

Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 24 Nº 2: 132-141 (2012)

## EVALUACIÓN TEMPORAL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN UN CERCO DE SARDINAS EN LA BAHÍA DE PAMPATAR, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA

### TEMPORAL EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS WITHIN A SARDINE SEINE IN THE BAY OF PAMPATAR, MARGARITA ISLAND, VENEZUELA

MARÍA FERNANDA ROJAS<sup>1</sup>, JOSÉ LUIS FUENTES<sup>2</sup>, JUAN LOPEZ<sup>2</sup>, JOSÉ BARRETO<sup>2</sup>, PEDRO LOPEZ<sup>2</sup>, JULIO CESAR RODRÍGUEZ<sup>2</sup>, ERNESTO TRUJILLO<sup>3</sup>, ARNALDO FIGUEREDO<sup>1</sup>

Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, <sup>1</sup>Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, <sup>2</sup>Centro Regional de Investigaciones Ambientales, <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Científicas, Isla de Margarita, Venezuela  
E-mail: [jose.fuentes@ne.udo.edu.ve](mailto:jose.fuentes@ne.udo.edu.ve)

#### RESUMEN

Muchos de los problemas ambientales vinculados a la liberación ocasional y mortandades de sardinas en zonas de confinamiento con cercos, se deben a alteraciones de la calidad ambiental del agua ocasionada por factores bióticos y abióticos. Un cerco de sardinas ubicado en la Bahía de Pampatar, estado Nueva Esparta, Venezuela, con una superficie de 153,86 m<sup>2</sup>, calado a 1,5 km de la costa y profundidad de 3,7 m, fue evaluado diariamente durante trece días. Se determinó la velocidad y dirección de la corriente; los parámetros físico-químicos medidos in situ fueron: temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y pH; mientras que la concentración de nutrientes (fosfato, amonio, nitrato y nitrito) y estimación de coliformes totales y fecales se llevó a cabo en el laboratorio. Se estableció que la velocidad favorece la circulación y renovación del agua dentro de la red; los parámetros físico-químicos y los nutrientes presentaron en todo el periodo de estudio ligeras oscilaciones, sin exhibir una tendencia definida. Estos factores se encontraron dentro de los intervalos recomendados para aguas costeras. De acuerdo con los valores de las variables físico-químicas y microbiológicas hallados, se puede indicar que el tiempo de permanencia de los cardúmenes hasta por diez días continuos (Providencia Administrativa del INSOPESCA) es adecuado y no atenta contra la salud de los organismos que se encuentran confinados.

**PALABRAS CLAVE:** Isla de Margarita, parámetros físicos-químicos, coliformes, cerco de sardinas.

#### ABSTRACT

Many of the environmental problems associated with the occasional release and massive mortalities of sardine in areas of confinement with seines, are due to changes in environmental quality of water caused by biotic and abiotic factors. A sardine seine located in Pampatar Bay, Margarita Island, Venezuela, with a surface of 153,86 m<sup>2</sup>, located at 1,5 km from shore at a depth of 3,7 m, was sampled daily during thirteen days. The speed and direction of the current were determined; the physical-chemical parameters measured in situ were: temperature, salinity, conductivity, dissolved oxygen and pH; while the determinations of nutrients (phosphate, ammonium, nitrate and nitrite) and estimation of total and fecal coliforms were made in the laboratory. It was determined that the speed of the current favors the circulation and renovation of the water within the net; the physical-chemical parameters and the nutrients showed small oscillations without a clear trend. The measured parameters were found within the limits recommended for coastal waters. According to the values obtained of the physical-chemical and microbiological parameters it can be indicated that a permanency of sardines within purse seines up to ten continuous days (Administrative Regulation of INSOPESCA) is adequate and does not threat the health to of the confined organisms..

**KEY WORDS:** Margarita Island, physicochemical parameters, coliforms, sardine purse seine.

#### INTRODUCCION

En Venezuela, el recurso sardinero representó hasta 2007 la pesquería más importante en cuanto a volumen de producción se refiere, siendo actualmente superado por la pepitona y los atunes. El Sureste de la Isla de Margarita (eje Pampatar - La Isleta), es señalado como el área de pesca de sardina (*Sardinella aurita*) más importante del estado Nueva Esparta (Mendoza 1990).

La extracción se efectúa con redes de cerco tipo "chinchorro", siendo la misma una actividad de tipo artesanal, de escasa mecanización y dedicado esfuerzo físico (Trujillo 1977). En esta área, se han efectuado estudios sobre hidrografía vinculados con la pesquería de

sardinas, como los realizados por Gómez y Chanut (1993) y Gómez (2007); en cuanto a los aspectos biológicos, los trabajos de Guzmán *et al.* (1988), Cervigón (1991) y Freón *et al.* (1997); sobre evaluación del recurso, los practicados por Cárdenas y Achury (2002) y Cárdenas (2003); así como de ecología de los caladeros en el estado Nueva Esparta por Gómez *et al.* (2004).

No obstante, si bien es cierto que existen abundantes datos e investigaciones relacionadas con la biología y la pesquería de sardina, también lo es que son insuficientes los estudios que revelan las condiciones del agua dentro de los artes de pesca. Esto limita la capacidad de predicción, e impide que se definan estrategias de explotación y mantenimiento de la pesquería que permitan un mejor

Recibido: mayo 2012. Aprobado: octubre 2012

Versión final: octubre 2012

aprovechamiento del recurso.

De las pocas investigaciones relacionadas con condiciones hidroquímicas e hidrofísicas en organismos que se encuentran dentro de artes de pesca, se hallan los realizados por Stratoudakis y Marcalo (2002): y Stratoudakis *et al.* (2003), quienes describieron los cambios que se producen en las concentraciones de nutrientes durante operaciones de pesca con cercos en el norte de Portugal.

