

CONDICIONES HIDROGRÁFICAS (2007-2009) AL SUR DE ISLA MARGARITA Y PENÍNSULA DE ARAYA COMO INDICIO DE DISMINUCIÓN DE LA FERTILIDAD REGIONAL Y POSIBLE AFECTACIÓN DEL RECURSO SARDINERO VENEZOLANO

ALFREDO GÓMEZ GASPAR¹, AMALIA BARCELO² & ERNESTO MATA²

¹Museo Marino de Margarita y Universidad de Oriente, Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela.
agomezgaspar@yahoo.com

²Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela.

RESUMEN: Durante 18 meses (octubre/2007 a marzo/2009) se estudiaron variables ecológicas en estaciones al sur de isla Margarita (Coche, Cubagua y Macanao) y la Península de Araya (Guaca, Chacopata y Araya). Se colectaron 216 muestras de agua (1 y 25 m profundidad) para determinar temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) y biomasa del fitoplancton (Clorofila *a*). Se calcularon promedios totales y estacionales, considerando periodos de surgencia (enero-mayo) y de relajación (junio-diciembre). La temperatura (°C) promedio en superficie (26,5) y 25 m (24,9) fue más alta que en años precedentes. Durante la surgencia el promedio de temperatura y salinidad no indican afloramiento de agua subtropical. En las estaciones no se verificó diferencia en la concentración ($\mu\text{mol l}^{-1}$) de nitrato, amonio y fosfato en superficie y 25 m, pero en ésta la concentración de nitrito es hasta 3 veces el valor en superficie. En la surgencia y la relajación se determinaron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de nitrito y amonio, pero no en el fosfato y nitrato. Durante la surgencia la Cl. *a* (mg/m^3) es mayor (1,82) que en la relajación (0,91), pero en años previos fue hasta 5 veces más alta. La concentración de los nutrientes (excepto el nitrato) y en especial de la Cl. *a* fueron *Sardinella aurita* marcadamente menores en comparación con el 2004 (1,72 vs. 4,77 mg/m^3) año cuando ocurrieron las capturas de sardina históricamente más cuantiosas. La disminución de la fertilidad acuática regional puede relacionarse con la dramática crisis de la pesca de sardina que persiste luego de 6 años de iniciada.

Palabras clave: hidrografía, nutrientes, clorofila *a*, sardina, Venezuela

ABSTRACT: With the purpose of studying ecological variables, 216 water samples were collected at stations in Coche, Cubagua, and Macanao, to the south of Margarita Island; and in Guaca, Chacopata, and Araya, on the Araya Peninsula, from October 2007 to March 2009. The samples were collected at 1 and 25 m depths to determine temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients (nitrite, nitrate, ammonia, and phosphate), and phytoplankton biomass (chlorophyll *a*). Total and seasonal averages were calculated for periods of upwelling (January – May) and relaxation (June – December). Mean temperatures at surface (26.5 °C) and 25 m (24.9 °C) were higher than those of previous years. Average temperature and salinity are no indication of subtropical water surge during upwelling. Although no difference was found between the respective concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) of nitrate, ammonia, and phosphate at surface and those at 25 m, the nitrite concentration was 3 times higher at the latter depth than at the surface. Statistically significant differences were found in both nitrite and ammonia concentrations during upwelling and relaxation, but not in those of phosphate and nitrate. Chlorophyll *a* (mg/m^3) was higher at upwelling (1.82) than at relaxation (0.91) although it had reached values up to 5 times higher in previous years. Also, nutrient concentrations, excepting that of nitrates, were exceptionally lower than those of 2004, especially chlorophyll *a* (1.72 versus 4.77) when sardine catches were historically larger, a dwindling phenomenon that is no doubt related to the region's diminished aquatic fertility, which heralded diminishing stocks of *Sardinella aurita*, an ongoing crisis 6 years after its onset.

Keywords: hydrography, nutrients, chlorophyll *a*, sardine, Venezuela

INTRODUCCIÓN

El nororiente de Venezuela es la región pesquera más importante de Venezuela y del mar Caribe. La fertilidad acuática tiene variadas causas (GÓMEZ 1996), la principal es la surgencia de aguas subsuperficiales especialmente

notable durante los primeros meses del año, pero tiene marcadas variaciones interanuales que se observan en la producción primaria (MULLER-KARGER *et al.* 2004) y en la biomasa del fitoplancton. El estudio de la variación temporal y espacial de las condiciones hidrográficas, la concentración de sales inorgánicas y de la clorofila permite

tener una idea de la fertilidad de las aguas, la cual parece tener cambios acusados en años recientes, lo que de manera indirecta, teóricamente puede reflejarse en la disminución de la abundancia de especies filtradoras como la sardina (*Sardinella aurita*) que constituye el principal recurso pesquero de Venezuela, el cual se captura principalmente en áreas cercanas a la costa de los estados Sucre y Nueva Esparta (GUZMÁN *et al.* 2003). En este último las mayores capturas se realizan en el sureste y sur de la isla de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2008).

En Venezuela, desde mediados del año 2005, se presenta una grave crisis sardinera la cual se ha mantenido inclusive hasta el año 2012 y parece continuar. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las condiciones hidroquímicas y la abundancia de clorofila *a* en las aguas superficiales (0 a 25 m) de la Península de Araya y el sur de la isla Margarita, porque en esta área marina se extrae gran parte de la sardina nacional. Se estimó conveniente analizar la información obtenida en periodos semestrales o estacionales, es decir, de enero a mayo y de junio a diciembre, tal como se realizó hace pocos años al sur de Margarita, por lo cual se pueden comparar las condiciones hidrológicas en 2007-2009 con las obtenidas en 2004 cuando ocurrieron cuantiosas capturas de sardina (Fig. 1). A diferencia de trabajos que consideran parte de un año o muestreos discontinuos en el tiempo, con esta contribución pretendemos aportar información que permita una aproximación ecológica para explicar la disminución de la sardina a nivel nacional y determinar las causas de la actual crisis.

AREA ESTUDIO

El estado Nueva Esparta está constituido por las islas de Margarita, Coche y Cubagua, que con el estado Sucre

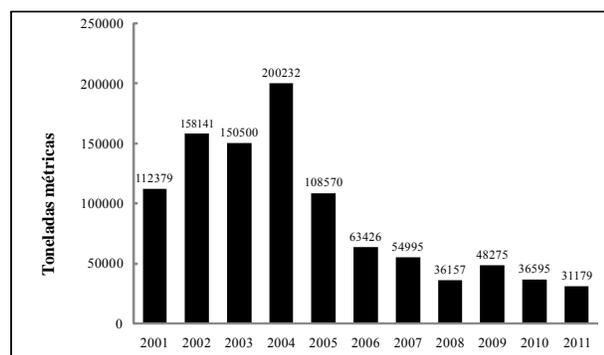


Fig. 1. Captura nacional (toneladas) de sardina *Sardinella aurita* en Venezuela. (Fuente INSOPESCA, Caracas).

conforma la región nororiental del país (Fig. 2), la cual tradicionalmente tiene gran importancia pesquera y objeto de numerosas investigaciones oceanográficas. En referencia a la hidrología y la producción primaria se conocen muchos trabajos RICHARDS & VACCARO 1956; HEEZEN *et al.* 1959; CURL 1960; MARGALEF *et al.* 1960; RICHARDS 1960; GADE 1961a, 1961b; KATO 1961; FUKUOKA 1962, 1963, 1964, 1965a, 1965b, 1965c, 1966; FUKUOKA & BALLESTER 1963; HULBURT 1966; BALLESTER 1965; LJOEN & HERRERA 1965; MARGALEF 1969; FRAGA & BALLESTER 1965; HAMMER 1967; OKUDA *et al.* 1968, 1969a, 1969b, 1974; LIDZ *et al.* 1969; SIMPSON & GRIFFITHS 1971; FANNING & PILSON 1972; OKUDA & BENITEZ 1974; HERRERA & FEBRES 1975; OKUDA 1975, 1978, 1981, 1983; RICHARDS 1975; FERRAZ 1987, 1989; MANDELLI & FERRAZ 1982; GARCIA *et al.* 1983; MOIGIS 1986; JACOBS *et al.* 1987; SCRANTON *et al.* 1987; GÓMEZ & CHANUT 1988, 1993; MOIGIS & BONILLA 1989; BONELLS *et al.* 1990; GÓMEZ 1991, 1996; BONILLA *et al.* 1993; ZHANG & MILLERO 1993; ASTOR *et al.* 1998; WALSH *et al.* 1999; CASTELLANOS *et al.* 2002; APARICIO 2003; ASTOR *et al.* 2003, 2004; MULLER-KARGER *et al.* 2004; QUINTERO *et al.* 2004; GÓMEZ 2006a, 2007; GÓMEZ *et al.* 2006, 2008; RINCÓN *et al.* 2007.

