

## Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847)

Juan José Cárdenas y Alina Achury

**Resumen.** Con la finalidad de estimar la abundancia y distribución geográfica del recurso sardina (*Sardinella aurita*), se hizo una serie de ocho cruceros de prospección acústica en la zona nor-oriental del Caribe venezolano entre septiembre de 1995 y marzo de 1998. Simultáneamente se tomaron mediciones *in situ* de temperatura, salinidad y fluorescencia (en unidades equivalentes de clorofila) durante la misma serie, con el fin de establecer eventuales relaciones entre estas variables y la biomasa de peces observada. La serie revela estabilidad con relación a la distribución geográfica de la especie: altas concentraciones principalmente al sur de Margarita, entre esta isla y la de Coche, al norte de la Península de Araya y en las zonas costeras entre el Morro de Puerto Santo (63,8° O) y el Cabo de Mala Pascua (63,2° O). A pesar de que esta distribución espacial es consistente en el tiempo a la escala de la región, es posible advertir desplazamientos de la biomasa, sobre todo en la dirección norte-sur, conservando siempre los mismos límites con respecto a la longitud. Ocasionalmente se ha observado un núcleo de alta concentración de sardina al norte de Margarita, sin embargo esta estructura no es permanente y se presume que está ligada a la aparición de una pequeña surgencia en las costas de Juangriego. Se ha logrado establecer cierta coincidencia entre la distribución espacial de *S. aurita* y las temperaturas más bajas observadas para cada época. Esta observación confirma la importancia de la temperatura como parámetro rector que condiciona de manera importante las demás variables ambientales y como indicador de los focos de surgencia. Desde el punto de vista cuantitativo, se confirman con esta serie evaluaciones previas que sitúan la biomasa sardinera total alrededor de las 850 mil toneladas, y se adelantan algunas razones que explicarían la alta variación intercrucero observada en dos casos.

**Palabras clave.** *Sardinella aurita*. Acústica y Eointegración. Evaluación de recursos. Venezuela.

Acoustic estimations of the marine resources of northeastern Venezuela: evaluation and spatial-temporal monitoring of the sardine stock (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847).

**Abstract:** With the purpose of considering the abundance and geographic distribution of the sardine (*Sardinella aurita*), a series of eight cruises with acoustic prospecting were made in the northeastern zone of the Venezuelan Caribbean between September of 1995 and March of 1998. *In situ* measurements of temperature, salinity and fluorescence were taken during the series with the purpose of establishing possible relations between these variables and the biomass of fish observed. The series showed that the geographic distribution of the species was stable with high concentrations found mainly south of Margarita island, between this island and Coche Island, to the north of the Peninsula of Araya, and in the coastal zones between the Morro de Puerto Santo (63.8° W) and the Cabo de Mala Pascua (63.2° W). Although this distribution was relatively constant in time, north-south displacements were observed while longitudinal limits were maintained. Occasionally, a nucleus of high sardine concentration was observed north of Margarita Island, nevertheless this structure was not permanent, and it was presumed to be associated with the appearance of a small upwelling area on the coast of Juangriego. There was some correlation between the spatial distribution of *S. aurita*

and the lowest temperatures observed during each period. This observation confirms the importance of temperature as a governing parameter that conditions other environmental variables and as an indicator of upwelling foci. From the quantitative point of view, our biomass estimates confirmed those of previous evaluations which put the total sardine biomass at around 850 thousands tons. Some reasons are also presented for the high intercruise variation observed in two cases.

**Key words.** *Sardinella aurita*. Acoustics and Ecointegration. Evaluation of resources. Venezuela.

## Introducción

La importancia de los recursos sardineros de las aguas orientales del país ha sido reconocida desde hace más de cinco décadas. Los incrementos paulatinos en la eficiencia de los métodos de captura (motorización de las embarcaciones e introducción de fibras sintéticas) y en el esfuerzo de pesca, redundaron, a su vez, en aumentos sucesivos de la producción. Esta situación trajo consigo, la natural inquietud de conocer la magnitud de un recurso, cuya explotación tendía de manera general hacia el aumento, pero cuya potencialidad se desconocía. En tal sentido se produce la resolución del Ministerio de Agricultura y Cría de Agosto de 1966, la cual dispone realizar una evaluación del recurso en cuestión.

De esta forma se llegó a las cuantificaciones formales, inferidas a partir de la producción primaria, observaciones aéreas y prospecciones acústicas. Ginés (1972) sintetiza en cifras los resultados de tales evaluaciones, al afirmar que la explotación sardinera podría incrementarse hasta alcanzar las 200.000 toneladas.

Con el propósito de corroborar estos resultados e implantar un sistema de observación directa y permanente de estas poblaciones, se inicia en 1978 una serie de campañas de prospección hidroacústica de cuantificación. Este programa de evaluación se vio reforzado a partir de 1980 con recursos humanos y materiales aportados por el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM, hoy IRD).

El empleo sistemático de técnicas acústicas (ecosonda) para la estimación de cantidades de biomasa íctica, ya había sido introducido en el oriente al inicio de la década de los setenta (cf. Odegaard *et al.* 1971 a y b). Sin embargo, al igual que las observaciones aéreas, las estimaciones de abundancia sólo se hicieron en términos relativos, ya que en ambos casos se trató de un conteo de cardúmenes y concentraciones de peces, acompañado de una estimación del peso de cada agregación vista o detectada a través de los instrumentos, sin que se intentaran para la época, extrapolaciones en el espacio y/o cuantificaciones absolutas sobre el área de distribución del recurso.

En años más recientes, Gerlotto y Elguezabal, (1986), Gerlotto y Ginés (1988), Strømme y Sætersdal (1989) y Cárdenas (1992) han intentado evaluaciones cuantitativas de los recursos pesqueros de la plataforma venezolana, a través de cruceros de acústica, algunos de ellos seriados, como parte de líneas de investigación de larga duración.

