

Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero

Nº 6 - Diciembre 1986

Director: Dr. Antonio Malaret

**RELACION ENTRE LA LONGITUD MINIMA DE CABLE
DE ARRASTRE A FILAR Y LA PROFUNDIDAD
DE PESCA EN FUNCION DE LAS VARIABLES
MAS REPRESENTATIVAS**

por

RUBÉN ERCOLI *

Palabras claves: pesca experimental - artes de pesca - operaciones pesqueras

Key words: experimental fisheries - fishing gears - fishing operations

SUMMARY

Relationship between minimum length of warp payed out and fishing depth as a function of the most representative variables.

A practical and simple technique which gives an approximate solution to the determination of minimum length of warp payed out during a demersal or bottom trawl operation is proposed. The method takes into account such variables as: weight in the water of warp payed out, of the otter board and the maximum trawling speed determined for each vessel in particular.

The FRS "Dr. E. L. Holmberg" of the National Institute for Scientific Research and Development (INIDEP, Mar del Plata) was used to test the method.

Details and graphs are presented so that fishing captains may apply the technique to their own ships, starting with a minimum warp/depth ratio, ensuring permanent contact between otter boards and sea-bottom. The length of warp payed out may then be increased to obtain the optimum distance between otter boards to achieve a perfect performance of the net and fishing cone.

* Investigador del INIDEP

INTRODUCCION

De acuerdo con el sistema de fuerzas que se generan sobre un aparejo de pesca demersal o de fondo, cuando éste es arrastrado a una cierta velocidad de arrastre (V_a), se observa que la resistencia al avance total del aparejo (red-bridas-malletas o patentes-portones-cable de arrastre) es transmitido al barco por medio de los cables de arrastre (ver figura 1). En estas condiciones, dicho esfuerzo posee una componente en sentido

vertical que es la que en definitiva trata de elevar el portón por sobre la superficie del fondo marino. Resulta evidente que este último deberá poseer el peso en el agua adecuado para que esto no suceda y por consiguiente el portón pueda deslizarse sobre la superficie del fondo ejerciendo una cierta presión sobre el mismo. Por otra parte y con el fin de no complicar los cálculos se supondrá que el cable de arrastre se comporta en toda su longitud como una línea recta desde el barco hasta el portón, o sea sin formación de ca-

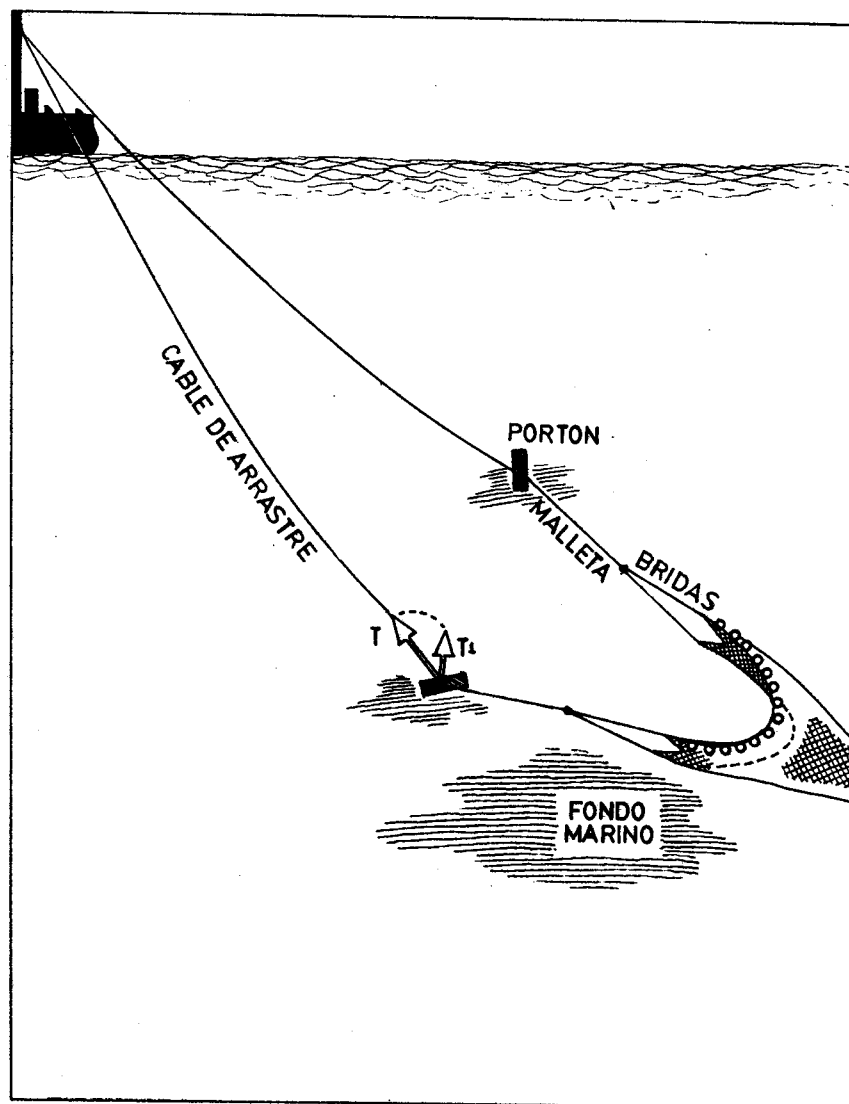


FIG. 1: Identificación de los elementos del aparejo.

