

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCION GENERAL DE PESCA

DESDE 1970

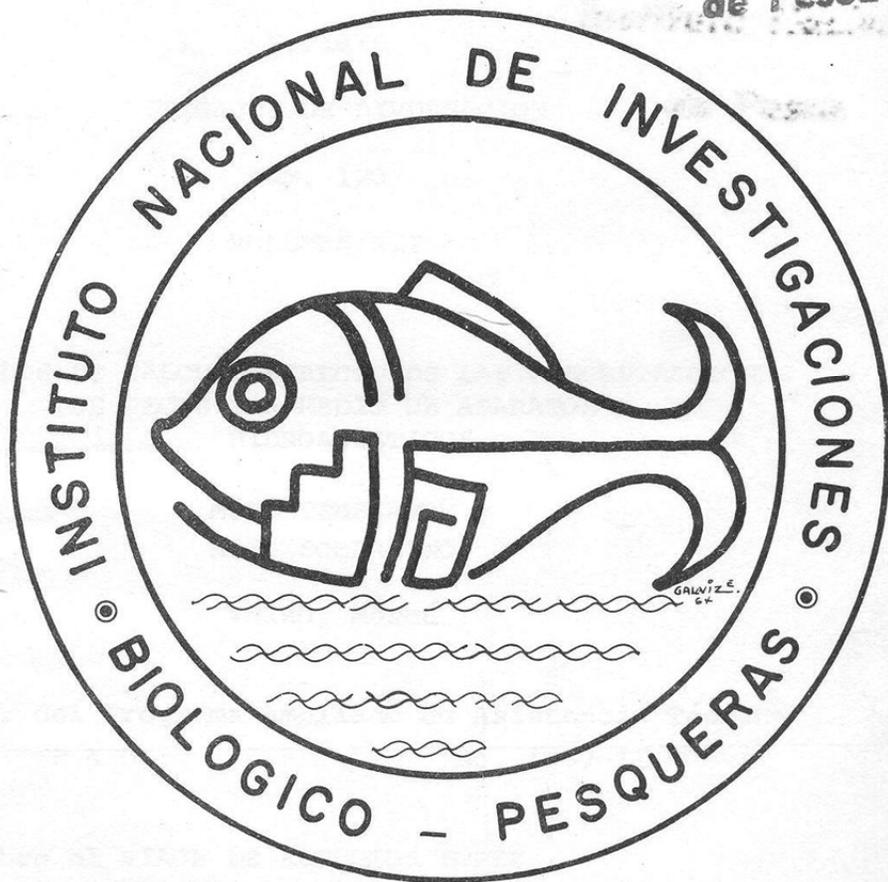
Instituto Nacional

de Pesca

TRABAJOS
DE
DIVULGACION

VOLUMEN XII

NUMERO: 120



MEXICO D. F.

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCION GENERAL DE PESCA E INDUSTRIAS CONEXAS.
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICO-PESQUERAS.

DESDE 1970

Instituto Nacional

Serie:

TRABAJOS DE DIVULGACION

de Pesca

Núm. 120

VOLUMEN XII

MÉTODOS DE CÁLCULO DIRECTO DE LAS CONCENTRACIONES
DE PECES POR MEDIO DE APARATOS
HIDROACÚSTICOS

M. D. TRUSKANOV y

M. N. SCHERBINO

VNIRO, Moscú

Tomado: del Programa Ampliado de Asistencia Técnica
F A O . No. 1937-II

Informe sobre el VIAJE DE ESTUDIOS SOBRE
BIOLOGIA PESQUERA Y OCEANOGRAFIA
REALIZADO POR UN GRUPO DE BECARIOS
EN LA UNION DE REPUBLICAS SOCIALISTAS SOVIE
TICAS.

10 de agosto - 23 de septiembre 1964 y Mayo 1966

j-chapa-s

Cada método está determinado, en resumidas cuentas, por un complejo de medios y posibilidades puestas a disposición -- del investigador.

Con la aparición de nuevos métodos técnicos de investigación surge la posibilidad de creación de nuevos métodos, la técnica de búsqueda de peces por medio de aparatos hidroacústicos es uno de ellos. En la actualidad varios países que tienen pesquerías oceánicas desarrolladas, poseen aparatos para la perfecta localización hidroacústica de los peces, en cualquier profundidad en la que son accesibles para la pesca.

