

CRISIS DE LA PESCA DE SARDINA EN VENEZUELA: HIDROGRAFÍA Y NUTRIENTES AL ESTE DE LA ISLA DE MARGARITA, UNA DÉCADA DE ESTUDIO (2003-2012)

ALFREDO GÓMEZ GASPAR¹ & AMALIA BARCELÓ²

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

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

RESUMEN: Durante 10 años (enero/2003 a diciembre/2012) cada 15 días se estudió la hidrografía y la concentración de los nutrientes al Este de la Isla Margarita (Venezuela) en una área de importancia nacional para la pesca de sardina *Sardinella aurita* hasta el año 2005, cuando comienza la crisis sardinera que aun continua (2013). Se recolectaron 852 muestras de agua (a 1 y 20 m profundidad) para determinar la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y los nutrientes (nitrito, nitrato, amonio y fosfato). Se calcularon promedios totales y estacionales, considerando el periodo de surgencia (enero-mayo) y el periodo de relajación (junio-diciembre). En la hidrografía y la concentración de nutrientes se encontró diferencia entre los años del estudio y en algunas variables entre los periodos y la profundidad. En los primeros años del estudio (2003 y 2004) la hidrografía de la columna de agua fue similar y durante el periodo de surgencia la temperatura promedio fue <24°C (valor mínimo 21,6°C) y anuales de 24,5 y 25,0°C; mientras que en los años 2005 a 2012 los promedios durante la surgencia variaron entre 24,8 y 25,69 °C y anuales entre 25,75 y 27,03 °C. En el lapso 2005-2012 se presentó un notable aumento de la temperatura y del oxígeno disuelto, así como también la salinidad mostró incremento. Se plantea que durante estos años la surgencia de aguas fue débil y poco perceptible en el área estudio. Durante los años 2005-2012 el intervalo de los promedios anuales de los nutrientes fueron menores que los mencionados previamente en áreas próximas, confirmando que en este lapso ocurrió una disminución de la fertilidad acuática, lo cual afecta la abundancia de los recursos pesqueros. Además, el aumento de la temperatura del agua no propició que cardúmenes de sardina se aproximaran a la costa en el este de Margarita.

Palabras clave: Ecología, Venezuela.

ABSTRACT: We studied the hydrography and nutrients concentration to the East of Margarita Island (Venezuela) every 15 days for 10 years (January 2003 to December 2012), in an area that had national importance for the sardine *Sardinella aurita* fishery until 2005, when the sardine crisis begins and still continues (2013). We collected 852 water samples (at 1 and 20 m depth) to determine the temperature, salinity, dissolved oxygen and nutrients (nitrite, nitrate, ammonium and phosphate). Average values were calculated for total and seasonal periods: upwelling (January-May) and relaxation (June-December). Differences were found in the hydrography and nutrient concentration during the study years, and in some variables between periods, and depth. In the first years of the study (2003 and 2004) the hydrography was similar and the mean temperature was <24°C during the upwelling period (minimal value 21.6°C) with annual values of 24.5 and 25.0°C. Between the years 2005 to 2012, the average values during upwelling varied between 24.8 and 25.69°C and the annual ones between 25.75 and 27.03 °C. In the period 2005-2012 a notable increase of temperature and of dissolved oxygen appears, also the salinity showed an increase. During these years the upwelling was weak and slightly perceptible in the study area. During the years 2005-2012 the range of annual averages of nutrients were lower than those reported previously in nearby areas, confirming that during this period aquatic fertility declined which affected the abundance of fishery resources. In addition, the increase of water temperature did not favor shoals of sardine to come near shore at the east coast of Margarita Island.

Key Words: Ecology, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

En el Mar Caribe, el nororiente de Venezuela constituye la región pesquera de mayor importancia por tener una moderada fertilidad originada por varios factores (GÓMEZ 1996), siendo el más relevante la surgencia de aguas originada por los vientos alisios con dirección preponderante del Este (QUINTERO *et al.* 2009). Sin embargo,

el afloramiento tiene variaciones interanuales (MULLER-KARGER *et al.* 2004) verificadas en la hidrografía, los nutrientes inorgánicos en disolución y en la concentración de clorofila (GÓMEZ *et al.* 2014). La fertilidad de las aguas también se refleja indirectamente con la abundancia de recursos pesqueros pelágicos como la sardina *Sardinella aurita* (Pisces Clupeidae) especie que constituye el principal recurso pesquero nacional que se extrae en 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 los primeros años del siglo 21, la captura sardinera nacional osciló alrededor de las 200.000 toneladas anuales, pero desde 2005 se redujo notablemente su abundancia, situación que se mantiene hasta el año 2012 cuando se pescaron 41.911 toneladas. Igualmente en Nueva Esparta en 2003 y 2004 se pescaron alrededor de 100.000 toneladas de sardina y solamente 3.185 toneladas en el año 2012 (INSOPESCA. Caracas, Venezuela. 2013. com. pers.).

La crisis del principal recurso pesquero venezolano puede tener causas ecológicas como el incremento de la temperatura del agua en los caladeros, disminución de la producción primaria y otros factores (GÓMEZ 2006, 2007; GÓMEZ *et al.* 2008). También se ha mencionado la sobrepesca (RUEDA 2012), pero estudios relativamente recientes indicaron que la sardina estaba siendo subexplotada (FREÓN & MENDOZA 2003; FREÓN *et al.* 2003) y/o estable (GUZMÁN & GÓMEZ 2000). Además, las estimaciones hidroacústicas coincidieron en 850.000 toneladas (GERLOTTO & GINÉS 1988; STROMME & SAETERSDAL 1989; CÁRDENAS & ACHURY 2002) y biomasa hasta 1.300.000 toneladas (CÁRDENAS 2003).

La variación temporal de las condiciones hidrográficas y la concentración de sales inorgánicas indirectamente indican la fertilidad de las aguas, la cual parece tener cambios acusados en años recientes (GÓMEZ *et al.* 2012) por cambios ambientales drásticos (GÓMEZ *et al.* 2008) lo que se manifiesta en la poca abundancia de la sardina *S. aurita* en el sureste de la isla de Margarita, que hasta pocos años era el principal caladero de pesca de Venezuela (GÓMEZ 2006). Los cambios ecológicos contemporáneos en el Caribe sur se han relacionado con variaciones en el clima global (TAYLOR *et al.* 2012).

En el sureste de Margarita durante más de tres años (2002 a 2005) se caracterizó, desde el punto de vista ecológico, el caladero de pesca sardinero comprendido entre las localidades de Pampatar (Punta Ballena) y La Isleta (GÓMEZ 2006). Hasta el 2014 se mantuvieron dos estaciones de muestreo, lo cual permitió el seguimiento continuo de la hidrografía y los nutrientes durante una década. Se analiza la información anual y en épocas de surgencia y relajación, comparando la hidrografía y la concentración de nutrientes en los años cuando la pesca de sardina fue cuantiosa y hasta el año 2012 cuando se

mantiene una grave crisis sardinera que afecta la producción pesquera nacional. Se pretende obtener información que permita explicar la disminución de la pesca en el área estudio.

MATERIALES Y METODOS

Área estudio: A 24 km de la costa continental de Venezuela se localiza la isla de Margarita, tiene una superficie de 1.071 km² (perímetro de 247 km), tradicionalmente tiene importancia pesquera nacional especialmente por las capturas de la sardina *S. aurita*. En el sureste de la isla se pescaron 68.431 toneladas en 2003 y 72.141 en 2004 (GÓMEZ 2006, GÓMEZ *et al.* 2008); las capturas decrecieron a 24.540 toneladas en 2005 y continuaron disminuyendo (Fig. 1); así, en 2012 se pescaron 1.235 toneladas (APROSARDINE, Isla Margarita, Venezuela. 2013. com. pers.).

Margarita forma parte del Estado Nueva Esparta, el cual con Sucre constituyen la región nororiental de Venezuela, la más importante del país desde el punto de vista de la pesca y objeto de numerosos estudios oceanológicos. En referencia a las condiciones hidrográficas se conocen los trabajos de RICHARDS & VACCARO (1956); HEEZEN *et al.* (1959); 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); 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 (1989); GARCIA *et al.* (1983); MOIGIS & BONILLA (1989); SCRANTON *et al.* (1987); GOMEZ & CHANUT (1988, 1993); BONELLS *et al.* (1990); GOMEZ (1991); BONILLA *et al.* (1993); ZHANG & MILLERO (1993); ASTOR *et al.* (1998); WALSH *et al.* (1999); CASTELLANOS *et al.* (2000); APARICIO (2003); ASTOR *et al.* (2003, 2004); MULLER-KARGER *et al.* (2004); QUINTERO *et al.* (2004); GÓMEZ (2006); GÓMEZ *et al.* (2006, 2008, 2012); RINCÓN *et al.* (2007); Rueda (2012); Taylor *et al.* (2012).