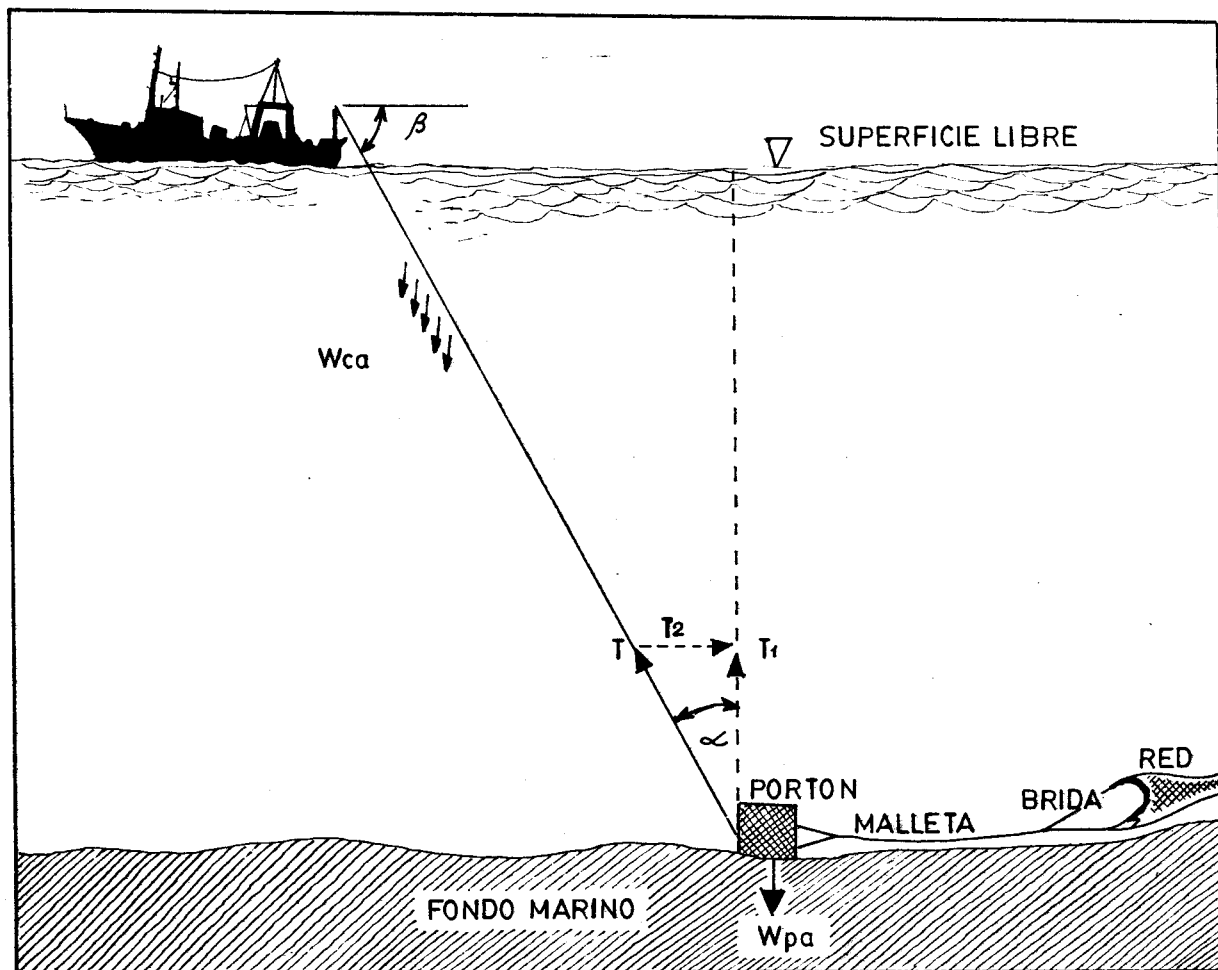


FIG. 2: Representación de los esfuerzos considerados.

tenaria de ningún tipo, como se indica en la figura 2, donde:

T = esfuerzo que se produce en el cable de arrastre debido al aparejo (kg)

T_2 = Resistencia al avance en el sentido del desplazamiento (kg) (Componente horizontal de T)

T_1 = Componente vertical de T . Fuerza de elevación (kg)

W_{pa} = Peso del portón en el agua (kg)

W_{ca} = Peso del cable de arrastre en el agua por unidad de longitud (kg/m)

L_{cm} = Longitud mínima de cable de arrastre filado

L_c = Longitud de cable de arrastre filado.

De acuerdo con lo descrito resulta evidente que para que el portón se mantenga presionando sobre el fondo se debe cumplir con lo siguiente:

$$W_{pa} + W_{ca} \cdot L_c \geq T_1 \quad (1)$$

o bien

$$W_{pa} + W_{ca} \cdot L_c \geq T \cos \alpha \quad (2)$$

ya que

$$T_1 = T \cos \alpha; \text{ siendo } \alpha = 90^\circ - \beta$$

β = ángulo de declinación del cable de arrastre (puede ser medido a bordo).

α = ángulo formado por el cable de arrastre y la vertical que representa la profundidad en el punto de aplicación del esfuerzo T .

Si igualamos ambos miembros de la expresión (2), tendremos que el Lc. utilizado para cada profundidad de pesca será el mínimo necesario para que un portón de determinado peso no se eleve sobre el fondo marino, o sea:

$$W_{pa} + W_{ca} \cdot L_{cm} = T \cos \alpha;$$

por lo tanto:

$$L_{cm} = \frac{T \cos \alpha - W_{pa}}{W_{ca}} \quad (3)$$

Además teniendo presente que "cos α " es el valor que toma la relación

$$\mu = \frac{\text{profundidad de pesca}}{\text{longitud cable de arrastre}},$$

hemos relacionado esta última con la Fuerza de elevación $T_1 = T \cos \alpha$, con el peso del portón

en el agua y con el peso de la longitud mínima de cable de arrastre en el agua (ver Figura 3).

Para determinar los pesos en el agua tanto del portón como del cable de arrastre, se deberá primero calcular el peso de los mismos en seco para después aplicar el respectivo coeficiente de inmersión o flotabilidad de acuerdo con el material de que se trate.

$$W_{pa} = W_{p \text{ seco}} \times \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) \quad (4)$$

donde

$$\gamma = \text{peso específico del cuerpo} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$$

$\frac{\gamma - 1}{\gamma} = \text{coeficiente de inmersión, para el}$
hierro o acero = 0,87.

