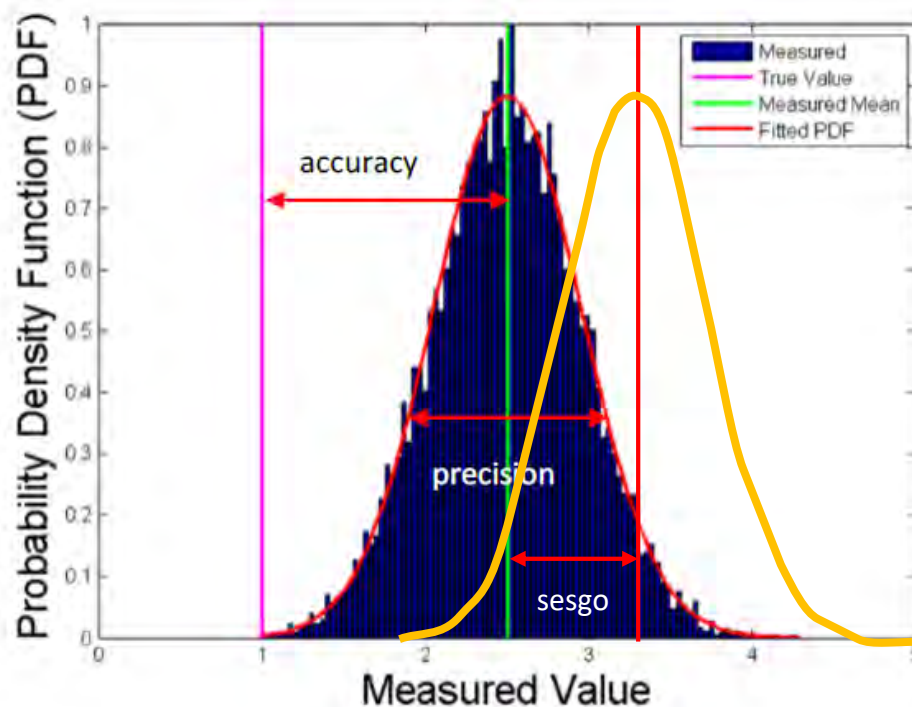


Task Group on Fishing Vessels as Scientific Platforms
2nd International Workshop
Definition of Common TS Equations for the Chilean Jack Mackerel

ERRORES Y SESGOS EN ACÚSTICA PESQUERA



Definiciones del error (precisión y exactitud) y del sesgo

Las fuentes principales de errores y sesgos

SOURCE	RANDOM ERROR (%)	SYSTEMATIC ERROR (%) (BIAS)	COMMENT
a) Acoustic index error			
Physical calibration	±2	±5	
Transducer motion		0 to -30	Can compensate if platform motion is monitored.
Bubble attenuation		0 to -90	Relies on empirical corrections and is sea-state and platform-characteristics dependent.
Hydrographic conditions	±2 to ±5		
Target strength	±5	Uncertain	Systematic bias between years can occur. Diel effects may be of considerable importance.
Species identification		0 to ±80	
Random sampling	±10 to ±40		
Fish migration		0 to ±40	
Diel behaviour	0 to 25		May be caused by changes in patterns of aggregation, vertical migration, and changes in orientation (e.g. Simmonds <i>et al.</i> , 1992; Fréon <i>et al.</i> , 1992, 1996).
Noise interference		0 to ±20	Depends on the noise interference, usually vessel noise, but also could be caused by other echosounders.
b) Absolute abundance error			
Physical calibration		±3	Higher if beam pattern of transducer unknown.
Hydrographic conditions		0 to ±5	
Target strength		0 to ±50	May vary in space, time, and environmental condition.
Avoidance/attraction reactions		±Uncertain	

Material e hidrología

Fuerza de blanco (TS)

Survey design y muestreo

Comportamiento

Material e hidrología

1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

Calibración

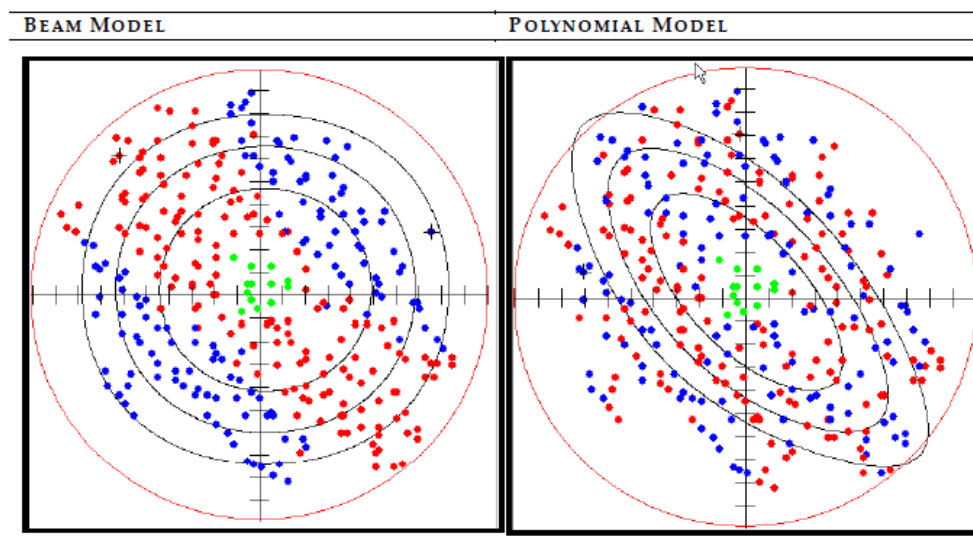
Características físicas de la ecosonda:

frecuencia (error)

nearfield (error)

Características de la esfera (error)

Estado de la ecosonda (estabilidad) (error y sesgos)

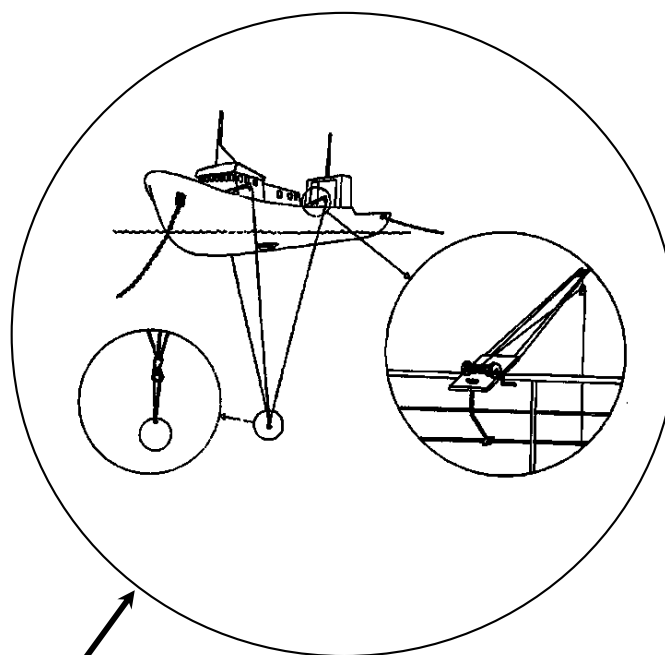


Ejemplo de sesgo
debido a defectos del
transductor
(ICES CRR 326)

Figure 4.2. Example beam maps for a transducer with a disconnected upper-right quadrant. In this case, TS measurements could not be made towards the edges of the upper-right and lower-left quadrants. The beam model (left) has concentric lines, but banding in the positive (red) and negative residuals (blue) indicates a problem. The polynomial model (right) shows slanted ellipsoids with more randomly distributed residuals, also indicating a problem with the transducer or receiver.

1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

Características físicas del ambiente (hidrología)

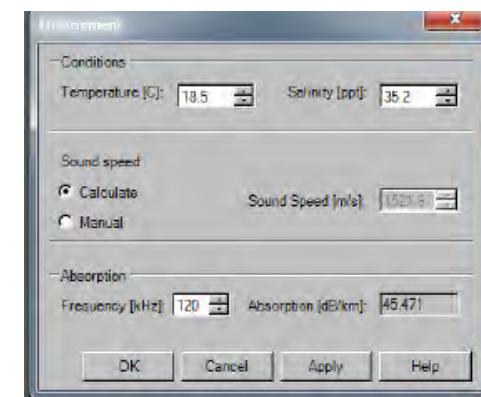


Sound speed and
absorption coefficient
calculated on ER60



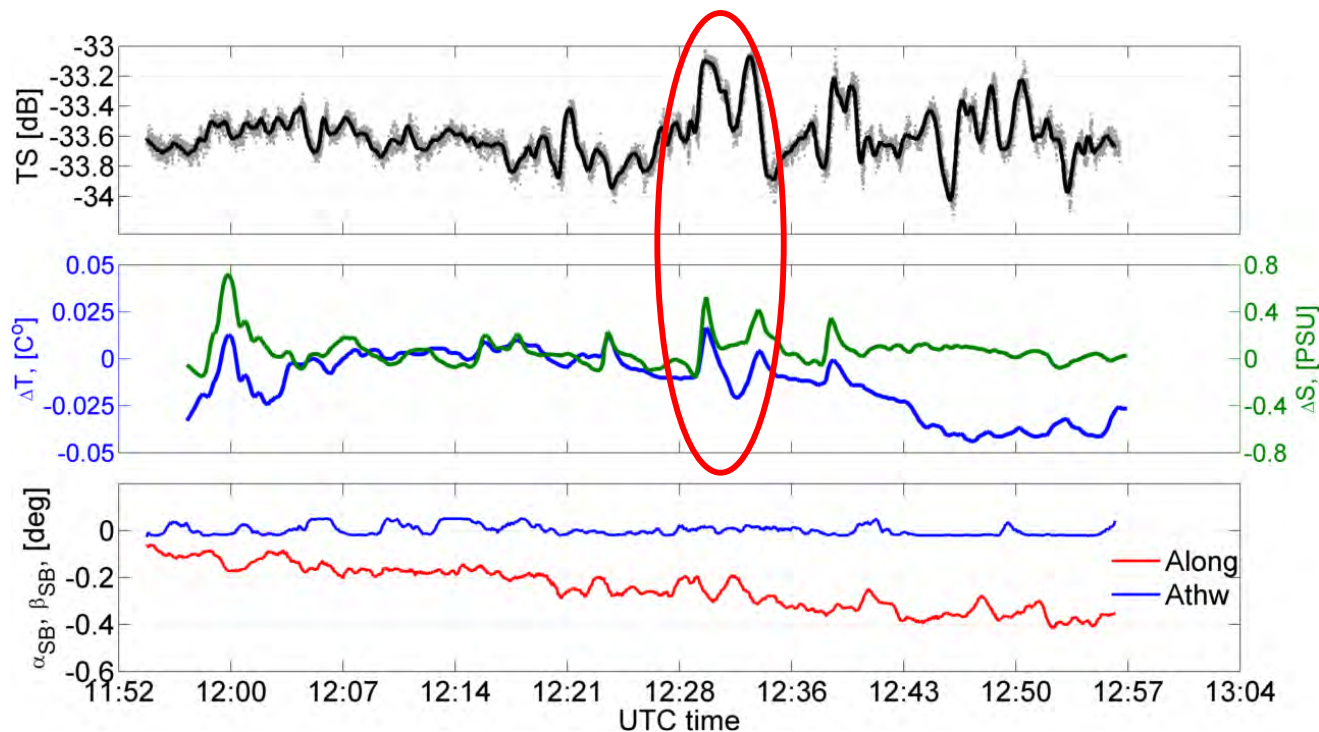
CTD values (SeaBird SBE19Plus)

Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)
5	18,6490	35,1563
10	18,5655	35,1623
15	18,5132	35,1670
20	18,4168	35,1604
Promedio	18,5361	35,1615



1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

Características físicas del ambiente (hidrología)



Evolución de las respuestas acústicas de una esfera con el tiempo: efecto de variaciones de la temperatura: (error y sesgo)

1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

Las condiciones meteorológicas e hidrológicas tienen impacto sobre la señal acústica y la estimación de biomasa.

Ver ejemplos en Simmonds & MacLennan, 2005.

La mayoría de los efectos son sesgos.

Efecto del oleaje (pitch and roll)

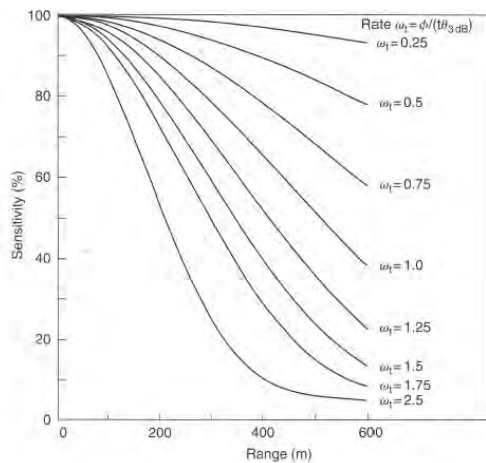


Fig. 9.14 Relative sensitivity (echo intensity) resulting from pitching/rolling of the transducer through angle ϕ , without horizontal displacement, as a function of the target range and ω_t which is the scaled rotation rate $\phi/(W_{3dB})$; t is the time delay of the echo and θ_{3dB} is the beam angle between 3 dB points.