Muchos de los problemas ambientales vinculados a la liberación ocasional y de mortandades de sardinas en zonas de confinamiento de los cercos, se deben a alteraciones de la calidad ambiental ocasionadas por factores bióticos y abióticos (CRIA 1992), de allí que el propósito de esta investigación fue determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos, a nivel espacial y temporal, con el fin de caracterizar la calidad de las aguas dentro de un cerco de sardinas y aportar información que permita establecer medidas que regulen la permanencia de estos peces dentro del arte de pesca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo al sureste de la Isla de Margarita, específicamente en la Bahía de Pampatar, estado Nueva Esparta (10°59' N, 63°47' O). Esta bahía se caracteriza por presentar profundidad máxima de 8,94 m, con fondos areno-fangosos, aunque existen algunas zonas con sustrato rocoso.

La velocidad y dirección de la corriente se determinó siguiendo las recomendaciones de Neshyba y Fonseca (1981), a tal efecto, se utilizó el método clásico Lagrangiano para corrientes costeras, que consistió en el lance de un derivador pasivo en dos oportunidades. La deriva fue determinada mediante las coordenadas geográficas con ayuda de GPS (Garmin 100) y cronómetro digital (Casio).

El cerco sardinero, con una superficie de 153,86 m<sup>2</sup> y profundidad de 3,7 m estuvo ubicado aproximadamente a 1,5 km de la costa, entre las coordenadas 10° 59' 39.65" N y 63° 47' 26.00" O. Fue evaluado diariamente durante 13 días consecutivos, tiempo total de permanencia del cardumen en el cerco, en horario comprendido entre 9:00 y 11:00 am. Se establecieron siete estaciones en el interior del cerco, discriminadas de la siguiente manera: centro y márgenes internos del cerco, en la superficie (Estaciones 2, 6 y 8) y en el fondo de la columna de agua (Estaciones 3, 4 y 7). Se delimitó una estación media, entre el fondo y la superficie, ubicada en el centro del cerco (Estación 5) y se

estimaron dos puntos externos al cerco (Estaciones 1 y 9), para un total de nueve estaciones (Fig. 1).

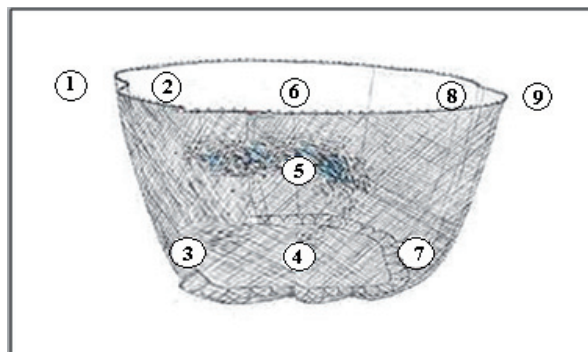


Figura 1. Distribución de las estaciones para la obtención de las muestras de agua dentro y fuera del cerco de sardinas.

En cada estación evaluada se determinaron los siguientes factores físico-químicos: temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y pH utilizando una sonda multiparamétrica YSI 600R. En las estaciones superficiales (Estaciones 1, 2, 6, 8 y 9) y en la del centro-fondo (Estación 4), se recolectaron muestras de agua con ayuda de envases estériles de plástico de 1 litro de capacidad, para la determinación de nutrientes en el laboratorio (fosfato, amonio, nitrato y nitrito), mediante técnicas descritas en el APHA (1998). También, se determinó la densidad de coliformes totales (CT) y fecales (CF), mediante el método del Número Más Probable (APHA 1998).

Se aplicó MANOVA ( $p \leq 0,05$ ) para determinar si había diferencias significativas temporales (días) y espaciales (estaciones) de las variables físico-químicas y bacteriológicas del agua, verificando previamente la normalidad y homogeneidad de las varianzas en los datos. Cuando se encontraron diferencias significativas entre las variables, se realizó la prueba a posteriori de rangos múltiples de Duncan. Los análisis se efectuaron utilizando el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 10.01.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Velocidad y dirección de la corriente

El estudio hidrodinámico del área con el propósito de obtener información relacionada con la renovación del agua dentro de los cercos de sardina, reveló que la velocidad de la corriente registrada en el área de estudio fue de 0,156 m/s; y la dirección fue hacia el Oeste-Suroeste. No se detectaron cambios de la velocidad ni dirección de la corriente entre el área interior y el área

exterior del cerco.

### Temperatura

La temperatura del agua osciló entre 24,4°C y 27,8°C, encontrando diferencias significativas entre días ( $p < 0,05$ ). La prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó ocho grupos homogéneos, diferenciando al octavo día como el de mayor promedio (27,02°C); mientras que el primer día presentó el promedio más bajo (25,42°C). Los días dos al siete y del nueve al trece formaron otros seis grupos homogéneos, cuyas temperaturas variaron entre 26,15°C y 26,69°C (Fig. 2a). No se encontraron diferencias significativas entre estaciones ( $p > 0,05$ ) (Fig. 2b).

La variación de temperatura presentó un patrón que es común para la zona y ha sido descrito anteriormente para bahías costeras en el Sureste de la Isla de Margarita (Lárez 2004). Fréon *et al.* (1997) y Gómez *et al.* (2004) señalaron que es difícil determinar con precisión la influencia de la variabilidad ambiental anual en la biología de la sardina. Esto posiblemente se deba a que la hidrografía de la región nororiental de Venezuela es muy peculiar, pues la surgencia costera y la influencia del río Orinoco se alternan en sus máximos estacionales, induciendo una alta productividad sostenida todo el año, al menos sobre la plataforma continental.

Mucho se ha investigado sobre el efecto de las temperaturas límites de resiliencia en los peces. Serra y Tsukayama (1988) señalan que el intervalo de temperatura preferido para especies pelágicas típicas del Pacífico suroriental, como *Sardinops sagax*, *Trachurus murphyi* y *Scomber japonicus*, se ubica entre 17 y 23°C. Estos resultados fueron corroborados por Hernández (2009), quien señala que, para la especie *S. sagax*, temperaturas mayores a 27°C son indicadas como críticas, ya que aumentan considerablemente su mortalidad. Al comparar las temperaturas obtenidas en este estudio, que oscilaron entre las referidas por estos autores como críticas, se debe hacer hincapié en que aquellas investigaciones fueron realizadas a lo largo del Océano Pacífico, donde las temperaturas tienden a ser más bajas que las encontradas en las costas venezolanas y en general en el Mar Caribe.