Durante una década (enero/2003 a diciembre/2012), quincenalmente se recolectaron muestras de agua (mensuales en 2006) en dos estaciones denominadas Guacuco (11°05'32" Lat. N - 63°45'50" Long. W.) y Farallón (10°58'02" Lat. N - 63°47'31" Long. W) situadas al Este de

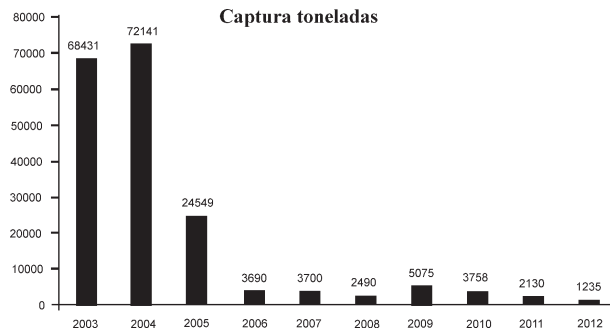


Fig. 1. Captura de sardina en el sureste de Isla Margarita, Venezuela (década 2003-2012).

la isla de Margarita, aproximadamente a 6 y 1,6 millas de la costa respectivamente (Fig. 2). Con botella tipo Van Dorn (2,5 litros) se obtuvieron muestras de agua a 1 y 20 m de profundidad que fueron introducidas en botellas de polietileno de 500 ml para el estudio de la salinidad con salinómetro de inducción y los nutrientes (nitrito, nitrato, amonio y fosfato). La temperatura se determinó utilizando termómetro digital. Se emplearon frascos de vidrio (250 ml) para las muestras de oxígeno que fueron fijadas en el campo y al igual que los nutrientes se analizaron en el laboratorio siguiendo las recomendaciones de STRICKLAND & PARSONS (1972) y APHA (2005). Se calcularon promedios totales y estacionales, considerando el periodo (enero-mayo) de surgencia (OKUDA 1975; GÓMEZ 1983; GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008) y periodo (junio-diciembre) de relajación (ASTOR *et al.* 2003; MULLER-KARGER *et al.* 2004). El número de muestras estudiadas por año y periodo se indica en GÓMEZ *et al.* (2014)). Los promedios fueron comparados estadísticamente (ANOVA) con el programa Statgraphics, en caso necesario se hicieron transformaciones logarítmicas ($\log n+1$). También se aplicaron pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis) para verificar la significancia estadística entre las medias anuales y/o en periodos. El estudio analiza la hidrografía hasta los 20 m de profundidad por el interés práctico de la pesca de la sardina en Margarita porque se captura en las aguas superficiales.

RESULTADOS

Se determinó la hidrografía (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y los nutrientes inorgánicos (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) en un total de 852 muestras de agua. El análisis multifactorial (ANOVA) y prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis no indicaron diferencia significativa entre las dos estaciones, pero sí entre los

años de estudio. En la tabla 1 se muestran resultados estadísticos de las variables en relación a los años, la profundidad, las dos estaciones muestreadas y los periodos anuales (surgencia y relajación); en algunas variables se encontró diferencia entre las dos profundidades y los periodos. En las tablas 2 a 5 se muestra la concentración anual promedio y desviación estándar, los valores mínimo y máximo de cada año; el valor medio y error estándar en la superficie y 20 m de profundidad y también durante los periodos anuales.

Hidrografía

Temperatura (Fig. 3. Tabla 2A): En la década de estudio la temperatura de la columna de agua (hasta 20 m de profundidad) tuvo valor mínimo de 21,6 °C en 2003 y 2004 en estos mismos años se determinaron los menores promedios anuales (24,55 y 25,05 °C); valores de >30 °C se encontraron en 2008, 2010 y 2012; en el periodo 2005 a 2012 el promedio anual varió entre 25,75 y 27,03 °C (Tabla 2A). Por lo cual, al comparar los promedios anuales en 2003-2004 con promedios del periodo 2005-2012, la temperatura en la columna de agua (Fig. 3) ha aumentado alrededor 2 °C. Se verificó diferencia estadística entre las dos profundidades ($p < 0,01$). En la superficie, los promedios menores (25,05 y 25,55 °C) se observaron en 2003 y 2004, respectivamente, mientras que en los años 2010 a 2012 fueron >27 °C. A los 20 m de profundidad los promedios menores (24,05 y 24,63 °C) se observaron en 2003 y 2004 con promedios >25,53 °C entre 2005 y 2012. El promedio anual máximo (26,7 °C) ocurrió en el 2010. Durante las surgencias de 2003 y 2004, la temperatura promedio de

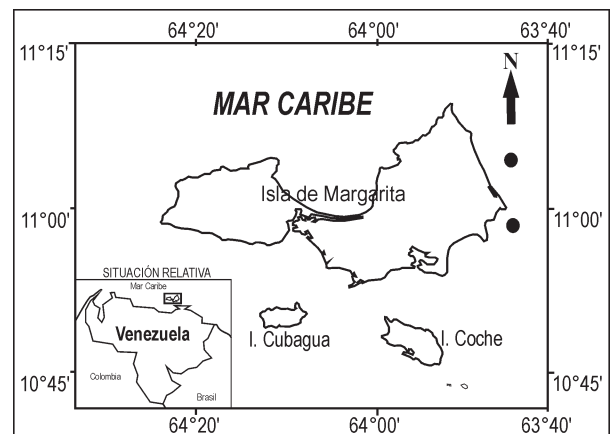


Fig. 2. Estaciones de muestreo al este de la isla de Margarita (Venezuela).

TABLA 1. Análisis de varianza (log+1) y prueba Kruskal-Wallis para variables estudiadas al este de la isla de Margarita, Venezuela (década 2003-2012).

Temperatura °C				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	38,46	0,000	143,44	0,0
Profundidad	96,46	0,000	43,17	0,0
Estación	3,90	0,058	1,76	0,184
Periodo	573,15	0,000	281,42	0,0
Salinidad ups				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	5,36	0,00	131,90	0,0
Profundidad	2,17	0,140	1,98	0,158
Estación	0,48	0,445	0,103	0,747
Periodo	0,58	0,489	0,487	0,027
Oxígeno disuelto (ml l⁻¹)				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	36,42	0,000	259,31	0,0
Profundidad	79,27	0,000	45,35	0,0
Estación	9,21	0,002	5,007	0,025
Periodo	0,04	0,846	0,135	0,712
Nitrito µmol l⁻¹				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	3,72	0,000	78,01	0,0
Profundidad	73,82	0,000	60,71	0,0
Estación	0,61	0,435	0,00	0,972
Periodo	0,20	0,650	0,02	0,879
Nitrato µmol l⁻¹				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	30,28	0,000	208,73	0,0
Profundidad	44,89	0,000	50,04	0,0
Estación	2,20	0,138	0,49	0,480
Periodo	26,72	0,000	0,24	0,622
Amonio µmol l⁻¹				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	35,39	0,000	238,64	0,0
Profundidad	59,38	0,000	1,86	0,172
Estación	1,52	0,217	1,26	0,260
Periodo	11,96	0,000	0,26	0,604
Fosfato µmol l⁻¹				
Fuente	F-ratio	p-valor	Test K-W	p-valor
Años	18,92	0,000	135,32	0,0
Profundidad	2,11	0,146	2,46	0,116
Estación	0,98	0,323	0,78	0,377
Periodo	1,44	0,229	0,23	0,624

la columna de agua (Tabla 2A) fue casi igual (23,79 y 23,89°C) mientras que durante 2005 a 2012 los promedios más elevados variando entre 24,8°C (2006 y 2007) y >25°C. Asimismo durante los periodos de relajación, los menores promedios anuales (25,32 y 26,26°C) fueron en 2003-2004; mientras que entre los años 2005 y 2012 fueron más elevados variando entre 26,41 y 28,12°C (Fig. 3).

Salinidad (Fig. 4. Tabla 2B): En los años 2003-2004 la salinidad promedio en la columna de agua fue 34,89 y 36,28, respectivamente (margen 17,43 a 38,25) mientras que en el periodo 2005-2012 los promedios anuales variaron entre 35,85 y 37,11 y el rango entre 25,16 (2007) y >38 (2008 y 2012) (Tabla 2B). En la Fig. 4 se muestra la variación promedio anual entre las profundidades estudiadas. Es de notar que en el 2003 se obtuviera los menores promedios en superficie (34,75) y 20 m (35,29); mientras que en el periodo 2005-2012 la salinidad media en superficie osciló entre 35,87 (2006) y 36,91 (2012) y a los 20 m varió entre 36,09 (2007) y 37,13 (2012). Por lo cual durante el periodo 2005-2012 la salinidad en superficie ha experimentado un ligero aumento. En los periodos de surgencia de 2003-2004, la salinidad media de la columna de agua (Tabla 2B) fue

36,16 y 35,52, respectivamente, mientras que en los años 2005-2012 fueron ligeramente más elevadas variando entre 35,82 (2011) y 36,70 (2009). Durante la relajación, el menor promedio fue 33,99 (2003) mientras que varió entre 35,86 y 37,54 en el período 2005-2012. Durante la época de surgencia de los años 2005 a 2012, los valores de temperatura y salinidad en la columna de agua (hasta los 20 m) indican ausencia de agua subtropical (tipo B con temperatura entre 21 a 24°C y salinidad >36,7 ups según el criterio de OKUDA (1978, 1981) por lo cual al parecer no afloró agua profunda.

