

ECOLOGÍA COSTERA AL SURESTE DE ISLA MARGARITA, VENEZUELA (ABRIL 2012 – MAYO 2014)

Alfredo Gómez Gaspar^{1,2}, Ernesto Mata¹ y Amalia Barceló¹

¹Universidad de Oriente, Boca de Río, Nueva Esparta, Venezuela.

²Museo Marino de Margarita, Boca de Río, Nueva Esparta, Venezuela. agomezgaspar@yahoo.com

RESUMEN

En Venezuela, hasta 2005 el sureste de isla Margarita fue área importante en la pesca de sardina *Sardinella aurita* pero las capturas disminuyeron acusadamente incluso hasta 2013, por lo cual se estudiaron las condiciones ambientales pelágicas y se comparan con las obtenidas en años cuando fueron muy abundantes las capturas sardineras. Durante 26 meses (abril/2012 a mayo/2014) en tres estaciones fijas se realizaron muestreos (quincenales durante 14 meses y mensuales 12 meses) en profundidad de 1 y 20 m con el objeto de estudiar la hidrografía, nutrientes, producción primaria, clorofilas y la abundancia de mesozooplankton mediante arrastres horizontales (10-15 m profundidad) durante 20 minutos. En 2012 y 2013 se verificó que la fertilidad acuática local se mantuvo baja en comparación con 2003-2004. En 2014 se denota cierta recuperación fértil por el aumento de nutrientes (nitrito y nitrato), de clorofila *a* y *b* que tienen notable incremento hasta 3.79 y 1.81 mg/m³ respectivamente y también la producción primaria hasta 497.97 mgC/m³/día. La densidad promedio del zooplankton varió entre 131.21 y 192.49 ind/m³, el volumen sedimentado 0.13-0.14 mL/m³ y peso seco entre 0.62 y 0.95 mg/m³; la densidad de huevos de sardina varió entre 2.12 y 8.57/m³ y su representación en el plancton entre 1.88 y 6.24% valores muy inferiores en comparación a las encontradas en los años con capturas cuantiosas de sardina (2002-2004).

PALABRAS CLAVES: Hidrografía, Nutrientes, Clorofila, Producción primaria, Zooplankton.

ABSTRACT

Coastal ecology southeast of Margarita Island, Venezuela (April 2012 - May 2014). In Venezuela, until 2005 Southeast of Margarita Island was an important area in sardine fishing *Sardinella aurita* but catches declined sharply even until 2013; therefore, pelagic environmental conditions were studied and compared with those obtained in years when there were abundant sardine catches. For 26 months (April/2012 to May/2014) in three fixed stations sampling (every two weeks for 14 months and monthly 12 months) at depths of 1 and 20 m, horizontal hauls (10-15 m depth) for 20 minutes were made in order to study hydrography, nutrients, primary production, chlorophylls, and abundance of mesozooplankton. In 2012 and 2013 it was verified that the local aquatic fertility remained low compared to 2003-2004. In 2014 some fertility recovery was denoted by increased nutrients (nitrite and nitrate); chlorophylls *a* and *b* notably increased to 3.79 and 1.81 mg/m³ respectively and primary production to 497.97 mgC/m³/day. The average density of zooplankton ranged between 131.21 and 192.49 ind/m³, the

sediment volumes 0.13-0.14 mL/m³ and dry weights between 0.62 and 0.95 mg/m³; the density of sardine eggs varied between 2.12 and 8.57/m³ and their representation in the plankton ranged between 1.88 and 6.24%, these values are much lower compared to those found in years with heavy sardine catches (2002-2004).

KEY WORDS: Hydrography, Nutrients, Chlorophylls, Primary production, Zooplankton.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el estado Nueva Esparta tradicionalmente ha tenido importancia en la producción pesquera nacional en especial por la extracción de sardina *Sardinella aurita* en el sureste de la isla de Margarita, área que fue considerada el caladero más importante del país. Sin embargo, desde mediados de 2005 comenzó la disminución de la producción y en comparación con 2003-2004 ha decrecido alrededor de 90% (Gómez, 2006). Se considera que debe haber una explicación ecológica para la disminución drástica de la pesca y posibles cambios en la intensidad de la surgencia como causa más importante de la fertilidad regional (Gómez, 1991, 1996, 2001; Gómez y Chanut, 1993; Rueda, 2012; Taylor *et al.*, 2012), siendo importante su monitoreo por la respuesta de las pesquerías al calentamiento global (Cheung *et al.*, 2013; Payne, 2013) que pueden causar cambios en la biota marina (Chávez y Messié, 2009; Sydeman *et al.*, 2014).

La presente investigación estudia las condiciones ambientales pelágicas en el área antes mencionada y las compara con las obtenidas en años previos cuando ocurrieron cuantiosas capturas (Gómez *et al.*, 2006, 2008) con objeto de intentar encontrar posibles causas de su disminución, lo cual tiene amplias consecuencias en consideración al número de pescadores que ejercen la actividad; además afecta a la industria de enlatados y en general a las clases sociales de menores ingresos, porque la sardina es la proteína animal más económica y actualmente tiene un elevado consumo nacional en fresco. Se actualiza la caracterización ecológica del ecosistema pelágico costero mediante el seguimiento temporal de la hidrografía (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto), los nutrientes, la producción primaria, los pigmentos clorofílicos y la abundancia del zooplankton. Se presentan los resultados obtenidos al cabo de 26 meses continuos y se consideró indispensable tener información de los seis primeros meses de 2014, considerando que durante este periodo ocurre con más intensidad la surgencia de aguas y en consecuencia mayor fertilidad. También se consideró conveniente estudiar la abundancia de huevos de sardina y su comparación con años previos cuando las capturas fueron abundantes.

ÁREA DE ESTUDIO

En Venezuela, el estado Nueva Esparta está constituido por las islas Margarita, Coche y Cubagua y con el estado Sucre forma la región nororiental el país (Figura 1) que constituye el área pesquera más fértil del mar Caribe por varias causas (Gómez, 1996), entre ellas la surgencia de aguas subtropicales evidentes indirectamente por la temperatura del agua en superficie durante los primeros meses del año, por lo que ha sido objeto de numerosas investigaciones oceanográficas mencionadas por Gómez y Barceló (2014). Nueva Esparta tiene gran importancia pesquera por el volumen de las capturas de sardina (Figura 2) especialmente el sureste de isla Margarita, donde se captura el 64% de la sardina estatal (Gómez *et al.*, 2008) y hasta 2005 constituyó el caladero de pesca más importante del país (Gómez, 2006). Se conocen estudios generales sobre la hidrología (Bonilla y Benítez, 1972; Ocando *et al.*, 1988; Bonells *et al.*, 1990; Gómez, 2006; Gómez *et al.*, 2006, 2008, 2012), la producción primaria (Gómez, 2007), el fitoplancton (Cellemare y Gómez, 2007), la abundancia del zooplancton (Gómez y Hernández, 2008; Hernández y Gómez, 2014) y la relación de variables meteorológicas con las capturas de sardina durante 1996-2000 (González *et al.*, 2007); frente al área estudio (Estado Sucre, Chacopata) se conoce un trabajo sobre variables físico-químicas y biomasa del fitoplancton (Lara *et al.*, 2015).

METODOLOGÍA

Al sureste de la isla de Margarita durante 26 meses (abril 2012 - mayo 2014) cada 15 días el primer año de estudio y mensualmente durante los otros 14 meses) entre 6 y 9 a.m. se visitaron tres estaciones costeras (Figura 1) para obtener muestras de agua y plancton. Las posiciones geográficas de las estaciones son: 1) Estación Guacuco, 11° 03' 317''N - 63° 45' 888''W; 2) Estación Farallón, 10° 57' 907''N - 63° 46'' 961''W; 3) Estación Mosquito, 10° 52' 215''N - 63° 50' 476'' W.