MATERIALES Y METODOS

Entre octubre/2007 y marzo/2009 se hicieron 18 expediciones y se recolectaron 216 muestras de agua en seis estaciones (Fig. 2), tres localizadas en la Península de Araya: 1. Guaca (Lat. N 10° 47' 000 - Long. W 63° 25' 000) 2. Chacopata (Lat. N 10° 49' 6'' - Long. W 63° 48' 30'') 4. Araya (Lat. N 10° 41' 53'' - Long. W 64° 15' 27'') y tres al sur de Margarita: 3. Coche (Lat. N 10° 46' 38' -

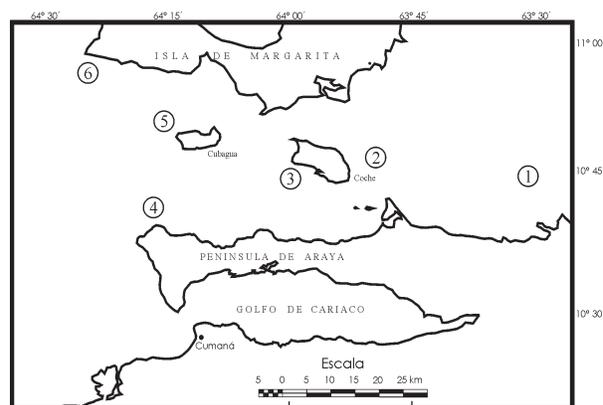


Fig. 2. Estaciones de muestreo al Norte de la Península de Araya (1, 2 y 4) y sur de isla Margarita (3, 5 y 6) (Venezuela).

Long. W 63° 59' 37") 4. Cubagua (Lat. N 10° 52' 28"- Long. W 64° 16' 54") y 6. Macanao (Lat. N 10° 56' 55"- Long. W 64° 22' 10"). Mensualmente, utilizando una lancha rápida, se visitaron todas las estaciones la misma noche. Con botella tipo Van Dorn se obtuvieron muestras (1 y 25 m) para determinar la temperatura con termómetro digital; la salinidad con salinómetro de inducción, el oxígeno disuelto, los nutrientes (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) y los pigmentos (clorofila *a*) determinados de acuerdo a STRICKLAND & PARSONS (1972) y APHA (2005). Se calcularon promedios totales y estacionales, considerando el periodo de surgencia (enero-mayo) con intensidad fuerte (OKUDA 1975; GÓMEZ 1987; GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008) y periodo de relajación (junio-diciembre) (ASTOR *et al.* 2003; MULLER-KARGER *et al.* 2004), los cuales fueron comparados estadísticamente (ANOVA) utilizando el programa Statgraphics versión 16.1.15.

RESULTADOS

1. Península de Araya (Tablas 1 y 2)

En la columna de agua, la temperatura varió entre 21,5 y 30,0 °C; en la superficie (1 m) el promedio fluctuó entre 26,1 y 27,1 °C, mientras que a 25 m fue de 24,7 a 25,4 °C. La salinidad osciló entre 32,10 y 37,65 unidades; en superficie el promedio varió entre 35,99 y 36,47 y a los 25 m, entre 36,31 y 36,53 unidades. El oxígeno disuelto varió entre 1,64 y 5,10 ml/l; en superficie el promedio fluctuó entre 4,51 y 4,62 ml/l y de 3,26 a 3,62 ml/l a 25 m.

En cuanto a los nutrientes, el nitrito varió entre no detectado y 2,01 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio (0,12 a 0,16 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fue inferior que a 25 m (0,25 a 0,37 $\mu\text{mol l}^{-1}$). El nitrato fluctuó entre 0 y 5,32 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio (0,67 a 0,88 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fue menor que a 25 m (0,95 a 1,61 $\mu\text{mol l}^{-1}$). El amonio osciló entre no detectado y 4,68 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio varió entre 0,73 y 0,98 $\mu\text{mol l}^{-1}$ y de 1,13 a 1,25 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m. El fosfato varió entre no detectado y 2,09 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio varió entre 0,42 y 0,48 $\mu\text{mol l}^{-1}$ y entre 0,43 y 0,63 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m. La clorofila *a* osciló entre no detectado y 7,78 mg/m^3 ; en superficie, el promedio varió entre 1,03 y 2,0 mg/m^3 y de 1,06 a 1,43 mg/m^3 a los 25 m. Comparando ambas profundidades se encontró diferencia estadística ($p < 0,01$) en la temperatura, el oxígeno disuelto y el nitrito, pero no en la salinidad, el nitrato, el amonio, el fosfato y la clorofila *a* (Tabla 1).

Durante el periodo enero-mayo (surgencia) (Tabla 2) fueron menores los promedios de la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto (23,8 a 25,2 °C; 35,93 a 36,36 unids.; 3,85 a 4,20 ml/l) que durante el periodo julio-diciembre (relajación) cuando fueron más elevados (27,0 a 27,3 °C; 36,48 a 36,77 unids.; 3,94 a 4,12 ml/l). En cuanto a los nutrientes durante el periodo de surgencia el nitrito, el nitrato, el amonio y el fosfato tuvieron mayor concentración (0,21 a 0,47; 0,87 a 1,47; 1,22 a 1,39 y 0,45 a 0,57, respectivamente) mientras que fueron menores en el periodo de relajación (0,12 a 0,18; 0,74 a 1,04; 0,64 a 0,82 y 0,39 a 0,49). La clorofila *a* (mg/m^3) durante la surgencia varió entre 1,40 y 2,84 y entre 0,55 y 0,90 durante la relajación. Sin embargo, al comparar ambos periodos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en la temperatura, la salinidad (excepto Araya) y el nitrito (excepto Guaca), pero no hubo diferencia significativa en el oxígeno disuelto, el nitrato, el fosfato, el amonio y la clorofila *a* (excepto Araya).

2. Sur de Margarita (Tablas 1 y 2).

En la columna de agua la temperatura varió entre 21,1 y 30,0 °C; en la superficie el promedio anual fluctuó entre 26,1 y 26,7 y de 24,3 a 25,0 °C a los 25 m. La salinidad osciló entre 32,53 y 37,74 unids.; en superficie, el promedio varió entre 36,31 y 36,68 unids. y a los 25 m entre 36,49 y 36,80 unids. El oxígeno disuelto varió entre 1,65 y 5,12 ml/l; en superficie, el promedio fluctuó entre 4,08 y 4,38 ml/l y de 2,74 a 3,56 ml/l a los 25 m. En cuanto a los nutrientes el nitrito varió entre 0 y 3,69 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio (0,10 a 0,29 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fue inferior que a 25 m (0,36 a 0,89 $\mu\text{mol l}^{-1}$). El nitrato fluctuó entre 0,13 y 8,02 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio (0,45 a 0,13 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fue menor que a 25 m (1,29 a 2,90 $\mu\text{mol l}^{-1}$). El amonio osciló entre 0 y 8,03 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio varió entre 0,67 y 1,40 $\mu\text{mol l}^{-1}$ y de 0,79 a 1,56 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m. El fosfato fluctuó entre 0 y 2,36 $\mu\text{mol l}^{-1}$; en superficie, el promedio varió entre 0,48 y 0,57 $\mu\text{mol l}^{-1}$ y entre 0,53 y 0,73 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m. La clorofila *a* osciló entre no detectada y 10,32 mg/m^3 ; en superficie, el promedio varió entre 0,63 y 1,55 mg/m^3 y de 0,73 a 3,46 mg/m^3 a los 25 m. Al comparar los valores promedio en la superficie y 25 m de profundidad, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) en la temperatura, el oxígeno disuelto y el nitrito (excepto Cubagua), pero no en la salinidad, el nitrato, el amonio, el fosfato y la clorofila *a* (excepto Coche).

Durante el periodo enero-mayo (surgencia) los promedios de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (23,6 a 24,5 °C; 35,99 a 36,53 unids.; 3,34 a 3,97 ml/l) fueron menores que durante el periodo junio-diciembre (relajación) cuando fueron más elevados (26,9 a 27,3 °C; 36,71 a 36,95 unids.; 3,47 a 3,96 ml/l) (Tabla 2). En cuanto a los nutrientes ($\mu\text{mol l}^{-1}$) durante el periodo de surgencia el nitrito, nitrato, amonio y fosfato tuvieron mayor concentración (0,31 a 0,71; 0,97 a 2,22; 0,82 a 2,31 y 0,51 a 0,61 $\mu\text{mol l}^{-1}$, respectivamente), mientras que en el periodo de relajación las concentraciones fueron menores (0,15 a 0,47; 0,76 a 1,81; 0,64 a 0,65 y 0,37 a 0,56 $\mu\text{mol l}^{-1}$). En la surgencia, la clorofila *a* varió entre 1,14 y 2,50 mg/m^3 y entre 0,22 y 2,46 mg/m^3 durante el periodo de relajación. Sin embargo, al comparar ambos periodos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en la temperatura y la salinidad (excepto Macanao) al sur de Margarita, pero no hubo diferencias significativas en oxígeno disuelto, nitrito, nitrato, amonio, fosfato y clorofila *a* (excepto Macanao).