Oxígeno disuelto (Fig. 5. Tabla 3A): El análisis estadístico (ANOVA y K-W) indicó diferencia significativa ($p < 0,01$) entre los años, la profundidad y las estaciones, pero no entre los períodos de surgencia y relajación ($p > 0,05$). El promedio anual en la columna de agua en los años 2003 y 2004 fue 3,49 y 3,90 ml l^{-1} , respectivamente, (margen 0,89 a 5,18); mientras que los promedios fueron más altos en el periodo 2005-2012 variando entre 4,08 y 4,74 ml l^{-1} (2005 y 2009). El margen osciló entre 2,02 y 5,35 ml l^{-1} (Tabla 3A). La Fig. 5 muestra la variación promedio anual entre las profundidades; es de notar que en 2003 y

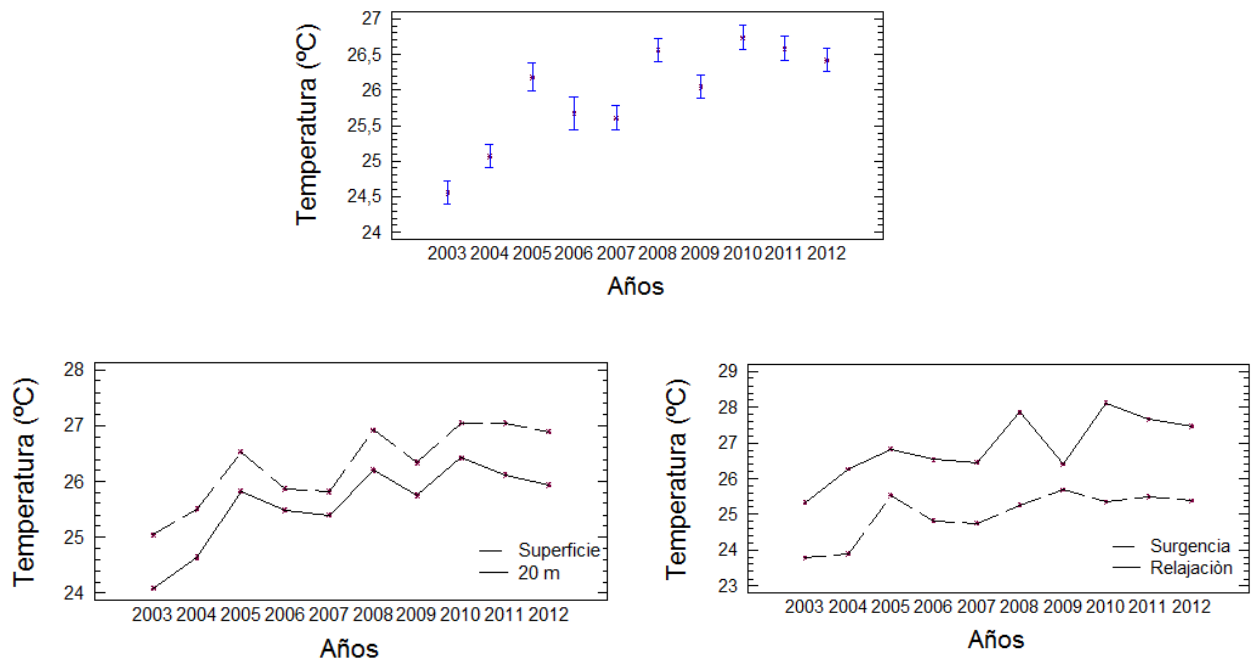


Fig. 3. Variación anual de la temperatura (°C) en la columna de agua (superior) a 1 y 20 m de profundidad y en periodos de surgencia y relajación al este de isla Margarita (Década 2003-2012).

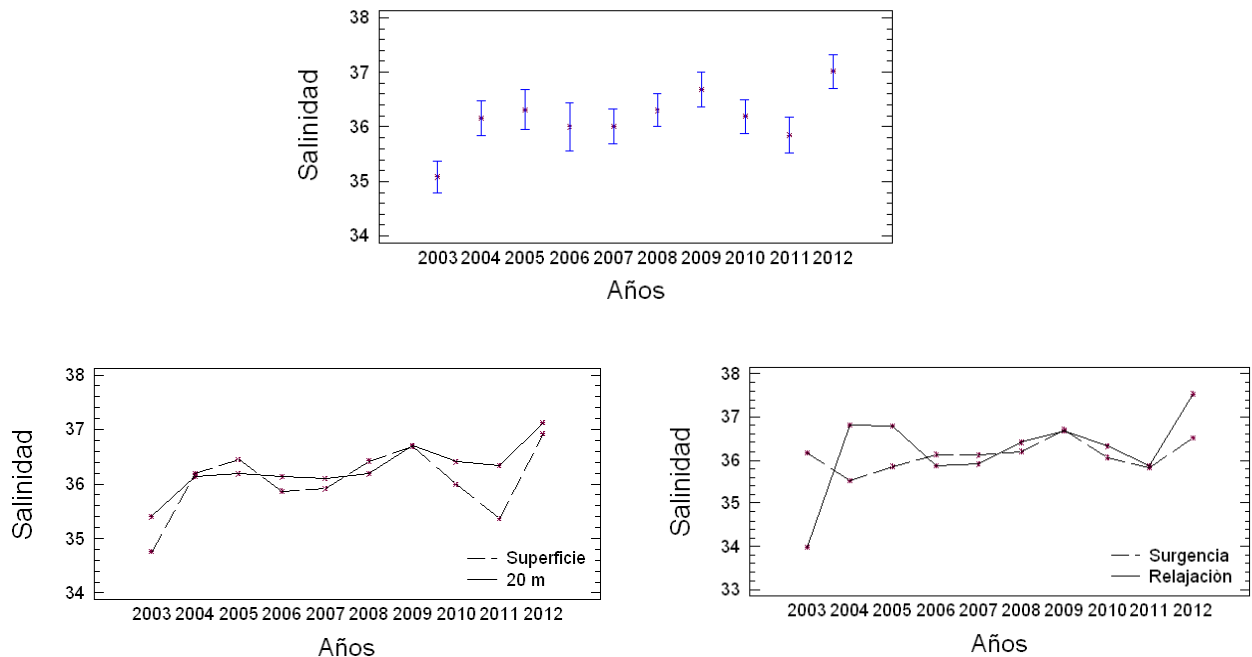


Fig. 4. Variación anual de la salinidad (ups) en la columna de agua (superior) a 1 y 20 m de profundidad y en periodos de surgencia y relajación al este de isla Margarita (Década)

2004 se obtuvieron los menores promedios en superficie ($3,88$ y $4,08$ ml l^{-1}) y 20 m ($3,08$ y $3,66$ ml l^{-1}); mientras que los valores fueron más elevados en el periodo 2005-2012 fluctuando entre $4,33$ y $4,90$ ml l^{-1} en la superficie y entre $3,85$ y $4,62$ ml l^{-1} a los 20 m. Durante la surgencia de 2003-2004, el oxígeno disuelto promedio fue $3,39$ y $3,70$ ml l^{-1} , respectivamente, mientras que durante 2005-2012, los valores fueron más elevados variando entre $4,06$ y $4,82$ ml l^{-1} (Tabla 3A). Durante la relajación, el promedio anual en 2003 y 2004 fue $3,57$ y $4,05$ ml l^{-1} y durante el periodo 2005-2012 varió entre $4,21$ y $4,70$ ml l^{-1} (Fig.5). Así, en el lapso 2005-2012 ha sido notable el aumento del oxígeno disuelto en el este de Margarita.

Nutrientes

Nitrato (Fig. 6, 6A, 7A. Tabla 3B): los valores puntuales en la columna de agua fluctuaron entre no detectado durante todos los años del estudio y máximos de $2,5$ y $1,5$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003 y 2004. Los promedios anuales tuvieron diferencia estadística significativa ($p < 0,01$), variaron entre $0,12$ y $0,23$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2009 y 2012, respectivamente. Este nutriente no mostró tendencia clara en los años de estudio (Fig.6). Se verificó diferencia estadística entre las profundidades; en superficie el menor promedio anual

$0,03$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ fue determinado en 2003-2004, mientras que durante 2005-2012 varió entre $0,08$ y $0,19$ $\mu\text{mol l}^{-1}$. A los 20 m de profundidad los promedios fueron más elevados fluctuando entre $0,14$ y $0,37$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2009 y 2003 (Fig. 6A). En referencia a los periodos no se obtuvo diferencia estadística entre ellos ($p > 0,05$). Durante la surgencia los promedios variaron entre $0,06$ y $0,25$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2005 y 2012 y en la relajación varió entre $0,12$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en los años 2004 y 2009 y máximo de $0,22$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2012 (Fig.7A).

Nitrato (Fig. 6, 6B, 7B. Tabla 4A): los valores puntuales oscilaron entre no detectado y $6,96$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003 y 2012. Los promedios anuales tuvieron diferencia estadística significativa ($p < 0,01$) en la columna de agua variando entre $0,54$ y $2,17$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2009 y 2006, respectivamente (Tabla 4A), sin mostrar tendencia con los años (Fig. 6). Entre las dos profundidades se verificó diferencia estadística. En la superficie varió entre $0,12$ y $2,2$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003 y 2006-2007 respectivamente. Durante los últimos cinco años (2008 a 2012) ha fluctuado entre $0,47$ y $0,60$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en superficie y la concentración anual a los 20 m ha variado entre $0,59$ y $2,3$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2009 y en los años 2006-2007 (Fig.6B). En relación a los periodos, en surgencia la concentración osciló entre $0,33$ y $3,12$ $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2005 y 2006-2007 respectivamente y

TABLA 2. (A) Variación anual de la temperatura y la salinidad (B) en la columna de agua, en profundidad de 1 y 20m y en periodos de surgencia y relajación al este de la Isla Margarita (Década 2003-2012).