Hidrografía, nutrientes y pigmentos clorofílicos

Las muestras de agua fueron obtenidas con la utilización de botella tipo Van Dorn lanzada en dos niveles de profundidad (1 y 20 m). La temperatura se determinó con un termómetro digital y se ratificó con una sonda portátil (Horiba). La salinidad se determinó con salinómetro de inducción (Shimadzu). El oxígeno disuelto se estimó por el método de Winkler; los nutrientes inorgánicos (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) y los pigmentos fotosintéticos (clorofilas *a*, *b* y *c*) se estudiaron según indicaciones señaladas por Strickland y Parsons (1972) y APHA (2005).



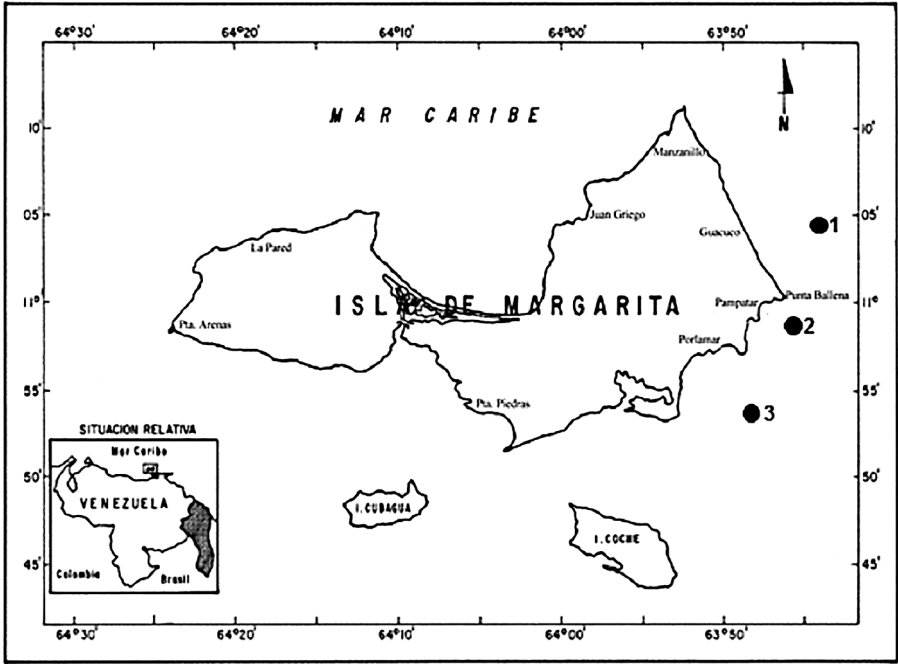


Figura 1. Isla de Margarita, Venezuela. Los puntos negros indican las estaciones de muestreo (1.- Guacuco, 2.- Farallón y 3.- Mosquito).

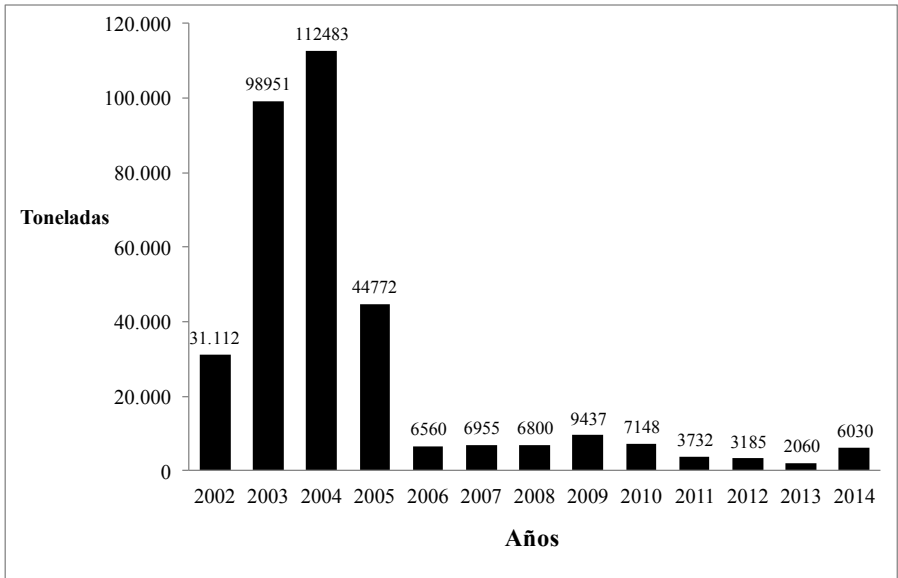


Figura 2. Captura de sardina en el estado Nueva Esparta, Venezuela (2002-2014).

Producción primaria

Fue estimada por el método del oxígeno. Se obtuvieron muestras de agua (4 m de profundidad) que fueron introducidas en botellas de vidrio (DBO) con capacidad de 300 mL para su incubación en el agua durante seis horas; la producción neta fue calculada según indicaciones de Strickland y Parsons (1972). La toma de muestras en una sola profundidad se justifica porque en años previos en el área no se encontró diferencia en la producción según la profundidad (Gómez, 2007).

Zooplankton

Se recolectó mesozooplankton utilizando una red (diámetro 1 m, longitud 1.5 m, abertura de malla 400 micras) que fue arrastrada horizontalmente durante 20 minutos entre 15-20 m de profundidad; por la velocidad de la embarcación se estimó que en cada arrastre se filtró un volumen aproximado de 650 m³ de agua. En laboratorio se determinó el volumen de plancton sedimentado y con submuestreador (Folsom) fue dividido en dos partes con el objeto de contabilizar el número de individuos colectados y además determinar la biomasa seca del zooplankton, de acuerdo con el método utilizado en investigaciones previas (Gómez y Hernández, 2008; Hernández y Gómez, 2014).

Los datos fueron comparados mediante análisis de varianza multifactorial utilizando el programa Statgraphics Plus (versión 5.0) y en casos necesarios se hicieron transformaciones logarítmicas ($\log n+1$). El análisis de la información obtenida y su presentación siguen las pautas generales indicadas en trabajos previos (Gómez, 1983, 2006; Gómez y Chanut, 1988, 1993; Gómez *et al.*, 2006, 2008, 2012, 2014).

RESULTADOS

Para la columna de agua (0-20 m) de cada estación, en la Tabla 1 se muestran los valores mínimos y máximos, el promedio total y durante los periodos de surgencia (enero a mayo) y relajación (junio a diciembre) de la hidrografía, los nutrientes, las clorofilas y la producción primaria. En la Tabla 2 se indican los promedios en superficie y 20 m de profundidad. En las figuras 3 a 6 se muestra la variación interanual de las variables hidrográficas, nutrientes, pigmentos fotosintéticos y producción primaria.

Tabla 1. Hidrografía, nutrientes, clorofilas y producción primaria en columna de agua (0-20 m) y periodos al sureste de isla Margarita, Venezuela (2012-2014).