### Salinidad

La salinidad osciló entre 34,22 UPS (Est. 1, día 8) y 35,77 UPS (Est. 2, día 13), siendo el valor promedio 35,31 UPS. Se observaron diferencias estadísticas significativas entre días y entre estaciones ( $p < 0,05$ ). La

prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó ocho grupos homogéneos, determinando que los días siete y del nueve al doce formaron el grupo con los mayores promedios de la salinidad (35,42 a 35,49 UPS); mientras que en el día uno se obtuvo el menor promedio (34,82 UPS). Los días dos al seis y el ocho formaron los otros seis grupos homogéneos, cuyas salinidades variaron entre 35,19 y 35,34 UPS (Fig. 2c). Espacialmente, se identificaron dos grupos homogéneos, en donde las estaciones dos a la nueve formaron el grupo de medias con las mayores salinidades (35,27 a 35,37 UPS); mientras que la Estación 1 se diferenció como la del menor promedio (35,12 UPS) (Fig. 2d).

La salinidad presentó valores más o menos constantes, encontrados típicamente en áreas con características similares (Zabala 1992, Palazón 2000, Gómez *et al.* 2008), mostrando sólo un 1,55 UPS de intervalo de variación. La homogeneidad vertical es un rasgo común de los cuerpos de agua costeros de la zona nororiental de Venezuela y es consecuencia de la poca profundidad y de la efectiva mezcla causada por el viento y las mareas (Bonilla y Okuda 1971, Bonilla 1974, Longa 1990).

La adaptabilidad a cambios de salinidad en los organismos acuáticos está influenciada por varios parámetros abióticos y bióticos (Chung 2001). Según Serra y Tsukayama (1988), el intervalo de salinidad en el que normalmente se encuentra la sardina *S. sagax* en las costas chilenas oscila entre 34,8 y 35,1 UPS. Por su parte, Finucane y Vaught (1986), en el Golfo de México, observaron núcleos de mayor abundancia del machuelo (*Opisthonema oglinum*), en áreas cuya salinidad se encontraba entre 35 y 36 UPS.

### Conductividad

Este parámetro presentó un mínimo de 50.724  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Est. 1, día 8) y un máximo de 54.176  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Est. 2, día 13). La prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó seis grupos homogéneos, diferenciando los días siete y del nueve al trece como el grupo de mayores promedios (53.706 a 53.799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mientras que el menor promedio se encontró el día uno (52.876  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los días dos al seis y el día ocho formaron los otros cuatro grupos de medias homogéneas, cuya conductividad varió entre 53.293 y 53.564  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig. 2e). Espacialmente, se diferenciaron dos grupos homogéneos, las estaciones de la dos a la nueve integraron al grupo de medias con mayores conductividad (53.487,6 a 53.616,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); mientras que en la Estación 1 se determinó el menor promedio (53.231,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Fig. 2f).

En esta investigación se observó que la conductividad presentaba una distribución similar a la exhibida por la salinidad. Se observó espacialmente, una disminución en las Estaciones 1 y 5 coincidiendo con los puntos más bajos de salinidad y, temporalmente, reveló la misma tendencia. Novak (2003) señala que valores de conductividad aproximados a  $50.000 \mu\text{S}/\text{cm}$  corresponden con niveles normales en ambientes marinos, mientras que en agua dulce, valores situados entre  $1.000$  y  $10.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo general, evidencian aguas con alto índice de contaminación.

### Oxígeno disuelto

La concentración osciló entre  $3,54 \text{ mg/L}$  (Est. 6, día 7) y  $8,90 \text{ mg/L}$  (Est. 6, día 12), y el intervalo máximo de

variabilidad fue de  $5,36 \text{ mg/L}$ . Se encontraron diferencias entre días de muestreo y también entre estaciones ( $p < 0,05$ ). La prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó siete grupos homogéneos, diferenciando el día doce como el de mayor promedio ( $7,94 \text{ mg/L}$ ) y los días seis y siete como el grupo de menores promedios ( $4,16$  a  $4,46 \text{ mg/L}$ ). Los días uno al cinco y los de siete al once formaron los otros cinco grupos, cuyas concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre  $4,76$  y  $7,10 \text{ mg/L}$  (Fig. 3a). Espacialmente, se diferenciaron tres grupos homogéneos, donde las estaciones uno a la tres formaron el grupo de medias con las mayores concentraciones ( $5,74$  a  $6,25 \text{ mg/L}$ ); mientras que las estaciones de la cuatro a la nueve constituyeron los otros dos grupos cuyos promedios variaron entre  $5,37$  y  $6,18 \text{ mg/L}$  (Fig. 3b).