Tal es el caso de los resultados que a continuación se presentan y analizan, los cuales corresponden a una serie de ocho campañas oceanográficas realizadas entre 1995 y 1998, ejecutados en el marco del Programa VECEP de auspicio europeo, y que ha servido, por demás, para depurar en el país, la acústica cuantitativa y la acústica como instrumento de descripción cualitativa en términos ecológicos, y para la consolidación de su uso en Venezuela, y su empleo regular, para la gestión de las poblaciones de peces objeto de pesquerías y la comprensión más fina de las relaciones entre las poblaciones de peces y su participación en el ecosistema.

## Materiales y Métodos

### Adquisición de datos

A partir del Buque Oceanográfico “Hermano Ginés”, como plataforma de trabajo, dos grandes grupos de variables han sido registradas en el curso de las prospecciones:

- Variables hidrológicas: profundidad, temperatura y salinidad, adquiridas en estaciones dispersas a lo largo de la ruta de prospección, mediante una sonda “CTD” Sea Bird SBE-19 y adosada a ella un fluorómetro Sea Tech para la medición de fluorescencia en vivo para estimar unidades equivalentes de clorofila (en mg/l).
- Variables acústicas: fundamentalmente datos de abundancia relativa (Sa) para la columna de agua a lo largo de la ruta de prospección y distribución del “Target Strength” (TS), variable asociada a la talla de los peces insonificados. Tales variables fueron registradas con una sonda científica SIMRAD EK 500 en 38 y 120 kHz, aunque la mayor parte de los resultados se basa en el procesamiento de los datos adquiridos en 120 kHz, frecuencia óptima para profundidades relativamente bajas (entre 10 y 150 m), como las que caracterizan la zona de prospección.
- Mencionamos adicionalmente un tercer grupo de variables consideradas, que proviene de las pescas de comprobación efectuadas con red de arrastre semipelágico, útiles para la identificación de las especies que originan los ecos, y para la obtención de las frecuencias de talla y otras características de los individuos capturados (sexo, fase de maduración sexual), representativos de la fauna insonificada presente.

Cada una de las campañas de prospección, estuvo precedida por una fase de calibración del instrumental electrónico de acústica, cuyo objeto fundamental es ajustar las ganancias (gains) de la sonda. En términos generales esta fase inicial tomó, entre 24 y 36 horas, luego de las cuales se iniciaba la prospección propiamente dicha durante nueve días.

La velocidad de navegación seleccionada para todos los recorridos, fue de 7 nudos, velocidad máxima a la cual las perturbaciones que generan las burbujas del oleaje, balanceo y estela del barco, son las menores para las condiciones de mar promedio, que imperan en la plataforma. Tales recorridos fueron segmentados en Unidades Básicas de Muestreo (UBM's) de aproximadamente una milla náutica de longitud (equivalentes a un set de datos cada seis minutos a la velocidad de navegación referida). Una milla como valor seleccionado para las UBM's es superior a la talla promedio de los cardúmenes, siendo al mismo tiempo un tramo lo suficientemente pequeño como para poder asumir que es homogéneo.

## Procesamiento de la información

### Estimación de la biomasa sardinera

A continuación se mencionan las ecuaciones generales para la estimación de la biomasa íctica y de su correspondiente fracción de *Sardinella aurita*.

Para el cálculo de la cantidad total de peces en un área considerada, se emplea la ecuación:

$$\rho = Sa / \sigma \times A,$$

donde “ $\rho$ ” es la biomasa total del área “A”; “Sa” el valor promedio de integración para el área (obtenido directamente de la ecosonda) y “ $\sigma$ ” la sección transversal acústica promedio de los peces insonificados, cuyo valor se obtiene de la ecuación:

$$\langle \sigma \rangle = 4 \pi \times 10^{TS/10},$$

donde “TS” (target strength) es la fuerza acústica del pez, asociada a sus características anatómicas y talla, según la relación:

$$TS \text{ (db)} = 20 \log \text{ longitud total del pez} - 71.9 \text{ (para clupeidos, según Foote 1987).}$$

La longitud del pez que hemos empleado en las estimaciones, corresponde a la talla promedio ponderada, obtenida a partir de las pescas realizadas en curso de campaña.

Para la estimación de la biomasa de *S. aurita* exclusivamente, la ecuación inicial de cálculo de la biomasa, se convierte en:

$$\rho = Sa / \sigma \times A \times w,$$

donde el nuevo término “w” corresponde a la proporción de *S. aurita* presente en las comunidades ícticas muestreadas. La variable “w”, es un término ponderado por los valores de ecointegración “ $E_k$ ” obtenidos en las cercanías del punto de pesca que ha servido para cifrar la composición de la fauna. “w” es entonces:

$$w_i = (\sum E_k q_{ik} / Q_k) / (S_k E_k),$$

siendo  $q_{ik}$  la cantidad de la especie “i” (sardina) obtenida en la operación de pesca “k”, y  $Q_k$ , es la captura total. Al ponderar de esta forma, tenemos cuenta de la alta variabilidad en los valores de la ecointegración, y del hecho de que las capturas de comprobación, no son necesariamente indicadores de la abundancia local (MacLennan y Simmonds 1992), sino más bien, representación de la composición de las comunidades muestreadas. En efecto, para los fines de este programa, se incorporó una red de arrastre semipelágica, ligera y de malla pequeña (malla mínima de 1 cm) lo que la hace un arte de baja selectividad.

Así, la biomasa final de sardina, en este caso, se convierte en:

$$B = (\rho \times g_{ind}) / 1 \times 10^{-6} \text{ (B queda expresado en toneladas)}$$

donde  $g_{ind}$  es el peso individual en gramos que se obtiene de la multiplicación de la longitud total del pez elevada al cubo por una constante ( $7,25 \times 10^{-3}$ ).

