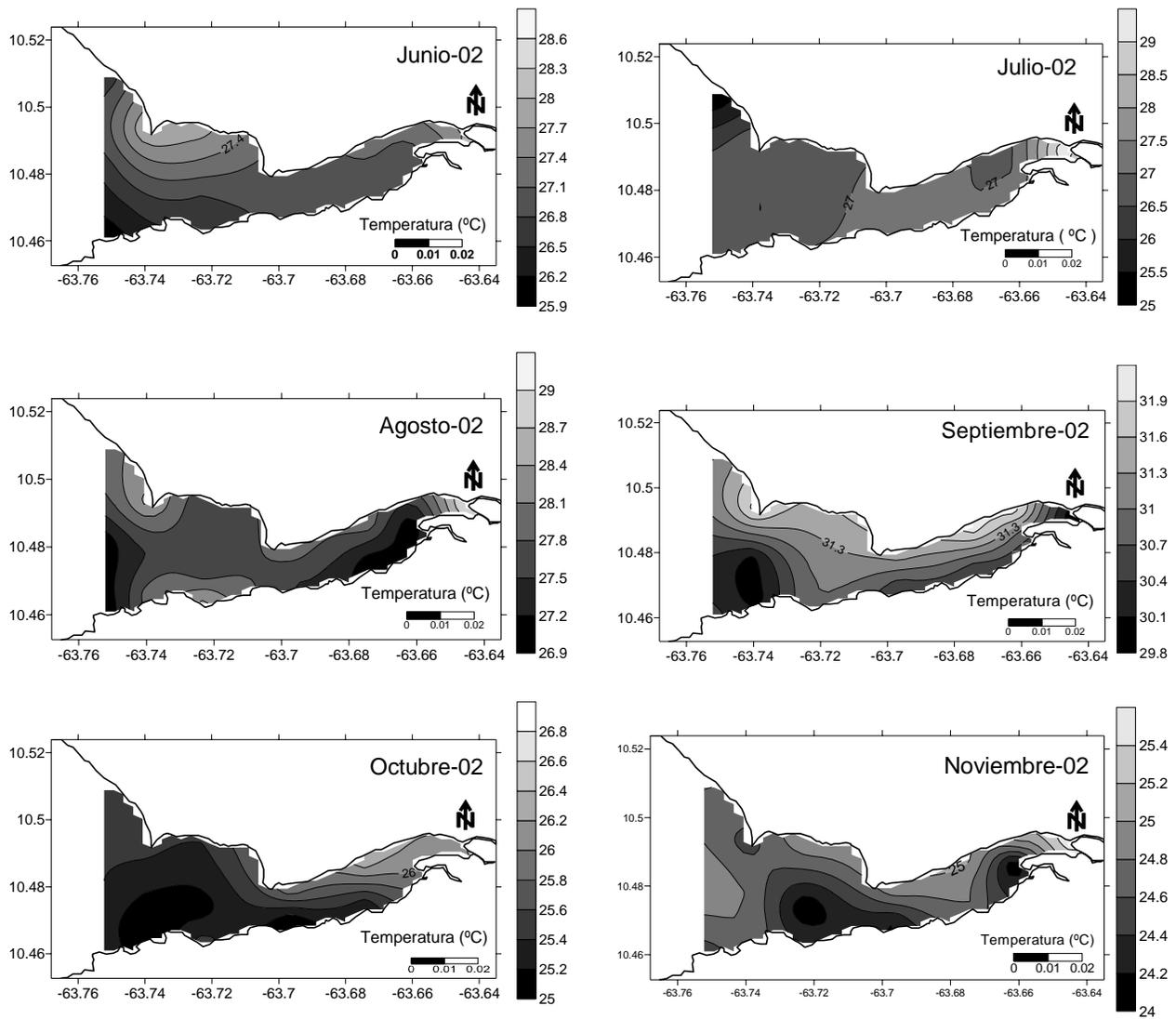


Fig. 3. Distribución superficial de la temperatura en el sector oriental del golfo de Cariaco durante el período Junio-noviembre 2002.

velocidad de aireación, de la temperatura, así como de la densidad poblacional de organismos que realizan la función fotosintética liberando oxígeno (HUTCHINSON 1978). Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto suelen estar asociadas a una intensa degradación de materia orgánica. OKUDA *et al.* (1978A) señalaron que en el golfo de Cariaco cuando comienza la época de estancamiento, aumenta la temperatura y el oxígeno en la superficie y disminuye la concentración de O_2 en las capas profundas. OCANDO *et al.* (1988) registraron concentraciones de oxígeno disuelto más elevadas en la superficie, en la ensenada de Pampatar,

isla de Margarita, Venezuela; resultados que son similares a los observados en el presente estudio.

Según ELGUEZÁBAL (2003), la zona Norcentral del golfo de Cariaco contiene mayor cantidad de oxígeno con promedios superiores a 6,00 ml/l en la superficie; explica que este no es un factor limitante sino un indicador de los procesos biológicos y físicos que allí se suceden y además que los valores de oxígeno disuelto frecuentemente superiores a 4 mg/l son característicos de zonas muy productivas.

Salinidad

En la figura 6 están representadas las distribuciones superficiales de la salinidad. La salinidad en la capa superficial fluctuó entre 1,00 y 37,47 unidades y un promedio de 34,20. El análisis de variancia reveló que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las medias respecto a los meses de muestreo con un nivel de 95,0% de confianza ($p=0,05$; $F=1,11$).