Considerando el conjunto de estaciones, al final de la Tabla 1 se muestra el valor promedio obtenido en la superficie y 25 m, el promedio de la columna de agua y la prueba estadística (ANOVA) entre ambas profundidades, donde se encontraron diferencias significativas en temperatura, oxígeno disuelto, nitrito y nitrato, mientras que en la salinidad, amonio, fosfato y clorofila *a* no se obtuvieron diferencias. Asimismo, al final de Tabla 2 se observan los valores promedios en los periodos de surgencia y de relajación, donde se observaron diferencias estadísticas en temperatura, salinidad, nitrito, amonio y clorofila *a*, pero no en los valores promedios de oxígeno disuelto, nitrato y fosfato.

DISCUSIÓN

En temperatura, salinidad y oxígeno disuelto; en todas las estaciones, se obtuvieron diferencias significativas entre los valores promedios de la temperatura en superficie y 25 m; considerando el conjunto de estaciones en el área de estudio, la temperatura promedio en superficie fue 26,5 y 24,9°C a los 25 m (promedio para columna de agua: 25,7°C) (Tabla 1). Estos valores son acusadamente más elevados que el promedio anual en 1990 al sur de Margarita (24,42 a 25,47°C en superficie y 23,14 a 23,52°C a los 25 m) (GÓMEZ & CHANUT 1993) y ligeramente más altos que los promedios (2004-2005) determinados al sur de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2008). También debe recordarse que durante 2004-2005, la

temperatura en el sureste de Margarita fue 2°C más elevada que en el 2002-2003 (GÓMEZ 2006a, 2006b), por lo cual debe considerarse que el aumento de temperatura fue más notorio desde mediados de 2005.

Al comparar la temperatura de la columna de agua en los periodos enero-mayo y junio-diciembre (Tabla 2) se observa que durante la surgencia fue 24,3 y de 27,1°C durante la relajación; la temperatura 24,3°C indica indirectamente que el ascenso de aguas subsuperficiales fue débil, en consideración a que la isobata de 21°C es indicadora del ascenso de agua subtropical, como es bien conocido (OKUDA 1978, 1981). En este estudio, durante el periodo de surgencia las temperaturas promedio más bajas (23,6 y 23,8 °C) se determinaron únicamente en Coche y Araya. Así, puede considerarse que el fenómeno de surgencia fue moderado y localizado a estas áreas.

La temperatura mínima en superficie (22,6°C) fue determinada en la isla de Coche y el máximo de 30,0°C en Macanao y Guaca (Tabla 1), en las otras estaciones superó los 29,5°C; los valores del intervalo (22,6 a 30 °C) son mayores que los citados previamente en la región (Tabla 3). Además debe tenerse en cuenta que las estaciones fueron visitadas durante la misma noche, por lo cual la temperatura diurna debe ser más alta; en las estaciones Coche y Cubagua la temperatura se determinó entre las 2 - 3 de la madrugada, mientras que en el estudio de 2004-2005 fue entre 10 y 11 de la mañana. Se menciona que la diferencia de los promedios mensuales entre día y noche es $< 1,4^\circ\text{C}$ durante el primer semestre del año (surgencia) y 1,0 a 2,8 °C en el segundo semestre, según mediciones desde satélites (CASTELLANOS *et al.* 2002). Sin embargo, lecturas directas tienen mayor variación; por ejemplo, en Araya (-3m) registros cada 10 minutos de la temperatura superficial tienen mayor intervalo que la recopilada con datos históricos. Así, en agosto y septiembre se registran fluctuaciones hasta de 5°C en intervalos de 3 días y diarias de 2 - 3°C; mientras que en noviembre y diciembre la amplitud es entre 0,25 y 0,5°C (APARICIO 2003). Valores de temperatura en superficie medidas con mareógrafos (1968 a 1974) tuvieron intervalo entre 22,5 a 26,4°C en Carúpano y entre 21 y 29,3°C en Cumaná (HERRERA & FEBRES 1975); intervalo desde 21 a 29,5°C también en Cumaná (SIMPSON & GRIFFITHS 1971); en el sur de Margarita (Punta de Piedras 1962-1963) varió entre 25,0 y 28,9°C (FUKUOKA 1965a). Otros valores puntuales se muestran en la Tabla 3 donde se aprecia que en años previos la temperatura fue notablemente inferior al rango del presente trabajo.

TABLA 1. Promedio e intervalo de valores (en paréntesis) de la hidrografía, la concentración de nutrientes y clorofila a en estaciones del sur de Isla Margarita y Península de Araya (octubre/2007 a marzo/2009) (Venezuela). * $p < 0,01$ ANOVA NS: No significativo

Estación	temperatura °C	salinidad	oxígeno ml/l	nitrito $\mu\text{mol l}^{-1}$	nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	amonio $\mu\text{mol l}^{-1}$	fosfato $\mu\text{mol l}^{-1}$	clorofila a mg/m^3
Península Araya								
Guaca								
superficie	27,1 (25,4 - 30,0) *	35,99 (32,10 - 37,50) NS	4,56 (3,58 - 5,10) *	0,12 (0,00 - 0,55) *	0,67 (0,13 - 2,34) NS	0,76 (0,24 - 2,08) NS	0,42 (0,00 - 1,56) NS	1,03 (0,00 - 4,34) NS
25 m	25,4 (23,4 - 27,7)	36,31 (34,91 - 37,24)	3,62 (2,12 - 4,80)	0,26 (0,00 - 0,56)	0,95 (0,00 - 2,54)	1,25 (0,00 - 4,06)	0,43 (0,00 - 1,83)	1,43 (0,00 - 4,29)
Chacopata								
superficie	26,4 (23,3 - 29,6) *	36,33 (32,63 - 37,44) NS	4,62 (3,60 - 5,10) *	0,15 (0,00 - 0,46) *	0,88 (0,40 - 3,01) NS	0,98 (0,00 - 4,02) NS	0,42 (0,00 - 1,06) NS	1,17 (0,00 - 2,91) NS
25 m	25,1 (22,7 - 28,4)	36,50 (34,53 - 37,65)	3,26 (1,64 - 4,45)	0,25 (0,13 - 2,01)	1,61 (0,13 - 5,19)	1,23 (0,24 - 4,68)	0,47 (0,00 - 1,56)	1,06 (0,00 - 3,06)
Araya								
superficie	26,1 (23,8 - 29,8) *	36,47 (35,42 - 37,51) NS	4,51 (3,80 - 5,10) *	0,16 (0,00 - 1,22) *	0,71 (0,10 - 3,08) NS	0,73 (0,30 - 2,46) NS	0,48 (0,00 - 1,63) NS	2,00 (0,00 - 7,78) NS
25 m	24,7 (21,5 - 29,1)	36,53 (35,46 - 37,64)	3,46 (2,50 - 4,70)	0,37 (0,00 - 1,35)	1,31 (0,30 - 5,32)	1,13 (0,00 - 3,01)	0,63 (0,00 - 2,09)	1,39 (0,00 - 7,45)
Sur de Margarita								
Coche								
superficie	26,1 (22,6 - 29,5) *	36,68 (35,75 - 37,41) NS	4,08 (3,58 - 4,80) *	0,29 (0,00 - 1,12) *	1,13 (0,60 - 8,02) NS	0,73 (0,00 - 2,34) NS	0,57 (0,00 - 1,53) NS	1,55 (0,00 - 4,73) *
25 m	24,3 (21,1 - 28,2)	36,80 (35,26 - 37,74)	2,74 (1,65 - 4,20)	0,89 (0,00 - 3,69)	2,90 (0,23 - 3,54)	0,97 (0,00 - 2,38)	0,73 (0,00 - 1,93)	3,46 (0,00 - 10,32)
Cubagua								
superficie	26,4 (24,2 - 29,6) *	36,31 (32,53 - 37,46) NS	4,30 (3,79 - 5,10) *	0,15 (0,00 - 0,40) NS	0,89 (0,27 - 2,98) NS	1,40 (0,00 - 6,29) NS	0,48 (0,00 - 1,90) NS	0,97 (0,00 - 3,77) NS
25 m	24,9 (21,4 - 29,3)	36,49 (34,11 - 37,52)	3,55 (2,18 - 4,60)	0,39 (0,08 - 2,28)	1,50 (0,30 - 5,39)	1,56 (0,00 - 8,03)	0,53 (0,00 - 2,36)	0,90 (0,00 - 3,21)
Macanao								
superficie	26,7 (24,0 - 30,0) *	36,62 (35,58 - 37,38) NS	4,38 (3,79 - 5,12) *	0,10 (0,02 - 0,38) *	0,45 (0,13 - 1,20) NS	0,67 (0,00 - 1,78) NS	0,51 (0,00 - 1,56) NS	0,63 (0,00 - 2,59) NS
25 m	25,0 (21,1 - 28,2)	36,59 (35,54 - 37,62)	3,56 (2,44 - 5,01)	0,36 (0,02 - 1,00)	1,29 (0,13 - 4,45)	0,79 (0,00 - 2,08)	0,60 (0,00 - 1,93)	0,73 (0,00 - 2,35)
Promedio total								
superficie	26,5 *	36,40 NS	4,40 *	0,16 *	0,79 *	1,01 NS	0,48 NS	1,23 NS
25 m	24,9	36,54	3,36	0,47	1,59	1,03	0,56	1,50
Columna agua	25,7	36,47	3,88	0,31	1,19	1,02	0,52	1,37

