

DENSIDAD DE HUEVOS DE SARDINA *SARDINELLA AURITA*, ABUNDANCIA DE ZOOPLANCTON E HIDROGRAFÍA EN LA PENÍNSULA DE ARAYA Y SUR DE ISLA MARGARITA, VENEZUELA

Alfredo Gómez Gaspar

Museo Marino de Margarita y Universidad de Oriente (Nueva Esparta), Boca del Río, Isla Margarita, Venezuela. agomezgaspar@yahoo.com

RESUMEN

Durante 18 meses (octubre de 2007 a marzo de 2009) se estudió la densidad de huevos de sardina *Sardinella aurita*, la abundancia de mesozooplankton y la hidrografía en tres estaciones al sur de Margarita (Coche, Cubagua y Macanao) y tres en la península de Araya (Guaca, Chacopata y Araya). Se realizaron muestreos nocturnos con red (diámetro 1.0 m; longitud 2.5 m y malla de 400 μm) arrastrada 20 minutos (profundidad 15-20 m). Se colectaron muestras de agua (1 y 25 m profundidad) para determinar la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto. En la península de Araya la densidad mensual de huevos de sardina varió entre 2.51 y 5.19 huevos/ m^3 y al sur de Margarita varió entre 5.22 y 7.06 / m^3 . La densidad máxima (47.51 huevos/ m^3) se cuantificó en la estación Coche. La abundancia de huevos de sardina fue inferior a las determinadas entre 2002 y 2004 al este de Margarita. La densidad mensual del zooplankton varió entre 170.63 y 1032.8 ind/ m^3 ; el peso seco entre 2.53 y 7.32 mg/m^3 y el volumen sedimentado entre 0.26 y 0.38 mL/m^3 . En las islas de Coche y Cubagua se encontró mayor abundancia de zooplankton y de huevos de sardina. Se discute la hidrografía y se plantea que de acuerdo con la temperatura promedio en superficie y 25 m de profundidad (26.5 y 24.9 °C) son valores comparables a los de años precedentes (2005 a 2007) lo cual posiblemente afectó la abundancia del recurso sardinero regional.

PALABRAS CLAVES: Huevos, *Sardinella aurita*, Zooplankton, Caribe de Venezuela

ABSTRACT

Density of round sardine *Sardinella aurita* eggs, zooplankton abundance and hydrography in the Araya Peninsula and south of Margarita Island, Venezuela. During 18 months (October 2007 - March 2009) the density of eggs and larvae of round sardine *Sardinella aurita*, the abundance of mesozooplankton and hydrography were studied in three stations located south of Margarita island (Coche, Cubagua and Macanao) and three stations at the Araya Peninsula (Guaca, Chacopata and Araya). Nocturnal horizontal hauls (20 minutes; 15-20 m depth) of plankton (net diameter 1.0 m; net length 2.5 m and mesh size 400 μm) and water samples (surface and 25 m) were collected to determinate temperature, salinity and dissolved oxygen. Eggs of sardine were found

during all study months; in the Araya Peninsula the mean density ranged between 2.51 and 5.19 eggs/m³ and ranged between 5.22 y 7.06 eggs/m³ at the south of Margarita Island. The highest density (47.51 eggs/m³) was found at Coche. The abundance of sardine eggs was minor than between 2002 and 2004 at the east of Margarita. The monthly mean density of total zooplankton ranged between 170.63 and 1032.8 ind/m³; the dry weight between 2.53 and 7.32 mg/m³ and the settled volume ranged between 0.26 and 0.38 mL/m³. The highest abundances of zooplankton and sardine eggs were found at Coche and Cubagua stations. The hydrography is discussed; the temperature values at the surface and at 25 m depth (means 26.5 and 24.9 °C) are considerate high and comparable to mean temperatures of previous years (2005 to 2007) and possibly affecting sardine abundance in the region.

KEY WORDS: Eggs, *Sardinella aurita*, Zooplankton, Venezuela Caribbean

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XIX se han documentado períodos de escasez de sardina en el norte de Europa, en países asiáticos y en el Pacífico de América. Es bien conocido que especies de las familias Clupeidae y Engraulidae, denominados pequeños pelágicos, tienen marcadas fluctuaciones poblacionales (Wyatt y Gómez-Larrañeta, 1988; Cushing, 1990) que se atribuyen a variación en el reclutamiento, porque ocurren grandes mortalidades durante la fase planctónica, entre otras causas. En este sentido, una de las formas potenciales de conocer posibles capturas abundantes del recurso es mediante el estudio de la abundancia de sus huevos en el zooplancton, como primer eslabón de factores físicos y biológicos (Peterson y Wroblewsky, 1984; Bradford, 1992).

En Venezuela, durante los primeros años del siglo XXI la captura de sardina *Sardinella aurita* osciló alrededor de las 200000 toneladas, pero desde 2005 las capturas se redujeron notablemente, situación que se mantiene inclusive en 2010 cuando se pescaron 36595 toneladas (Insopesca. Caracas, Venezuela. 2011. Com. Pers.). La crisis sardinera actual tiene más de una década de duración, no es la primera del recurso porque en el pasado reciente también se han presentado períodos de escasez, las cuales no se documentaron ni reconocieron apropiadamente, a pesar de que la industria sardinera tiene más de 60 años de establecida. Según informaciones de pescadores, en la isla de Margarita la sardina ha desaparecido varias veces durante los últimos 25 años, en ocasiones ausente hasta por 24 meses, pero la actual escasez supera los diez años.

