

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN VERTICAL-TEMPORAL DE LA DENSIDAD DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES EN AGUAS OCEÁNICAS SUPERFICIALES DE LA FOSA DE CARIACO, VENEZUELA

JUAN LÓPEZ-MARCANO^{1*}, JOSÉ NÚÑEZ² & BAUMAR MARÍN^{3†}

¹*Departamento de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Sucre. Venezuela. *Autor de Correspondencia: juanj5826@gmail.com / juanj5826@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6368-4364>*

²*Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Doutorado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. Departamento de Biologia Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Sucre. jgnp31@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3471-3776>*

³*Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Sucre. baumarm@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0256-3387>*

RESUMEN: La distribución y abundancia de los huevos y larvas de peces, son influenciados por la acción de factores bióticos y abióticos. El objetivo de investigación fue determinar la distribución y densidad de huevos y larvas de peces en aguas superficiales en la fosa de Cariaco. Las colectas fueron diurnas, se realizaron a bordo del B/O HNO. GINES; desde octubre-2012 hasta diciembre-2013, utilizando una red cónica estándar de ahorque de 35 cm de diámetro y poros de 300 micras, con dispositivo de cierre mediante mensajero. Los calados fueron horizontales, durante 15 minutos a velocidad de 2 nudos, en profundidades de 0-5-10-20 m. Los datos ambientales provienen del registro del Proyecto CARIACO. Se empleó el test de Kruskal-Wallis para detectar diferencias entre las campañas y las profundidades. Las medianas de las variables ambientales fueron: temperatura 26,54 °C, salinidad 36,72 ups, oxígeno disuelto 4,41 ml l⁻¹, pH 8,06, clorofila *a* 0,16 mg m⁻³, productividad primaria 1,20 mgC m⁻³ hr⁻¹. El 2012 presentó mediana general del índice de surgencia de 86,69 y el 2013 de 3098,12, presentando diferencias intra y entre años. Las medianas de la densidad de huevos y la densidad de larvas fueron 14,15 huev.100 m³ y 2,22 larv.100 m³, obteniendo diferencias entre campañas; solo la densidad de larvas presentó diferencias entre profundidades. Estos resultados demuestran que el cambio estacional de la intensidad y dirección del viento, es el agente motor de la variabilidad anual en los parámetros hidrográficos, que a su vez modelan la dinámica biológica.

Palabras clave: Ictioplancton, Fosa de Cariaco, Surgencia, Patrones de distribución, Variación.

ABSTRACT: The distribution and abundance of fish eggs and larvae are influenced by the action of biotic and abiotic factors. The research objective was to determine the distribution and density of fish eggs and larvae in surface waters in the Cariaco Trench. The collections were made during the day, on board the B/O HNO. GINS; from October-2012 to December-2013, using a standard conical hanging net with a diameter of 35 cm and pores of 300 microns, with a messenger closure device. The drafts were horizontal, for 15 minutes at a speed of 2 knots, in depths of 0-5-10-20 m. The environmental data come from the registry of the CARIACO Project. The Kruskal-Wallis test was used to detect differences between campaigns and depths. The medians of the environmental variables were: temperature 26.54 °C, salinity

36.72 PSU, dissolved oxygen 4.41 ml l⁻¹, pH 8.06, chlorophyll *a* 0.16 mg m⁻³, primary productivity 1.20 mgC m⁻³ hr⁻¹. In 2012, the general median of the emergence index was 86.69 and in 2013 it was 3098.12, presenting differences within and between years. Median egg density and larval density were 14.15 eggs. 100 m³ and 2.22 larvae. 100 m³, obtaining differences between campaigns; only the density of larvae showed differences between depths. These results demonstrate that the seasonal change in wind intensity and direction is the driving force behind the annual variability in hydrographic parameters, which in turn model biological dynamics.

Key words: Ichthyoplankton, Cariaco trench, Upwelling, Patrons of distribution, Variation.

INTRODUCCIÓN

La composición biótica del medio ambiente pelágico en los mares está constituida por numerosos organismos planctónicos que forman la base trófica, donde el zooplancton representa el renglón principal de la producción secundaria, ya que sirve como alimento del micronecton y otros zoófagos. Su abundancia y distribución obedece, en gran parte, a los resultados de las relaciones en la cadena trófica en respuesta a procesos ambientales dominantes en el medio pelágico (MARÍN *et al.* 2004). Otro aspecto relevante del zooplancton es el hecho de que su distribución, composición y abundancia son producto de un conjunto de condiciones hidrológicas y biológicas; por ello, la presencia de ciertas especies o grupos de especies en determinada zona representa también la ocurrencia de ciertas condiciones (GASCA & SUÁREZ 1996), así mismo, pueden considerarse como indicadores naturales de masas de agua y contaminación (PANTALEÓN *et al.* 2005).

Una serie de procesos físicos se han descrito como responsables del transporte y retención de huevos, larvas de peces y zooplancton en general. La forma en que estos procesos afectan el zooplancton dependerá también de las adaptaciones biológicas que desarrollen los diferentes organismos. Así, existen larvas que presentan migraciones verticales asociadas a las mareas, en cambio en otros grupos la migración vertical está relacionada con cambios ontogenéticos (STANCYK & FELLER 1986; EPIFANIO & GARVINE 2001).

En este sentido, el conocer a las especies que coexisten en un tiempo y espacio determinado, así como su abundancia relativa, sus hábitos alimenticios y su distribución vertical, sería indicativo de las propiedades del ecosistema y del posible nivel de estabilidad trófica y de eutroficación en el sistema (HERNÁNDEZ-TRUJILLO *et al.* 2010).

El ictioplancton es la parte vertebrada del zooplancton y se corresponde con los huevos, larvas, algunos juveniles y adultos de peces (RICHARDS 1985). La trascendencia de los estudios ictioplanctónicos se hace evidente por el solo hecho que atañe a la primera parte del ciclo de vida de los peces, que son una de las fuentes de alimento más importantes para la humanidad. Estos estudios han tenido gran desarrollo desde principios del siglo pasado (BLAXTER 1974, 1984; RUSSELL 1976).

En Venezuela, los estudios de ictioplancton marino están relacionados con la abundancia de huevos y larvas (LÓPEZ-ROJAS 1972; GÓMEZ & GRANADO 1986; MARÍN *et al.* 1990; BRICEÑO & MARÍN 1997; ALLEN 2006; NÚÑEZ 2020), taxonomía (GÓMEZ 1980), composición (GONZÁLEZ 1984; BRITO 1999; RONDÓN 2020; SUBERO 2020), distribución (ESTEVE 1985; HENRÍQUEZ 2007),

ecología (SIMPSON & GONZÁLEZ 1967; BAIRD *et al.* 1973; MARÍN 1996), y desarrollo larvario y crecimiento (SIMPSON & GONZÁLEZ 1967; LÓPEZ-ROJAS & MACHADO-ALLISON 1975; GÓMEZ 1984; NÚÑEZ & MARÍN 2018).

Las evaluaciones del ictioplancton en la fosa de Cariaco son escasas, siendo importante estudiar estas comunidades debido que Venezuela se encuentra enmarcada dentro del área de influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual presenta oscilaciones estacionales bien definidas en el tiempo, las cuales conllevan a variaciones significativas en el régimen de vientos, lluvias, corrientes marinas, descarga de ríos y la surgencia, los cuales afectan directamente a esta fosa, y por ende a las diversas comunidades zooplanctónicas y nectónicas que cohabitan en esta área. Es conocido que las condiciones hidrográficas y químicas en la fosa tienden a ser más estables a partir de los 300 m de profundidad (RICHARDS & VACCARO 1956); a tal respecto, FEBRES-ORTEGA & HERRERA (1975) sugieren que las aguas de la fosa por encima del umbral ~150 m, interactúan con el mar abierto sin que ocurra mucha mezcla vertical.

En este sentido, HOLMEN & ROTH (1990) postulan que existe un patrón complejo de ventilación en la periferia de la fosa, el cual podría introducir aguas por convección o por flujos hipersalinos, así como por inyección, de aguas caribeñas provenientes de la zona de la termoclina que pasan a través del umbral durante eventos intensos de surgencia (HERRERA & FEBRES-ORTEGA 1975); fenómenos estos que han permitido el establecimiento de una compleja comunidad que se relaciona en todos los niveles, manteniendo un equilibrio que ha permitido el balance en los consumidores de primer nivel que se alimentan de los productores primarios, los cuales mantienen a las comunidades instaladas en el área, gracias a estos fenómenos atmosférico oceanográficos antes mencionados.

Con base a lo antes expuesto, se espera observar las mayores densidades de huevos y larvas de peces en los meses de mayor concentración de zooplancton, en los meses de surgencia y en el segundo pulso de surgencia, así como en las mayores profundidades muestreadas, debido a una menor perturbación del viento a esas profundidades donde la turbulencia es menor, evitando el daño mecánico en las primeras fases de la ontogenia en los peces. Igualmente se espera una fuerte influencia de los parámetros ambientales sobre esta comunidad en las aguas superficiales en la Fosa de Cariaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Se contó con una única estación en la fosa de Cariaco (Fig. 1), al oeste de la península de Araya, costa oeste del estado Sucre (10°30'0" N y 64°40'0" O). Se encuentra ubicada en una depresión con 1400 m de profundidad aproximadamente, denominada fosa por ser de aguas anóxicas (ÁNGEL 1982), localizada en la plataforma continental de Venezuela, entre cabo Codera y la península de Araya, conectada con la parte sureste del mar Caribe a través de un umbral que alcanza 140 m en su punto más profundo (OKUDA *et al.* 1974; LLANO *et al.* 1991; ASTOR *et al.* 2004). Ésta se caracteriza por su ambiente anóxico por debajo de los 250 m de profundidad, debido al

carácter restringido de los movimientos de advección y mezcla a estas profundidades (ASTOR *et al.* 1998); además, como consecuencia de una gran actividad bacteriana y de la práctica ausencia de intercambio de aguas con el mar adyacente. Otra particularidad es su ubicación en una zona de surgencia intensa. Estas características hacen de la fosa de Cariaco un sitio ideal para el estudio de ciertos procesos de interacción desde el punto de vista biológico, químico, geológico y físico, que son más difíciles de estudiar en otros lugares. Por tal razón, esta zona ha sido reconocida como un laboratorio natural por más de 45 años.