### **Post-estratificación del área de distribución; Unidad Básica de Estimación Estadística.**

El área total estimada de distribución de la sardina, en la plataforma oriental de Venezuela, es de unas 3.960 millas náuticas cuadradas. Esta superficie comprende zonas de mar abierto, zonas litorales de costas bajas y altas, golfos, aguas someras y relativamente profundas. Además, como resultado de esta geomorfología y otros factores de orden climático y oceanográfico, se dan fenómenos hidrológicos (c.f. sección de Resultados) que particularizan las masas de agua, haciendo que el paisaje no sea homogéneo sobre toda el área de distribución mencionada habiendo entonces focos de surgencia, aguas frías, aguas cálidas, profundidades variables y fondos de topografía abrupta o suave.

Con base en estos criterios, se ha estratificado el área de distribución, en tres zonas que se asumen estadísticamente estacionarias (término que indica que existe una probabilidad idéntica de encontrar, por ejemplo cardúmenes, en cualquier punto de la zona); es decir, al interior de tal zona o estrato, la repartición de la biomasa y las densidades en cada punto dentro de ellos, son la consecuencia de un proceso estocástico (Maclennan y Simmonds 1992).

En consideración a lo anterior los estratos quedan como sigue (Figura 1):

1. Estrato norte (1656 mn<sup>2</sup>): aguas al norte de Margarita sobre latitud 11° N, hasta el borde de la plataforma.
2. Estrato sur (2124 mn<sup>2</sup>): aguas al sur de Margarita, por debajo de los 11° N, comprendiendo Coche y Cubagua, este de Araya y el norte de la penínsulas Araya y de Paria hasta 62.6° O.
3. Golfo (180 mn<sup>2</sup>): aguas del Golfo de Cariaco, confinadas por los límites de este accidente geográfico.

La biomasa sardinera es entonces estimada separadamente al interior de cada uno de estos estratos, con base en el valor de ecointegración promedio obtenido como la media de los valores registrados en cada UBM en el interior de cuadrículas de 6x6 mn<sup>2</sup>, que se han adoptado como Unidad Estadística Básica de Estimación. Las dimensiones de los lados de estos recuadros son determinados por la distancia de correlación seriada nula entre UBM's (Figura 2), de manera de asegurar la independencia entre cuadrículas y en consecuencia la validez de la varianza como indicador de la precisión de las estimaciones.

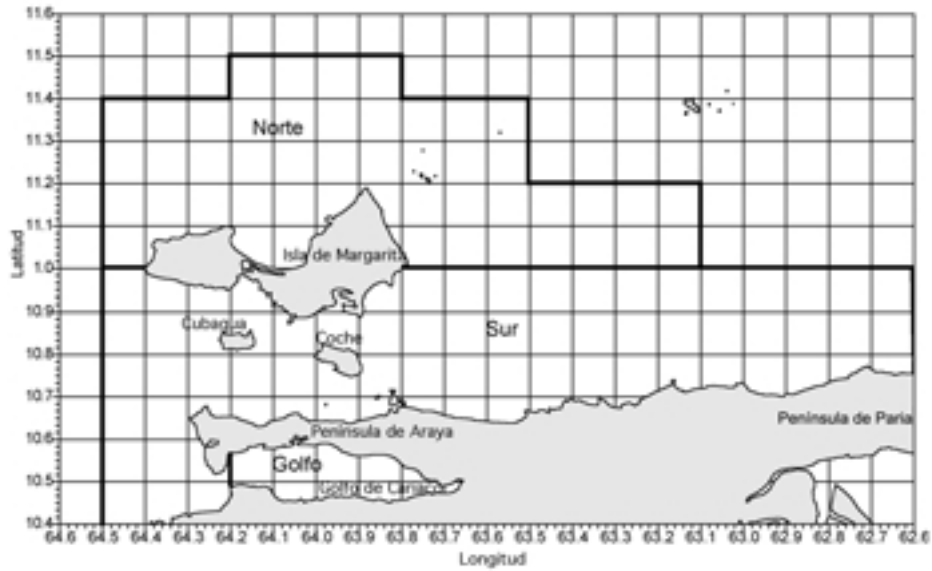


Figura 1. Post-estratificación del área de distribución total de las poblaciones de sardina

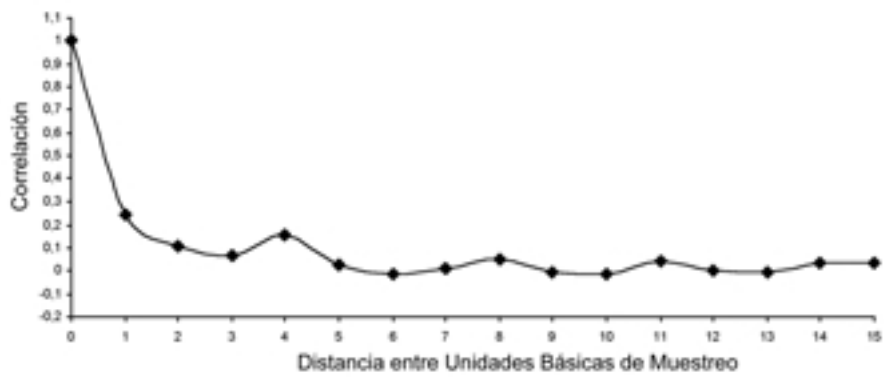


Figura 2. Función de correlación calculada para distancias de 0 a 15 mn

## Resultados y discusión

### Acústica descriptiva

#### Distribución espacial de la biomasa

Esta serie de cruceros, muestra, como ya ha sido señalado en trabajos anteriores (p.e. Cárdenas 1992), que existe una regularidad en las modalidades de distribución: un patrón general, prácticamente común a toda la serie, según el cual las mayores densidades ocurren al sur de Margarita, entre esta isla y la de Coche, al norte de la Península de Araya y en las zonas costeras entre el Morro de Puerto Santo (63.8° O) y el Cabo de Mala Pascua (63.2° O). Otra zona de altas densidades estables en el tiempo (escala interanual), se sitúa al este de Margarita en los alrededores de los 11° N de latitud y en el Golfo de Cariaco.