Las salinidades más bajas se detectaron en julio, mes que presentó mayor promedio de precipitaciones. Las

estaciones con menores salinidades fueron aquellas cercanas a la desembocadura del río, ubicadas al Este del sector oriental del golfo de Cariaco y se observó un comportamiento relativamente homogéneo en el Oeste. En agosto y noviembre las salinidades aumentaron en la superficie hacia el Oeste, manteniendo un comportamiento similar en la zona Este. En septiembre y octubre no hubo registros debido a errores en el traslado de la muestra. El comportamiento de la salinidad fue bastante homogéneo en las aguas superficiales del golfo de Santa Fe, con excepción de las desembocaduras de los ríos. El valor

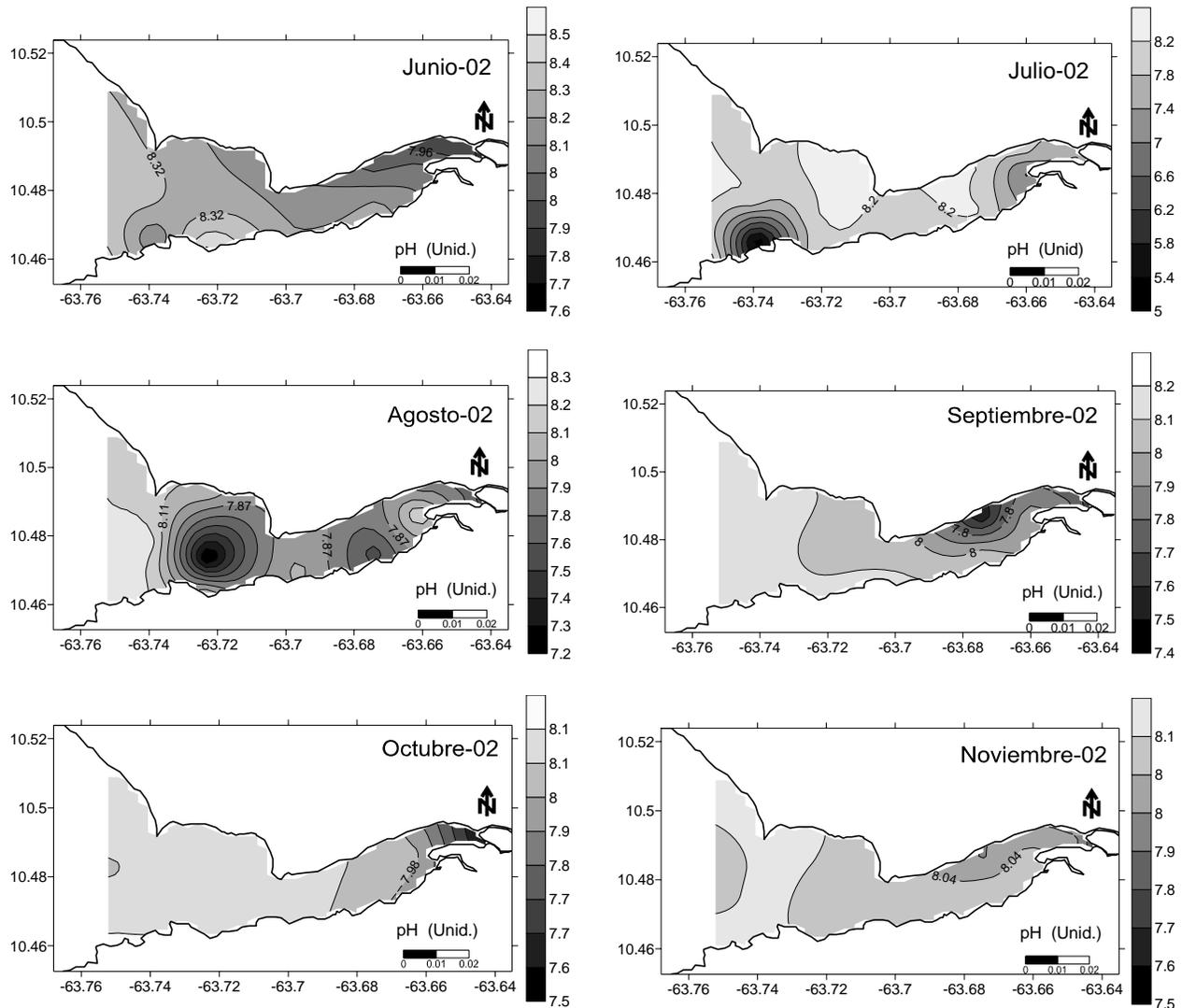


Fig. 4. Distribución superficial de pH en el sector oriental del golfo de Cariaco durante el período junio-noviembre de 2002.

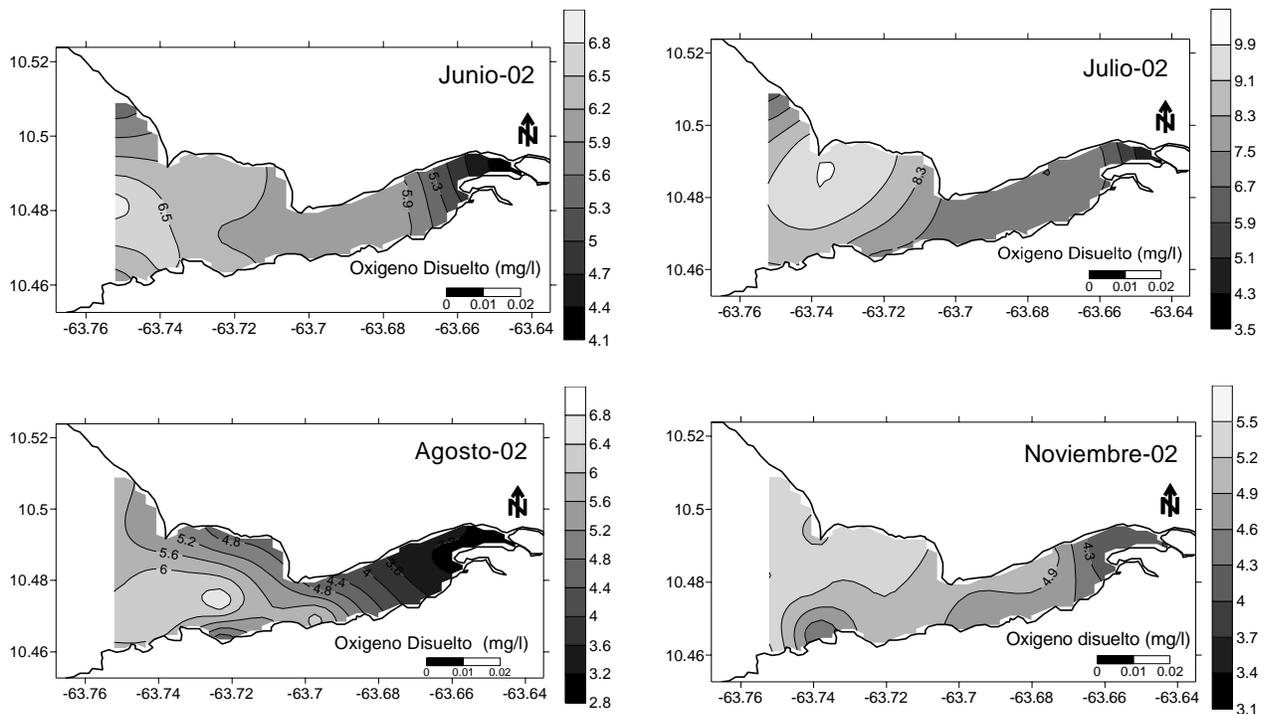


Fig. 5. Distribución superficial de oxígeno disuelto en el sector oriental del golfo de Cariaco durante el período junio-noviembre de 2002.

