

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DEL MACHUELO (*Opisthonema oglinum*) Y LA SARDINA (*Sardinella aurita*), EN LA ZONA NORTE DEL CARIBE COLOMBIANO, DURANTE JULIO-AGOSTO Y DICIEMBRE DE 1997

Jorge Enrique Páramo y Jorge Enrique Viaña

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el machuelo (*Opisthonema oglinum*) y la sardina (*Sardinella aurita*) en la zona norte del caribe colombiano (departamentos Magdalena y La Guajira), en dos cruceros hidroacústicos de investigación, uno en julio-agosto y otro en diciembre de 1997, utilizando la ecosonda científica SIMRAD EK-500. Se hizo énfasis en las especies machuelo y sardina ya que en trabajos anteriores estos pequeños pelágicos resultaron ser los más abundantes en el Caribe colombiano. Se realizó un muestreo sistemático con transecciones paralelas y perpendiculares a la costa, espaciadas regularmente cada 12 millas náuticas (mn), donde la unidad básica de muestreo (ubm) fue de 1 mn. Se realizaron pescas comprobatorias para determinar la composición por especie y la frecuencia de la distribución de tallas de los peces detectados por la ecosonda, utilizando para esto una red de arrastre pelágico. Para el cálculo de la fuerza de objetivo (TS) de los peces insonificados por la ecosonda se utilizó la fórmula sugerida por Foote para peces fisóstomos $TS = 20 \log L - 71.9$. Los resultados mostraron que el machuelo durante el crucero de diciembre alcanzó la mayor biomasa 14 183 ton, CV = 0.02 y en el de julio-agosto 12 954 ton, CV = 0.30. La distribución del machuelo aparentemente está influenciada por la época climática, pues esta especie se desplaza fundamentalmente donde la temperatura es mayor. En el crucero julio-agosto, se observó una mayor distribución hacia la región entre Santa Marta y Riohacha, mientras que en el crucero de diciembre la mayor distribución se observó hacia el norte de La Guajira. La sardina no mostró diferencias en la distribución geográfica dependiente de la época climática y al parecer estuvo relacionada con aguas más frías y con alta salinidad, además de no representar importancia alguna debido a los bajos valores de biomasa encontrados. Estas dos especies, en los dos cruceros, siempre se distribuyeron dentro de la plataforma continental.

PALABRAS CLAVE: Caribe colombiano, evaluación, hidroacústica, machuelo, sardina.

ABSTRACT

The objective of the present work was to assess the biomass of Atlantic thread herring (*Opisthonema oglinum*) and the Spanish sardine (*Sardinella aurita*) in the north area of the Colombian Caribbean sea by means of two acoustic surveys (one in July-August and other in December, 1997). The scientific echosounder used for both surveys was the SIMRAD EK500. Emphasis was made on Atlantic thread herring and Spanish sardine because these small pelagic fish have been the most abundant in previous studies in this area. Systematic sampling using parallel transects perpendicular to the coast was carried out. The transect spacing used was 12 nautical miles. The Elementary Sampling Distance Unit (ESDU) was set in 1 nm. In order to know about the species composition and size frequency distribution fishing trawls were carried out. For this objective, a pelagic fishing trawl was used. For fish Target Strength (TS), the equation $TS = 20 \log L - 71.9$ for physostome fish suggested by Foote was used. The results showed that Atlantic thread herring reached the highest biomass during December survey, 14 183 ton, CV = 0.02, and July-August 12 954 ton, CV = 0.30. The distribution of Atlantic thread herring apparently is influenced by the season. This species goes to especially where the temperature is higher. In the July-August survey a higher distribution was observed between the area of Santa Marta and Riohacha, while in the December survey the highest distribution corresponded to La Guajira. The Spanish sardine did not show differences in the geographical distribution depending on the season, and apparently it was related to colder and high salinity waters, besides it did not represent any importance due to the low values obtained. This two species in both surveys were always distributed inside the continental shelf.

KEY WORDS: Colombian Caribbean, assessment, hydroacoustics, Atlantic thread herring, Spanish sardine.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los pequeños pelágicos pertenecientes a la familia Clupeidae, como machuelos y sardinias, es de suma importancia, no sólo por cuanto se considera en conjunto el recurso pesquero más importante del mundo (Cervigón, 1991), sino también porque en el área representa un importante recurso aprovechado actualmente en la pesca artesanal. Además, los pelágicos pequeños hacen parte de los primeros eslabones de la cadena trófica y sus volúmenes son relativamente altos para soportar la depredación de los consumidores secundarios (peces carnívoros) que dependen de manera directa e indirecta de éstos.

La presente investigación consistió en evaluar el machuelo [*Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818)] y la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) durante dos cruceros hidroacústicos de investigación, llevados a cabo en los meses de julio-agosto y diciembre de 1997 en la zona norte del Caribe colombiano. Se determinó su abundancia y distribución, como un aporte al conocimiento de esta pesquería, para contribuir de este modo al ordenamiento pesquero de la región estudiada. Se aplicó el método hidroacústico ya que es un método directo de evaluación de recursos pesqueros y es el más apropiado para

evaluar este tipo de recursos, por lo que proporciona información de manera directa, rápida y confiable. Este trabajo de investigación hizo énfasis en las especies machuelo y sardina debido a que en la evaluación hidroacústica realizada por el IMR (1989), a bordo del B/I “Dr. Fridtjof Nansen”, estos pelágicos pequeños resultaron ser los de mayor abundancia en el área desde la península de La Guajira hasta Santa Marta (Sardina: 60 000 ton, machuelo: 40 000 ton), la sardina fue dominante durante los cruceros de marzo y junio, mientras que el machuelo lo fue en septiembre y diciembre.