A pesar de la estabilidad de este patrón, es posible advertir desplazamientos de la biomasa, en dos escalas temporales diferentes: la observación comparativa de las situaciones nocturnas en relación a las diurnas indica que los núcleos de alta concentración, pueden moverse varias millas en el curso de algunas horas, o pueden aparecer y desaparecer según un pulso general de carácter nictemeral, de agregación y desagregación en función del día y de la noche respectivamente.

Este patrón general puede verse un tanto modificado en una escala temporal más amplia, del orden de los meses, al aparecer altas densidades en zonas costa afuera, con varias millas de desplazamiento latitudinal, aunque conservando la longitud usual (Figura 3, al norte de Paria), o al aparecer algunos núcleos de concentración en aguas al norte de Margarita (Figura 4), ausentes en otras prospecciones. Así, al ver la evolución temporal de la biomasa en cada uno de los estratos mencionados anteriormente (Figura 5, Tabla 2), se advierte que de una situación de “equilibrio” entre el estrato norte y sur (cerca de 50% de la biomasa total cada uno para cinco observaciones), se pasa a situaciones de “desequilibrio”, en las cuales hasta el 90% de la biomasa puede estar desplazada hacia latitudes mayores o viceversa. Esta afirmación implica que en determinados momentos, la mayores concentraciones de peces pueden hallarse lejos de la costa y en aguas bien al norte y/o noreste de las zonas habituales de pesca sardinera. De lo anterior se infiere que la ausencia eventual de sardina reportada por los pescadores artesanales, no significa necesariamente una caída real de la abundancia.

Si bien la presencia de altas densidades de este pez en determinado lugar, es la consecuencia de múltiples variables ambientales, bióticas y abióticas, actuando de manera simultánea para conformar un espacio propicio, es la temperatura el parámetro determinista en alto grado, condicionando o influyendo en las restantes características del ambiente y es el indicador esencial de los focos de surgencia de aguas profundas ricas en nutrientes, base de la producción primaria. La figura 6 es un ejemplo de la relación entre las zonas de aguas frías de surgencia y las altas densidades de peces representadas tridimensionalmente en esta figura, en la cual se evidencia que las concentraciones de biomasa (elevaciones y picos en representación gráfica tridimensional) coinciden espacialmente con áreas de surgencia (isolíneas de la representación bidimensional superpuesta a la anterior).

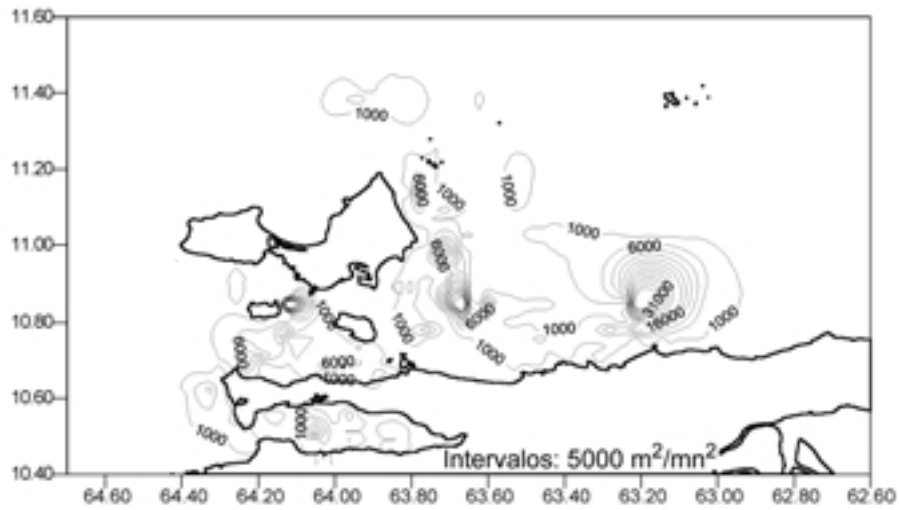


Figura 3. Distribución horizontal de la biomasa total durante la campaña VECEP (abril 1997), los contornos corresponden al parámetro "Sa" en unidades relativas de biomasa. Se observa una concentración al norte de Paria que alcanza los 11 grados de latitud.

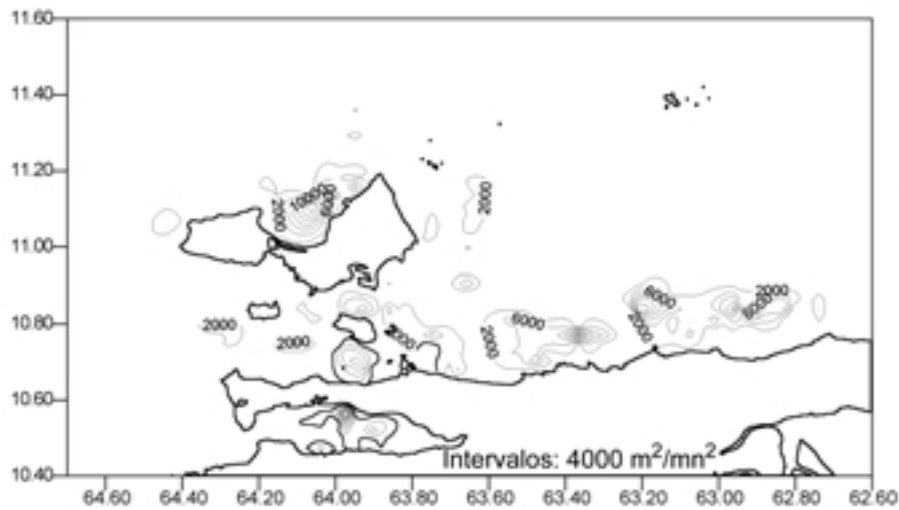


Figura 4. Distribución horizontal de la biomasa total durante la campaña VECEP 8 (febrero 1998), los contornos corresponden al parámetro "Sa" en unidades relativas de biomasa. Se observa una concentración al norte de la Isla de Margarita que no es permanente.