medio de la salinidad obtenido (34,20 unidades) fue inferior al valor 35,42 unidades reportado en el golfo de Cariaco por ELGUEZABAL (2003), a los reportados por FIGUEROA (2003) (36,800 unidades a 37,40 unidades) en la Bahía de Mochima. QUINTERO *et al.* (2004) reportaron en el golfo de Cariaco valores de salinidad de 37,07 unidades en la época de lluvia y 36,82 unidades en sequía; ambos valores inferiores a los determinados en la presente investigación para el sector marino con menos influencia del río Carinicaúo, disminuyendo hasta valores por debajo de 5,00 unidades hacia la desembocadura del río, reflejando la influencia del mismo en las características físicoquímicas del agua de este cuerpo de agua. Por otro lado, GONZÁLEZ (2006) determinó para el golfo de Santa Fe salinidades que variaron entre 7,30 y 37,26 unidades, con un promedio de 35,31 unidades, durante los primeros seis meses del año 2004, fluctuaciones muy similares a las observadas durante este estudio, las cuales dependen de la condiciones climáticas de la región Nororiental de Venezuela.

Amonio

En la figura 7 se representan las concentraciones de amonio detectadas mensualmente, las cuales fluctuaron

entre no detectadas y $4,73 \mu\text{mol/l}$. El análisis de variancia indicó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$; $F= 6,25$) para los meses de muestreo. La prueba a posteriori (LSD) de Fisher identificó tres grupos homogéneos (Julio-Agosto-Sept-Oct; Oct-Sept; Nov-Junio) donde no existieron diferencias estadísticamente significativas en los componentes de dicho grupos ($p=0,05$). La evolución espacial del amonio en las aguas superficiales evidencian una tendencia a ser más concentrados en la zona Este, zona que esta influenciada por las descargas del río Carinicaúo. En noviembre se observa que las concentraciones más altas se ubicaron hacia el Oeste. Valores inferiores a los reportados en este estudio fueron determinados en noviembre de 2010 ($0,82 \text{ mmol/l}$; valores no publicados aún) en el sector occidental del saco del golfo de Cariaco, reflejando una mayor estabilidad climática con menor intensidad de los vientos.

SENIOR (1996) explica que el desarrollo de los organismos fitoplanctónicos es el factor determinante del origen de bajas concentraciones de amonio (inferiores a $0,5 \mu\text{mol/l}$). BOUGIS (1974) y PALAZÓN & PENOTH (1994)

indican que las altas concentraciones de amonio en las capas subsuperficiales están asociadas a los valores mínimos de oxígeno disuelto y se originan por la mineralización de la materia orgánica; igualmente, los valores elevados se relacionan con el aumento de organismos zooplanctónicos, los cuales liberan al medio apreciables concentraciones de amonio como producto de su metabolismo. Otras fuentes de amonio pueden ser aportadas por desechos urbanos o industriales, tomando en cuenta que los desechos industriales son los más perjudiciales.

Nitratos

En la figura 8 se representan las distribuciones de nitratos en la superficie. Las concentraciones de nitratos fluctuaron entre 0,15 $\mu\text{mol/l}$ y 8,35 $\mu\text{mol/l}$. El análisis de variancia indicó que existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) y la prueba a posteriori LSD de Fisher identificó tres grupos homogéneos (Junio-Julio; Junio-Oct; Julio-Oct-Nov). El comportamiento espacial en la superficie evidencia que las mayores concentraciones de nitratos se ubican frecuentemente hacia el Este donde la influencia del río Carinicuaio es mayor.

La evolución del nitrato en la superficie presentó para el mes de junio una zona con concentraciones relativamente elevadas hacia el Oeste. En el mes de julio se elevan las concentraciones de nitratos al Este en las cercanías de la desembocadura del río Carinicuaio, sugiriendo un proceso de utilización y degradación de la materia orgánica, o aportes de nitratos debido a las escorrentías producto de las lluvias; descendiendo las concentraciones hacia la zona Oeste. En agosto las concentraciones disminuyeron notablemente en todo el sector estudiado, siendo mayores hacia el extremo suroccidental, cerca de a la población de Pericantar. Por el contrario, en octubre se presentó una zona central más concentrada, diferenciada por la isolínea de 3,2 $\mu\text{mol/l}$. En la evolución espacio-temporal de nitratos, en noviembre, se evidencian las mayores concentraciones hacia el Sur separadas de la zona Norte por la isolínea de 1,9 $\mu\text{mol/l}$. Para noviembre de 2010 se determinaron valores entre 1,63 y 1,93 $\mu\text{mol/l}$ (datos no publicados), valores comparables a los determinados en este estudio.

OKUDA *et al.* (1978b) indicaron que en el golfo de Cariaco, en la época de estancamiento, se detecta una disminución de nitratos en las capas superiores,