	Estación	n	Mínimo	Máximo	Promedio total	Surgencia	Relajación
Temperatura (°C)	Guacuco	78	21.8	28.7	25.00	23.93	26.07
	Farallón	78	22.4	29.3	25.27	24.19	26.35
	Mosquito	78	23.0	29.5	25.43	24.40	26.46
Salinidad	Guacuco	78	35.40	37.96	37.01	36.72	37.10
	Farallón	78	34.94	38.75	37.07	36.99	37.15
	Mosquito	78	35.09	38.15	37.11	37.04	37.19
Oxígeno disuelto (ml/L)	Guacuco	78	1.01	5.07	3.78	3.90	3.66
	Farallón	78	1.02	5.40	3.87	3.87	3.88
	Mosquito	78	1.02	4.79	3.85	3.92	3.78
Nitrito (μmol/L)	Guacuco	78	0.0	0.97	0.22	0.27	0.18
	Farallón	78	0.0	1.60	0.20	0.21	0.19
	Mosquito	78	0.0	0.97	0.18	0.19	0.17
Nitrato (μmol/L)	Guacuco	78	0.13	3.08	0.61	0.64	0.58
	Farallón	78	0.13	2.01	0.56	0.59	0.52
	Mosquito	78	0.0	1.70	0.51	0.54	0.49
Amonio (μmol/L)	Guacuco	78	0.0	3.14	1.09	1.02	1.16
	Farallón	78	0.0	4.99	1.12	0.91	1.33
	Mosquito	78	0.0	3.69	1.09	0.96	1.21
Fosfato (μmol/L)	Guacuco	78	0.0	2.04	0.58	0.69	0.48
	Farallón	78	0.0	2.90	0.63	0.78	0.48
	Mosquito	78	0.0	2.36	0.65	0.63	0.67
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	Guacuco	78	0.0	10.97	2.43	2.94	1.92
	Farallón	78	0.0	7.46	2.08	2.31	1.86
	Mosquito	78	0.0	7.61	2.06	2.43	1.70
Clorofila <i>b</i> (mg/m ³)	Guacuco	78	0.0	8.12	1.00	1.18	0.82
	Farallón	78	0.0	8.26	1.08	1.15	1.00
	Mosquito	78	0.0	9.76	1.09	1.47	0.71
Clorofila <i>c</i> (mg/m ³)	Guacuco	78	0.0	22.95	3.27	3.92	2.62
	Farallón	78	0.0	27.08	3.61	3.97	3.24
	Mosquito	78	0.04	31.46	3.37	5.03	1.71
Producción neta diaria (mgC/m ³ /día)	Guacuco	39	37.75	4008.00	466.77	478.67	454.88
	Farallón	39	-151.0	3857.24	380.32	538.33	222.01
	Mosquito	39	12.70	3877.57	551.86	637.10	466.61
Producción neta anual (gC/m ³ /año)	Guacuco	39*	84.51	256.48	170.50	184.59	175.70
	Farallón	39*	50.13	222.11	136.12	196.59	84.28
	Mosquito	39*	113.05	285.02	199.03	232.54	170.31

* muestras tomadas a 4 m de profundidad

(Surgencia: enero a mayo - Relajación: junio a diciembre)

Tabla 2. Valores promedio de la hidrografía, nutrientes y clorofilas por estaciones y profundidades al sureste de isla Margarita, Venezuela (2012-2014).

	Temperatura (°C)	Salinidad	Oxígeno (ml/L)	Nitrito (μmol/L)	Nitrato (μmol/L)	Amonio (μmol/L)	Fosfato (μmol/L)	Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	Cl. <i>b</i> (mg/m ³)	Cl. <i>c</i> (mg/m ³)	
Guacuco	1 m	25.63	36.95	4.12	0.18	0.54	1.07	0.56	1.93	0.80	2.74
	20 m	24.54	36.91	3.43	0.25	0.67	1.11	0.59	2.85	1.17	3.70
Farallón	1 m	25.75	36.99	4.17	0.15	0.47	1.18	0.62	2.06	0.97	3.75
	20 m	24.96	37.16	3.58	0.26	0.64	1.09	0.62	2.07	1.17	3.41
Mosquito	1 m	25.81	37.02	4.01	0.15	0.53	1.11	0.61	1.75	1.04	3.25
	20 m	25.20	37.22	3.68	0.20	0.50	1.08	0.69	2.32	1.08	3.23

Hidrografía

Temperatura: presentó diferencias estadísticas ($p < 0.01$) entre los meses, periodos y profundidades, pero no entre las estaciones ($p < 0.01$). El ámbito de la temperatura en la columna de agua osciló entre 21.8 y 29.5 °C, la temperatura promedio entre 25 y 25.43 °C, aumentando de norte hacia el sur (Guacuco hacia Pta. Mosquito). En la estación Guacuco la temperatura fue ligeramente menor que en las estaciones Farallón y Mosquito. En los periodos de surgencia la temperatura promedio varió entre 23.03 y 24.40 (promedio total 24.17 °C) y durante la relajación entre 26.07 y 26.46 (promedio total 26.29 °C) (Tabla 1). Es de notar que en la estación Guacuco a 20 m el promedio total fue 24.54 °C, en Farallón 24.96 y 25.20 °C en Mosquito, lo cual de manera indirecta indicaría que las aguas tienen menor temperatura hacia el norte del área de estudio. En la superficie el promedio varió entre 25.63 y 25.81 °C; a 20 m entre 24.54 y 25.20 °C (Tabla 2). En la surgencia de 2014 las temperaturas fueron menores que en 2012 y 2013 y su valor < 25 °C indica posible surgencia moderada. El promedio anual ha disminuido, en 2012 fue 26.31 °C, de 24.79 °C en 2013 y 23.42 °C en 2014 (Figura 3).

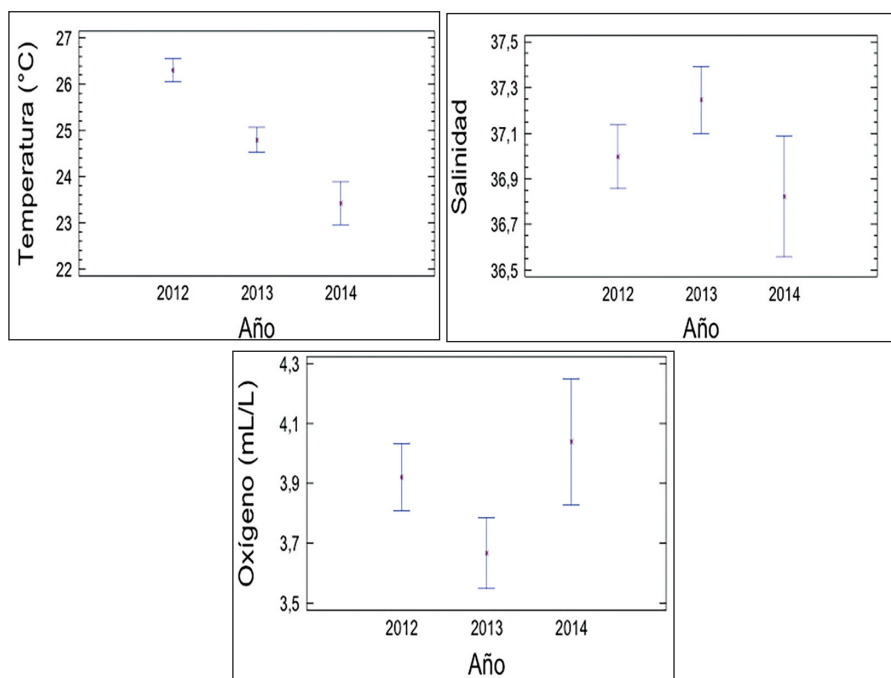


Figura 3. Variación anual de la temperatura (°C), salinidad y oxígeno (mL/L) al sureste de Margarita, Venezuela (2012-2014).

Salinidad: se encontró diferencias estadísticas entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre estaciones, periodos y profundidades ($p > 0.05$). En la estación Guacuco la salinidad promedio (37.01) es ligeramente menor que en Farallón y Mosquito, en esta última la salinidad superficial y a 20 m fueron ligeramente superiores a 37. En la columna de agua varió entre 34.94 (Farallón) y 35.40 (Guacuco) y los promedios entre 37.01 y 37.11, siendo ligeramente mayores en Mosquito, aumentando de norte hacia el sur (Guacuco hacia Pta. Mosquito). En la surgencia la salinidad promedio varió entre 36.72 y 37.04 (promedio total 36.91) y 37.10 a 37.19 durante la relajación (promedio total 37.14) (Tabla 1). El promedio mensual mínimo fue 36.70 (Guacuco en superficie) y el máximo 37.49 (Mosquito a 20 m de profundidad). En la superficie el promedio varió entre 36.95 y 37.02; a 20 m entre 36.91 y 37.22 (Tabla 2). Durante la surgencia 2014 las salinidades fueron menores que en 2012 y 2013 aunque el promedio anual no ha tenido mayor cambio, en 2012 fue 37.04, de 36.98 en 2013 y 37.04 en 2014 (Figura 3).