Aunque los focos de surgencia pueden encontrarse desplazados de los puntos de máxima producción primaria y secundaria, por efecto del empuje del viento que arrastra el agua al aproximarse ésta a la superficie, el patrón referido en los párrafos anteriores está regido por la estructura térmica, la cual, a la escala de la región y de manera alternativa entre períodos de alta y períodos de baja intensidad de las surgencias, es también estable.

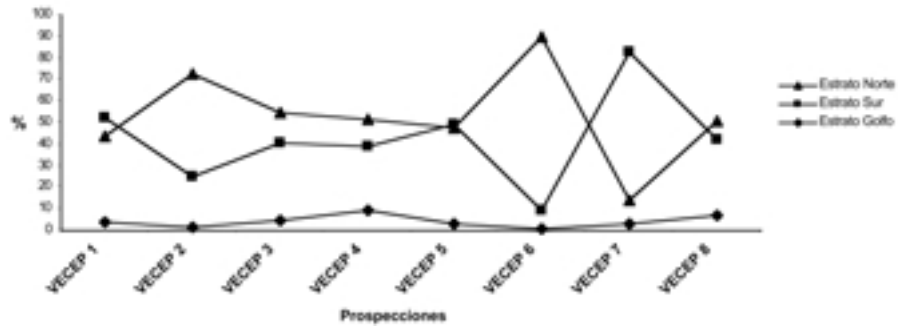


Figura 5. Evolución de la proporción por estrato de la biomasa sardinera total

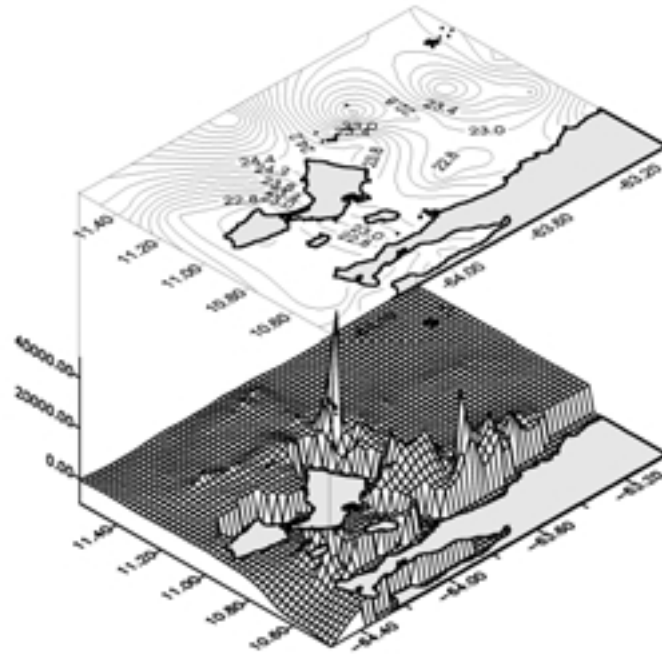


Figura 6. Contornos de temperatura superficial (° C) y distribución horizontal de biomasa durante la campaña VECEP 3 (marzo 1996)

En resumen, en la región total de prospección hay una distribución estable de la biomasa, con desplazamientos al interior la misma, en áreas que aparecen como preferenciales para la presencia de las mayores concentraciones, al menos en términos de abundancia relativa. En cuanto a la abundancia absoluta, la situación puede ser de mayor variabilidad, como se verá en el aparte correspondiente.

En el plano vertical, la descripción de Cárdenas (1992) sigue siendo válida, pues el análisis de los ecogramas muestra, al igual que en series anteriores, que de forma general, el centro de gravedad de la biomasa correspondiente a cardúmenes de sardina o pequeños pelágicos similares, se sitúa entre los 10 y 30 metros de profundidad, ocupando una altura promedio en la columna de agua de unos 10 metros. Aunque esto es el caso general, Gerlotto y Ginés (1988) señalan la ausencia de cardúmenes superficiales o pelágicos y la presencia de concentraciones próximas al fondo detectadas en el curso de la campaña ECHOVEN 3. Para el momento de esa prospección (agosto, 1987) no se registraron manifestaciones de surgencias, razón por la cual las sardinas se encontrarían en aguas más profundas y frías.

Aunque la relación entre la profundidad de mayor ocurrencia de altas densidades de peces pelágicos y la profundidad de los máximos de producción primaria no está claramente establecida, es válido presumir que la profundidad de los centros de gravedad de la biomasa puede ser la consecuencia de los desplazamientos verticales de los máximos de producción de algas: cerca de los 30 m en época de ausencia de vientos fuertes y superficiales en época de alisios.

Observaciones recientes y más acuciosas hechas en este sentido por González, Gerlotto y Cárdenas (1998), informan sobre la migración vertical de los cardúmenes durante el período circadiano, pudiendo ocupar los peces agregados profundidades superiores a los 70 m.