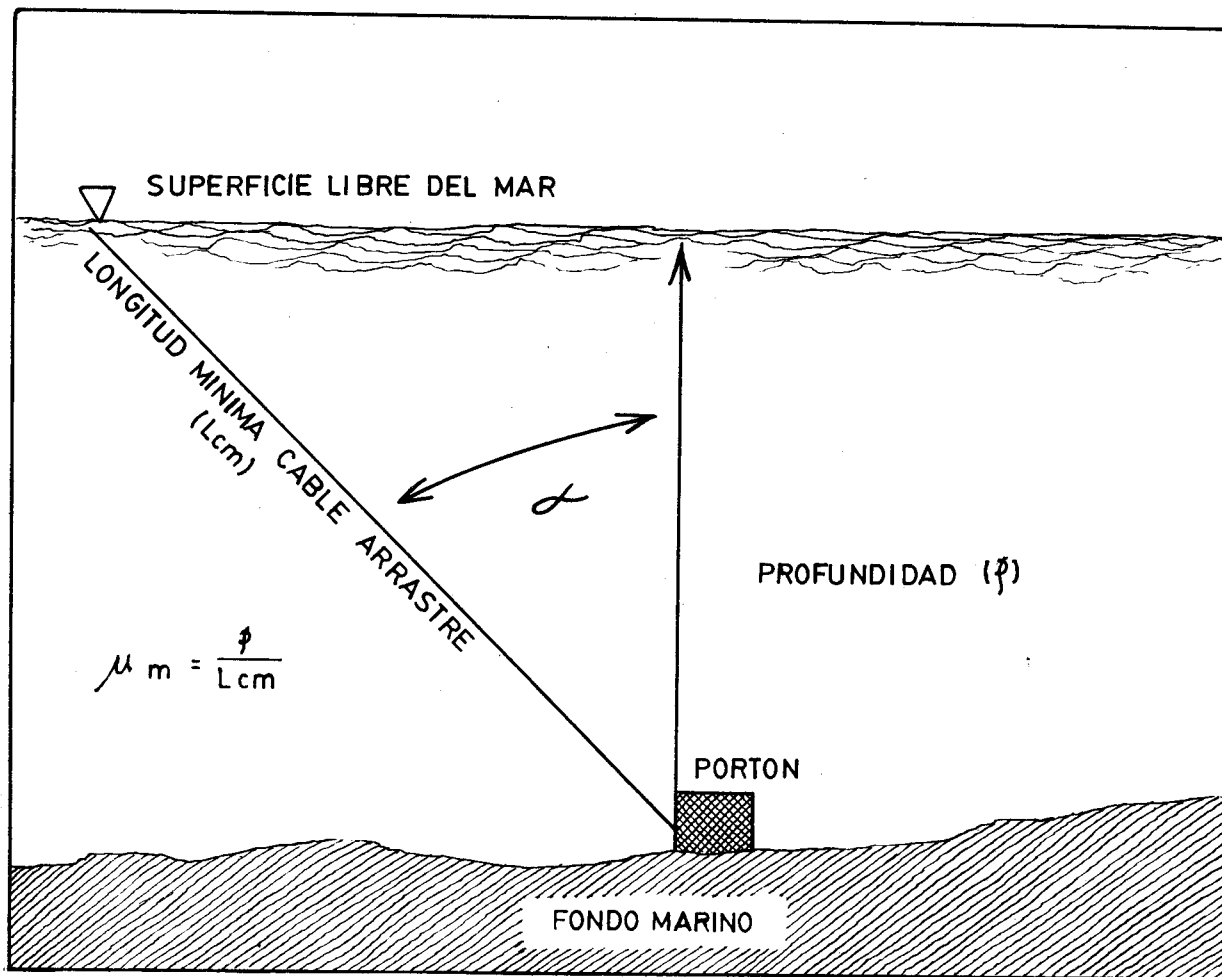


FIG. 3: Representación de la relación μ_m

En cuanto al esfuerzo que se produce en el cable de arrastre debido al aparejo, o sea "T", debe ser estimado en función de la potencia efectiva para el arrastre (EHP) que posee el barco y de acuerdo con la máxima velocidad de arrastre (V_a) que será utilizada en las diferentes operaciones de pesca al arrastre. A su vez el EHP puede ser determinado a partir de la potencia nominal al freno (BHP) que posee la máquina principal del barco, (impresa en la placa de identificación del motor) afectándola de los respectivos coeficientes de seguridad como ser:

k_1 = coeficiente de seguridad en el uso del motor,

k_2 = coeficiente de mar (según el estado del mar y las dimensiones del barco),

k_3 = coeficiente de eficiencia de la hélice (según sea de paso fijo o variable),

en consecuencia $EHP = BHP \times k_1 \times k_2 \times k_3$; de acuerdo con Okonski y Martini (1977).

Según el criterio de Namura (1981), utilizando un valor promedio de 0,22 para k_3 y los valores más corrientes tanto para k_1 como para k_2 de 0,85, se obtiene la expresión $EHP = BHP \times 0,85 \times 0,85 \times 0,22 = BHP \times 0,16$ (5) que será utilizada en el presente trabajo. Una vez obtenido el EHP, resulta muy simple estimar el valor de T disponible para una velocidad de arrastre dada, según la expresión:

$$T = \frac{EHP \times 75}{V_a} \quad (6)$$

donde 75 es el factor de conversión de potencia

$$\left[\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg.}} / \text{HP} \right]$$

Es evidente que si se utiliza un valor de V_a que sea máximo, para la embarcación considerada, se obtiene un valor de T máxima disponible para el dimensionamiento de todo el aparejo de pesca. En estas condiciones y para una cierta relación $\mu = \text{cte}$, siempre que se utilice el mismo aparejo de pesca, el valor de T real sobre los cables de arrastre disminuirá a medida que la velocidad de arrastre sea menor y por lo tanto también irá decreciendo la fuerza de elevación T_1 , con lo cual al tener siempre el mismo peso entre cable y portón, estos últimos no se despegarán del fondo. En el caso contrario, si se pasa el valor de V_a máximo, siempre con el mismo aparejo, llegará un momento en que alcanzados los coeficientes de seguridad establecidos para determinar

EHP, el barco no podrá arrastrar el equipo a esa velocidad. Existirá en este último caso una gama de V_a que producirá un aumento tal de T que podrá elevar los portones sobre el fondo marino, con las lógicas consecuencias del cierre del equipo de pesca.

También cabe el análisis de tener un aparejo subdimensionado cuya resistencia al avance sea menor que la "T" disponible obtenida según la ecuación (6) para una V_a máxima. En este caso arrastrando a esa velocidad máxima, la tensión T real sobre los cables de arrastre será menor que la T disponible y en consecuencia también será menor T_1 favoreciendo la permanencia de los portones sobre el fondo. Si por el contrario el aparejo está sobredimensionado, su resistencia al avance será mayor que la T disponible para una V_a máxima. En estas circunstancias si los márgenes de seguridad establecidos (k_1 , k_2 , k_3) no son cubiertos al máximo permitiendo la realización del arrastre, la T real en los cables de arrastre V_a a ser mayor que la T disponible calculada en (6) y entonces es probable que se levanten los portones sobre el fondo para el mismo valor de μ utilizada en el caso anterior.