Efecto las burbujas sobre la atenuación

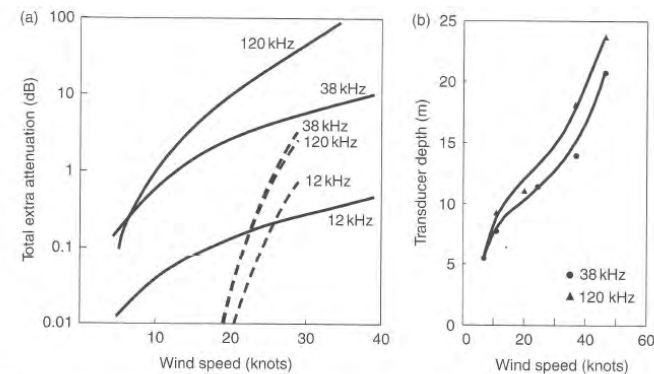
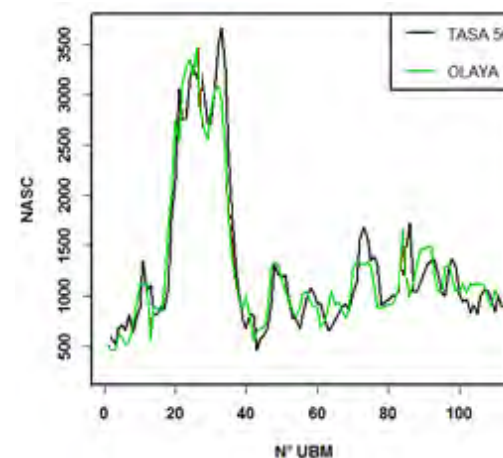
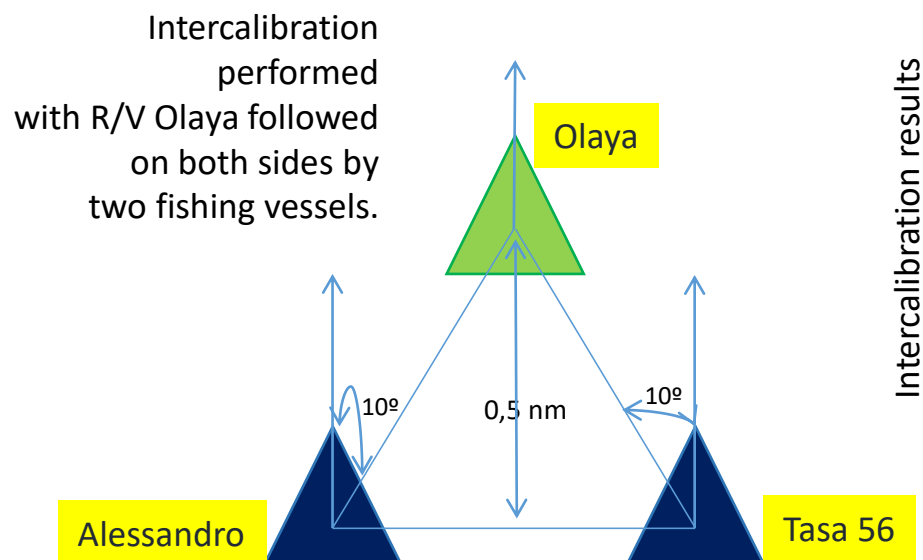


Fig. 9.15 Extra attenuation caused by wind-induced bubbles for wind speed in knots (1 knot = 0.514 m s^{-1}). (a) Results at 12, 38 and 120 kHz; — measurements from Dalen and Løvik (1981); ---- predictions after Novarini and Bruno (1982), Bruno and Novarini (1983). (b) Minimum transducer depth for attenuation less than 0.3 dB.

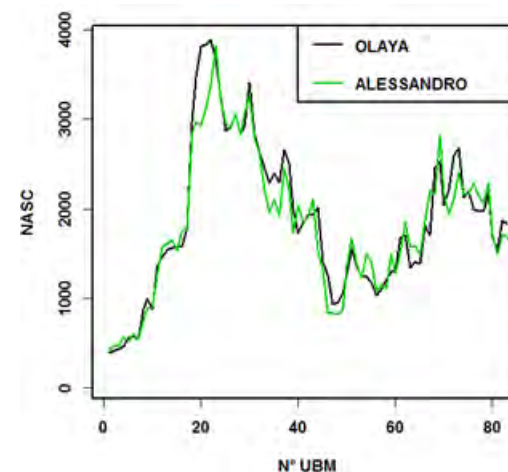
1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

La intercalibración:

Diferencias entre barcos (sesgos)
Diferencias debidas a las zonas de prospección (error)



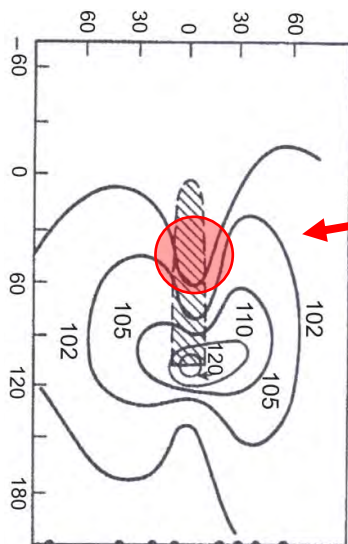
$$\text{NASC OLAYA} = 0,8829 \cdot \text{NASCTASA 56} + 144,9171$$



$$\text{NASC OLAYA} = 1,0489 \cdot \text{NASCALESSANDRO} - 42,1356$$

1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

Características del volumen muestreado

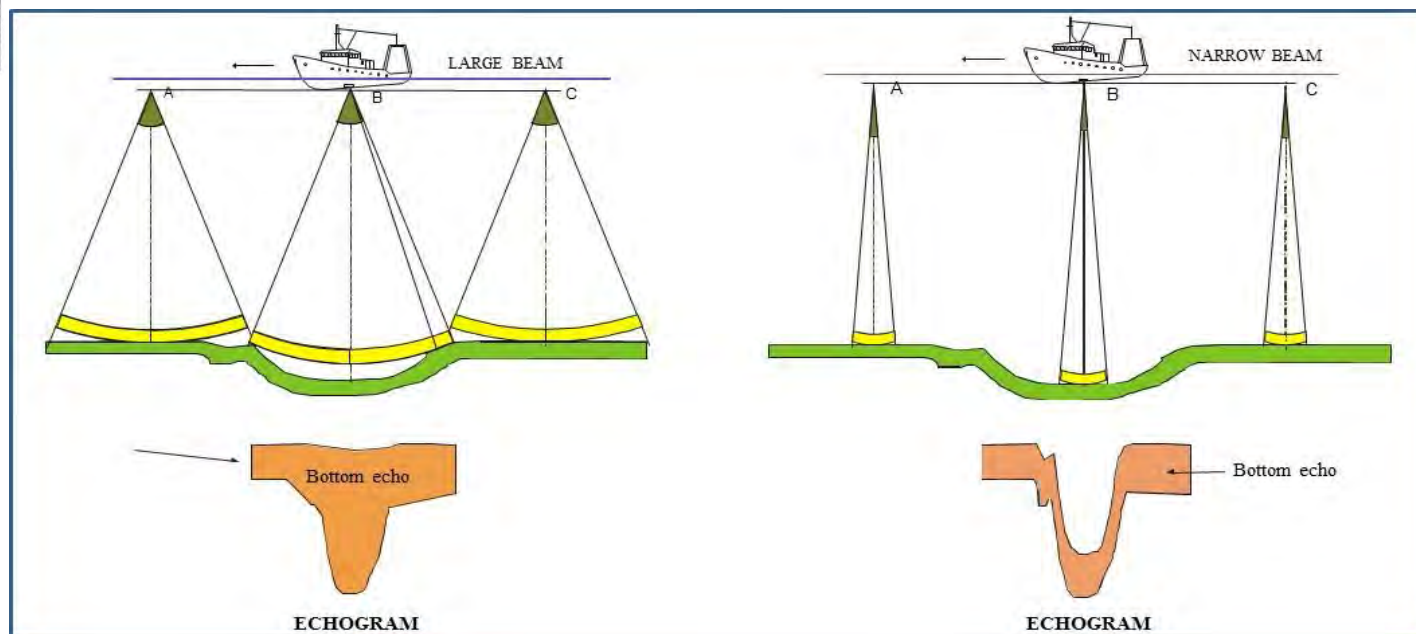


Zona mas ruidosa:

Volumen de muestreo limitado

(error)

(error y sesgo)

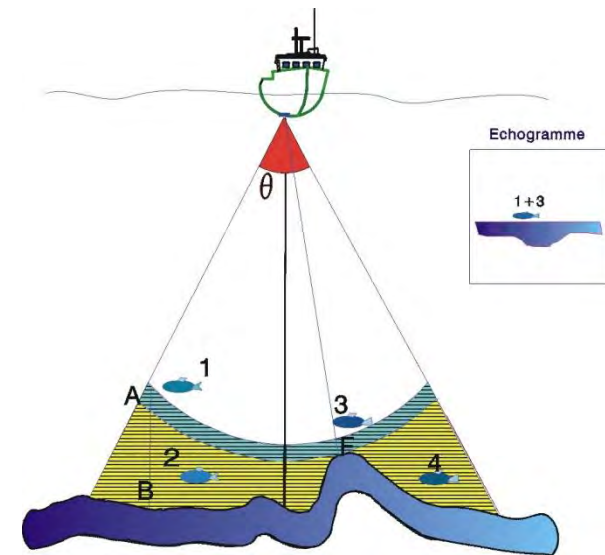


1. Errores y sesgos relacionados con material e hidrología

El volumen accesible

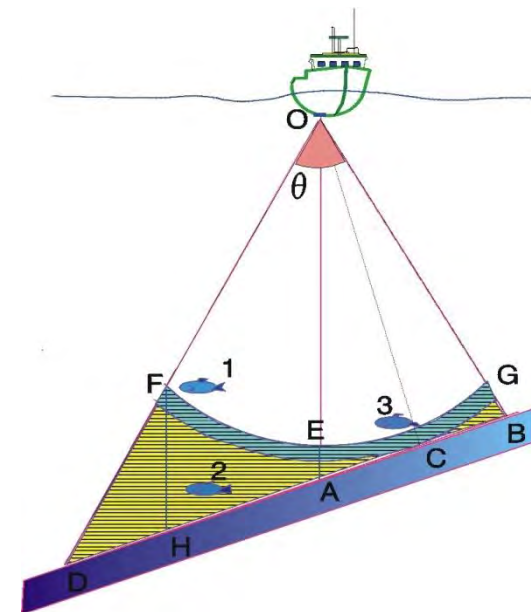
Zonas ciegas.

Producen sesgos en la evaluación de los peces pelágicos (superficie) y demersales (fondo)



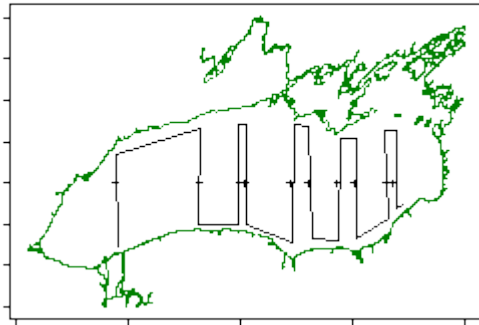
Shadow zone height on flat bottom

Beam angle	5°	15°
Depth		
50 m	5 cm	43 cm
100 m	10 cm	86 cm
200 m	20 cm	1.7 m

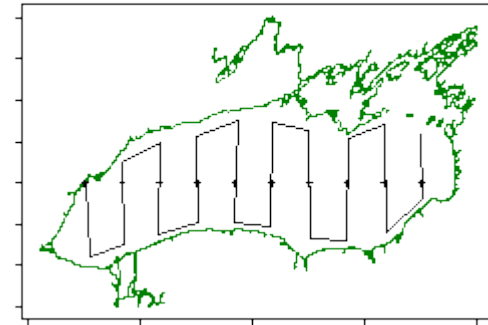


2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”

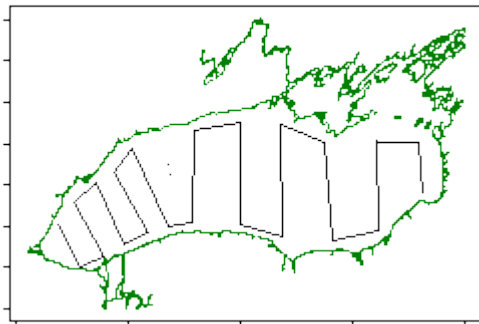
Los cuatro principales tipos de muestreo



Transectos paralelos a distancias aleatorias



Transectos paralelos a distancias constantes

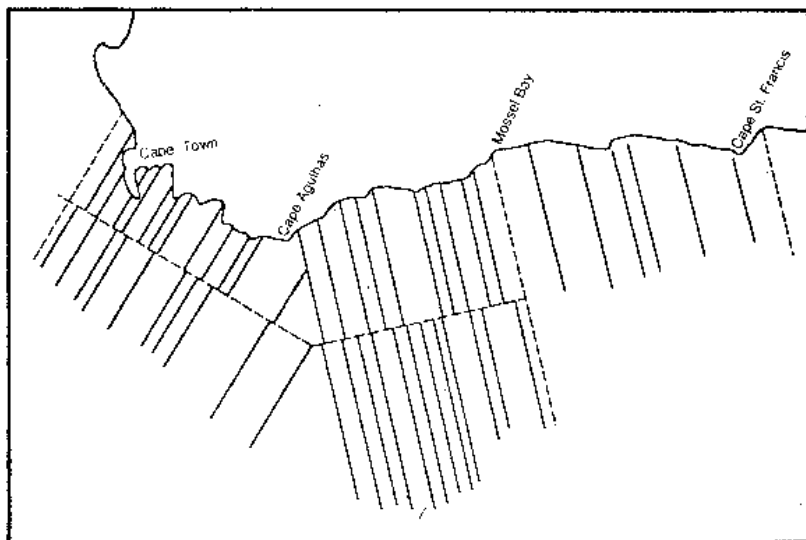


Muestreo estratificado

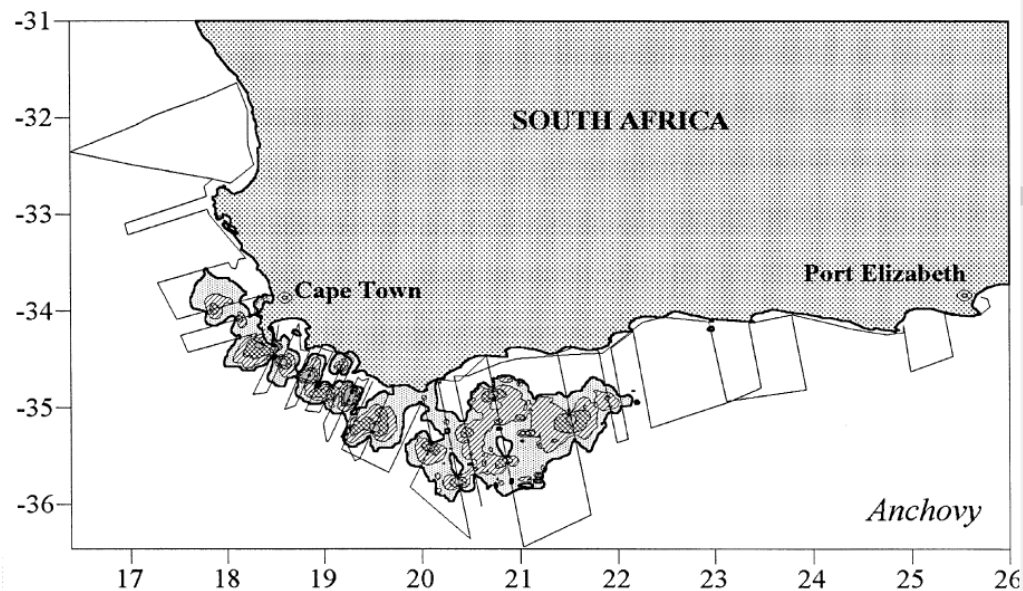


Transectos paralelos zig-zag

2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”