ÁREA DE ESTUDIO

El Caribe colombiano está bajo la influencia de los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Cuando la ZCIT se encuentra más hacia el sur (estaciones secas), las altas presiones hacen que los vientos alisios soplen del noreste de manera constante y fuerte. Durante el mismo período, la corriente del Caribe se desplaza hacia el oeste. Al acercarse a las costas de Panamá, esta corriente se desvía hacia el sur y después al este, así se establece la contra-corriente, que se desplaza a lo largo de las costas colombianas. Cuando la ZCIT está más hacia el norte (estaciones húmedas), las bajas presiones hacen que los alisios cambien por vientos de poca fuerza y de dirección variable. Estos dos regímenes favorecen la extensión y el incremento de la contra-corriente hacia el noreste; en este sentido, el alcance de la contracorriente en las costas del Caribe colombiano depende de las estaciones (Pujos *et al.*, 1986).

El área de estudio comprendió la zona norte del Caribe colombiano (departamentos de La Guajira y Magdalena); entre los puntos geográficos 12°24.00' N - 71°48.69' W al suroeste de Punta Gallinas (Guajira) y 11°16.00' N - 74°14.00' W al noroeste de Santa Marta (Figura 1). Esta zona está afectada directamente por la corriente Caribe y por la surgencia estacional de aguas profundas que están presentes durante las estaciones secas (verano mayor: mediados de diciembre-abril; verano menor: julio mediados de agosto). La magnitud de la surgencia es mucho mayor en aguas de la Guajira, cuyos efectos llegan a influir en las aguas próximas al PNNT (Blanco, 1988). Los resultados de IMR (1989) confirman que el área de la Península de La Guajira presenta un débil afloramiento la mayor parte de año, pero que en diciembre se intensifica. En las estaciones húmedas (invierno menor: mayo-junio; invierno mayor: septiembre-noviembre) se percibe la contracorriente que al parecer llega incluso hasta el Cabo de la Vela en La Guajira (Bula-Meyer, 1990). Sin embargo, Blanco (1988) considera que esta contracorriente no pasa de Bocas de Ceniza (desembocadura del río Magdalena). Pujos *et al.* (1986) mencionan que durante la época seca llega durante unos seis meses hasta los alrededores de la

desembocadura del río Magdalena, hasta alcanzar su máximo frente a las costas de La Guajira, en el período más lluvioso del año (octubre-noviembre).

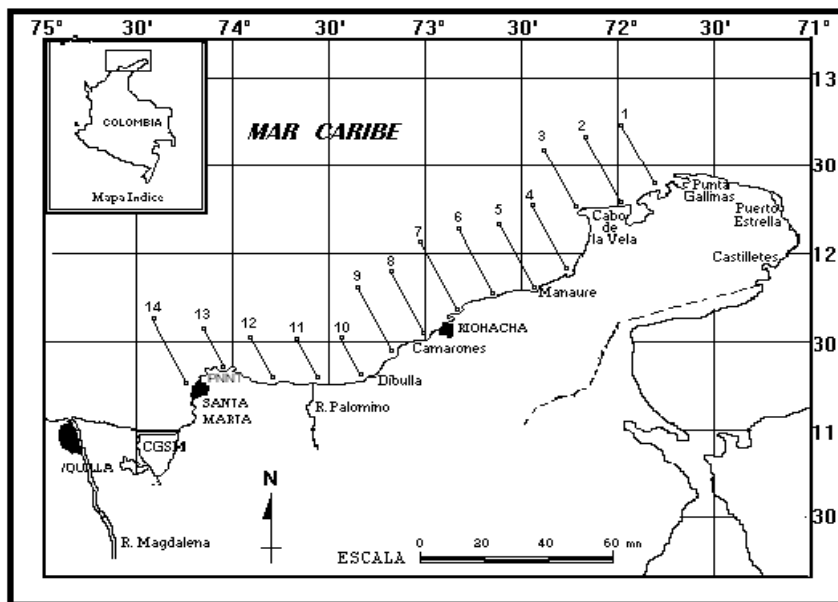


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las transecciones

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo sistemático, con transecciones paralelas y perpendiculares a la costa, espaciadas regularmente cada 12 millas náuticas (mn). Las mediciones continuas de eointegración se discretizaron en unidades básicas de muestreo (ubm) de 1 mn. Los cruceros de evaluación comprendieron en total catorce transecciones, de las cuales diez fueron desde 1 mn de la costa hasta 25 mn en las zonas de mayor extensión de la plataforma y cuatro desde 1 mn hasta 15 mn en la zona entre Dibulla y el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) (Figura 1). El muestreo acústico se realizó diariamente desde el amanecer hasta el anochecer. El primer crucero se efectuó entre el 27 de julio y el 3 de agosto de 1997, el área de evaluación comprendió 3078 mn² y 400 ubms y el segundo crucero desde el 4 al 9 de diciembre de 1997, con un área de exploración de 2492 mn² y 393 ubms.

Para la ejecución de esta investigación se utilizó el B/O HERMANO GINES, embarcación adscrita a la Estación de Investigaciones Marinas de la Isla Margarita (EDIMAR), la cual pertenece a la Fundación La Salle (Venezuela). La embarcación estaba equipada con una ecosonda científica SIMRAD EK-500, un navegador por satélite (GPS) FURUNO GP-70, una ecosonda de red (Net Sonder) FURUNO modelo CN-24 y un CTDO marca SEA BIRD ELECTRONICS SBE.

Antes de cada crucero se realizó la calibración de la ecosonda científica. La calibración es un experimento que permite determinar el valor correcto de la escala de lectura de un instrumento, por medición o comparación con un estándar. En el caso de los instrumentos acústicos usados para ecointegración, el “valor correcto” es la densidad de peces en el haz del transductor, y la “escala de lectura” es la correspondiente salida del ecointegrador (MacLennan y Simmonds, 1992). Mediante la calibración se mide la sensibilidad del transductor en el eje de propagación del sonido y se corrigen los valores de ganancia del equipo (G_o), para medición de la ganancia de un objetivo estándar (G_{TS}) y del volumen retrodisperso (G_{SV}), hasta obtener un nivel de detección muy cercano a los parámetros conocidos del objetivo estándar que se tomó como referencia (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) (SIMRAD, 1993; Mendieta, 1995).