### **Estructura espacial**

A fin de aprehender las reparticiones espaciales de las poblaciones de peces, se empleó el variograma como útil descriptivo de esas estructuras. Su comportamiento en el origen y a grandes distancias, así como en las diferentes direcciones, proporciona información sobre la estructura espacial del fenómeno. La forma según la cual se produce el crecimiento del variograma, determina de que manera estadística las relaciones entre dos puntos evolucionan cuando la distancia entre ellos aumenta (Guillard 1991, Guillard *et al.* 1992).

Se aplicó este instrumento descriptivo, gracias al programa EVA (Petitgas 1991, Petitgas y Prampart 1993), sobre el conjunto de UBM's por cada estrato definido (norte, sur y golfo), obteniendo resultados diversos que denotan variaciones en las modalidades de distribución en las zonas de presencia de peces.

La figura 7 (a y b) muestra dos situaciones diferentes al interior del Golfo de Cariaco. En la prospección efectuada en febrero-marzo de 1998 (Figura 7a estación de vientos) se genera un variograma de tipo esférico, es decir, de distribución muy estructurada, que evidencia un modelo en la distribución similar a la descrita por Gerlotto (1993), con un alcance ("sill") de 4,8 millas, distancia a partir de la cual la correlación es nula; mientras que en octubre de 1997 (Figura 7b ausencia de vientos),

el variograma, a efecto pepita puro, sin correlación espacial, es evidencia de una distribución al azar de la biomasa.

De forma similar, una distribución estructurada y otra al azar se suceden en el estrato sur, en el curso de dos prospecciones (Figuras 8 a y b). Para la primera, el modelo se ajusta para un alcance de unas 6 millas. Este cambio en las estructuras de distribución, puede ser otra manifestación de lo ya observado por González, Gerlotto y Cárdenas (1998), quienes cuantifican los diferentes tipos de cardúmenes presentes en la plataforma oriental, y los cambios de proporción entre unos y otros, asociados en principio a su vez, a los cambios en las condiciones hidrológicas.

### **Acústica cuantitativa**

Para la cuantificación absoluta de la biomasa, diversos autores (Massé 1988, Cárdenas 1992, Gerlotto 1993) han sugerido y/o empleado los valores nocturnos de integración acústica, en razón de que las medidas de noche están menos sesgadas por efecto del comportamiento de los peces, cuyas agregaciones, en horas de oscuridad, son menos densas, por lo tanto con mayor probabilidad de ser detectadas, y de repartición más homogénea, con menor cantidad de valores altos.

La tabla 1 muestra, sin embargo, que para esta serie no hay una diferencia clara entre las estimaciones diurnas y nocturnas, ni una tendencia regular que particularice a cada una de estas situaciones, en cuanto a un índice de abundancia mayor en horas de la noche, en relación al día. En virtud de lo anterior, las estimaciones de abundancia absoluta de *S. aurita* que siguen en la tabla 2, se calculan para datos diurnos y nocturnos combinados.

La tabla 2 muestra al lado de cada valor de biomasa de sardina estimada, la proporción correspondiente a la sardina con respecto a las demás especies, y el porcentaje con el que el estrato contribuye al total de la biomasa sardinera en el área estudiada.

Se destacan dos constataciones derivadas de los resultados expuestos en dichas tablas:

Con un Coeficiente de Variación que promedia el 15% para toda la serie, precisión aceptable para este tipo de ejercicio de muestreo y estimación, se observa una consistencia remarcable en los valores de biomasa total obtenida. Esto es en coincidencia con las evaluaciones previas del "Fridtjof Nansen" (800.000 toneladas) y las diversas efectuadas en conjunto por FLASA y ORSTOM, que sitúan al stock en un rango del 17% alrededor de las 850.000 toneladas. Se ve pues la consistencia al interior de la serie, pero también en relación con evaluaciones que datan de diez o más años.

Sin embargo, se advierte igualmente en la tabla 2, que los resultados de las estimaciones de biomasa para las campañas VECEP 4 y 5, son inferiores y con valores que las sitúan fuera del rango establecido por el Coeficiente de Variación promedio de la serie (aparte de la variación de la biomasa debida a los errores de medida comprendidos en la varianza de estimación), por lo cual es plausible, para estos casos, que tales valores son el producto de una disminución real de la biomasa para la zona representada por la prospección, que se manifiesta entre finales del año 1996 y principios de 1997, con una recuperación a cifras "normales" a sólo tres meses más tarde, tal y como se registra para VECEP 6 en mayo de 1997.

Tabla 1. Índices de abundancia y estimación de la precisión de las evaluaciones para la serie “VECEP”

Campana	Fecha de inicio	<Sa>	Diurno		<Sa>	Nocturno		Combinado		
			Varianza	CV (%)		Varianza	CV (%)	Varianza	CV (%)	
VECEP 1	15-26/9/95	11604	5.20E+12	20	12616	4.80E+12	17	12130	2.50E+12	13
VECEP 2	16-27/1/96	3670	3.70E+11	17	6209	6.60E+11	13	4586	2.40E+11	11
VECEP 3	22/3-02/4/96	5733	7.60E+11	15	6902	2.00E+12	20	6058	5.50E+11	12
VECEP 4	23/11-4/12/96	7703	4.30E+12	27	5352	1.30E+12	22	5913	1.00E+12	17
VECEP 5	10-21/02/97	2938	2.20E+11	16	4995	1.10E+12	21	3266	1.80E+11	13
VECEP 6	23/4-03/5/97	7222	2.50E+12	22	10152	9.00E+12	29	7853	2.00E+12	18
VECEP 7	16-27/10/97	7676	7.80E+12	36	3385	7.80E+11	26	3774	7.10E+11	22
VECEP 8	23/2-05/3/98	5793	1.20E+12	18	5777	1.40E+12	21	5786	6.40E+11	14

Tabla 2. Evaluación de la biomasa para la serie “VECEP” (en toneladas)