Todas estas circunstancias demuestran que no resulta sencillo establecer relaciones de μ de orden general sino que las mismas deben ser establecidas para cada caso particular. Por esta razón y teniendo en cuenta que el diseño de un aparejo de pesca al arrastre se realiza en base a la T disponible de la expresión (6), el autor ha analizado la aplicación de una relación μ mínima entre la profundidad de pesca y la longitud del cable de arrastre, con el fin de poder contar con una longitud filada mínima de este último que asegure la permanencia del portón apoyado sobre el fondo para una determinada profundidad. Luego el capitán de pesca deberá ir incrementando la longitud de cable filado para esa profundidad, hasta alcanzar una distancia entre portones que asegure un perfecto funcionamiento de la red y del cono de pesca establecido (ver Figura 7).

APLICACION DEL METODO

Se trata de determinar la relación mínima (μ_m)

$$\mu_m = \cos \alpha = \frac{\text{profundidad de pesca}}{\text{longitud cable de arrastre mínima}} = \frac{P}{L_{cm}}$$

con que debe operar el BIP "Dr. E. L. Holmberg" en profundidades de pesca de 20 a 1.000 m.

BHP = 2.100 HP, con hélice de paso variable.

Eslora = 61,95 m; Manga = 11 m; TRB = 958 t.

Característica del barco: cerquero-arrastrero con rampa.

Característica de los portones de fondo:

Diseño japonés, alto curvado.

Wpa = 1.100 kg (dado por el fabricante).

La velocidad de arrastre máxima para aparejos de fondo establecida en este caso particular y

para realizar lances de pesca evaluativos, es de 4 nudos o sea:

$$V_a = 4 \text{ Nds} \cong 2 \text{ m/seg}$$

aplicando la ecuación (5) se tiene:

$$\text{EHP} = \text{BHP} \times 0,16 = 2.100 \times 0,16 = 336 \text{ HP}$$

$$\text{de (6) } T = \frac{\text{EHP} \cdot 75}{V_a} = \frac{336 \times 75}{2} = 12.600 \text{ kg}$$

como son dos cables de arrastre se toma para uno

$$T = \frac{12.600}{2} = 6.300 \text{ kg.}$$

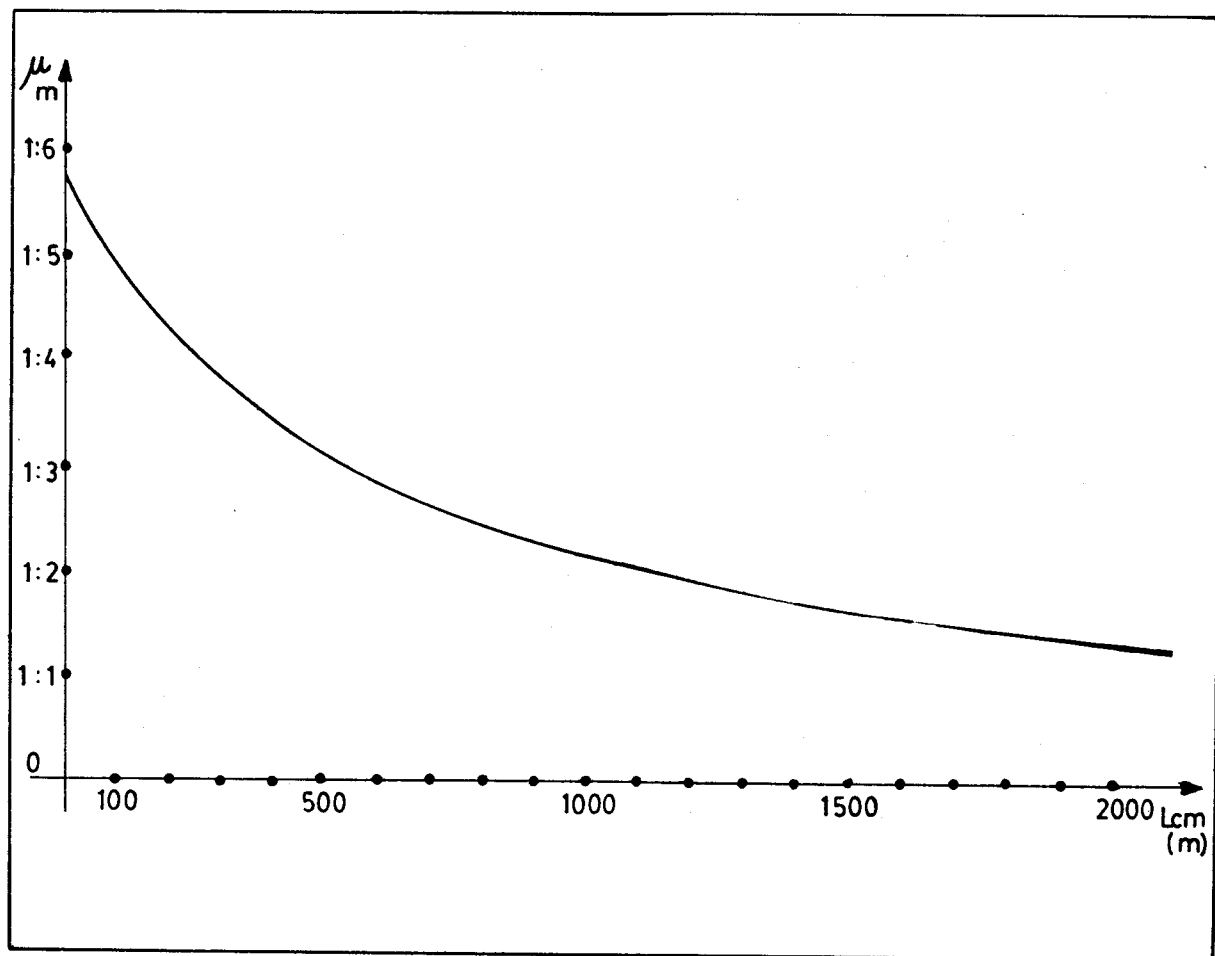


FIG. 4: Relación entre μ_m y la longitud mínima de cable de arrastre a filar (L_{cm}) para el BIP "Dr. E. L. Holmberg". $V_a = 4$ Nds., T disponible por cable = 6.300 kgr.