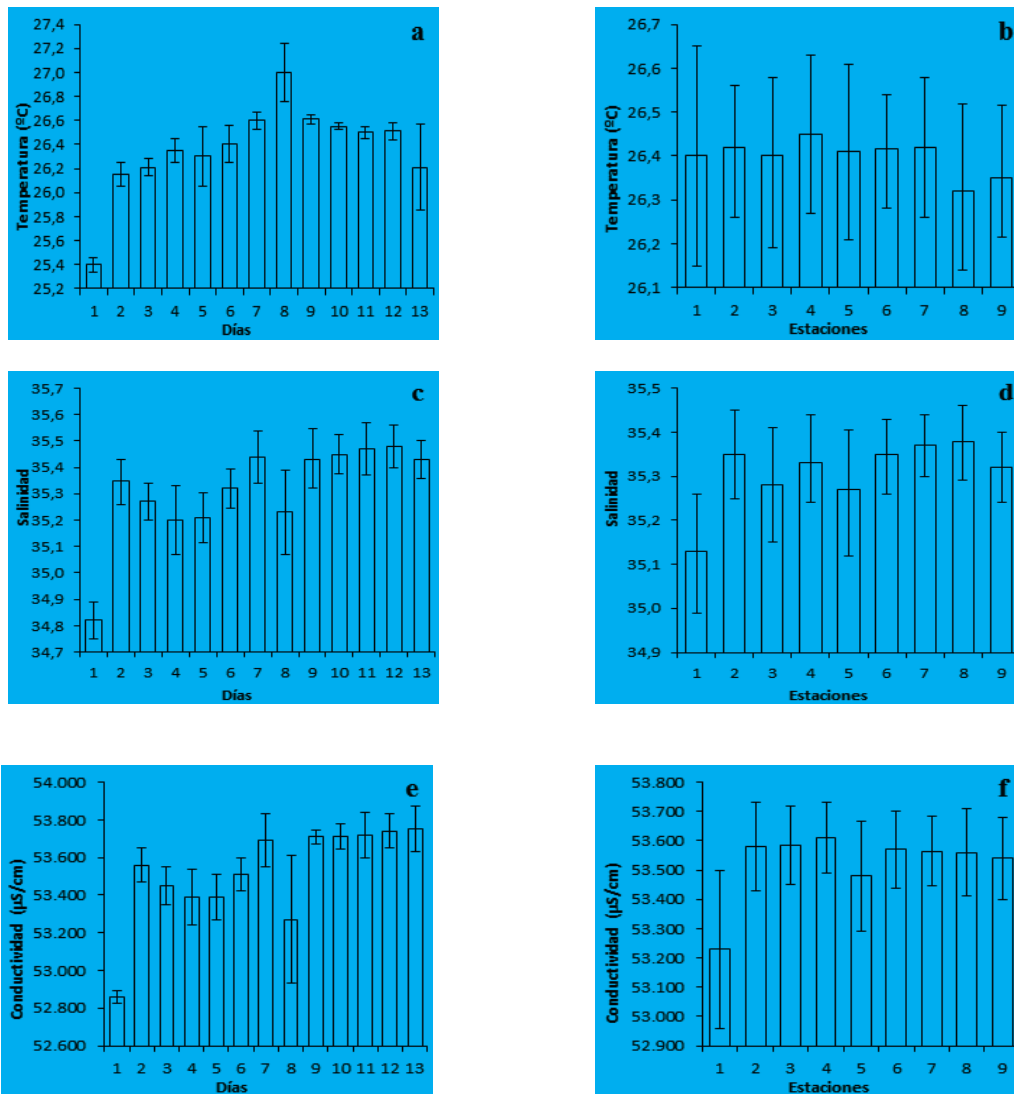


Figura 2. Variabilidad temporal y espacial de Temperatura (a, b); Salinidad (c, d) y Conductividad (e, f) en el cerco de sardinas (barra horizontal: promedio; barra vertical: límite de confianza al 95%).

Boyd (1998), señaló que el oxígeno disuelto es la variable más crítica en la calidad de las aguas en la acuicultura, indicando que el intervalo más favorable se encuentra entre 5 y 6 mg/L. El promedio de oxígeno disuelto fue de 5,69 mg/L, lo que indica que, en general, las concentraciones de este parámetro se encontraron dentro de los valores recomendados para aguas costeras con características similares (Miyake y Saruhashi 1956, República de Venezuela 1995, Vergara *et al.* 2005). Sin embargo, el patrón de variación fue irregular con ascensos y descensos alternantes; además, se observó alta variabilidad temporal. Valdez (1994) encontró un alto patrón de variabilidad diaria en sus investigaciones realizadas en lagunas costeras, señalando que las diferencias diarias en las concentraciones de este parámetro estarían relacionadas con variedad en las horas en que se toman las muestras de agua, así como a los efectos del viento en la zona de estudio.

### pH

Los valores de pH oscilaron entre 6,97 (Est. 1, días 2 y 7) y 8,58 (Est. 8, día 8), determinando diferencias significativas entre días y entre estaciones ( $p < 0,05$ ). La prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó cinco grupos homogéneos, diferenciando el día ocho como el de mayor promedio (8,47); mientras que los días cuatro, once y trece formaron el grupo de medias más bajas (7,35 a 7,53). Los demás días integraron los otros tres grupos, cuyos promedios variaron entre 7,72 y 8,06 (Fig. 3c). Espacialmente se diferenciaron tres grupos homogéneos, donde las estaciones tres a la nueve constituyeron el grupo de mayores promedios de pH (7,81 a 8,07); mientras que la estación uno se diferenció como la de media menor (7,37). La estación dos, junto con las estaciones tres a la ocho, formaron el tercer grupo de medias, al presentar la primera un pH de 7,77 (Fig. 2d).

Los niveles de pH variaron entre 6,97 y 8,58 encontrando estos valores dentro del intervalo aprobado y recomendado para aguas marino-costeras destinadas a la pesca comercial, según la República de Venezuela (1995). Por su parte, Bistoni *et al.* (1999) señalan que la mayoría de las especies ícticas viven principalmente en agua con pH entre 6 y 9. Sin embargo, la resistencia a la variación es diferente según la especie; algunas son extremadamente sensibles y otras no soportan diferencias significativas (Howarth y Marino 2006).

## Nutrientes

### Fosfato

Las concentraciones de fosfato osciló desde niveles indetectables, hasta un máximo de 0,187 mg/L (Est. 1, día 8); diferenciándose significativamente sus promedios entre los días ( $p < 0,05$ ), la prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó tres grupos homogéneos, donde los días ocho y nueve se identificaron como el grupo de mayores promedios (0,040 y 0,068 mg/L); mientras que los días uno a siete y del diez al trece integraron los otros dos grupos, cuyas medias variaron entre 0,00 y 0,024 mg/L (Fig. 4a). No hubo diferencias estadísticas entre las estaciones evaluadas ( $p > 0,05$ ) (Fig. 4b).

En este estudio se encontró que las concentraciones de fosfato fueron las más bajas, entre los nutrientes. Howarth y Marino (2006), señalan que altas concentraciones de este nutriente se encuentran asociadas a eutrofización y que en aguas marino-costeras tiene un intervalo variable. En este estudio, la distribución temporal mostró diferencias estadísticamente significativas, observándose, incrementos y decrecimientos diarios en sus concentraciones, sin presentar una tendencia definida.