Para estudios acústicos donde se requiere exactitud en las medidas cuantitativas, es esencial que la ecosonda esté correctamente calibrada (SIMRAD, 1993). Es necesario derivar una relación entre la salida de la ecosonda y los peces insonificados por el haz del transductor. La técnica usual para el procesamiento de las ecoseñales de peces es la ecointegración, por lo cual se asume que la energía acústica recibida después de la corrección por la propagación del haz y las pérdidas por absorción es proporcional a la densidad de peces (Johannesson y Mitson, 1983). La calibración del crucero de julio-agosto de 1997 no se pudo realizar en Colombia, ya que las condiciones ambientales no eran favorables (gran movimiento del mar, lo que impedía tener la esfera de calibración en el eje de sonido del transductor). Por lo tanto se utilizaron los parámetros de la última calibración que se había realizado en Venezuela, días antes del crucero de julio-agosto. La calibración para el crucero de diciembre, se hizo en la Bahía de Taganga (Colombia). Los parámetros de la ecosonda científica utilizados durante los recorridos acústicos se detallan en la tabla 1.

Los lances de pesca comprobatoria se ejecutaron utilizando una red de arrastre pelágico y el sistema de control de captura instalado en la red (ecosonda de red). El tiempo de cada arrastre varió entre 30 y 60 minutos; que no correspondieron a estaciones predeterminadas sino a detecciones instantáneas

de cardúmenes mediante la ecosonda científica. La colección de muestras biológicas de peces se hizo para determinar la composición por especies y las frecuencias de la distribución de tallas de los peces detectados por la ecosonda (MacLennan y Simmonds, 1992).

Tabla 1. Parámetros de la ecosonda científica utilizados en el sondeo acústico

Frecuencia: 38 y 120 kHz
Tipo de transductor: ES38B (Split Beam).
Rango: 3 - 150 m.
TVG: 20 log R.
Longitud del pulso: Medio (3 ms).
Amplitud de Banda: Ancha
Angulo de sensibilidad: 7.1°.

Durante cada lance de pesca comprobatoria se registró la información hidroacústica y se caracterizó el tipo de ecotrazo de acuerdo con la composición de la captura para luego compararlo con las ubms más cercanas y representativas al lance de dicha transección; además, se halló el porcentaje en peso para asignar los valores de ecointegración a cada especie (machuelo y sardina). También se obtuvo la distribución de longitud de cada especie, para estimar la sección transversal retrodispersada promedio ($\bar{\sigma}$) (Simmonds *et al.*, 1992). Para esto se halló la frecuencia de longitud y el peso promedio por especie del mismo lance. Posteriormente se calculó la sección transversal de retrodispersión sonora por especie normalizada por unidad de peso (σ_{Kg}).

Se realizó una depuración de los ecogramas. Al valor de ecointegración (S_a) que dio la ecosonda científica, que es el coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área de la columna de agua, se le restaron los ecos que no fueron de peces pelágicos. A pesar de que la ecosonda tiene las dos frecuencias (38 y 120 kHz), únicamente se trabajó con los ecogramas de 38 kHz, debido a que la fórmula sugerida por Foote (1987) para hallar la fuerza de objetivo (Target Strength, TS) de peces fisóstomos (clupéidos) fue establecida a esta frecuencia. Las fórmulas utilizadas en el proceso de cálculo de densidad y biomasa se detallan a continuación:

$$TS = 20 \log \bar{L} - 71.9 \text{ Decibeles (Foote, 1987)}$$

Donde

\bar{L} = Longitud promedio de la muestra de peces obtenida en los lances de pesca comprobatoria en cm

$$\sigma = 4\pi R_o^2 * 10^{1S/10}$$

Donde:

σ (sigma) = Es la sección transversal de retrodispersión sonora del pez, tomándolo a 1 metro desde el centro acústico

$R_o = 1$ m (Burczynski, 1982)

$$\sigma_{Kg} = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{W}_{Kg}} \quad (\text{cm}^2/\text{Kg})$$

Donde:

\bar{W}_{Kg} = Peso promedio en la muestra de cada especie de peces obtenidos de los lances de pesca comprobatoria (Kg).

σ_{Kg} = Sección transversal de retrodispersión sonora del pez, normalizada por unidad de peso, en cm^2/Kg .

El coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área de la columna de agua, normalizado a mn^2 , medido en m^2/mn^2 (**Sa**) (Hansen y Madirolas, 1996) es un producto de la densidad por área (δ) de los peces y la sección transversal de retrodispersión promedio ($\bar{\sigma}$):

$$Sa = \delta * \bar{\sigma}$$

La densidad por ubm está dada por:

$$\delta = K * \frac{Sa}{\sigma_{Kg}}$$

Donde:

δ = Densidad de peces en Ton/mn².

K = 10. Factor de conversión para pasar el σ_{Kg} de cm²/Kg. a m²/Ton.

Para el cálculo de la biomasa se trabajó el método de estratificación en transecciones, considerando el área representada por cada transección como un estrato, el área es un rectángulo en el cual la longitud es la de la transección y el ancho corresponde a las dos distancias medias entre dos transecciones vecinas. Este método de estratificación supone que los estratos son independientes, es decir, no hay autocorrelación entre dos transecciones sucesivas (Simmonds *et al.*, 1992). El estimativo final de biomasa por especie fue el resultado de la suma de cada estrato. En la precisión de la estimación se utilizaron las siguientes ecuaciones:

La densidad promedio estimada por especie en cada estrato es:

$$\bar{\delta}_E = \frac{\sum \delta_{ubm}}{n_{ubm}}$$

Donde:

E = Estrato.

En cada estrato se obtuvo la varianza de la densidad:

$$S_E^2 = \frac{\sum (\delta_{ubm} - \bar{\delta}_E)^2}{(n_{ubm} - 1)}$$

La biomasa estimada por especie en cada estrato (B_E) se calculó como:

$$B_E = \bar{\delta}_E * A_E$$

Donde:

$A_E =$ Área de cada estrato.