El survey design con transectos aleatorios



2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”

La estratificación

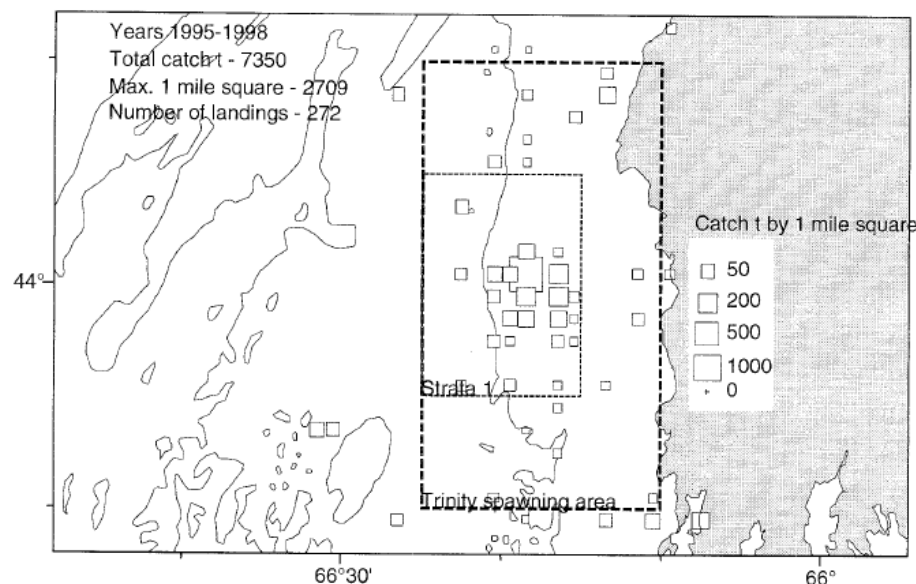


Figure 3a. Trinity Ledge area herring catches for 1995-98 (Aug 1-Sept 15 period)

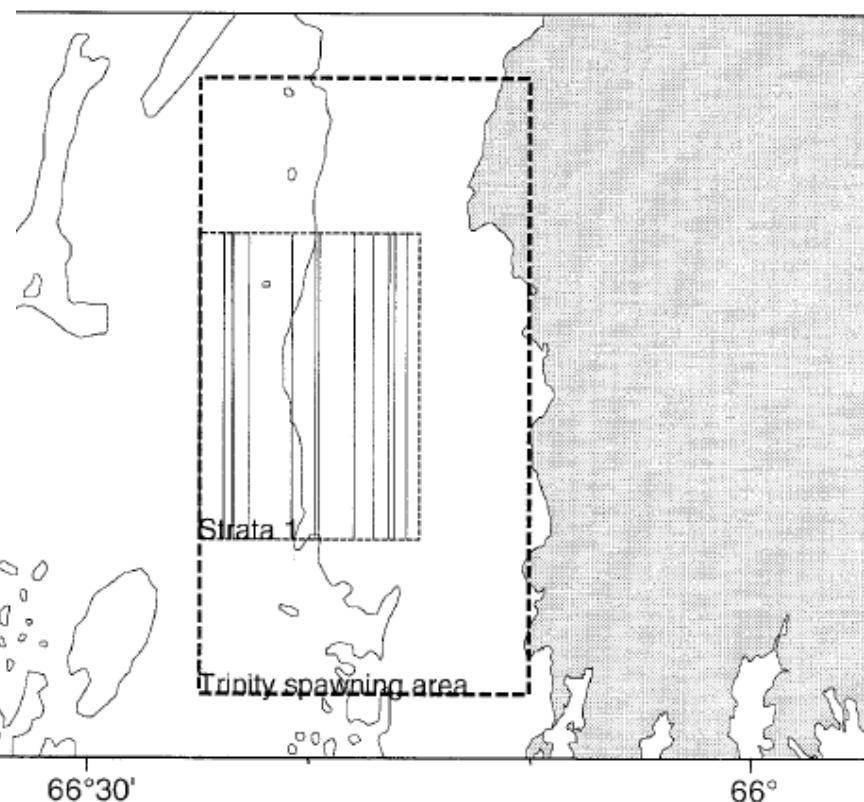


Figure 3b. Trinity Ledge spawning area boundaries, strata and random

La estratificación es posible cuando se puede utilizar informaciones previas

2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”

Una aplicación al caso de la anchoveta peruana

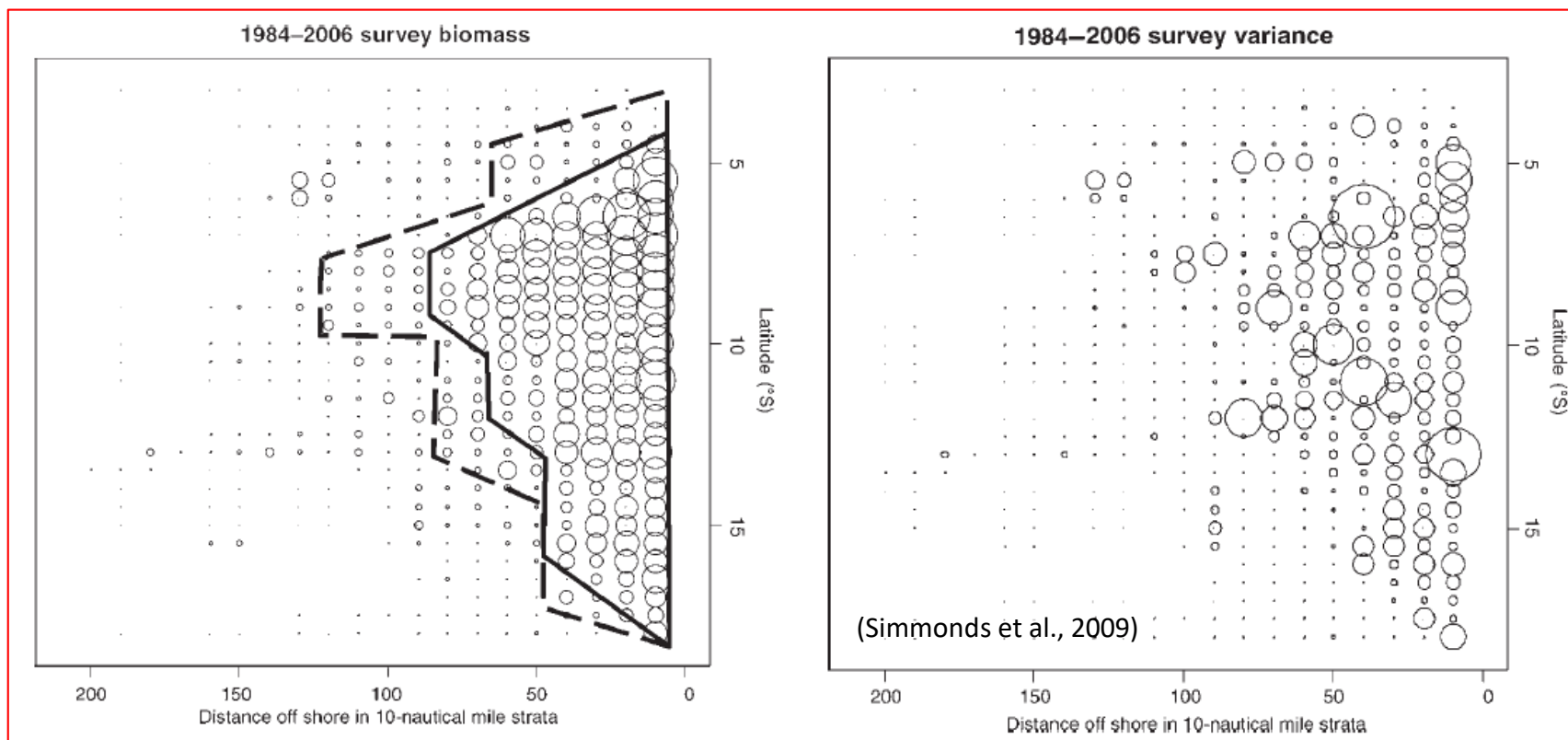


Table 3. Results of simulated surveys on simulated fields using three different parallel-transect strategies (random, systematic, and adaptive) on two types of spatial distribution [smoother with larger patches (0202-03) and small, widely distributed patches (9811-12)].

Survey Strategy	0202-03 (estimate = 38 492)			9811-12 (estimate = 4 590)		
	Random	Systematic	Adaptive	Random	Systematic	Adaptive
Mean	38 171	38 559	36 477	4 568	4 639	4 150
Maximum	62 855	44 936	43 296	11 952	8 100	7 148
Minimum	22 102	33 569	29 720	864	2 740	2 223
s.d.	6 173	1 859	2 192	1 665	798	795
CV (%)	16	4.8	6.0	36	17	19

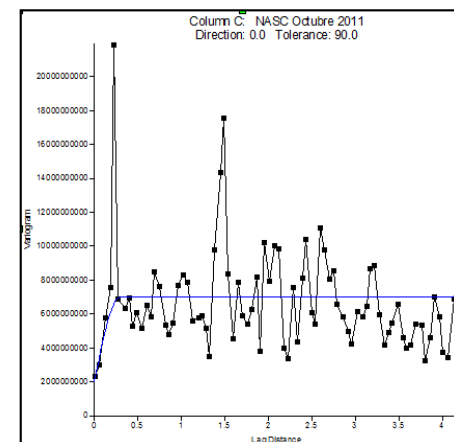
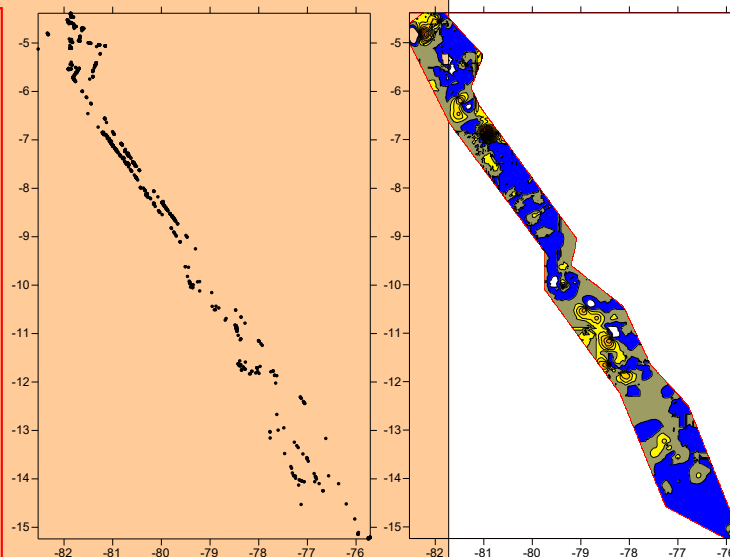
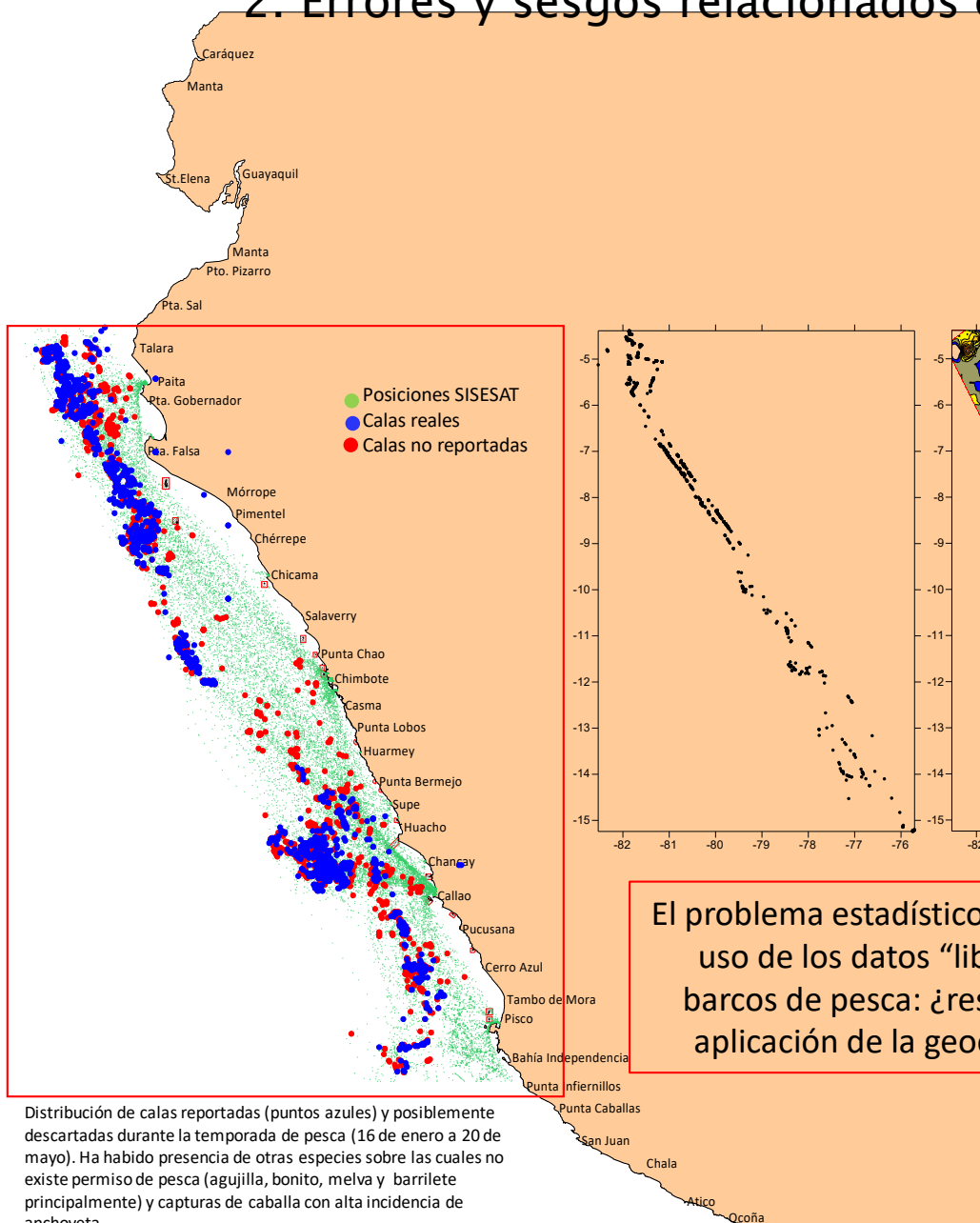
Results are from 100 surveys on each of three surfaces for each type of spatial distribution.

