



ISSN 0378 - 7702

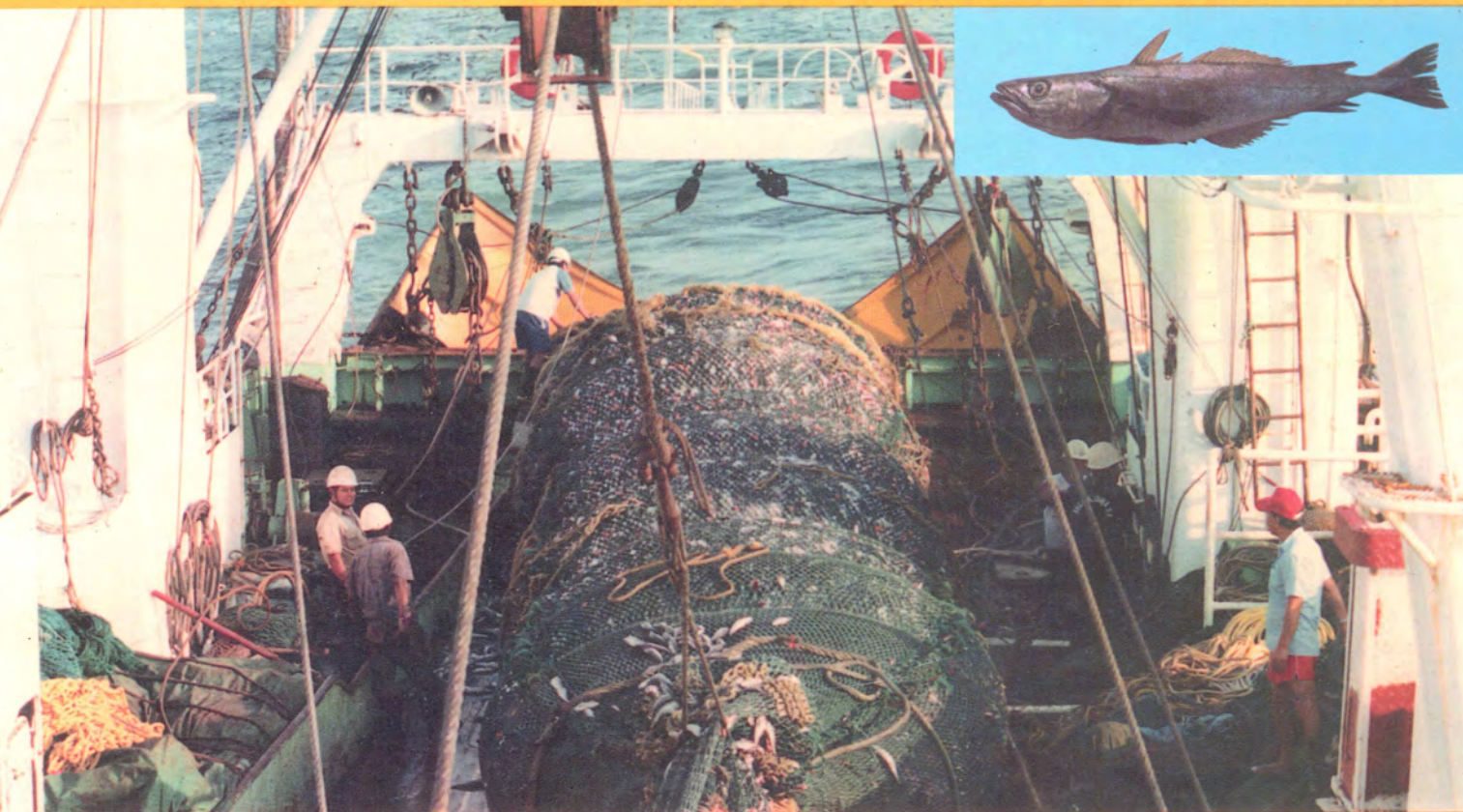
INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME

Nº 153

Abril, 2000

Crucero de evaluación hidroacústica de recursos demersales BIC José Olaya Balandra 9901. De Huarmey a Puerto Pizarro.



Callao, Perú

COMPORTAMIENTO DE LA RED DE ARRASTRE DE FONDO TIPO 450/120 EN LA EVALUACION DE RECURSOS DEMERSALES. CRUCERO BIC JOSE OLAYA BALANDRA 9901.

Carlos M. Salazar¹

RESUMEN

SALAZAR, C. M. 2000. Comportamiento de la red de arrastre de fondo tipo 450/120 en la evaluación de recursos demersales. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901. Inf. Inst. Mar. Perú 153: 56-67.

Se determinaron modelos estadísticos estimados por regresión lineal simple y múltiple que tratan de explicar la performance y geometría de la red. También se presentan las diferencias del tiempo de arrastre efectivo inicial y final entre los datos tomados por el Scanmar y los registrados por bitácora, que es un punto crítico en la determinación del área barrida para el estudio de evaluación en recursos demersales. En términos generales se confirmaron las relaciones funcionales entre las variables consideradas. La relación entre abertura horizontal y profundidad resultó logarítmica. La abertura horizontal es más sensible a las variaciones de los factores externos controlables (velocidad de arrastre y profundidad), determinando la ecuación N6: $h = 4,225 + 1,687 * V + 1,077 * \ln P$, que describe correctamente el comportamiento de la abertura horizontal. La diferencia máxima en tiempo de inicio de arrastre fue de 5,5 minutos, mientras que la diferencia máxima en el tiempo final fue de 6 minutos. Se realizó un total de 64 lances de comprobación, empleando una metodología de descarte de datos, seleccionando 50 lances, para realizar las regresiones. Los datos del comportamiento de la red como la abertura horizontal y abertura vertical de la boca de la red, profundidad de la red y distancia entre la relinga inferior al fondo, etc. se obtuvieron en forma directa por medio del sistema de control de capturas Scanmar RX 400. Los arrastres tuvieron una duración promedio de 20 minutos con una velocidad media de 3,88 nudos.

PALABRAS CLAVE: Red de arrastre de fondo 450/120, recursos demersales, merluza, verano 1999, mar peruano.

ABSTRACT

SALAZAR, C. M. 2000. Performance of bottom trawl net type 450/120 in the evaluation of demersal resources. BIC José Olaya Balandra 9901. Inf. Inst. Mar Peru 153: 56-67.