Trabajo de campo

La colecta de las muestras planctónicas se realizó en una única estación a bordo del *B/O HNO. GINES*, propiedad de Fundación La Salle como parte del proyecto CARIACO (MULLER-KARGER 2019). Se colectó una muestra a cada profundidad y en cada campaña, durante un ciclo anual tomando en cuenta los periodos de surgencia y/o sequia (diciembre-abril y julio-agosto), transición (mayo-junio) y calma y/o lluvia (septiembre-noviembre, diciembre), desde octubre de 2012 hasta diciembre de 2013.

Se utilizó una red cónica estándar de ahorque de 35 cm de diámetro de boca y poros de 300 micras, con un dispositivo de cierre mediante mensajero. Los calados se realizaron de manera

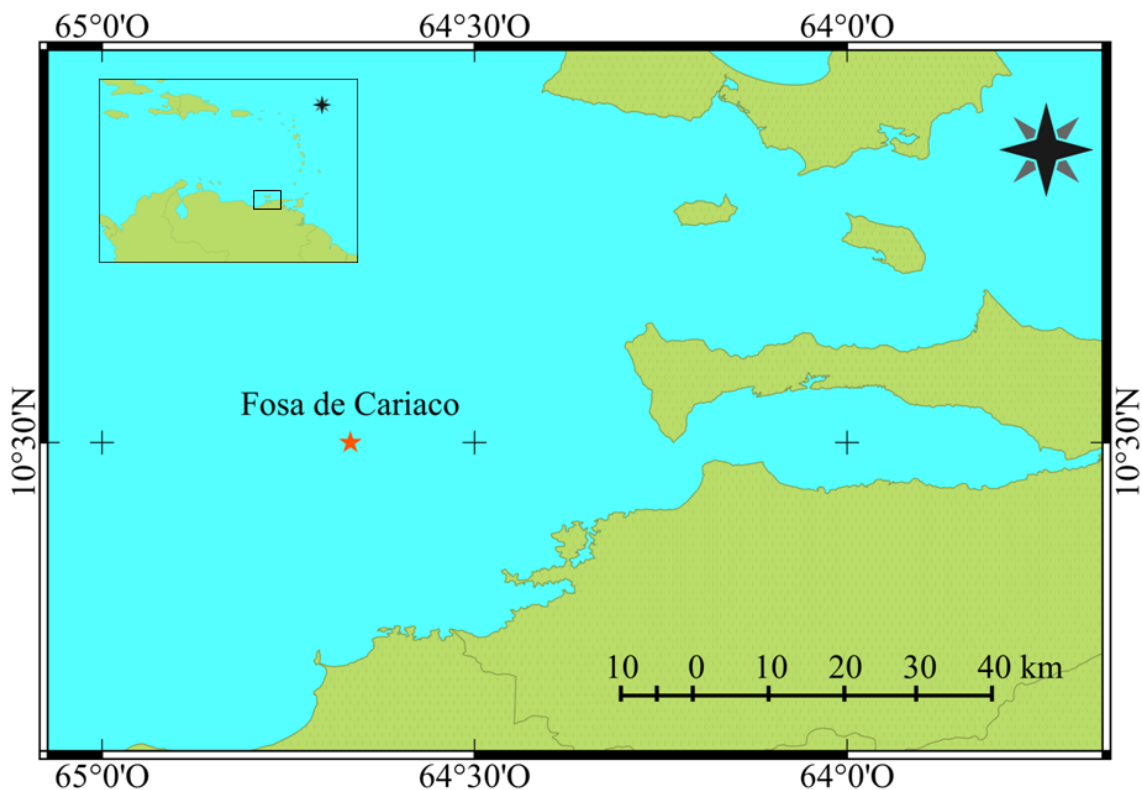


Fig. 1. Ubicación geográfica de la estación de muestreo del Proyecto Cariaco. Con el símbolo (★) se indica la estación de muestreo del Proyecto CARIACO.

horizontal, utilizándose un clinómetro para estimar el ángulo de la guaya y posteriormente calcular la cantidad de metros que se deben soltar para alcanzar las profundidades de 1, 5, 10 y 20 m aproximadamente, a una velocidad constante de arrastre de 2 nudos ($1,02 \text{ m s}^{-1}$), y con una duración de 15 minutos cada calado.

Para calcular el volumen de agua filtrado por las redes planctónicas se utilizó la fórmula para medidores de flujo, según BAGDO (1977) como sigue:

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

$$h = R * I \quad (2)$$

Donde:

V= volumen de agua filtrada en m^3 .

r= radio de la abertura de la red (m).

h= recorrido del cilindro (m).

R= N° de revoluciones marcadas por el flujómetro (rev).

I= índice de calibración (0,15 m/rev).

$$h = v * t \quad (3)$$

Donde:

V= velocidad de la embarcación (m/s).

T= tiempo del calado (s).

Se obtuvo un volumen de agua filtrada de $180,16 \text{ m}^3$. Las muestras fueron concentradas usando un tamiz de 300 micras; seguidamente fueron fijadas con formaldehído al 5% en agua de mar, y almacenadas en frascos plásticos debidamente rotulados, para ser trasladadas al Laboratorio de Ictioplancton del Departamento de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Los datos de las variables ambientales: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y las variables biológicas clorofila *a* y productividad primaria, fueron seleccionados de la base de datos digital del proyecto CARIACO, a las profundidades más cercanas (1, 7, 15 y 25 m) de donde se colectaron los datos biológicos (1, 5, 10 y 20 m), en <http://imars.marine.usf.edu/WebPageData/CARIACO/MasterHydrography/> (CARIACO OCEAN TIME-SERIES PROGRAM, 2019).

El índice de surgencia se calculó por medio de la estadística de vientos de la Estación Meteorológica del Aeropuerto Internacional Antonio José de Sucre (estado Sucre), según la ecuación de BOWDEN (1983):

$$IS = \frac{t_{sx}}{r * f} * 100 \quad (4)$$

Donde:

f = parámetro de Coriolis.

T_{sx} = tensión del viento de superficie.

r = densidad media del agua (1025 kg m^{-3}).

El término f será calculado:

$$f = 2 * w * \sin f_i \quad (5)$$

Donde:

w = velocidad angular de rotación de la tierra ($7,29 \times 10^{-5} \text{ seg}$).

f_i = posición latitudinal en el lugar.

El término t_{sx} representa la tensión del viento de superficie medida en el eje perpendicular a la costa:

$$t_{sx} = k * r_a * W^2 \quad (6)$$

Donde:

k = coeficiente empírico de arrastre (1,11 a 3,25 en función de la velocidad del viento)

r_a = densidad promedio del aire ($122 \times 10^{-3} \text{ kg cm}^{-3}$)

W = velocidad del viento

Trabajo de laboratorio

Con la ayuda de una lupa estereoscópica marca MOTIC y una cámara de Bogorov, se separaron y contabilizaron la totalidad de los huevos y larvas de peces, a cada una de las profundidades y en las diferentes campañas realizadas, reportándose éstas en valores de densidad por cada 100 m^3 de agua de mar filtrada.

El biovolumen o volumen sedimentado del zooplancton se determinó colocando la muestra en un cilindro graduado, dejándola sedimentar durante 24 horas para luego realizar la lectura del volumen sedimentado. Los valores de volumen sedimentado del zooplancton, fueron expresados en ml por cada 100 m^3 de agua de mar filtrada.

Análisis estadístico

Se empleó el análisis Kruskal-Wallis, con la utilización del paquete estadístico Statgraphics plus 4.1, para detectar posibles diferencias entre las campañas y las profundidades de muestreo, respecto a las variables: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, surgencia, clorofila a ,

productividad primaria, biovolumen de zooplancton y abundancia/densidad de huevos y larvas. Se aplicaron pruebas no paramétricas, ya que la mayoría de las variables no cumplían las condiciones subyacentes de normalidad (prueba Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Para saber en qué pares específicos de subgrupos hay diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó el *test de Dunn* con ajustes en el nivel α , asumido por la corrección de la prueba de *Bonferroni*, lo que permite contrastar el aumento en la tasa de error tipo I, debido a estar realizando sobre unos mismos datos de una serie de contrastes de hipótesis. El mismo análisis se realizó para establecer si existían diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las campañas y profundidad, respecto a las variables: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, surgencia, clorofila *a*, productividad primaria, biovolumen de zooplancton y abundancia/densidad de huevos y larvas (SOKAL & ROHLF 1995).

Para estimar cual variable ambiental o combinación de estas explica de mejor manera el patrón de clorofila *a*, productividad primaria, biovolumen y abundancia/densidad de huevos y larvas en las cuatro profundidades de muestreo, se aplicó una prueba BEST-BIDENV, basada en permutaciones (CLARKE *et al.* 2014).