2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”

tativo

between the mean and the variance. Allocating for biasing the results. Therefore, a planned n bias and precision.”

Woillez, M., Rivoirard, J., and Fernandes, P. G. 2009.



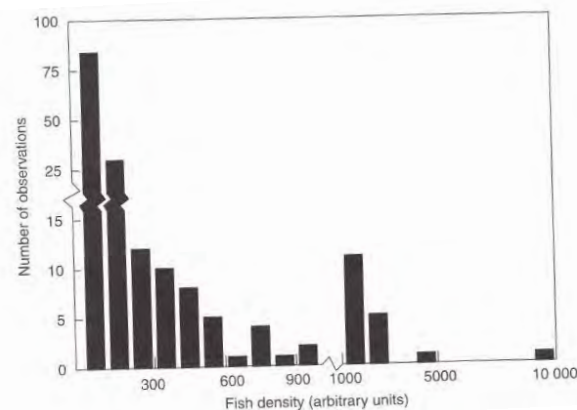
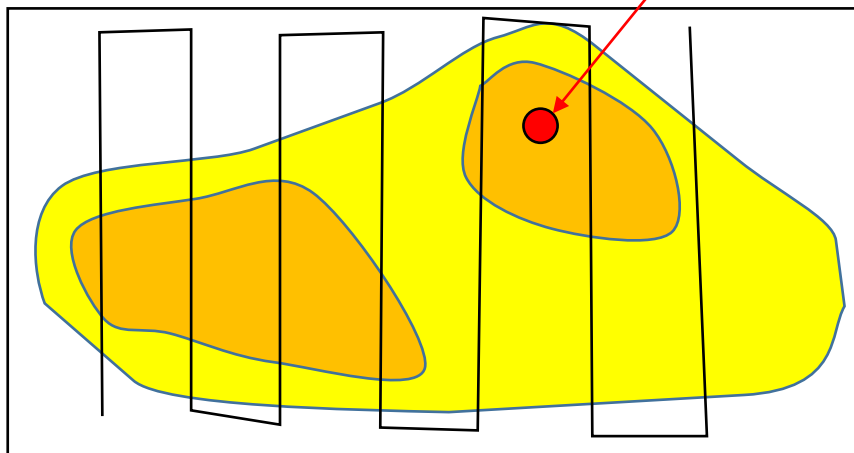
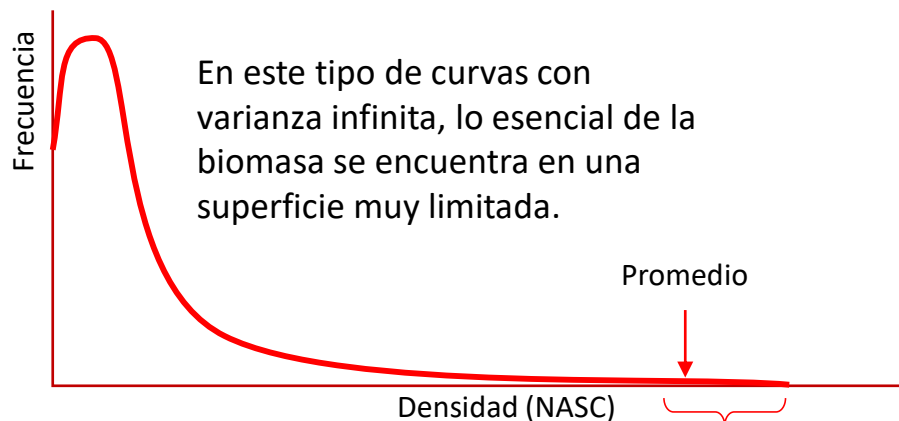
El problema estadístico particular del uso de los datos “libres” de los barcos de pesca: ¿resuelto por la aplicación de la geoestadística?

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{x_i - x_j = h} (z_i - z_j)^2}{2 \cdot N(h)}$$

Distribución de calas reportadas (puntos azules) y posiblemente descartadas durante la temporada de pesca (16 de enero a 20 de mayo). Ha habido presencia de otras especies sobre las cuales no existe permiso de pesca (agujilla, bonito, melva y barrilete principalmente) y capturas de caballa con alta incidencia de anchoveta.

2. Errores y sesgos relacionados con el “survey design”

Un riesgo poco considerado: el caso de las distribuciones siguiendo funciones asimétricas (e.g. ley Beta)



Caso 1 (mas frecuente): los transectos no pasan por la zona de mas alta densidad: subestimación

Caso 2 (poco frecuente): los transectos pasan por la zona de mas alta densidad: sobreestimación

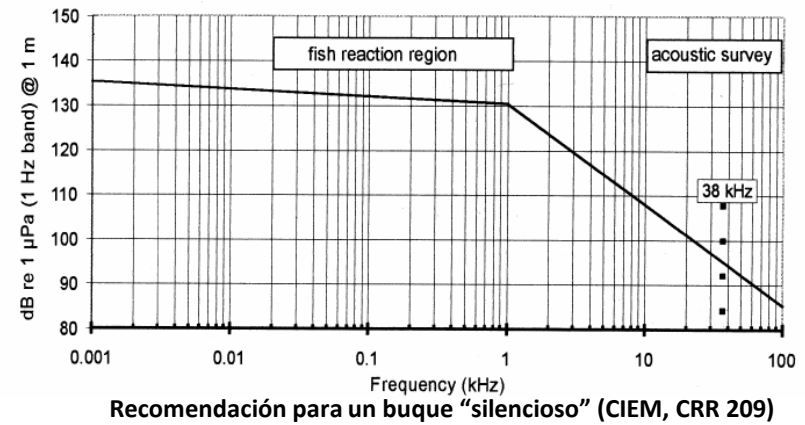
**Si se hicieran varios cruceros seguidos, se trataría de un error;
Si solamente se hace un crucero (caso mas general), se trata de un sesgo**



3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

El evitamiento

¿Cómo el ruido de los barcos influye sobre la distribución de biomasa?



SIGNAL

(CH1 & 2)

(CRR209)

BIAS IN
ABUNDANCE
MEASUREMENT

(CH5 & 7)

BIAS IN
ASSESSMENT

El modelo conceptual en 2012

El modelo conceptual en 1991

3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Las primeras evidencias de evitamiento (sonar omnidireccional)

Cruising
(school in front)

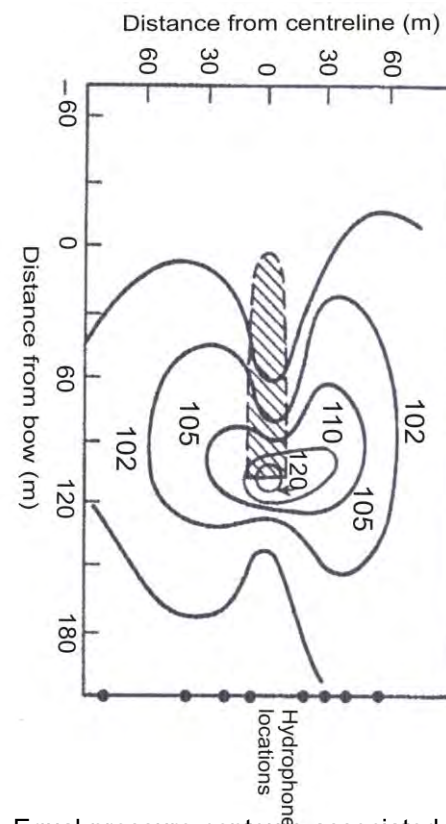


$N = 805$
 $a = 0^\circ$
 $S = 97.9^\circ$
 $N_s = 224$

Pelagic trawling
(school in front)



$N = 81$
 $a = 0^\circ$
 $S = 67.1^\circ$
 $N_s = 24$

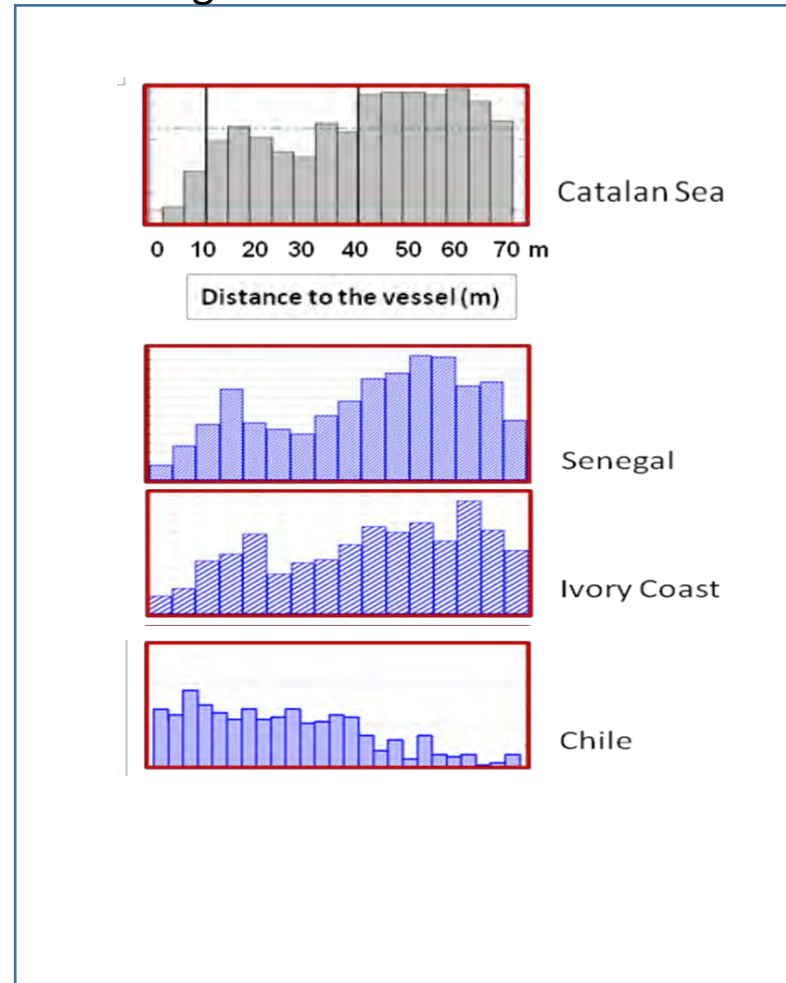
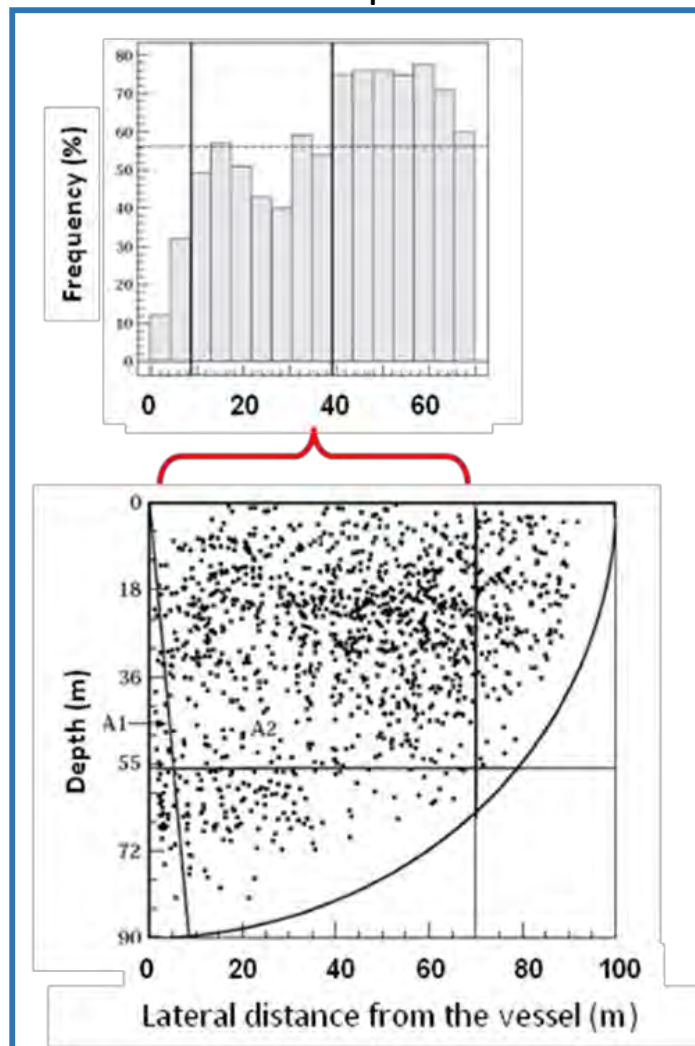