Statistic models estimated by linear and multiple regression were determined, trying to explain performance and geometry of net. The differences of start and end trawling effective time between Scanmar data and shipper data as a critical point in the calculation of the swept area method used for demersal stock assessment is also shown. In general terms, functional relationship between horizontal opening and depth were verified to be logarithmic. Horizontal opening is more sensible to variations of external factor manageable (trawl speed and depth), determining equation N6: $h = 4,2257 + 1,687 * V + 1,077 * \ln P$, which describes correctly the behavior of horizontal opening. Maximum difference in time of start trawling was 5,5 minutes, while maximum difference at end time was of 6 minutes. A total of 64 sampling trawl operations were carried out, using the methodology of Data Discarding. In order to execute regressions, 50 operations were selected. Data about behavior of net as the horizontal and vertical opening of net mouth, depth of net and distance between the footrope to the bottom, etc., were obtained in a direct way from the System Scanmar RX400. The trawl operations had an average time of 20 minutes at mean speed of 3,88 knots.

KEY WORDS: Bottom trawl net type 450/120, demersal resources, Peruvian hake, summer 1999, Peruvian sea.

INTRODUCCION

El crucero de evaluación de recursos demersales BIC José Olaya Balandra 9901, tuvo como objetivo principal dar a conocer la distribución, concentración y estructura poblacional del recurso merluza (*Merluccius gayi peruanus*).

La estación y las condiciones oceanográficas imperantes enmarcaron la constitución en densidad,

localización geográfica y batimétrica de las especies demersales en estudio.

Se utilizó el mismo arte de arrastre de fondo (muestrador) del crucero de evaluación de recursos demersales BIC José Olaya Balandra 9806-07. Los estudios realizados anteriormente por IMARPE, muestran variaciones en la geometría de la red de arrastre, durante y entre operaciones de pesca, por diferentes factores, que influyen en la performance del área barrida por la red; éstos pueden reducir o aumentar la eficiencia de captura y, por ende, ser un factor de sesgo para esta metodología (SALAZAR

¹ Dirección de Tecnología de Extracción DGIP-IMARPE.

et. al 1996, 1998); esto conlleva a medir el comportamiento mediante monitoreos, para lo cual usamos instrumentación acústica (sensores), fijados en las diferentes partes de la red, haciendo posible operar el equipo de pesca y estandarizar o determinar efectivamente el espacio arrastrado.

Mediante la evaluación del comportamiento de los parámetros de la red, que serán analizados a través de correlaciones y los factores externos en la operación de pesca, se aplicarán en modelos de regresión simples y múltiples, evaluando la trascendencia, correlación, adecuación y contribución de las variables, a través de pruebas estadísticas con sus respectivos niveles de significancia, los cuales servirán para interpretar los resultados obtenidos del procesamiento de datos; además se presentan modelos tentativos para explicar, interpolar y realizar predicciones sobre el comportamiento de la red.

MATERIAL Y METODOS

El crucero de evaluación de recursos demersales 9901, se llevó a cabo a bordo del BIC José Olaya Balandra, del 7 al 26 de enero de 1999, en el área entre Huarmey y Puerto Pizarro.

Area de estudio

El área de estudio estuvo comprendida desde Huarmey a Puerto Pizarro, se realizando 64 operaciones de pesca, seleccionando 50 operaciones para evaluar el comportamiento de la red (Fig. 1, Tabla 1).

Las faenas de pesca se desarrollaron desde el borde de la plataforma continental, hasta profundidades de 620 metros.

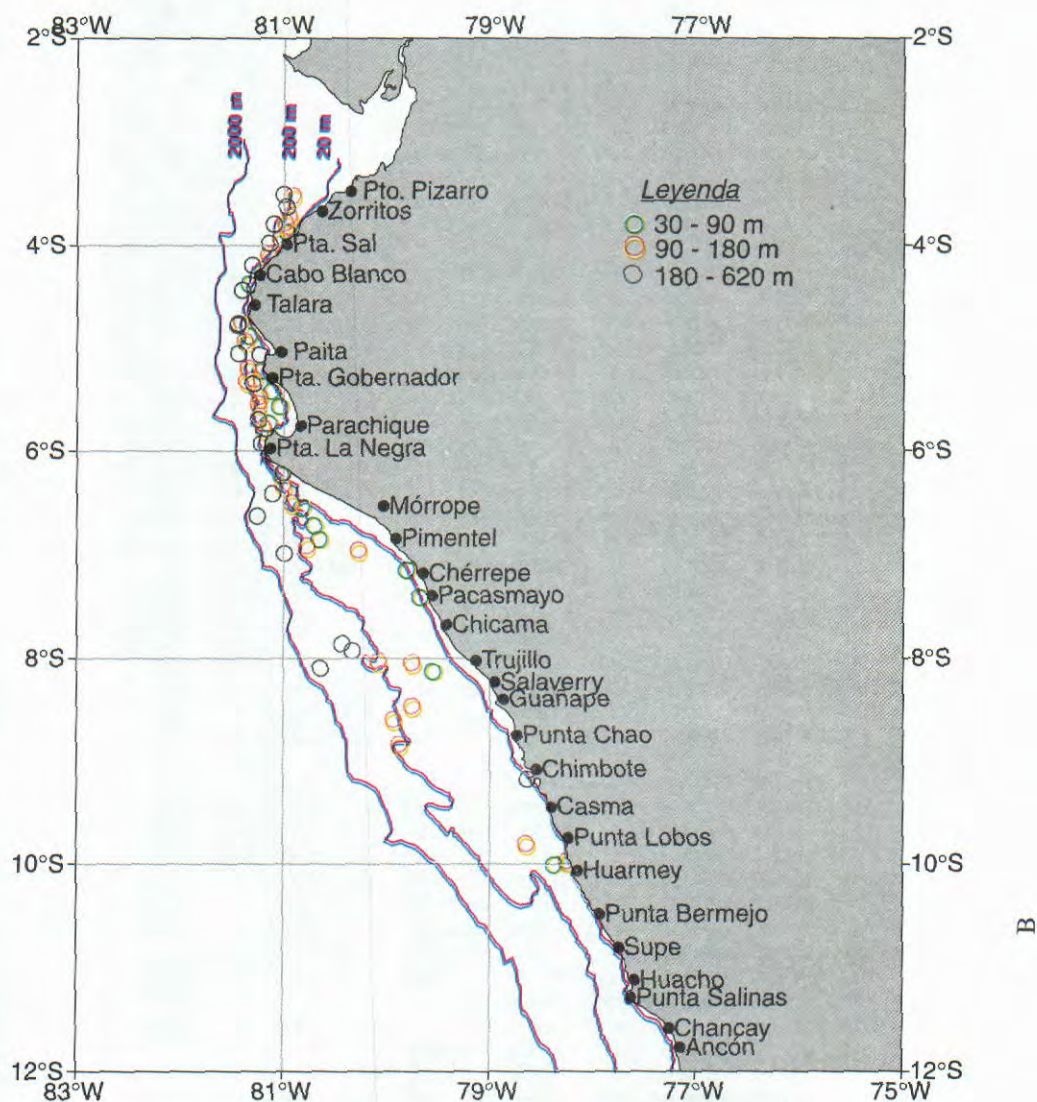


FIGURA 1. Distribución de lances de comprobación. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901.