La crisis del principal recurso pesquero venezolano tiene variadas causas, se menciona que se relaciona con el aumento de la temperatura del agua en los caladeros, con la disminución de la producción primaria y otros factores

ecológicos (Gómez, 2006a, 2007; Gómez *et al.*, 2008). También, sin evidencias concretas se menciona que ha ocurrido sobrepesca, sin embargo se ha citado que el stock de sardina estaba subexplotado o con niveles de explotación bajos (Freón y Mendoza, 2003; Freón *et al.*, 2003), moderado y estable (Guzmán y Gómez, 2000), que su biomasa variaba entre 630000 y 1300000 toneladas (Cárdenas, 2003) y otras estimaciones acústicas coinciden en 850000 toneladas (Gerlotto y Ginés, 1988; Stromme y Saetersdal, 1989; Cárdenas y Achury, 2002). Debe también considerarse que en la última década ha ocurrido disminución de la fertilidad acuática regional (Gómez y Barceló, 2014; Gómez *et al.*, 2014) y que cambios ecológicos contemporáneos en el Caribe sur se relacionen con variaciones en el clima global (Taylor *et al.*, 2012) y regional que impactan stocks y su pesquería (Sabatés *et al.*, 2006).

La abundancia de huevos de sardina en la región se estudió hace más de 40 años y se verificó que el sur de Margarita y la península de Araya son importantes áreas de desove (Simpson y González, 1967; López, 1972). En este estudio se determinó la abundancia del zooplancton y se cuantificó la densidad de huevos y su representación porcentual en el plancton durante 18 meses para compararla con estudios precedentes (Gómez y Hernández, 2008) cuando ocurrieron capturas cuantiosas de sardina (Gómez *et al.*, 2008).

ÁREA DE ESTUDIO

El nororiente de Venezuela comprende a los estados Sucre y Nueva Esparta, este último constituido por las islas Margarita, Coche y Cubagua situadas frente a la península de Araya (Figura 1). Es la región pesquera más fértil del mar Caribe (Gómez, 2001) por variadas causas, entre ellas la surgencia de aguas subtropicales evidente indirectamente por la disminución de la temperatura en superficie durante los primeros meses del año (Gómez, 1996), propiciando la presencia de valiosos recursos pesqueros pelágicos, como la sardina *S. aurita* que constituye el recurso marino más importante de Venezuela (Freón y Mendoza, 2003). Nueva Esparta tiene reconocida importancia pesquera nacional; durante 2003 y 2004 las capturas de sardina oscilaron alrededor de 100000 toneladas (Gómez, 2006b), en 2005 disminuyeron 50% (Gómez *et al.*, 2008) y 90% durante los años subsiguientes (2006 a 2010) con capturas entre 6560 y 9437 toneladas (Figura 2).

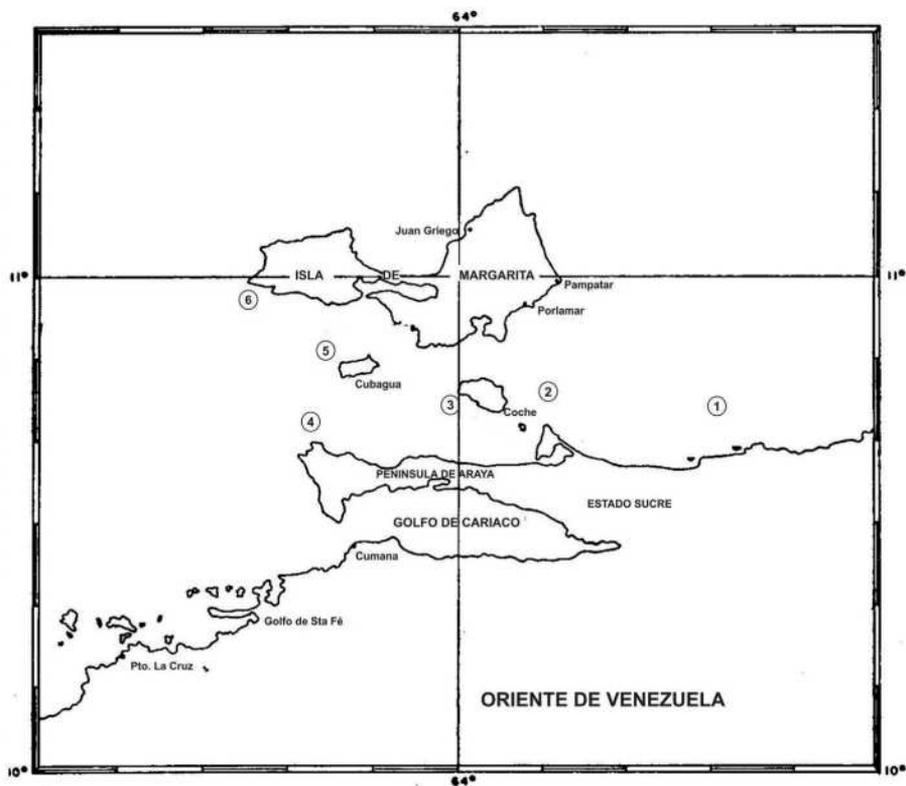


Figura 1. Estaciones de muestreo en la península de Araya (1, 2 y 4) y sur de Isla Margarita (3, 5 y 6) (Venezuela). 1. Guaca 2. Chacopata 3. Coche 4. Araya 5. Cubagua 6. Macanao.