RESULTADOS

A continuación, se muestra el resumen de las variables ambientales-oceanográficas, evaluadas entre octubre de 2012 y diciembre de 2013 para las aguas de la fosa de Cariaco.

La mediana de la temperatura en el ciclo de muestreo fue 26,54 °C, presentando el menor valor 22,53 °C en marzo de 2013 y el mayor valor 29,36 °C para septiembre de 2013; Se observaron diferencias significativas de la temperatura entre los meses de muestreo (K-W= 36,89; $p = 0,0002$). El test de *Dunn* genero 78 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observaron diferencias estadísticas de la temperatura entre noviembre de 2012 y marzo de 2013 (*Dunn*= -3,57; $p = 0,0279$), noviembre de 2012 y abril de 2013 (*Dunn*= -3,45; $p = 0,0433$), marzo de 2013 y septiembre de 2013 (*Dunn*= 4,01; $p = 0,0047$), abril de 2013 y septiembre de 13 (*Dunn*= 3,90; $p = 0,0076$), y mayo de 2013 y septiembre de 2013 (*Dunn*= 3,57; $p = 0,0279$). Con respecto a las profundidades, a los 25 m se obtuvo la menor mediana en todo el ciclo de muestreo (24,97 °C), con un mínimo de 22,53 °C y un máximo de 28,53 °C, en cambio la mayor mediana se obtuvo para la profundidad de 1 m (27,27 °C), con un mínimo de 24,70 °C y un máximo de 29,36 °C. Se observaron diferencias significativas de la temperatura entre las distintas profundidades de muestreo (K-W= 10,69; $p = 0,0100$). El test de *Dunn* genero 6 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observó diferencias significativas de la temperatura entre las profundidades de 1 y 25 m (*Dunn*= -3,12; $p = 0,0109$; Fig. 2, TABLA 1).

La mediana de la salinidad durante los muestreos fue (36,72 PSU), presentando el menor valor 36,14 PSU en noviembre de 2012 y el mayor valor 36,99 PSU para abril de 2013. Se observaron diferencias significativas de la salinidad entre los meses de muestreo (K-W= 48,88; $p = 0,000002$). Se constató la formación de 6 subgrupos que presentaron significancia entre los meses, respecto a la salinidad, de los 78 que genero el test de *Dunn*, estos fueron: octubre de 2012 y abril de 2013 (*Dunn*= 3,80; $p = 0,0112$), noviembre de 2012 y abril de 2013 (*Dunn*= 4,48; $p = 0,0006$),

Tabla 1. Resumen de las variables ambientales de las aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

Fecha (Campañas)	Descriptor	O _{2d} (ml/l)	pH	Salinidad (PSU)	Temperatura (°C)	P. Primaria (mgC/m ³ /h)	Clorofila (mg/m ³)
Oct-12	Min/Prof.	4,48/25	8,071/25	36,39/7	25,78/25	0,84/1	0,11/1
	Max/Prof.	4,55/15	8,096/7	36,51/25	28,54/1	2,26/25	0,39/25
	Mediana	4,49	8,09	36,42	27,17	1,08	0,12
Nov-12	Min/Prof.	4,28/7	8,09/25	36,14/7	27,36/25	0,33/25	0,09/1
	Max/Prof.	4,40/1	8,12/1	36,27/25	28,76/1	0,86/15	0,10/25
	Mediana	4,36	8,11	36,18	28,42	0,67	0,09
Dec-12	Min/Prof.	4,23/25	8,05/25	36,50/1	25,84/25	0,39/7	0,11/15
	Max/Prof.	4,43/15	8,06/1	36,55/25	26,82/1	0,52/15	0,16/25
	Mediana	4,40	8,06	36,51	26,56	0,48	0,11
Mar-13	Min/Prof.	3,67/25	7,98/25	36,82/15	22,53/25	0,93/25	0,24/7
	Max/Prof.	4,70/15	8,04/1	36,86/1	24,70/1	1,74/1	0,35/25
	Mediana	4,69	8,03	36,85	23,71	1,33	0,27
Apr-13	Min/Prof.	4,25/25	7,93/15	36,99/7	23,44/25	0,67/25	0,47/1
	Max/Prof.	4,60/7	8,05/7	36,99/15	24,77/1	5,20/7	0,55/25
	Mediana	4,52	8,04	36,98	23,80	3,03	0,50
May-13	Min/Prof.	4,13/25	7,94/15	36,93/7	22,86/25	1,08/7	0,31/25
	Max/Prof.	4,29/15	8,04/7	36,96/25	25,42/1	2,72/1	0,35/15
	Mediana	4,28	8,01	36,93	24,53	1,98	0,33
Jun-13	Min/Prof.	4,33/25	8,05/25	36,83/15	23,87/25	0,90/25	0,20/1
	Max/Prof.	4,56/7	8,06/7	36,88/25	26,65/1	1,22/7	0,29/25
	Mediana	4,55	8,06	36,84	25,61	1,17	0,21
Jul-13	Min/Prof.	4,13/25	8,04/25	36,88/1	24,55/25	0,97/25	0,11/1
	Max/Prof.	4,29/15	8,06/7	36,93/25	27,88/1	1,38/1	0,17/25
	Mediana	4,28	8,06	36,88	26,89	1,32	0,13
Aug-13	Min/Prof.	4,23/25	8,03/25	36,88/1	25,20/25	1,06/25	0,13/7
	Max/Prof.	4,39/7	8,06/1	36,92/15	28,19/1	1,93/7	0,17/25
	Mediana	4,35	8,05	36,90	31,59	1,69	0,14
Sep-13	Min/Prof.	4,48/1	8,09/25	36,36/7	28,35/25	0,87/25	0,11/7
	Max/Prof.	4,57/25	8,15/7	36,65/25	29,36/1	1,17/15	0,14/1
	Mediana	4,49	8,10	36,39	28,99	1,09	0,12
Oct-13	Min/Prof.	4,20/25	8,05/25	36,52/7	24,97/25	1,43/25	0,13/1
	Max/Prof.	4,48/7	8,09/7	36,70/25	29,10/1	2,24/1	0,18/25
	Mediana	4,37	8,08	36,55	27,43	2,15	0,15

	Min/Prof.	4,25/25	8,05/25	36,53/7	25,45/25	0,92/25	0,19/1
Nov-13	Max/Prof.	4,47/15	8,08/1	36,66/25	27,27/1	2,45/7	0,28/25
	Mediana	4,45	8,07	36,53	26,97	1,87	0,21
	Min/Prof.	4,33/25	8,04/25	36,72/15	24,71/25	0,87/1	0,13/1
Dec-13	Max/Prof.	4,64/15	8,06/7	36,76/25	26,73/1	1,29/15	0,16/25
	Mediana	4,55	8,06	36,72	26,11	1,00	0,13

*Min=mínimo, Max=máximo, Prof.=Profundidad.

noviembre de 2012 y mayo de 2013 ($Dunn= 4,06$; $p= 0,0038$), noviembre de 2012 y julio de 2013 ($Dunn= 3,48$; $p= 0,0397$), noviembre de 2012 y agosto de 2013 ($Dunn= 3,59$; $p= 0,0255$), y abril de 2013 y septiembre de 2013 ($Dunn= -3,76$; $p= 0,0135$). Con respecto a las profundidades, a los 7 m se obtuvo la menor mediana en todo el ciclo de muestreo (36,72 PSU), con un valor mínimo de 36,14 PSU y un máximo de 36,98 PSU; por el contrario, la mayormediana se obtuvo para la profundidad de 25 m (36,76 PSU), con un valor mínimo de 36,27 PSU y un máximo de 36,98 PSU. No se observaron diferencias significativas de la salinidad entre las distintas profundidades de muestreo ($K-W= 1,11$; $p= 0,78$; Fig. 3, TABLA 1).

La mediana del oxígeno disuelto en el ciclo de muestreo fue (4,41 ml l⁻¹), registrando el menor valor 3,67 ml l⁻¹ y el mayor valor 4,70 ml l⁻¹, ambos en marzo de 2013. Se observaron diferencias significativas de esta variable entre los meses de muestreo ($K-W= 25,82$; $p= 0,0100$). El test de *Dunn* generó 78 pares de subgrupos, entre los meses evaluados de la variable Oxígeno disuelto, de los cuales solo 4 subgrupos presentaron significancia estadística, entre estos: marzo de 2013 y mayo de 2013 ($Dunn= -2,65$; $p= 0,0467$), marzo de 2013 y julio de 2013 ($Dunn= -2,32$; $p= 0,0436$), mayo de 2013 y diciembre de 2013 ($Dunn= 2,86$; $p= 0,0481$), y julio de 2013 y diciembre de 2013 ($Dunn= 2,27$; $p= 0,0492$). Con respecto a las profundidades, a los 25 m se obtuvo la menor mediana en todo el ciclo de muestreo (4,25 ml l⁻¹), con un valor mínimo de 3,67 ml l⁻¹ y un máximo de 4,57 ml l⁻¹, hallándose la mayor mediana a la profundidad de 7 m (4,48 ml l⁻¹), con un valor mínimo de 4,28 ml l⁻¹ y un máximo de 4,68 ml l⁻¹. Se observaron diferencias significativas del oxígeno disuelto entre las distintas profundidades de muestreo ($K-W= 13,28$; $p= 0,0041$). El test de *Dunn* generó 6 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observó diferencias significativas del Oxígeno disuelto entre las profundidades de 1 y 25 m ($Dunn= -2,83$; $p= 0,0276$), los 7 y 25 m ($Dunn= -3,09$; $p= 0,0119$), y los 15 y 25 m ($Dunn= -2,95$; $p= 0,0109$; Fig. 4, TABLA 1).