Campana	fecha	% del		% del		% del		Total			
		Estrato Norte	total	Estrato Sur	total	Estrato Golfo	total				
VECEP 1	Sep-95	413.855	(0.7)*	44.0	492.949	(0.3)*	52.4	34.126	(0.9)*	3.6	940.929
VECEP 2	Ene-96	625.034	(0.8)	72.8	217.933	(0.3)*	25.4	16.049	(0.9)*	1.9	859.016
VECEP 3	mar-abr/96	450.748	(0.7)*	54.9	331.231	(0.3)*	40.3	38.980	(0.9)*	4.7	820.960
VECEP 4	nov-dic/96	219.222	(0.7)*	51.7	165.848	(0.2)	39.1	38.926	(1)	9.2	423.995
VECEP 5	Feb-97	236.070	(0.4)	47.6	244.234	(0.3)	49.3	15.406	(0.9)	3.1	495.711
VECEP 6	abr-may/97	818.250	(1)	89.7	85.539	(0.1)	9.4	8.124	(0.2)	0.9	911.913
VECEP 7	Oct-97	114.516	(0.2)	14.1	670.539	(0.6)	82.7	26.033	(0.9)	3.2	811.089
VECEP 8	feb-mar/98	400.982	(1)	50.9	332.851	(0.4)	42.3	53.779	(0.95)	6.8	787.613

\*: valores inferidos de las observaciones en campañas posteriores

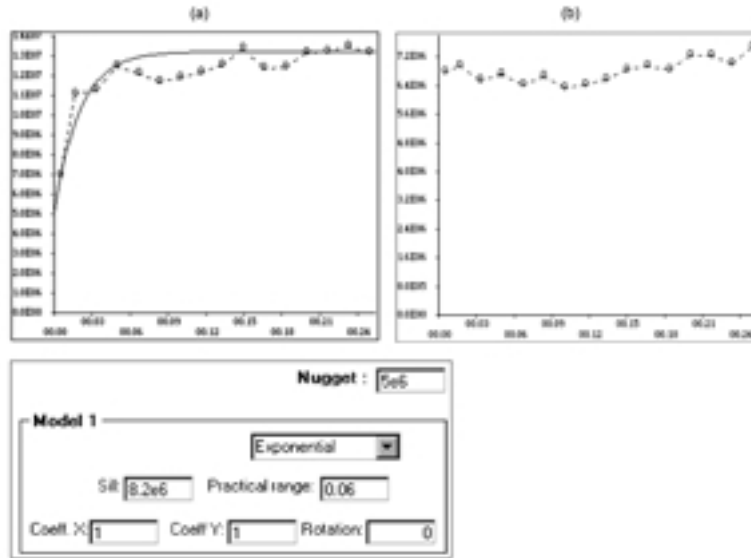


Figura 7. Variogramas calculados sobre el total de UBM's para el golfo de Cariaco en el curso de la prospección VECEP 8 (a) y VECEP 7 (b)

La rapidez de esta recuperación, sugiere que, más que una disminución real del tamaño del stock, pudieron haberse producido migraciones masivas y temporales dentro y fuera del área preferencial de distribución, aunque el patrón general de distribución horizontal se conserva, pero con bajos valores para los índices de abundancia. También es posible que los cardúmenes se encontraran replegados hacia la costa, zona ciega al muestreo acústico. Por lo pronto, la información hidrológica u otra recogida a lo largo de la serie, no aporta razones, o es insuficiente para explicar estas variaciones intermensuales.

### Conclusiones

Aunque ahora con mucho más detalle, los resultados obtenidos para todas las variables consideradas a lo largo de las ocho campañas oceanográficas de la serie VECEP, confirman de manera general las grandes premisas de orden ambiental e hidrológico descritas en años anteriores, relativas al sistema de surgencias, su origen, localización y periodicidad y sus consecuencias sobre la biota. También, los resultados de la acústica, claramente consistentes, nos informan de la cuantía del recurso sardinero (del orden de las 855.000 toneladas) y de su repartición en las tres dimensiones del espacio y en el tiempo.

Dadas las variaciones descritas para diferentes escalas espaciales y temporales, dada igualmente la importancia relativa de la explotación de este stock en las

pesquerías artesanales venezolanas (alrededor del 50% del total en términos del total de capturas), y considerando finalmente el poder descriptivo que aporta la acústica pesquera casi de manera instantánea, se estima conveniente la continuación de la cuantificación por medios acústicos a través de un programa permanente de seguimiento y vigilancia de las poblaciones sardineras (y otras), como plataforma técnica necesaria para la gestión adecuada de este recurso.

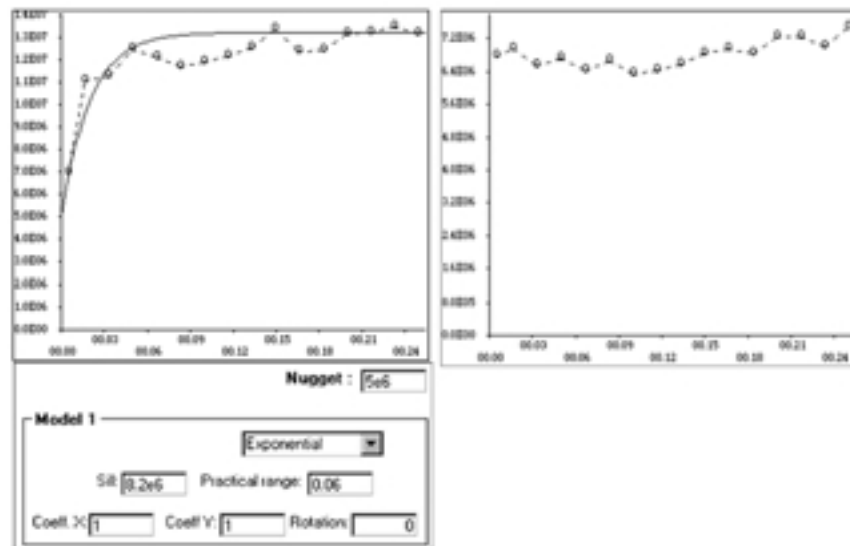


Figura 8. Variogramas calculados sobre el total de UBM's para el estrato Sur en el curso de la prospección VECEP 7 (a) y VECEP 8 (b)

**Agradecimientos.** Los datos y aportes de este trabajo, son el resultado de muchos días de mar y de muchas horas, diurnas y nocturnas, de vigilia frente a los instrumentos electrónicos y en la cubierta, en faenas de pesca. Estas labores han estado esencialmente en manos de José (Cheme) Güaiquirián, Manuel Segura y Cornelio Salazar.