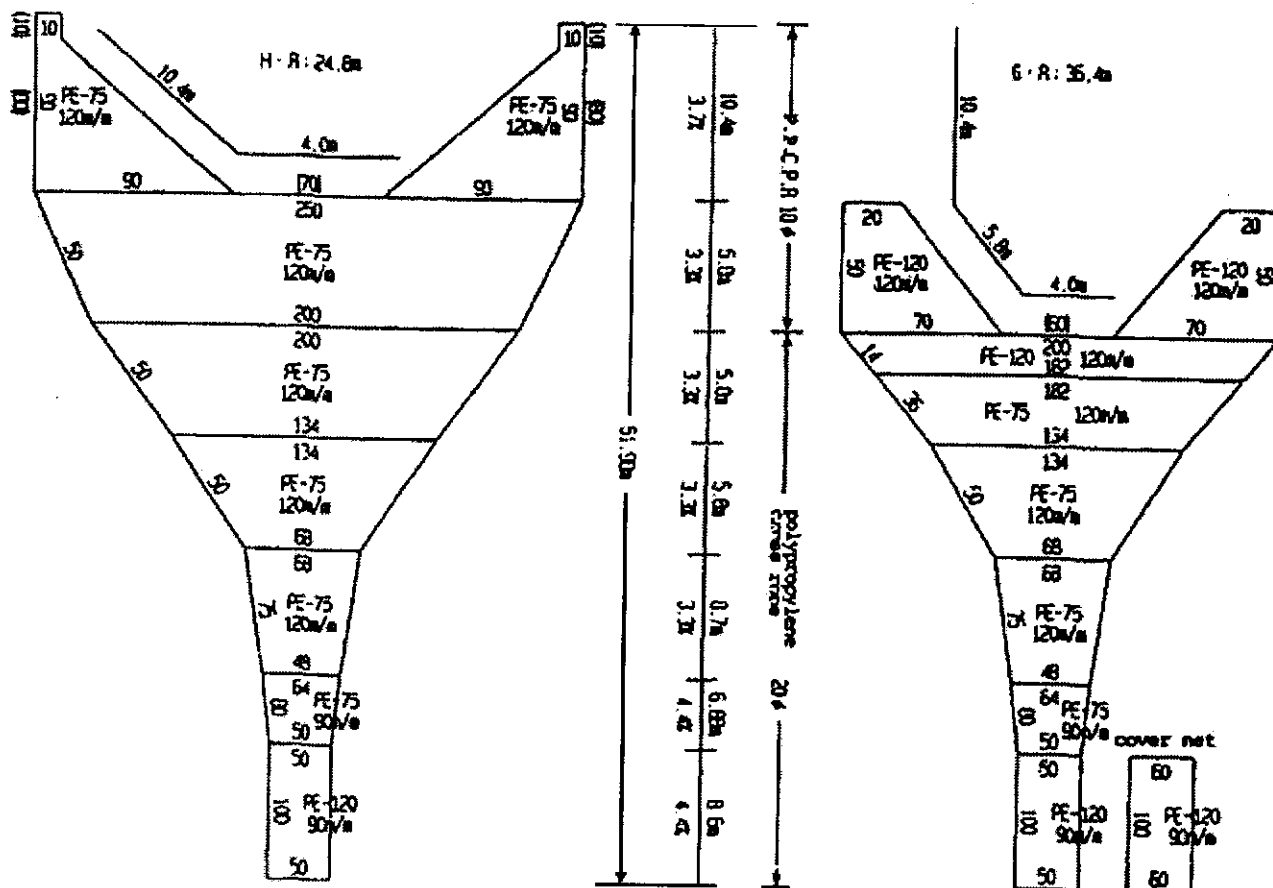


FIGURA 2. Plano de la red de arrastre de fondo tipo 450/120.

Para una mejor evaluación del comportamiento de la red, se realizó un estudio estratos de profundidad, representadas por:

Estrato	Rango de Profundidad
I	30 a 90 m
II	90 a 180 m
III	180 a 620 m

Planificación del muestreo y detección de cardúmenes

Para evaluar el área de estudio se realizó un muestreo estratificado al azar. Por no seguir un trayecto planeado, la detección de los cardúmenes fue realizada entre puntos predeterminados para las operaciones de pesca, por lo general en horarios nocturnos se realizaba un trabajo de reconocimiento de zonas apropiadas para el arrastre de fondo, mientras que en horarios diurnos se realizaba el rastreo acústico, debido a que es durante estas horas se produce una mayor concentración de los recursos en el fondo del mar; mientras que en las noches tienden a dispersar y muchas veces ascienden hacia la superficie.

Características de la red de arrastre

Se utilizó la red de arrastre de fondo tipo 450/120, compuesta por dos tapas: superior e inferior (fig. 2), con las siguientes características:

- Modelo : 450/120
- Alas : malla de 120 mm PE - 75
- 1º panel : malla de 120 mm PE - 75
- 2º panel : malla de 120 mm PE - 75
- 3º panel : malla de 120 mm PE - 75
- 4º panel : malla de 120 mm PE - 75
- 5º panel : malla de 90 mm PE - 75

La maniobra de la red está compuesta de la forma siguiente:

- Calamentos : 48 m.
- Pata de gallo de compuertas (m) : 16 mm 8 m
- Longitud de bridas (m) : 18 mm 13 m
- Longitud de la red sin copo (m) : 43.4 m
- Longitud del copo (m) : 8.6 m
- 2 puertas de arrastre DFA OB (área) : 3,6 m²
- Peso de puertas tipo V (Kg) c/u : 920 kg

Descarte de datos

Para determinar las correlaciones y realizar las regresiones múltiples, se utilizó el 80% de la data; los lances cuya información indica discordancia por los efectos o causas asignables que se señalan a continuación, pueden descartarse y no se consideran para el cálculo de la geometría de la red en cada arrastre:

- Los datos irregulares resultantes del mal alineamiento de los sensores o por la batería baja de los mismos, no son confiables.
- Los lances que no registran información debido a la mala recepción de datos u otros factores.
- Los lances donde se registraron problemas con el marcador de longitud de cable o con el winche de arrastre.
- Los lances donde se presentaron problemas debido a trabas en el fondo o los cables.

Usando estos criterios se seleccionaron 50, descartándose 14 de los 64 lances (Tabla 1).

Para precisar las diferencias del tiempo efectivo inicial y final, se usó el criterio de los perfiles de arrastre; sólo fueron utilizados para este análisis los perfiles de arrastre en los cuales el sensor de la relinga superior presentaba una indicación clara del tiempo, al cual la red alcanzaba o dejaba el fondo (Fig. 3).

