

Evaluación acústica de sardina monterrey en el Golfo de California durante la primavera de los años 2008 a 2012

Manuel O. Nevárez Martínez¹, Héctor Villalobos², José Pablo Santos Molina¹, Violeta E. González Máñez¹ y Ma. de los Ángeles Martínez Zavala¹

¹Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, INAPESCA. Calle 20 Sur No. 605, Col. La Cantera, Guaymas, Sonora, 85400, México. e-mail: manuel.nevarez@prodigy.net.mx.

²Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, C.P. 23096, La Paz, B.C.S. México. e-mail: hvillalo@ipn.mx.

RESUMEN

Se presenta el análisis de cinco campañas de prospección acústica realizadas en el Golfo de California durante el mes de mayo de 2008 a 2012 a bordo del barco de investigación "BIP XI". En términos generales el derrotero fue el mismo en todos los años. En las costas de Sonora (de Bahía de Agiabampo a Puerto Lobos) se efectuaron transectos perpendiculares a la costa hasta la isobata de los 200 m y espaciados cada 10 millas náuticas (mn). En el margen occidental del golfo, se realizaron transectos en zigzag cubriendo desde la Isla Ángel de la Guarda hasta Loreto, BCS. La prospección acústica se realizó de las 18:00 a las 6:00 AM usando una ecosonda Simrad EK60 equipada con un transductor de 38 kHz de haz dividido. La eointegración se realizó en unidades de muestreo de 1 mn desde los 5 hasta los 200 m de profundidad. Los valores de energía así obtenidos se transformaron en biomasa aplicando una corrección calculada como la proporción de lances positivos de sardina con respecto al total de lances efectuados durante las campañas. Las tendencias observadas presentan una disminución de 2008 a 2010, con una ligera recuperación en los dos últimos años. Es necesario seguir trabajando en los métodos para asignar la energía acústica total a las diferentes especies de peces pelágicos menores presentes en la zona para poder realizar estimaciones de abundancias más precisas y confiables.

INTRODUCCIÓN

La pesquería de pelágicos menores en México ha llegado a contribuir hasta con el 40% de las capturas totales anuales (SAGARPA, 2009), de las cuales hasta el 70% se ha capturado en el golfo de California, generando un estimado de 5,000 empleos directos en la región. Históricamente, la sardina monterrey ha sido la más importante dentro de las capturas llegando a contribuir hasta con el 92% (Nevárez-Martínez, 2000; Nevárez-Martínez, et al. 2006, 2009), sin embargo otras especies son también sujetas a explotación como son la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), macarela (*Scomber japonicus*), sardina japonesa (*Etmeneus teres*), anchoveta nortea (*Engraulis mordax*), la anchoveta conocida como sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y sardina piña (*Oligoplites* spp.). Estas poblaciones presentan una alta variabilidad interanual, que se traduce en desequilibrios económico-sociales e incertidumbre en las regiones donde estas especies son aprovechadas (Nevárez-Martínez, et al. 2001, 2006).

La hidroacústica es una herramienta que puede ser usada para estimar la distribución y abundancia de las especies marinas como alternativa de los métodos tradicionales (Starr y Thorne, 1998), generando con esto información concerniente para las medidas de administración y recomendaciones dirigidas a los sectores involucrados a partir de información independiente de las estadísticas de pesca.

En cuanto a las técnicas acústicas, estas se han sofisticado en los últimos años, y actualmente contribuyen ampliamente al entendimiento de la distribución espacial y los cambios en el tiempo de las poblaciones silvestres marinas (Simmonds y MacLennan, 2005). Con los sistemas de detección acústica es posible obtener información sobre el fondo u objetos sumergidos por medio de la transmisión de ondas sonoras y la observación de ecos devueltos, la ecosonda genera sonido en pulsos discretos y después de cada pulso el sistema espera durante cierto tiempo para recibir ecos de obstáculos que se encuentran en el volumen de agua cubierto (Moreno-Amich, 1990).

En la investigación acústica, la medida de la abundancia es una aplicación especialmente importante (Gunderson 1993, Simmonds y MacLennan, 2005), las prospecciones hidroacústicas implican hacer transectos de algún área mientras se graban los ecos provenientes de los peces, y la abundancia es estimada como la cantidad de peces los cuales se espera que produzcan los ecos detectados por la ecosonda (Simmonds y MacLennan, 2005). Adicionalmente estas técnicas pueden contribuir a detallar la estructura interna y la distribución espacial de los cardúmenes y contribuir al estudio del comportamiento de los peces (Misund y Aglen, 1992; Gerlotto et al., 1999). De esta manera es posible estudiar un gran volumen de agua en un periodo de tiempo corto, y como consecuencia del alto poder de muestreo, el costo operacional es muy bajo.

A partir del 2008 el INAPESCA, por medio del CRIP-Guaymas ha iniciado la realización de cruceros de prospección hidroacústica dentro del Golfo de California, con el fin de estimar la abundancia y distribución espacial de estos recursos, con la finalidad de generar información independiente de las capturas comerciales para incorporarla en las evaluaciones orientadas a las medidas de administración y recomendaciones dirigidas a los sectores involucrados. Así, en este trabajo se presenta el análisis de cinco campañas de prospección acústica realizadas en el Golfo de California durante el mes de mayo de 2008 a 2012 a bordo del barco de investigación pesquera “BIP XI”.