Equal pressure contours associated with a freighter whilst travelling at 8 knots. Underwater noise measured from bottom mounted hydrophones in 12 m of water. Pressure levels are measured in dB re $1 \mu\text{Pa}$ in the frequency band 2.5 – 5 kHz

El evitamiento de los cardúmenes: un sesgo en las evaluaciones acústicas por ecosondas

3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

El único método práctico de evaluación del sesgo: uso de sonares multihaces



Medición del evitamiento en el Mar Catalán

3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Evitamiento: la “doble ola” de evitamiento

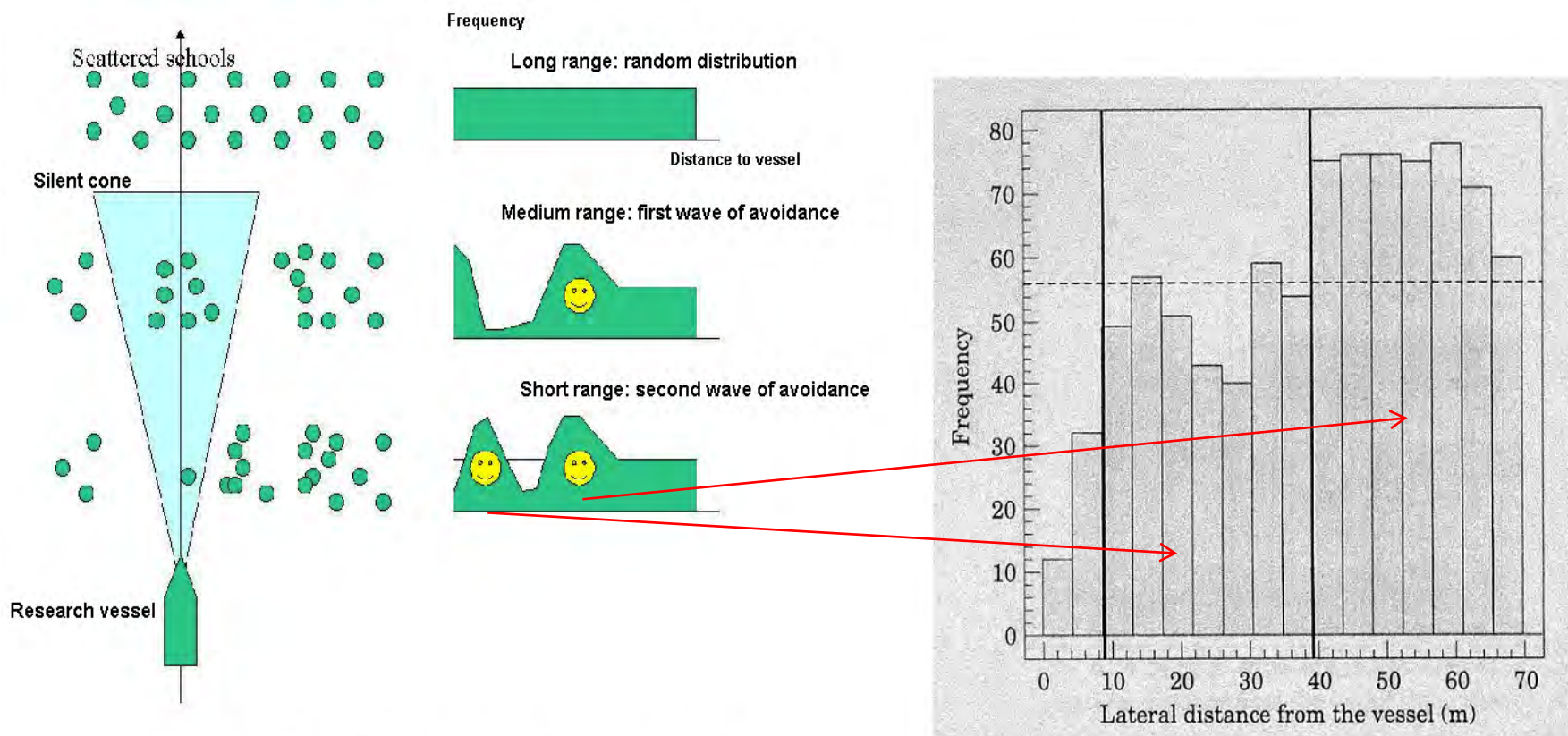
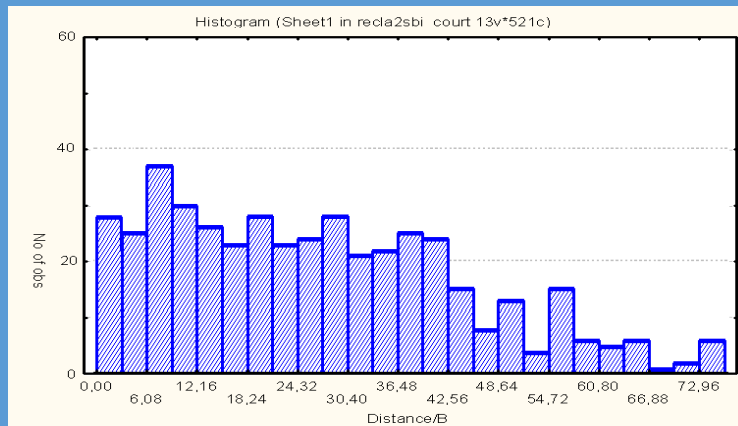


Figure 1. Scheme of the “double wave of avoidance” pattern (redrawn from Soria et al, 1996)

3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Un caso inverso: no evitamiento en Chile (sardina y anchoveta)

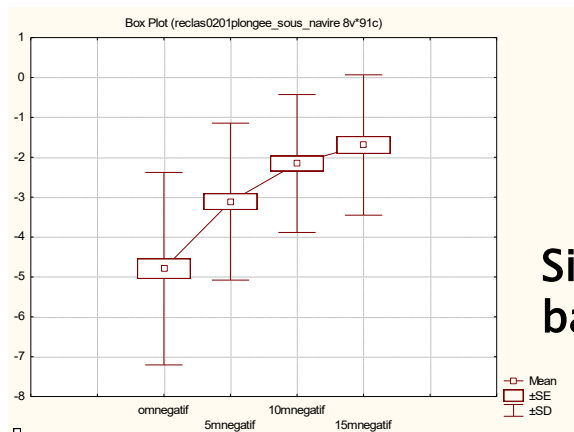


Número de cardúmenes por intervalo de distancia al barco

Una confirmación. Los cardúmenes no presentan anisotropía (tabla)

Valid N Mean Median Std Dev.

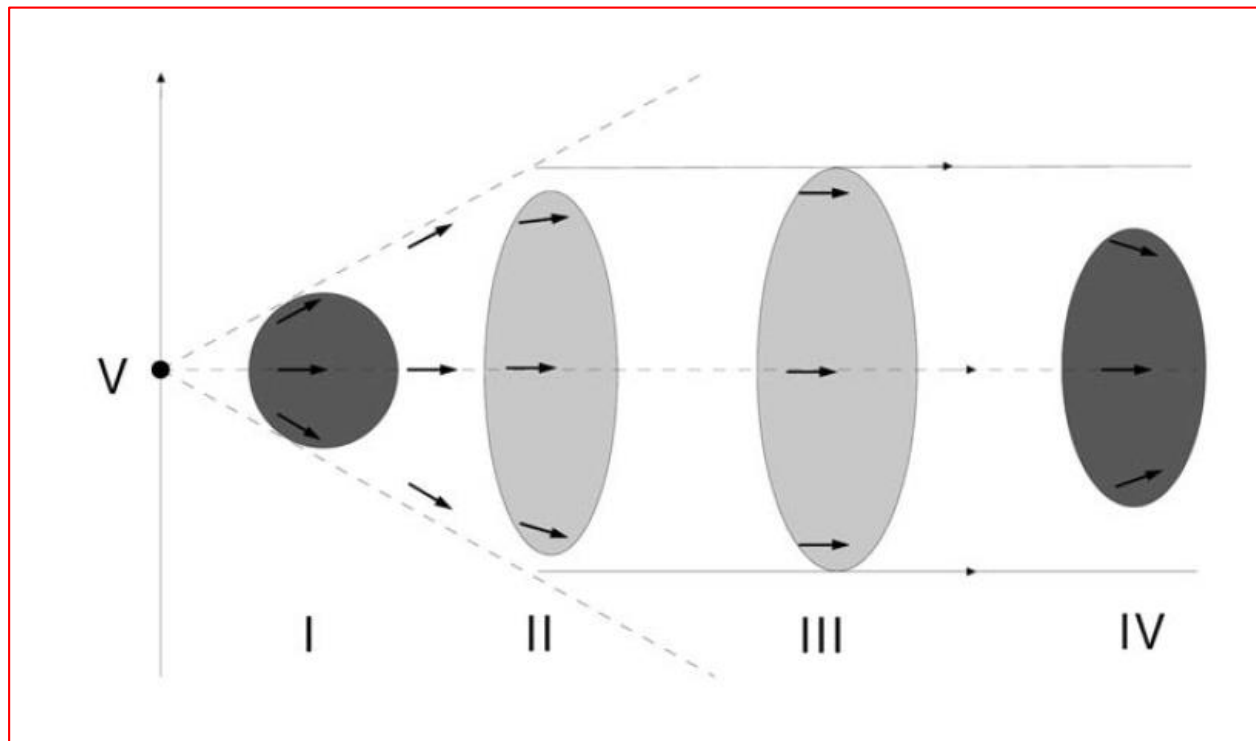
Length	453	11,60	8,6	0,465
Width	435	11,46	10,0	0,299
Height	454	7,57	7,0	0,189
Dist./V	452	20,06	17,0	0,827
Depth/S	454	11,54	10,0	0,391



Sin embargo, los cardúmenes que se encuentran bajo el barco presentan una profundización de 2–4 m

3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Un modelo conceptual de variación de la morfología de los cardúmenes en relación con la distancia al barco

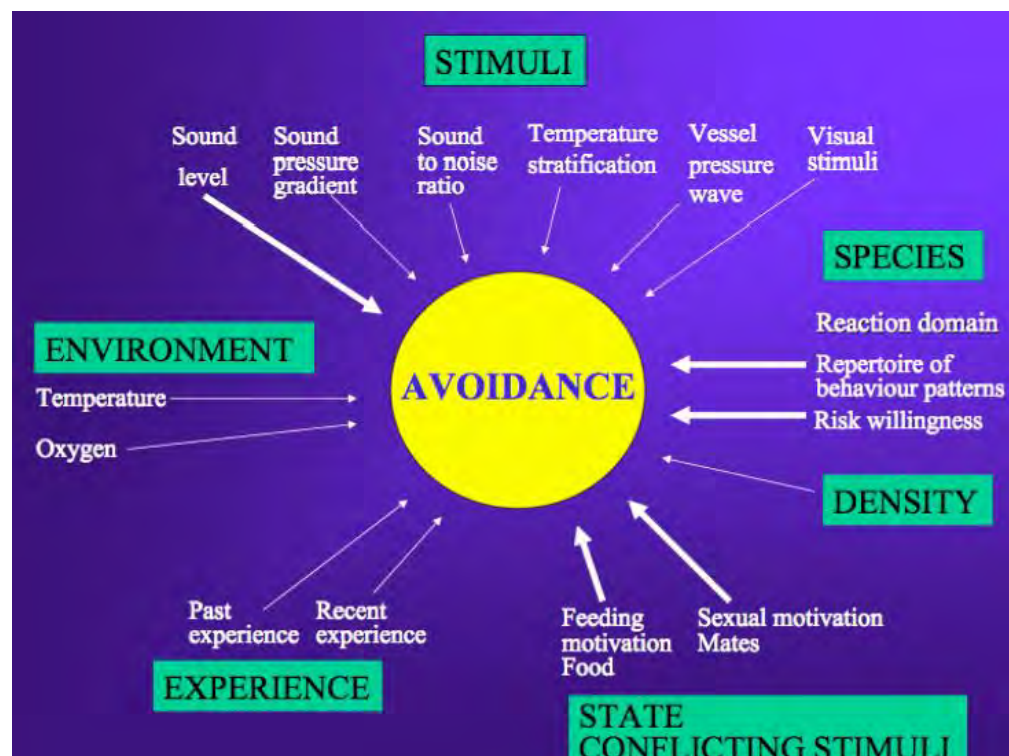


3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Otros stimuli produciendo evitamiento

Reacciones de evitamiento de una capa de peces pelágicos (Venezuela) frente a la luz intermitente de un buque de investigación (+ luz encendida – luz apagada)

El comportamiento de evitamiento es el resultado de reacciones a stimuli múltiples imposibles de modelar matemáticamente