Oxígeno: presentó diferencia estadística entre los meses y las profundidades ($p < 0.01$) pero no entre las estaciones y periodos ($p > 0.01$). En la columna de agua varió entre 1.01 (Guacuco) y 5.40 (Farallón) y los promedios entre 3.78 y 3.87 ml/L. El menor valor en Guacuco se explica porque las muestras se tomaron a las 6 a.m. Es de notar que durante las surgencias fue más alto el oxígeno (promedio 3.90 ml/L) que durante la relajación (3.77 ml/L) y en la estación Farallón el oxígeno disuelto fue ligeramente superior en comparación con Guacuco y Mosquito (Tabla 1). En superficie el promedio total fue > 4 ml/L (rango 4.01 a 4.12 ml/L) y osciló entre 3.43 y 3.68 ml/L a 20 m (Tabla 2). En general, los valores fueron altos considerando que los muestreos se hicieron durante las primeras horas del día. El promedio total anual no ha tenido mayores cambios, en 2012 fue 3.92, de 3.67 en 2013 y 4.03 ml/L en 2014 (Figura 3).

Nutrientes

Nitrito: tuvo diferencia estadística entre los meses y las profundidades ($p < 0.01$) pero no entre las estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) la concentración del nitrito varió entre 0 (todas las estaciones) y 1.60 $\mu\text{mol/L}$ (Farallón) y los promedios entre 0.18 y 0.22 $\mu\text{mol/L}$. Durante las surgencias el promedio (0.22 $\mu\text{mol/L}$) fue ligeramente mayor que durante el periodo de relajación (0.18 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 1). En la superficie el promedio varió entre 0.15 y 0.18 $\mu\text{mol/L}$; a 20 m entre 0.20 y 0.26 $\mu\text{mol/L}$ (Tabla 2).

Nitrato: se encontró diferencia estadística entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre profundidades y las estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) la concentración osciló entre 0 (estación Mosquito) y 3.08 $\mu\text{mol/L}$

(Guacuco) y los promedios entre 0.51 y 0.61 $\mu\text{mol/L}$. Durante las surgencias el ámbito varió entre 0.54 y 0.64 (promedio 0.59 $\mu\text{mol/L}$) ligeramente mayor que durante la relajación que osciló entre 0.49 y 0.58 (promedio 0.53 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 1). En la superficie el promedio varió entre 0.47 y 0.54 $\mu\text{mol/L}$; a 20 m entre 0.50 y 0.67 $\mu\text{mol/L}$; en la estación Guacuco se encontraron las mayores concentraciones promedio en superficie y 20 m de profundidad (0.54 y 0.67 $\mu\text{mol/L}$) y valores ligeramente menores se determinaron en la estación Mosquito (0.50 y 0.53 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 2). El máximo promedio mensual (0.80 $\mu\text{mol/L}$) fue determinado a 20 m (Guacuco).

Amonio: presentó diferencia estadística entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre las profundidades y estaciones en conjunto ($p > 0.05$). La concentración en la columna de agua (0-20 m) varió entre 0 y 4.99 $\mu\text{mol/L}$ (Guacuco) y los promedios entre 1.09 y 1.12 $\mu\text{mol/L}$. Durante las surgencias varió entre 0.91 y 1.02 (promedio 0.96 $\mu\text{mol/L}$) ligeramente menor que durante la relajación con ámbito entre 1.16 y 1.21 (promedio 1.23 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 1). Las concentraciones promedio totales del amonio son prácticamente iguales en superficie y 20 m de profundidad (rango 1.07 a 1.18 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 2). Sin embargo, los promedios mensuales máximos fueron encontrados a 20 m (1.34 a 1.37 $\mu\text{mol/L}$) y en superficie fueron ligeramente inferiores (0.82 a 0.92 $\mu\text{mol/L}$).

Fosfato: se verificó diferencia estadística entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre las profundidades y estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) osciló entre 0 y 2.90 $\mu\text{mol/L}$ (Farallón) y los promedios entre 0.58 y 0.65 $\mu\text{mol/L}$. Durante las surgencias varió entre 0.63 y 0.78 (promedio 0.70 $\mu\text{mol/L}$) valores más elevados que durante la relajación que osciló entre 0.48 y 0.67 (promedio 0.54 $\mu\text{mol/L}$) (Tabla 1). En la superficie el promedio varió entre 0.56 y 0.62 $\mu\text{mol/L}$; a 20 m entre 0.59 y 0.69 $\mu\text{mol/L}$; en la estación Mosquito a 20 m se encontraron las mayores concentraciones promedio (0.69 $\mu\text{mol/L}$) y ligeramente inferiores (0.59 y 0.62 $\mu\text{mol/L}$) en Farallón y Guacuco (Tabla 2). El promedio anual tiene diferencias estadísticas ($p < 0.01$), disminuyendo desde 0.88 en 2012; 0.43 en 2013 y 0.26 $\mu\text{mol/L}$ en 2014 (Figura 4).

Pigmentos clorofílicos

Clorofila *a*: la biomasa de fitoplancton (mg/m^3) estimada por la clorofila *a* presentó diferencia estadística entre los meses y las profundidades ($p < 0.01$) pero no entre las estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) varió entre 0 (todas las estaciones) y 10.97 mg/m^3 (Guacuco) y los promedios entre 2.06 y 2.43 mg/m^3 . Durante las surgencias el promedio varió entre 2.31 y 2.94 (promedio total 2.56 mg/m^3) siendo mayor que durante la relajación con ámbito entre 1.70 y

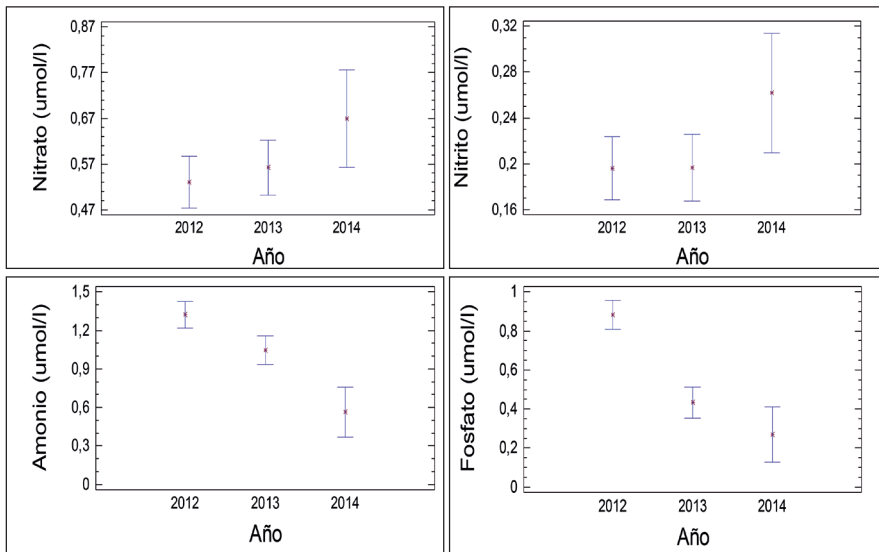


Figura 4. Variación anual de los nutrientes ($\mu\text{mol/L}$) al sureste de Margarita, Venezuela (2012-2014).

1.92 (promedio 1.83 mg/m^3) (Tabla 1). En la superficie varió entre 1.75 y 2.06 mg/m^3 (Farallón) en 20 m de profundidad osciló entre 2.07 y 2.85 mg/m^3 (Guacuco) (Tabla 2). El promedio mensual máximo (3.52 mg/m^3) se encontró a 20 m de profundidad en la estación Guacuco y el menor promedio (1.08 mg/m^3) en la superficie de Mosquito. El promedio total anual ha tenido notable aumento, en 2012 fue de 1.33, 2.56 en 2013 y 3.79 mg/m^3 en 2014 (Figura 5).