Estimación de los modelos de regresión lineal

Para la estimación de las regresiones simples y múltiples se empleó la siguiente metodología:

- Plantear modelos que determinen el comportamiento de los parámetros de la red.

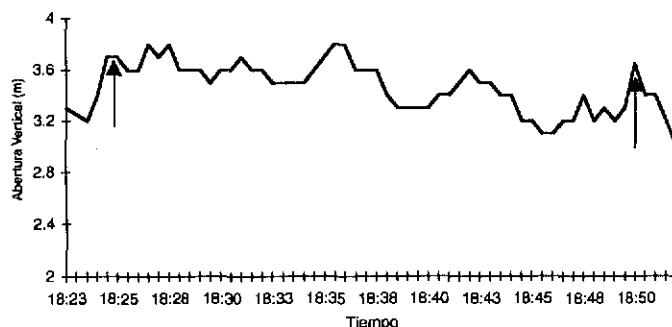


FIGURA 3. Tiempo efectivo de arrastre de la red sobre el lecho marino según la apertura vertical de la red.

- Estimar los coeficientes de las variables incluidas en el modelo.
- Determinar las medidas de asociación y adecuación del modelo.
 - r : Coeficiente de correlación.
 - R^2 : Coeficiente de Determinación.
- Determinar la trascendencia o significancia del modelo.
 - F : Prueba F – Global.
- Determinar la contribución individual de las variables al modelo.
 - t : Prueba t – Student.
- Seleccionar las variables relevantes que contribuyan al modelo.
 - Regresión stepwise.
 - F – remove.

Planteamiento de modelos de regresión lineales simples y múltiples

Para determinar la geometría de la red se establecieron Modelos Estadísticos estimados por Regresión Lineal, con la finalidad de explicar el comportamiento de la red en las operaciones de pesca (ver recuadro).

Regresiones simples	
N1 : Regresión entre apertura horizontal y apertura vertical	$h = \beta_0 + \beta_1 v + \epsilon$
N2 : Regresión entre apertura horizontal y velocidad de arrastre	$h = \beta_0 + \beta_2 V + \epsilon$
N3 : Regresión entre apertura horizontal y profundidad	$h = \beta_0 + \beta_3 \text{Ln}P + \epsilon$
Regresiones múltiples	
N4 : Regresión entre ab. horizontal y ab. vertical, velocidad	$h = \beta_0 + \beta_1 v + \beta_2 V + \epsilon$
N5 : Regresión entre ab. horizontal y ab. vertical, LnProfundidad	$h = \beta_0 + \beta_1 v + \beta_3 \text{Ln}P + \epsilon$
N6 : Regresión entre ab. horizontal y velocidad, LnProfundidad	$h = \beta_0 + \beta_2 V + \beta_3 \text{Ln}P + \epsilon$
N7 : Regresión entre ab. horizontal y ab. vertical, velocidad, LnProfundidad	$h = \beta_0 + \beta_1 v + \beta_2 V + \beta_3 \text{Ln}P + \epsilon$
Donde:	
Variables del modelo	
h : Abertura horizontal de la red en metros	
v : Abertura vertical de la red en metros	
V : Velocidad de arrastre en nudos	
P : Profundidad de Arrastre en metros.	
Coefficientes del modelo	
β_0 : Constante o intercepto	
β_1 : Coeficiente asociado a la variable apertura vertical.	
β_2 : Coeficiente asociado a la variable velocidad	
β_3 : Coeficiente asociado a la variable profundidad	
ϵ : Error aleatorio.	

Para el procesamiento y análisis de la información, se convirtió la data en formato de hoja de cálculo y en el procesamiento de datos empleamos hojas de cálculo Excel, además del software estadístico SPSS V9.0®; se establecieron las correlaciones entre los parámetros de funcionamiento de la red: abertura vertical, abertura horizontal y longitud de cable. Los factores externos como profundidad y velocidad de arrastre fueron empleados en la regresión lineal múltiple, con el objeto de determinar ecuaciones matemáticas que expresen el comportamiento de las variables antes mencionadas.

Mediciones de los parámetros de la geometría de la red

El método de área barrida para la evaluación de los recursos demersales requiere de series representativas de arrastres, para la estimación del área barrida por la red. Por tal motivo, en todas las operaciones de pesca se usó instrumentación acústica como: ecosonda EK-500, y el sistema Scanmar Rx 400 compuesto por 4 sensores acústicos, los cuales fueron ubicados: dos en la parte central de la relinga superior proporcionando información sobre la abertura vertical y profundidad de la red; los otros dos,

en la punta de las alas con información sobre la abertura horizontal; con la finalidad de evaluar su dinámica y conducta en todos los lances de comprobación, desarrollados en el presente crucero de evaluación. Para la obtención de los datos mostrados por el Scanmar, se utilizó un programa de computadora CGMLog® (Color Graphic Monitor Logger), que registró datos cada 30 segundos, cuantificándose la información referente a los siguientes parámetros: fecha, hora, latitud, longitud, profundidad de operación, abertura horizontal, abertura vertical, velocidad de arrastre, y la relación de subida y bajada en m/min.

RESULTADOS

Geometría de la red de arrastre de fondo 450/120

La red de arrastre de fondo tipo 450/120 presentó una buena performance durante los 64 lances de comprobación, los parámetros de eficiencia de la red presentaron los rangos mínimos y máximos que se dan en la Tabla 2; además se presentan los promedios de mediciones los mismos (Tabla 3).

TABLA 2. Rangos mínimos y máximos de los parámetros de la red de arrastre de fondo. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901.

Parámetros de Eficiencia Técnica	Estrato I		Estrato II		Estrato III		General	
Abertura Horizontal de la boca de la red (m)	12,01	16,46	15,43	17,14	16,04	17,45	12,01	17,45
Abertura Vertical de la boca de la red (m)	3,46	5,20	3,10	4,14	3,29	4,36	3,10	5,20
Velocidad de Arrastre (nudos)	3,42	4,35	3,18	4,43	3,37	4,38	3,18	4,43
Profundidad de la red (m)	38,51	91,00	93,99	171,93	180,44	619	38,51	619,00
Longitud de cable de arrastre principal (m)	100,00	300,00	315,00	670,00	553	1800	100,00	1800,00
Area de la boca de la red (m2)	40,37	49,29	39,76	47,86	41,79	53,54	39,76	53,54

TABLA 3. Promedio de mediciones de parámetros de la red y factores externos en la operación de pesca. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901.