Los autores de este trabajo se ocupan desde 1958 en proyectar un método hidroacústico que permita conocer la cantidad de peces que hay tanto en las concentraciones densas como en -- las dispersas.

En 1961, este método fué adoptado oficialmente para la -- determinación del estado de los stocks de arenque Atlántico-Escandinavo.

El método hidroacústico de determinación de la potencia numérica de los peces es el método de cálculo directo del número de peces en un cardumen y está exento, en grado considerable, de los defectos de los métodos de cálculo directo de la potencia numérica de los peces conocidos hasta ahora. Los otros métodos tenían una gran desventaja: para determinar la abundancia de un stock de peces de importancia comercial se usaban datos que sólo indirectamente caracterizaban la composición cuantitativa de un stock dado.

La exactitud de tales métodos depende de un gran número de factores, que muy a menudo no pueden ser evaluados cuantitativamente.

El método hidroacústico de determinación de la abundancia de peces es un método directo que permite obtener información sobre la potencia numérica de los peces en una zona determinada del mar por medio de aparatos hidrolocalizadores y electrónicos.

Es sabido que los peces de importancia comercial forman concentraciones de distinta densidad, siendo muy amplios

los límites de esta densidad: desde un ejemplar por cientos o miles de metros cúbicos de agua, a una veintena o dos en un metro cúbico.

Por lo general los peces pelágicos forman concentraciones más densas que los demersales. Se observa generalmente que la densidad de una concentración de peces es inversamente proporcional al tamaño de los ejemplares de que está compuesta. También es sabido que la densidad de concentración de ésta o aquella especie de peces de importancia comercial depende de la temporada; así, los cardúmenes en desove son casi siempre más densos que los que buscan alimento.

Cuando se hallan densas concentraciones locales, en los lugares de desove o invernación, la misma cantidad de ejemplares se hallará distribuída desigualmente sobre un área marina considerablemente grande, durante el período de cebamiento.

En relación con ésto, todos los ecogramas se pueden dividir en dos categorías:

- (a) ecogramas de concentraciones dispersas que permiten realizar un cálculo visual del número de peces, dentro del radio de operación de la ecosonda, (Fig. 1)
- (b) Ecogramas de concentraciones densas que no permiten realizar un cálculo visual del número de peces, dentro del radio de operación de la ecosonda, aunque en este caso los ecotrazos dan igualmente alguna información sobre el número de los objetos de dispersión, es decir, de peces - (Fig. 2).

Muchas especies de peces de importancia comercial se reúnen en ciertas áreas del mar durante determinado períodos de su vida, y sus concentraciones pueden dibujarse de manera bastante exacta por medio de aparatos hidrolocalizadores, es decir, se hace posible determinar el volumen de estas concentraciones.

Los métodos para determinar el volumen de las concentraciones de peces, tanto densas como dispersas, son semejantes, pero los métodos para determinar la densidad son di

ferentes.

La solución del problema de la determinación de la cantidad de peces en el stock se basa en el conocimiento de dos factores principales, el volumen y la densidad de una concentración de peces.

I.- Determinación del volumen de la concentración de peces.

La determinación del volumen de la concentración de peces, la forma de su distribución y el valor absoluto de su densidad se estima por medio de un reconocimiento ecométrico directo, su tiempo y lugar siendo determinados principalmente por la biología de la especie investigada. En este caso es desable tomar aquel período de tiempo en el que toda la población, o su mayor parte, está concentrada dentro del área menor posible (concentraciones pre-desove o de desove) o elegir el período en el que el stock está distribuido sobre un área más amplia, pero con una densidad más uniforme (período de cebamiento).

En cada caso separado, el carácter del reconocimiento ecométrico va determinado por los factores siguientes:

- (a) biología de la especie (carácter de las concentraciones, rutas migratorias, temporadas, etc.)
- (b) dimensión del área oceánica a investigar
- (c) Posibilidades técnicas de los aparatos hidroacústicos detectores de los peces (ecosondas e hidrolocalizadores).

Primeramente uno o más barcos llevan a cabo un reconocimiento ecométrico, cubriendo un área voluntariamente mayor que aquella ocupada por la concentración. Esto se hace así para determinar con mayor precisión la localización de las diferentes partes de la concentración, su distribución vertical y la caracterización de los cardúmenes separados individualmente.