METODOLOGÍA

Campañas de Prospección

Las prospecciones acústicas se hicieron a bordo del barco de investigación pesquera “BIP XI” del INAPESCA, el cual cuenta con una ecosonda científica SIMRAD EK60 provista de un transductor de 38 kHz de haz dividido. La frecuencia de 38 kHz es la más utilizada en estudios de este tipo pues permite la detección tanto de peces como de organismos de menor tamaño. A partir de mayo de 2012 se cuenta además con un transductor de 120 kHz y un sonar que permite hacer más eficientes las operaciones de pesca. La utilización combinada de las dos frecuencias facilita la repartición de la energía acústica debida a los

peces de aquella debida a organismos planctónicos, aportando información útil para el estudio del ecosistema en su conjunto. Esto es particularmente necesario en ambientes subtropicales y tropicales, donde los ecos de especies del zooplancton o crustáceos pelágicos de tamaño medio (v.g. langostilla) frecuentemente ocupan grandes extensiones en un ecograma. A partir del 2012, se utilizaron algoritmos para el filtrado de la señal acústica desarrollados en el marco del programa de investigación SIMFAMI (Anónimo, 2005).

Teniendo en cuenta el comportamiento de los peces pelágicos menores, que suelen aproximarse a la superficie durante la noche facilitando su captura, la prospección se realizó normalmente de las 18:00 a las 06:00 AM del día siguiente manteniendo una velocidad de prospección de 8 nudos.

El derrotero propuesto siguió las recomendaciones del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (Simmonds et al., 1992). En las costas de Sonora, de bahía de Agiabampo en el sur a Puerto Lobos en el norte (Fig. 1), se efectuaron transectos paralelos entre si y perpendiculares a la línea de costa desde profundidades cercanas a los 25 m hasta alcanzar la isóbata de los 200 m. Estos transectos se espaciaron cada 10 millas náuticas (mn). En el margen occidental del golfo, se realizaron transectos en zigzag cubriendo de la Isla Ángel de la Guarda hasta Loreto, BCS. En términos generales el derrotero ha sido el mismo en todos los años (2008 a 2012), aunque ha sufrido modificaciones, principalmente en función del tiempo disponible. La longitud total aproximada es de 2000 mn que se han cubierto en alrededor de 21 días.



Figura 1. Derrotero seguido para la prospección acústica de pelágicos menores en el Golfo de California, en el periodo de 2008 a 2012.

Con el fin de determinar la composición específica de los ecos observados, se realizaron un promedio 2 lances de pesca de identificación por día de trabajo utilizando una red de arrastre de media agua de 4 capas, con un bolso de 1/4 de pulgada de luz de malla. La velocidad de arrastre fue de 3 nudos. La ubicación de los lances se hizo de acuerdo con una estrategia adaptativa diseñada para tratar de muestrear todos los tipos de detecciones presentes, al mismo tiempo que se pretendió lograr un compromiso entre el número de lances y el tiempo disponible para la campaña. Así, cuando la ecosonda detectó ecos pertenecientes presumiblemente de la especie de interés, se interrumpió la prospección y el barco dio media vuelta efectuando el lance sobre el transecto en sentido contrario de la prospección. La duración efectiva del lance fue de 30 minutos, y una vez finalizado y con la red arriba se regreso al punto de interrupción para continuar la prospección acústica.

Después de cada operación de pesca, se recolectaron diversos datos biológicos de la totalidad de las especies presentes en el lance o de una muestra de acuerdo con la abundancia de las mismas. Para las especies mejor representadas se midió la longitud, se determino el sexo, el estado de madurez sexual y el estado nutricional mediante observaciones macroscópicas. En el caso particular de la sardina monterrey además se colectaron otolitos para la estimación de la edad.

Durante la prospección se lleno una bitácora de trabajo en donde se registraron todos los eventos observados durante la misma (presencia de mamíferos marinos, comeríos de aves, etc.), así como los ajustes en la operación de la ecosonda y los lances efectuados.

El sistema de ecointegración SIMRAD EK-60, fue calibrado de acuerdo al procedimiento estándar para los sistemas de sondeo vertical (Foote *et al.*, 1987, Simrad, 2007) y que consiste en medir las señales de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (S_A) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, suspendida directamente bajo el eje del haz acústico (Fig. 2).

Pre-tratamiento de ecogramas digitales

Los ecogramas fueron archivados en formato digital mediante el software ER60 de SIMRAD (Simrad, 2007) y posteriormente fueron convertidos al formato HAC internacional (Simard *et al.*, 1997) mediante el software MOVIES+ del Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFREMER) (Berger *et al.*, 2005). La preparación de los datos consistió primeramente en la corrección manual de la línea de fondo y la eliminación de “ecos parásitos”. En ocasiones el algoritmo de detección automática de fondo no logra detectarlo de manera adecuada (Weill *et al.*, 1993), de tal forma que el eco de este puede confundirse con los ecos de los peces dando lugar a energías muy fuertes. También se puede producir la situación inversa, cuando un cardumen muy denso es considerado como parte del fondo. Estos dos casos son fáciles de detectar y pueden corregirse manualmente. Los “ecos parásitos” son lo que pueden deberse a ruido electrónico producido por otros instrumentos a bordo del barco o por la propela del mismo. En ocasiones aparece un eco doble del fondo que también debe ser corregido.