En la salinidad no hubo diferencia estadística entre los promedios en superficie y 25 m (Tabla 1), en cambio se encontró diferencia según el periodo; así, durante la surgencia fue 36,21 y de 36,73 unids. en la relajación (Tabla 2). En consecuencia, de acuerdo a los valores promedios de temperatura y salinidad (24,3°C y 36,21 unids.), durante el periodo de surgencia (Tabla 2) el agua no puede adscribirse a la denominada tipo B (21 a 24°C y >36,7 unids.) (OKUDA 1978, 1981), por lo cual en 2008 y 2009 la surgencia fue débil porque no ascendieron hasta la superficie aguas subtropicales. En referencia al oxígeno disuelto es de notar que en el área de estudio el promedio en superficie (4,40 ml/l) fue elevado comparado con los promedios al sur de Margarita en años previos (BALLESTER 1965; GÓMEZ & CHANUT 1988, 1993; GÓMEZ *et al.* 2008). Además, durante la surgencia y la relajación (Tabla 2), el promedio es igual (3,87 y 3,90 ml/l), siendo más altos que valores de años previos (GÓMEZ & CHANUT 1993).

En relación a los nutrientes, en las estaciones no se verificaron diferencias estadísticamente significativas en los promedios del nitrato, el amonio y el fosfato obtenidos en superficie y 25 m, a diferencia del nitrito que generalmente su concentración a los 25 m es de 2 a 3 veces superior al valor en superficie. Solamente en Cubagua no fue significativa la diferencia. Sin embargo, al analizar todas las estaciones en conjunto las concentraciones de nitrito y nitrato tienen significancias estadísticas con la profundidad, lo cual no se observó para el amonio y el fosfato (Tabla 1). En cuanto a las concentraciones, durante la surgencia y la relajación se evidenció que no existieron diferencias estadísticamente significativas en el fosfato y el nitrato, mientras que en el amonio y el nitrito se verificó diferencia en Cubagua, Araya y Chacopata; no obstante, al considerar el conjunto de estaciones se determina que en las concentraciones de nitrato y fosfato no hay diferencia significativa durante los periodos de surgencia y relajación, mientras que sí la hay en las del nitrito y el amonio (Tabla 2).

En este estudio realizado durante 18 meses (octubre/2007 a marzo/2009), las concentraciones de los nutrientes fueron marcadamente menores que los valores mencionados previamente en el área; así, los promedios de nitrito, nitrato, amonio y fosfato en superficie (0,16, 0,79, 1,01 y 0,48 $\mu\text{mol l}^{-1}$ respectivamente) fueron inferiores a las concentraciones mencionadas para Cubagua (0,37, 0,84, 2,89, 0,86) (GÓMEZ & CHANUT 1988) y sur de Margarita (GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008).

En la columna de agua la concentración promedio del nitrito (0,31 $\mu\text{mol l}^{-1}$) fue baja comparada con valores durante 2004-2005 en Coche, Cubagua y el sur de Margarita (0,59 a 1,74 $\mu\text{mol l}^{-1}$); (GÓMEZ *et al.* 2008). En el golfo de Cariaco se cita de 0,53 a 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (KATO 1961; MANDELLI & FERRAZ 1982); en superficie de la fosa de Cariaco, el nitrito fue indetectable (ASTOR *et al.* 2003, 2004). En este estudio, durante la surgencia la concentración del nitrito (0,42 $\mu\text{mol l}^{-1}$) dobla a la determinada en el periodo de relajación (Tabla 2).

En relación al nitrato, es de notar que no hubo diferencia entre la superficie y los 25 m de cada estación (Tabla 1); sin embargo, al considerarlas en conjunto se encuentra diferencias en las concentraciones, y los valores más altos se presentan al sur de Margarita (0,45 a 1,13 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en superficie y 1,5 a 2,9 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m) (Tabla 1). Estos valores son más elevados que las concentraciones obtenidas en 1990 al sur de Margarita (0,66 a 0,88 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en superficie y 0,80 a 1,58 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a 25 m) (GÓMEZ & CHANUT 1993) y también superan los promedios de 2004-2005 al sureste y sur de Margarita, donde variaron entre 0,19 y 1,91 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (GÓMEZ *et al.* 2008) y entre 0,79 y 0,97 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2003 (GÓMEZ 2006a). Asimismo es de notar que no se verificó diferencia significativa durante la surgencia (1,34 $\mu\text{mol l}^{-1}$) y la relajación (1,04 $\mu\text{mol l}^{-1}$), lo cual también ocurrió con el fosfato (Tabla 2). Numerosos estudios previos mencionan concentraciones elevadas de nitrato: 4,0 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS 1960); 14,8 $\mu\text{mol l}^{-1}$ entre Margarita y Araya (BALLESTER 1965); 1,2 $\mu\text{mol l}^{-1}$, en la fosa y el golfo de Cariaco (OKUDA 1978; MANDELLI & FERRAZ 1982), lo cual contrasta con la estación Cariaco donde citan que los nitratos son mínimos y el amonio no detectable en la superficie (ASTOR *et al.* 2004). Sin embargo durante la surgencia el agua que aflora tiene concentración de 6 $\mu\text{mol l}^{-1}$ de nitrato (RICHARDS 1960).

En referencia al amonio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la concentración en superficie y 25 m de profundidad en las estaciones, pero consideradas en conjunto la concentración es igual (1,0 $\mu\text{mol l}^{-1}$) (Tabla 1). Al comparar las concentraciones en los periodos (Tabla 2), durante la surgencia es el doble que en la relajación (1,34 vs 0,69 $\mu\text{mol l}^{-1}$). Estas concentraciones son menores que las determinadas en años previos (2,89 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en superficie y 2,21 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a 20 m) en Cubagua (GÓMEZ & CHANUT 1988) y durante 1990 al sur y sureste de Margarita (GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008). Para la región, otros autores mencionan entre 6 y 17 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en los primeros 50 m del golfo y fosa

TABLA 2. Comparación de la hidrografía, la concentración de nutrientes y clorofila α durante el periodo enero-mayo (surgencia) y junio-diciembre (relajación) en estaciones del sur de Isla Margarita y Península de Araya (Venezuela). Promedio y rango (en paréntesis) * $p < 0,01$ ANOVA NS: No significativo