Estrato	Nº Lances	Rangos (m)	Ab. Horizontal (m)	Ab. Vertical (m)	Velocidad (n)	Profundidad (m)	Longitud de Cable (m)
I	13	30 - 90	15,42	3,88	4,09	63,30	203,29
II	19	90 - 180	16,11	3,62	3,82	138,79	438,67
III	18	180 - 620	16,13	3,60	3,82	295,68	916,50
General	50	30 - 620	15,96	3,67	3,88	182,48	570,48

Comportamiento de la red de fondo 450/120

TABLA 4. Modelos de regresión lineal estimados para explicar el comportamiento de la abertura horizontal de la Red. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901.

N	β_0	β_1	β_2	β_3	r	R ²	F-ratio	p	Variables	t-value	p	Stepwise: Forwrd	
												Dentro	F-remov
1	7,785	-0,249			0,777	0,604	73,082	0,000	v	-8,549	0,000		
2	7,170		2,303		0,638	0,407	33,025	0,000	V	5,746	0,000		
3	9,406			1,363	0,693	0,481	44,437	0,000	LnP	6,666	0,000		
4	19,635	-1,921	0,961		0,805	0,649	43,381	0,000	v	-5,679	0,000	v	32,255
									V	2,455	0,018	V	6,027
5	18,660	-1,871		0,914	0,888	0,788	87,553	0,000	v	-8,266	0,000	v	60,333
									LnP	6,407	0,000	LnP	41,048
6	4,225		1,687	1,077	0,824	0,679	49,545	0,000	V	5,372	0,000	V	28,860
									LnP	6,290	0,000	LnP	39,558
7	14,512	-1,500	0,755	0,875	0,903	0,816	67,929	0,000	v	-5,862	0,000	v	34,361
									V	2,619	0,012	V	6,857
									LnP	6,463	0,000	LnP	41,767

VARIABLES DEL MODELO

h : Abertura horizontal de la red en metros.
 v : Abertura vertical de la red en metros.
 V : Velocidad de Arrastre en nudos.
 P : Profundidad de Arrastre en metros.

COEFICIENTES DEL MODELO

β_0 : Constante o Intercepto.
 β_1 : Coeficiente asociado a la variable Abertura Vertical.
 β_2 : Coeficiente asociado a la variable Velocidad.
 β_3 : Coeficiente asociado a la variable Profundidad.
 ϵ : Error aleatorio.

Relación entre abertura horizontal y abertura vertical.

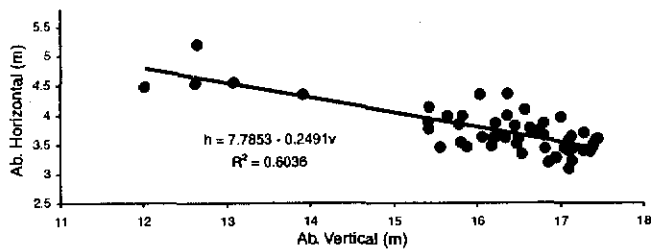


FIGURA 4a. Regresión entre abertura vertical y abertura horizontal. General.

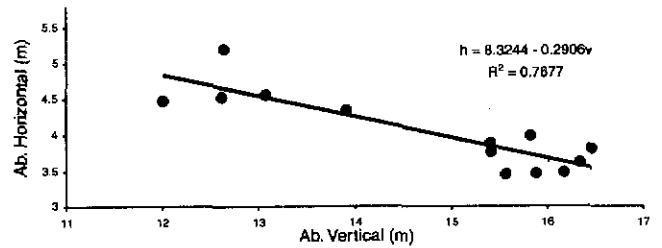


FIGURA 4b. Regresión entre abertura vertical y abertura horizontal. Estrato I.

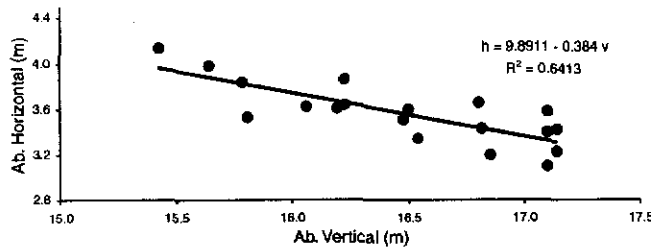


FIGURA 4c. Regresión entre abertura vertical y abertura horizontal. Estrato II.

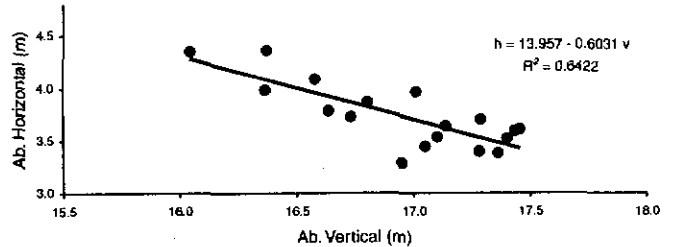


FIGURA 4d. Regresión entre abertura vertical y abertura horizontal. Estrato III.

Relación entre velocidad de arrastre y aberturas horizontal y vertical

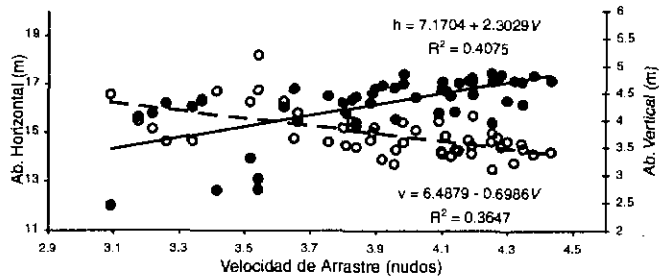


FIGURA 5a. Regresión entre velocidad y abertura horizontal y vertical. General.

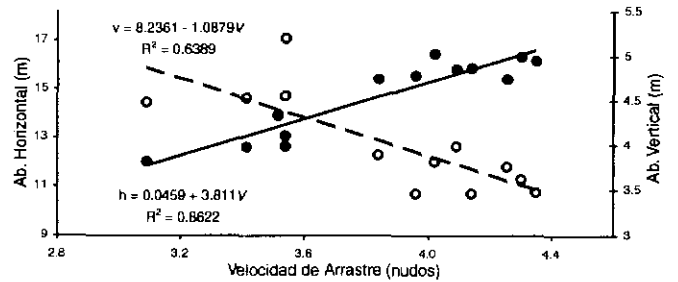


FIGURA 5b. Regresión entre velocidad y abertura horizontal y vertical. Estrato I.