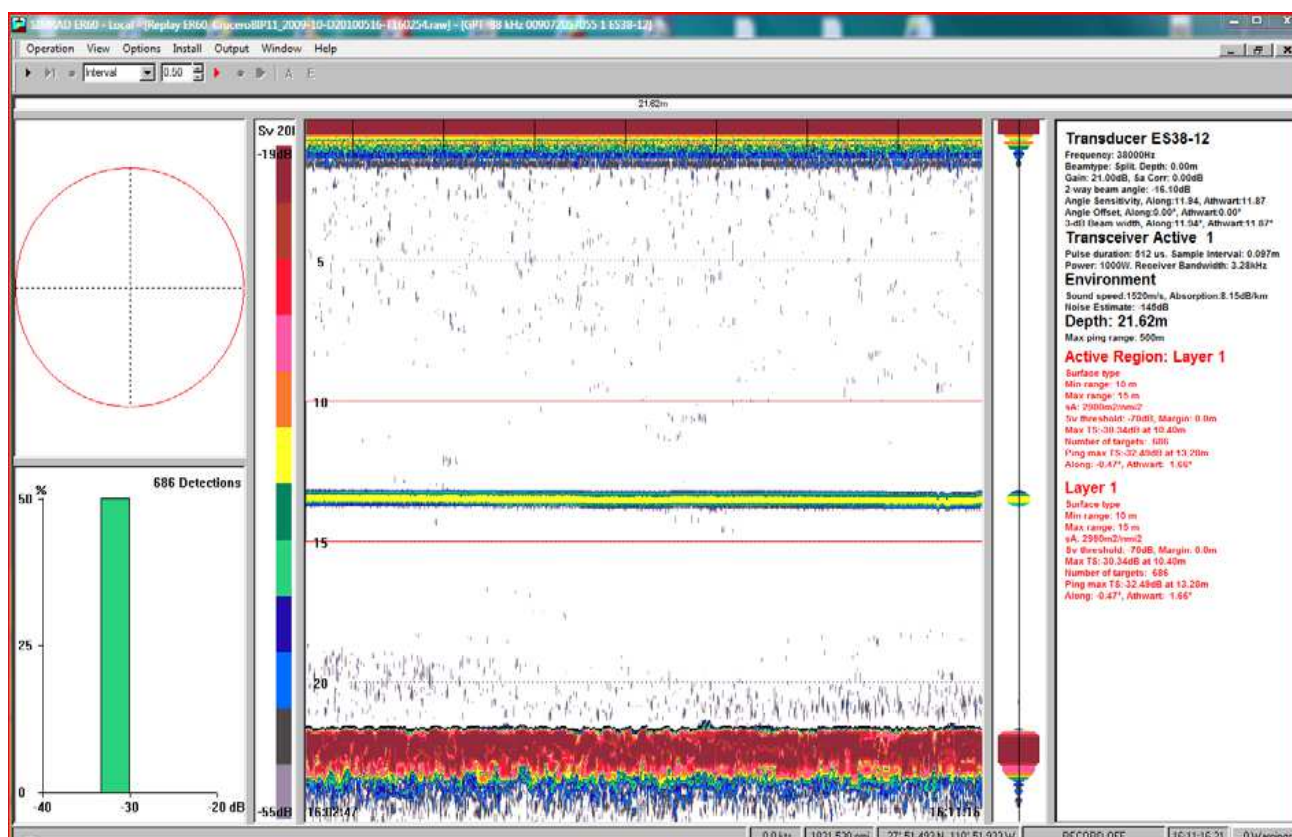


Figura 2. Ecograma de la esfera de calibración registrada el 17 de mayo de 2010.

Ecointegración

Una vez corregidos los archivos HAC, se realizó la ecointegración por capas de profundidad. Para ello se definieron 12 capas: de 3 a 5 m; 5 a 10 m; 10 a 15 m; 15 a 20 m; 20 a 30 m; 30 a 40 m; 40 a 50 m; 50 a 75 m; 75 a 100 m; 100 a 150 m; 150 a 200 m y 200 a 250 m. El nivel umbral de Sv (índice de retrodispersión de volumen m^{-1}) para el análisis fue de -47 dB y la Unidad Elemental de Muestreo (ESU) de 1 mn. Una vez obtenidos los valores del coeficiente de retrodispersión por milla náutica cuadrada (S_A o NASC, *Nautical Area Scattering Coefficient*) como resultado de la ecointegración por capa, se procedió a analizar la repartición geográfica y batimétrica de la energía.

Estimación de la biomasa

A continuación se describe el procedimiento general utilizado para el cálculo de la biomasa de acuerdo con Simmonds y MacLennan (2005) y MacLennan et al. (2002).

Primeramente se requiere una relación que exprese la dependencia de la fuerza de blanco acústico (*target strength*, TS) con la longitud del pez (L) (Simmonds y MacLennan, 2005):

$$TS = 20\log L + b_{20}$$

En el caso de la sardina, se utilizó la información publicada para especies similares en otras regiones, en particular el valor de b_{20} para clupeidos y el de *Sardinops ocellatus*. Con la longitud promedio de las sardinas que fueron capturadas en el área de estudio se calculó el TS de acuerdo con la ecuación anterior. El valor resultante de TS se utilizó después para calcular el coeficiente esperado de retrodispersión de la sección transversal de un individuo (σ_{bs}) mediante la relación:

$$\sigma_{bs} = 10^{TS/10}$$

La densidad de peces ρ_a , expresada en número de individuos por unidad de superficie (mn^2) se obtiene dividiendo el valor promedio del coeficiente de dispersión por milla náutica cuadrada (S_A) resultante de la ecointegración entre σ_{bs} multiplicado por 4π :

$$\rho_a = \frac{\overline{s}_A}{4\pi \cdot \sigma_{bs}}$$

La biomasa promedio se calculó multiplicando la densidad (ρ_a) por el peso promedio de los individuos en la zona (expresado en toneladas):

$$\overline{B} = \rho_a W$$

Por último, la biomasa total resultó de multiplicar la biomasa promedio por el área prospectada:

$$B = \overline{B}A$$

En este estudio, el área total prospectada (A) se dividió en 6 subáreas simplemente para facilitar los cálculos (Fig. 3). La biomasa total corresponde entonces a la suma de la biomasa por área.