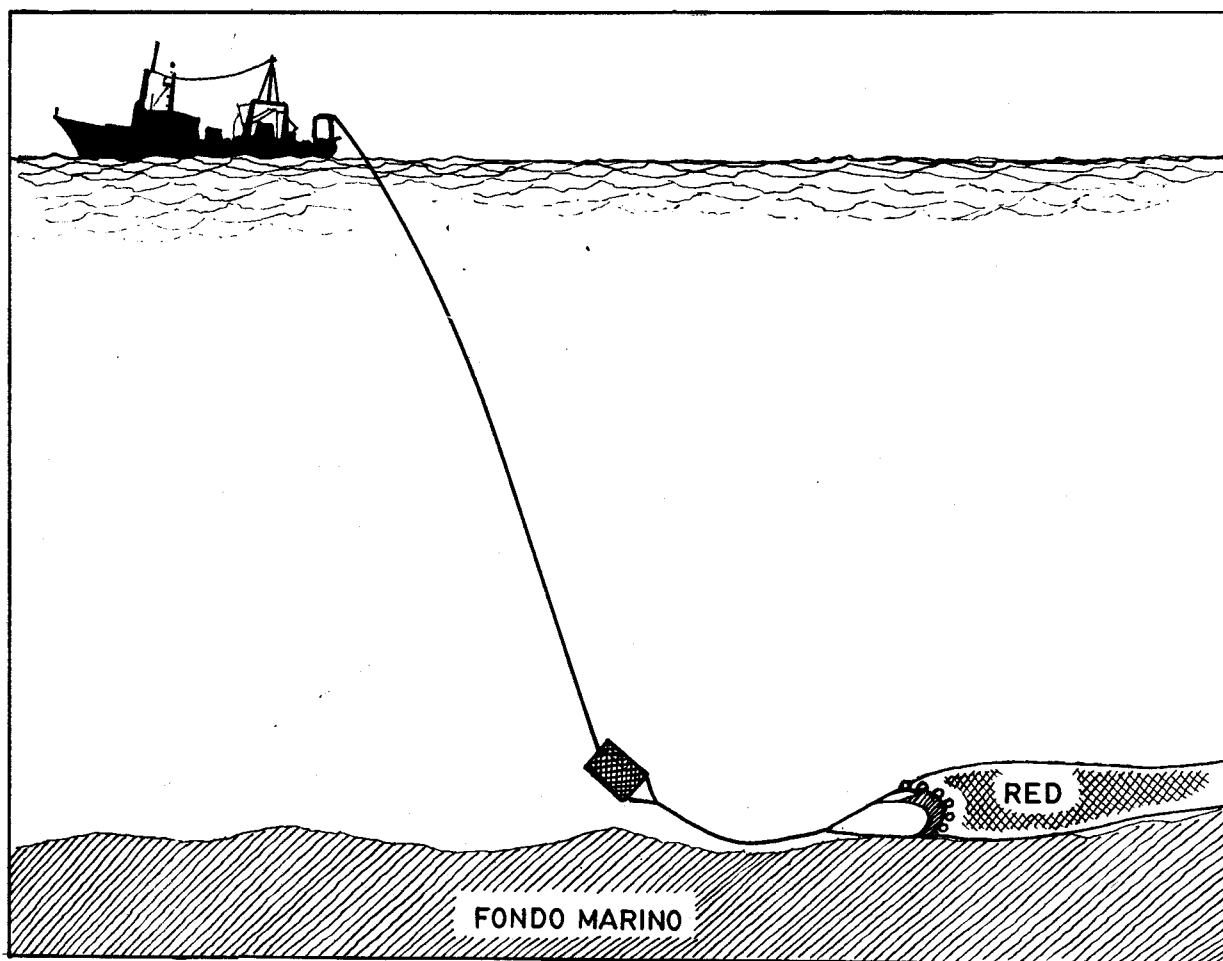


FIG. 5: Valor límite teórico de $\mu_m = \frac{l}{j}$

El cable de arrastre que utiliza este Barco, es de acero galvanizado de $6 \times 19 \times 1$ AT con un diámetro de 24 mm y un peso por unidad de longitud de $W_c = 2,150$ kg/m.

Se comienza el cálculo para la relación $\mu_m = \frac{1}{1,5}$ para llegar a valores de $\mu_m = \frac{1}{5,5}$

por lo tanto para

$$\mu_m = \frac{1}{1,5} = \cos \alpha = 0,6666$$

$$T_1 = T \cos \alpha = 6.300 \times 0,6666 = 4.200 \text{ kg.}$$

De la ecuación (3) se obtiene:

$$L_{cm} = \frac{T \cos \alpha - W_{pa}}{W_{ca}} = \frac{4.200 - 1.100}{2.150 \times 0,87} = 1.658 \text{ m.}$$

Recordar que $W_{ca} = W_c \text{ seco} \times \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$

y que $\left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$ para el acero es $= 0,87$.

Se entiende de esta manera que para aplicar la relación $\mu_m = \frac{1}{1,5}$ se deberá tener filada una longitud mínima de cable de arrastre de 1.658 m para tener la certeza de que los portones no se elevarán sobre el fondo marino.

Si se quisiera pescar con la misma relación $\mu_m = \frac{1}{1,5}$ en una profundidad de $p = 1.000$ m, la L_c a filar sería, de acuerdo con la relación, $L_c = 1.000 \times 1,5 = 1.500$ m, pero como el L_c mínimo que le corresponde es de 1.658 m los portones se elevarán del fondo.

Siguiendo con este planteo se ha elaborado la Tabla 1, en la que se han determinado los valo-

res de L_{cm} , p y μ_m , partiendo de la ecuación (3)

$$L_{cm} = \frac{T \cos \alpha - Wpa}{Wca}$$

y de

$$\mu_m = \frac{P}{L_{cm}}$$

Con estos valores se puede trazar el gráfico de la Figura 4 en base a un sistema de ejes ortogonales cartesianos, colocando en la ordenada los valores de μ_m y en la abscisa la longitud de cable de arrastre mínimo que se debe filar. Como se puede observar la longitud de cable de arrastre mínima a filar aumenta a medida que la profundidad de pesca se acerca al valor de la longi-

TABLA 1. Valores correspondientes a la relación μ_m , longitud mínima de cable de arrastre filado (L_{cm}) y profundidad de pesca (p).