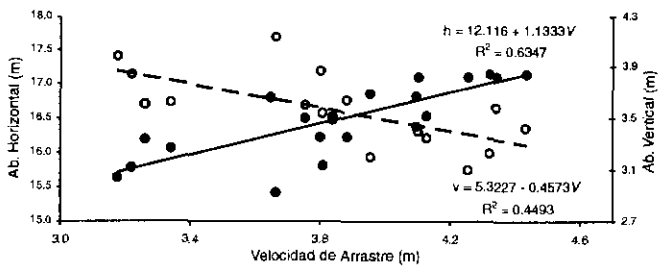


FIGURA 5c. Regresión entre velocidad y abertura horizontal y vertical. Estrato III.

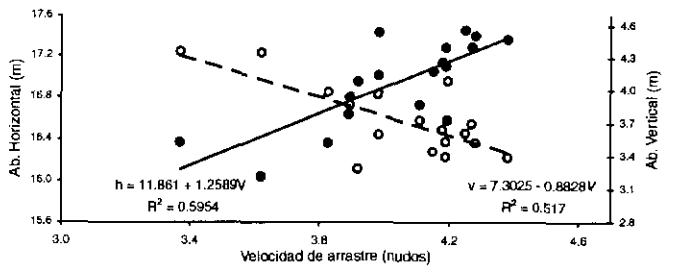


FIGURA 5d. Regresión entre velocidad y abertura horizontal y vertical. Estrato III.

Relación entre profundidad de arrastre vs aberturas horizontal, vertical; y profundidad vs longitud de cable.

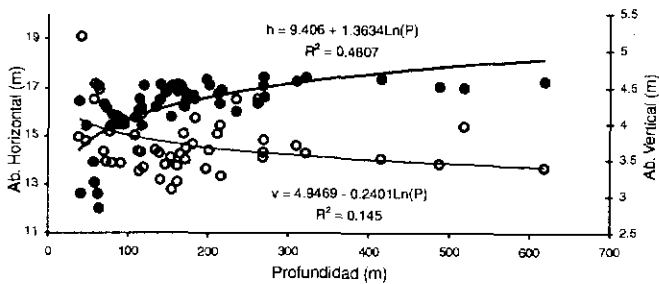


FIGURA 6a. Regresión entre profundidad y abertura horizontal, vertical. General.

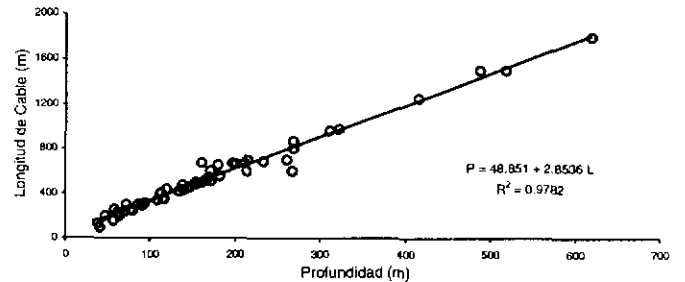


FIGURA 6b. Regresión entre profundidad y longitud de cable General.

Tiempos de inicio y término de los arrastres efectivos

Las diferencias entre el tiempo de inicio efectivo (El patrón de pesca asumía que la red tenía contacto con el fondo cuando hacia firmes los winches de arrastres) y lo detectado por el sensor fueron superiores en los estratos II y III con promedios de 2,24 y 2,50 minutos respectivamente, representando el 11,19% y 12,50% de error, para el tiempo de un arrastre estándar de 20 minutos, mientras que en el estrato I fue de 1,58 minutos que representa sólo el 7,89 de error el cual consideramos irrelevante. La mayor diferencia fue de 5,5 minutos.

La diferencia de tiempo cuando los cables principales empiezan a halar la red (Tiempo Patrón o Bitácora), supuesto fin del arrastre efectivo y el tiempo proporcionado por los sensores de distancia vertical (Tiempo Scanmar), que indican el momento real cuando la red pierde contacto con el fondo, fue en promedio de 0,81, 1,42 y 1,36 minutos para los estratos I, II y III respectivamente, notando una diferencia máxima de 6 minutos (Tabla 5).

De los variogramas de diferencias de tiempos por cada estación u operación de pesca (Fig 7), podemos colegir que la mayor diferencia en el tiempo de inicio efectivo fue de 5,5 minutos en la operación 46 del estrato III, a una profundidad de 487,27 m; y para el tiempo de término efectivo, la diferencia máxima fue de 6 minutos en el lance 29 del estrato III a una profundidad de 267, 94 m.

DISCUSIÓN

Para determinar el comportamiento de la red de arrastre de fondo, analizamos los parámetros de funcionamiento de la red, así como también los factores externos que intervienen en la operación de pesca.

Parámetros de funcionamiento de la red:

- Abertura horizontal de la red
- Abertura vertical
- Longitud de cable
- Estructura de la red, peso del tren de arrastre y otros

Factores externos en la operación de pesca:

- Velocidad de Arrastre
- Profundidad de arrastre
- Corrientes
- Salinidad, otros.

El objetivo fue determinar el comportamiento de la red. En este aspecto, *a priori* sabemos que la eficiencia de captura está relacionada con el área barrida por la red, la cual está en función de las aberturas horizontal y vertical.

$$A = h * v * \pi/4$$

Donde:

- A : Área de la red
- h : Abertura horizontal
- v : Abertura vertical
- $\pi/4$: constante del área de la elipse.

Tabla 5. Diferencia de tiempo efectivo inicial y final.

Tiempo Inicial				
Estrato	Lance	Máximo	Promedio	Porcentaje
	37	3	1,58	7,88%
	31	3,5	2,24	11,18 %
II	46	5,5	2,50	12,50 %

Tiempo Final				
Estrato	Lance	Máximo	Promedio	Porcentaje
I	7	-3	-0,81	4,04%
I	36	-4.5	-1,42	7,11 %
II	29	-6	-1,36	6,81 %

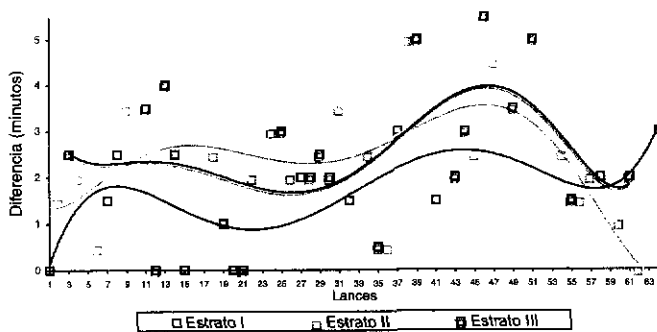


FIGURA 7a. Tiempo de inicio efectivo de arrastres por estación (Diferencia entre los datos de Scanmar y bitácora).