En los casos de concentraciones densas se usan ecotélmetros y ecosondas, mientras que para las concentraciones dispersas sólo se usan las ecosondas. Uno de los barcos rea

liza al mismo tiempo un reconocimiento hidrológico del área de operaciones. Luego de determinar los tamaños medios de los cardúmenes y la frecuencia de su ocurrencia (y en el caso de acumulaciones densas se busca el límite máximo, en varias distancias, donde se halla el borde o umbral de la marca hecha por los cardúmenes de mínimas dimensiones), se calcula la cantidad necesaria de bordadas ecométricas, y después el número de barcos que se requieren para la ejecución del reconocimiento.

El reconocimiento fundamental se realiza sincrónicamente por todos los barcos; todos los cardúmenes observados con sus tamaños reales tomados horizontal y verticalmente se registran por cada barco en un detallado mapa. En el caso de concentraciones dispersas, el tamaño de cada cardumen se determina por una cuadrícula de bordadas que cubren el emplazamiento del cardumen. Cada bordada se interrumpe de 5 a 10 minutos después de la terminación del último registro de los peces por la ecosonda. En el caso de concentraciones densas, el tamaño de un cardumen por diferentes ángulos de bordada. En este caso, se reduce considerablemente el número de bordadas, así como el número de barcos que participan en el reconocimiento.

Se ha elaborado un método especial para la corrección de errores, que se observan al determinar el tamaño de un cardumen por medio de ecotelémetros y ecosondas, y se ha compuesto una tabla de correcciones que nos permite determinar rápidamente el tamaño real de cada cardumen.

El tamaño de cada cardumen se determina por su extensión horizontal y vertical y el tamaño total de la concentración se obtiene sumando los tamaños de los diferentes cardúmenes. Entonces se prepara el mapa resumen del reconocimiento ecométrico (Fig. 3).

Conviene señalar que este reconocimiento exige un alto grado de pericia en navegación, ya que ésta puede afectar la exactitud del método.

De tal manera se determina el primer parámetro principal de una concentración: su volumen.

II.- Determinación de la densidad de la concentración de peces.

El segundo parámetro principal, la densidad de la concentración, se determina por métodos diversos que dependen de la clase de concentración (dispersa o densa) que esté sometida a un reconocimiento ecométrico.

1. Determinación de la densidad y número de peces en las concentraciones dispersas.

Cuando se trata de concentraciones dispersas, se usa el método siguiente: se lee en un ecograma el número de peces observados simultáneamente dentro del radio de acción de la ecosonda. Para ello se calcula el diagrama de inclinación del sistema de recepción y radiación de la ecosonda, y después, basándose en el análisis de los trazos de ejemplares individuales aislados, se determina el área de operación de la ecosonda.

El área de operación es, por su forma, similar al diagrama de inclinación del sistema de recepción y radiación, pero indica, además, la parte bajo la quilla del barco controlada por la ecosonda.

De este modo se determina el volumen de la masa de agua bajo la quilla del barco, en la que la ecosonda registra después de la emisión de cada impulso el número de ejemplares individuales de una determinada concentración. Cada tipo de ecosonda tiene un diagrama de inclinación diferente, y por ello, distintas zonas de operación (Fig. 4).

Los autores sugieren un método de determinación del área de operaciones de cualquier ecosonda, partiendo de los datos de su diagrama de inclinación y de la capacidad de reflejarse de un objeto sometido a ecosondaje. Hay que tener presente que el área de operaciones de las ecosondas debe ser determinada anticipadamente, para todos los barcos que participen en el reconocimiento. Estas áreas de operaciones de las ecosondas, previamente calculadas, utilizadas para localizar una concentración, sirven para determinar el alcance vertical de la operación por medio de los cortes superior e inferior de la concentración examinada.

La altura del estrato donde se encuentra la concentración se obtiene del ecograma. También se registran la velocidad del barco en el momento que se produce el ecotrazo del pez y el período de ecosondeo. En consecuencia queda así determinado el volumen de agua explorado por la ecosonda.