Estación	temperatura °C	salinidad unidades	oxígeno ml/l	nitrito $\mu\text{mol l}^{-1}$	nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	amonio $\mu\text{mol l}^{-1}$	fosfato $\mu\text{mol l}^{-1}$	clorofila a mg/m^3
Península Araya								
Guaca								
surgencia	25,2 (23,4 - 26,9) *	35,93 (34,10 - 37,07) *	4,20 (2,85 - 5,10) NS	0,21 (0,02 - 0,55) NS	0,87 (0,17 - 2,54) NS	1,27 (0,30 - 4,06) NS	0,45 (0,00 - 1,83) NS	1,57 (0,00 - 4,34) NS
relajación	27,3 (24,1 - 30,0)	36,48 (34,99 - 37,50)	3,96 (2,12 - 5,02)	0,18 (0,00 - 0,57)	0,74 (0,00 - 1,70)	0,74 (0,00 - 1,60)	0,39 (0,00 - 1,56)	0,90 (0,00 - 4,23)
Chacopata								
surgencia	24,4 (22,7 - 26,2) *	36,06 (32,63 - 37,03) *	3,92 (1,98 - 5,10) NS	0,47 (0,06 - 1,37) *	1,47 (0,27 - 5,42) NS	1,39 (0,24 - 4,68) NS	0,46 (0,00 - 1,18) NS	1,40 (0,00 - 2,91) NS
relajación	27,0 (24,1 - 29,6)	36,77 (35,74 - 37,65)	3,94 (1,64 - 5,10)	0,16 (0,00 - 0,59)	1,04 (0,13 - 3,44)	0,82 (0,00 - 3,39)	0,41 (0,00 - 1,06)	0,79 (0,00 - 2,18)
Araya								
surgencia	23,8 (21,5 - 25,6) *	36,36 (35,42 - 36,92) NS	3,85 (2,50 - 5,10) NS	0,41 (0,02 - 1,35) *	1,27 (0,10 - 5,32) NS	1,22 (0,18 - 3,01) *	0,57 (0,00 - 1,83) NS	2,84 (0,00 - 7,78) *
relajación	27,1 (23,4 - 29,8)	36,64 (36,02 - 37,64)	4,12 (2,87 - 5,00)	0,12 (0,00 - 0,46)	0,75 (0,13 - 2,44)	0,64 (0,00 - 1,47)	0,49 (0,00 - 1,93)	0,55 (0,00 - 3,60)
Sur de Margarita								
Coche								
surgencia	23,6 (21,1 - 25,6) *	36,53 (35,26 - 37,29) *	3,34 (1,65 - 4,90) NS	0,71 (0,06 - 3,79) NS	2,22 (0,23 - 7,36) NS	1,05 (0,18 - 3,38) NS	0,61 (0,00 - 1,83) NS	2,50 (0,00 - 10,32) NS
relajación	26,9 (23,3 - 29,5)	36,95 (36,42 - 37,74)	3,47 (1,67 - 4,77)	0,47 (0,02 - 2,38)	1,81 (0,40 - 8,02)	0,64 (0,00 - 2,71)	0,56 (0,00 - 1,53)	2,46 (0,00 - 6,80)
Cubagua								
surgencia	24,3 (21,4 - 25,9) *	35,99 (32,53 - 37,01) *	3,91 (2,18 - 5,10) NS	0,37 (0,06 - 2,28) NS	1,27 (0,27 - 5,39) NS	2,31 (0,42 - 8,03) *	0,51 (0,00 - 1,86) NS	1,44 (0,00 - 3,85) NS
relajación	27,1 (23,4 - 29,7)	36,81 (36,02 - 37,52)	3,94 (2,77 - 4,77)	0,17 (0,00 - 0,97)	1,12 (0,30 - 5,06)	0,65 (0,00 - 2,09)	0,37 (0,00 - 1,07)	0,43 (0,00 - 3,77)
Macanao								
surgencia	24,5 (21,1 - 26,0) *	36,50 (35,54 - 37,20) NS	3,97 (2,51 - 5,05) NS	0,31 (0,02 - 1,00) NS	0,97 (0,13 - 2,74) NS	0,82 (0,00 - 2,03) NS	0,58 (0,00 - 1,93) NS	1,14 (0,00 - 2,59) *
relajación	27,3 (23,3 - 30,0)	36,71 (36,01 - 37,62)	3,96 (2,44 - 5,10)	0,15 (0,00 - 0,88)	0,76 (0,13 - 4,45)	0,65 (0,00 - 2,09)	0,51 (0,00 - 1,52)	0,22 (0,00 - 1,40)
Promedio total								
surgencia	24,3 *	36,21 *	3,87 NS	0,42 *	1,34 NS	1,34 *	0,53 NS	1,82 *
relajación	27,1	36,73	3,90	0,21	1,04	0,69	0,51	0,91
Columna agua	25,7	36,47	3,88	0,31	1,19	1,02	0,52	1,37

TABLA 3. Comparación entre intervalo de temperatura en la superficie de localidades próximas a la Península de Araya y sur de Margarita, Venezuela.

Localidad	Rango temperatura °C	Autor
Margarita- La Tortuga	21,2 - 28,6	RICHARDS (1960)
Suroeste Margarita	20,7 - 28,0	BALLESTER (1965)
Punta Piedras (Margarita)	25,0 - 28,9	FUKUOKA (1965C)
Cumaná	21,0 - 29,5	GRIFFITHS & SIMPSON (1967)
Cumaná	21,0 - 29,3	HERRERA & FEBRES (1975)
Fosa de Cariaco	23,0 - 28,0	OKUDA <i>et al.</i> (1969A)
Golfo de Cariaco	24,4 - 28,2	MANDELLI & FERRAZ (1982)
Golfo de Cariaco	22,8 - 29,3	GÓMEZ (1987)
Cubagua	21,2 - 26,6	GÓMEZ & CHANUT (1988)
Fosa de Cariaco	21,8 - 28,8	ASTOR <i>et al.</i> (1998)
Oriente de Venezuela	21,0 - 29,0	CASTELLANOS <i>et al.</i> (2000)
Fosa de Cariaco	21,8 - 29,1	ASTOR <i>et al.</i> (2004)
Fosa de Cariaco	21,0 - >28	MULLER-KARGER <i>et al.</i> (2004)
P. Araya y sur Margarita	22,6 - 30,0	Este trabajo (nocturno)

de Cariaco (KATO 1961), pero se citan valores menores, hasta $2,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS & VACCARO 1956; MANDELLI & FERRAZ 1982) y de $3,0$ a $5,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ entre Araya y Margarita (BALLESTER 1965). En la superficie de la estación Cariaco no se detecta amonio y en ocasiones es menor a $0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ (ASTOR *et al.* 2004), pero se reporta concentración de $1,0 \mu\text{mol l}^{-1}$ (ZHANG & MILLERO 1993) y que es inferior a $2 \mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS & VACCARO 1956). En el sur de Margarita, los valores de amonio son bajos cuando el nitrito y el nitrato son altos (GÓMEZ & CHANUT 1993), lo cual es interesante porque en esta área es posible que el nutriente más importante para las microalgas podría ser el amonio como sugieren estudios (SALAZAR GÓMEZ *et al.* 2011).

En relación al fosfato, en las estaciones no se determinó diferencia estadística significativa en la concentración en superficie y 25 m, aunque fueron ligeramente superiores al sur de Margarita; el promedio total fue $0,48 \mu\text{mol l}^{-1}$ en superficie y $0,56 \mu\text{mol l}^{-1}$ a los 25 m (Tabla 1). Es notable que la concentración de fosfato durante la surgencia y relajación fue similar ($0,53$ vs. $0,51 \mu\text{mol l}^{-1}$), que contrasta con los trabajos previos porque durante la surgencia la concentración es tres veces mayor (GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008). En este trabajo las concentraciones de fosfato fueron menores que las determinadas en años precedentes; así, en Cubagua (octubre/82 a mayo/84) en superficie fue $0,86$ y $0,48 \mu\text{mol l}^{-1}$ a los 15 m (GÓMEZ & CHANUT 1988), pero en 2004-2005 la concentración promedio en superficie fueron $>1,0 \mu\text{mol l}^{-1}$ (GÓMEZ *et al.* 2008). Para la región, en la superficie el intervalo es de $0,15$ a $0,53 \mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS 1969; HULBURT 1966; OKUDA *et al.* 1969; OKUDA 1981; FERRAZ 1983); pero también se menciona 1 a

$1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ (KATO 1961) y $1,63$ a $3,37 \mu\text{mol l}^{-1}$ (BALLESTER 1965). En la estación Cariaco, los fosfatos están por debajo de $0,3 \mu\text{mol l}^{-1}$ e indetectable (ASTOR *et al.* 2004).

En referencia a la biomasa del fitoplancton (Cl *a*), en la mayoría de las estaciones (excepto Coche) no hubo diferencias estadísticamente significativas entre la concentración en superficie y 25 m. Aunque analizando las estaciones en conjunto (Tabla 1), a los 25 m la concentración fue mayor que en superficie ($1,50$ vs. $1,23 \text{ mg/m}^3$). Durante la surgencia, la concentración de Cl *a* es significativamente mayor ($1,82 \text{ mg/m}^3$) que en la relajación ($0,91 \text{ mg/m}^3$) (Tabla 2). Estas cifras de Cl *a* son comparables a las determinadas en 1982-1984 (GÓMEZ & CHANUT 1988) y en 1990 (GÓMEZ & CHANUT 1993), pero en estos estudios, durante la surgencia la Cl *a* fue hasta 5 veces más alta que en la relajación, mientras que en la actual investigación escasamente se dobla la concentración. Al comparar con los promedios obtenidos al sur de Margarita en 2004-2005, éstos varían entre $2,09$ y $3,20 \text{ mg/m}^3$ (superficie) y entre $2,8$ y $11,1 \text{ mg/m}^3$ (25 m) siendo acusadamente más altos que los obtenidos en el presente estudio. Para el área se mencionan diversas cifras, de $0,25$ a $4,5 \text{ mg/m}^3$ (PINEDA & AGUADO 1980) de $0,11$ a $8,17 \text{ mg/m}^3$ (FERRAZ 1987) y entre $9,74$ y $1,64 \text{ mg/m}^3$ (MOIGIS 1986).