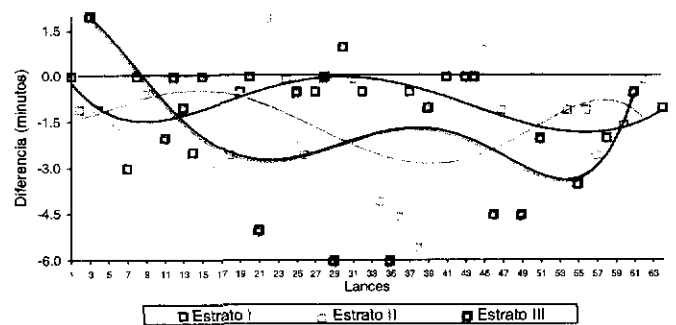


FIGURA 7b. Tiempo de término efectivo de arrastres por estación (diferencia entre los datos Scanmar y bitácora)

Las aberturas horizontal y vertical, sufren variaciones producto de los factores externos que se presentan en una operación de pesca. Para explicar la geometría del área de la red, se consideró que es más representativo estudiar el comportamiento de la abertura horizontal, por ser sensible a los cambios producidos por la velocidad y la profundidad de arrastre y ser punto crítico dentro de la metodología de área barrida (Figs. 4, 5); la abertura vertical sufre pequeños cambios ligados a la abertura horizontal, pero básicamente depende del diseño de la red. Antes de aplicar la técnica de regresión, determinamos las relaciones funcionales que existen entre las variables consideradas en nuestro análisis. Relaciones funcionales entre las variables en estudio (SALAZAR *et al.* 1996, 1998):

La abertura horizontal y vertical están relacionadas en forma inversa; es decir un incremento en la abertura vertical provocará una disminución en la abertura horizontal y viceversa.

La abertura horizontal y la velocidad de arrastre están en relación directa; es decir si la velocidad de arrastre tiende a incrementarse la abertura horizontal también.

La abertura horizontal y la profundidad están relacionadas, una variación en la profundidad producirá un cambio en el mismo sentido a la abertura horizontal.

La longitud de cable y profundidad se encuentran altamente correlacionadas, para llegar a una mayor profundidad será necesario largar más cable, esta relación es aproximadamente de 3:1 (Fig. 6b).

Al analizar los resultados en *General* (Tabla 4) obtenidos en los modelos planteados, que confirman las relaciones funcionales existentes.

En el modelo de regresión simple entre abertura horizontal – vertical (N1: $h = 7,79 - 0,25v$; Fig. 4a), notamos una correlación significativa ($r = 0,77$) y buen ajuste del modelo ($R^2=0,60$; Fig. 3a), determinándose una razón de 0,25. Fue similar al obtenido en el Crucero 9806-07 ($h = 8,39 - 0,26v$) (SALAZAR *et al.* 1998). La conexión inversa entre estos dos parámetros se explica por el hecho que a mayor profundidad existe mayor fuerza de expansión a nivel de las puertas de arrastre originando un aumento en la extensión horizontal y como la red es una estructura flexible, entonces disminuye en su abertura vertical y viceversa (SALAZAR *et al.* 1996).

PARA N2: regresión simple entre abertura horizontal - velocidad de arrastre (Fig. 5a), se registró una buena correlación y una pobre adecuación del modelo ($r=0,64$ y $R^2=0,41$); esto quiere decir que la velocidad de arrastre es un factor que no explica completamente el comportamiento de la abertura horizontal, determinándose que un 58,8% no puede ser explicado por el ajuste del modelo ($h = 7,17 + 2,30V$), atribuyéndose este porcentaje a otras variables que no han sido incluidas. La razón entre estos parámetros fue de 2,30, coincidiendo con la regresión calculada para la misma red en el crucero

9806-07 ($h = 7,52 + 2,22V$).

La regresión entre abertura horizontal – profundidad (N3 Fig 6a) se planteó en el Cr. 9607-08 BIC. SNP1, con el propósito de determinar evidencias sobre un distinto comportamiento de la red con la profundidad, determinándose una relación logarítmica entre estas variables. En esta oportunidad, se determinó que la profundidad es una variable que produce cambios en la abertura horizontal, y esta relación se expresa mejor con una ecuación logarítmica ($h=9,41+1,36\ln P$), notándose una buena correlación directa ($r = 0,69$).

PARA N4: regresión entre abertura horizontal vs abertura vertical y velocidad de arrastre ($h=19,635-1921v+0,961V$); este modelo se planteó para determinar el grado de conexión entre las variables consideradas, obteniéndose una alta correlación y una buena adecuación del modelo ajustado ($r=0,81$ y $R^2=0,65$), siendo la abertura vertical la de mayor contribución individual ($t = -5,68$; $p=0,00$). Al realizar la selección de variables mediante la regresión Stepwise, se determinó que ambas variables son significativas y deben incluirse en el modelo ($F\text{-remove}=32,26$ y $6,03$ para la abertura vertical y velocidad, respectivamente).

PARA N5: regresión entre abertura horizontal vs. abertura vertical y profundidad ($h=18,660-1871v+0,914\ln P$); este modelo se planteó tomando en cuenta las variables de mayor correlación con la abertura horizontal, incluyendo el logaritmo de la profundidad, obteniéndose una alta correlación y una buena adecuación del modelo ajustado ($r=0,89$ y $R^2= 0,79$), siendo la de mayor contribución individual la abertura vertical ($t=-8,27$, $p=0,00$). Al realizar la regresión Stepwise, se determinó que ambas variables deben considerarse en el modelo, pues resultaron significativas ($F\text{-remove}=60,33$ y $41,05$ para la abertura vertical y el logaritmo de la profundidad respectivamente).

PARA N6: regresión entre abertura horizontal vs velocidad y profundidad ($h=4,225+1,687V+1,077\ln P$); este modelo se formuló en consideración a factores externos que se pueden controlar, incluyendo el logaritmo de la profundidad, se obtuvo una alta correlación y una buena adecuación del modelo ajustado ($r=0,82$ y $R^2=0,68$), teniendo ambos factores contribución individual significativa ($t=-5,37$ y $6,29$; $p=0,00$ y $0,00$ para la velocidad y logaritmo de profundidad respectivamente), al realizar la selección de variables, se determinó que ambas deben considerarse en el ajuste, pues resultaron significativas ($F\text{- remove}=28,86$ velocidad y $39,56$ logaritmo de la profundidad).

El modelo N6 es válido y adaptable para realizar interpolaciones, estimaciones y predicciones de la abertura horizontal de la red de arrastre de fondo 450/120 empleada como muestreadora en los estudios de evaluación de merluza, por dos razones:

- (a) los valores estimados siguen la tendencia de los valores observados, lo cual indica que la ecuación desarrollada describe correctamente el comportamiento de la abertura horizontal (Fig 8).
- (b) Los factores que intervienen en esta ecuación son factores externos que podemos controlar y verificar las estimaciones mediante los intervalos de confianza.