La biomasa total estimada por especie es:

$$B_T = \sum B_E$$

La densidad promedio total estimada por especie es:

$$\bar{\delta}_{Total} = \frac{\sum (A_E * \bar{\delta}_E)}{A_{Total}}$$

La varianza del estimado de densidad promedio total por especie es:

$$S^2(\bar{\delta}_{Total}) = \frac{\sum \left(\frac{A_E}{A_T} \right)^2 * S_E^2}{n_{ubm}}$$

La varianza del estimado de biomasa total estratificada por especie es:

$$S^2(B_T) = A_T^2 * S^2(\bar{\delta}_T)$$

El coeficiente de variación CV por especie para cada estrato es:

$$CV_E = \frac{S_E}{\bar{\delta}_E}$$

El coeficiente de variación total por especie es:

$$CV_{\text{Total}} = \frac{S(\bar{\delta}_T)}{\bar{\delta}_T} \quad (\text{Simmonds } et al., 1992).$$

Los límites de confianza están dados por:

$$B_T - \frac{t_{n-1} * S}{\sqrt{n}} \quad \text{y} \quad B_T + \frac{t_{n-1} * S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

t_{n-1} son los llamados percentiles en la “distribución t de Student” (Sparre y Venema, 1995).

$$\% \text{ Error} = (B_{\text{Total}} - \text{Lim. inf.} / B_{\text{Total}}) * 100$$

Para los mapas de distribución geográfica se establecieron cuatro categorías de densidad utilizando la fórmula para los rangos:

$$R = C \times 2^n$$

Donde:

R = rango

C = 7, constante asignada para cubrir el rango de valores encontrado

n = categorías asignadas (Castillo *et al.*, 1992).

La distribución geográfica para el machuelo y la sardina se determinó teniendo en cuenta las densidades por ubm, con base en las observaciones acústicas (Figuras 2 y 3), y se establecieron cuatro categorías de densidad (1 – 14: baja, 14 – 28: media, 28 – 56: alta y > 56: muy alta).

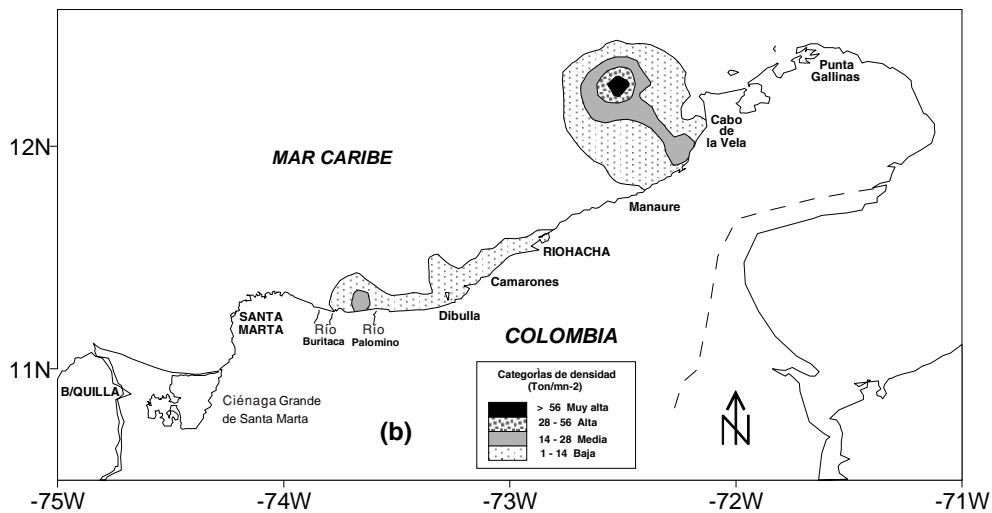
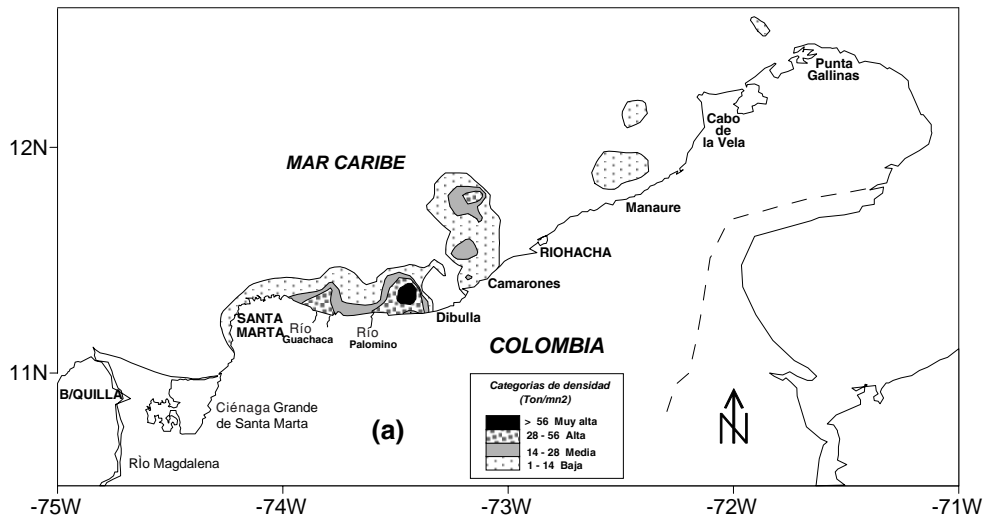


Figura 2. Distribución de densidad del machuelo (*O. oglinum*) durante los cruceros de: a) julio-agosto/97 y b) diciembre/97