A (Temperatura °C)		Variación interanual				1 m		20 m		Surgencia		Relajación	
Años	n	promedio ± sd	mínimo	máximo	n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee	
2003	100	24,55 ± 1,39	21,6	28,0	50	25,05 ± 1,35	50	24,05 ± 1,24	44	23,79 ± 0,83	56	25,32 ± 1,37	
2004	88	25,05 ± 1,88	21,6	28,9	44	25,55 ± 1,78	44	24,63 ± 1,85	36	23,89 ± 1,09	52	26,26 ± 1,69	
2005	68	26,22 ± 1,36	23,8	29,4	34	26,58 ± 1,36	34	25,86 ± 1,24	32	25,52 ± 1,24	36	26,84 ± 1,12	
2006	48	25,81 ± 1,21	22,8	27,9	24	26,04 ± 1,21	24	25,60 ± 1,16	20	24,83 ± 0,81	28	26,53 ± 0,91	
2007	88	25,75 ± 1,41	22,4	28,2	44	25,99 ± 1,40	44	25,53 ± 1,38	36	24,85 ± 1,01	52	26,45 ± 1,22	
2008	96	26,77 ± 1,72	24,5	30,4	48	27,15 ± 1,78	48	26,40 ± 1,57	40	25,26 ± 0,39	56	27,86 ± 1,47	
2009	92	26,12 ± 0,97	24,1	29,2	46	26,44 ± 0,92	46	25,80 ± 0,92	36	25,69 ± 0,75	56	26,41 ± 1,00	
2010	92	27,03 ± 1,81	23,8	30,2	46	27,38 ± 1,81	46	26,70 ± 1,74	36	25,35 ± 0,85	56	28,12 ± 1,38	
2011	84	26,63 ± 1,63	22,8	29,8	42	27,10 ± 1,54	42	26,16 ± 1,56	40	25,49 ± 1,01	44	27,67 ± 1,36	
2012	96	26,59 ± 1,65	23,3	30,5	48	27,09 ± 1,60	48	26,10 ± 1,55	40	25,37 ± 1,04	56	27,46 ± 1,44	
B(Salinidad ups)													
2003	100	34,89 ± 4,50	17,43	38,25	50	34,75 ± 0,30	50	35,29 ± 0,30	44	36,16 ± 0,32	56	33,99 ± 0,28	
2004	88	36,28 ± 2,86	21,29	38,20	44	36,18 ± 0,33	44	36,13 ± 0,30	36	35,52 ± 0,36	52	36,80 ± 0,30	
2005	68	36,34 ± 2,04	26,77	37,64	34	36,45 ± 0,36	34	36,19 ± 0,37	32	35,84 ± 0,38	36	36,79 ± 0,36	
2006	48	35,97 ± 1,29	31,01	37,50	24	35,87 ± 0,44	24	36,12 ± 0,44	20	36,12 ± 0,48	28	35,86 ± 0,41	
2007	88	35,99 ± 1,81	25,16	37,91	44	35,91 ± 0,33	44	36,09 ± 0,33	36	36,10 ± 0,36	52	35,91 ± 0,30	
2008	96	36,32 ± 1,60	28,92	38,53	48	36,42 ± 0,31	48	36,18 ± 0,31	40	36,19 ± 0,34	56	36,41 ± 0,29	
2009	92	36,68 ± 0,51	34,99	37,38	46	36,68 ± 0,32	46	36,69 ± 0,32	36	36,70 ± 0,36	56	36,67 ± 0,28	
2010	92	36,22 ± 1,24	26,27	37,69	46	35,98 ± 0,32	46	36,40 ± 0,33	36	36,06 ± 0,36	56	36,32 ± 0,29	
2011	84	35,85 ± 1,43	29,74	37,07	42	36,36 ± 0,33	42	36,33 ± 0,33	40	35,82 ± 0,34	44	35,87 ± 0,32	
2012	96	37,11 ± 0,70	35,12	38,03	48	36,91 ± 0,31	48	37,13 ± 0,32	40	36,51 ± 0,34	56	37,54 ± 0,29	

n: número muestras sd: desviación estándar ee: error estándar Surgencia enero a mayo Relajación: junio a diciembre

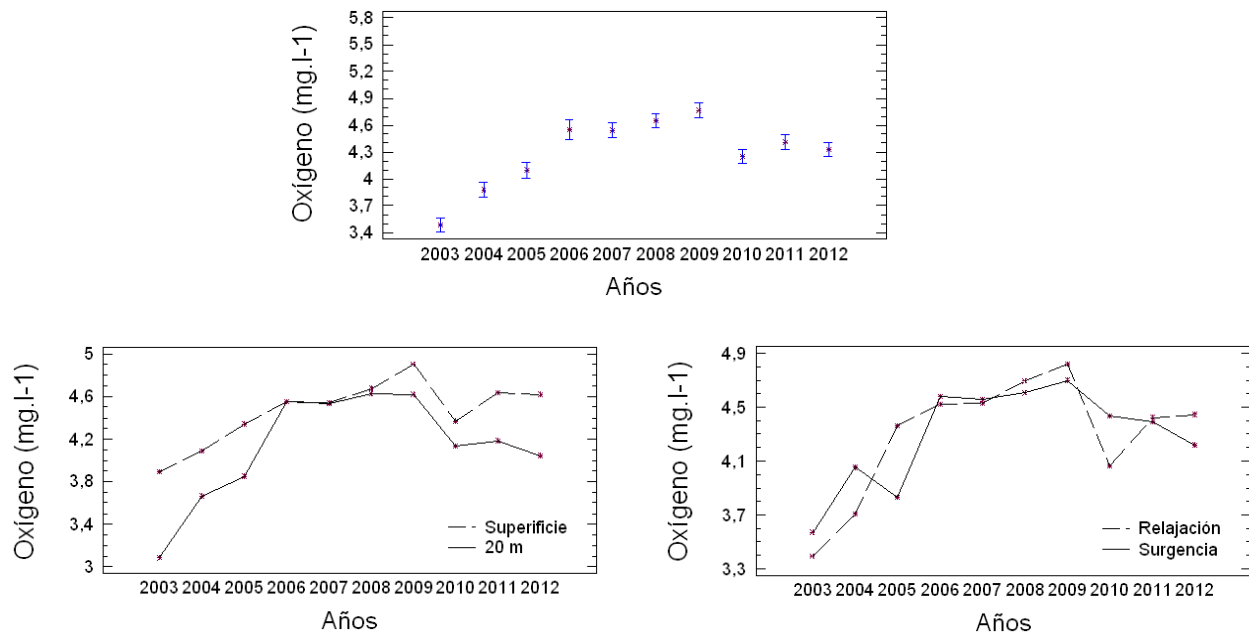


Fig. 5. Variación anual del oxígeno disuelto (mg.l⁻¹) en columna de agua (superior), a 1 y 20 m de profundidad y en periodos de surgencia y relajación al este de isla Margarita (Década 2003-2012).

en el lapso 2008-2012 osciló entre 0,47 y 1,02 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Durante la relajación ha fluctuado entre 0,46 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2003 y 1,4 $\mu\text{mol/l}$ en 2006-2007, durante los años 2008-2012 varió entre 0,58 y 0,72 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (Fig. 7B).

Amonio (Fig. 6, 6C, 7C) (Tabla 4B): la concentración en la columna de agua ha variado entre no detectado y 6,6 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (2003 y 2004). En los promedios anuales se verificó diferencia estadística ($p < 0,01$) fluctuaron entre $> 2 \mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003-2004 y 0,58 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2010 (Tabla 4B). Es el único nutriente que durante la década ha mostrado tendencia a disminuir con los años (Fig. 6, 6C), aunque aumentó levemente en 2008 y 2012. Entre las profundidades y los periodos se verificó diferencia significativa ($p < 0,01$). En la superficie osciló entre 1,88 y 2,09 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (años 2003 y 2004) y 0,51 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2010. A los 20 m de profundidad ha fluctuado entre 2,2 y 0,73 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003-2004 y el 2010 respectivamente (Fig. 6C). En los periodos se verificó diferencia estadística. Durante la surgencia fluctuó entre 2,1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2003-2004 y 0,70 en el 2012, mientras que en la relajación varió entre 2,26 y 0,45 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en el 2004 y el 2010, respectivamente (Fig. 7C).

Fosfato (Fig. 6, 6D, 7D) (Tabla 5): los valores puntuales en la columna de agua fluctuaron entre no detectado (todos

los años) y 3,56 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2007. Los promedios anuales (Tabla 5) tienen diferencia estadística ($p < 0,01$), oscilando entre 0,16 y 0,88 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2005 y 2012, respectivamente (Fig. 6). En las profundidades y periodos no se determinó diferencia estadística (Tabla 1). En la superficie varió entre 0,12 y 0,92 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2005 y el 2006. A los 20 m fluctuó entre 0,20 y 0,94 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en los años 2005 y 2012 (Fig. 6D). Durante la surgencia varió entre 0,04 y 0,97 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2005 y 2012, mientras que en la relajación osciló entre 0,18 y 0,89 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en los años 2004 y 2008, respectivamente.