La mediana del pH en el ciclo de muestreo fue 8.06, presentando el menor valor (7,93) en abril de 2013 y el mayor valor (8,12) para noviembre de 2012. Se observaron diferencias significativas del pH entre los meses de muestreo ($K-W= 41,70$; $p= 0,000037$). Según el test de *Dunn* de los 78 posibles pares de subgrupos, sólo en 5 se observaron diferencias estadísticas del pH entre los meses, quedando estos subgrupos formados por: noviembre de 2012 y marzo de 2013 ($Dunn= -3,92$; $p= 0,0069$), noviembre de 2012 y abril de 2013 ($Dunn= -3,57$; $p= 0,0279$), noviembre de 2012 y mayo de 2013 ($Dunn= -4,01$; $p= 0,0047$), marzo de 2013 y septiembre de 2013 ($Dunn= 3,64$; $p= 0,0213$), y mayo de 2013 y septiembre de 2013 ($Dunn= 3,73$; $p= 0,0148$). Con respecto a las profundidades, a los 25 m se obtuvo la menor mediana en todo el ciclo de

muestreo (8,04), con un mínimo de 7,98 y un máximo de 8,09, en cambio, la mayor mediana se obtuvo en la profundidad de 7 m con (8,069), con un mínimo de 8,03 y un máximo de 8,11. No se observaron diferencias significativas del pH entre las distintas profundidades de muestreo (K-W= 6,27; $p= 0,1000$; Fig. 5, TABLA 1).

Por su parte, el índice de surgencia para los años 2012-2013 en la costa nororiental de Venezuela presentó un valor de la mediana de 346,82, con un valor mínimo (1,02) para abril de 2012 y un valor máximo (700443) para julio y octubre de 2013. Particularmente, para el año 2012 se determinó una mediana de 86,69, con un mínimo (1,02) para abril y un máximo (73563,4) para de febrero. En contraste, para el año 2013 la mediana general fue de 3098,12, con un mínimo (18,51) entre abril y diciembre, y el mayor valor (700443) para octubre. Se observaron diferencias significativas entre años de la surgencia (K-W= 6630,12; $p= 0,0000$) y entre los meses de cada año (K-W= 824,824; $p= 0,0000$ para el año 2012, y K-W= 651,384; $p= 0,0000$ para el año 2013). Según el test de *Dunn* de los 276 posibles pares de subgrupos formados, el 76% de estos presentaron significancia estadística ($p<0,05$) entre los meses del Índice de surgencia. Igualmente, este test determinó la existencia de diferencias estadísticas entre los meses y este índice (*Dunn*= 81,43; $p=0,0000$; Fig. 6).

La mediana de la clorofila *a* en el ciclo de muestreo fue 0,16 mg m⁻³, presentando el menor valor (0,09 mg m⁻³) en noviembre de 2012 y el mayor valor (0,55 mg m⁻³) para abril de 2013. Se

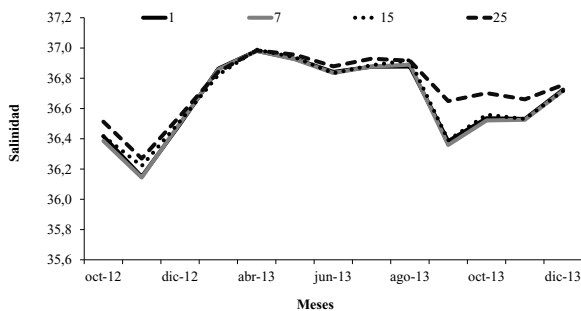


Fig. 3. Variación temporal y vertical de la salinidad (PSU) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

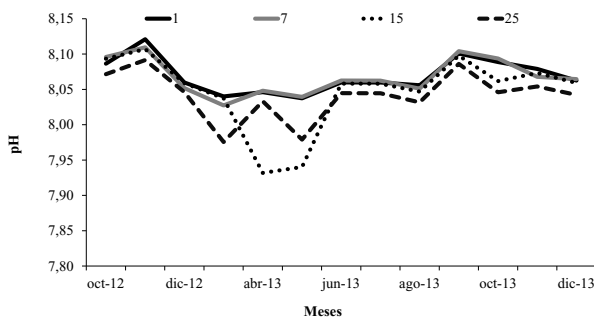


Fig. 5. Variación temporal y vertical del pH en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

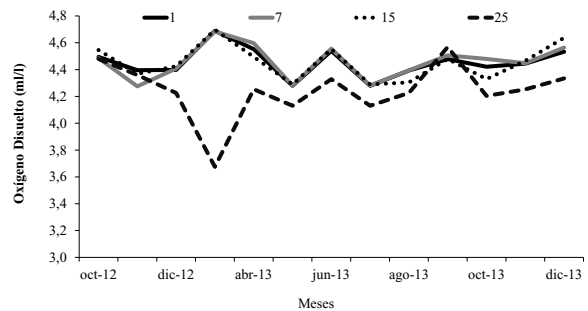


Fig. 4. Variación temporal y vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

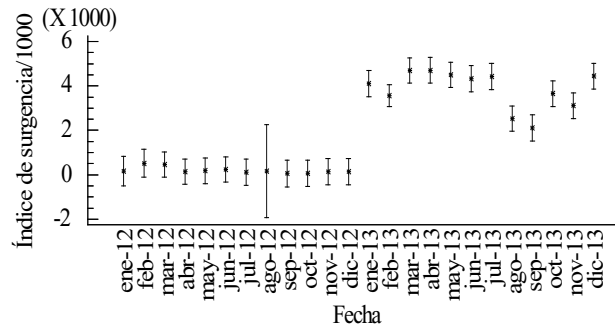


Fig. 6. Variación temporal (2012-2013) del índice de surgencia en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

observaron diferencias significativas de la clorofila *a* entre los meses de muestreo ($K-W=41,83$; $p=0,000036$). Se comprobó la formación de 4 subgrupos que presentaron significancia entre los meses, respecto a la clorofila *a*, de los 78 que generó el test de *Dunn*, estos fueron: noviembre de 2012 y marzo de 2013 ($Dunn=3,62$; $p=0,0233$), noviembre de 2012 y abril de 2013 ($Dunn=4,48$; $p=0,0006$), noviembre de 2012 y mayo de 2013 ($Dunn=3,92$; $p=0,0069$), y diciembre de 2012 y abril de 2013 ($Dunn=3,64$; $p=0,0213$). Con respecto a las profundidades, a los 7 m se obtuvo la menor mediana en todo el ciclo de muestreo ($0,13 \text{ mg m}^{-3}$), con un mínimo de $0,09 \text{ mg m}^{-3}$ y un máximo de $0,51 \text{ mg m}^{-3}$, por el contrario, la mayor mediana se obtuvo para la profundidad de 25 m ($0,18 \text{ mg m}^{-3}$), con un mínimo de $0,10 \text{ mg m}^{-3}$ y un máximo de $0,55 \text{ mg m}^{-3}$. No se observaron diferencias significativas de la clorofila entre las distintas profundidades de muestreo ($K-W=3,64$; $p=0,3000$; Fig. 7, TABLA 1).

La mediana de la productividad primaria durante esta investigación fue $1,20 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, presentando el menor valor ($0,33 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) en noviembre de 2012 y el mayor valor ($5,20 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) para abril de 2013. Se observaron diferencias significativas de la productividad primaria entre los meses de muestreo ($K-W=29,90$; $p=0,0029$). El test de *Dunn* generó 78 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observó diferencias estadísticas de la productividad primaria entre diciembre de 2012 y octubre de 2013 ($Dunn=3,45$; $p=0,0433$). Con respecto a las profundidades, a los 25 m se obtuvo la menor mediana en todo el estudio ($0,93 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) con un mínimo de $0,33 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ y un máximo de $2,26 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ para esa profundidad, por el contrario, la mayor mediana se obtuvo para la profundidad de 15 m ($0,15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) con un mínimo de $0,52 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ y un máximo de $2,96 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$. No se observaron diferencias significativas de la productividad primaria entre las distintas profundidades de muestreo ($K-W=5,12$; $p=0,1600$; Fig. 8, TABLA 1).