La adquisición y procesamiento de la información hidrológica ha sido la responsabilidad de Ramón Varela, Yrene Astor y Jonnathan García.

Los autores quieren dejar constancia de gratitud a todos los mencionados y a la tripulación del Barco Oceanográfico “Hermano Ginés”, con especial mención de los hermanos Marín (capitán e intendente a bordo).

Es un gusto mencionar también con agradecimiento al Programa CEE-VECEP ALA 92/43 y a su Director Nacional, Ricardo Molinet. Este Programa proporcionó parte fundamental del financiamiento de las operaciones de mar, equipos y asesorías técnicas externas, entre las que queremos destacar la de los amigos David MacLennan y François Gerlotto. Este trabajo corresponde a la contribución N° 284 de la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita EDIMAR, Fundación La Salle de Ciencias Naturales.

**Bibliografía.**

- CÁRDENAS, J. J. 1992. Distribución y abundancia de la biomasa íctica con énfasis especial en la sardina, determinada por medios hidroacústicos. Doc. Int. EDIMAR, Fundación La Salle de Ciencias Naturales Venezuela. 17 pp.
- FOOTE, K. 1987. Fish Target Strengths for use in echointegrator surveys. *J. Acoustic Soc. Am.*, 82(3) : 981-987
- GERLOTTO, F. 1993. Methodologie d'Observation et d'Évaluation par Hydroacoustique des Stocks Tropicaux de Poissons Pélagiques Cotiers: Impact du Comportement et de la Distribution Spatiale. These pour l'obtention du grade de Docteur. Univ. Bretagne Occidentale. Brest. 300 pp.
- GERLOTTO, F. y HNO. GINÉS. 1988. Ecointegración y pesca sardinera: diez años de investigación en EDIMAR. *Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* Sup. N° 3 (48).
- GERLOTTO, F. y X. ELGUEZABAL. 1986. Evaluation des Ressources du Plateau Continental Vénézuélien par Echo-Intégration: Résultats préliminaires. *Proc. 37th annual Gulf Caribbean Fish. Inst.* Cancún, Mexico. Nov. 1984: 67-77
- GINÉS, HNO. 1972. Carta Pesquera de Venezuela. 1. Areas del Nororiente y Guayana Monografía N° 16. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 328 pp.
- GONZÁLEZ, L., F. GERLOTTO y J. CÁRDENAS. 1998. Pelagic fish populations in eastern Venezuela: impact of the environmental characteristics on the morphology, aggregation and spatio-temporal distribution of *Sardinella aurita*. CIEM: CM 1998/J.
- GULLARD, J. 1991. Etude des stocks pisciaires lacustres par echointegration: problemes metodologiques. (Th. Doct. Sci.: Un. Cl. Bernard, Lyon 1), 156 p.
- GULLARD, J., D. GERDEAUX, G. BRUN, y R. CHAPPAZ, 1992. The use of geostatistics to analyse data from an echo-integration survey of fish stock in lake Sainte-Croix. *Fisheries Research* 3: 395-406.
- MACLENNAN, D. y J. SIMMONDS. 1992. Fisheries Acoustics. Fish and fisheries series 5. Chapman & Hall. London, UK. 325 pp.
- MASSE, J. 1988. Utilisation de l'écho-integration en recherche halieutique (analyse de 5 campagnes dans le Golfe de Gascogne de 1983 à 1987). IFREMER DR-88.030-RH/NANTES, déc. 1988: 155 p.
- ODEGAARD, J., S. ABAD, y F. MALAVÉ. 1971 (a). Prospecciones Hidroacústicas en el Oriente de Venezuela desde Enero hasta Abril de 1971. Informe Técnico N° 32. MAC-PNUD-FAO. 23 pp.
- ODEGAARD, J., S. ABAD, y F. MALAVÉ, 1971 (b). Prospecciones Hidroacústicas en el Oriente de Venezuela desde Mayo hasta Agosto de 1971. Informe Técnico N° 33. MAC-PNUD-FAO. 11 pp.
- PETITGAS, P. 1991. Contribution géostatistique à la biologie des pêches maritimes. Thèse Ecole Nat. Sup. Mines Paris.: 211 pgs.
- PETITGAS, P. y A. PRAMPART, 1993. EVA (Estimation Variance). Logiciel de geostatistique pour IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d'estimation des quantités totales pour les données géographiquement corrélées. CIEM: CM1993/D:65.
- STRØEMME, T. y G. SÆTERSDAL, 1989. Prospecciones de los Recursos Pesqueros de las Areas de la plataforma entre Surinam y Colombia 1988. NORA/UNDP/FAO Programme. Reports on Surveys with R/V Fridtjof Nansen. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.

Recibido: 3 julio 2000  
Aceptado: 20 marzo 2002

---

Juan José Cárdenas<sup>1</sup> y Ayna Achury<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. (EDIMAR) Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Apartado postal 144 Porlamar, Isla de Margarita, Venezuela.