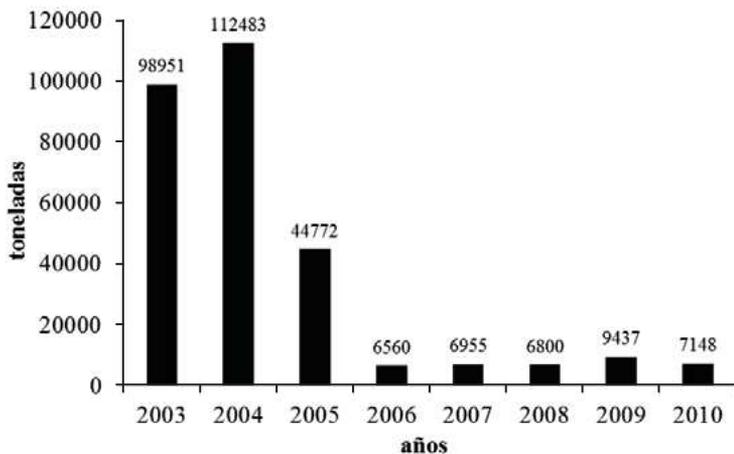


Figura 2. Captura (toneladas) de sardina *Sardinella aurita* en el estado Nueva Esparta (Venezuela).

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde octubre de 2007 a marzo de 2009 (18 meses) se visitaron mensualmente seis estaciones (Figura 1) localizadas al sur de Margarita (Coche, oeste de Cubagua, Macanao) y en la península de Araya (Guaca, Chacopata, Araya) situadas aproximadamente a 15 km de la costa. Las colectas de zooplancton fueron nocturnas, entre 6:30 pm y 4:30 am; las estaciones georreferenciadas (Tabla 1) se muestrearon la misma noche utilizando lancha rápida. Se utilizó una red de mesozooplancton (diámetro de 1.0 m, longitud de 2.5 m y abertura de malla de 400 μm) 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. Con botella tipo Van Dorn se obtuvieron muestras de agua (1 y 25 m) para determinar la temperatura con termómetro digital, la salinidad con salinómetro de inducción y el oxígeno disuelto según las técnicas sugeridas por Strickland y Parsons (1972). En el laboratorio con un fraccionador de plancton (Folsom) se subdividió la muestra en dos partes, una para estimar la densidad de huevos de sardina (incluyendo sus larvas) y del zooplancton total por observación directa al microscopio, contabilizando por lo menos 10% de la submuestra de volumen conocido y extraída con pipeta Stempel, según pautas generales (Boltovskoy, 1981); con la otra mitad de la muestra se determinó el volumen sedimentado y el peso seco del zooplancton. Los datos fueron comparados mediante análisis de varianza multifactorial usando el programa Statgraphics Plus (versión 5.0); en casos necesarios se hicieron transformaciones logarítmicas ($\log n+1$).

Tabla 1. Localización georreferenciada de las estaciones de muestreo en la península de Araya y sur de Isla Margarita (Venezuela).

Estación	Localización
Península de Araya	
1. Guaca	N 10° 47' 000 - O 63° 25' 000
2. Chacopata	N 10° 49' 093 - O 63° 48' 504
4. Araya	N 10° 41' 887 - O 64° 15' 444
Sur de Margarita	
3. Coche	N 10° 46' 638 - O 63° 59' 615
5. Cubagua	N 10° 52' 461 - O 64° 16' 896
6. Macanao	N 10° 56' 923 - O 64° 22' 168

RESULTADOS

Densidad de huevos de sardina (Tabla 2; Figuras 3-5)

Tabla 2. Densidad promedio de huevos de sardina y su representación porcentual en el zooplancton de la península de Araya y el sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009). Valores mínimo y máximo en paréntesis.

Estación	Huevos sardina /m ³	% del zooplancton
P. Araya		
1.- Guaca	2.51 (0.1 – 5.4)	3.68 (2.2 – 5.2)
2.- Chacopata	4.20 (1.3 – 7.1)	2.99 (1.5 – 4.5)
4.- Araya	5.19 (2.2 – 8.1)	3.61 (2.1 – 5.1)
Sur Margarita		
3.- Coche	7.06 (4.1 – 10.0)	2.12 (0.6 – 3.6)
5.- Cubagua	5.82 (2.9 – 8.7)	3.45 (1.9 – 5.0)
6.- Macanao	5.22 (2.3 – 8.2)	3.21 (1.7 – 4.7)

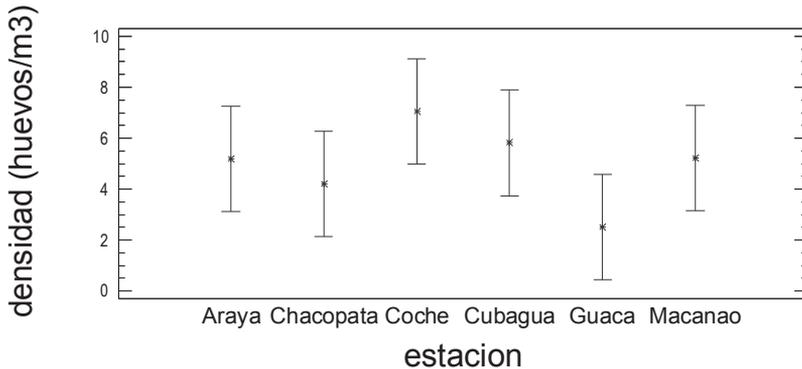


Figura 3. Densidad de huevos de sardina/m³ (promedio y error estándar) en estaciones de península de Araya y sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009).

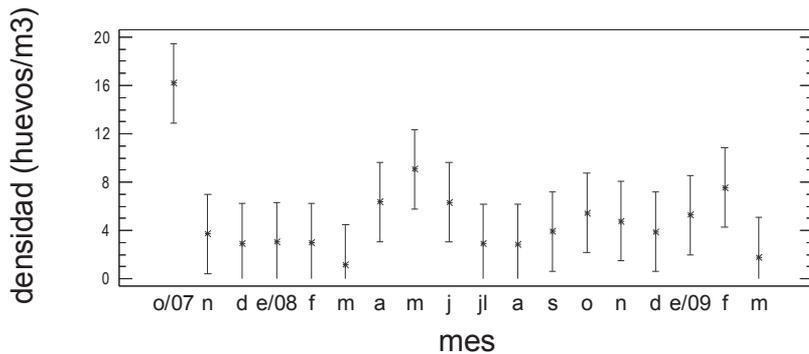


Figura 4. Variación mensual de la densidad de huevos/m³ (promedio y error) de sardina en península de Araya y sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009).