La mediana del biovolumen durante los muestreos fue de $2,8 \text{ ml}/100 \text{ m}^3$, presentando su menor valor en octubre de 2012, con $0,3 \text{ ml}/100 \text{ m}^3$ y el mayor valor para febrero de 2013, con $44,4 \text{ ml}/100 \text{ m}^3$. Se observaron diferencias significativas del biovolumen entre los meses de muestreo ($K-W=19,58$; $p=0,0033$). El test de *Dunn* generó 21 pares de subgrupos, entre los cuales sólo se observó diferencias significativas del biovolumen entre octubre de 2012 y febrero de 2013 ($Dunn=3,91$; $p=0,0019$). Con respecto a las profundidades, a los 5 m se obtuvo la menor mediana en todo

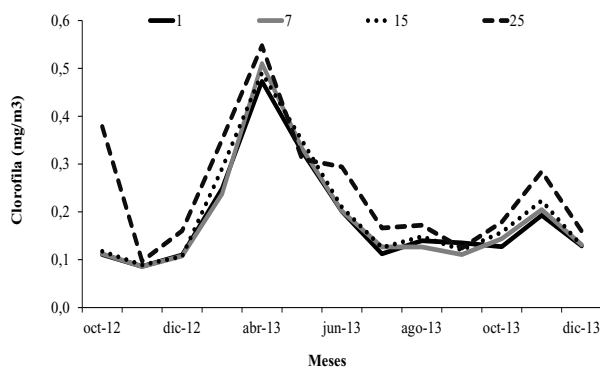


Fig. 7. Variación temporal y vertical de la clorofila (mg/m^3) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

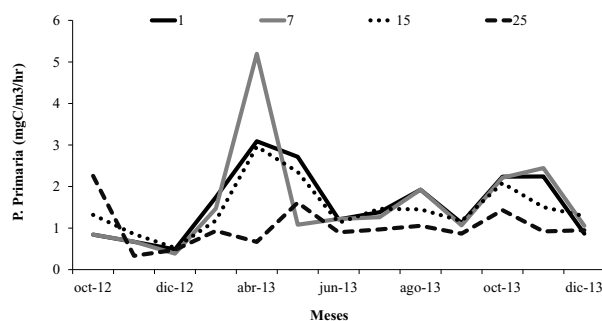


Fig. 8. Variación temporal y vertical de la productividad primaria ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

el ciclo de muestreo con 1,7 ml/100 m³, con un mínimo para esta profundidad de 0,3 ml/100 m³ y un máximo de 15,5 ml/100 m³, en cambio la mayor mediana se obtuvo para la profundidad de 20 m con 3,8 ml/100 m³, con un mínimo (1,7 ml/100 m³) y un máximo (38,3 ml/100 m³) para esta profundidad. No se observaron diferencias significativas del biovolumen entre las distintas profundidades de muestreo (K-W= 4,03; $p= 0,26$; Fig. 9).

La mediana de la densidad de huevos en el ciclo de muestreo fue 14,15 huev./100 m³, presentando el menor valor (0 huev./100 m³) en octubre de 2012 y el mayor valor (121 huev./100 m³) para febrero de 2013. Se observaron diferencias significativas de la densidad de huevos entre los meses de muestreo (K-W= 18,18; $p= 0,0058$). Se evidenció la formación de 2 subgrupos que mostraron significancia entre los meses, respecto a la densidad de los huevos de peces, de los 21 que genero el test de *Dunn*, estos fueron: octubre de 2012 y febrero de 2013 (*Dunn*= 3,14; $p= 0,0356$), y octubre de 2012 y abril de 2013 (*Dunn*= 3,91; $p= 0,0019$). Con respecto a las profundidades, a los 5 m se obtuvo la menor mediana de todo el ciclo de muestreo con 7,77 huev./100 m³, con un mínimo de 0 huev./100 m³ y un máximo de 98,2 huev./100 m³; en cambio, la mayor mediana entre las profundidades se obtuvo a los 10 m (25,53 huev./100 m³), con un mínimo de 0 huev./100 m³ y un máximo de 121 huev./100 m³. No se observaron diferencias significativas de la densidad de huevos entre las distintas profundidades de muestreo (K-W= 0,45; $p= 0,93$; Figs. 10 y 12).

La mediana de la densidad de larvas en el periodo de estudio fue 2,22 larv./100 m³, presentando el menor valor (0 larv./100 m³) para octubre y diciembre de 2012 y abril, julio y agosto de 2013, y

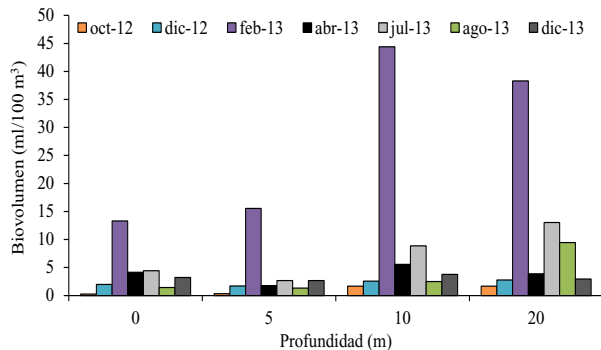


Fig. 9. Variación temporal y vertical del biovolumen (ml) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

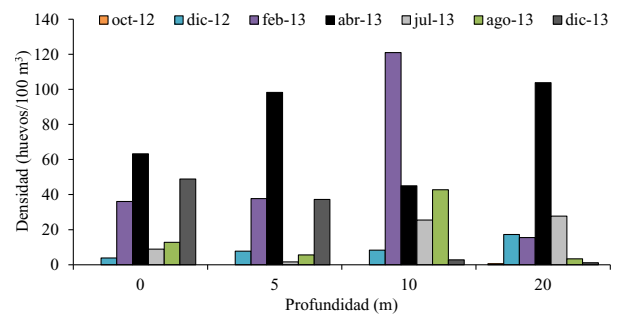


Fig. 10. Variación temporal y vertical de la densidad (huevos/100 m³) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

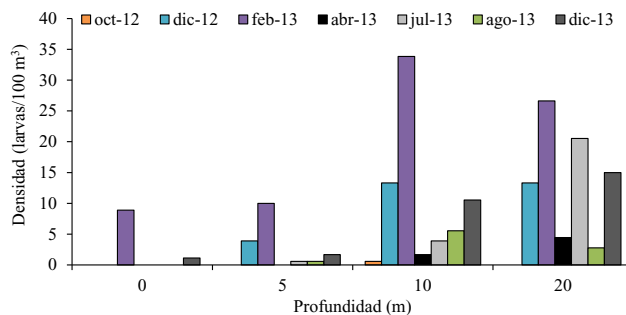


Fig. 11. Variación temporal y vertical de la densidad (larvas/100 m³) en aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

el mayor valor (33,9 larv./100 m³) para febrero de 2013. Se observaron diferencias significativas de la densidad de larvas entre los meses de muestreo (K-W= 12,66; $p= 0,048$). El test de *Dunn* genero 21 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observaron diferencias estadísticas de la densidad de larvas de peces entre octubre de 2012 y febrero de 2013 (*Dunn*= 3,16; $p= 0,0336$). Con respecto a las profundidades, a los 0 m se obtuvo la menor mediana general en todo el ciclo de estudio (0 larv./100 m³), con un mínimo y un máximo para esa profundidad de 0 larv./100 m³ y 8,9 larv./100 m³, respectivamente; en cambio, la mayor mediana se obtuvo para la profundidad de 20 m con 13,32 larv./100 m³, con un mínimo de 0 larv./100 m³ y un máximo de 26,6 larv./100 m³. Se observaron diferencias significativas de la densidad de larvas entre las distintas profundidades de muestreo (K-W= 10,91; $p= 0,012$). El test de *Dunn* genero 6 pares de subgrupos, entre los cuales solo se observó diferencias significativas de la densidad de larvas de peces entre las profundidades de 1 y 20 m (*Dunn*= 27,80; $p= 0,0326$; Figs. 11 y 12).

Con respecto a los modelos matemáticos generados por la prueba BEST-BIDENV que mejor se ajustaron, permitiendo una mayor comprensión de como las variables ambientales influyeron sobre las variables biológicas, se determinó que la productividad primaria en la fosa de Cariaco estuvo altamente influenciada por la salinidad (R Global= 0,286; $p= 0,0250$); sin embargo, la producción de clorofila *a* se vio influenciada adicionalmente por el oxígeno disuelto, pH y la temperatura (R Global= 0,41; $p= 0,002$). Por su parte, la productividad secundaria expresada en biovolumen, se correlaciono muy bien con el oxígeno disuelto, pH y la salinidad (R Global= 0,33; $p= 0,017$). Dentro de este último componente, se observó de manera más detallada que la presencia y la abundancia de huevos estuvo moldeada por la salinidad (R Global= 0,392; $p= 0,001$), en relación a la comunidad de larvas de peces en los estratos evaluados, los cuales fueron muy superficiales, no se mostró influenciada por ninguna de las variables ambientales estudiadas; posiblemente porque estos estratos dentro de la comunidad de larvas, las cuales pueden tener cierta

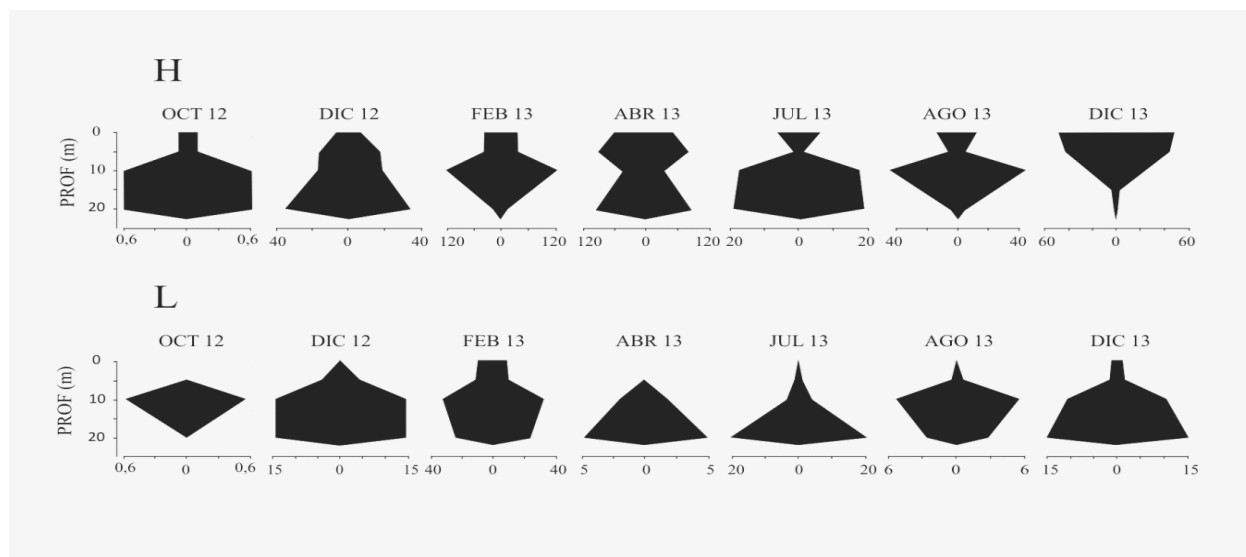


Fig. 12. Distribución vertical de la densidad de huevos (H) y larvas (L) de peces en las aguas de la fosa de Cariaco, Venezuela.

capacidad de desplazamiento, funcione como una sola estructura en la vertical de la columna de agua, estando posiblemente una mayor representación de este componente del zooplancton en aguas más profundas en la zona limítrofe de las aguas superficiales con la termoclina (aproximadamente 50 m), área rica en nutrientes y mayor productividad primaria (RUEDA, 2000), con disponibilidad de alimentos para esta comunidad.