3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

El efecto de la capturabilidad en las capturas de identificación: sesgos

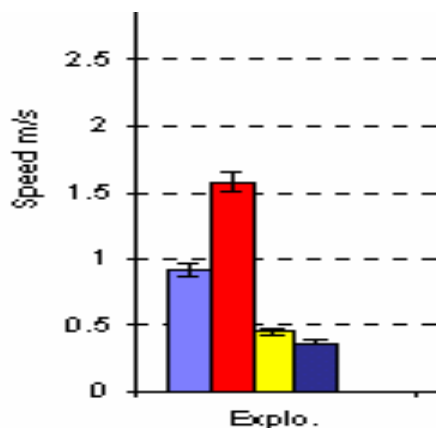
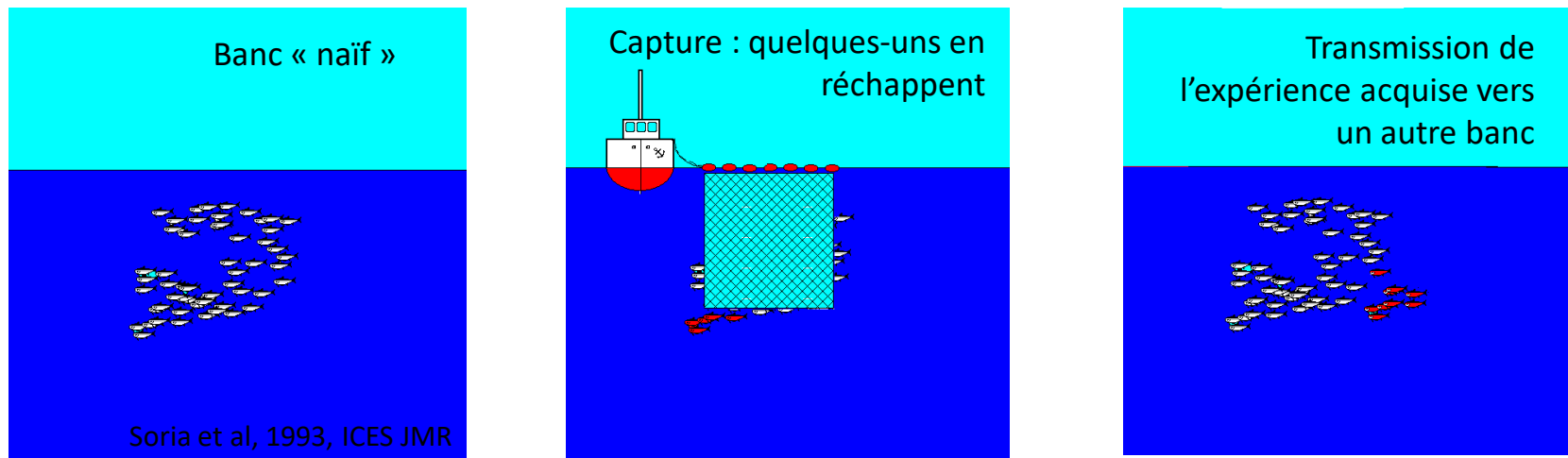


Figura 15. Medición comparativa de las velocidades de evitamiento de cardúmenes de *Sardinella aurita* frente al BIP Antea, de IRD.

Azul : evitamiento VEN
 Rojo : evitamiento RCI
 Amarillo : natural VEN
 Morado : natural RCI

Velocidades en m.s⁻¹. Se puede notar que las velocidades naturales de los cardúmenes son...

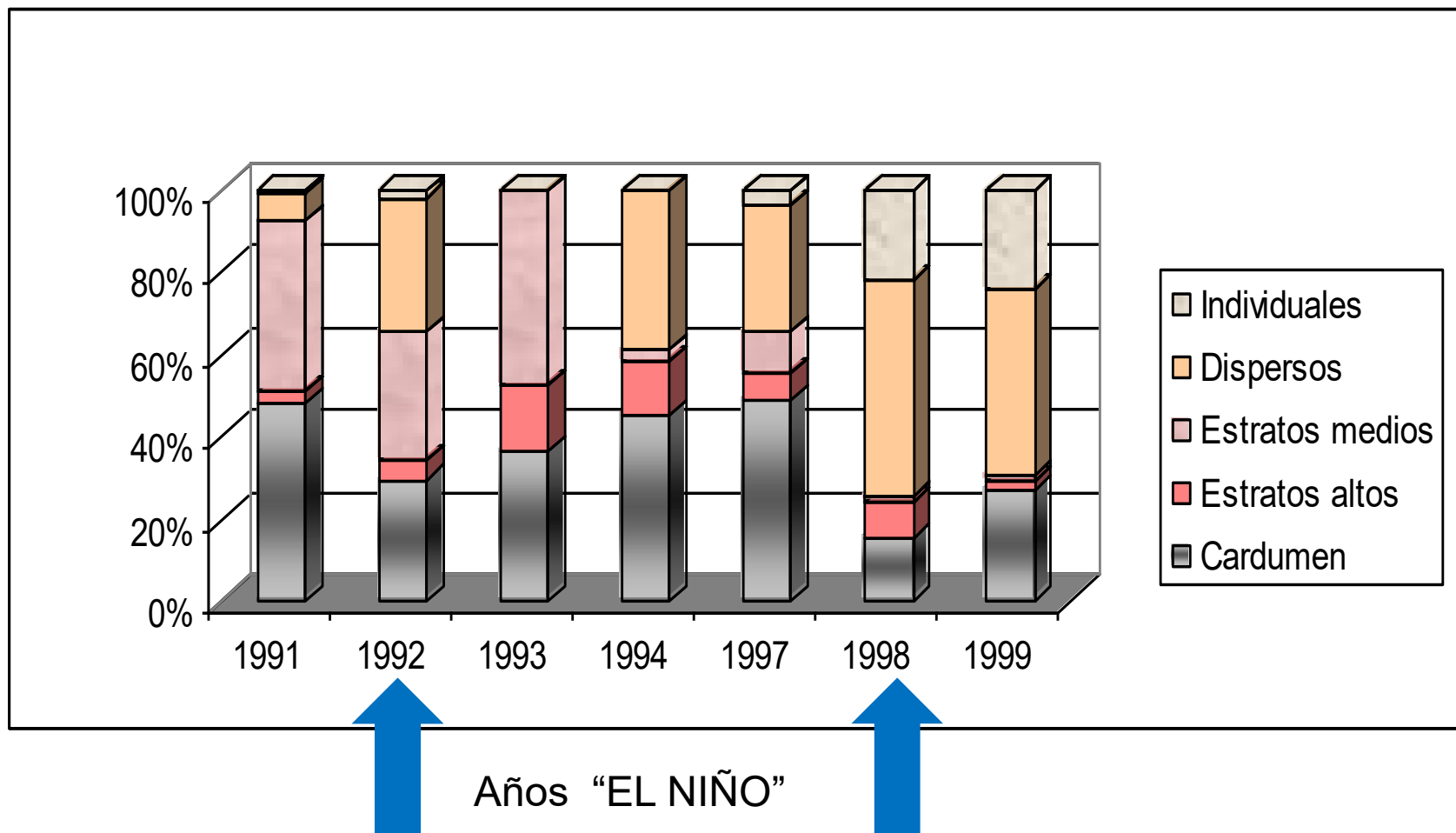
Diferencias de capturabilidad de *Sardinella aurita* en Venezuela (VEN) y en Côte d'Ivoire (RCI)

Los cambios en la capturabilidad dependen de muchos parámetros: aprendizaje, fisiología, ambiente (presencia de predadores), características del barco, etc.

Todos producen sesgos.

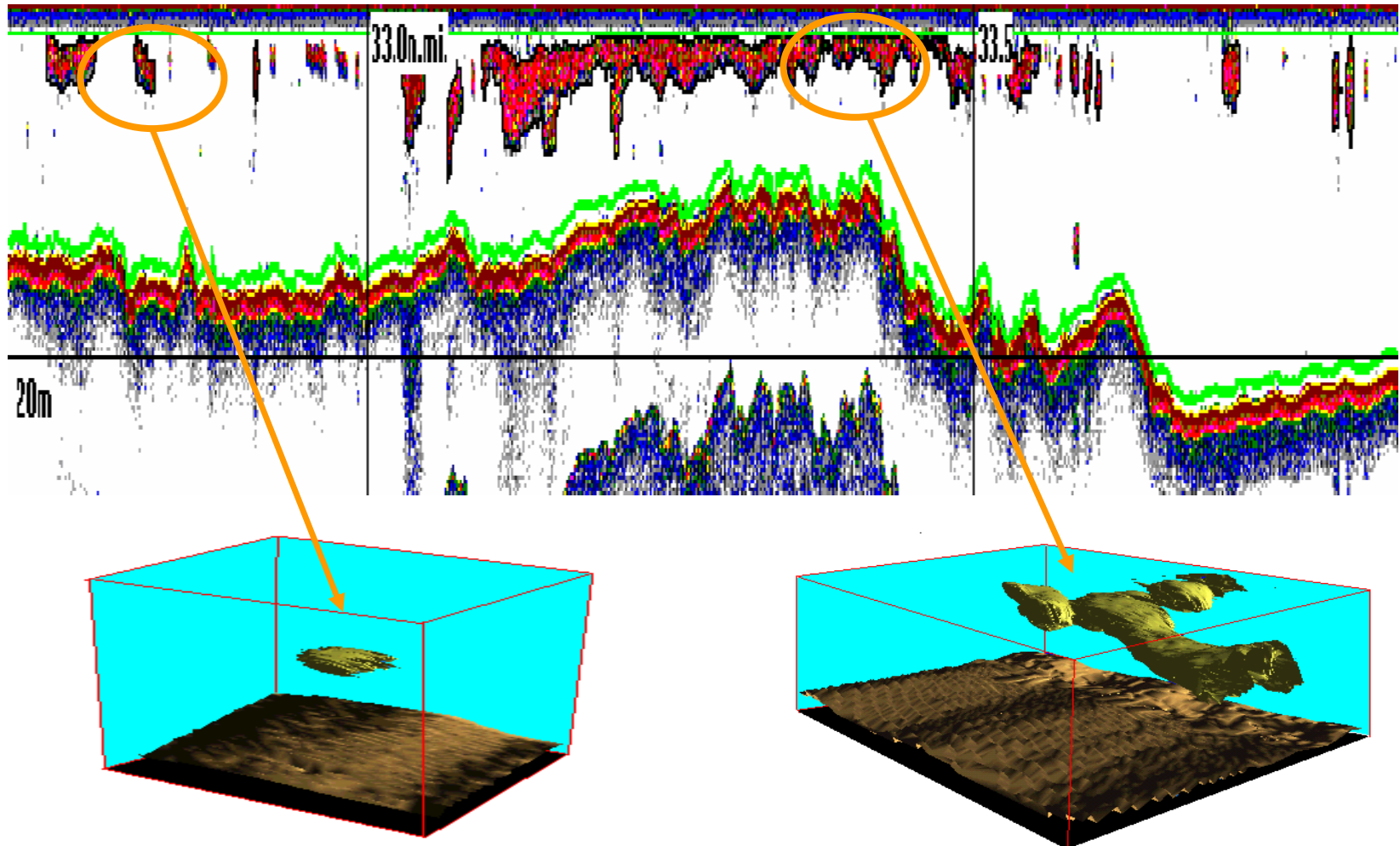
3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

La tipología de las estructuras espaciales (especialmente cardúmenes) puede variar con el ambiente y las condiciones hidrológicas (ejemplo: jurel en Chile, 1991-1999)



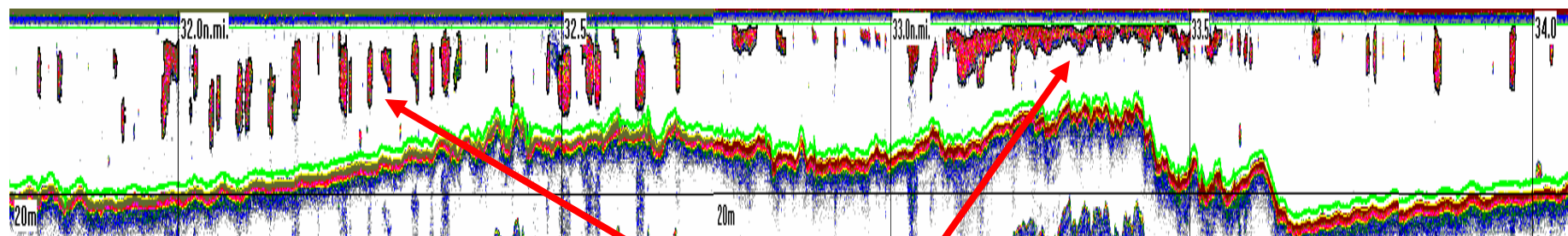
3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Un ejemplo de adaptación de los cardúmenes a las condiciones ambientales
(¿batimetría?)



3. Errores y sesgos relacionados con el comportamiento

Morfología (externa) y estructura (externa) de los cardúmenes



		Banc Moyenne	couche Moyenne	p
Morfología	Longitud	20.87	36.42	0.000000
	Ancho	20.07	36.16	0.000000
	Altura	11.58	2.92	0.000000
	Volumen	605.62	253.42	0.000004
	Superficie	2816.8	1311.8	0.000010
	Rugosidad	5.70	6.40	0.000469
Estructura	Nb vacuolas/m3	1.265	1.004	0.1667
	Surf. V /m2	0.092	0.153	0.312389
	Vol. V /m3	0.032	0.031	0.693330
	Densidad	52.68	54.19	0.622279

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

Simplified equation of acoustic estimate of the biomass B_i of the species i (assuming only species i present in the survey area)

$$B_i = W_i * S_A / (1852^2 * 4\pi * 10^{TS_i / 10}) \quad \text{in g.NM}^{-2}$$

TS in the equation

Biomass $\rightarrow B_i = [(S_A / 4\pi * 10^{TS_i / 10}) * W_i] / 1852^2$

Total nb of individuals

Total weight in the sample

Total weight per square nautical mile

S_A = Acoustic backscattering per surface unit ($\text{m}^2.\text{NM}^{-2}$);

TS_i = TS of species i (dB);

W_i = mean weight of individuals of i in (g).