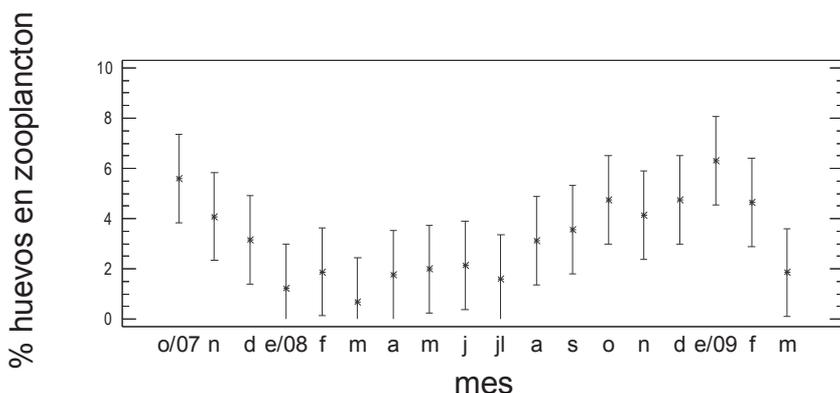


Figura 5. Representación porcentual mensual de huevos de sardina (promedio y error) en el zooplancton de la península de Araya y sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009).

Península de Araya: En la estación Guaca la densidad de huevos varió entre 0.1 y 5.44 huevos/m³ (promedio 2.51 huevos/m³), representando entre 2.2 y 5.2% (promedio 3.68%) del zooplancton; en Chacopata osciló entre 1.3 y 7.1 huevos/m³ (promedio 4.20 huevos/m³), constituyendo de 1.5 a 4.5% (promedio 2.99%) del zooplancton; en Araya la densidad fluctuó entre 2.2 y 8.1 huevos/m³ (promedio 5.19 huevos/m³), siendo de 2.1 a 5.1 % (promedio 3.61%) del zooplancton (Tabla 2).

Sur de Margarita: En la isla de Coche la densidad de los huevos varió entre 4.1 y 10.0 huevos/m³ (promedio 7.06 huevos/m³), representando entre 0.6 y 3.6% (promedio 2.12%) del zooplancton; en Cubagua la densidad varió entre 2.9 y 8.7 huevos/m³ (promedio 5.82 huevos/m³), constituyendo de 1.9 a 5.0% (promedio 3.45%) del plancton; en Macanao la densidad de huevos de sardina fluctuó entre 2.3 y 8.2 huevos/m³ (promedio 5.22 huevos/m³), representando de 1.7 a 4.7 % (promedio 3.21%) del zooplancton (Tabla 2).

Abundancia de zooplancton total (Tabla 3; Figuras 6 y 7)

Tabla 3. Abundancia promedio de zooplancton (volumen sedimentado, peso seco y densidad) en la península de Araya y el sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009). Valores mínimo y máximo en paréntesis.

Estación	Volumen sed. mL/m ³	Peso seco mg/m ³	Densidad zooplancton / m ³
P. Araya			
1.- Guaca	0.26 (0.15 – 0.36)	2.53 (0.41 – 4.66)	170.63 (0.10 – 363.12)
2.- Chacopata	0.37 (0.26 – 0.48)	2.93 (0.81 – 5.06)	252.19 (59.70 – 444.68)
4.- Araya	0.36 (0.25 – 0.46)	6.03 (3.91 – 8.15)	458.24 (265.76 – 650.73)
Margarita			
3.- Coche	0.38 (0.27 – 0.49)	4.49 (2.37 – 6.61)	1032.8 (840.31 – 1225.29)
5.- Cubagua	0.36 (0.26 – 0.49)	7.32 (5.11 – 9.53)	491.56 (299.08 – 684.05)
6.- Macanao	0.29 (0.19 – 0.39)	3.76 (1.69 – 5.83)	395.31 (202.82 – 587.79)

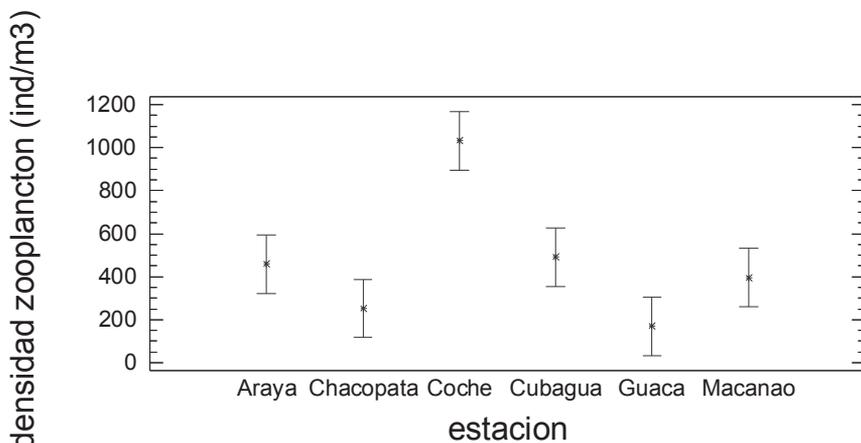


Figura 6. Promedio y error estándar de la densidad del zooplancton (ind/m³) nocturno en estaciones de la península de Araya y sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009).