DISCUSION

Hidrografía: presentó características similares en la columna de agua (hasta 20 m de profundidad) en los dos primeros años del estudio (2003 y 2004), pero desde el 2005 y hasta 2012 se presentan cambios drásticos principalmente relacionados con el notable incremento de la temperatura y del oxígeno disuelto; también la salinidad mostró un leve aumento. En el 2003 y 2004 la temperatura mínima fue 21,6°C y los promedios anuales 24,55 y 25,05°C, respectivamente; del oxígeno 3,49 y 3,90 mg l^{-1} y la salinidad 34,89 y 36,28 (margen 17,43 a 38,25). En el periodo 2005-2012, los promedios anuales fueron marcadamente mayores: la temperatura entre 25,75 y 27,03

TABLA 3. (A) Variación anual del oxígeno disuelto y el nitrito (B) en la columna de agua, en profundidad de 1 y 20m y en periodos de surgencia y relajación al este de la Isla Margarita (Década 2003-2012).

A (Oxígeno ml ⁻¹) Variación interanual												
Años	n	promedio ± sd	mínimo	máximo	1 m		20 m		Surgencia		Relajación	
					n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee
2003	100	3,49 ± 0,88	0,89	4,96	50	3,88 ± 0,08	50	3,08 ± 0,07	44	3,39 ± 0,08	56	3,57 ± 0,07
2004	88	3,90 ± 0,72	1,00	5,18	44	4,08 ± 0,09	44	3,66 ± 0,08	36	3,70 ± 0,09	52	4,05 ± 0,07
2005	68	4,08 ± 0,61	2,43	5,22	34	4,33 ± 0,09	34	3,85 ± 0,09	32	4,36 ± 0,10	36	3,83 ± 0,09
2006	48	4,55 ± 0,32	3,83	5,20	24	4,54 ± 0,11	24	4,55 ± 0,10	20	4,52 ± 0,12	28	4,57 ± 0,10
2007	88	4,54 ± 0,43	3,10	5,35	44	4,54 ± 0,08	44	4,53 ± 0,08	36	4,52 ± 0,09	52	4,55 ± 0,07
2008	96	4,64 ± 0,52	2,31	5,28	48	4,67 ± 0,08	48	4,62 ± 0,09	40	4,69 ± 0,08	56	4,60 ± 0,07
2009	92	4,74 ± 0,49	2,63	5,30	46	4,90 ± 0,08	46	4,62 ± 0,07	36	4,82 ± 0,09	56	4,70 ± 0,07
2010	92	4,29 ± 0,56	2,02	5,20	46	4,36 ± 0,08	46	4,13 ± 0,08	36	4,06 ± 0,09	56	4,43 ± 0,07
2011	84	4,40 ± 0,52	2,72	5,32	42	4,63 ± 0,08	42	4,18 ± 0,07	40	4,42 ± 0,09	44	4,39 ± 0,08
2012	96	4,31 ± 0,57	2,20	4,99	48	4,61 ± 0,07	48	4,04 ± 0,08	40	4,44 ± 0,08	56	4,21 ± 0,07

B (Nitrito μmol l ⁻¹)												
Años	n	promedio ± sd	mínimo	máximo	1 m		20 m		Surgencia		Relajación	
					n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee	n	media ± ee
2003	100	0,20 ± 0,38	0,0	2,50	50	0,03 ± 0,02	50	0,37 ± 0,03	44	0,21 ± 0,03	56	0,18 ± 0,02
2004	88	0,13 ± 0,23	0,0	1,50	44	0,03 ± 0,02	44	0,23 ± 0,03	36	0,15 ± 0,03	52	0,12 ± 0,02
2005	68	0,14 ± 0,21	0,0	0,94	34	0,09 ± 0,03	34	0,18 ± 0,03	32	0,06 ± 0,02	36	0,21 ± 0,03
2006	48	0,19 ± 0,08	0,03	0,40	24	0,19 ± 0,04	24	0,20 ± 0,04	20	0,23 ± 0,04	28	0,16 ± 0,03
2007	88	0,18 ± 0,09	0,0	0,44	44	0,18 ± 0,03	44	0,19 ± 0,02	36	0,22 ± 0,03	52	0,15 ± 0,03
2008	96	0,13 ± 0,13	0,0	0,46	48	0,08 ± 0,02	48	0,16 ± 0,03	40	0,11 ± 0,03	56	0,14 ± 0,03
2009	92	0,12 ± 0,11	0,0	0,45	46	0,10 ± 0,03	46	0,14 ± 0,02	36	0,12 ± 0,03	56	0,12 ± 0,02
2010	92	0,15 ± 0,09	0,0	0,48	46	0,12 ± 0,02	46	0,17 ± 0,03	36	0,10 ± 0,03	56	0,18 ± 0,02
2011	84	0,19 ± 0,16	0,0	0,86	42	0,14 ± 0,03	42	0,23 ± 0,03	40	0,17 ± 0,03	44	0,20 ± 0,02
2012	96	0,23 ± 0,25	0,0	1,26	48	0,17 ± 0,03	48	0,29 ± 0,03	40	0,25 ± 0,02	56	0,22 ± 0,02

n: número muestras sd: desviación estándar ee: error estándar Surgencia: enero a mayo Relajación: junio a diciembre

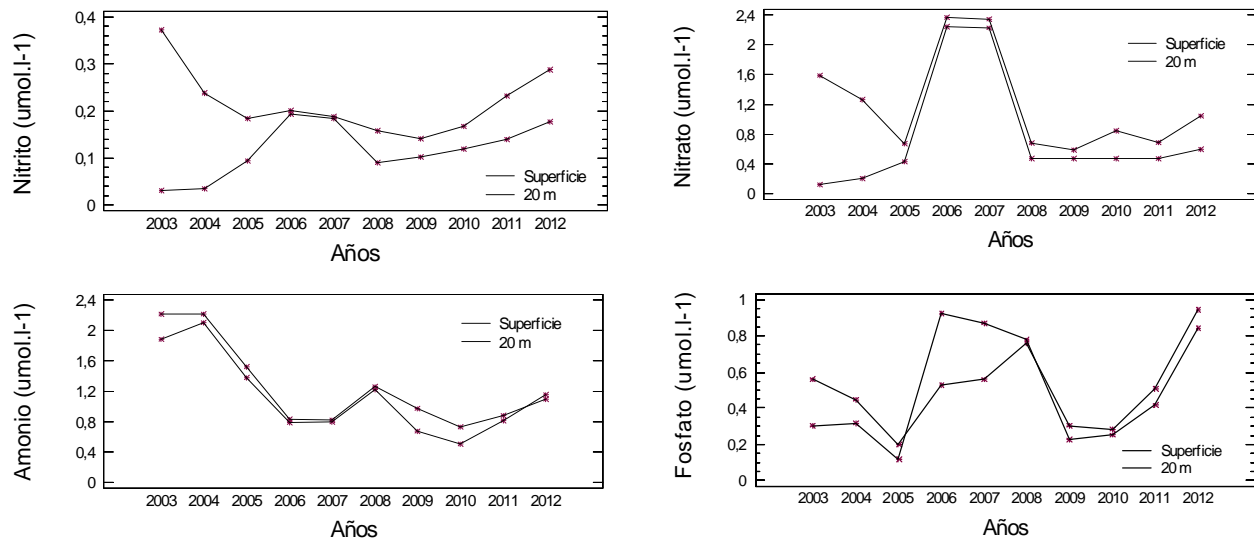


Fig. 6. Variación anual nutrientes inorgánicos ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) en la columna de agua (superior, 1 y 20 m de profundidad al este de isla Margarita (Década 2003-2012).

$^{\circ}\text{C}$ (valores puntuales $>30^{\circ}\text{C}$); el oxígeno disuelto entre 4,08 a 4,74 ml l^{-1} y la salinidad de 35,85 a 36,68 (margen 25,16 a >38). La tendencia general observada en la columna de agua también se manifiesta según la profundidad (1 y 20 m) y en los periodos estacionales, siendo notable que durante la relajación de los años 2005 a 2012 la temperatura media varió entre 26,41 y 28,12 $^{\circ}\text{C}$, el oxígeno entre 3,83 a 4,70 ml l^{-1} y la salinidad de 35,86 a 37,54 (Tabla 2A y 3A).

El aumento de la temperatura durante el período 2005-2012 en el Este de Margarita, también ocurrió en áreas próximas como se verificó en 2007-2009 en la Península de Araya y el sur de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2012); en estos estudios, los promedios anuales son más elevados que los obtenidos en 1990 al sur de Margarita (24,42 a 25,47 en superficie y 23,14 a 23,52 a los 25 m) (GÓMEZ & CHANUT 1993). Asimismo, al comparar los periodos de surgencia, es notable que los promedios fueron 23,79 y 23,89 $^{\circ}\text{C}$ en 2003 y 2004, mientras que en el lapso 2005 a 2012 fueron más elevados, variando entre 24,8 y $>25^{\circ}\text{C}$. En el Este de Margarita, las temperaturas promedios ($<25^{\circ}\text{C}$) en 2003 y 2004 fueron propicias para una mayor abundancia de biomasa de fitoplancton con predominio de diatomeas (GÓMEZ 2006; CELLAMARE & GÓMEZ 2007) y comprobada correlación negativa entre la temperatura y la biomasa del fitoplancton (GÓMEZ *et al.* 2014). Además, se ha hecho notar que en años previos al 2005 la temperatura fue notablemente inferior al margen obtenido

en años posteriores (GÓMEZ *et al.* 2012). El aumento de la temperatura promedio anual ($>25,7^{\circ}\text{C}$) no propicia que los cardúmenes de sardina se aproximen a la costa en el Este de Margarita porque se ha planteado que se acercan cuando la temperatura es inferior a 25 $^{\circ}\text{C}$ (GÓMEZ 2006; GÓMEZ *et al.* 2006; GÓMEZ & HERNÁNDEZ 2008; GÓMEZ *et al.* 2008, 2012).