Keep in mind that $\log 2 = 0.30103 \iff 10^{(3 \text{ dB} / 10)} = 2$

A fish which $TS = -66$ dB is two times bigger than a fish which $TS = -69$ dB
Therefore a 3 dB error on TS will result in duplicating or dividing by 2 the biomass estimate

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

Un ejemplo:



s_A jurel: 1000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Caract peces= largo: 30 cm, peso: 200 g, TS: - 39 dB

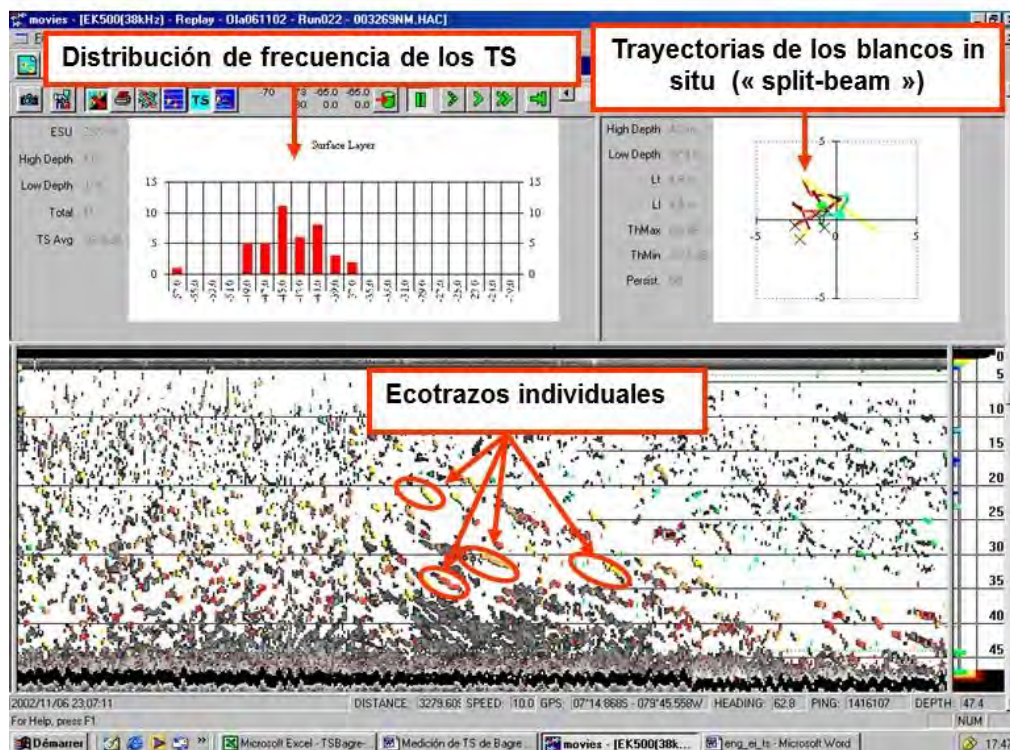
→ 36.9 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

s_A jurel: 1000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Caract peces= largo: 30 cm, peso: 200 g, TS: - 42 dB

→ 73.5 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

3 dB de diferencia → Biomasa * 2 !!!!

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco



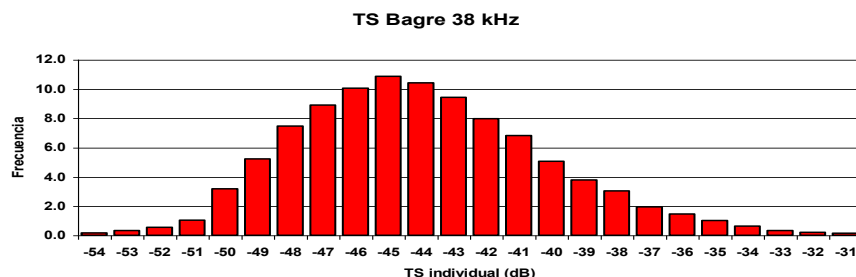
Un ejemplo de resultados a través del ejemplo del bagre del Norte del Perú



talla promedio= 21 cm;
Peso promedio= 87.3 g

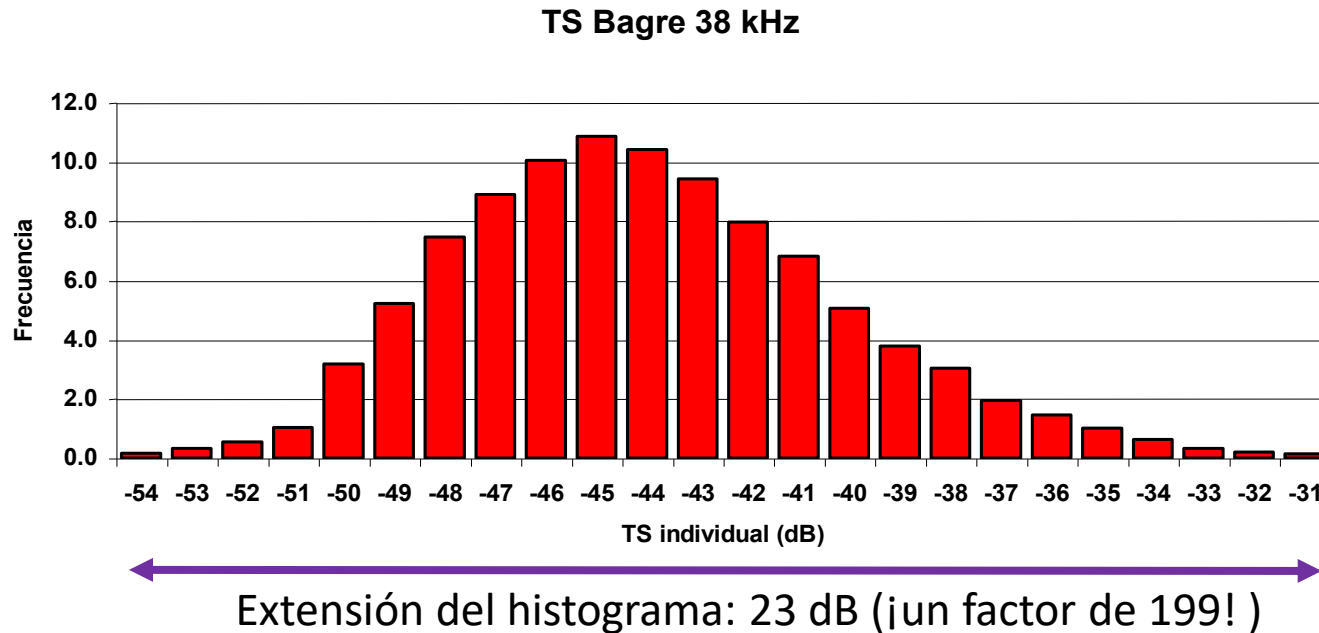


TS promedio = - 41.7 dB



Distribución de frecuencia en % de los TS individuales seleccionados a 38 kHz (decibeles)

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco



$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$$

Modo =	-45
Mediana =	-44
Promedio =	-43.96
Varianza =	14.27
CV =	3.78

El error estadístico es reducido (por la gran cantidad de muestras).

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

TS para *Trachurus murphyi* en la literatura

TS = 20 log L - 68.9	(Lillo et al 1995, 1998) (*)
TS = 20 log L - 74.9	(Peña and Foote, 2008)
TS = 20 log L - 71.1	(Peña and Foote, 2008)
TS = 20.11 log L – 68.67	(Cordova et al. 1998; Cordova, 2008)
TS = 20 log L – 71.9	value adopted by IMARPE from 1992 to 1998 (**)
TS = 20 log L - 68.1	value adopted by IMARPE since 1998
TS = 20 log L – 66	(Peña, 2008)
TS = 20 log L – 67	(Torres et al. 1984)
TS = 20 log L – 68	(Gutiérrez, 2002)
TS = 11.28 log FL – 49	(O'Driscoll et al., 2013) (***)

* All the calculations of CJM biomass in Peru have been made using this equation (Gutiérrez et al., 2016).

** Value calculated from the bibliography and especially Cordova 1998; Simmonds and MacLennan 2006)

*** Values calculated using fork length for a mixture of 2 species of *Trachurus* (including *murphyi*)

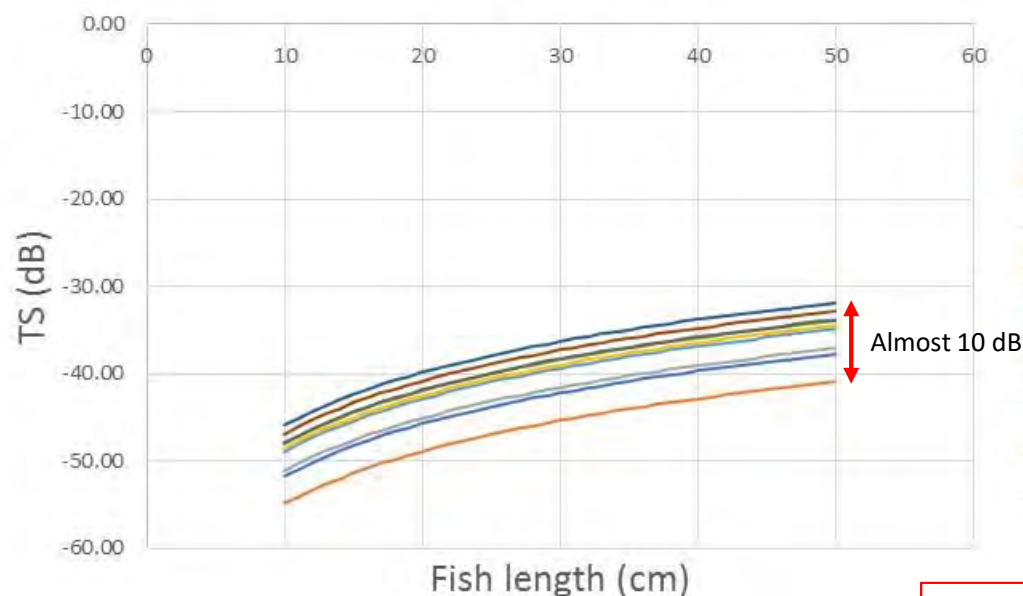
Some other works used another TS function, where TS represents a value per kilo. Example

$$TS = -32.5 \text{ dB.kg}^{-1}$$

Robotham and Castillo (2009):

4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

TS curves for CJM

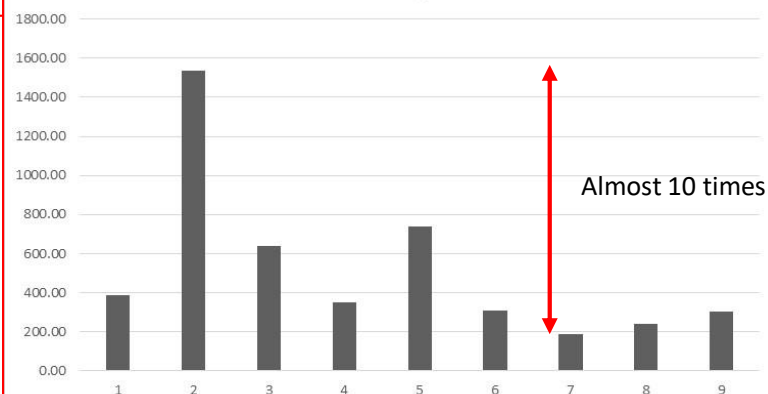


Las curvas obtenidas a partir de las ecuaciones.

Arbitrary biomass calculated for $S_A = 10\,000$ and $w_i = 100$ g

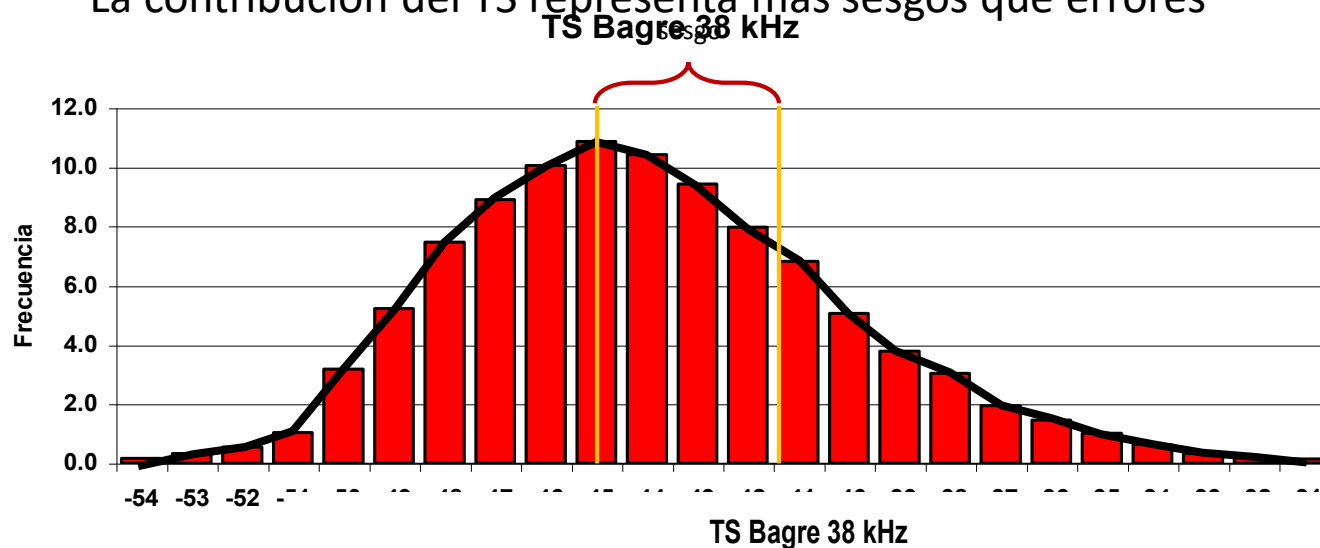
Calculando una biomasa aplicando las diferentes ecuaciones al mismo juego de datos se obtienen resultados variando de un factor 10!