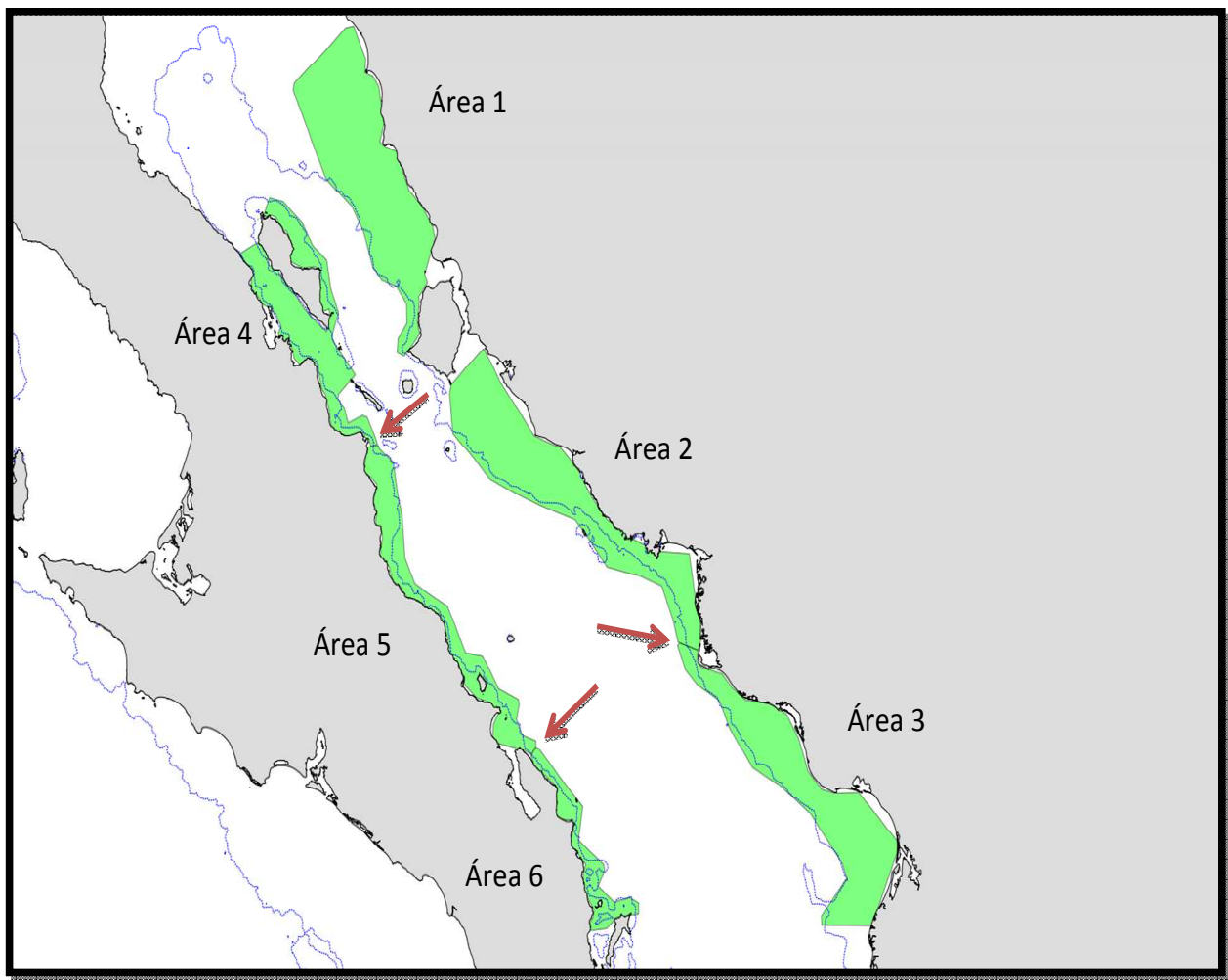


Figura 3. Área total prospectada (A), la cual fue dividida en 6 subáreas simplemente para facilitar los cálculos de biomasa.

RESULTADOS

Los resultados de las calibraciones indicaron que no hubo una deriva significativa en el equipo de evaluación acústica SIMRAD EK-60, permaneciendo éste dentro de los rangos de variación señalados por el fabricante, lo cual asegura que un posible error por este concepto en el estimado de abundancia es mínimo (ver Tabla 1 y Tabla 2).

En la figura 4 se presentan la localización geográfica de los lances de pesca de control (identificación) realizados en cada uno de los cruceros de prospección, así como la composición de las especies en cada uno de estos lance de pesca. La proporción de lances de pesca en los que se capturó sardina monterrey fluctuó entre 25% y 63%, con el valor mas bajo estimado para el año 2010.

Tabla 1. Resultados de una de las calibraciones hechas al sistema de eointegración.