NOTA: Los decimales están aproximados a la unidad en más o menos a partir de 0,50.

$$\mu_m = \frac{P}{L_{cm}}, \quad L_{cm} = \frac{T \cos \alpha - Wpa}{Wc \times \frac{\gamma - 1}{\gamma}} = \frac{T \cos \alpha - Wpa}{Wca}$$

μ_m	L_{cm} [m]	p [m]	μ_m	L_{cm}	p	μ_m	L_{cm}	p
1:1,5	1.658	1.105	1:2,8	615	220	1:4,1	233	57
1:1,6	1.517	948	1:2,9	573	198	1:4,2	214	51
1:1,7	1.394	820	1:3	535	178	1:4,3	195	45
1:1,8	1.283	713	1:3,1	499	161	1:4,4	177	40
1:1,9	1.185	624	1:3,2	465	145	1:4,5	160	36
1:2	1.096	548	1:3,3	433	131	1:4,6	144	31
1:2,1	1.016	484	1:3,4	403	119	1:4,7	129	27
1:2,2	943	429	1:3,5	374	107	1:4,8	114	24
1:2,3	877	381	1:3,6	348	97	1:4,9	99	20
1:2,4	815	340	1:3,7	322	87	1:5	86	17
1:2,5	759	304	1:3,8	298	78	1:5,1	72	14
1:2,6	708	272	1:3,9	276	71	1:5,5	24	4
1:2,7	660	244	1:4	254	63	1:5,7	≈ 0	0

INTERPRETACION:

Si el BIP "Dr. E. L. Holmberg" va a arrastrar con una $V_a = 4$ Nds., en una profundidad de $p = 820$ m, deberá como mínimo usar una relación $\mu_m = \frac{1}{1,7}$ para fijar una longitud mínima de cable de arrastre $L_{cm} = 1394$, con el fin de tener la certeza de que los portones apoyarán sobre el fondo. Luego deberá incrementar la longitud de cable de arrastre hasta obtener la distancia entre portones adecuada a su aparejo (red-cono de pesca).

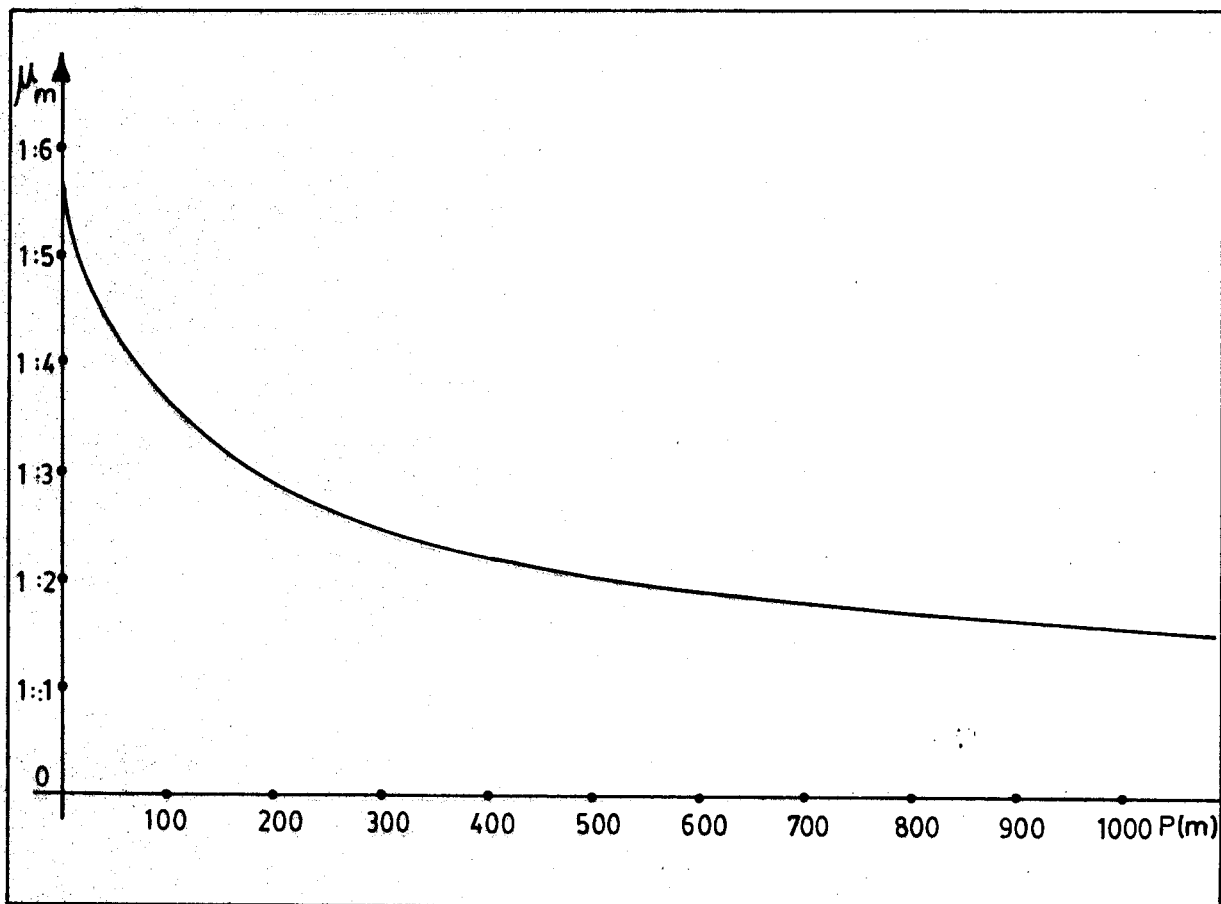


FIG. 6: Relación entre la profundidad de pesca (p) y la relación μ_m a adoptar en el BIP "Dr. E. L. Holmberg" para que los portones no se "levanten" del fondo a una $V_a = 4$ Nds. A partir de estos valores, se deberá incrementar la longitud del cable de arrastre filado, con el fin de obtener la distancia entre portones adecuada al cono de pesca dimensionado.

tud de cable filado y en el caso límite de $\mu_m = \frac{1}{1}$, el valor de L_{cm} se hace de 2.780 m. Este último es un valor límite teórico no usado en la práctica y significa que navegando el barco a 4 nds en una profundidad superior a los 2.780 m. si se filara esa cantidad de cable de arrastre, el aparejo de pesca quedaría en sentido normal a la superficie libré del mar mientras el barco navega a esa V_a , como se observa en la Figura 5.