DISCUSIÓN

La temperatura del agua presenta el comportamiento típico para áreas influenciadas por el fenómeno de surgencia costera (NÚÑEZ & MARÍN 2018; RONDÓN 2020), observándose en una fracción importante del ciclo anual, el descenso de ésta en el periodo de sequía, y su subsecuente aumento en periodo lluvioso, donde adicionalmente se origina la estratificación térmica del agua, produciendo capas donde se observan diferentes temperaturas, siendo más elevadas en los estratos más superficiales.

Por su parte, la salinidad presentó valores altos en épocas correspondientes a la sequía, momento en el cual ocurre una alta evaporación de las aguas y concentración leve de sales en las capas más superficiales en la fosa de Cariaco, en sentido contrario, se observó una disminución de esta variable en la época de lluvia producto de la dilución que causan las lluvias. Resultados similares fueron encontrados por FERRAZ-REYES (1989), quien señaló la poca variación de la salinidad, excepto en los meses de influencia de los ríos y del agua de escorrentía. Igualmente, para el área de estudio, FEBRES-ORTEGA (1974), observó que las variaciones en los valores de temperatura y salinidad, son debido a la influencia que la surgencia temporal tiene sobre esta masa de agua, la cual a su vez presentó dos máximos que coinciden con la intensidad de ésta, originadas por los vientos alisios, siendo el primero entre enero-abril y el segundo entre julio-agosto.

En relación al oxígeno disuelto, este presentó un comportamiento similar en todas las profundidades, con la excepción de marzo de 2013 a los 25 metros donde se observó una leve disminución en sus valores, producto posiblemente de un aumento en la densidad zooplanctónica; sin embargo, en general, el oxígeno disuelto en las distintas profundidades presentó valores altos en época de vientos intensos, entre diciembre-abril y julio-agosto, coincidentes con la época principal de surgencia y su segundo pulso, respectivamente. Por su parte los resultados obtenidos por MÁRQUEZ *et al.* (2009) en la evaluación de la densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco, indican que el oxígeno disuelto también presentó diferencias significativas por estrato con la mayor concentración en el estrato superficial. Sin embargo, no mostró diferencias significativas para las épocas de surgencia y relajación.

En contra posición al oxígeno disuelto, el pH exhibió valores altos en época de lluvia o de calma de la surgencia, producto de las descargas de aguas continentales ricas en sales básicas, siendo las capas superficiales las que exhibieron los valores más altos; los valores mínimos fueron observados en época de surgencia, que es cuando se presentan los niveles más bajos o nulos de la precipitación, en la cual la turbulencia y el rompimiento de la estratificación en la columna de agua, origina un efecto de taponamiento que provoca una leve disminución de este parámetro, llevando a estas aguas a un estado muy cercano al neutro en la escala de pH. Sin embargo, es importante

resaltar que los valores del pH determinados en esta investigación estuvieron dentro del rango de fluctuación que se considera normal a escala global para los mares y océanos (RICHARDS 1960).

La concentración de clorofila *a* aumentó en la época de surgencia comprendida entre marzo-mayo de 2013 en todas las profundidades muestreadas, probablemente debido al alza en los valores de este parámetro, por la biodisponibilidad de nutrientes que se origina por la sustitución de las aguas superficiales por aguas profundas ricas en ellos, fertilizando a la zona para que se produzca el bloom fitoplanctónico, caracterizado principalmente por diatomeas. En este sentido, SPINIELLO & PÉREZ (2005) observaron para el área de impacto de la surgencia costera, generada por los vientos, y que cuya influencia se extiende hasta la plataforma externa de la fachada atlántica de Venezuela, en la zona oceánica, una gran abundancia de fitoplancton, como las diatomeas y los dinoflagelados, los cuales son los grupos que presentan los mayores valores en la concentración de clorofila *a*, en promedio estos investigadores determinaron una representación del 88% de la abundancia total de estos dos grupos del total identificado para la zona.

Aunque la productividad primaria presentó gran variabilidad temporal con igual comportamiento espacial, sus mayores valores se evidenciaron en los eventos de resurgencia de las aguas profundas, y a diferencia de la clorofila *a*, la productividad primaria disminuyó con la profundidad, hallándose solapadas a un metro y siete metros de profundidad en la época de lluvia. Esta condición se explica posiblemente a la existencia de una surgencia periódica, que puede alcanzar los efectos deletéreos (la disponibilidad de alimentos y las limitaciones físicas, como la turbulencia,) explicados por CURY & ROY (1989). El promedio diario de productividad primaria reportado por RUEDA (2000), entre 1996 y 1998, fue de $1,4 \text{ g C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$; valor que define claramente la zona como área de surgencia, así como lo determinó THOMPSON (1972), para aguas que tuvieran estas características.

Con el índice de surgencia se confirmó la aparición temporal dentro del ciclo anual estudiado, de los focos de resurgimiento de aguas frías y ricas en nutrientes, el cual ocurre año tras año en la zona nororiental del país; adicionalmente, permitió interpretar de una mejor manera los datos, porque además de mostrar la influencia de la velocidad del viento en la producción de este fenómeno, también detalla cómo la dirección del viento influye a la surgencia. En este sentido, se observó que el año 2012 presentó anomalías relacionadas con una baja predominancia e intensidad de los vientos del noreste, provocando eventos de surgencia débiles, que a diferencia del año 2013, donde los vientos del noreste retomaron su intensidad y direccionalidad habitual, originando eventos de surgencia de moderado a fuertes, lo cual trae como consecuencia inmediata en momentos de parcial calma en la vertical del agua, la aparición de momentos que permiten la biodisposición de recursos por parte de la biota en los eslabones inferiores de la cadena alimentaria, en lo que se conoce como «ventanas óptimas de sobrevivencia» explicadas en CURY & ROY (1989), esto provoca estallidos de producción biológica en los diferentes niveles de producción de biomasa vegetal y animal, que se ha documentado profundamente para esta área (MARGALEF 1965; MULLER-KARGER *et al.* 1989; RUEDA 2000). Además, de igual forma se demuestra un segundo pulso de surgencia dentro de los ciclos anuales como los reportados por RUEDA (2000) y MARÍN *et al.* (2004), quienes indican que puede presentarse un segundo evento de surgencia, conocido como pulsos de surgencia o

surgencias menores, que se presenta durante uno o dos meses entre junio-agosto, relacionado con la discontinuidad de la termoclina, disminución de la transparencia del agua, bajas temperaturas y altas salinidades, originando un aporte importante de materia orgánica e inorgánica, lo que explica la alta productividad del medio marino venezolano.

En este sentido, el cambio estacional de la intensidad y dirección del viento en la región, es el agente motor de la variabilidad anual en los parámetros hidrográficos, que a su vez modelan la dinámica biológica. Las variaciones climáticas afectan el crecimiento, el desarrollo y la fecundidad de las especies, por lo que pueden considerarse impulsores de su dinámica poblacional (SAETHER 1997; POST & STENSETH 1999). Así, desentrañar esas relaciones entre las especies y el clima proporciona información crítica para avanzar en la comprensión ecológica y orientar las acciones de gestión. Ecológicamente, a medida que los climas cambian, algunas áreas pueden volverse inadecuadas para especies que históricamente las habitaron (LUO *et al.* 2015).

En relación al biovolumen, se observó una mayor concentración de organismos zooplanctónicos a las profundidades de 10 y 20 metros, siendo importante destacar que febrero de 2013, se encontró la más alta abundancia en todos los estratos evaluados, posiblemente como respuesta a una pausa o disminución en la intensidad de los vientos, lo cual provocó cierta estabilidad en el agua, abriendo temporalmente una brecha con condiciones ambientales optimas, que permitió el asentamiento de una variada comunidad plantónica en el área estudiada.