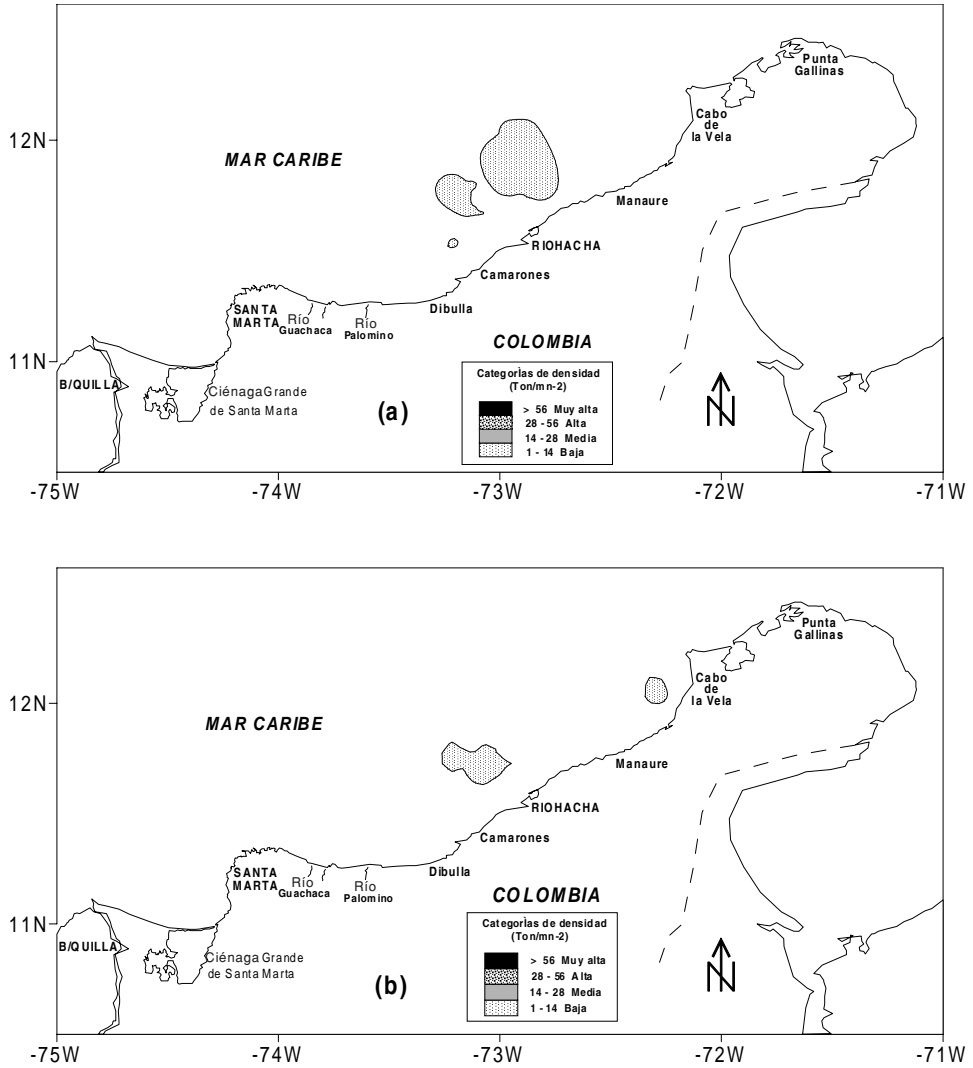


Figura 3. Distribución de densidad de la sardina (*S. aurita*) durante los cruceros de: a) julio-agosto/97 y b) diciembre/97

RESULTADOS

MACHUELO (*O. oglinum*).

Durante el crucero de julio-agosto esta especie se encontró distribuida en el área comprendida entre Santa Marta y Riohacha y frente a Manaure y Punta Gallinas con unos pequeños parches de baja abundancia (Figura 2a). En la región entre Santa Marta y Dibulla se evidenció una distribución costera, resaltándose un núcleo de abundancia muy alta entre el Río Palomino y Dibulla, a unas 7 mn de la costa y otro de abundancia alta frente a la desembocadura del Río Guachaca.

Sobresale una distribución con abundancias baja y media entre Camarones y Riohacha, con un pequeño núcleo de abundancia alta un poco más oceánica a unas 17 mn de la costa. En el resto de la región, desde Riohacha hacia el norte, se presentaron abundancias bajas, frente a Manaure y un poco más oceánica al oeste del Cabo de la Vela y frente a Punta Gallinas. Las capturas de pesca comprobatoria estuvieron entre 5 y 30 m de profundidad, sobre la plataforma continental y entre 2.5 y 8.5 mn desde la costa (Figura 4). En la figura 5 se puede observar que la mayor densidad promedio durante julio-agosto, apareció en la transección doce (23.53 ton/mn^2), que se encuentra en la zona de mayor abundancia, seguida por la transección diez con una densidad de 19.80 ton/mn^2 y las transecciones ocho y nueve con densidades de 8.00 y 7.92 ton/mn^2 , respectivamente.

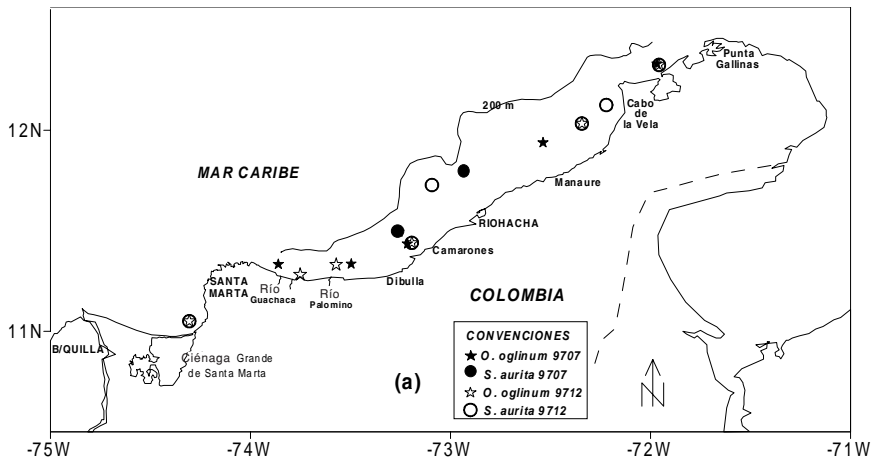


Figura 4. Lances de pesca comprobatoria en donde se capturó machuelo y sardina durante los cruceros de julio-agosto y diciembre de 1997.