En la salinidad también se denotan cambios porque en 2003 y 2004 el promedio anual fue 34,89 y 36,28 (margen 17,43 a 38,25) y de 2005 a 2012 varió entre 35,85 y 36,68 (rango 25,16 a >38) lo cual indica que en años recientes la salinidad ha mostrado ligero incremento. También es posible que en los últimos años podría ser menor la influencia de las aguas del río Orinoco, que como es conocido afecta el Este y Sur de Margarita, lo cual se demuestra en los valores promedios de esta variable durante los periodos de relajación, así en 2003-2004 el promedio fue 33,39 y 36,80, mientras que entre 2005 y 2012 varió entre 35,86 y 37,54. Por lo cual puede considerarse que en el período 2005-2012 fueron poco perceptibles las aguas del río Orinoco, lo que también ocurrió en 2007-2008 (GÓMEZ *et al.* 2012) situación que contrasta con otros años previos (GÓMEZ *et al.* 2008). La concentración del oxígeno disuelto también aumentó, en 2003-2004 el promedio anual fue 3,49 y 3,90 ml l^{-1} (en surgencia entre 3,39 y 3,70), mientras que en el lapso 2005-2012 varió entre 4,08 a 4,74 ml l^{-1} (4,06 a 4,82 durante surgencia). Estos

TABLA 4. (A) Variación anual del nitrato y el amonio (B) en la columna de agua, en profundidad de 1 y 20 m y en periodos de surgencia y relajación al este de la Isla Margarita (Década 2003-2012).

A (Nitrato $\mu\text{mol l}^{-1}$) Variación interanual				1 m		20 m		Surgencia		Relajación		
Años	n	promedio \pm sd	mínimo	máximo	n	media \pm ee	n	media \pm ee	n	media \pm ee	n	media \pm ee
2003	100	0,81 \pm 1,61	0,0	6,89	50	0,12 \pm 0,11	50	1,58 \pm 0,13	44	1,24 \pm 0,14	56	0,46 \pm 0,12
2004	88	0,72 \pm 1,69	0,0	5,76	44	0,20 \pm 0,14	44	1,26 \pm 0,14	36	0,79 \pm 0,15	52	0,67 \pm 0,12
2005	68	0,56 \pm 0,85	0,02	3,62	34	0,43 \pm 0,15	34	0,67 \pm 0,15	32	0,33 \pm 0,16	36	0,77 \pm 0,15
2006	48	2,17 \pm 1,15	0,23	4,05	24	2,24 \pm 0,18	24	2,36 \pm 0,19	20	3,12 \pm 0,20	28	1,49 \pm 0,17
2007	88	2,13 \pm 1,52	0,17	4,68	44	2,22 \pm 0,14	44	2,34 \pm 0,14	36	3,12 \pm 0,15	52	1,44 \pm 0,12
2008	96	0,58 \pm 0,51	0,07	2,96	48	0,47 \pm 0,13	48	0,68 \pm 0,13	40	0,58 \pm 0,14	56	0,58 \pm 0,12
2009	92	0,54 \pm 0,52	0,03	3,48	46	0,47 \pm 0,13	46	0,59 \pm 0,13	36	0,47 \pm 0,15	56	0,59 \pm 0,12
2010	92	0,67 \pm 0,63	0,0	3,24	46	0,47 \pm 0,13	46	0,84 \pm 0,13	36	0,59 \pm 0,15	56	0,72 \pm 0,12
2011	84	0,58 \pm 0,44	0,0	2,01	42	0,47 \pm 0,14	42	0,69 \pm 0,14	40	0,57 \pm 0,14	44	0,58 \pm 0,14
2012	96	0,78 \pm 0,98	0,0	6,96	48	0,60 \pm 0,13	48	1,04 \pm 0,13	40	1,02 \pm 0,14	56	0,62 \pm 0,12
B (Amonio $\mu\text{mol l}^{-1}$)				Surgencia enero a mayo		Relajación: junio a diciembre						
Años	n	promedio \pm sd	mínimo	máximo	n	media \pm ee	n	media \pm ee				
2003	100	2,04 \pm 1,27	0,52	6,63	50	1,88 \pm 0,14	50	2,21 \pm 0,14	44	2,10 \pm 0,15	56	1,99 \pm 0,13
2004	88	2,18 \pm 1,17	0,52	6,60	44	2,09 \pm 0,15	44	2,22 \pm 0,15	36	2,06 \pm 0,16	52	2,26 \pm 0,14
2005	68	1,46 \pm 1,15	0,0	4,98	34	1,38 \pm 0,17	34	1,51 \pm 0,17	32	1,25 \pm 0,17	36	1,64 \pm 0,16
2006	48	0,79 \pm 0,42	0,11	1,72	24	0,78 \pm 0,20	24	0,83 \pm 0,20	20	0,88 \pm 0,22	28	0,74 \pm 0,19
2007	88	0,80 \pm 0,49	0,0	2,09	44	0,80 \pm 0,15	44	0,82 \pm 0,15	36	0,86 \pm 0,16	52	0,76 \pm 0,14
2008	96	1,19 \pm 1,17	0,24	5,13	48	1,22 \pm 0,14	48	1,27 \pm 0,14	40	1,62 \pm 0,16	56	0,86 \pm 0,13
2009	92	0,81 \pm 1,00	0,0	4,66	46	0,67 \pm 0,15	46	0,97 \pm 0,15	36	0,85 \pm 0,16	56	0,79 \pm 0,13
2010	92	0,58 \pm 0,91	0,0	4,42	46	0,51 \pm 0,15	46	0,73 \pm 0,15	36	0,79 \pm 0,16	56	0,45 \pm 0,13
2011	84	0,83 \pm 0,82	0,0	4,44	42	0,81 \pm 0,15	42	0,87 \pm 0,15	40	1,12 \pm 0,15	44	0,57 \pm 0,15
2012	96	1,19 \pm 0,93	0,0	4,07	48	1,15 \pm 0,14	48	1,10 \pm 0,14	40	0,70 \pm 0,16	56	1,54 \pm 0,13

n: número muestras sd: desviación estándar ee: error estándar

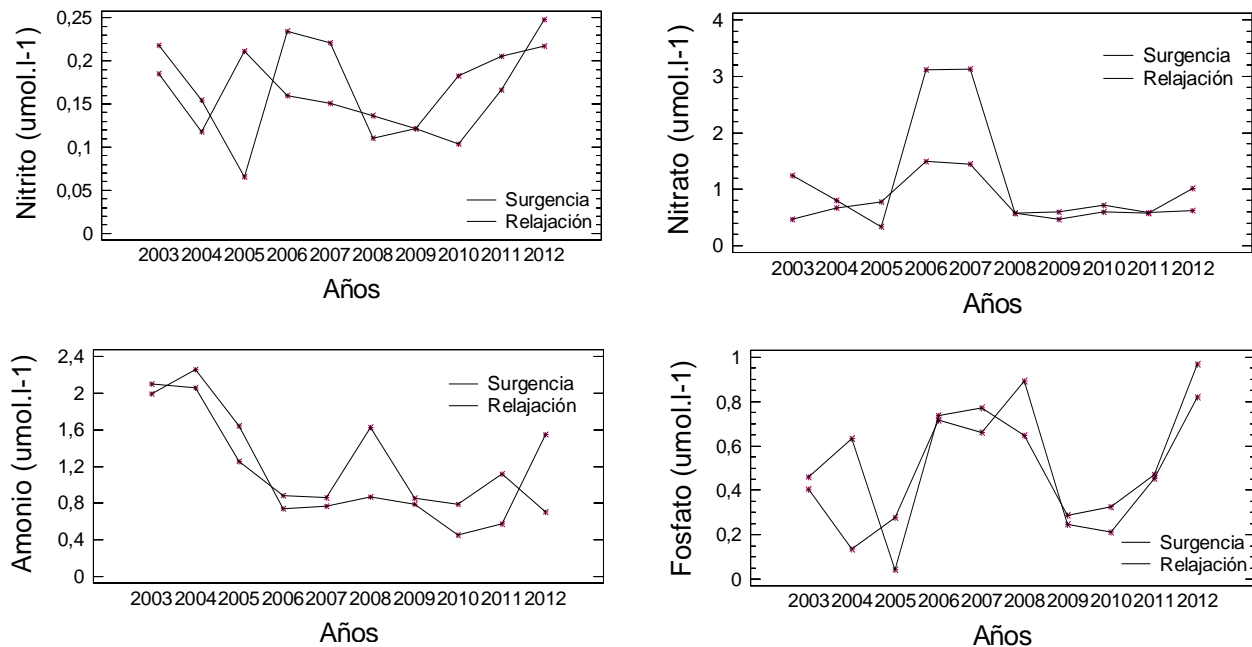


Fig. 7. Variación anual nutrientes inorgánicos ($\mu\text{mol l}^{-1}$) en periodos de surgencia y relajación al este de isla Margarita (Década 2003-2012).

valores son más elevados que durante 2003-2004 y los de años previos al Sur de Margarita (BALLESTER 1965; GÓMEZ & CHANUT 1988, 1993; GÓMEZ *et al.* 2008), pero comparables a los valores obtenidos durante 2007-2009 en la Península de Araya y áreas próximas (GÓMEZ *et al.* 2012). Así, entre 2005 y 2012 es notorio el aumento de la temperatura, el oxígeno disuelto y la salinidad.