### Amonio

Las concentraciones de amonio oscilaron entre 0,017 mg/L (Est. 9, día 13) y 1,238 mg/L (Est. 8, día 4), diferenciándose significativamente sus promedios entre los días ( $p < 0,05$ ). La prueba *a posteriori* de Duncan ( $p < 0,05$ ) separó tres grupos homogéneos, diferenciando los días tres, cuatro y once como el grupo de mayores promedios (0,30 a 0,46 mg/L); mientras que los restantes días integraron los otros dos grupos, cuyas medias variaron entre 0,085 y 0,27 mg/L (Fig. 4c); el patrón de variación fue irregular, observándose ascensos y descensos alternantes, sin una tendencia definida. No hubo diferencias estadísticas entre las estaciones evaluadas ( $p > 0,05$ ) (Fig. 4d).

Las concentraciones de amonio fueron las más abundantes de todos los nutrientes. A este respecto, Palazón (2000) señaló que el amonio ha sido indicado como el nutriente inorgánico más abundante en los sistemas lagunares costeros del oriente de Venezuela, lo cual puede estar relacionado con el hecho que este es el primer producto en los procesos de mineralización de la materia orgánica (la cual es muy abundante en estos ambientes) y en los fenómenos biológicos de excreción.



Los resultados obtenidos evidencian lo expuesto por Alcalá (1999), quien explicó que las variaciones de amonio son difíciles de interpretar por los múltiples factores que influyen en su concentración en una estación o en un sector dado. En ocasiones, las cantidades de amonio dependen del aporte de desechos arrastrados por escorrentías de aguas; en otras, por la

excreción de peces e incluso de abundantes aves cerca de alguna estación y, en otros casos, por descomposición de materia orgánica. Así mismo, Jobling (1994) señaló que su incidencia también puede depender de factores predominantes en el medio, como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH.

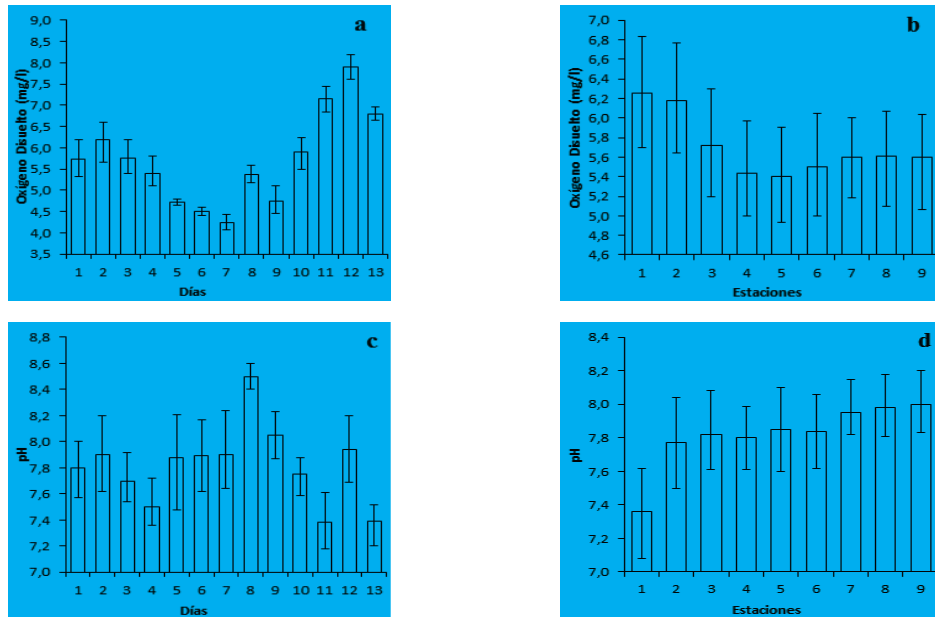


Figura 3. Variabilidad temporal y espacial de Oxígeno disuelto (a, b) y pH (c, d) en el cerco de sardinas (barra horizontal: promedio; barra vertical: límite de confianza al 95%).

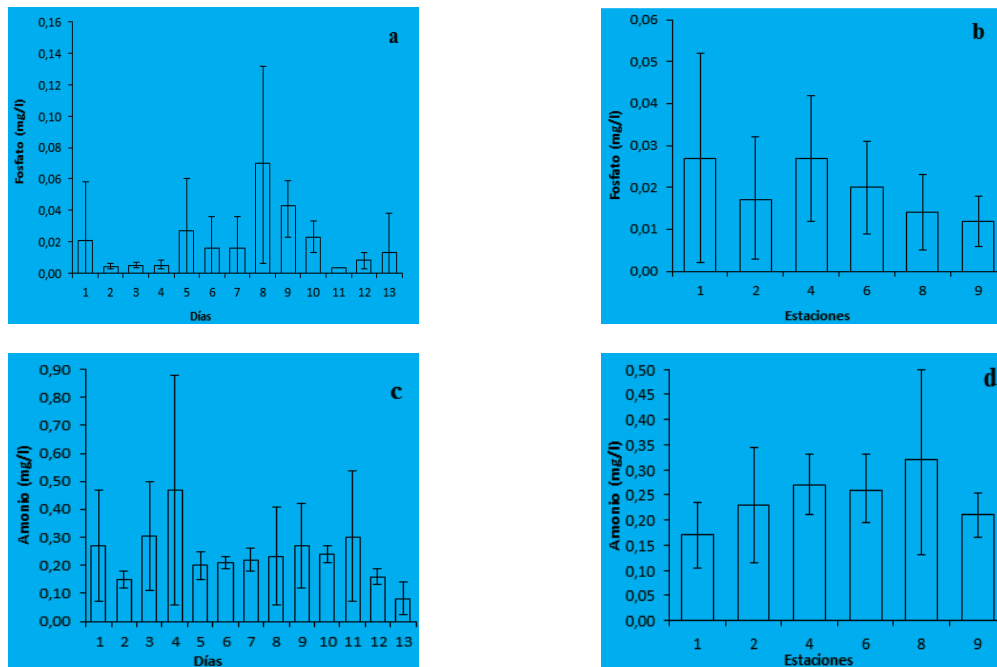


Figura 4. Variabilidad temporal y espacial de Fosfato (a, b) y Amonio (c, d) en el cerco de sardinas (barra horizontal: promedio; barra vertical: límite de confianza al 95%).