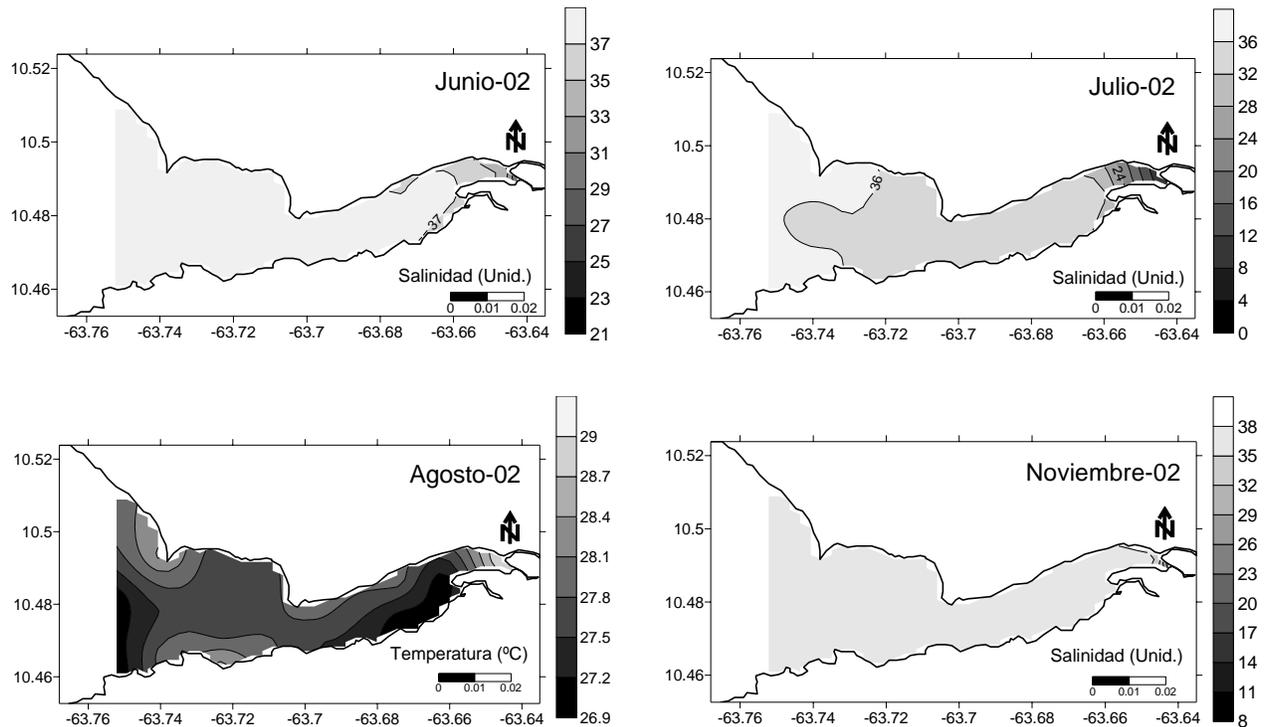


Fig. 6. Distribución superficial de la salinidad en el sector oriental del golfo de Cariaco durante el período junio-noviembre de 2002.

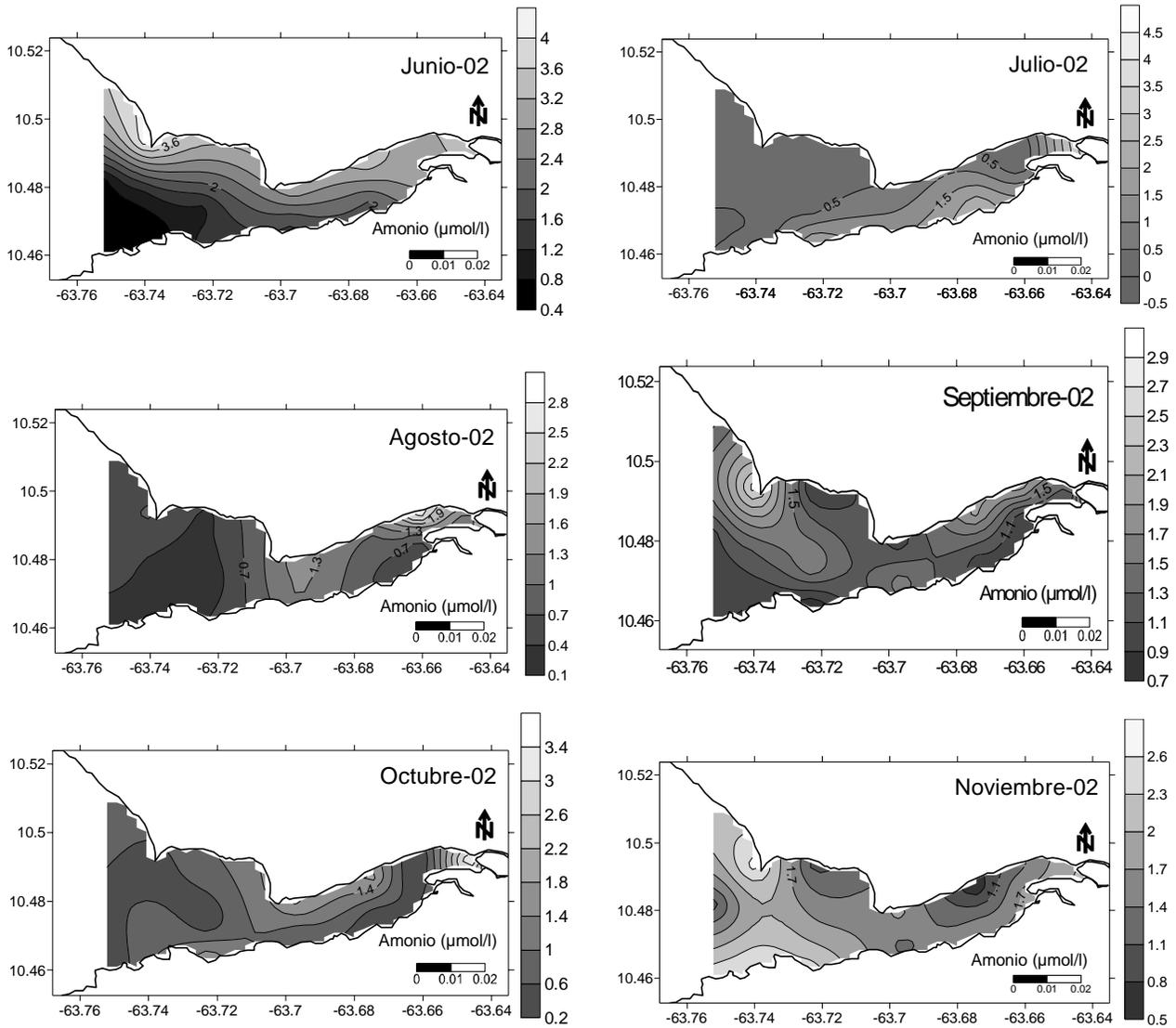


Fig. 7. Distribución superficial del amonio en el sector oriental del golfo de Cariaco en el período junio-noviembre 2012.

probablemente debido a su utilización por el fitoplancton; para esta misma época se observa un elevado contenido de nitratos en las capas profundas, que puede ser debida a la acumulación de materia orgánica y procesos de nitrificación. CLOERN (2001) expone que el aumento de nitrógeno en forma de nitratos en el Mar Báltico, es debido al enriquecimiento de nutrientes proveniente de un río o proporcionado por las actividades humanas establecidas en las cercanías.