Transceiver: GPT 38 kHz 009072057055 1 ES38-12	
Pulse Duration: 0.512 ms	Sample Interval: 0.098 m
Power: 1000 W	Receiver Bandwidth: 3.28 kHz
Sounder Type: EK60 Version 2.1.2	
TS Detection:	
Min. Value: -33.7 dB	Min. Spacing: 100 %
Max. Beam Comp.: 6.0 dB	Min. Echolength: 80 %
Max. Phase Dev.: 4.0	Max. Echolength: 180 %
Environment:	
Absorption Coeff. 7.3 dB/km	Sound Velocity: 1531.4 m/s
Beam Model results:	
Transducer Gain = 21.55 dB	SaCorrection = -0.68 dB
Athw. Beam Angle = 12.67 deg	Along. Beam Angle = 12.69 deg
Athw. Offset Angle = 0.09 deg	Along. Offset Angle = 0.09 deg
Data deviation from beam model:	
RMS = 0.23 dB	
Max = 2.25 dB; No. = 50	Athw. = 2.0 deg; Along = 0.0 deg
Min = -1.43 dB; No. = 291	Athw. = 7.5 deg; Along = 4.1 deg

Tabla 2. Datos de calibración dados por el fabricante (SIMRAD).

Reference Target:	
TS: -33.50 dB	Min. Distance: 12.20 m
TS Deviation: 6.0 dB	Max. Distance: 16.20 m
Transducer: ES38-12 Serial No. 28095	
Frequency: 38000 Hz	Beamtype: Split
Gain: 21.00 dB	Two Way Beam Angle: -16.1 dB
Athw. Angle Sens.: 11.87	Along. Angle Sens.: 11.95
Athw. Beam Angle: 11.87 deg	Along. Beam Angle: 11.94 deg
Athw. Offset Angle: 0.00 deg	Along. Offset Angle: 0.00 deg
SaCorrection: 0.00 dB	Depth: 0.00 m

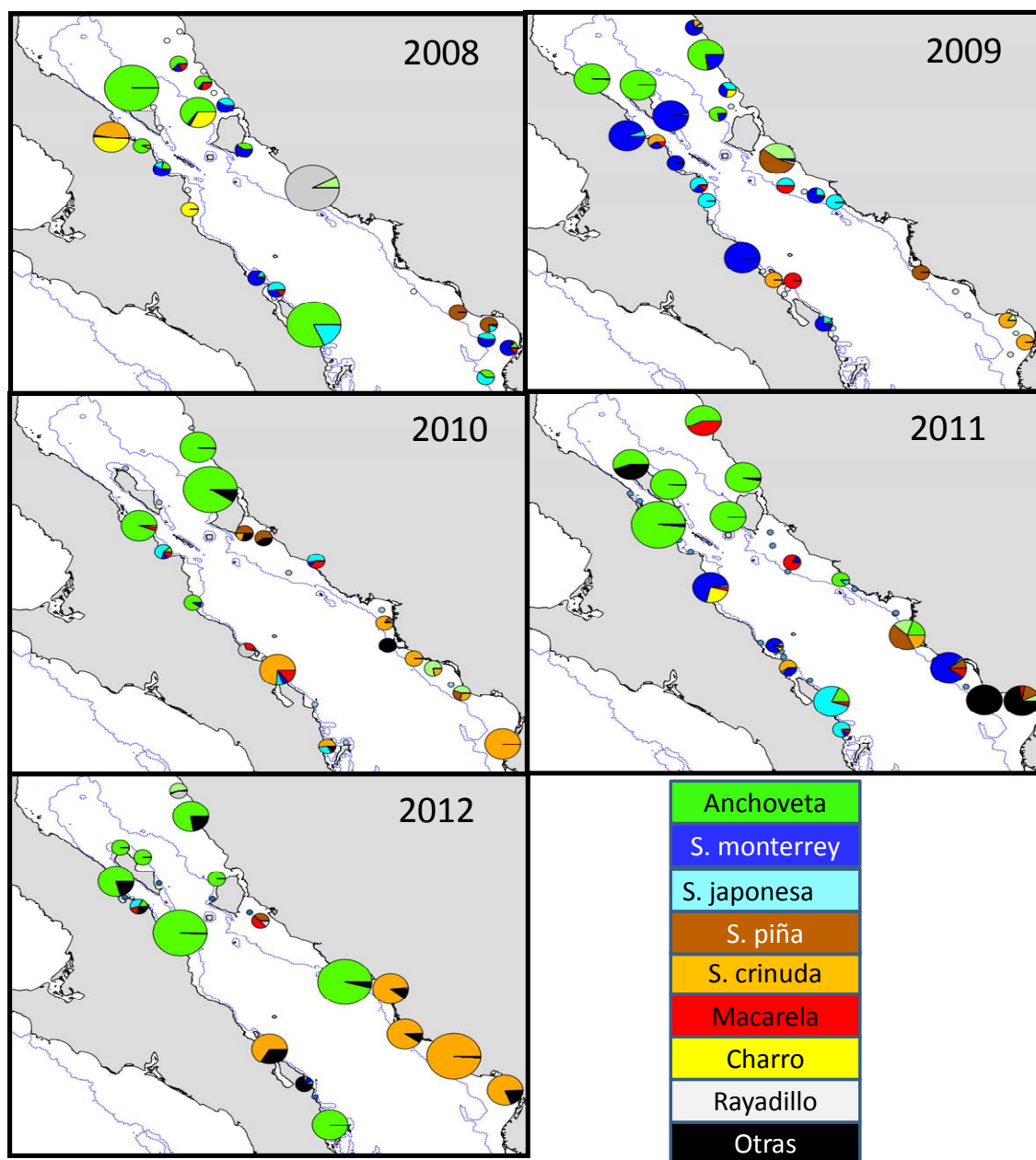


Figura 4. Distribución de las especies de pelágicos menores en los lances de pesca de control, durante los años de 2008 a 2012.