Como consecuencia a lo antes expuesto, se puede decir que la abundancia zooplanctónica está relacionada con una alta productividad primaria, originada por el enriquecimiento de las aguas marinas (fenómeno de surgencia), trayendo como consecuencia la activación de las redes tróficas, por la mayor disponibilidad de presas para consumo. Al respecto, RAO & UROSA (1974), reportaron bajos valores de biomasa zooplanctónica entre agosto y noviembre, efecto inducido por el empobrecimiento de las aguas a causa de la baja productividad del área en ese período. Por su parte, CERVANTE-DUARTE *et al.* (1993), reportan que existe una relación estrecha entre la distribución del zooplankton y las condiciones de surgencia, encontrando que sus mayores valores de biomasa coincidieron con los meses de surgencia intensa (marzo-abril).

La densidad de huevos en el área evaluada de la fosa de Cariaco fue mayor en los estratos más profundos; observándose temporalmente una mayor densidad de huevos en febrero, abril y diciembre de 2013, como efecto directo del fenómeno de surgencia, el cual incide sobre las comunidades vegetales y animales planctónicas en el área evaluada, además del efecto deletéreo de los rayos ultravioletas de la luz atmosférica (MOSER 1981).

Por su parte, los valores más altos de la densidad de larvas se encontraron en los estratos más profundos evaluados (10 y 20 m), durante todos los meses; sin embargo, para febrero de 2013, se observaron densidades representativas de larvas en todas las profundidades. Una mayor presencia de larvas a estas profundidades, puede ser explicada por el comportamiento activo de estas para evitar las aguas superficiales y el efecto de la luz UV, tal comportamiento ha sido observado en varias especies de peces (MOSER 1981), reportando las mayores concentraciones larvarias en los 20 a 30 metros (LÓPEZ-ROJAS 1972; MARÍN *et al.* 1989). Muchas de estas larvas irían a formar

parte de la masa migrante de organismos hacia las profundidades anóxicas de la fosa de Cariaco, representados principalmente por miembros de la familia Myctophidae (MARÍN, 1989; LOVE, 2004; MATSUURA *et al.* 2007).

La densidad de huevos de peces capturados durante el período de muestreo fue considerablemente alta, en contraste con la densidad de larvas de peces (776,5 huevos/100 m³ y 178,7 larvas/100 m³, respectivamente). Este comportamiento puede darse por dos razones, la primera es que la mayoría de los peces marinos tienen estrategia “r”, es decir, producen una gran cantidad de huevos, son de crecimiento rápido y poco longevas, como una adaptación para mitigar la gran mortalidad que sufren al inicio de su ciclo vital, ya sea por depredación o por causas naturales. En tal sentido, HOUDE (1989) señala que la mayor variabilidad del reclutamiento en los peces es a consecuencia de la alta tasa de mortalidad que puede ocurrir en el período de los primeros 50-70 días de su estadio temprano de vida, producido mayormente por la declinación en las abundancias de sus huevos.

Y segundo, también podría explicarse principalmente por la movilidad de las larvas de los peces, que les permite muchas veces evadir su captura, sumado a las migraciones verticales que estos realizan. Estos resultados son coincidentes con los registrados para otras áreas donde las capturas de huevos de peces son notablemente más altas que la de las larvas de peces (LÓPEZ-PERALTA 1993; VÁSQUEZ-YEOMANS & RICHARDS 1999; DOMINICI-AROSEMENA *et al.* 2000).

Estos resultados demuestran que el cambio estacional de la intensidad y dirección del viento (surgencia), es el principal agente motor que induce a la variabilidad anual en los parámetros hidrográficos, que a su vez modelan la dinámica biológica (biovolumen “zooplankton”, productividad primaria, clorofila *a*, y la densidad de huevos de peces). Sin embargo, a pesar de no haberse hallado correspondencia entre los factores ambientales con la densidad de larvas, se cree que existe la posibilidad de obtener una respuesta diferente si los rangos de profundidad son ampliados para esta variable biológica, ya que a pesar de que las larvas tienen una capacidad natatoria limitada, su comportamiento como migradores verticales en la columna de agua, que pueden llegar a profundidades mayores que las evaluadas en este estudio, pueden estar dando un sesgo en el resultado inicial, en relación a esta fase de desarrollo ontogénico de los peces.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación está basado en los datos hidrográficos y biológicos de la serie de tiempo hidrográfica que realiza el proyecto CARIACO en la Fosa oriental de la Cuenca de Cariaco. La generación de estos datos fue posible gracias al intenso y mancomunado esfuerzo de muchas personas pertenecientes a seis instituciones venezolanas y norteamericanas (UDO, FLASA, USB, USF, USC, SUNY).

REFERENCIAS

- ALLEN, T. 2006. *Análisis ictioplanctónicos de dos áreas costeras del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 90 pp.

- ANGEL, M. 1982. Ocean trench conservation. IUCN Commission on Ecology Papers, 1: 1-17. (The Environmentalist, 2: Supplement N° 1).
- ASTOR, Y., J. MERI & F. MÜLLER-KARGER. 1998. Variabilidad estacional hidrográfica en la fosa de Cariaco. *Mem. Fund. La Salle Cien., Nat.* 149: 61-72.
- ASTOR, Y., F. MÜLLER-K., R. BOHRER, L. TROCCOLI & J. GARCÍA. 2004. Variabilidad estacional e interanual del carbono inorgánico disuelto y nutrientes en la Cuenca de Cariaco. *Mem. Fund. La Salle Cien., Nat.* 161-162: 235- 252.
- BAGDO, E. 1977. *Abundancia, distribución horizontal y biomasa de zooplancton en el Golfo de Cariaco entre marzo y diciembre de 1975*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 37 pp.
- BAIRD, V., D. WILSON & D. MILLIKEN. 1973. Observations on *Bregmaceros nectabanus* Whitley in the anoxic sulphurous waters of the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 20: 503-504.
- BLAXTER, J. 1974. *Introduction*. En: *The early life history of fish*. Ed. Blaxter, J. Springer-Verlag Berlin. 5-6.
- BLAXTER, J. 1984. *Introduction*. En: *Ontogeny, Systematics of Fishes*. Eds. Moser, H., W. Richards, D. Cohen, M. Fahay, A. Kendall Jr. & S. Richardson. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special publication Number 1. La Jolla, California. 1-6.
- BOWDEN, K. 1983. *Physical oceanography of coastal waters*. Ellis Horwood Ser. Mar. Sci. John Wiley & Sons. Nueva Jersey. 302 pp.
- BRITO, A. 1999. *Composición y abundancia de las larvas de peces del canal de entrada de la laguna de la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo comprendido entre enero y junio de 1995*. Trab. Grad. Lic. Biología Marina, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela, 103 pp.
- BRICEÑO, R. & B. MARÍN. 1997. Distribución y abundancia larvaria de Bregmacerotidos (Pisces: Bregmacerotidae) en aguas neríticas del sur de la isla de Margarita, Venezuela. VII Congreso Latino-Americano sobre Ciencias do Mar, Santos. Instituto Oceanográfico da Universidad de Sao Paulo, Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar, Federacao das Industrias do Estado de Sao Paulo, Sao Paulo, Resúmenes Expandidos. 113-114 p.
- CARIACO OCEAN TIME-SERIES PROGRAM. 2019. Understanding the Link between the Ocean Surface and the Sinking Flux of Particulate Carbon in the Cariaco Basin. <http://imars.marine.usf.edu/WebPageDataCARIACO/MasterHydrography/> (revisada en abril 2019).
- CLARKE, K., R. GORLEY, P. SOMERFIELD & R. WARWICK. 2014. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E, Plymouth. 262 pp.
- CERVANTE-DUARTE, R., S. AQUÍNIGA-GARCÍA & S. HERNÁNDEZ-TRUJILLO. 1993. Condiciones de surgencia asociadas a la distribución de zooplancton en San Hipolito, B.C.S. *Cienc. Mar.* 19 (1): 117-135.

- CURY, P. & C. ROY. 1989. Optimal environmental window and pelagic recruitment success in upwelling area. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 670-680.
- DOMINICI-AROSEMENA, A., E. BRUGNOLI-OLIVERA, S. SOLANO-ULATE, H. MOLINA-UREÑA & A. RAMÍREZ YOGHI. 2000. Ictioplancton en la zona portuaria de Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 39 (2-3): 439-442.
- EPIFANIO C & R GARVINE. 2001. Larval transport on the Atlantic continental shelf of North America: A review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52: 51-77.
- ESTEVE, R. 1985. *Distribution, abundance and recruitment patterns of fish larvae around Cubagua Island, Venezuela*. Trab. Grad. M.Sc., University of Miami, Florida. EEUU, 148 pp.
- FEBRES-ORTEGA, G. 1974. Circulación de las aguas superiores de la fosa de Cariaco en abril de 1979. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 13 (1-2): 79-86.
- FEBRES-ORTEGA, G. & L. HERRERA. 1975. Interpretación dinámica de algunas características oceanográficas de la fosa de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 14: 3-29.
- FERRAZ-REYES, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el golfo de Cariaco (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 28 (1-2): 47-56.
- GASCA, R. & J. SUÁREZ. 1996. *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio De La Frontera Del Sur, ECOSUR. México D.F, México, 711 p.
- GÓMEZ, A. 1980. Observaciones taxonómicas y ecológicas de estados larvales Elopiformes en la Laguna de la Restinga y aéreas próximas. *Bol. Mus. Mar* 10: 3-23.
- GÓMEZ, A. 1984. Inducción del desove, desarrollo embrionario y larval de *Chaetodipterus faber* (Broussonet) (Pisces: Ehippidae) en la Isla de Margarita, Venezuela. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín* 14: 85-104.
- GÓMEZ, A. & A. GRANADO. 1986. Observaciones sobre huevos y larvas de tres especies de peces sapo (Batrachoididae) en la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 25 (1-2): 99-106.
- GONZÁLEZ, E. 1984. Estudio preliminar sobre huevos y larvas de peces en el estrecho de Maracaibo y la Bahía del Tablazo. *Bol. Centro Invest. Biol.* 16: 97-117.
- HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S., G. ESQUEDA-ESCÁRCEGA, J. R. HERNÁNDEZ-ALFONSO & R. PACHECO-CHÁVEZ. 2010. Variación diaria de la abundancia del zooplancton en Bahía Magdalena, Baja California Sur. *Rev. Mex. Biodiv.* 81: 913-920.
- HENRÍQUEZ, E. 2007. *Abundancia y distribución del ictioplancton en la plataforma externa de la fachada atlántica de Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 111 pp.