Nitritos

En la figura 9 se representa la distribución superficial

de los nitritos, los cuales fluctuaron entre no detectados y 0,95 $\mu\text{mol/l}$. El análisis de variancia reveló diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$, $F=26,17$) entre las medias para la variable meses, mientras que la prueba posteriori de LSD de Fisher identificó cuatro grupos homogéneos cuyas medias no presentaron diferencias significativas entre los componentes de cada grupo (Julio-Agosto, Julio-Oct-Nov, Agosto-Nov y Sept-Nov). El comportamiento espacial en los primeros 4 meses de la temporada de estudio evidencian una tendencia a ser más concentrados hacia el Este, área donde converge el río Carinicuao. Para octubre, las concentraciones aumentan

en casi toda el área de estudio, las cuales disminuyen en noviembre, ubicándose las más elevadas hacia el sureste.

Los niveles bajos de nitritos pueden deberse a que es un metabolito intermedio en el proceso de oxidación del amonio o reducción del nitrato, esto lo convierte en un posible indicador del estado de equilibrio entre los procesos que forman el ciclo del nitrógeno (FERNÁNDEZ & OKUDA 1985). Resultados similares a los obtenidos en este estudio fueron reportados por YANG (1999), en la bahía de Maxwell, en el cual se registraron fluctuaciones

verticales entre 0 y 2 $\mu\text{mol/l}$, reportando las concentraciones más elevadas en el fondo.

ELGUEZÁBAL (2003), en el sector norcentral del golfo de Cariaco, encontró concentraciones inferiores a las observadas en el presente estudio, con un comportamiento estratificado en la época de vientos débiles, proceso que se sucedió de igual manera en el sector oriental del golfo de Cariaco durante el presente estudio, con una concentración promedio mayor en el fondo con respecto al estrato superficial.

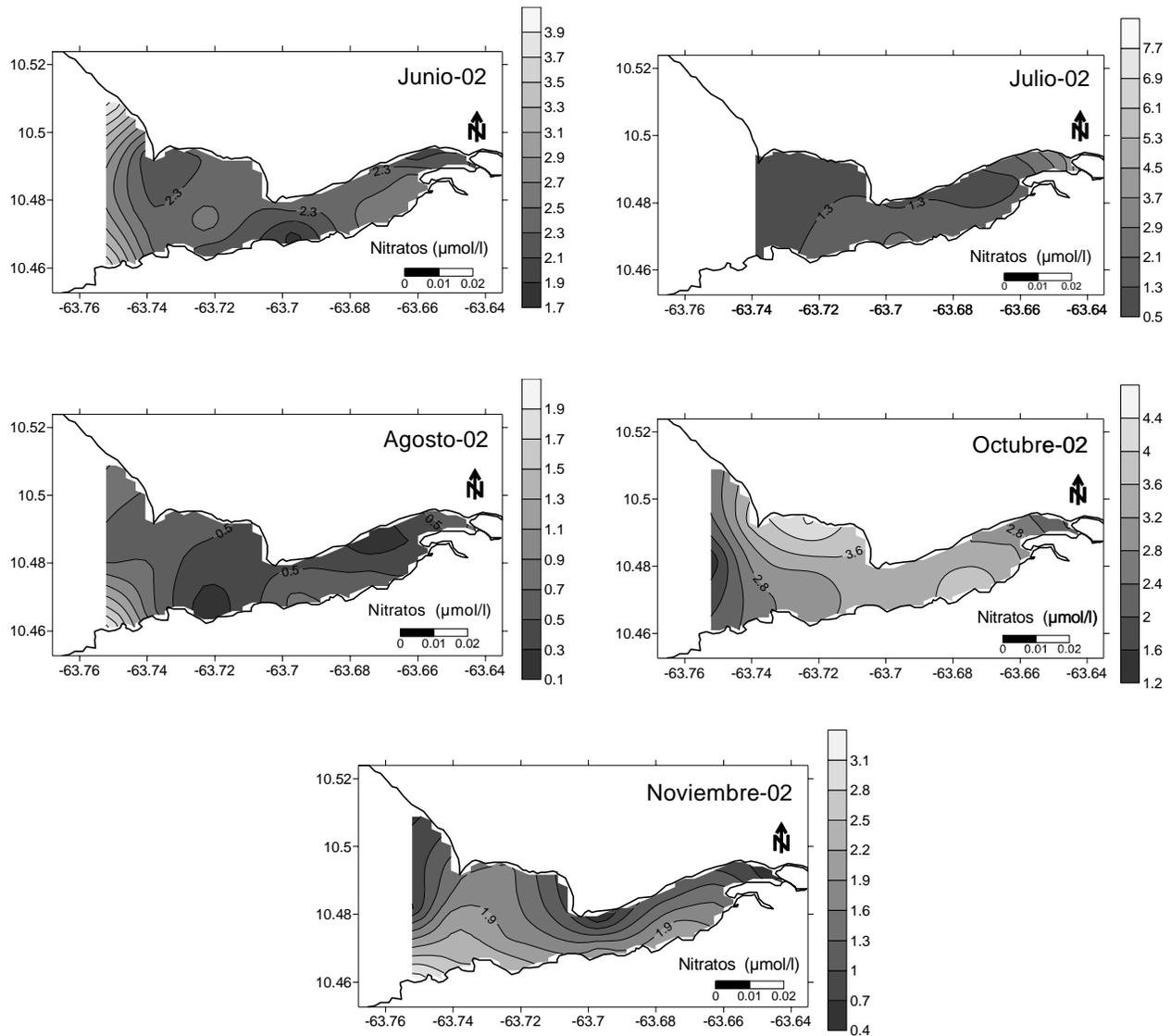


Fig. 8. Distribución superficial de nitratos en el sector oriental del golfo de Cariaco en el período junio-noviembre de 2002.

Fosfatos

En la figura 10 se representan las distribuciones de fosfatos en la superficie. Las concentraciones de fosfatos fluctuaron entre no detectados hasta valores $< 1 \mu\text{mol/l}$ en la columna de agua. El análisis de variancia indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$, $F=1,89$) entre las medias respecto a la variable meses. Ocasionalmente se observaron concentraciones $> 1 \mu\text{mol/l}$ en la superficie, en las estaciones 1, 2 y 7, en los meses de noviembre, junio y octubre, respectivamente. A los 10 metros de profundidad en la estación 16, para noviembre. En el

fondo las estaciones 13 y 16 en junio; para septiembre únicamente en la estación la estación 16.