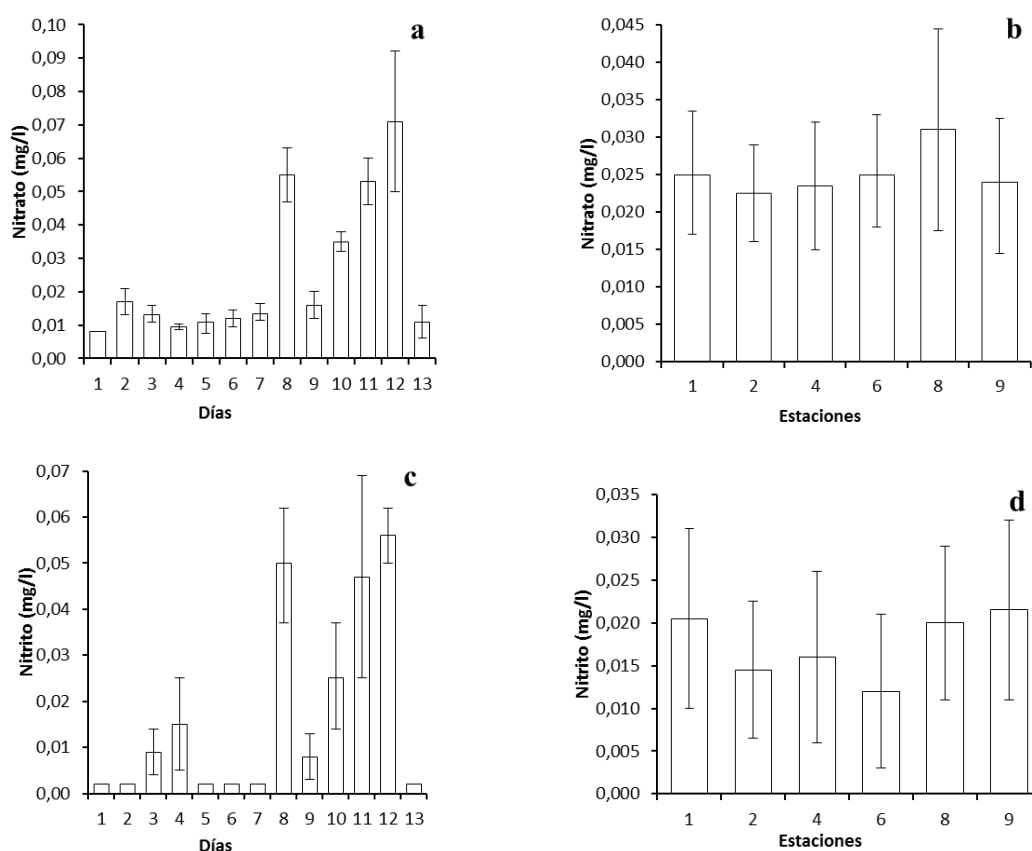


Figura. 5. Variabilidad temporal y espacial de Nitrato (a, b) y Nitrito (c, d) en el cerco de sardinas (barra horizontal: promedio; barra vertical: límite de confianza al 95%).

### Nitrato

Las concentraciones de nitrato oscilaron entre valores no detectables, y un máximo de 0,160 mg/L (Est. 8, día 12). Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los días ( $p < 0,05$ ); la prueba *a posteriori* Duncan ( $p < 0,05$ ) separó siete grupos homogéneos, diferenciando el día doce como el de mayor promedio (0,070 mg/L); mientras que los días uno, cuatro a seis y trece formaron el grupo con los menores promedios (0,00 a 0,009 mg/L). Los demás días integraron los otros seis grupos, cuyas medias variaron entre 0,0099 y 0,052 mg/L (Fig. 5a). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estaciones ( $p > 0,05$ ) (Fig. 5b).

Las concentraciones de nitrato en el cerco de sardina presentaron pocas variaciones en la primera mitad del período de estudio. Perdomo *et al.* (2001), señalaron que en ausencia de contaminantes artificiales, las concentraciones de nitrato en aguas superficiales normalmente son muy bajas y rara vez superan 1 mg/L. Los resultados concuerdan con los obtenidos por

Stratoudakis *et al.* (2003); estos autores indicaron que las concentraciones de nitritos y nitratos no se alteran significativamente durante la pesca de sardinas con cercos en el norte de Portugal.

### Nitrito

Los nitritos oscilaron desde niveles no detectables, en varios días y en diferentes puntos de muestreo, hasta un máximo de 0,081 mg/L (Est. 1, día 11). Se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre días evaluados ( $p < 0,05$ ); se hallaron solo cuatro grupos homogéneos, la prueba *a posteriori* de Duncan separó cuatro grupos homogéneos, donde los días ocho, once y doce formaron el grupo de mayores promedios (0,045 a 0,055 mg/L) y los días uno a tres, cinco a siete, nueve y trece se diferenciaron como el grupo de los menores promedios (0,00 a 0,0075 mg/L). El día cuatro formó un tercer grupo de medias homogéneas que incluye los días tres y nueve, al obtener una media de 0,014 mg/L; mientras que el día diez se diferenció de los grupos anteriormente mencionados, al presentar

un promedio de 0,0038 mg/L. Este nutriente presentó una distribución general similar a la observada para las concentraciones de nitratos, exhibiendo variaciones en la primera mitad del período de estudio, para luego observar mayor variabilidad en la segunda mitad del periodo, pero con concentraciones menores al nitrato (Fig. 5c). No se hallaron diferencias estadísticas significativas entre estaciones ( $p > 0,05$ ) (Fig. 5d).