Los resultados discutidos permiten inferir que la fertilidad acuática ha sido menor en los años del presente estudio (octubre/2007 a marzo/2009) y puede relacionarse con la disminución de las capturas de la sardina, cuya pesquería pasa por una crisis iniciada a mediados de 2005 (GÓMEZ 2006a, 2006b, 2008) y que persiste luego de seis años (Fig. 1). En el año 2004, la captura de sardina superó las 200.000 toneladas, disminuyó a 108.570 en 2005, a 63.426 en 2006, a 54.995 toneladas en 2007, y en los años subsiguientes (2008-2011), la pesca del recurso fluctuó alrededor de 38.000 toneladas. Debido al desconocimiento de trabajos hidrológicos recientes y a la ausencia de datos sobre la concentración de nutrientes y de clorofila *a* en la península de Araya, se procedió a comparar los resultados en el presente estudio con aquellos obtenidos para las islas de Coche y Cubagua por GÓMEZ *et al.* (2008), quienes estudiaron la ecología de los caladeros de sardina del estado Nueva Esparta, durante 2004-2005. Además se estudió la abundancia de huevos y larvas del recurso sardinero en el plancton (MUSEO MARINO DE MARGARITA 2009). Estas investigaciones tienen por objeto intentar buscar posibles causas ecológicas de la crisis sardinera en Venezuela.

TABLA 4. Comparación del promedio y rango de valores (en paréntesis) de la hidrografía, la concentración de nutrientes y clorofila α en estaciones Coche y Cubagua al sur de Isla Margarita (Venezuela) durante los años 2004-2005 y 2007-2009.

Período estudio	Temperatura °C	Salinidad	Oxígeno ml/l	Nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	Nitrito $\mu\text{mol l}^{-1}$	Nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	Amonio $\mu\text{mol l}^{-1}$	Fosfato $\mu\text{mol l}^{-1}$	clorofila α mg/m^3
abril/2004 - 2005									
Coche									
superficie	26,1 (23,6 - 28,8)	36,94 (33,89 - 37,70)	4,16 (3,60 - 5,07)	1,06 (0,00 - 12,4)	1,06 (0,00 - 12,4)	0,65 (0,00 - 5,24)	1,46 (0,28 - 4,61)	1,01 (0,00 - 19,7)	2,86 (0,00 - 19,7)
20 m	24,9 (22,2 - 28,0)	37,13 (35,63 - 37,89)	3,80 (2,92 - 4,96)	0,95 (0,00 - 11,9)	0,95 (0,00 - 11,9)	1,91 (0,00 - 6,77)	2,25 (0,28 - 12,3)	1,21 (0,00 - 20,0)	11,1 (1,57 - 43,5)
Cubagua									
superficie	26,2 (23,9 - 28,8)	36,80 (29,55 - 37,89)	4,34 (3,49 - 5,16)	1,38 (0,00 - 15,5)	1,38 (0,00 - 15,5)	0,36 (0,00 - 1,86)	1,47 (0,00 - 3,29)	0,79 (0,00 - 9,74)	2,09 (0,00 - 9,74)
20 m	25,1 (22,5 - 28,2)	37,28 (36,30 - 38,13)	4,05 (2,30 - 5,08)	0,75 (0,00 - 13,6)	0,75 (0,00 - 13,6)	1,25 (0,12 - 3,75)	1,39 (0,09 - 2,26)	0,25 (0,00 - 3,36)	3,03 (0,17 - 12,0)
COLUMNA	25,6	37,03	4,08	1,03	1,03	1,04	1,64	0,82	4,77
oct/2007-marzo/2009									
Coche									
superficie	26,1 (22,6 - 29,5)	36,68 (35,75 - 37,41)	4,08 (3,58 - 4,80)	0,29 (0,00 - 1,12)	0,29 (0,00 - 1,12)	1,13 (0,60 - 8,02)	0,73 (0,00 - 2,34)	0,57 (0,00 - 1,53)	1,55 (0,00 - 4,73)
25 m	24,3 (21,1 - 28,2)	36,80 (35,26 - 37,74)	2,74 (1,65 - 4,20)	0,89 (0,00 - 3,69)	0,89 (0,00 - 3,69)	2,90 (0,23 - 3,54)	0,97 (0,00 - 2,38)	0,73 (0,00 - 1,93)	3,46 (0,00 - 10,32)
Cubagua									
superficie	26,4 (24,2 - 29,6)	36,31 (32,53 - 37,46)	4,30 (3,79 - 5,10)	0,15 (0,00 - 0,40)	0,15 (0,00 - 0,40)	0,89 (0,27 - 2,98)	1,40 (0,00 - 6,29)	0,48 (0,00 - 1,90)	0,97 (0,00 - 3,77)
25 m	24,9 (21,4 - 29,3)	36,49 (34,11 - 37,52)	3,55 (2,18 - 4,60)	0,39 (0,08 - 2,28)	0,39 (0,08 - 2,28)	1,50 (0,30 - 5,39)	1,56 (0,00 - 8,03)	0,53 (0,00 - 2,36)	0,90 (0,00 - 3,21)
COLUMNA	25,4	36,57	3,67	0,43	0,43	1,60	1,16	0,58	1,72

TABLA 5. Comparación del valor promedio de la hidrografía, la concentración de nutrientes y clorofila α durante periodos enero-mayo (surgencia) y junio-diciembre (relajación) en columna de agua de Coche y Cubagua al sur de Isla Margarita (Venezuela) durante años 2004-2005 y 2007-2009.

Estación	Temperatura °C	Salinidad	Oxígeno ml/l	Nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	Nitrito $\mu\text{mol l}^{-1}$	Nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$	Amonio $\mu\text{mol l}^{-1}$	Fosfato $\mu\text{mol l}^{-1}$	Clorofila α mg/m^3
abril/2004-2005									
Sur Margarita									
Coche	24,9	36,96	3,85	4,11	1,81	0,19	1,70	0,85	2,26
Cubagua	24,9	36,67	4,02	4,38	2,08	0,07	1,02	0,54	1,34
Promedio	25,3	36,84	4,06	4,24	1,36	0,19	0,82	0,48	1,89
oct/2007-marzo/2009									
Este trabajo									
Coche	23,7	36,53	3,34	3,47	0,71	0,47	2,22	1,81	1,05
Cubagua	24,3	35,99	3,91	3,94	0,37	0,17	1,27	1,12	2,31
Promedio	24,0	36,26	3,62	3,71	0,54	0,32	1,74	1,46	1,68
Enero-mayo									
Coche	23,7	36,53	3,34	3,47	0,71	0,47	2,22	1,81	1,05
Cubagua	24,3	35,99	3,91	3,94	0,37	0,17	1,27	1,12	2,31
Promedio	24,0	36,26	3,62	3,71	0,54	0,32	1,74	1,46	1,68
Junio-diciembre									
Coche	23,7	36,53	3,34	3,47	0,71	0,47	2,22	1,81	1,05
Cubagua	24,3	35,99	3,91	3,94	0,37	0,17	1,27	1,12	2,31
Promedio	24,0	36,26	3,62	3,71	0,54	0,32	1,74	1,46	1,68