La distribución observada de la energía acústica SA ($m^2 \cdot mn^{-2}$), por subárea y año, se presenta en la figura 5 y la tabla 3. En general, los mayores valores anuales se observaron en 2008 y los mas bajos en 2010, mientras que en términos de subáreas los valores mas altos variaron en el tiempo; por ejemplo la subárea 2 y 1 fueron muy importantes en 2008, la 3 en el 2009, la 4 y 6 en 2011, la 1 y 4 en 2012, mientras que en 2010 estuvieron parecidos los valores de la 2 a la 6 y fue muy bajo en la 1, aunque el valor mas bajo se observó en la subárea 5 en el 2012 (Fig. 5, Tabla 3).

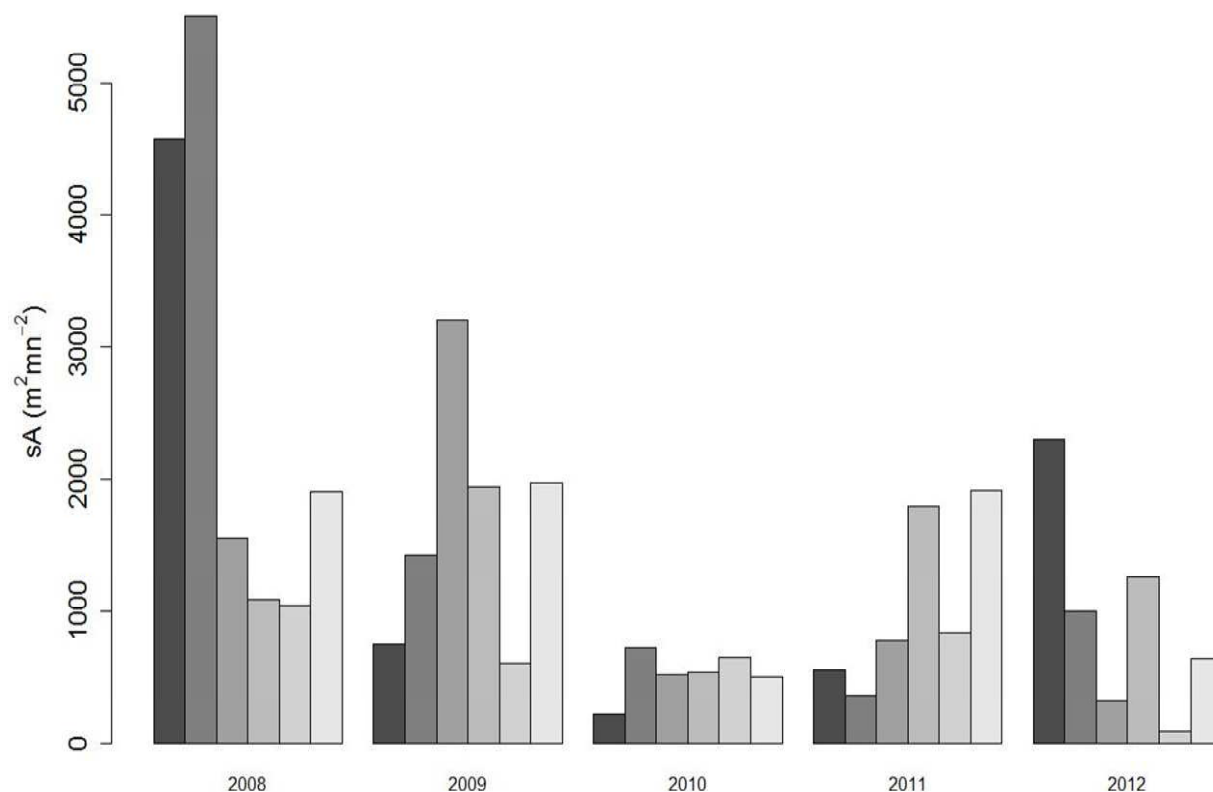


Figura 5. Energía acústica (sA) por subárea durante el periodo de 2008 a 2012.

Tabla 3. Estimados de sA ($\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$) por año y por subárea en el Golfo de California. Periodo 2008-2012.

Año	Subarea 1	Subarea 2	Subarea 3	Subarea 4	Subarea 5	Subarea 6
2008	4573.7	5507.0	1555.5	1085.1	1037.8	1900.4
2009	750.5	1423.7	3198.3	1937.3	608.1	1968.7
2010	219.3	719.0	523.8	538.4	648.7	502.4
2011	557.6	362.1	779.4	1793.8	841.2	1906.0
2012	2296.3	993.7	313.0	1253.8	85.9	643.3

Las ecuaciones utilizadas para los cálculos de la biomasa incluyen el valor de la TS ($TS = 20 \cdot \log(L) + b_{20}$), que en este caso se utilizaron tanto el correspondiente a *S. ocellatus* como el de clupeidos, y en las cuales solo cambia el valor de b_{20} (-70.5 y 71.9, respectivamente). Los valores de la longitud utilizada en esta ecuación fue la estimada en cada crucero de prospección, los cuales se presentan en la Tabla 4, en donde además se muestran el peso medio y la proporción de sardina monterrey en los lances positivos.

Tabla 4. Longitud promedio (cm), peso medio (gr) y proporción de lances positivos con sardina monterrey en los cruceros realizados entre 2008 y 2012 en el Golfo de California.