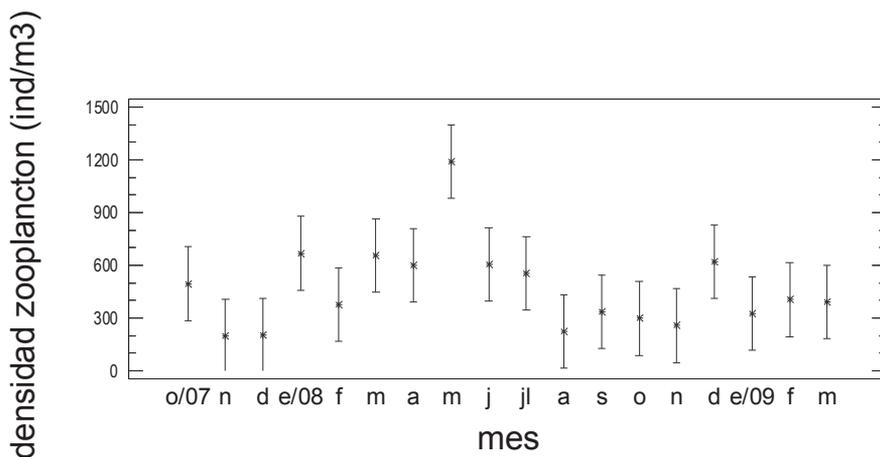


Figura 7. Variación mensual (promedio y error) de la densidad del zooplancton (ind/m³) nocturno en península de Araya y sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009).

Península de Araya: en la estación Guaca la densidad del zooplancton total varió entre 0.1 y 363.12 ind/m³ (promedio 170.63 ind/m³), el peso seco entre 0.41 y 4.66 mg/m³ (promedio 2.53 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.15 y 0.36 mL/m³ (promedio 0.26 mL/m³); en Chacopata la densidad fluctuó entre 59.70 y 444.68 ind/m³ (promedio 252.19 ind/m³), el peso seco entre 0.81 y 5.06 mg/m³ (promedio 2.93 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.26 y 0.48 mL/m³ (promedio 0.37 mL/m³); en Araya la densidad osciló entre 265.76 y 650.73 ind/m³ (promedio 458.24

ind/m³), el peso seco entre 3.91 y 8.15 mg/m³ (promedio 6.03 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.25 y 0.46 mL/m³ (promedio 0.36 mL/m³) (Tabla 3).

Sur de Margarita: la densidad del zooplancton en la isla de Coche varió entre 840.31 y 1225.29 ind/m³ (promedio 1032.8 ind/m³), el peso seco entre 2.37 y 6.61 mg/m³ (promedio 4.49 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.27 y 0.49 mL/m³ (promedio 0.38 mL/m³); en Cubagua la densidad fluctuó entre 299.08 y 684.05 ind/m³ (promedio 491.56 ind/m³), el peso seco entre 5.11 y 9.53 mg/m³ (promedio 7.32 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.26 y 0.49 mL/m³ (promedio 0.36 mL/m³); en Macanao la densidad del zooplancton osciló entre 202.82 y 587.79 ind/m³ (promedio 395.31 ind/m³), el peso seco entre 1.69 y 5.83 mg/m³ (promedio 3.76 mg/m³) y el volumen sedimentado entre 0.19 y 0.39 mL/m³ (promedio 0.29 mL/m³) (Tabla 3).

Hidrografía (Tabla 4)

Tabla 4. Valores promedios de parámetros hidrográficos medidos en estaciones de la península de Araya y el sur de Isla Margarita (octubre 2007 a marzo 2009). Valores mínimo y máximo en paréntesis.

Estación	Temperatura °C	Salinidad ups	Oxígeno ml/l
Guaca			
1 m	27.1 (25.4 – 30.0)	35.99 (32.10 – 37.50)	4.56 (3.58 – 5.35)
25 m	25.4 (23.4 – 27.7)	36.31 (34.91 – 37.24)	3.62 (2.12 – 4.80)
Chacopata			
1 m	26.4 (23.3 – 29.6)	36.33 (32.63 – 37.44)	4.62 (3.60 – 5.40)
25 m	25.1 (22.7 – 28.4)	36.50 (34.53 – 37.55)	3.26 (1.64 – 4.45)
Araya			
1 m	26.2 (23.8 – 29.8)	36.47 (35.42 – 37.51)	4.52 (3.80 – 5.28)
25 m	24.8 (21.5 – 29.1)	36.53 (35.46 – 37.64)	3.46 (2.50 – 4.75)
Coche			
1 m	26.1 (22.6 – 29.6)	36.68 (35.25 – 37.51)	4.08 (3.58 – 4.90)
25 m	24.4 (21.1 – 28.2)	36.80 (35.26 – 37.64)	2.74 (1.65 – 4.20)
Cubagua			
1 m	26.5 (24.2 – 29.3)	36.31 (32.53 – 37.46)	4.30 (3.79 – 5.20)
25 m	24.9 (21.4 – 29.3)	36.49 (34.41 – 37.52)	3.55 (2.18 – 4.60)
Macanao			
1 m	26.7 (24.0 – 30.0)	36.62 (35.58 – 37.38)	4.38 (3.79 – 5.22)
25 m	25.0 (21.1 – 28.2)	36.59 (35.54 – 37.62)	3.56 (2.44 – 5.01)