De los compuestos nitrogenados estudiados, el nitrito presentó la menor concentración. Sobre este aspecto, es bien conocido que éstos son compuestos intermedios en las reacciones de oxidación-reducción, entre el amonio y los nitratos, y raramente se acumulan ya que, bajo condiciones aeróbicas, son oxidados a nitrato a medida que se originan (Wada y Hattori 1991). Las bajas concentraciones posiblemente se deben a una rápida oxidación relaciona con las condiciones de oxigenación del agua.

#### **Coliformes**

En este estudio se registró un valor mínimo de 0 NMP/100 mL y uno máximo de 11 NMP/100 mL para coliformes totales, y 0 NMP/100 mL para coliformes fecales, por lo que, se puede decir que no existe contaminación por coliformes dentro del cerco sardinero, ni en los puntos exteriores evaluados en la Bahía de Pampatar. Estos valores están conformes a la normativa vigente publicada en la República de Venezuela (1995) para aguas de Tipo 4, ya que el número de organismos coliformes totales en el 90% de las muestras fue menor a 1000 NMP/100 mL; mientras que, el número de organismos coliformes fecales encontrados en el 90% de las muestra tomadas, fue menor de 200 NMP/100 mL.

#### **Consideraciones Finales**

En general, desde el punto de vista de la calidad del agua, los parámetros analizados mostraron valores considerados como los usuales en aguas costeras. Algunos parámetros, como el oxígeno disuelto, presentaron fuertes fluctuaciones principalmente relacionadas al tiempo. Sin embargo, estas oscilaciones estuvieron siempre por encima del valor mínimo recomendado para esta variable. El resto de los factores estudiados mostraron ligeras variaciones, encontrándose siempre dentro de los intervalos recomendados para peces y aguas costeras, señalados no solo por diferentes autores en sus respectivas investigaciones, sino también, en la República de Venezuela (1995). Así mismo, no se observaron altas mortalidades de sardinas que pudiesen ser atribuidas a la

disminución en la calidad del agua dentro de los cercos, sino más bien atribuibles a las operaciones relacionadas con el proceso de pesca. La tendencia mayoritaria de los parámetros estudiados fue la de fluctuaciones, pero no de incrementos o decrecimientos en cuanto al tiempo de permanencia de las sardinas en el cerco.

Por otra parte, el no haberse encontrado cambios significativos espaciales en las concentraciones de nutrientes (fosfato, amonio, nitrito y nitrato), podría sugerir que la corriente y el movimiento de las sardinas dentro del cerco favorecían la dispersión de estos compuestos, entre todas las estaciones evaluadas. De igual manera, con base en los resultados obtenidos en este estudio, se puede afirmar que el tiempo de permanencia de los cardúmenes de sardina, durante diez días continuos dentro de los cercos, fue adecuado. Esto se encuentra alineado con lo establecido por INSOPESCA, en la providencia administrativa, en la que se regula la pesca de la sardina y las actividades conexas con este recurso (Artículo 10, República Bolivariana de Venezuela 2006). En consecuencia, esta práctica no atenta contra los peces que se encuentran confinados. Sin embargo, es importante señalar que en los últimos días de la investigación se observó un incremento paulatino de algas y “fouling” en las redes, lo cual podría ocasionar un taponamiento de la red, con el transcurrir de los días, impidiendo la adecuada circulación de las aguas dentro de los cercos y con esto, afectar la calidad de la misma. Por ello, se considera indispensable realizar operaciones de recambio de las redes, si se pretende mantener al cardumen cercado por espacios de tiempo más prolongados.

#### **CONCLUSIONES**

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos, presentaron en todo el período de estudio ligeras oscilaciones, sin exhibir una tendencia creciente o decreciente, y no se evidenció afectación en los organismos que se encontraban confinados. Por otro lado, el tiempo de permanencia de los cardúmenes dentro de cercos durante diez días continuos, establecido como máximo en la providencia administrativa de INSOPESCA, es adecuado, ya que no se observó pérdida en la calidad de las aguas durante el lapso (13 días) de este estudio.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Consejo de Investigaciones de la Universidad de Oriente, quién financió la presente investigación como parte del Proyecto: CI-6-030601-1300/2006. A los pescadores de