Año	Longitud (cm)	Peso (gr)	Prop. lances positivos monterrey
2008	14.0	43.0	0.46
2009	15.6	73.8	0.61
2010	16.6	87.8	0.25
2011	13.4	49.4	0.63
2012	17.5	107.0	0.38

En términos de la abundancia y biomasa estimada (Tabla 5 y 6), se observa un comportamiento similar a lo observado en sA, es decir la abundancia y biomasa fue alta en 2008 y 2009, luego disminuyó (en 2010) y posteriormente se incrementó de nuevo a niveles de más de un millón de toneladas en 2011 y 2012. Se observa que el comportamiento es similar, independientemente del valor de TS utilizado, aunque con el TS de clupeidos se obtuvieron valores más altos (Fig. 6)

Tabla 5. Estimados de la densidad de peces ρ_a , expresada en número de individuos por unidad de superficie (mn^2) por año y por subárea en el Golfo de California. Periodo 2008-2012.

Año	Subarea 1	Subarea 2	Subarea 3	Subarea 4	Subarea 5	Subarea 6	TOTAL
TS para <i>Sardinops ocellatus</i>							
2008	20,835,395	25,087,024	7,086,048	4,943,150	4,727,676	8,657,233	32,814,802
2009	2,750,015	5,216,784	11,719,350	7,098,739	2,228,226	7,213,796	22,098,415
2010	713,155	2,338,159	1,703,376	1,750,855	2,109,546	1,633,784	2,562,219
2011	2,768,569	1,797,882	3,869,840	8,906,490	4,176,686	9,463,580	19,519,320
2012	6,694,878	2,897,139	912,554	3,655,462	250,442	1,875,545	6,188,688
TS para clupeidos							
2008	28,760,851	34,629,733	9,781,469	6,823,447	6,526,010	11,950,308	45,297,036
2009	3,796,077	7,201,166	16,177,206	9,798,988	3,075,809	9,957,811	30,504,305
2010	984,428	3,227,558	2,351,314	2,416,853	2,911,984	2,255,250	3,536,847
2011	3,821,689	2,481,768	5,341,866	12,294,379	5,765,432	13,063,377	26,944,162
2012	9,241,504	3,999,165	1,259,675	5,045,943	345,706	2,588,973	8,542,767

Tabla 6. Estimados de biomasa (t) por año y por subárea en el Golfo de California. Periodo 2008-2012.

Año	Subarea 1	Subarea 2	Subarea 3	Subarea 4	Subarea 5	Subarea 6	TOTAL
TS para <i>Sardinops ocellatus</i>							
2008	1,971,028.4	2,157,484.0	517,990.1	212,555.5	182,961.1	148,904.4	2,387,824.8
2009	446,492.4	769,997.2	1,470,309.7	523,886.9	147,998.8	212,951.3	2,178,698.2
2010	137,753.0	410,580.7	254,246.0	153,725.1	166,696.3	57,378.5	295,094.9
2011	300,644.4	177,486.9	324,726.0	439,624.4	185,545.1	186,848.9	1,017,371.7
2012	1,575,974.3	619,987.7	165,993.5	391,134.5	24,117.6	80,273.3	1,085,842.7
TS para clupeidos							
2008	2,720,776.5	2,978,157.0	715,025.4	293,408.2	252,556.6	205,545.3	3,296,115.8
2009	616,331.1	1,062,892.1	2,029,592.3	723,165.3	204,295.2	293,954.6	3,007,440.6
2010	190,152.0	566,759.1	350,957.1	212,199.7	230,105.0	79,204.4	407,344.3
2011	415,004.9	245,000.1	448,246.7	606,850.6	256,123.5	257,923.3	1,404,363.9
2012	2,175,450.1	855,821.3	229,134.8	539,915.9	33,291.5	110,808.1	1,498,880.2