En las mediciones nocturnas de la temperatura, se determinó que entre estaciones y profundidades los promedios tienen diferencia estadística ($p < 0.01$) pero no entre los meses. En superficie (1 m) varió entre 22.6 (Coche) y 30.0°C (Guaca y Macanao), a 25 m osciló entre 21.1 y 29.3°C, los valores mínimos y menores promedios se obtuvieron en Coche y los máximos en Guaca. En el período

de surgencia de 2007 la temperatura en marzo fue alrededor de 21°C en Coche, Araya, Cubagua y Macanao, pero en marzo de 2008 se determinó solamente en la isla de Coche; también, en los primeros meses de 2009 la temperatura fue superior a 22.6°C. Lo cual de manera indirecta puede indicar que la surgencia regional fue moderada o débil en 2008 y 2009, lo que debe reflejarse en la fertilidad acuática. En relación con la salinidad, se determinó diferencia estadística entre los meses de estudio ($p < 0.01$) pero sin diferencia entre 1 y 25 m de profundidad ($p = 0.78$). En febrero y marzo de 2008 la salinidad promedio varió entre 34 y 35, las menores se obtuvieron en Guaca y Chacopata, quizá en relación con lluvias intensas ocurridas esos meses; de mayo a diciembre de 2008 la salinidad fue alrededor de 36. La concentración del oxígeno disuelto tuvo diferencia estadística entre estaciones, meses y profundidades ($p < 0.01$), de enero a marzo de 2008 a 25 m varió entre 2 y 3 mL/L en Coche, Chacopata y Araya, durante los otros meses las concentraciones fueron más elevadas (3.5 a 5 mL/L).

DISCUSIÓN

En relación con la abundancia de huevos de sardina, su densidad promedio (Figura 3) varió entre 2.51 y 7.06 huevos/m³; los valores entre estaciones no tienen diferencia estadística ($p = 0.37$) en consecuencia en el área estudiada se estimó un valor promedio de 4.99 huevos/m³. Sin embargo, la prueba de rangos múltiples indica que las estaciones Chacopata, Araya, Cubagua y Macanao forman un grupo homogéneo, pero no Coche, donde es mayor la abundancia de huevos (Tabla 2). En la Figura 4 se muestra la variación mensual de la densidad promedio de huevos en el conjunto de estaciones; en octubre de 2007 se cuantificó la mayor densidad (16.17 huevos/m³), entre abril y junio de 2008 varió entre 6.0 y 9.0 huevos/m³, en octubre de 2008 y enero-febrero de 2009 varió entre 5.2 y 7.5 huevos/m³. Las densidades máximas (47.51 y 24.94 huevos/m³) se determinaron en octubre de 2007 en las estaciones Coche y Chacopata, respectivamente. También en mayo y junio de 2008 la densidad fue superior a 31.0 huevos/m³ (Macanao) y 15 huevos/m³ en Coche, lo que indica un relativo buen desove durante esos dos meses, pero inusual porque el desove máximo de la sardina se presenta de noviembre a marzo, según Freón *et al.* (1997, 2003).

En cuanto a la representación porcentual de los huevos en la composición del zooplancton varió entre 0.6 y 5.2% y los promedios fluctuaron entre 2.12 y 3.68% (Tabla 2). En el sur de Margarita y la Península de Araya los huevos de sardina tienen menor representación que al este de Margarita donde es notable su abundancia (Gómez, 2006a, 2006b) y durante 2002 a 2005 representaron 18.78%

del zooplancton total (Gómez y Hernández, 2008). Considerando las estaciones en conjunto, en la Figura 5 se observa que la representación mensual de los huevos de sardina en el zooplancton, constituyó menos de 3% en la mayoría de los meses, excepto en octubre 2007 y enero 2009, cuando fueron 6%. Sin embargo, en algunas estaciones (Guaca) representaron 12.7 a 19.6% del zooplancton en diciembre de 2008 y en enero y febrero de 2009; valores comparables se obtuvieron en las estaciones Macanao, Chacopata, Araya y Coche, lo cual podría indicar un relativo buen desove de la sardina durante esos meses y teóricamente capturas potenciales importantes del recurso sardinero hacia mediados de 2010, lo cual en efecto ocurrió en Nueva Esparta (Asociación de Productores Sardineros de Nueva Esparta, Isla Margarita, Venezuela. 2010. Com. Pers.), confirmando la utilidad de cuantificar los huevos de sardina en el plancton para tener idea del reclutamiento potencial y la posible abundancia del recurso. La evaluación permanente de los huevos de sardina es solamente un factor entre otros físicos y biológicos, en especial los relacionados con el alimento a disposición de los reclutas (Cushing, 1990; Bradford, 1992).

En referencia a la densidad del zooplancton total (Tabla 3, Figuras 6 y 7) se encontró diferencia significativa entre las estaciones ($p < 0.01$); el valor máximo y promedio más elevado (1225.29 y 1032.0 ind/m³) se determinó en Coche (Tabla 3), donde abundan organismos de tamaño pequeño, especialmente copepoditos, cladóceros y larvas de cirripedios. Es de notar que en el área de estudio la densidad del zooplancton aumenta de este a oeste (barlovento a sotavento), así los menores valores promedios (170.63-252.19 ind/m³) se encontraron en Guaca y Chacopata, mientras que son más altos (395.31-1032.8 ind/m³) en Araya, Coche, Cubagua y Macanao. De esta manera, por las corrientes superficiales se exporta zooplancton hacia las regiones periféricas del oeste, lo cual explicaría las elevadas densidades de zooplancton (2000 a 9000 ind/m³) en la cuenca Tuy-Cariaco (Urosa, 1983), con valores comparables a los obtenidos en lagunas costeras del sur de Margarita y el Golfo de Cariaco, con ámbito entre 1880 y 9000 ind/m³ (Gómez, 1983; Urosa, 1983).