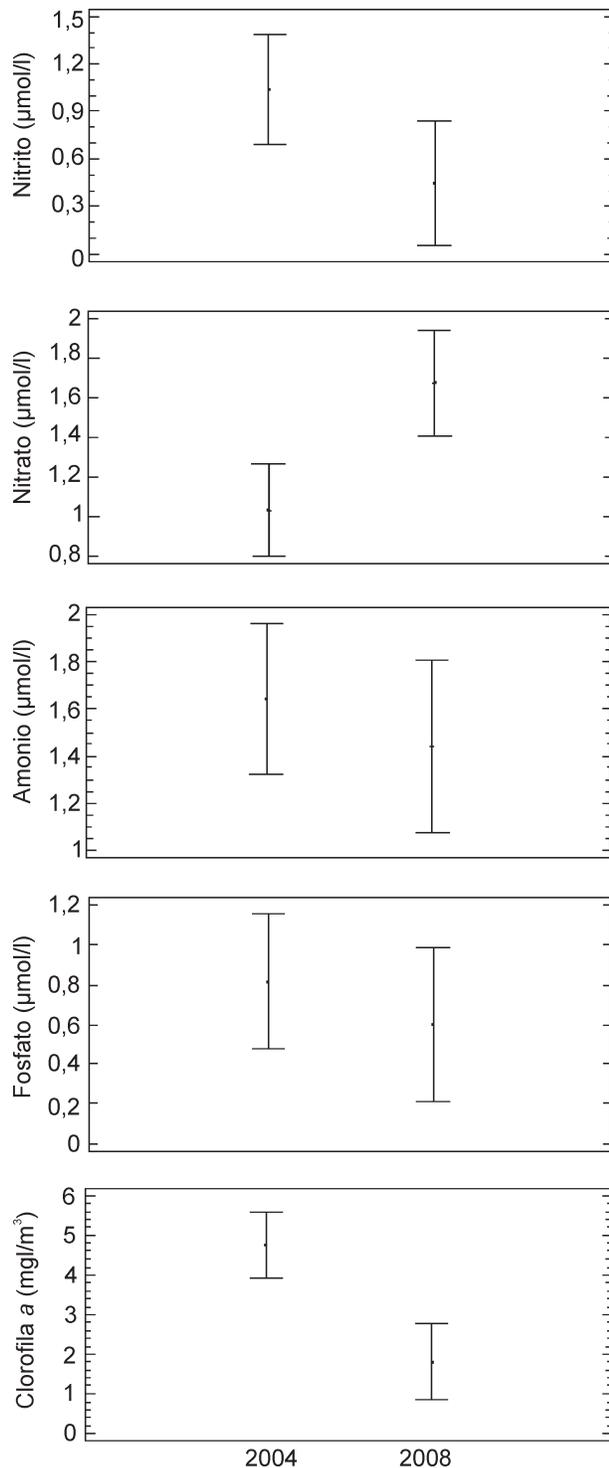


Fig. 3. Comparación de la concentración promedio de nutrientes ($\mu\text{mol l}^{-1}$) y biomasa de fitoplancton ($\text{Cl. } a \text{ mg/m}^3$) en años 2004 y 2008-2009 al sur de isla Margarita, Venezuela.

En la Tabla 4 se observa que en la columna de agua (superficie a 25 m) los nutrientes (excepto el nitrato) fueron notablemente más elevados durante el periodo 2004-2005 (GÓMEZ *et al.* 2008) que durante el periodo 2007-2009; igual tendencia se muestra cuando se comparan los periodos de surgencia y relajación, porque durante la surgencia la concentración de nutrientes y la clorofila *a* fueron acusadamente más elevados (2 a 3 veces) que durante la relajación (Tabla 5), lo que reafirmaría que en los últimos años la fertilidad marina regional ha tenido un descenso importante, en comparación con el año 2004-2005 cuando se lograron cuantiosas capturas de sardina (Fig. 1). Comentario especial merece la concentración del nitrato que a diferencia de los otros nutrientes inorgánicos, fue el único que tuvo mayor concentración durante los años de crisis sardinera. La explicación no es sencilla, pero es lícito considerar que este nutriente podría no ser altamente limitante para el fitoplancton en esta región marina, que no había condiciones para la proliferación de masiva de productores primarios basada indirectamente en la menor concentración de clorofila *a*, y/o por la menor concentración de otros nutrientes. Es un tema a investigar con detenimiento porque ya se mencionó que es posible que en esta área el amonio pueda ser el nutriente más importante para los productores primarios.

En la Fig. 3 se compara el promedio e intervalos de la concentración de los nutrientes y clorofila *a* en la columna de agua al sur de Margarita (estaciones Coche y Cubagua) durante los años 2004 y 2008: nitrito ($1,03 \text{ vs } 0,43 \mu\text{mol l}^{-1}$; $p < 0,05$), nitrato ($1,04 \text{ vs } 1,60 \mu\text{mol l}^{-1}$; $p < 0,01$), amonio ($1,64 \text{ vs } 1,16 \mu\text{mol l}^{-1}$), fosfato ($0,82 \text{ vs } 0,58 \mu\text{mol l}^{-1}$) y clorofila *a* ($4,77 \text{ vs } 1,71 \text{ mg/m}^3$; $p < 0,01$). En 2004, la concentración de *Cl. a* fue notablemente mayor comparada con el presente estudio (2008-2009), cuando fue ostensiblemente menor la biomasa del fitoplancton a disposición de los peces filtradores, como la sardina que se alimenta principalmente de fitoplancton (CELLAMARE & GÓMEZ 2007) recurso pesquero que generalmente vive en las aguas superficiales. Así, la menor fertilidad acuática debe tener relación con la disminución de las capturas de sardina, además de otros factores (GÓMEZ 2007; GÓMEZ *et al.* 2008) que pueden ayudar a explicar la crisis en la pesquería sardinera de Venezuela.

CONCLUSIONES

1. La temperatura promedio de la columna de agua (superficie a 25 m) fue más elevada que en años previos al sur de Margarita. En el periodo de surgencia de 2008 y 2009, los valores promedios de temperatura y salinidad (24,3°C y 36,21) indican que no afloraron aguas subtropicales.

2. En la columna de agua (hasta 25 m) del sur de Margarita (Coche y Cubagua), las concentraciones de los nutrientes (excepto el nitrato) fueron notablemente menores en comparación con el año 2004. De igual manera, la biomasa del fitoplancton (Cl. *a*) fue 2,8 veces menor.

3. La disminución de la fertilidad acuática regional en 2008 y 2009 tiene relación con la escasez de sardina cuya pesquería está en crisis desde mediados de 2005.

AGRADECIMIENTO

A los pescadores PERUCHO, JULIÁN y DAVID VÁSQUEZ, por su ayuda en los muestreos con el peñero "Don Fernando". Investigación parcialmente financiada por aporte LOCTI-2008 de empresa Temaca y Almacenes Best de Margarita. El Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (CI-3604-166710) facilitó concluir la investigación. Se agradece sugerencias de evaluadores.

REFERENCIAS

- APARICIO, R. 2003. *Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela*. En, Freón, P. & J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris. 171-206.
- APHA, 2005. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21st Edition. American Public Health Association. American water works association and water environment federation. Washington, D.C. 1298 pp.
- ASTOR, Y., J. MERI & F. MULLER-KARGER. 1998. Variabilidad estacional hidrográfica de la Fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 158 (149): 61-72.
- _____, F. MULLER-KARGER & M. SCRANTON. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco basin. Venezuela: implications for the basin ventilation. *Cont. Shelf Res.* 23: 125-144.
- _____, F. MULLER-KARGER., R. BOHRER., L. TROCCOLI & J. GARCÍA. 2004. Variabilidad estacional e interanual del carbono inorgánico disuelto y nutrientes en la fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cien. Naturales La Salle* 161-162: 235-252.
- BALLESTER, A. 1965. Tablas hidrográficas. En, Estudios sobre el ecosistema pelágico del N.E. de Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Naturales La Salle* 25 (70, 71, 72): 39-137.
- BONELLS, D., T. OKUDA, J. BONILLA, B. GAMBOA & G. CEDEÑO. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la Isla de Margarita. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 29 (1 y 2): 27-41.
- BONILLA, J., W. SENIOR, J. JUGDEN, O. ZAFIRIOU & R. JONES. 1993. Seasonal distribution of nutrients and primary productivity on the Eastern continental shelf of Venezuela as influenced by the Orinoco River. *J. Geophys. Res.* 98 (2C): 2245-2257.
- CASTELLANOS, P., R. VARELA & F. MULLER-KARGER. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Mem. Soc. Cien. Naturales La Salle* 164: 55-76.
- CELLAMARE, M. & A. GÓMEZ. 2007. Alimentación de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela* 46(1): 23-36.
- CURL, H. 1960. Primary production measurements in the north coastal water of South America. *Deep Sea Research* 7: 183-189.
- FANNING, K. & M. PILSON. 1972. A model for the anoxic zone of the Cariaco trench of the Cariaco trench. *Deep Sea Res.* 19: 847-863.
- FERRAZ, E. 1987. Productividad primaria en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 26(1 y 2): 87-110.