Abundance for $W=100$ g and $S_A=10000$

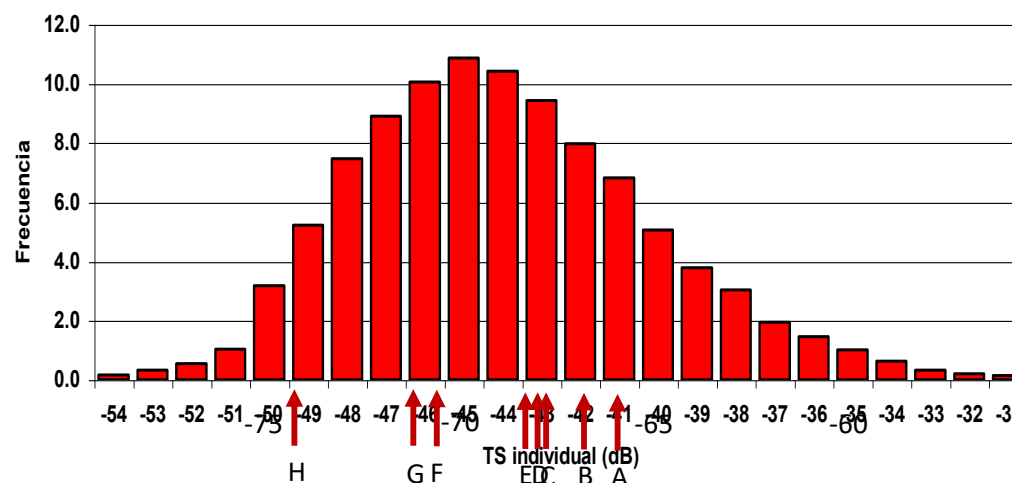


4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

La contribución del TS representa más sesgos que errores



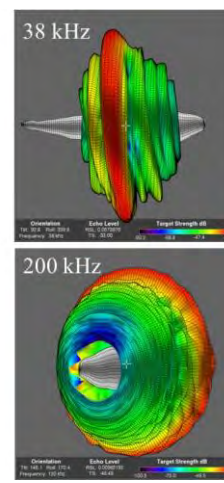
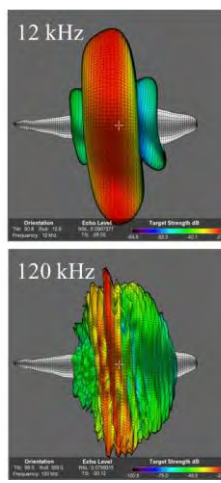
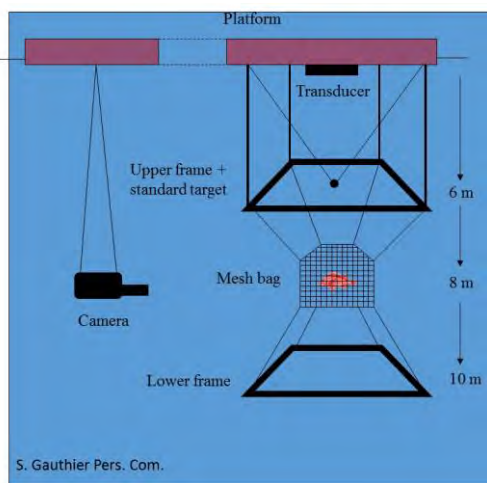
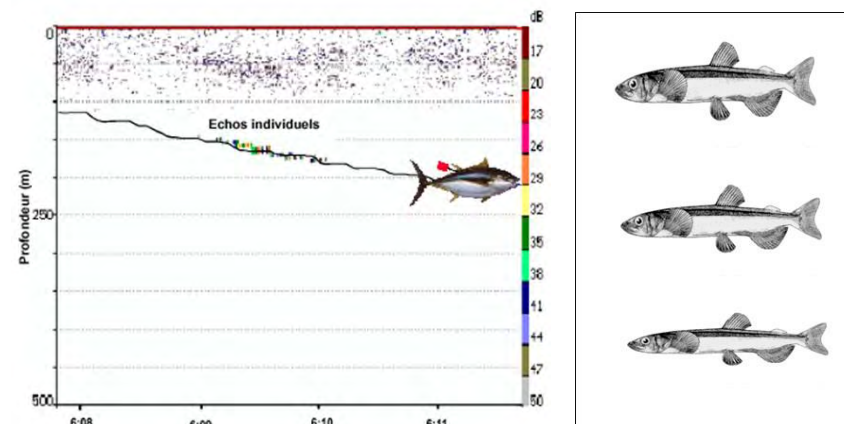
- TS = 20 log L - 66 A
- TS = 20 log L - 67 B
- TS = 20 log L - 68 C
- TS = 20 log L - 68.1 D
- TS = 20 log L - 68.9 E
- TS = 20 log L - 71.1 F
- TS = 20 log L - 71.9 G
- TS = 20 log L - 74.9 H



4. Errores y sesgos relacionados con la fuerza de blanco

Cada tipo de experimento presenta ventajas y limitaciones. Ninguno es libre de sesgo

- In situ acoustics + fishing
- In situ acoustics + optics
- In situ acoustics + tagging
- Laboratory fixed tethered fish
- Laboratory fish in jail
- Modeling
- Modeling using swimbladder models



Species	Lateral view	Dorsal view
Atka mackerel <i>Pleuragrammus monopterygius</i>		
Eulachon <i>Thaleichthys pacificus</i>		
Capelin <i>Mallotus villosus</i>		
Pacific herring <i>Clupea pallasii</i>		
Walleye pollock <i>Theragra chalcogramma</i>		

S. Gauthier Pers. Com.

5. Balance de los sesgos y errores

Evaluación en los años 90s

Source of error	Random Error	Systematic Error (Bias)	Notes
Physical Calibration	2%	5%	
Transducer Motion	-	0 to 10%	(1)
Bubble Attenuation	-	0 to 10%	(1)
Hydrographic Conditions	2% to 5%	-	(2)
Target Strength	5%	-	(3)
Species Identification	-	0 to 20%	
Spatial Sampling	5% to 25%	-	
Fish Migration	-	0 to 5%	
Diel Behaviour	0 to 10%	-	(4)
Totals	6% to 28%	5% to 29%	(5)
Over all Total	8% to 40%		
<u>Typical Precision</u>	<u>26%</u>		

(Simmonds et al., 1993)

5. Balance de los sesgos y errores

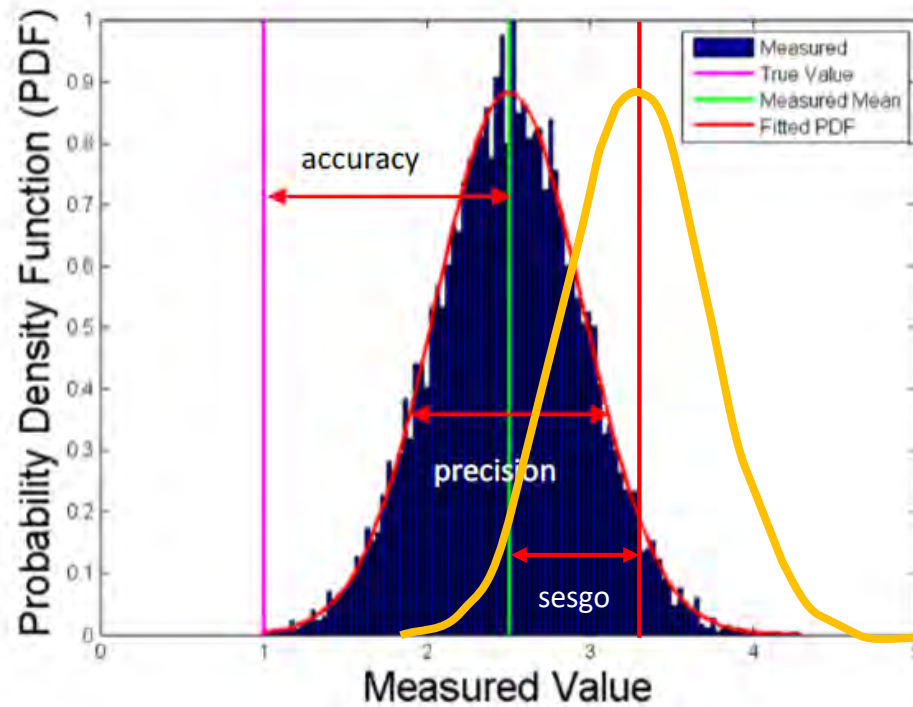
Source of error	Random error	Bias	Comment
<i>Error in an acoustic index</i>			
Physical calibration	±2 to 5%	±2 to 5%	Lower frequencies can be measured more reliably
Transducer motion		0 to -25%	Narrow beams are more sensitive to motion
Bubble attenuation		0 to -90%	Keel mounted and deep towed systems are less sensitive
Hydrographic conditions	±2 to 5%	0 to 25%	Long range (deep water) and high frequencies suffer from uncertainty in absorption coefficients
Target strength	±5 to 25%		Due to uncertainties in size of targets and orientation
Species identification	0 to 50%		Depends on species mix and target strength differences among species
Random sampling	5 to 20%		Depends on spatial distribution; layers can be estimated precisely; highly variable school sizes are the most difficult scenario
Migration		0 to 30%	
Diurnal behaviour	0 to 50%		Greatest for major vertical migration with changes in target strength due to ambient pressure variation
Avoidance		0 to 50%	Low with quiet ship in open deep water, worse in confined areas with shallow schooling species
<i>Absolute abundance errors</i>			
Physical calibration		±3 to 10%	Worse at higher frequencies and with very narrow beams
Hydrographic conditions		±2 to 25%	Worse at high frequencies and long ranges due to uncertain absorption coefficients
Target strength		0 to 50%	Best for well established swimbladdered species, worst for deepwater species

Evaluación en los años 2000s

Las tres fuentes principales de error

(Simmonds and MacLennan, 2005)

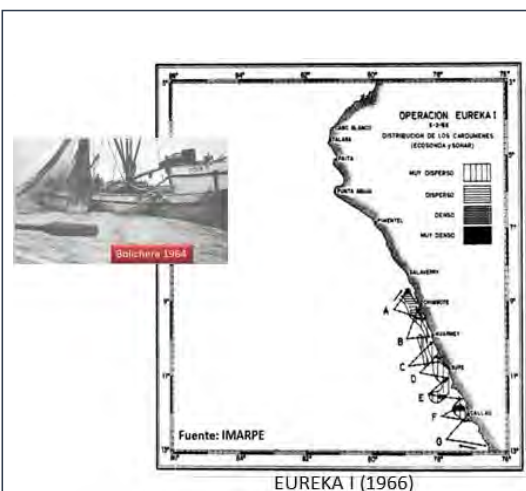
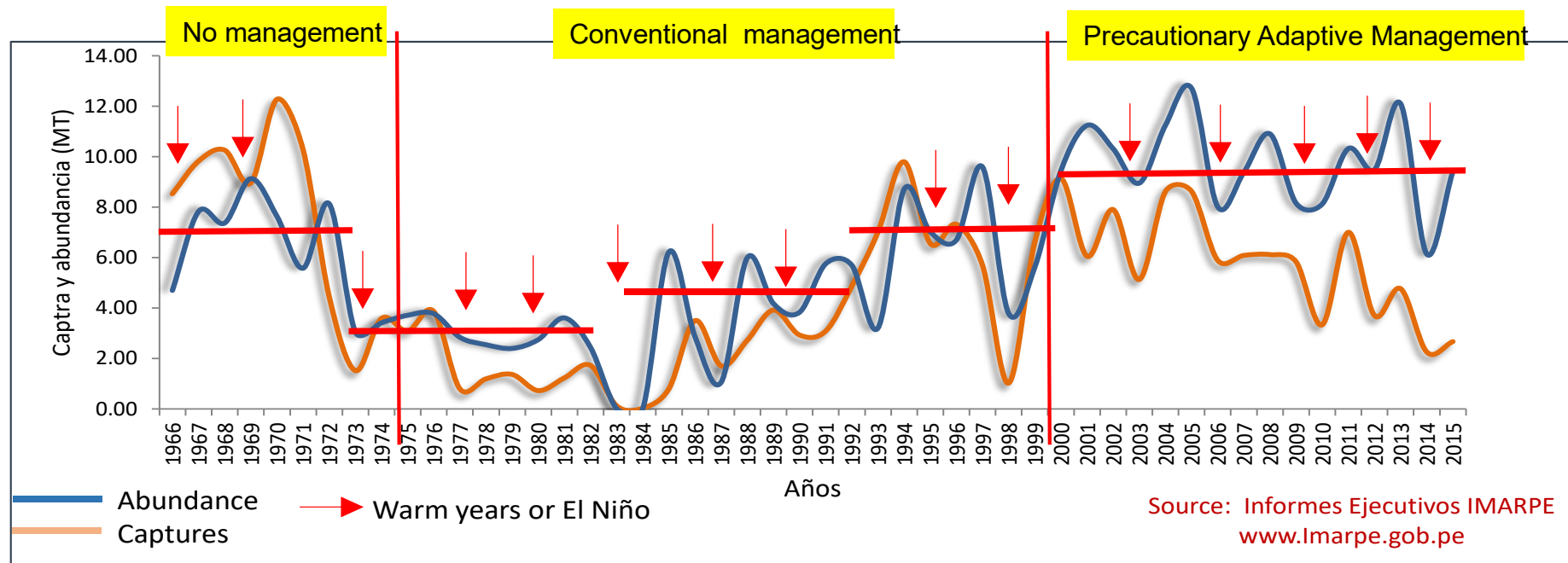
Conclusiones



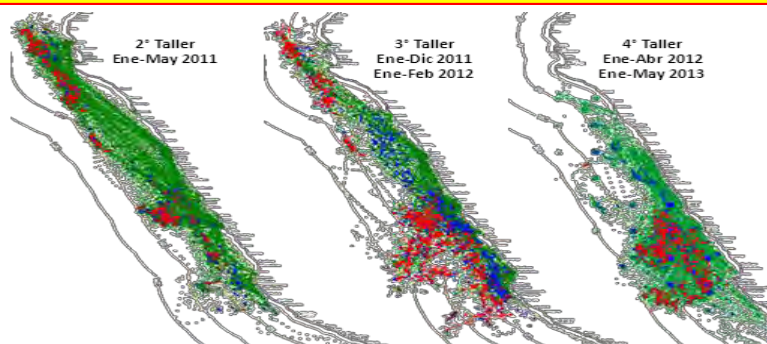
¿Errores, o sesgos?

Conclusiones

Precautionary Adaptive Management (PAM)



Cela exige des données in situ en temps réel et en continu, donc l'utilisation des navires de pêche



Gutierrez et al., 2016