Densidades/Transección *O. oglinum*

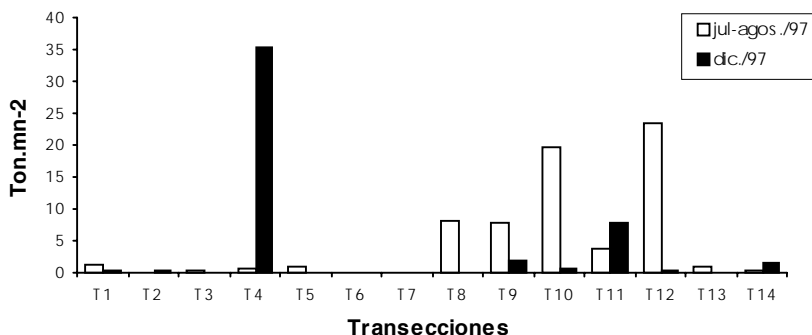


Figura 5. Densidades promedio por transección del machuelo (*O. oglinum*), durante los cruceros de julio-agosto y diciembre de 1997

Con relación al crucero de diciembre, al contrario que el anterior, el machuelo se distribuyó hacia La Guajira, desde la desembocadura del Río Buritaca hasta el Cabo de la Vela (Figura 2b). En esta última región se presentó un núcleo de abundancia media bien costero y otro más oceánico, también sobresalió un núcleo de abundancia alta a unas 18 mn aproximadamente. En el resto de la región los registros de abundancia fueron bajos. Las capturas se hicieron esencialmente entre muy superficial, hasta 56 m de profundidad sobre la plataforma continental y entre 1 y 8 mn de la costa (Figura 4).

En la figura 5 se observa que la mayor densidad promedio durante este crucero, se presentó en la transección cuatro (35.41 ton/mn²), en segundo lugar en la transección once con una densidad promedio de 7.67 ton/mn² y en tercer lugar en la transección nueve, aunque con baja densidad (1.83 ton/mn²).

SARDINA (*S. aurita*).

En el crucero de julio-agosto la sardina se distribuyó entre Camarones y Manaure, un poco alejada de la costa, con baja densidad, y alrededor de 13 mn de la costa (Figura 3a). Las capturas se realizaron entre 13 y 22 m de profundidad sobre la plataforma continental y de 6 a 8 mn de la costa (Figura 4). En general la sardina en julio-agosto presentó bajas densidades por transección, que no superaron las 4 Ton/mn² (Figura 6). La transección con mayor densidad

promedio durante este crucero fue la siete (3.91 Ton/mn²), le siguió la ocho (0.70 Ton/mn²) y por último la nueve (0.34 Ton/mn²).

Densidades/Transección *S. aurita*

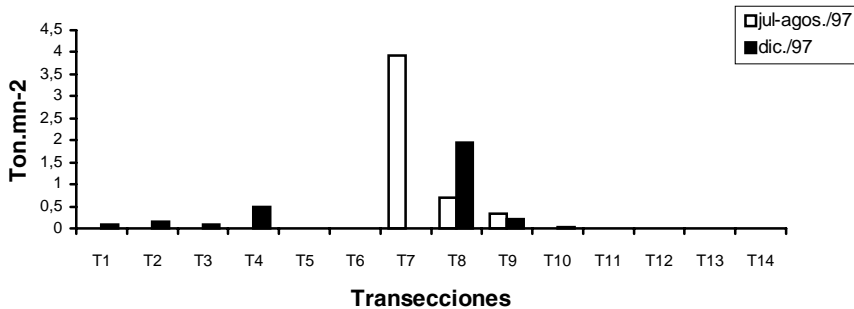


Figura 6. Densidades promedio por transección de la sardina (*S. aurita*), durante los cruceros de julio-agosto y diciembre de 1997

En el crucero de diciembre la sardina se distribuyó al frente de Riohacha a 12 mn de la costa aproximadamente y al suroeste del Cabo de la Vela a unas 7 mn de la costa con densidades bajas (Figura 3b). En este crucero, la mayor densidad promedio por transección no alcanzó las dos toneladas por milla náutica cuadrada (1.95 Ton/mn², en la transección ocho) (Figura 6). Los lances de pesca comprobatoria en donde se capturó sardina, se hicieron entre 2 y 27 m de profundidad, sobre la plataforma continental y hasta 12 mn de la costa (Figura 4).

Teniendo en cuenta los resultados de densidad promedio total de las dos especies estudiadas, se evidencian diferencias de cada especie en los dos cruceros (Tabla 2). La mayor densidad promedio total para machuelo (*O. oglinum*) se observó en el crucero de diciembre con 11.5 ton/mn², valor superior al de julio-agosto el cual fue de 4.7 ton/mn²; en tanto que para la sardina (*S. aurita*) lo fue en el crucero de julio-agosto con 1.9 ton/mn² frente a 0.5 ton/mn² en diciembre. Además, se presentan los valores estimados de biomasa total. Para el machuelo (*O. oglinum*) la biomasa total en los dos cruceros fue muy similar, pasó de 12 954 ton en julio-agosto a 14 183 ton en diciembre; en tanto que la biomasa de la sardina (*S. aurita*) durante los dos cruceros fue escasa, presentando una disminución de julio-agosto a diciembre de más de la mitad (1497 a 675 ton, respectivamente).