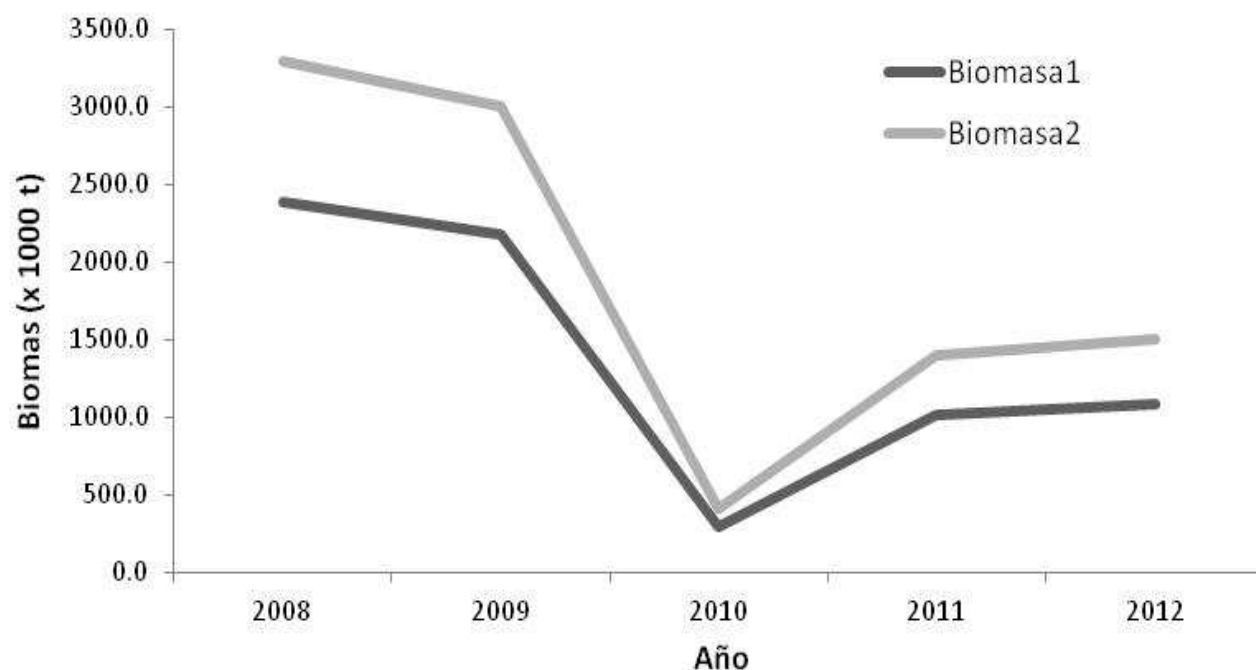


Figura 6. Estimados de biomasa (toneladas), utilizando el TS de *Sardinops ocellatus* (Biomasa1) y el TS de clupeidos (Biomasa2), por año para la sardina monterrey en el Golfo de California. Periodo 2008-2012.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados aquí presentados son una primera aproximación, con base a métodos hidroacústicos, a los niveles de biomasa de sardina monterrey para el periodo de 2008 a 2012. Estos resultados indican que hubo una alta variabilidad en los niveles de biomasa de sardina monterrey. Se observó que los estimados utilizando la TS para clupeidos, proporcionó estimados más altos que los obtenidos con la TS de *S. ocellatus*. La explicación a lo anterior es que, como ha señalado Demer (2004), la estimación de la biomasa es muy sensible al modelo de TS que se utilice. Por lo tanto, uno de los aspectos en el que se tiene que empezar a trabajar a la brevedad, son los siguientes: i) Mediciones individuales de TS en cada ejemplar realizadas *in situ* con ecosondas de haz doble; y ii) Mediciones de TS *in situ* y experimentales efectuadas en concentraciones de sardina (y de otros pelágicos menores) en una gama de frecuencias y de tallas de sardina, así como de condiciones fisiológicas del recurso.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2005. Species identification methods from acoustic multi-frequency information. SIMFAMI European Project Final Report. Contract number: Q5RS-2001-02054. 489 pp.
- Berger, L., C. Durand, C. Marchalot and N. Diner. 2005. MOVIES+ User Manual version 4.3 IFREMER, 2005.
- Demer, D.A. 2004. An estimate of error for CCAMLR 2000 estimate of krill biomass. *Deep-Sea Res., II*, 51: 1237–1251.
- Foote, K. G., H. P. Knudsen, G. Vestnes, D. N. MacLennan, and E. J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. *ICES Coop. Res. Rep.*, No.44.
- Gerlotto, F., M. Soria and P. Fréon. 1999. From two dimensions to three: the use of multibeam sonar for a new approach in fisheries acoustics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**: 6–12
- Gunderson, D.R. 1993. *Surveys of Fisheries Resources*. John Wiley & Sons, New York.
- Misund, O.A., and Aglen, A. 1992. Swimming behaviour of fish schools in the North Sea during acoustic surveying and pelagic trawl sampling. *ICES J. Mar. Sci.* **49**: 325–334.
- MacLennan, D. N.; Fernandes, P. G. and Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365-369 .
- Moreno-Amich, R. 1990. La ecosondación como método de estudio de la dinámica poblacional de peces. *Scientia Marina*, 16/1:19:28.
- Nevárez-Martínez, M. O. 2000. Variabilidad de la población de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional, 103 p.
- Nevárez-Martínez, M. O., D. Lluch-Belda, M.A. Cisneros-Mata, J.P. Santos-Molina, M.A.

- Martínez-Zavala y S.E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. *Progress in Oceanography* 49(2001): 565-580.
- Nevárez-Martínez, M. O., M.A. Martínez Zavala, C. E. Coto Altamirano, M. L. Jacob Cervantes, Y. A. Green Ruiz, G. Gluyas- Millán, Alfredo Cota Villavicencio y J. P. Santos Molina. 2006. Peces Pelágicos Menores. En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca. pp: 264-301.
- Nevárez-Martínez, M. O., Ma. de los A. Martínez Zavala, J. P. Santos Molina, M. Anguiano-Carrasco, A. Godínez-Cota y C. Cervantes-Valle. 2009. La pesquería de pelágicos menores, su variabilidad y su relación con la variabilidad ambiental y la pesca. SAGARPA, Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Sonora, México. 56 p.
- SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de Pesca 2009. CONAPESCA, SAGARPA. México. 225 p. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>).
- Simmonds, J. and D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice. Oxford, xvii, 437 p.
- Simmonds, E.J., N.J. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1992. Acoustic Survey Design and Analysis Procedures: A Comprehensive Review of Current Practice. ICES Cooperative Research Report no. 187. ISSN 1017-6195. 127 + iv pp.
- Simrad, 2007. Simrad EK60. Scientific echosounder application. Operator manual: 90 pp.
- Starr, R. M. and R. E. Thorne. 1998. Acoustic assessment of squid stocks. In Squid Recruitment Dynamics. The Genus *Illex* As a Model, the Commercial *Illex* Species and Influences on Variability, edited by P. G. Rodhouse, E. G. Dawe, R. K. O'Dor, FAO Fish. Tech. Pap. 376, 181–198
- Weill, A.C., Scalabrin, C., and Diner, N. 1993. MOVIES-B: an acoustic detection description software. Application to shoal species classification. *Aquat. Living Resour.* 6: 255–267.