Durante los periodos de surgencias de los años 2005 a 2012, de acuerdo a los promedios de temperatura y salinidad obtenidos en la columna de agua, esta no puede adscribirse a la denominada tipo B (21 a 24°C y >36,7 de salinidad) según OKUDA (1978, 1981), por lo cual, durante esos años, es posible que al Este de Margarita no afloraran aguas subtropicales. En consecuencia, la surgencia fue débil y/o moderada en intensidad, porque la isobata de 21°C es indicadora de agua subtropical y de surgencia intensa, como es bien conocido (OKUDA 1978, 1981) y aceptado (ASTOR *et al.* 2003, 2004; GÓMEZ 2006; GÓMEZ *et al.* 2008, 2012) lo que incide en la fertilidad marina y la disponibilidad de recursos como la sardina (GÓMEZ *et al.* 2014).

Nutrientes. En todos los nutrientes se encontró diferencia estadística al comparar sus concentraciones anuales en la columna de agua y entre las profundidades (1 y 20 m); en

los periodos de surgencia y relajación también se verificó diferencia en la concentración de nitrito, nitrato y amonio, a diferencia del fosfato (Tabla 1). Es de notar que la variación interanual del nitrito, el nitrato y el fosfato no tiene una regularidad, en el sentido de elevadas concentraciones en los años 2003-2004 cuando se verificó surgencia fuerte al Este de Margarita, por la presencia de la isobata de 21°C en superficie (GÓMEZ 2006) y una posterior disminución en el lapso 2005-2012 porque algunos de los promedios anuales máximos fueron durante 2006-2008 (Tabla 3B, 4 y 5).

En los años 2003-2004, la concentración promedio anual del nitrito en la columna de agua fue 0,20 y 0,13 $\mu\text{mol l}^{-1}$, respectivamente, mientras que en el periodo 2005-2012 varió entre 0,12 y 0,23 $\mu\text{mol l}^{-1}$. La concentración fue mayor a los 20 m de profundidad y también durante el período de surgencia, pero no siempre, porque durante la relajación de los años 2005, 2008, 2010 y 2011 fue mayor (Tabla 3B). Los valores mencionados son menores que los citados previamente: así, en 2004-2005 varió entre 0,59 y 1,74 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en las islas de Coche, Cubagua y al Sur de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2008) y también son inferiores a los citados (0,53 a 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$) para el golfo de Cariaco (KATO 1961; MANDELLI & FERRAZ 1982).

TABLA 5. (A) Variación anual del fosfato en la columna de agua, en profundidad de 1 y 20 m y en periodos de surgencia y relajación al Este de la Isla Margarita (Década 2003-2012).

Años	n		promedio \pm sd		Variación interanual		1 m		20 m		Surgencia		Relajación	
	n		promedio \pm sd		mínimo	máximo	n	media \pm ee	n	media \pm ee	n	media \pm ee	n	media \pm ee
2003	100		0,43 \pm 0,35		0,0	1,39	50	0,30 \pm 0,08	50	0,56 \pm 0,07	44	0,46 \pm 0,08	56	0,40 \pm 0,07
2004	88		0,34 \pm 0,42		0,0	1,92	44	0,32 \pm 0,08	44	0,45 \pm 0,08	36	0,63 \pm 0,09	52	0,18 \pm 0,08
2005	68		0,16 \pm 0,39		0,0	3,02	34	0,12 \pm 0,09	34	0,20 \pm 0,09	32	0,04 \pm 0,09	36	0,27 \pm 0,09
2006	48		0,72 \pm 0,81		0,0	3,36	24	0,92 \pm 0,11	24	0,53 \pm 0,11	20	0,74 \pm 0,12	28	0,71 \pm 0,11
2007	88		0,70 \pm 0,82		0,0	3,56	44	0,87 \pm 0,08	44	0,56 \pm 0,08	36	0,77 \pm 0,09	52	0,66 \pm 0,08
2008	96		0,79 \pm 0,80		0,0	2,90	48	0,78 \pm 0,08	48	0,76 \pm 0,09	40	0,64 \pm 0,08	56	0,89 \pm 0,07
2009	92		0,26 \pm 0,36		0,0	1,93	46	0,22 \pm 0,08	46	0,30 \pm 0,08	36	0,29 \pm 0,09	56	0,24 \pm 0,07
2010	92		0,26 \pm 0,23		0,0	1,40	46	0,25 \pm 0,08	46	0,28 \pm 0,08	36	0,32 \pm 0,09	56	0,21 \pm 0,07
2011	84		0,48 \pm 0,43		0,0	1,61	42	0,42 \pm 0,09	42	0,50 \pm 0,08	40	0,47 \pm 0,08	44	0,45 \pm 0,08
2012	96		0,88 \pm 0,73		0,0	3,44	48	0,84 \pm 0,08	48	0,94 \pm 0,08	40	0,97 \pm 0,08	56	0,82 \pm 0,07

n: número muestras sd: desviación estándar ee: error estándar Surgencia enero a mayo Relajación: junio a diciembre

En cuanto al nitrato, durante 2003-2004 su concentración en la columna fue 0,81 y 0,72 $\mu\text{mol l}^{-1}$, siendo mayor a los 20 m de profundidad y durante los periodos de surgencia. En el lapso 2005-2012, el promedio anual osciló ampliamente (0,54 a 2,17 $\mu\text{mol l}^{-1}$). En los periodos de surgencias del 2006 y 2007, los promedios superaron ampliamente a los obtenidos durante la relajación, pero no ocurrió así durante 2008 a 2011 (Tabla 4A). En este estudio, las concentraciones anuales son comparables a las obtenidas en 2007-2009 en la Península de Araya y el sur de Margarita (GÓMEZ *et al.*, 2012). En áreas próximas citan valores más altos: 4 a 6 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (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 golfo de Cariaco (OKUDA 1978; MANDELLI & FERRAZ 1982) aunque en la estación Cariaco los valores son mínimos en superficie (ASTOR *et al.* 2004).

El amonio es el único nutriente que muestra alguna tendencia, en el sentido que durante 2003-2004 (años con surgencias fuertes) tuvo concentraciones promedio anuales elevadas (2,04 y 2,18 $\mu\text{mol l}^{-1}$), luego disminuyeron en el lapso 2005-2012 hasta alcanzar promedio mínimo de 0,58 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2010, aunque en 2008 y 2009 se obtuvieron promedios de 1,19 y 0,81 $\mu\text{mol l}^{-1}$ porque las concentraciones fueron altas durante la relajación (Tabla 4B). Sin embargo, los promedios anuales obtenidos en el presente estudio fueron menores que los previamente mencionados para la isla de Cubagua: 2,89 en superficie y 2,21 $\mu\text{mol l}^{-1}$ a los 20 m (GÓMEZ & CHANUT 1988) y Sureste de Margarita (GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008). Para la región, se menciona entre 6 y 17 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en primeros 50 m del golfo y la fosa de Cariaco (KATO 1961), también hasta 2,4 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS & VACCARO 1956; MANDELLI & FERRAZ 1982) y 3,0 a 5,5 $\mu\text{mol l}^{-1}$ entre Araya y Margarita (BALLESTER 1965). En la estación Cariaco no se detecta amonio en superficie (ASTOR *et al.* 2004), aunque se mencionan valores <0,1 y hasta 1,0 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (ZHANG & MILLERO 1993). Al sur de Margarita los valores de amonio son bajos cuando nitrito y nitrato son altos (GÓMEZ & CHANUT 1993) y se ha comentado (GÓMEZ *et al.* 2012) que en esta área quizás el nutriente limitante para las microalgas sea el amonio, como sugieren SALAZAR GÓMEZ *et al.* (2011).