Tabla 2. Estimativo de biomasa y densidad total del machuelo (*O. oglinum*) y la sardina (*S. aurita*), en los cruceros de julio-agosto y diciembre de 1997

Crucero	Especie	Biomasa	Dens. Prom.	CV	% Error	LC Biomasa Total 95%	LC Densidad
		Total (Ton)	Total (Ton/mn ²)				Promedio Total 95%
Jul-agos.	(<i>O. oglinum</i>)	12 954	4.70	0.30	18.33	10 578.6 – 15 328.8	3.83 – 5.55
Diciemb.	(<i>O. oglinum</i>)	14 183	11.5	0.02	1.47	13 973.3 – 14 392.5	11.30 – 11.64
Jul-agos.	(<i>S. aurita</i>)	1498	1.90	0.13	13.63	1293.4 – 1701.7	1.64 – 2.15
Diciemb.	(<i>S. aurita</i>)	676	0.5	0.28	23.95	513.7 – 837.36	0.35 – 0.57

DISCUSIÓN

Los resultados de distribución espacial del machuelo aparentemente están influenciados por la época climática (Figura 2). En el crucero julio-agosto, la distribución espacial se presentó hacia la región entre Santa Marta y Riohacha, mientras que en el crucero de diciembre se observó más hacia el norte de La Guajira.

Manjarrés *et al.* (1997) mencionan que en el crucero julio-agosto se presentó un incremento térmico en dirección suroeste (23.5 a 27 °C). En la región entre Manaure y el Río Palomino se produjo un aumento de la temperatura al disminuir la distancia a la costa (26 a 27.5 °C) que coincidió con el área de distribución del machuelo, lo que indicaría que esta especie se distribuye en aguas donde la temperatura es mayor.

Durante el crucero de diciembre Manjarrés *et al.* (1998) encontraron un núcleo de afloramiento entre Punta Gallinas y el Cabo de la Vela (23 – 24 °C), cuya influencia se extendió hasta Camarones. En dicha época el machuelo se distribuyó en esta región, pero hacia fuera de la costa, donde se presentó un núcleo de abundancia media e incluso alta. De acuerdo con Valdés y Sotolongo (1983), este recurso tiene un comportamiento migratorio estacional hacia mar afuera (siempre dentro de la plataforma), en los periodos de mayor fuerza del viento o donde se presenta un afloramiento; estas condiciones producen un aumento en la turbulencia de las zonas costeras, obligando al machuelo a desplazarse hacia aguas más claras, lo que parece coincidir con lo observado durante este crucero.

Otra variable oceanográfica de interés para la distribución del machuelo fue la salinidad. Teniendo en cuenta los trabajos de Finucane y Vaught (1986) en el Golfo de México, esta especie se ha capturado en áreas cuya salinidad es de 35 a 36. En el área de estudio se observó que los núcleos de mayor abundancia durante los dos cruceros se presentaron donde Manjarrés *et al.* (1997 y 1998) encontraron valores de salinidad de 36.5, lo cual aparentemente coincide con los resultados del Golfo de México, donde fueron capturados con

rangos de salinidad similares. Si bien la distribución más costera en el crucero de julio-agosto se encontró en la desembocadura de los ríos Guachaca y Palomino, cabe resaltar que este crucero se realizó durante la época seca, cuando el caudal de los ríos es mínimo y por tanto no tiene gran influencia sobre la salinidad. Entonces, su ubicación en esta zona se podría explicar por las temperaturas altas registradas debido a que, por efectos de la surgencia en la zona de La Guajira, las masas de aguas cálidas se desplazaron hacia esta zona.

Al comparar los dos cruceros, para la sardina se observó una distribución similar en ambos, al presentar un centro de abundancia baja frente a Riohacha y un poco alejada de la costa (± 12 mn), lo que demostraría que la época no está afectando notablemente su distribución. De acuerdo con las condiciones oceanográficas del área de estudio en los dos cruceros (Manjarrés *et al.*, 1997 y 1998), ésta especie se encontró donde la temperatura superficial estuvo entre los 26 a 26.5 °C, lo que indicaría su preferencia por aguas relativamente frías, como lo mencionan Cervigón (1991) y Johnson y Vaught (1986). La sardina es extremadamente estenohalina (no se presenta en aguas inferiores a 35) (Longhurst y Pauly, 1987), esto concuerda con lo encontrado en los dos cruceros, ya que la sardina se presentó en áreas con salinidades entre 36.5 a 36.8, como en la región frente a Riohacha.

Los resultados del estudio de COLCIENCIAS-INVEMAR en mayo de 1985, en donde se evaluaron los recursos pelágicos del Caribe colombiano, mostraron que la región entre Santa Marta y Dibulla, que casi carece de plataforma, fue muy pobre en recursos pelágicos (a excepción del sector frente a Dibulla) (Blanco, 1986). Estos resultados, aunque no son comparables en cuanto a la época climática, coincidieron con los hallados en el presente estudio para el machuelo en el crucero de julio-agosto, cuando las mayores concentraciones se presentaron frente a Dibulla. Sin embargo, donde la plataforma es estrecha, no es que el recurso sea muy pobre, sino que se puede encontrar muy costero. Estas diferencias pueden deberse al tipo de embarcación usada en el rastreo acústico, ya que el B/O MALPELO tiene mayor calado que el B/O HNO GINES, dificultando su acercamiento a la costa, lo que pudo haber impedido observar los cardúmenes restringidos a la costa.

El estudio realizado por el IMR (1989) mostró que en la región entre La Guajira y Santa Marta, la especie dominante del grupo de los clupéidos en los meses de marzo y junio fue la sardina, mientras que en los meses de septiembre y diciembre lo fue el machuelo. Esto sugiere que las poblaciones de sardina y machuelo tienen diferentes períodos de disponibilidad en el área. Para la sardina este cambio al parecer está relacionado con la estación de afloramiento más intenso, dada la preferencia por aguas más frías.

Comparando los resultados del IMR (1989) con los del presente estudio, al parecer los dos cruceros realizados correspondieron a los periodos de mayor disponibilidad del machuelo, esto se hace evidente ya que tanto en términos de distribución geográfica, densidad promedio total y biomasa, esta especie presentó mayor disponibilidad que la sardina en las épocas muestreadas. Por el contrario la sardina presentó abundancias muy bajas alcanzando una biomasa máxima de apenas 1497.57 ton en el crucero de julio-agosto.