Clorofila b: presentó diferencia estadística entre los meses ($p < 0.05$) pero no entre las profundidades y estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) varió entre 0 (todas las estaciones) y 9.76 mg/m^3 (Mosquito) y los promedios entre 1.00 y 1.09 mg/m^3 . Durante las surgencias varió entre 1.15 y 1.47 (promedio 1.27 mg/m^3) más elevado que durante el periodo de relajación fluctuando entre 0.71 y 1.0 (promedio 0.84 mg/m^3) (Tabla 1). En la superficie la concentración varió entre 0.80 y 1.04 mg/m^3 , a 20 m fue ligeramente mayor fluctuó entre 1.08 y 1.17 mg/m^3 (Tabla 2); el promedio mensual máximo (1.71 mg/m^3) se encontró a 20 m en las estaciones Guacuco y Farallón, en estas mismas se determinaron los promedios mensuales mínimos (0.27 y 0.43 mg/m^3) en la superficie. El promedio total anual ha tenido notable aumento, en 2012 fue de 0.86, 1.00 en 2013 y 1.81 mg/m^3 en 2014 (Figura 5).

Clorofila c: tuvo diferencia estadística entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre las profundidades y estaciones en conjunto ($p > 0.05$). En la columna de agua (0-20 m) osciló entre 0 y 31.46 mg/m^3 (Mosquito) y promedios entre 3.27 y 3.61 mg/

m³; durante las surgencias varió entre 3.92 y 5.03 (promedio 4.31 mg/m³) y durante la relajación entre 1.71 y 3.24 (promedio 2.52 mg/m³) (Tabla 1). En la superficie el promedio varió entre 2.74 y 3.75 mg/m³; a 20 m entre 3.23 y 3.70 mg/m³; en la estación Farallón se determinaron las más altas concentraciones promedio (3.75 y 3.41 mg/m³) en superficie y 20 m de profundidad (Tabla 2). En las estaciones Guacuco y Farallón, a mediados de 2013 y 2014 se encontraron valores muy elevados (22.95 y 27.08 mg/m³) que fueron coincidentes con turbios (mareas rojas). El promedio anual ha tenido aumento, en 2012 fue de 3.0, en 2013 de 3.18 y 5.02 mg/m³ en 2014 (Figura 5).

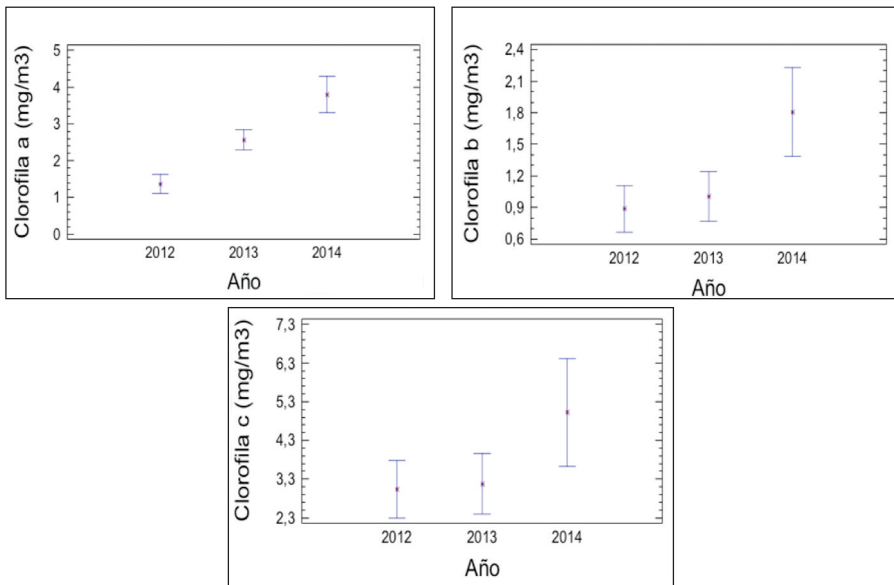


Figura 5. Variación anual de clorofila *a*, *b* y *c* (mg/m³) al sureste de Margarita, Venezuela (2012-2014).

Producción primaria neta

La producción primaria neta diaria (mgC/m³/día) presentó diferencia estadística entre los meses ($p < 0.01$) pero no entre las estaciones en conjunto ($p > 0.05$). Se obtuvieron valores mínimos de 12.70 y 37.75 mgC/m³/día y máximos entre 3857.24 y 4008 mgC/m³/día (septiembre/2013), el promedio varió entre 380.32 y 551.86 mgC/m³/día (promedio total 466.32 mgC/m³/día). Durante el periodo de surgencia la producción primaria varió entre 538.33 y 637.10 (promedio 551.47 mgC/m³/día) siendo mayor que durante la relajación que osciló entre 222.01 y 466.61 (promedio 281.17 mgC/m³/día) (Tabla 1). En la estación Mosquito se determinó la producción primaria neta más elevada (565.65 mgC/m³/día) ligeramente superior al

promedio en Guacuco (528.49 mgC/m³/día) y el menor valor (376.53 mgC/m³/día) se obtuvo en la estación Farallón. El promedio mensual máximo (718.92 mgC/m³/día) y el mínimo (223.27 mgC/m³/día) se determinaron en las estaciones Mosquito y Farallón, respectivamente. Debe mencionarse que en un muestreo (Farallón a finales de septiembre/2013) se obtuvo producción primaria negativa (-151.0 mgC/m³/día). El promedio anual ha tenido altibajos, en 2012 fue de 257.54; en 2013 de 702.37 y 497.97 mgC/m³/día en la surgencia de 2014 (Figura 6A). La producción primaria neta anual (gC/m³/año) no tuvo diferencia estadística entre las estaciones ($p > 0.05$) en la Figura 6B se observa el ámbito y promedio para cada estación; en Mosquito se determinó la más elevada (199.03 gC/m³/año) y la menor (136.12 gC/m³/año) se obtuvo en Farallón (Tabla 1).

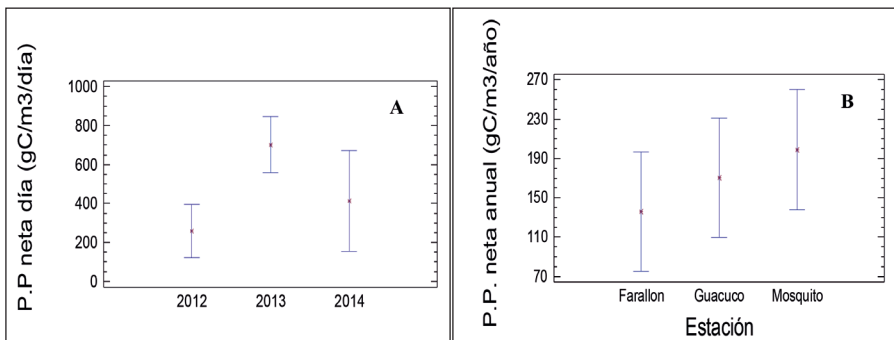


Figura 6. Producción Primaria neta diaria (A) y Neta anual por estación (B) al sureste de Margarita, Venezuela (2012-2014).

Abundancia de zooplancton

La densidad (ind/m³), el volumen sedimentado (mL/m³) y el peso seco del zooplancton (mg/m³) no indicaron diferencia estadística entre estaciones ($p > 0.05$) pero sí entre meses ($p < 0.05$). En la Tabla 3 se indican los valores promedio, mínimos y máximos. La densidad promedio mensual varió entre 79.52 y 244.28 ind/m³ en las estaciones Farallón y Mosquito respectivamente. El mayor promedio total (192.49 ind/m³) se obtuvo en Mosquito y el menor (131.21 ind/m³) en Farallón. En relación al zooplancton sedimentado, el promedio mensual osciló entre 0.08 y 0.18 mL/m³; el promedio total varió entre 0.13 y 0.14 mL/m³. El peso seco mensual promedio osciló entre 0.37 y 1.20 mg/m³ y los promedios totales entre 0.62 y 0.95 mg/m³. En periodos de surgencia la abundancia de zooplancton tuvo ámbito entre 18.46 y 927.88 ind/m³ (promedio 162.39 ind/m³) y de 166.70 ind/m³ durante la relajación (Tabla 3). El volumen sedimentado de zooplancton varió entre 0.01 y máximo de 0.54 mL/m³; durante la surgencia el promedio fue de 0.18 y 0.12 mL/m³ en la relajación. El peso

seco fluctuó entre 0.01 y máximo de 5.67 mg/m³; durante la surgencia el peso seco promedio (1.03 mg/m³) fue mayor que durante el periodo de relajación (0.70 mg/m³). Las estimaciones anuales muestran ligera disminución desde 2012 al 2014 en la densidad (187.27 a 138.82 ind/m³) y el volumen sedimentado (0.10 a 0.17 mL/m³); el peso seco entre 0.60 y 0.99 mg/m³.