- _____. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 28 (1 y 2): 47-56.
- FRAGA, F. & A. BALLESTER. 1965. Distribución vertical del nitrógeno en la fosa de Cariaco y su relación con el Fósforo total. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 26 (75): 274-282.
- FUKUOKA, J. 1962. Características de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 22 (63): 192-205.
- _____. 1963. Un análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 23 (64): 43-55.
- _____. 1964. Análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 24 (69): 277-307.
- _____. 1965a. Coastal upwelling near Venezuela. (I). Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 4 (2): 223-233.
- _____. 1965b. Hydrography of the adjacent sea (II). Some characteristics of oceanographical conditions in the Caribbean Sea, specially in the region adjacent to Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 4 (2): 234-245.
- _____. 1965c. Meteorología e hidrografía. En: Estudios sobre el ecosistema pelágico del N.E. de Venezuela, *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 25 (70, 71, 72): 9-38.
- _____. 1966. Coastal upwelling near Venezuela (II). Certain periodicities of hydrographical conditions. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 5 (1 y 2): 84-95.
- _____. & A. BALLESTER. 1963. Un análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe (III). *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 23 (65): 132-142.
- GADE, G. 1961a. On the hydrography conditions in the Gulf of Cariaco during the months May-November 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 1 (1): 21-46.
- _____. 1961b. Further hydrography observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulation and the water exchange. *Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela* 1 (2): 21-46.
- GARCÍA, A., J. BONILLA & A. BENÍTEZ. 1983. Condiciones hidroquímicas en las aguas superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 22 (1 y 2): 87-102.
- GÓMEZ, A. 1987. Ensayo de cultivo de pámpano *Trachinotus carolinus* en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 26 (1-2): 45-52.
- _____. 1991. Interacción entre un estuario negativo (Laguna de la Restinga, isla de Margarita) y el Mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 30 (1 y 2): 47-55.
- _____. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia* 21(3): 140-146.
- _____. 2006 a. *Caracterización ecológica del caladero de pesca más importante de Venezuela (Pampatar a La Isleta – Isla de Margarita)*. Museo Marino de Margarita Informe Final al Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Venezuela (FONACIT Proy. 2000001372). Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas. 648 pp.
- _____. 2006 b. Margalef, el sabio de Cataluña. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 45(2):161-174.
- _____. 2007. Producción primaria en el sureste de la isla de Margarita (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 46 (2): 97-105.
- _____. & J. P. CHANUT. 1988. Variación estacional de variables ecológicas en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 48 (Suplemento 3): 73-104.
- _____. & J. P. CHANUT. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al Sur de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 32 (1 y 2): 27-44.
- _____. M. CELLAMARE., O. GÓMEZ., I. HERNANDEZ., E. IZAGUIRRE., M. JACOME & W.J. GONZALEZ. 2006.

- Ecología costera y pesca de sardina en el sureste de Margarita, Venezuela. En, S. Salas., M.A. Cabrera., J. Ramos., D. Flores & J. Sánchez (Eds.). Memorias 1ª Conferencia Pesquerías Costeras América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán, México. Octubre 4-8, 2004., pp: 91-106.
- _____, E. IZAGUIRRE & O. GÓMEZ. 2008. Ecología de caladeros, aspectos biológicos y pesca (2003-2006) de sardina *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) en Nueva Esparta, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 47 (2): 113-128.
- GUZMÁN, R., P. FREON & J. MENDOZA. 2003. La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973-1989. En, Freón, P. & J. Mendoza (Ed.). La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. IRD Editions, Paris, France., 427-450.
- HAMMER, L. 1967. Die primarproduktion im Golf von Cariaco (Ost Venezuela). *Inst. Rev. Hydrobiol.* 52 (5): 757-768.
- HEEZEN, B., R. MENZIES, W. BROECKER & M. EWING. 1959. Stagnation of the Trench. In, Preprint Int. Ocean. Cong. M. Sears (Ed.). *Am. Ass. Adv. Sc. Washington D.C.*, pp. 99-102.
- HERRERA, L. & G. FEBRES. 1975. Procesos de surgencia y de renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 14 (1): 31-44.
- HULBURT, E. 1966. The distribution of phytoplankton and its relationships to hydrography between southern New England and Venezuela. *J. Mar. Res.* 24: 67-81.
- JACOBS, L., S. EMERSON & S. HUESTED. 1987. Trace metal geochemistry in the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 34 (5 y 6): 965-981.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco. I Chemical and hydrographical observations in January 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 1 (1): 49-73.
- LIDZ, L., W. CHARM, M. BALL & S. VALDEZ. 1969. Marine basins off the coast of Venezuela. *Bulletin Marine Science* 19: 1-17.
- LJOEN, R. & L. HERRERA. 1965. Some oceanographic conditions of the coastal water of Eastern Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 4 (1): 7-50.
- MANDELLI, E. & E. FERRAZ. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Inst. Rev. Hydrobiol.* 67(1): 65-85.
- MARGALEF, R. 1969. El ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 32: 5-31.
- _____, F. CERVIGÓN & G. YÉPEZ. 1960. Exploración preliminar de las características hidrográficas y de la distribución del fitoplancton en el área de la Isla de Margarita (Venezuela). *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 20: 211-221.
- MOIGIS, A. 1986. Variación de la productividad primaria del fitoplancton en el Golfo y en la Fosa de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 25 (1 y 2): 115-126.
- _____. & J. BONILLA. 1989. La productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paria, Venezuela, durante la estación de sequía. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 27 (1 y 2): 105-116.
- MULLER-KARGER, F., R. VARELA, R. THUNELL, M. SCANTRON, G. TAYLOR, J. CAPELO, Y. ASTOR, E. TAPPA, J. AKL & H. TUNG-YUAN. 2004. Características de la fosa de Cariaco y su importancia desde el punto de vista oceanográfico. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 161-162: 215-234.
- MUSEO MARINO DE MARGARITA. 2009. Abundancia de huevos y larvas de sardina *Sardinella aurita* y del zooplancton al este de Margarita, la Península de Araya y el sur de Nueva Esparta. Fundación Museo del Mar Museo Marino de Margarita. Informe Final al Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Venezuela (FONACIT Proyecto LOCTI 2008). Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas. 85 pp.
- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 14 (2): 251-268.
- _____. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes. *FAO Fish. Rep.* No. 200: 349-362.

- _____. 1981. Análisis hidroquímicos de la Bahía de Pozuelo y sus áreas adyacentes, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 20 (1 y 2): 11-22.
- _____. 1983. Rate of water renewal and phosphate input in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 20 (1 y 2): 11-22.
- _____. & J. BENÍTEZ. 1974. Condiciones hidrográficas de las capas superiores en la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes durante la época lluviosa. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 13 (1 y 2): 147-162.
- _____. J. BENÍTEZ, A. GARCÍA & E. FERNÁNDEZ. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo. *Bol. Inst. Oceanogr.* 7 (1 y 2): 7-37.
- _____. B. GAMBOA & A. GARCÍA. 1969a. Seasonal variation of hydrographic conditions in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr.* 8 (1 y 2): 21-27.
- _____. J. BENÍTEZ & E. FERNÁNDEZ. 1969b. Vertical distributions of inorganic nitrogen in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr.* 8 (1 y 2): 28-34.
- _____. J. BENÍTEZ, J. SELLIER, J. FUKUOKA & B. GAMBOA. 1974. Revisión de los datos oceanográficos en el Mar caribe Suroccidental, especialmente el margen continental de Venezuela. Publicado en: III Conferencia Naciones Unidas Sobre Derecho del Mar. *Cuadernos Azules* 15: 3-179.
- PINEDA, J. & A. AGUADO. 1980. Variación mensual de la composición química del mejillón *Perna perna* (L.) cultivado y las condiciones ambientales en la Bahía El Guamache, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Sao Paulo* 29(2): 305-311.
- QUINTERO, A., J. BONILLA, L. SERRANO, M. AMARO, B. RODRIGUEZ, 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 y 2): 49-64.
- RICHARDS, F. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the North coast of South America. I. Cabo Tres Punta to Curaçao, including the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 7: 163-182.
- _____. & R. VACCARO. 1956. The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea. *Deep-Sea Res.* 3(3): 214-228.
- _____. 1975. The Cariaco Basin (Trench). *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 13: 11-67.
- RINCÓN, F., Y. ASTOR, F. MULLER-KARGER, R. VARELA & A. ODRIÓZOLA. 2007. Características oceanográficas del flujo en Boca Dragón, Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 168: 7-24.
- SALAZAR GÓMEZ, I., J. DÍAZ RAMOS, K. RINCONES, L. CHAZERDDINE, S. SUBERO, L. TROCCOLI, B. MÁRQUEZ, B. MARIN, A. MÁRQUEZ & D. HERNÁNDEZ. 2011. Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 50(1): 69-78.
- SCRANTON, M., F. SAYLES, M. BACON & P. BREWER. 1987. Temporal changes in the hydrography and chemistry of the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 34 (5 y 6): 945-963.
- SIMPSON, J. & R. GRIFFITHS. 1971. Afloramiento y producción biológica en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Ministerio de Agricultura, Serie Recursos y Explotación Pesqueros* 2 (1): 1-23.
- STRICKLAND, J. & R. PARSONS. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Fish. Res. Board Can. Bull.* (Second edition). 310 pp.
- WALSH, J., D. DIETERLE, F. MULLER-KARGER, R. BOHRER, W. PAUL, R. VARELA, R. APARICIO, R. DIAZ, R. THUNELL, G. TAYLOR, M. SCRANTON, K. FANNING & E. PELTZER. 1999. Simulation of carbon-nitrogen cycling during spring upwelling in the Cariaco Basin. *J. Geophys. Res.* 104(C4): 7807-7825.
- ZHANG, J. & F. MILLERO. 1993. The chemistry of the anoxic waters in the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 40: 1023-1041.

RECIBIDO: Mayo 2012

ACEPTADO: Noviembre 2012