En el otro extremo el valor límite de $L_{cm} = 0$, se alcanza aproximadamente para $\mu_m = \frac{1}{5,7}$. Esto quiere decir que cuando se utilizan relaciones de μ_m en las cuales el valor de la L_{cm} supera en 5,7 veces el de la profundidad, con

cualquier longitud apropiada de cable que se utilice en ningún momento el portón se elevará del fondo.

Por ejemplo si se está pescando a 30 m y se quiere aplicar $\mu_m = \frac{1}{7}$; se deberá filar $7 \times 30 \text{ m} = 210 \text{ m}$ y para esta situación ya no preocupa el L_{cm} porque ha sido superada la relación $\mu_m = \frac{1}{5,7}$ para la cual $L_{cm} = 0$.

De la Tabla 1 también se ha elaborado el gráfico de la Figura 6 sobre un sistema de ejes ortogonales cartesianos en cuya ordenada se han colocado los valores de μ_m y en la abscisa los de p . De esta manera para cada profundidad de pesca

en que opere el BIP "Dr. E. L. Holmberg" se podrá sacar la μ_m mínima a aplicar para que los portones no se "despeguen" del fondo marino. Luego el Capitán de Pesca deberá ir incrementando la longitud de cable de arrastre hasta obtener la distancia entre portones necesaria para el buen funcionamiento de su aparejo (ver Figura 7), ya que al partir de una relación μ mínima, es evidente que al ir incrementando la longitud de cable filado se incrementará la distancia entre portones.

Cabe resaltar que esto último también tiene un límite, ya que al incrementarse la distancia entre portones se incrementan los ángulos que forman los cables con la dirección del movimiento, produciendo un aumento en las componentes de las tensiones, que tienden a cerrar el equipo y que

son las que se oponen a la fuerza de expansión del portón.

Durante la campaña desarrollada por el BIP "Dr. E. L. Holmberg" en el mes de agosto del año 1983, se pudo verificar en algunos lances de pesca, que los portones dejaban de tocar el fondo marino para determinadas relaciones de μ . Como ejemplo puede citarse el lance N° 9 en el cual los portones, luego de 1h 5' de arrastre no presentaron el brillo característico que adquieren las zapatas cuando se roza permanentemente el fondo. Asimismo la zonda para red, colocada en el centro de la relinga superior de la misma, reprodujo la inestabilidad del arte de pesca a permanecer sobre el fondo, con tendencia permanente a elevarse, lo cual puede ser observado en el ecograma de la Figura 8. Si bien el ecograma marca que la red

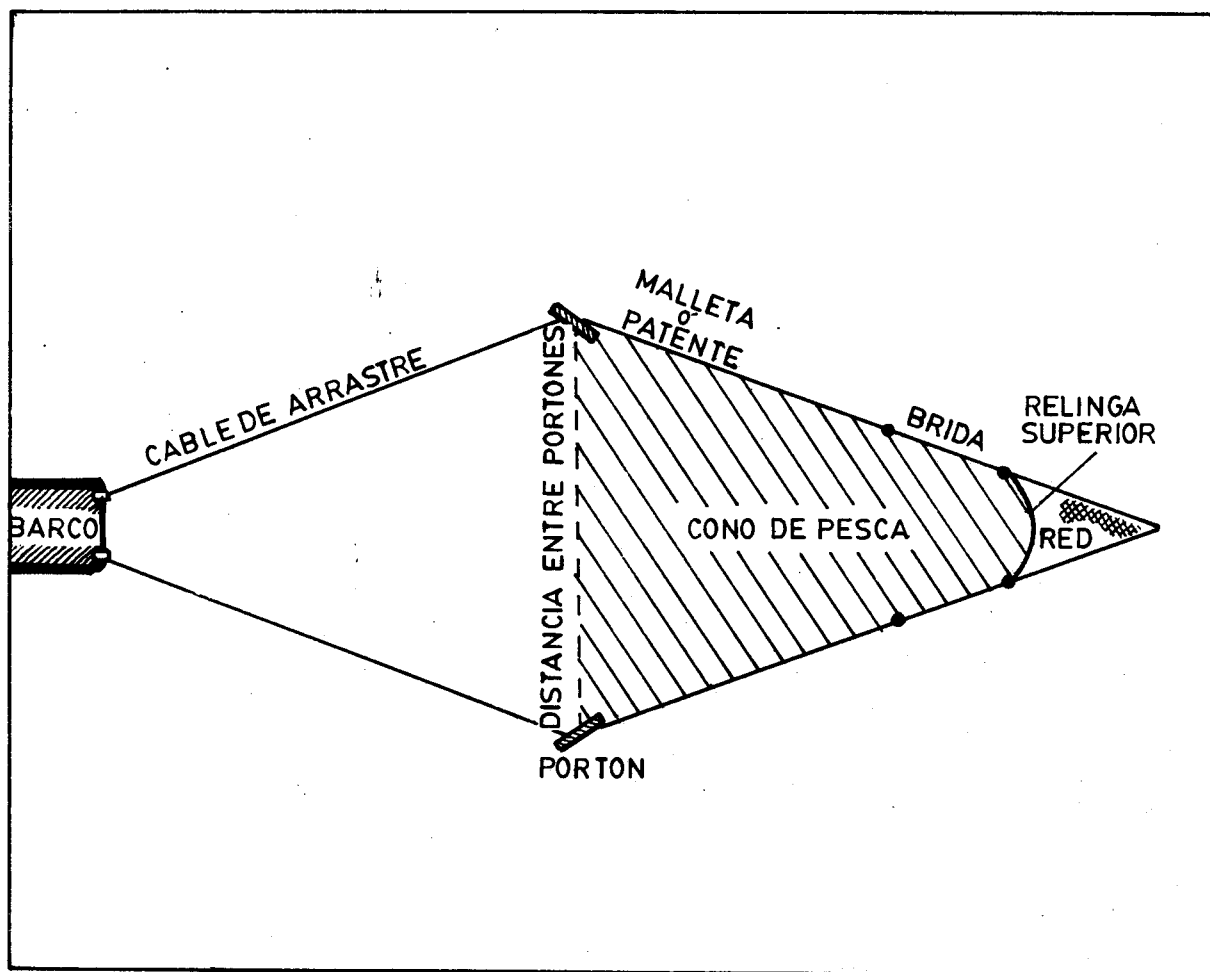


FIG 7: Cono de Pesca (Fishing-cone).