- HERRERA, L. & G. FEBRES-ORTEGA. 1975. Procesos de surgencia y renovación de aguas en la fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 14 (1): 31-44.
- HOLMEN, K. & C. ROTH. 1990. Ventilation of the Cariaco Trench, a case of multiple source competition. *Deep-Sea Res.* 37 (2): 203-225.
- HOUDE, E. 1989. Subleties and episodes in the early life of fishes. *J. Fish Biol.* 35 (Supl. A): 29-38.
- LLANO, M., J. CÁRDENAS, L. MAYZ, P. GUEVARA & A. ARMAS. 1991. Elementos biogénicos de los sedimentos de la fosa de Cariaco y los recursos ícticos del nororiente venezolano. *Mem. Fund. La Salle Cien., Nat.* 51 (135 y 136): 57-72.
- LÓPEZ-PERALTA, R. 1993. Estudio preliminar del ictioplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 32 (1-2): 79-90.
- LÓPEZ-ROJAS, H. 1972. Distribución y abundancia estimada de huevos de sardina (*Sardinella anchovia*) en la región oriental de Venezuela, 1968-1969. *Proy. Invest. Desar. Pesq. MAC-PNUD. FAO. Inf. Tec.* 46: 1-12.
- LÓPEZ-ROJAS, H. & A. MACHADO-ALLISON. 1975. Algunos aspectos del desarrollo y crecimiento de *Loricaria laticeps* (Blecker) 1864 (Osteichthyes, Siluriformes, Loricariidae). *Acta Biol. Venez.* 9: 93-119.
- LOVE, R., R. FISHER, M. WILSON & R. NERO. 2004. Unusual swimbladder behavior of fish in the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 51 (1): 1-16.
- LUO, Q., M. BANGE, D. JOHNSTON & M. BRAUNACK. 2015. Cotton water use and water use efficiency in a changing climate. *Agric. Ecosyst. Environ.* 202: 126-134.
- MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Fund. La Salle Cien., Nat.* 25: 141-205.
- MARÍN, B. 1989. *Taxonomía y distribución del ictioplancton de la Fosa de Cariaco en octubre de 1979*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Oriente, Cumaná, Venezuela, 174 pp.
- MARÍN B. 1996. *Transport et recruitment du muge argenté Mugil curema, dans une lagune cotiere tropicale*. Trab. Grad. Dr., Université Laval, Québec, Canadá, 105 pp.
- MARÍN, B., A. GÓMEZ & L. UROSA. 1989. Taxonomía y distribución del ictioplancton en la fosa de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 28 (1 y 2): 15-28.
- MARÍN, B., C. FLORES, J. RODRÍGUEZ & M. HUQ. 1990. Variación estacional de larvas de clupeidos y engraulidos al norte de la Península de Araya, Venezuela, en el periodo junio 1989-marzo 1990. *Acta Cien. Venez.* 41 (1): 96.
- MARÍN, B., C. LODEIROS, D. FIGUEROA & B. MÁRQUEZ. 2004. Distribución vertical y abundancia estacional del microzooplancton y su relación con los factores ambientales en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Cientif. FCV-LUZ.* (2): 133-139.

- MÁRQUEZ, B., J. DÍAZ-RAMOS, L. TROCCOLI, B. MARÍN & R. VARELA. 2009. Densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 44 (3): 737-749.
- MATSUURA, Y., A. SILVA, M. KATSURAGAWA & K. SUZUKI. 2007. Distribution and abundance of two species of codlet (Teleostei, Bregmacerotidae) larvae from the south-eastern Brazilian Bight. *Fish. Oceanogr.* 2 (2): 82-90.
- MOSER, G. 1981. *Morphological and functional aspects of marine fish larvae*. En: *Marine fish larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries*. Ed. Lasker, R. University of Washington Press, Seattle, EEUU, 90-131.
- MULLER-KARGER, F., Y. ASTOR, M. SCRANTON, G. TAYLOR, R. THUNELL, R. VARELA, C. BENITEZ-NELSON, K. BUCK, K. FANNING, J. CAPELO, J. GUTIERREZ, L. GUZMAN, L. LORENZONI, E. MONTES, J. ROJAS, A. RONDON, D. RUEDA-ROA & E. TAPPA. 2019. "Time-series Niskin-bottle sample data from R/V Hermano Gines cruises in the Cariaco Basin from 1995 through 2017 (CARIACO Ocean Time-Series Program)". <https://doi.org/10.1575/1912/bco-dmo.3093.1>
- MULLER-KARGER, F., C. MCCLAIN, T. FISHER, W. ESAIAS & R. VARELA. 1989. Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23: 23-64.
- NÚÑEZ, J. 2020. *Estructura comunitaria del ensamblaje de larvas de peces en la Fosa de Cariaco, y algunos aspectos poblacionales de Bregmaceros cantori* (Milliken & Houde, 1984). Trab. Asc. Prof. Asistente, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 52 pp.
- NÚÑEZ, J. & B. MARÍN. 2018. Edad y crecimiento en la fase larval de *Bregmaceros cantori* (Milliken & Houde, 1984) (Pisces: Bregmacerotidae), en la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 57 (1): 84-99.
- OKUDA, T., J. BENÍTEZ, J. SELLIER DE CIVIEUX, J. FUKUOKA & B. GAMBOA. 1974. Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe suroriental, especialmente en el margen continental de Venezuela. Cuadernos Azules No. 15. Publicaciones de la III Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Caracas. 177 pp.
- PANTALEÓN, B., G. ACEVES & I. CASTELLANOS. 2005. Distribución y abundancia del zooplancton del complejo lagunar Chacahua- La Pastoría, Oaxaca, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 76: 63-70.
- POST, E. & N. STENSETH. 1999. Climate variability, plant phenology, and northern ungulates. *Ecology* 80: 1322-1339.
- RAO, T. & L. UROSA. 1974. Ecología del zooplancton en el Golfo de Cariaco. Parte I. Variabilidad de la biomasa durante el período de agosto a noviembre de 1973. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 13 (1 y 2): 67-78.
- RICHARDS, F. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America 1. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep-Sea Res.* 7: 163-182.

- RICHARDS, F. & R. VACCARO. 1956. The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea. *Deep-Sea Res.* 3 (3): 214-228.
- RICHARDS, W. 1985. Status of identification of states primitives of life fish. *Bull. Mar. Sci.*, 37 (2): 756-760.
- RONDÓN, M. 2020. *Composición, abundancia y distribución espacio-temporal del ictioplancton en la zona central del Parque Nacional Mochima, estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumana. Venezuela, 112 pp.
- RUEDA, D. 2000. *Variación temporal de la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en la depresión oriental de la cuenca de Cariaco y sus relaciones con los aspectos hidrográficos del estrato superficial (1996-1998)*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 120 pp.
- RUSSELL, F. 1976. The eggs and planktonic stages of british marine fishes. Academic Press London, Londres, U.K. 524 pp.
- SAETHER, B. 1997. Environmental stochasticity and population dynamics of large herbivores: a search for mechanisms. *Trends Ecol. Evol.* 12: 143-149.
- SIMPSON, J. & G. GONZÁLEZ. 1967. Algunos aspectos de las primeras etapas de la vida y el medio ambiente de la *Sardinella anchovia* en el oriente de Venezuela. *Min. Agri. Cria, Ser. Recursos Explot. Pesq.* 1 (2): 38-92.
- SOKAL, R. & R. ROHLF. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, New York, EEUU, 887 pP.
- SPINIELLO, P. & G. PÉREZ. 2005. Inventario de la flora planctónica en el frente Atlántico venezolano. 31-42. En: Frente Atlántico venezolano. Eds. Gómez, M., M. Capaldo, C. Yanes, & A. Martín. Investigaciones Geoambientales: Ciencias Ambientales. Tomo I. Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA)-Fondo Editorial Fundambiente, Caracas, Venezuela, 176 pp.
- STANCYK, S. & R. FELLER. 1986. Transport of non-decapod invertebrate larvae in estuaries: an overview. *Bull. Mar. Sci.* 39 (2): 616-622.
- SUBERO, J. 2020. *Evaluación ecológica y distribución espacial del ictioplancton en zonas costeras protegidas de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumana. Venezuela, 124 pp.
- THOMPSON, J. 1972. *Ocean deserts and ocean oases*. 36-61. En: *Desertificación: Environmental degradation in and around arid lands*. Ed. Glantz, M. Westview Press, Colorado, EEUU 346 pp.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, L. & W. RICHARDS. 1999. Variación estacional del ictioplancton de la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biomasa de Sian Kalan (1999-1994). *Rev. Biol. Trop.* (1): 197-207.

RECIBIDO: MARZO 2022

ACEPTADO: JULIO 2022