Pampatar, por darnos la oportunidad de recolectar las muestras en sus cercos y facilitarnos el traslado hasta los mismos, especialmente al obrero de la mar Sr. Cruz Acosta.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALÁ L. 1999. Estudio hidroquímico del sector oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela durante el periodo comprendido entre septiembre de 1995 y mayo 1996. Trab. Grado, Lic. Biología, Universidad de Oriente. 79 pp.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> Edition. Washington DC. EE.UU.
- BISTONI M, HUED A, VIDELA M, SAGRETTI L. 1999. Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina. Rev. Chil. Hist. Nat. 72:325-335.
- BONILLA J. 1974. Notas sobre las condiciones hidrográficas de la Laguna de La Restinga (Isla de Margarita), estado Nueva Esparta, Venezuela. Lagena. 34:3-8.
- BONILLA J, OKUDA T. 1971. Condiciones hidrográficas del agua y características químicas de los sedimentos de la Laguna Las Marites (Margarita). Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela Univ. Oriente. 10(1):81-91.
- BOYD C. 1998. Water quality for pond aquaculture. Research and development series No. 43. International Center for Aquaculture and Aquatic Environment. Auburn University. Auburn, Alabama. 37 pp.
- CÁRDENAS J. 2003. Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinada por medios hidroacústicos. En: La sardina (*Sardinella aurita*): su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela. Eds. P. Fréon y J. Mendoza. IRD Editions. París. Francia. 550 pp.
- CÁRDENAS J, ACHURY A. 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.
- CERVIGÓN F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Vol. I. Segunda Edición. Fund. Cient. Los Roques, Caracas. Venezuela. 423 pp.
- CHUNG K. 2001. Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. Rev. Biol. Trop. 49(1):9-13.
- CRÍA. 2002. Estudio sobre la problemática de la sardina en el estado Nueva Esparta. Informe N° 1. Programa MARN/PNGA-CRÍA (UDO), 127 pp.
- FINUCANE J, VAUGHT R. 1986. Species profile of Atlantic thread herring, *Opisthonema oglinum* (Lesuer 1818). NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFC-182, 30 pp.
- FRÉON P, EL KHATTABI M, MENDOZA J, GUZMÁN R. 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* of the coast of Venezuela. Mar. Biol. 128:363-372.
- GÓMEZ A. 2007. Producción primaria en el sureste de la Isla de Margarita (Venezuela). Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente. 42(2):97-105.
- GÓMEZ A, CHANUT J. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela Univ. Oriente. 32(1 y 2):27-44.
- GÓMEZ A, CELLAMARE M, GÓMEZ O, HERNÁNDEZ I, IZAGUIRRE E, JÁCOME M, GONZÁLEZ W. 2004. Ecología costera y pesca de sardina en el Sureste de Margarita, Venezuela. Coastfish. 1<sup>a</sup> Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Disponible en: [http://www.mda.cinvestav.mx/eventos/Coastfish2007/Contribuciones/CFE11\\_A\\_Gomez\\_et\\_al\\_\(Venezuela\).pdf](http://www.mda.cinvestav.mx/eventos/Coastfish2007/Contribuciones/CFE11_A_Gomez_et_al_(Venezuela).pdf) (Acceso abril 2010).
- GÓMEZ A, IZAGUIRRE E, GÓMEZ O. 2008. Ecología de caladeros, aspectos biológicos y pesca (2003-2006) de sardina *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) en Nueva Esparta, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela Univ. Oriente. 32(1 y 2):27-44.
- GUZMÁN R, GÓMEZ G, PENOTT M. 1988. Aspectos biológicos y pesquería de la sardina *Sardinella aurita* en el golfo de Cariaco, Venezuela. Zoot. Trop. 16(2):149-162.

- HERNÁNDEZ M. 2009. La sardina, especie indicadora de cambio climático. Dirección de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (DICYT). Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/la-sardina-especieindicadora-de-cambio-climatico> (Acceso octubre 2010).
- HOWARTH R, MARINO R. 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystem: involving views over three decades. *Limnol. Oceanogr.* 51:364-376.
- JOBLING M. 1994. *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall. Londres. Inglaterra. 87 pp.
- LÁREZ D. 2004. Variación de la estructura comunitaria de fitoplancton en el área pesquera Porlamar-La Isleta, Isla de Margarita, Venezuela en el periodo febrero-julio 2002. *Trab. Grado, Lic. Biología, Universidad de Oriente*. 77 pp.
- LONGA I. 1990. Hidroquímica de la superficie e interfase agua-sedimento de la Laguna de Unare, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela Univ. Oriente*. 29(1&2):57-65.
- MENDOZA J. 1990. La pesquería de sardina en el nororiente Venezolano: evaluación y perspectiva de desarrollo. Resultados de talleres sobre la pesca en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. 99-126.
- MIYAKE Y, SARUHASHI K. 1956. On the vertical distribution of the dissolved oxygen in the ocean. *Deep Sea Res.* 3:242-247.
- NESHYBA S, FONSECA T. 1981. Corrientes costeras. Manual de mediciones y análisis. *Rev. Invest. Mar. Valpar. Chile. Suplemento 7*. 132 pp.
- NOVAK J. 2003. What is conductivity and how is it measured? A technical handbook for industry. Hach Company. Florida, EE.UU. 24 pp.
- PALAZÓN J. 2000. Condiciones hidroquímicas del saco de la Isla de Coche, Venezuela, mayo, 1989 – mayo, 1990. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela Univ. Oriente*. 39(1-2):55-65.
- PERDOMO C, CASANOVA O, CIGANDA V. 2001. Contaminación de las aguas con nitratos y coliformes fecales en el litoral sudeste del Uruguay. *Agrociencia*. 1:10-22.
- REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883 Gaceta Oficial de la República de Venezuela №. 5.021 Extraordinario del 18 de diciembre de 1.995.
- REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2006. Providencia Administrativa que regula la pesca y actividades conexas del recurso hidrobiológico de la especie sardina (*Sardinella aurita*). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela №. 38.377 del 10 de febrero de 2006.
- SERRA R, TSUKAYAMA I. 1988. Sinopsis de datos biológicos y pesqueros de la sardina, *Sardinops sagax* en el Pacífico suroriental. *FAO Sinop. Pesca*. 13(1):60.
- STRATOUDAKIS Y, MARÇALO A. 2002. Sardine slipping during purse-seining off northern Portugal. *Mar. Sc.* 39:1256-1262.
- STRATOUDAKIS Y, MARÇALO A, VALE C, FALCÃO M. 2003. Changes in seawater nutrient concentrations during purse seine fishing for sardine *Sardina pilchardus* of northern Portugal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 265:235-242.
- TRUJILLO H. 1977. Factores que limitan el empleo de la estadística pesquera oficial en la evaluación del stock de la sardina *Sardinella anchovia*. Ministerio de Agricultura y Cría. *Inf. Técn.* 73:1-43.
- VALDEZ J. 1994. Variaciones diarias de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila a en una laguna hipersalina del golfo de California. *Cienc. Mar.* 20(2):123-137.
- VERGARA J, HAROUN R, GONZÁLEZ N, MOLINA L, BRIZ M, BOYRA A, GUTIÉRREZ L, BALLESTA A. 2005. Evaluación de impacto ambiental de acuicultura en jaulas en Canarias. Ed. Vergara J, Haroun R, González N. *Oceanográfica Telde, España*. 110 pp.
- WADA E, HATTORI A. 1991. Nitrogen in the sea: forms, abundances, and rate processes. CRC Press, Florida. 208 pp.
- ZABALA R. 1992. Abundancia, composición y distribución del zooplancton en la Ensenada de La Guardia, Isla de Margarita, Venezuela. *Trab. Grad. Lic. Biología Marina, Universidad de Oriente*. 77 pp.