EL MODELO N7: regresión entre abertura horizontal vs abertura vertical, velocidad de arrastre y profundidad ($h=14,512-1,500v+0,755V+0,87LnP$) este modelo resultó el de mejor adecuación ($R^2=0,82$), es decir que la abertura vertical, velocidad de arrastre y profundidad explican en 88,2% el comportamiento de la abertura horizontal, el modelo fue trascendente ($F=67,93$ y $p=0,000$), y además registró alta correlación entre la abertura horizontal y las variables explicatorias ($r=0,90$), las variables de mayor contribución al modelo resultaron como era esperado, la abertura vertical y profundidad ($t=-5,86$, $p=0,00$ ab. Vertical y $t=6,46$, $p=0,00$ logaritmo profundidad), al realizar la selección de variables mediante regresión Stepwise, para obtener el mejor subconjunto de variables explicatorias, se determinó que las variables consideradas deben mantenerse en el modelo pues resultaron significativas (F -remove=34,36; 6,86; 41,77 para Ab. Vertical, velocidad y logaritmo de profundidad respectivamente).

Si bien el modelo N7, presenta la mayor correlación y es de mayor trascendencia, para fines prácticos no es conveniente, porque incluye como variable explicatoria la abertura vertical y éste es un parámetro del funcionamiento de la red que no controlamos, pues no

podemos provocar variaciones en forma directa sobre éste.

Los variogramas (Fig. 7a) mostraron para el caso de la diferencia de tiempos de inicio efectivo de arrastre entre los datos tomados por el Scanmar y los registrados por bitácora (del patrón de pesca), que la red cuando se operaba en los estratos II y III, tenía una demora en el contacto con el fondo mucho mayor que en el estrato I; en términos promedios el porcentaje de error para el estrato I fue 7,8% el cual se considera irrelevante, sin embargo para los estratos II y III el error fluctuó entre 11,18 y 12,50% respectivamente, que de no considerarse puede ocasionar problemas en la determinación exacta del área recorrida por la red, lo cual es un factor importante en la evaluación de recursos demersales por el método del área barrida; esta variación puede tener su origen en varios factores, como la velocidad de hundimiento, la velocidad de largado de la red, la proporción de cable principal vs profundidad de arrastre, el peso de la relinga inferior, el tren de arrastre, vientos, las corrientes subsuperficiales, la destreza del capitán de pesca, etc.; sin embargo con algunas modificaciones físicas a aplicarse sobre la estructura de la red y en la estrategia de pesca, se podría disminuir este sesgo o porcentaje de error.

En la diferencia entre los datos Scanmar y bitácora para el tiempo de término efectivo de arrastre, se observó en el variograma (Fig. 7b) que la tendencia en el comportamiento de la red en los tres estratos de profundidad es homogénea en nivel por lo tanto no puede ser considerado como fuente de error, ya que estos promedios representan el 4,04, 7,11 y 6,81% de error para los estratos I, II y III, respectivamente.

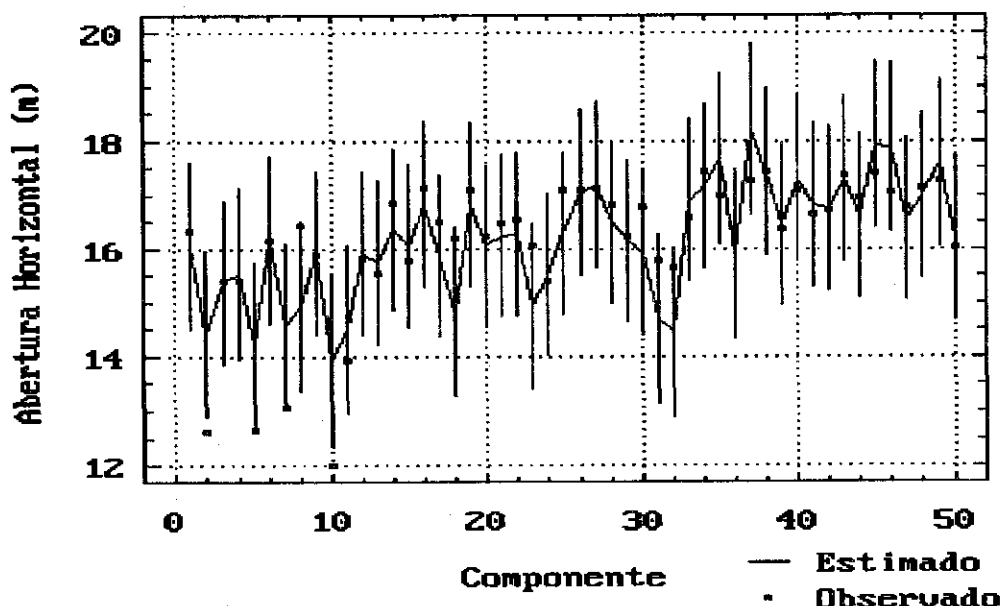


FIGURA 8. Valores observados y estimados con intervalos de confianza al 95%. N6: $h = 4,225 + 1,687V + 1,077LnP$.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron 64 operaciones de pesca, desarrollándose 16, 24 y 24 faenas de pesca en los estratos de profundidad I, II y III, respectivamente, y según áreas de desembarque 47, 5 y 12 operaciones de pesca para las sub-áreas A, B y C, respectivamente.

2. Usando la metodología de descarte de datos se seleccionaron 50 y descartaron 14 de los 64 lances.

3. La abertura horizontal varió de 12,01 a 17,45 m, las profundidades de cala entre 38,51 y 619, con la velocidad de arrastre promedio fue de 3,88 nudos.

4. Se confirmaron las relaciones funcionales entre las variables consideradas, estableciéndose una relación logarítmica entre abertura horizontal y profundidad.

5. Se determinó que la ecuación N6: $h = 4,225 + 1,687 * V + 1,077 * \ln P$, describe en forma adecuada el comportamiento de la abertura horizontal.

6. La diferencia máxima en tiempo de inicio de arrastre fue de 5,5 minutos, mientras que la diferencia máxima en el tiempo final fue de 6 minutos.

Referencias

- SALAZAR, C., F. GANOZA y A. ALIAGA. 1996. Comportamiento de la red de arrastre Granton 400/127 en la evaluación de los recursos demersales. Invierno 1996. Inf. Inst. Mar Perú 124: 23-27.
- SALAZAR, C., A. ALIAGA y R. VARGAS. 1998. Comportamiento de la red de arrastre de fondo tipo 450/120 empleada en el estudio de recursos demersales a inicios del invierno 1998. BIC José Olaya Balandra 9806-07. Inf. Inst. Mar Perú 138: 122-127.