Tabla 3. Abundancia total del zooplancton y por periodos estacionales al sureste de isla Margarita, Venezuela (2012-2014).

	Estación	n	Densidad (ind/m ³)			Volumen sedim. (mL/m ³)			Peso seco (mg/m ³)			
			Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	
Abundancia zooplancton	Guacuco	38	160.49	108.81	212.18	0.14	0.09	0.18	0.89	0.64	1.15	
	Farallón	38	131.21	79.52	182.89	0.13	0.08	0.17	0.62	0.37	0.87	
	Mosquito	38	192.49	140.81	244.18	0.14	0.10	0.18	0.95	0.69	1.20	
Abundancia en periodos estacionales	Guacuco	38	R	198.82	34.65	877.78	0.14	0.02	0.35	0.88	0.01	3.11
			S	139.98	33.72	411.08	0.18	0.02	0.54	1.05	0.09	2.63
	Farallón	38	R	154.35	36.68	369.99	0.13	0.02	0.22	0.65	0.47	2.75
			S	122.75	18.96	268.92	0.18	0.02	2.18	0.75	0.02	2.18
	Mosquito	38	R	152.10	31.32	350.52	0.12	0.02	0.28	0.50	0.01	2.22
			S	224.47	18.46	997.88	0.21	0.01	0.46	1.30	0.02	5.67

R: relajación (junio-diciembre)

S: surgencia (enero-mayo)

Abundancia de huevos de sardina *S. aurita*

La densidad de huevos de sardina/m³ y su representación porcentual (%) en el zooplancton no tuvieron diferencia estadística ($p > 0.05$) entre las estaciones y los meses de estudio. En la Tabla 4 se indican el valor promedio, valor mínimo y máximo. La densidad promedio mensual de huevos de sardina varió entre 2.12 y 8.57 huevos/m³ en Guacuco y Mosquito respectivamente. La densidad promedio osciló entre 4.44 y 6.23 huevos/m³ y el promedio total fue 5.30 huevos/m³. La representación porcentual fluctuó entre mínimo de 1.88 y máximo de 6.24%, el promedio mensual entre 3.10 y 5.02% y promedio total de 4.26%. Estos valores son excesivamente bajos comparados con los determinados en 2002-2004 (densidad 21.75 huevos/m³ y 32.63% de representación en el zooplancton) al sureste de Margarita (Gómez, 2006). Lo cual estaría relacionado con la hora del muestreo, que en el presente estudio fue entre 6 y 9 de la mañana. Es conocido que la sardina *S. aurita* desova con mayor intensidad desde el atardecer y especialmente en horas nocturnas (Gómez y Hernández, 2008). La densidad de los huevos de sardina es ligeramente mayor durante el periodo de relajación (6.18 huevos/m³) que en las surgencias (5.26 huevos/m³) mientras que su representación porcentual en el zooplancton durante periodos fueron 4.62 y 4.25%.

Tabla 4. Abundancia de huevos de sardina en zooplancton y por periodos estacionales al sureste de isla Margarita, Venezuela (2012-2014).

	Estación	n	Densidad (huevos/m ³)			Representación porcentual en el plancton			
			Promedio	Min.	Máx.	Promedio	Min.	Máx.	
Huevos de sardina en el zooplancton	Guacuco	38	4.44	2.12	6.77	3.10	1.88	4.32	
	Farallón	38	5.22	2.89	7.55	5.02	3.81	6.24	
	Mosquito	38	6.23	3.91	8.57	4.64	3.42	5.86	
Huevos de sardina en periodos	Guacuco	38	R	5.83	0.31	36.92	2.96	0.22	4.21
			S	3.80	1.54	12.43	3.18	1.02	18.03
	Farallón	38	R	6.75	0.92	21.29	5.48	0.83	11.64
			S	4.92	0.55	11.32	5.01	1.71	12.98
	Mosquito	38	R	6.00	1.11	22.15	4.38	0.72	15.23
			S	7.04	1.85	32.86	4.84	0.76	12.10

R: relajación (junio-diciembre)

S: surgencia (enero-mayo)

DISCUSIÓN

Hidrografía

En la superficie la temperatura promedio varió entre 25.63 y 25.81 °C; la salinidad entre 36.95 y 37.02 y el oxígeno entre 4.01 y 4.17 ml/L; a los 20 m de profundidad la temperatura osciló entre 24.54 y 25.20 °C; la salinidad entre 36.91 y 37.22 y el oxígeno disuelto entre 3.43 y 3.68 ml/L. Estos valores son altos comparados con los promedios anuales obtenidos en el área de estudio durante 2002 a 2005 (Gómez, 2006; Gómez *et al.*, 2008). La temperatura y el oxígeno disuelto son elevados para que puedan caracterizar aguas de surgencia o afloramiento, pero no ocurre así con la salinidad porque los valores promedios pueden ser resultado de temperaturas elevadas. De todas maneras, durante las surgencias el promedio de temperatura (24.17 °C) indica que el ascenso de aguas subsuperficiales no ha sido intensivo de acuerdo con el criterio de Astor *et al.* (2003). En consecuencia, es posible que la surgencia regional de agua fue débil en 2012 y 2013, lo cual tiene consecuencias en el sentido de que ocurren cambios marcados en la ecología regional, a diferencia de 2002-2003 cuando se comprobó intenso afloramiento de agua subtropical en el área (Gómez, 2006). Por lo cual es apropiado hacer mención al debatido planteamiento de la intensificación de las surgencias propuesto a finales del siglo pasado, con la hipótesis de que el calentamiento global por causa de los gases invernadero aumenta el gradiente de temperatura entre tierra y océano e intensifica los gradientes de presión, lo que podría acentuar la tensión del viento a lo largo de las costas e intensificar las surgencias (Bakun, 1990). Al parecer, ha ocurrido una intensificación de las surgencias al norte de 21°N, pero al sur de 19°N ocurre una disminución de los vientos que propicia el hundimiento del agua superficial

(Cropper *et al.*, 2014); es posible que esta situación ocurra en la surgencia del oriente de Venezuela por el debilitamiento de los vientos Alisios por la migración hacia el norte del centro de alta presión de Azores (Taylor *et al.*, 2012).

También debe notarse que durante los periodos de relajación (junio a diciembre), la salinidad promedio osciló entre 37.10 y 37.19 (Tabla 1), valores altos que indican indirectamente la poca influencia de las aguas del río Orinoco en el sureste de Margarita, lo que también se comprueba con los valores mínimos (34.94 a 35.40) determinados en las estaciones, a diferencia de lo encontrado en 2002-2003, cuando los mínimos de salinidad <30 fueron comunes por la influencia del Orinoco (Gómez, 2006; Gómez *et al.*, 2008, 2012; Gómez y Barceló, 2014). El promedio anual de la temperatura y la salinidad en la columna de agua tiene diferencia estadística entre 2012, 2013 y 2014, pero existe tendencia hacia la disminución (Figura 3) de la temperatura (26.31 a 23.42 °C) y en la salinidad (36.99 a 36.82). Si bien en 2014 los muestreos se realizaron durante el periodo de surgencia (enero a mayo) es notable que los valores promedios (23.42 °C y 36.82 de salinidad) son propios de aguas subtropicales (Okuda, 1978, 1981) e indicio de surgencia moderada, a diferencia de 2012 y 2013.