El IMR (1989) realizó un estimativo de biomasa medio con los dos cruceros de mayor disponibilidad de la sardina (marzo y junio) y del machuelo (septiembre y diciembre), el cual fue de 60 000 y 40 000 ton respectivamente. En la presente investigación sólo se alcanzó a una biomasa total de 14 183 ton para el machuelo en el crucero de diciembre; lo cual sugiere que se ha presentado una disminución en la disponibilidad del machuelo entre 1988 y 1997. Es interesante resaltar que en los dos estudios la mayor disponibilidad del machuelo se observó en diciembre.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Programa de Pesca INPA-VECEP/UE y al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) por permitir nuestra participación en los cruceros de evaluación de pelágicos pequeños PELAG 9707 y PELAG 9711, dentro del cual se realizó el presente estudio. Igualmente a Luis Manjarrés, Coordinador Proyecto Pelágicos Pequeños, Programa de Pesca INPA-VECEP/UE, Marceliano Segura, asesor Hidroacústica, Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y Juan José Cárdenas, asesor calibración acústica Estación de Investigaciones Marinas de Isla Margarita (EDIMAR) – Venezuela. Los resultados de este trabajo fueron tomados de la tesis de grado del primer autor como requisito para optar al título de Ingeniero Pesquero, concedido por la Universidad del Magdalena, Santa Marta.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, J. 1986. Resultados crucero de prospección acústico-pesquera. En: Desarrollo de la Pesca Artesanal de la región de Santa Marta. COLCIENCIAS-CHID-FES, Bogotá, 127-150 p.
- Blanco, J. 1988. Las variaciones ambientales y estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta Caribe colombiano. Tesis Magíster Scientiae en Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 50 p.
- Bula-Meyer, G. 1990. Oceanografía. En: Caribe Colombia. Fondo José Celestino Mutis -FEN- Bogotá, Colombia: 51-66.

- Burczynski, J. 1982. Introducción al uso de sistemas sonar para la estimación de la biomasa de peces. FAO, Doc. Téc. Pesca, 191: Rev. 1: 74 p.
- Castillo, J., A. Ramírez, G. Gil, G. Rodríguez y L. Zapata. 1992. Cruceros hidroacústicos de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Pacífico colombiano PEC/PELAG 1991. Informe final. Programa regional de cooperación técnica para la pesca CEE/PEC ALA/87/21. Ministerio de Agricultura. INPA-INDERENA. Buenaventura. 38 p.
- Cervigón, F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques. Segunda edición. Volumen I. Caracas, 425 p.
- Finucane, J y R. Vaught. 1986. Species profile of Atlantic thread herring, *Opisthonema oglinum* (Lesuer 1818). NOAA. Tech. Mem., 182: 30
- Foote, K. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. J. Acoust. Soc. Am., 82(3): 981-987.
- Hansen, J.E. y A. Madirolas. 1996. Distribución, evaluación acústica y estructura poblacional de la anchoita. Resultados de las campañas del año 1993. Rev. Invest. Des. Pesq., 10: 5-21.
- IMR (Institute of Marine Research). 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de plataforma entre Surinam y Colombia. NORAD/UNDP/FAO Programme. Bergen, Noruega, 160 p.
- Johannesson, K.A. y R.B. Mitson. 1983. Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. FAO Fish. Tech. Pap., 240: 249 p.
- Johnson, A. y R. Vaught. 1986. Species profile of Spanish sardine *Sardinella aurita*. NOAA. Tech. Mem., 187: 82.
- Longhurst, A.R. y D. Pauly. 1987. Ecology of tropical oceans. Academic Press, San Diego. 407 p.
- MacLennan, D. y E. J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman y Hall. Londres, 325 p.
- Manjarrés, L; G. Rodríguez; A. Vergara; E. Arteaga; Y. Rodríguez; J. Arévalo; J. Viaña; R. Galvis; F. Amaya; D. García; J. Páramo y G. De León. 1997. Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano UE-INPA/VECEP/PELAG/9707. Informe final. Programa Regional de Pesca UE-INPA/VECEP ALA/92/43. Santa Marta, 13 p.
- Manjarrés, L; G. Rodríguez; A. Vergara; E. Arteaga; Y. Rodríguez; J. Arévalo; J. Viaña; R. Galvis; F. Amaya; D. García; J. Páramo y G. De León. 1998. Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano UE-INPA/VECEP/PELAG/9711. Informe final. Programa Regional de Pesca UE-INPA/VECEP ALA/92/43. Santa Marta, 20 p.
- Mendieta, E. 1995. Calibración acústica de la ecosonda científica SIMRAD EK-500. Instituto Nacional de Pesca-INP. Programa de cooperación técnica para la pesca VECEP ALA 92/43. Guayaquil, Ecuador. 25 p.
- Pujos, M; J. Pagliardini; R. Steer; G. Vernetto y O. Weber. 1986. Influencia de la contra-corriente norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. Bol. Cient. CIOH., 6: 3 – 15.
- Simmonds, E.J., N. J. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. ICES Coop. Res. Rep., 187: 112 p.
- SIMRAD. 1993. Operator manual. SIMRAD EK-500 Scientific Echo Sounder. Bergen, Noruega. 2262 p.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1 Manual. FAO Doc. Téc. Pesca., 306.1 Rev.1., 440 p.
- Valdés, E y M. Sotolongo. 1983. Algunos aspectos de la biología y pesquería del machuelo (*Opisthonema oglinum*) de la plataforma suroccidental cubana. Rev. Cub. Pesq., 3(1): 65-67.

FECHA DE RECEPCIÓN: Feb. 24, 1999

FECHA DE ACEPTACIÓN: May. 6, 2002

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:

Casilla 160-C. Cabina 5. Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Correo electrónico: jparamo@udec.cl o jparamog@yahoo.com (JEP). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Cra 8 No. 26B-39, Santa Marta, Colombia. (JEV)