El comportamiento en la superficie evidenció dos zonas en junio, la más concentrada hacia el Oeste con la isolínea de $0,1 \mu\text{mol/l}$ separándola de la zona Este. En julio el área de mayor concentración se situó al Norte con la isolínea de $0,7 \mu\text{mol/l}$ que la separa de la zona Oeste; la elevada concentración en esta área puede estar asociada a las escorrentías continentales o desechos domésticos. Hacia el mes de agosto disminuyen las concentraciones de

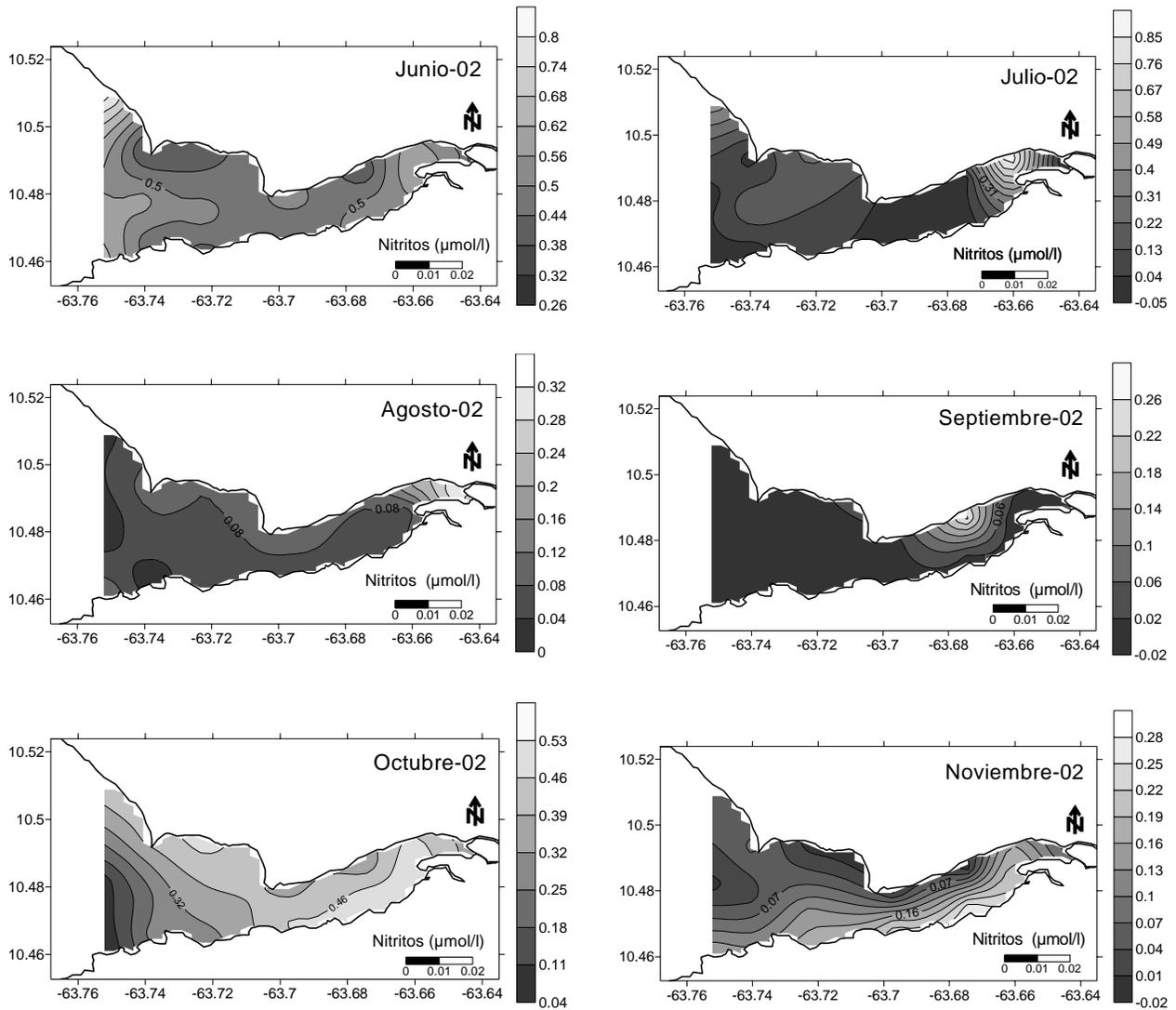


Fig. 9. Distribución superficial de nitritos en el sector oriental del golfo de Cariaco. Junio-noviembre de 2002

fosfatos, detectándose las concentraciones más elevadas en la zona Sur del sector oriental del golfo de Cariaco, en la localidad de Espín. En septiembre se observan concentraciones más elevadas entre 0,3 y 0,4 $\mu\text{mol/l}$ en la zona Norte en la población de Chiguana y en la zona Sur en las cercanías de la localidad La Peña. En octubre se presenta una distribución más homogénea en todo el sector estudiado con una zona al Este en las cercanías de la desembocadura del río, bien diferenciada, donde se detectaron las concentraciones más elevadas en el mes. En noviembre se evidencia concentraciones más elevadas hacia el Norte en las cercanías de Chiguana, con la isolínea

de 0,5 $\mu\text{mol/l}$. Valores más bajos fueron determinados en noviembre de 2010 (0,13 a 0,21 $\mu\text{mol/l}$, valores no publicados), debido a una mayor estabilidad de la columna de agua.