Nutrientes

Nitrito: Aunque los promedios anuales no tienen diferencia estadística, en 2012 y 2013 fueron de 0.20 y de 0.26 $\mu\text{mol/L}$ en los primeros meses de 2014 (Figura 4). Los valores promedio del nitrito son comparables a concentraciones determinadas (0.03 a 0.29 $\mu\text{mol/L}$) a mediados de 1980 (Ocando *et al.*, 1988) pero muy inferiores cuando se comparan con los encontrados en el área de estudio durante 2002-2005 (Gómez, 2006) y en 2004-2005 cuando variaron entre 0.59 y 1.74 $\mu\text{mol/L}$ (Gómez *et al.*, 2008; Gómez y Barceló, 2014) e inclusive menores al promedio (0.31 $\mu\text{mol/L}$) determinado en 2008-2009 al sur de Margarita y la Península de Araya (Gómez *et al.*, 2012). Frente al área estudio (Chacopata) se mencionan elevados valores (1.22 $\mu\text{mol/L}$) durante la surgencia de 2007 (Lara *et al.*, 2015) en muestreos próximos a la costa (200 m).

Nitrato: El promedio total anual ha tenido ligero aumento, en 2012 fue de 0.53, en 2013 de 0.56 y 0.67 $\mu\text{mol/L}$ en 2014 (Figura 4). El ámbito de valores del nitrato (0.47 a 0.67 $\mu\text{mol/L}$) es menor que las concentraciones encontradas (0.45 a 2.9 $\mu\text{mol/L}$) en 2008-2009 (Gómez *et al.*, 2012), a las determinadas (0.19 y 1.91 $\mu\text{mol/L}$) en 2004-2005 (Gómez *et al.*, 2008) y también inferiores a las concentraciones (1.11 y 1.33 $\mu\text{mol/L}$) mencionadas por Bonilla y Benítez (1972) y Ocando *et al.* (1988) en el área de estudio.

Amonio: El promedio total anual ha presentado disminución, en 2012 fue de 1.32, en 2013 de 1.04 y 0.53 $\mu\text{mol/L}$ en 2014 (Figura 4). Los valores promedios encontrados en el presente estudio son inferiores a los determinados previamente en localidades del área estudio, se menciona ámbito de 0.78 a 8.37 $\mu\text{mol/L}$ (Ocando *et al.*, 1988) y 3.35 $\mu\text{mol/L}$ (Bonilla y Benítez, 1972); pero son ligeramente mayores a los encontrados en 2008-2009 (1.0 $\mu\text{mol/L}$) al sur de Margarita (Gómez *et al.*, 2012) e inferiores a los determinados en isla Cubagua (2.21 y 2.89 $\mu\text{mol/L}$) a finales de pasado siglo (Gómez y Chanut, 1988); también se cita concentración de hasta 5.5 $\mu\text{mol/L}$ entre Araya y Margarita (Ballester, 1965). Frente al área estudio (Chacopata) se mencionan concentraciones entre 0.8 y 2.33 $\mu\text{mol/L}$ (Lara *et al.*, 2015).

Fosfato: Los valores promedio de fosfato del presente estudio son comparables a los determinados en 2008-2009 (0.48 a 0.56 $\mu\text{mol/L}$) al sur de Margarita (Gómez *et al.*, 2012); pero en 2005-2006 el promedio fue $>1.0 \mu\text{mol/L}$ (Gómez *et al.*, 2008) y en la década de 1960 se menciona hasta 3.37 $\mu\text{mol/L}$ (Ballester, 1965). En el área de estudio también se mencionan concentraciones promedio de 0.28 $\mu\text{mol/L}$ (Bonilla y Benítez, 1972) y entre 0.07-0.59 $\mu\text{mol/L}$ (Ocando *et al.*, 1988). Frente al área de estudio (Chacopata) se mencionan concentraciones entre 0.48 y 0.56 $\mu\text{mol/L}$ durante la surgencia de 2007 (Lara *et al.*, 2015). Es de notar que en 2014 las concentraciones del nitrito y el nitrato fueron más altas que en 2012 y 2013, a diferencia del amonio y el fosfato que fueron más bajas.

Pigmentos clorofílicos

En general, las concentraciones de clorofila *c* fueron más altas que las de clorofilas *a* y *b*, lo cual sugiere que posiblemente en el fitoplancton predominan especies diferentes a las diatomeas e indirectamente indican cambios en su composición y gran abundancia de dinoflagelados, a diferencia de lo encontrado en 2002-2005 (Cellemare y Gómez, 2007). Es notable el incremento anual en el promedio de clorofila *a*: 1.36, a 2.56 y 3.79 mg/m^3 en 2014 y también se evidencia en menor grado en la clorofila *b*: 0.86, a 1.00 y 1.81 en 2014. Los promedios de clorofila *a* en 2012 y 2013 son comparables a los de 2008-2009 (1.23 mg/m^3 en superficie y 1.50 mg/m^3 a 20 m) y los elevados valores obtenidos en 2014 se comparan a valores encontrados en 2004-2005 al sur de Margarita que variaron entre 2.09 y 3.20 mg/m^3 en superficie y entre 2.8 y 11.1 mg/m^3 a 20 m (Gómez *et al.*, 2008). Frente al área estudio (Chacopata) se menciona valor promedio de 3.59 mg/m^3 durante la surgencia de 2007 (Lara *et al.*, 2015). Las concentraciones de clorofilas *a* y *b* obtenidas en el presente estudio permiten inferir que la fertilidad acuática durante 2012 y 2013 es comparable a la determinada en 2007-2008 (Gómez *et al.*, 2012) y puede relacionarse con la disminución de las capturas de la sardina desde mediados de 2005 (Gómez

2006; Gómez *et al.*, 2006, 2008) y que persiste en el año 2013. Sin embargo, en 2014 la fertilidad ha aumentado notablemente y la concentración promedio de clorofila *a* es comparable a las determinadas en 2003 y 2004 (Gómez, 2006; Gómez *et al.*, 2008). Es de recordar que la sardina se alimenta principalmente de diatomeas (Cellamare y Gómez, 2008) y, en consecuencia, al aumentar la biomasa del fitoplancton, puede ser utilizada por el recurso sardinero que generalmente vive en las aguas superficiales. Por el contrario, menor fertilidad acuática puede tener relación con la crisis sardinera de Venezuela (Gómez *et al.*, 2008, 2012, 2014; Gómez y Barceló, 2014) siendo uno de los factores a considerar como causa de la disminución de la sardina en el país. El notable incremento de la biomasa de fitoplancton durante la surgencia de 2014, es posible que favorezca alguna recuperación del recurso sardinero.

Producción primaria neta

Los valores de producción anual son comparables a las estimaciones obtenidas en 2003-2004 que variaron entre 74.12 y 149.37 gC/m³/año y también superan las estimaciones realizadas en 2005 que variaron entre 4.98 y 92.45 gC/m³ (Gómez, 2007). Pero estas cifras son inferiores a estimaciones del presente estudio con cifras máximas entre 3857.24 y 4008.0 mgC/m³/día; en consecuencia, la producción primaria desde 2005 hasta 2012 mantuvo valores muy inferiores a las producciones determinadas en 2003 y 2004, pero en 2014 ha ocurrido un notable aumento. En el lapso 2005-2012 ocurrió disminución de la fertilidad acuática, lo que también se encontró a sotavento del presente estudio (estación Cariaco) porque mediciones biogeoquímicas durante 1996-2010 documentan la declinación de la productividad planctónica entre 2004 y 2010 por la debilidad de los vientos alisios que impulsan la surgencia costera regional (Taylor *et al.*, 2012) lo cual también se confirma localmente por las anomalías de la velocidad media del viento que fueron débiles en 2005-2006 e intensas en 2003 (López-Monroy y Tróccoli, 2014; Figura 8). En 2013 y durante la surgencia de 2014 se aprecia cierta recuperación de la fertilidad, situación que se demuestra en los valores de la producción neta (Figura 6B).