En relación al fosfato, no se verificó diferencia estadística en los promedios anuales según la profundidad y en periodos de surgencia y relajación (Tabla 1) confirmando lo encontrado en 2007-2009 en la

Península de Araya y Sur de Margarita (GÓMEZ *et al.* 2012). En 2003 y 2004, la concentración anual fue 0,43 y 0,34 $\mu\text{mol l}^{-1}$ respectivamente, disminuyó a 0,16 en 2005, varió entre 0,70 y 0,79 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2006-2008 y fue 0,26 en 2009-2010, aumentando a 0,48 y 0,88 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en 2011-2012. Estos valores medios indican que el fosfato se ha mantenido en concentraciones anuales relativamente elevadas, por lo cual es posible considerar que localmente no parece altamente limitante para el fitoplancton. Durante el lapso 2005-2012, la concentración en superficie y 20 m fue similar, pero en 2005 y 2008 los valores en la relajación fueron más altos que en surgencia (Tabla 5), situación que contrasta con trabajos previos porque en surgencia la concentración ha sido tres veces mayor (GÓMEZ & CHANUT 1993; GÓMEZ *et al.* 2008). En este trabajo los valores del fosfato son comparables a encontrados en años precedentes en Cubagua (0,86 y 0,48 $\mu\text{mol l}^{-1}$) en superficie y en 15 m (GÓMEZ & CHANUT 1988) pero son menores que el promedio en superficie (>1 $\mu\text{mol l}^{-1}$) durante 2004-2005 (GÓMEZ *et al.* 2008). Para la región, el margen en superficie es 0,15 a 0,53 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (RICHARDS 1969; HULBURT 1966; OKUDA *et al.* 1969; OKUDA 1981; FERRAZ 1989), también citan entre 1-1,5 (KATO 1961) y 1,63 a 3,37 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (BALLESTER 1965) y en la estación Cariaco <0,3 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (ASTOR *et al.* 2004). En este estudio, las concentraciones de fosfato fueron bajas (0,26 $\mu\text{mol l}^{-1}$) en 2009 y 2010, pero aumentaron notablemente en 2011 y especialmente en 2012 cuando se calcularon las concentraciones medias más elevadas de la década, superando los valores de 2006 y 2007. Es posible postular que el fosfato muestra evidencia de aumento e indirectamente indicar una posible recuperación de las condiciones que prevalecieron entre los años 2005 y 2010. Aunque también no puede descartarse que exista alguna eutroficación local por causa de desarrollos habitacionales en la costa este de Margarita.

En general, en el lapso 2005-2012, el margen de los promedios anuales ($\mu\text{mol l}^{-1}$) de los nutrientes nitrito (0,12 a 0,23), nitrato (0,54 a 2,17), amonio (0,58 a 1,46) y fosfato (0,16 a 0,88) son menores que las concentraciones promedio mencionadas previamente para la isla de Cubagua (GÓMEZ & CHANUT 1988), el Sur de Margarita (GÓMEZ & CHANUT 1993) y la isla de Coche (GÓMEZ *et al.* 2008) confirmando que en los últimos años ha ocurrido disminución de la fertilidad acuática regional (GÓMEZ *et al.* 2012, 2013), lo cual posiblemente afecta la abundancia de recursos pesqueros pelágicos como la sardina *S. aurita*, entre otras especies. A

sotavento del presente estudio, las mediciones biogeoquímicas en la estación Cariaco durante los años 1996-2010 también documentan la declinación de la productividad planctónica entre 2004 y 2010 por debilidad de los vientos alisios que impulsan la surgencia costera regional (TAYLOR *et al.* 2012).

CONCLUSIONES

Según la hidrografía y la concentración de nutrientes inorgánicos estudiados durante una década (2003-2012) en el este de la isla de Margarita, se concluye que durante los años 2005 a 2012, el fenómeno hidrográfico de la surgencia fue débil porque no afloraron aguas subtropicales, lo que afectó la fertilidad de las aguas y es posible explicación de la disminución en abundancia de recursos pesqueros regionales. Además, el notable aumento de la temperatura del agua no propicia que cardúmenes de sardina *S. aurita* se aproximen a la costa.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido posible gracias a investigaciones sobre la ecología costera en el sureste de Margarita, financiadas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela (Fonacit) mediante Proyectos 2000001372 y PEI 2011-1220 y la Universidad de Oriente (Proyectos CI-6-1364/07 y 1667/10). Gracias al Lic. E. MATA (UDONE) por ayuda con figuras. Se agradecen valiosas sugerencias de árbitros.

REFERENCIAS

- APARICIO, R. 2003. Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris, Francia. 171-206.
- ASTOR, Y., J. MERI & F. MULLER-KARGER. 1998. Variabilidad estacional hidrográfica de la Fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 158 (149): 61-72.
- _____, F. MULLER-KARGER & M. SCRANTON. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Continental 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. Cienc. Nat. La Salle*, 161-162: 235-252.
- 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. USA. 1298 pp.
- 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 & 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.
- CÁRDENAS, J. 2003. Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental Venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris, Francia. 401- 423.
- _____. & A. ACHURY. 2002. Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 154: 39-54.
- 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. Cienc. Nat. 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. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 46(1): 23-36.
- 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. 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. Cienc. Nat. La Salle*, 26 (75): 274-282.
- FREÓN, P. & J. MENDOZA. 2003. Explotación y dinámica poblacional: una síntesis. 110-138. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris, Francia. 549 pp.
- _____, M. EL KHATTABI., J. MENDOZA & R. GUZMÁN. 2003. Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de *Sardinella aurita* de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris, Francia. 357-387.
- FUKUOKA, J. 1962. Características de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 22 (63): 192-205.
- _____. 1963. Un análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 23 (64): 43-55.
- _____. 1964. Análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. 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. Cienc. Nat. La Salle*, 25 (70, 71, 72): 9-38.
- _____. 1966. Coastal upwelling near Venezuela (II). Certain periodicities of hydrographical conditions. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 5 (1 y 2): 84-95.
- _____. & A. BALLESTER. 1963. Un análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe (III). *Mem. Soc. Cienc. 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. *Bol. Inst. Oceanogr. 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.
- GERLOTTO, F. & H. GINÉS. 1988. Diez años de eointegración en EDIMAR referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 48 (3): 311-324.
- 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.
- _____. 1991. Interacción entre un estuario negativo (Laguna de La Restinga) y el mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 30(1-2): 47-55.

- _____. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia*.21(3): 140-146.
- _____. 2006. Caracterización ecológica del caladero de pesca más importante de Venezuela (Pampatar-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.
- _____. 2007. Producción primaria en el sureste de la Isla de Margarita (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 46(2): 97-105.
- _____. & 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.
- _____. & 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.
- _____. & I. HERNÁNDEZ. 2008. Abundancia interanual del zooplancton nocturno en la costa este de Isla Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 47(2): 91-102.
- _____. 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 y 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.
- _____. A. BARCELÓ & 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*. 28(1-2): 35-45.
- _____. E. MATA & 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*.30: 53 (1): 25-36.
- GUZMÁN, R. & G. GÓMEZ. 2000. Crecimiento, mortalidad y patrón de reclutamiento de *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela. *Zootecn. Trop.* 18(2): 129-144.
- _____. P. FREO & J. MENDOZA. 2003. La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973-1989. En: Freón, P. & J. Mendoza (Edits.). *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Editions, Paris, France. 427-450.
- HEEZEN, B., R. MENZIES, W. BROECKER & M. EWING. 1959. Stagnation of the Cariaco Trench. In: Preprint Int. Ocean. Cong. M. Sears (Ed.). *Am. Ass. Adv. Sc., Washington D.C. USA*. 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.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco. I Chemical and hydrographical observations in January 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 1 (1): 49-73.
- LJOEN, R. & L. HERRERA. 1965. Some oceanographic conditions of the coastal water of Eastern Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 4 (1): 7-50.
- LIDZ, L., W. CHARM, M. BALL & S. VALDEZ. 1969. Marine basins off the coast of Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 19: 1-17.

- 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., 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. Cienc. Nat. La Salle*, 20: 211-221.
- _____. 1969. El Ecosistema Pelágico del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, (32): 5-31.
- MOIGIS, A. & 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. Cienc. Nat. La Salle*, 161-162: 215-234.
- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 14 (2): 251-268.
- _____. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la fosa de Cariaco y áreas adyacentes. *FAO Fisheries Report*, 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. Venezuela.* 7 (1 y 2): 7-37.
- _____. B. GAMBOA & A. GARCÍA. 1969a. Seasonal variation of hydrographic conditions in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 8 (1 y 2): 21-27.
- _____. J. BENITEZ & E. FERNÁNDEZ. 1969b. Vertical distributions of inorganic nitrogen in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 8 (1-2): 28-34.
- _____. J. BENITEZ, J. SELIER, 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.
- 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.
- _____. G. TEREJOVA & J. BONILLA. 2009. Las corrientes marinas en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 48 (2): 109-119.
- RICHARDS, F. & R. VACCARO. 1956. The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea. *Deep Sea Res.* 3(3): 214-228.
- _____. 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.
- _____. 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. Cienc. Nat. La Salle*, 168: 7-24.

- 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, USA. 168 pp.
- SALAZAR GÓMEZ, I., J. DÍAZ RAMOS, K. RINCONES, L. CHAZERDDINE, S. SUBERO, L. TROCCOLI, B. MÁRQUEZ, B. MARIN, A. MARQUEZ & 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. & T. PARSONS. 1972. *Practical handbook of seawater analysis*. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167: 310 pp.
- STROMME, T. & G. SAETERSDAL. 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Surinam y Colombia, 1988. Informe Final. Report Surveys R/V Dr. F. Nansen. *NORAD/UNDP/FAO. Inst. Mar. Res.* Bergen, Norway. 145 p.
- TAYLOR, G, F. MULLER-KARGER, R. THUNELL, M. SCRANTON, Y. ASTOR, R. VARELA, L. TROCCOLI, L. LORENZONI, K. FANNING, S. HAMEED & O. DOHERTY. 2012. Ecosystem responses in the southern Caribbean Sea to global climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 109 (47): 19315-19320.
- 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: Febrero 2014
ACEPTADO: Diciembre 2014