En los 18 meses de estudio, la densidad promedio del zooplancton varió entre 170.63 y 1032.8 ind/m³, obtenidas en Guaca y Coche respectivamente (Tabla 3); estos valores son extremadamente altos comparados con los calculados (49.11 y 61.53 ind/m³) durante 39 meses (2002 a 2005) al este de isla Margarita, en donde se ha planteado que la abundancia del zooplancton está relacionada con la presencia de la sardina (Gómez y Hernández, 2008), lo que también ocurre en otras regiones sardineras (Verheye y Richardson, 1998; Cury *et al.*, 2000; Mölmann *et al.*, 2000; Reid *et al.*, 2000; Verheye, 2000; Mölmann y Köster, 2002; Sabatés *et al.*, 2006). Esta situación se verifica en la variación mensual de la densidad del zooplancton (Figura 7), donde se observa que los menores promedios (alrededor de 300 ind/m³)

ocurren durante los meses con relativa mayor abundancia de huevos de sardina, como en el periodo de octubre a diciembre de 2007 y 2008 (Figura 4); también en esos meses es mayor la representación porcentual de los huevos de sardina en el plancton (Figura 5). Es decir, cuando abundan los huevos de sardina, se cuantifica una menor densidad de zooplancton, en especial de copépodos (Hernández-Ávila y Gómez, 2014) y cladóceros, que son los grupos numéricamente más importantes (Gómez y Hernández, 2008) y alimento frecuente de la sardina en el área (Cellamare y Gómez, 2007), como ocurre con otras especies de sardina (Costalago y Palomera, 2014). En Venezuela, la crisis sardinera se inició a mediados de 2005 (Gómez, 2006a, 2006b; Gómez *et al.*, 2008) y persiste en 2013, lo cual podría explicar las concentraciones elevadas de zooplancton en los últimos años, por la escasez de sardina.

En referencia a la hidrografía de la columna de agua (superficie a 25 m), durante el primer semestre de 2007 la temperatura varió entre 21.5 y 25.9°C, mientras que a partir de agosto y hasta diciembre se incrementa notablemente oscilando entre 26 y 30.1°C (máximos en septiembre y octubre). A partir de enero de 2009 la temperatura superficial disminuye fluctuando alrededor de 23°C en marzo. Considerando en conjunto todas las estaciones estudiadas, la temperatura promedio en superficie fue 26.5°C y 24.9 °C a 25 m, valores elevados para un área donde afloran aguas subtropicales. Las temperaturas promedio menos altas (25.2 y 25.5°C) se determinaron en Coche y Araya, las mayores (25.7 a 26.3°C) en Guaca, Chacopata, Cubagua y Macanao. Estas temperaturas pueden ser elevadas para la presencia masiva de sardina porque se menciona que en el sureste de Margarita el recurso se aproxima a la costa cuando la temperatura superficial es inferior a 25°C (Gómez, 2006b). En la Fosa de Cariaco la intensidad de la surgencia se detecta por la temperatura superficial, en especial por el movimiento vertical de la isoterma de 21°C a lo largo del año (Astor *et al.*, 2003, 2004, 2005); aunque la Fosa se encuentra a sotavento del área estudiada, es claro que esa isoterma (21°C) es indicadora de surgencia intensa, como se verifica en localidades del sureste de Margarita (Gómez, 2006a, 2006b; Gómez *et al.*, 2006, 2008). De tal manera que en este estudio (octubre 2007 a marzo 2009) la temperatura superficial fue más alta que durante 2003 y 2004, lo cual es una posible causa de la escasez de sardinas de los caladeros de pesca tradicionales (Gómez, 2006a, 2006b; Gómez y Hernández, 2008; Gómez *et al.*, 2008). También, por los valores de la salinidad en superficie puede considerarse que en 2008 no fueron muy perceptibles las aguas del río Orinoco, lo que también ocurrió en 2007, situación que contrasta con otros años (Gómez *et al.*, 2008). En general los valores del oxígeno fueron más altos en 2008 en comparación con los primeros años del presente siglo (Gómez, 2006a). Así, según la hidrografía, especialmente la temperatura superficial, se considera que en 2008 e inicios de 2009

la surgencia fue moderada o débil en intensidad, lo cual incide en la fertilidad marina regional y la disponibilidad de recursos pelágicos como la sardina.

CONCLUSIÓN

Se encontraron huevos de sardina *S. aurita* todos los meses de estudio. En la península de Araya su densidad mensual varió entre 2.51 y 5.19 huevos/m³; la densidad del zooplancton varió entre 170.63 y 458.24 ind/m³, su peso seco entre 2.53 y 6.03 mg/m³ y el volumen sedimentado entre 0.26 y 0.37 mL/m³. En el sur de Margarita la densidad mensual promedio varió entre 5.22 y 7.06 huevos/m³; la densidad del zooplancton varió entre 395.31 y 1032.8 ind/m³, su peso seco entre 3.76 y 7.32 mg/m³ y el volumen sedimentado entre 0.29 y 0.38 mL/m³. En las estaciones Coche y Cubagua es mayor la abundancia de zooplancton y de huevos de sardina, pero su densidad promedio (7.06 y 5.82 huevos/m³) fue muy inferior a la de 2002 a 2004 al este de Margarita. Según la temperatura hasta los 25 m de profundidad, los valores promedios fueron elevados y posiblemente afectan el recurso sardinero.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Perucho, Julián y David Vásquez, pescadores que hicieron posible muestreos con la lancha “Grabrielito” y el peñero “Don Fernando”. Investigación financiada por Temaca y Almacenes Best de Margarita, por aporte Locti. El Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente facilitó finalizar la investigación en 2009. Se agradecen sugerencias de los evaluadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Astor, Y., F. Müller-Karger y M. Scranton. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Continental Shelf Res.*, 23: 125-144.
- Astor, Y., F. Müller-Karger, R. Bohrer, L. Troccoli y 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.
- Astor, Y., M. Scranton., F. Müller-Karger., R. Bohrer y J. García. 2005. *f*CO₂ variability at the Cariaco tropical coastal upwelling time series station. *Mar. Chem.*, 97: 245-261.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Inidep, Mar del Plata. 936 p.
- Bradford, M. 1992. Precision of recruitment predictions from early life stages of marine fishes. *Fish. Bull.*, 90: 439-453.
- Cárdenas, J. 2003. Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos: 401- 423. En: Freón, P. y J.