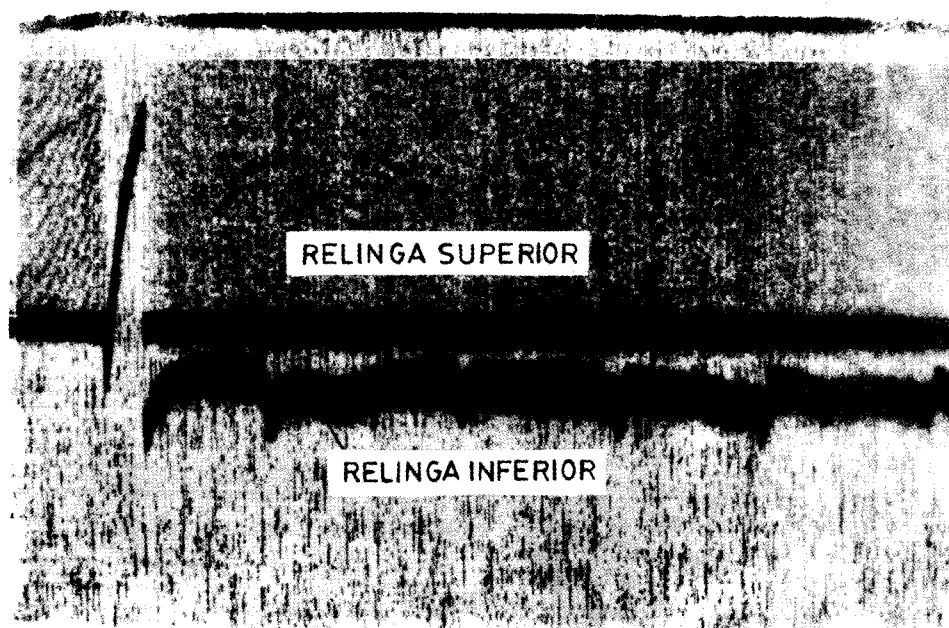


FIG. 8: Muestra la tendencia permanente a elevarse del fondo marino, de una red de arrastre de fondo, cuando se ha filado una longitud de cable de arrastre menor a la L_{cm} , dada en la Tabla 1 y Figuras 4 y 6.

está cerca o sobre el fondo, su inestabilidad demuestra que los portones no tocaban el fondo marino.

Las relaciones μ utilizadas en esa oportunidad fueron las siguientes:

Profundidad (m)	Cable filado (m)	μ
285	645	2,26
285	630	2,21
262	620	2,36
270	630	2,33
270	640	2,37
268	650	2,42
265	660	2,49

Según la Tabla 1, el μ_m para la profundidad $p=272$ m es de $\mu_m=1:2,6$ con una longitud mínima de cable de arrastre filado de $L_{cm}=708$ m. En el caso del lance mencionado en ningún momento se llegó a filar esa cantidad de L_{cm} , razón por la cual los portones no trabajaron en forma estable en la superficie del fondo, con las consecuencias ya mencionadas y sin cap-

tura apreciable de peces. Visto de otra manera podría decirse que las relaciones de μ utilizadas (2,26 a 2,49) durante el lance N° 9 fueron inferiores a la μ_m necesaria (2,6) para que los portones permanecieran sobre el fondo y por lógica consecuencia menor aún que la μ necesaria para obtener una distancia entre portones adecuada al aparejo. El lance analizado verifica de esta forma los valores calculados en la Tabla 1 poniendo de manifiesto que el método presentado reúne condiciones prácticas y teóricas suficientes, para tenerse en cuenta como base de partida de una solución aproximada del problema tratado.

CONCLUSIONES

El problema analizado desde el punto de vista teórico-práctico, ha permitido establecer una relación mínima entre la profundidad de pesca y la longitud mínima de cable a filar, para que los portones se mantengan presionando sobre el fondo durante todo el arrastre y a una cierta velocidad. A partir de esta relación mínima, se deberá filar cable de arrastre, hasta alcanzar la distancia en-

tre portones necesaria para que el cono de pesca establecido durante el uso del aparejo, funcione correctamente. Es evidente que al considerar en esta relación exclusivamente el peso del cable de arrastre y el peso del portón en el agua, para una velocidad de arrastre máxima (la cual es función de las características del barco), se ha independizado la solución del tipo de diseño del portón.

Esto resulta importante debido a la gran variedad de diseños de portones hidrodinámicos que se utilizan en la actualidad, ya que al considerar solamente el peso del mismo en el agua, la longitud mínima de cable a filar será exactamente la misma, para todos los modelos de portones que use un barco determinado y que tengan el mismo peso.

La variación en la longitud del cable se tendrá después de haber filado el Lcm; porque para cada diseño de portón se deberá filar más o menos cable para alcanzar la misma distancia entre portones. Esto último dependerá del rendimiento de cada tipo de portón en cuanto a sus coeficientes de abertura y de resistencia.

Asimismo la determinación del Lcm resulta de particular interés en las operaciones de pesca a grandes profundidades (de 500 a 1.000 o más metros) en las que el peso del cable comienza a ser preponderante en el problema tratado, y su gran longitud filada incrementa notablemente la resistencia al avance producida por el cable.

Cabe destacar que en el caso del BIP "Dr. E. L. Holmberg", las longitudes de Lcm para cada profundidad de pesca han dado valores un poco elevados, debido fundamentalmente a que los portones utilizados son más livianos que los necesarios para una potencia de 2.100 HP.

El método presentado resulta de fácil aplicación por parte de los Capitanes de Pesca, quienes tendrán la oportunidad de elaborar sus propias tablas y gráficos de μ_m , Lcm y p para sus respectivos barcos en forma simple y con las variables más importantes en juego. Además la ventaja tal vez más importante es el hecho de que la presente solución puede ser desarrollada en forma teórica sin necesidad de navegaciones previas, sirviendo como base luego para pasar a la práctica y determinar la relación entre la profundidad y la longitud de cable filado necesario en cada caladero, para obtener la óptima distancia entre portones en función de la configuración preestablecida de un aparejo de pesca determinado.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Capitán del BIP "Dr. E. L. Holmberg" Dn. Cosme Todisco, por los valiosos conceptos aportados en base a su gran experiencia pesquera.

BIBLIOGRAFIA

- NOMURA, M. 1981. Fishing Techniques (2). JAICA. Tokyo, 183 pp.
- OKONSKI, S. y MARTINI, L. W. 1977. Materiales didácticos para la capacitación en Tecnología de Artes y Métodos de pesca. Proyecto PNUD/FAO. México, 606 pp.