Abundancia de zooplancton

En este estudio los valores promedios totales en la densidad (131.21 a 192.49 ind/m³) y el peso seco (0.62 y 0.95 mg/m³) son muy inferiores a los determinados en muestreos diurnos en 2002-2003 con promedio 1059.4 ± 85.6 ind/m³ (Hernández y Gómez, 2014); en 2003-2004 fueron de 599 ± 20 ind/m³ de densidad total y 35.70 ± 2 mg/m³ de biomasa seca y durante 2005 alcanzaron una densidad de 919 ± 84 ind/m³ y biomasa seca de 10.66 ± 0.8 mg/m³ (Gómez, 2006). En el zooplancton nocturno de 2003-2004 la densidad anual osciló entre 27.74 y 52.44 ind/m³ y el peso

seco entre 1.28 y 2.01 mg/m³; mientras que en 2005 fueron mayores los promedios de densidad (79.30 y 88.31 ind/m³) y de peso seco (2.17 y 2.69 mg/m³) (Gómez y Hernández, 2008).

Abundancia de huevos de sardina *S. aurita*

La acentuada disminución en la abundancia de huevos de sardina desde 2005, indica de manera indirecta que hasta 2013 el reclutamiento potencial de la sardina es muy bajo y en consecuencia se mantiene aún la crisis sardinera iniciada en 2005 (Gómez *et al.*, 2008, 2014). Se concluye entonces que desde 2005 la abundancia de zooplancton es muy inferior porque en general ha disminuido la fertilidad acuática y en consecuencia la productividad secundaria. Lo cual sugiere la ocurrencia de cambios ambientales drásticos que se mantienen hasta 2012 y 2013. En el primer semestre de 2014 se percibe una ligera recuperación de la fertilidad regional, pero muy inferior a la de 2002-2004 (Gómez, 2006; Gómez *et al.*, 2012, 2014).

CONCLUSIONES

En 2012 y 2013 se verificó que la fertilidad acuática local se mantiene baja; en 2014 se denota cierta recuperación fértil por el aumento de nutrientes (nitrito y nitrato), de la producción primaria y clorofilas *a* y *b*. El aumento de la biomasa de fitoplancton en 2014 relativamente puede propiciar la alimentación de la sardina.

La densidad promedio del zooplancton fluctuó entre 131.21 y 192.49 ind/m³; el volumen sedimentado entre 0.13 y 0.14 mL/m³ y el peso seco entre 0.62 y 0.95 mg/m³; estas cifras son muy inferiores a las encontradas en 2002-2004. Los huevos de sardina *S. aurita* tuvieron poca abundancia (promedio 5.30 huevos/m³ y 4.26% su representación en el zooplancton) posiblemente por los muestreos diurnos.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada parcialmente en 2012 y 2013 por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela (FONACIT Proy. PEI 2011-1220). La Universidad de Oriente a través del Consejo de Investigación (Proy. 1919 -14) que facilitó los muestreos durante 2014. Gracias a los revisores por algunas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

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. 1298 p.

- Astor, Y., F. Müller-Karger y M. Scranton. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Cont. Shelf Res.*, 23: 125-144.
- Bakun, A. 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247: 198-201.
- Ballester, A. 1965. Tablas hidrográficas. En: Estudios sobre el ecosistema pelágico del N.E. de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 25 (70, 71, 72): 39-137.
- Bonells, D., T. Okuda, J. Bonilla, B. Gamboa y G. Cedeño. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la Isla de Margarita. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 29 (1 y 2): 27-41.
- Bonilla, J. y J. Benítez. 1972. Variación mensual de nitrógeno y fosfato en la laguna Las Marites. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 11 (2): 121-126.
- Cellamare, M. y A. Gómez. 2007. Alimentación de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46(1): 23-36.
- Chávez, F. y M. Messié. 2009. A comparison of eastern limit boundary of upwelling ecosystems. *Progr. Oceanogr.*, 83: 80-96.
- Cheung, W., R. Watson y D. Pauly. 2013. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497: 365-368.
- Cropper, T., E. Hanna y G. Bigg. 2014. Spatial and temporal seasonal trends in coastal upwelling off northwest Africa, 1981-2012. *Deep Sea Res. Part I*, 86: 94-111.
- Gómez, A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la laguna en el canal de entrada a la laguna de La Restinga, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 22 (1-2): 43-63.
- Gómez, A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia*, 21(3):140-146.
- Gómez, A. 2001. Recursos pesqueros: Caribe. *Investigación y Ciencia*, 301: 36-38.
- Gómez, A. 2006. 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 p.
- Gómez, A. 2007. Producción primaria al sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46 (2): 97-105.
- Gómez, A. y A. Barceló. 2014. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: hidrografía y nutrientes al este de la isla de Margarita, una década de estudio (2003-2012). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 53 (2): 185-203.
- Gómez, A. y J. Chanut. 1988. Variación estacional de variables ecológicas en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 48 (3):73-104.
- Gómez, A. y J. Chanut. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 32 (1-2): 27-44.
- Gómez, A. e I. Hernández. 2008. Abundancia interanual del zooplancton nocturno en la costa este de isla Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 47(2): 91-102.
- Gómez, A., M. Cellamare, O. Gómez, I. Hernández, E. Izaguirre, M. Jácome y W. González, 2006. Ecología costera y pesca de sardina en sureste de Margarita, Venezuela: 91-106 p. En: Salas, S., M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flórez y J. Sánchez (Eds.). *Memorias, Primera Conferencia de Pesquerías*

- Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán, México, 4-8 octubre, 2004.
- Gómez, A., E. Izaguirre y 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.
- Gómez, A., A. Barceló y E. Mata. 2012. 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. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (2):173-186.
- Gómez, A., E. Mata y O. Gómez. 2014. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: Variación de la biomasa del fitoplancton en el este de Margarita, una década de estudio (2003-2012). Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 52 (1): 25-36.
- González, L., J. Euan, N. Eslava y J. Suniaga. 2007. La pesca de sardina *Sardinella aurita* (Teleostei, Clupeidae) asociada con la variabilidad ambiental del ecosistema de surgencia costera de Nueva Esparta, Venezuela. Rev. Biol. Trop., 55(1): 279-286.
- Hernández, I. y A. Gómez. 2014. Patrones de abundancia y composición del zooplancton costero a varias escalas temporales en un ciclo de surgencia estacional en la Isla de Margarita, Venezuela. Interciencia, 39(2): 122-128.
- López-Monroy, F. y L. Tróccoli. 2014. Aproximación sobre la climatología de la Isla de Margarita y su importancia en los procesos oceánicos. Saber, Univ. Oriente Venezuela. 26(4): 465-471.
- Okuda, T. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes. FAO Fish. Rep., No. 200: 349-362.
- Okuda, T. 1981. Análisis hidroquímicos de la Bahía de Pozuelo y sus áreas adyacentes, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 20 (1 y 2): 11-22.
- Lara-Rodríguez, R., R. Velásquez, L. Tróccoli, D. Hernández y M. Lemus. 2015. Variación temporal de las variables físico-químicas y biomasa fitoplanctónica en las aguas superficiales de la zona costera de Chacopata, NE Venezuela (Mar Caribe). Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 50(2): 367-373.
- Ocando, L., J. Bonilla y B. Gamboa. 1988. Características hidrográficas y químicas de la Ensenada de Pampatar, Isla de Margarita, Venezuela. Univ. Oriente Bol. Inst. Oceanogr, 27 (1-2): 71-84.
- Payne, M. 2013. Climate change at the dinner table. Nature, 497: 320-321.
- Rueda, D. 2012. On the spatial and temporal variability of upwelling in the southern Caribbean Sea and its influence on the ecology of phytoplankton and of Spanish sardine (*Sardinella aurita*). Ph.D. thesis Univ. South Florida, EE.UU. 168 p.
- Strickland, J. y T. Parsons. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can, 167: 1-310.
- Sydeman, W., M. García-Reyes, D. Shoeman, R. Rykaczeki, S. Thompson, B. Black y S. Bograd. 2014. Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. Science, 345 (6192): 77-80.
- Taylor, G., F. Muller-Karger., R. Thunell., M. Scranton, Y. Astor, R. Varela, L. Troccoli, L. Lorenzoni, K. Fanning, S. Hameed y O. Doherty. 2012. Ecosystem response in the southern Caribbean Sea to global climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 109(47): 19315-19320.

RECIBIDO: 10/12/2015

ACEPTADO: 04/10/2016