- Mendoza (Eds.). La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. IRD Editions, París. 549 p.
- Cárdenas, J. y 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.
- 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.
- Costalago, D. e I. Palomera. 2014. Feeding of European pilchard (*Sardina pilchardus*) in the northwestern Mediterranean: from larvae to adults. Sci. Mar., 78(1): 41-54.
- Cury, P., A. Bakun, R. Crawford, A. Jarre, R. Quiñones, L. Shannon y H. Verheye. 2000. Small pelagiques in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “waspwaist” ecosystems. ICES J. Mar. Sci., 57: 603-618.
- Cushing, D. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. Adv. Mar. Biol., 26: 250-293.
- Freón, P. y 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, París. 549 pp.
- Freón, P., M.El. Khattabi, J. Mendoza y R. Guzmán. 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. Mar. Biol., 128(3): 363-372.
- Freón, P., M.El. Khattabi, J. Mendoza y R. Guzmán. 2003. Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de *Sardinella aurita* de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera: 357-387. En: Freón, P. y J. Mendoza (Eds.). La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela. IRD Editions, París. 549 p.
- Gerlotto, F. y H. Ginés. 1988. Diez años de ecointegración en Edimar referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle., Suppl. 3(47): 311-324.
- Gómez, A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la laguna de La Restinga, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. 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. 2006a. Margalef, el sabio de Cataluña. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 45(2): 161-174.
- Gómez, A. 2006b. Caracterización ecológica del caladero de pesca más importante de Venezuela (Pampatar-La Isleta, isla de Margarita). Museo Marino de Margarita, Informe Final Fondo Nal. Invest. Cient. Técn. Venezuela (Fonacit Proy. 2000001372). Min. Ciencia y Tecnología, Caracas. 648 p.
- Gómez, A. 2007. Producción primaria en el 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., 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.J. González 2006. Ecología costera y pesca de sardina en el sureste de Margarita, Venezuela: 91-106. En: Salas, S., M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flores y J. Sánchez (Eds.). COASTFISH 2004. Memorias 1ª Conferencia Pesquerías Costeras América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, México. 235 p.
- 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., 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, 53(1): 25-36.
- Guzmán, R. y G. Gómez. 2000. Crecimiento, mortalidad y patrón de reclutamiento de *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela. Zootec. Trop., 18(2): 129-144.
- Hernández-Ávila, 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, H. 1972. Distribución y abundancia estimada de huevos de la sardina (*Sardinella anchovia*) en la región oriental de Venezuela, 1968-1969. Proy. Inv. Des. Pesq. MAC-PNUD-FAO. Inf. Tec., 46: 1-27.
- Mölmann, C. y F. Köster. 2002. Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the Central Baltic Sea. J. Plankton Res., 24: 959-977.
- Mölmann, C., G. Kornilovs y L. Sidrevics. 2000. Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the Central Baltic Sea. J. Plankton Res., 22: 2015-2038.
- Peterson, I. y J. Wroblewsky. 1984. Mortality rates of fishes in the pelagic ecosystem. Can. J. Fish. Aqua. Sci., 41: 1117-1120.
- Reid, P., E. Battle., S. Batten y K. Brander. 2000. Impact of fisheries on plankton community structure. ICES. J. Mar. Sci., 57: 495-502.
- Sabatés, A., P. Martín, J. Lloret y V. Raya. 2006. Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. Global Change Biol., 12: 2209-2219.
- Simpson, J. y G. González. 1967. Algunos aspectos de las primeras etapas de vida y el medio ambiente de la sardina (*Sardinella anchovia*) en el oriente de Venezuela. Ser. Rec. Expl. Pesq. MAC, 1(2): 1-93.
- Strickland, J. y T. Parsons. 1972. Practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 167: 310 p.
- Stromme, T. y 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, Noruega. 145 p.
- Taylor, G., F. Müller-Karger, R. Thunell, M. Scranton, Y. Astor, R. Varela, L. Troccoli, L. Lorenzoni, K. Fanning, S. Hameed y O. Doherty. 2012. Ecosystem responses in the southern Caribbean Sea to global climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 109(47): 19315-19320.

- Urosa, L. 1983. Distribución del zooplancton en la cuenca Tuy-Cariaco. Área de posible actividad petrolera en Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 22(1-2): 125-143.
- Verheye, H. 2000. Decade-scale trends across several marine trophic levels in the southern Benguela upwelling system off South Africa. *Ambio*, 29: 30-34.
- Verheye, H. y A. Richardson. 1998. Long-term increase in crustacean zooplankton abundance in the southern Benguela upwelling region (1951-1996): bottom-up or top-down control? *ICES. J. Mar. Sci.*, 55: 803-807.
- Wyatt, T. y M. Gómez-Larrañeta (Eds.). 1988. Proceedings of the International Symposium on long term changes in marine fish populations, Vigo (Spain) 1986. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Imprenta Real, Vigo. 554 p.

RECIBIDO: 24/11/2014

ACEPTADO: 07/01/2016