VALDÉS & REAL (1994) señalaron que en condiciones de bajo aporte de nutrientes, los sedimentos son una fuente importante y permanente de fosfatos a la columna de agua. KATO (1961) afirma que la zona Este del golfo de Cariaco posee contenidos de fosfatos elevados (1-1,5 $\mu\text{mol/l}$) y que tiene sedimentos plenos de materia orgánica los cuales son el origen de enriquecimiento de todo el

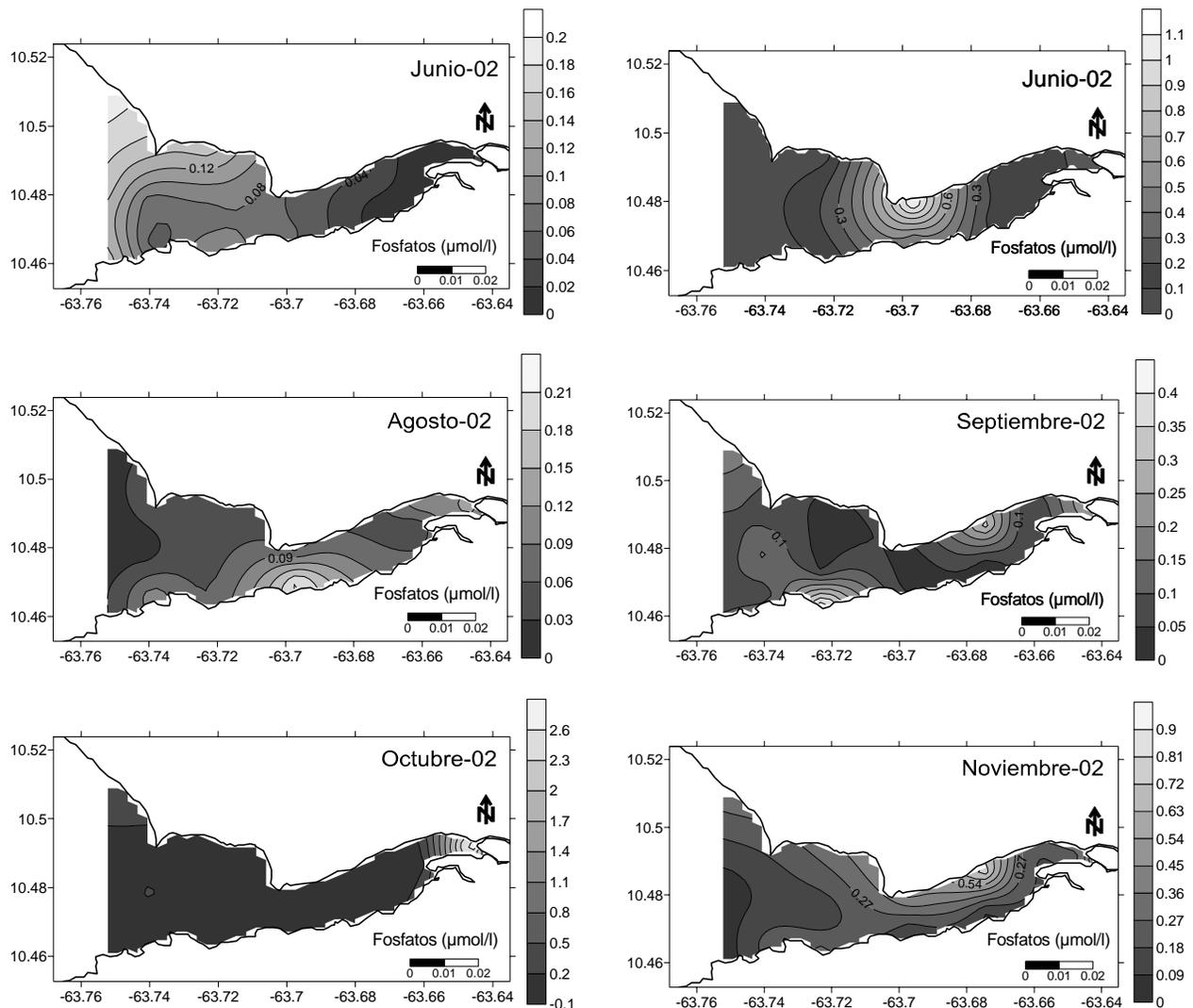


Fig. 10. Distribución superficial de fosfatos en el sector oriental del golfo de Cariaco. Junio-noviembre de 2002.

golfo. Valores comparables a los reportados en este estudio fueron reportados por MARCANO et al. (2010) y SALAZAR et al. (2011) para la bahía de Mochima (0,01-1,00 mmol/l), indicando aportes antrópicos y consumo por el fitoplancton.

OKUDA (1960) al igual que MARTÍNEZ et al. (2001) exponen que es difícil de explicar las distribuciones del fosfato, al menos horizontalmente. La estacionalidad en la disponibilidad del fosfato de las aguas superficiales está gobernada por la surgencia, pero también influyen las lluvias, que contribuyen con el lavado de las costas aledañas. Al igual que las lluvias, las descargas de los ríos de la región pueden contribuir con el aumento de los fosfatos.

Los resultados obtenidos en el período lluvioso en el sector oriental del golfo de Cariaco por ALCALÁ (1999) presentan las concentraciones más elevadas en la superficie y se plantea una homogeneidad en toda la zona de estudio, diferenciándose de los obtenidos en este estudio, en los cuales se registran concentraciones mayores en el fondo y menores hacia la superficie, destacando una heterogeneidad en toda el área, variando desde zonas muy concentradas hacia el Este y menos concentradas hacia el Oeste.

AGRADECIMIENTO

Al Personal técnico del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, en especial al T.S.U. DEUEDIT HERNÁNDEZ por su valiosa contribución en la captación de las muestras, su procesamiento y análisis. Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento otorgado a través del Proyecto "Estudio Ambiental del Sector Oriental del golfo de Cariaco" codificado con el N° CI- CI-5-1801-1083/02.

REFERENCIAS

- ALCALÁ, L. 1999. *Estudio Hidroquímico del Sector Oriental del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela, durante el período comprendido entre Septiembre de 1995 y Mayo de 1996*. Trab. Grad., Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 64 pp.
- AUDEMARD, F., C. BECK, J. MOERNAUT, K. DE RYCKER, M. DE BATIST, J. SÁNCHEZ, M. GONZÁLEZ, C. SÁNCHEZ, W. VERSTEEG, G. MALAVÉ, M. SCHMITZ, A. VAN WELDEN, E. CARRILLO & A. LEMUS. 2007. La depresión submarina de Guaracayal, estado Sucre, Venezuela: Una barrera para la propagación de la ruptura cosísmica a lo largo de la falla de El Pilar. *Interciencia*, 32 (11): 735-741.
- BOUGIS, P. 1974. *Écologie du Plancton Marine I'le Phytoplancton*. Masson et Cie (eds). Collettion d'écologie, 196 pp.
- CARABALLO, M. 1982a. El golfo de Cariaco. Parte I. Morfología y batimetría submarina. Estructuras y tectonismo reciente. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 21 (1 y 2): 13-35.
- CARABALLO, L. 1982b. El golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 21 (1 y 2): 37-65.
- CLOERN, J. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210: 223-253.
- DIAZ, J. R. 2000. Índice de la microflora marina de Venezuela: diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos. *Rev. Biol. Trop.*, 48 (4): 897-912.
- ELGUEZABAL M. 2003. *Evaluación físico-química y distribución de la clorofila a en las aguas del sector norcentral del golfo de Cariaco*. Trab. Grad. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 114 pp.
- FERNÁNDEZ, E. & T. OKUDA. 1985. Poblaciones bacterianas en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 24 (1&2): 145-161.
- FERRAZ, E. 1983. Estudio del fitoplancton en la cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 22 (1 y 2): 111-124.
- _____. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de las biomasas fitoplanctónicas en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 28 (1 y 2): 47-56.
- FIGUEROA, C. 2003. *Estudio de la materia orgánica y los elementos nutritivos en el sector norte de la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad.

- Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 82 pp.
- GÓMEZ, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia*, 21 (3): 140-146.
- GÓMEZ, E., J. DÍAZ & I. SÁNCHEZ. 2000. Abundancia y biomasa del fitoplancton de la playa San Luis, Cumaná, Venezuela (Junio 1995 - Marzo 1996). *CIENCIA*, 8, (1): 41-52.
- GONZÁLEZ, M. 2006. *Distribución y comportamiento de los elementos nutritivos y clorofila-a en las aguas del golfo de Santa Fe, estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad., Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 67 pp.
- HUNG, C., C. TSAI & N. CHEN. 1986. Chemical and biomass studies: Evidence of upwelling off the southwestern coast of Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan.*, 17:29-44.
- HUTCHINSON, T. 1978. Effects of long lignite burns on arctic ecosystems at Thesmoking Hills, N.W.T. Trace Substances in Environmental Health XII, DD. Heemphill. University of Missouri, Columbia. 332 pp.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the gulf of Cariaco. Chemical and hidrographical observations in january, 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 1 (1):49-72.
- KOROLEFF, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural water as indophenol blue. *Int. Counc. Explor. Sea*. C. M., 1969/C. 9: 19-22.
- LA BARBERA, A., G. ESTRELLA & E. FERRAZ. 1999. Dinámica del fitoplancton en La Chica, golfo de Cariaco, Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 38 (1): 80.
- LORENZEN, C. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: Spectrophotometric equation. *Limnology and Oceanography*, 12: 343-346.
- MARCANO, Y., B. MÁRQUEZ, J. DÍAZ-RAMOS, L. TROCCHI, B. MARÍN, I. SALAZAR & K. RINCONES. 2010. Variables fisicoquímicas que influyen a corto plazo en el Zooplanton de la bahía de Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 49 (2): 129-145.
- MARTÍNEZ, G., J. ALVARADO & W. SENIOR. 2001. Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja y pluma del río Manzanares. *Interciencia*, 26 (2): 53-61.
- MURPHY, J. & J. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 12:162-170.
- OCANDO, L., J. BONILLA & B. GAMBOA. 1988. Características hidrográficas y químicas de la ensenada de Pampatar, isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 27 (1&2): 71-84.
- OKUDA, T. 1960. Chemical oceanography in the South Atlantic Ocean, adjacent to North-Eastern Brazil. *IBMO-UR*, 2 (1): 155-174.
- _____. 1981. Water exchange and the balance of phosphate in the gulf of Cariaco, Venezuela. *Coastal and Estuarine Sciences*, 1: 274-281.
- _____. 1982. Rate of water renewal and phosphate input in the gulf of Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 21 (1&2): 3-12.
- _____, J. BONILLA, J. BENÍTEZ, A. GARCÍA & G. CEDEÑO. 1978A. Características hidrográficas del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 17 (1 &2): 69-88.
- _____, A. GARCÍA, B. GAMBOA & E. FERNÁNDEZ. 1978B. Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánico en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 17 (1 y 2): 89-104.
- PALAZÓN, J & 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* 33 (1&2): 5-7.
- QUINTERO, A., J. BONILLA, L. SERRANO, M. AMARO, B. RODRÍGUEZ, G. TERREJOVA, & Y. FIGUEROA. 2004. Características ambientales de la bahía de Mochima y adyacencias de la cuenca de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 43 (1 y 2): 49-62.
- SALAZAR-GOMEZ, I., R. DÍAZ-RAMOS, K. RINCONES-REYES, L.

- CHARZEDDINE, S. SUBERO, L. TROCCOLI, B. MÁRQUEZ, A. MÁRQUEZ & D. HERNÁNDEZ. 2011. Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvia. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 50 (1): 69-77.
- SCHINDLER, D. 1971. Light, temperature and oxygen regimes of selected lakes in the experimental lakes area, northwestern ontario. *J. Fish. Res. Bd. Canada.*, 28: 157-169.
- SENIOR, W. 1996. *Estudio hidroquímico y de calidad ambiental de las costas de Puerto Píritu, estado Anzoátegui, Venezuela*. Trab. Asc., Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 94 pp.
- SENIOR, W. 2000. *Red de observaciones hidroquímicas e hidrológicas*. Informe final. Departamento de Oceanografía, Universidad. Oriente, Cumaná, Venezuela. 133 pp.
- SOKAL, E. & J. ROHLF. 1981. *Biometría*. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Editorial H., Blumé. España. 832 pp.
- STRICKLAND, J. & T. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish Res. Bd. Canada*, 167: 1-310.
- TRÉGUER, P. & P. LE CORRE. 1975. Manual d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilization de l'Auto-Analyzer II. Technicon. LOC-UBO. 2ed.. 110 pp.
- VALDÉS, D. & E. REAL. 1994. Flujos de amonio, nitrito, nitrato y fosfatos a través de la interfase sedimento agua, en una laguna tropical. *Cs. Mar.*, 20 (1): 65-80.
- WOOD, E. D., F. ARMSTRONG & F. RICHARDS. 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction nitrite. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 47: 23-31.
- YANG, S. 1999. Nutrients, chlorophyll-a and productivity in Maxwell Bay, King George Island, Antartica. *Korean J. Polar Res.*, 1 (1): 11-18.

RECIBIDO: Julio 2011

ACEPTADO: Febrero 2012