El ecograma sirve para calcular el número de peces registrados por la ecosonda durante el mismo período. Luego de obtenerse estos datos, la densidad se determina como la razón del número de peces al valor del volumen de agua:

$$\rho = \frac{N}{V}, \text{ donde } \rho \text{ densidad; número de peces por m}^3$$

N - número de peces
 V - volumen, en m^3

A veces es más conveniente utilizar una razón inversa, p. ej. el volumen de agua por pez:

o sea $\frac{1}{\rho} = \frac{V}{N}$

En los reconocimientos de concentraciones dispersas se aconseja elegir aquellos momentos en los que toda o parte de la concentración se encuentra en el espesor del agua, y no en el fondo, (en diversos estados de migración vertical). Esto se recomienda porque las escabrosidades del fondo pueden, en cierto grado, oscurecer los ecotrazos del ecograma, producidos por los peces en el fondo.

Si las escabrosidades del fondo son grandes y la mayor parte de los ejemplares de una concentración dispersa se encuentra cerca del fondo, es necesario tomar ciertas medidas especiales tales como: la utilización en las ecosondas de diferentes selectores de señales de fondo, de los tipos "línea blanca", "cadena diferencial", "filtros de peces" etc.

Si el reconocimiento ecométrico se realiza cuando los peces se mantienen en las aguas medias, todos los ejemplares de peces son claramente registrados por la ecosonda y pueden leerse fácilmente en el ecograma, (Fig. 5). Después de determinar la distribución de densidad siguiendo las bordadas ecométricas, en la carta se marcan las isolíneas de igual densidad. Se calcula el tamaño de cada parte del cardumen entre las isolíneas. Conociendo ya el tamaño y la densidad es posible calcular el número de peces en cada parte del cardumen, y después el número de peces en toda la concentración.

La composición de tamaño y edad de la concentración se definen más exactamente por medio de pesca experimental y análisis de los eco-trazos.

2. Determinación de la densidad y potencia numérica en las concentraciones densas.

Como la exactitud en la determinación del número de peces en unidad de tamaño tiene una importancia decisiva en el caso de concentraciones densas, tres métodos diferentes de la densidad han sido elaborados que mutuamente se complementan y definen.

El primer método de determinación de la densidad absoluta se basa en el uso combinado de una cámara automática submarina y la ecosonda. Calculando el número de peces en el cuadro y habiendo estimado preventivamente el volumen de agua donde se hallan los ejemplares se puede calcular la densidad con bastante exactitud (Fig. 6).

Prácticamente esto se verifica de la manera siguiente: la cámara fotográfica submarina se sumerge hasta la capa que ocupan de cuando en cuando cardúmenes de diferente densidad lo que permite comparar la amplitud de la señal recibida en el oscilógrafo electrónico de la ecosonda.

Por los datos obtenidos se determina la dependencia entre la amplitud de la ecoseñal recibida por el amplificador de la ecosonda y la densidad de la concentración.

El segundo método se basa en la colocación del receptor transmisor de la ecosonda directamente entre la concentración de peces, lo que mejora grandemente la selección angular de la ecosonda, debido a que el número de ejemplares dentro del radio de operación es menor en comparación con el del radio de operación desde la superficie.

Esto nos permite emplear el método utilizado para concentraciones dispersas y para determinar la densidad. Simultáneamente con la ecosonda transportable trabaja la ecosonda de bordo equipada con un trazador electrónico. Sus indicaciones se usan para terminar la relación de la amplitud de la señal recibida por un amplificador con la densidad de la concentración.

El tercer método se basa en la determinación de la densidad por medio de la ecosonda, previamente calibrado por modelos equivalentes elegidos a base de datos experimentales y de datos derivados de cálculos.

En este caso, el grado de dispersión, el área de la su

perficie de reflejo y el coeficiente de reflejo de los peces son tomados en cuenta. Para las determinaciones de densidad, especialmente durante los primeros reconocimientos ecométricos es aconsejable utilizar datos obtenidos por todos los tres métodos antes mencionados. Estos datos se usan para calcular la relación del valor de la señal que llega con la densidad de la concentración de peces, por medio de la fórmula siguiente:

$$U = K\sqrt{\rho}$$

Donde: U = La amplitud de la ecoseñal por la ecosonda en

K = coeficiente

ρ = densidad de unidades por m^3

(Fig. 7).

El coeficiente empírico K - se obtiene como resultado del tratamiento estadístico de los datos experimentales y caracteriza las propiedades acústicas y eléctricas de la ecosonda y las cualidades acústicas de una concentración de peces determinada.

Para el arenque Atlántico-Escandinavo por ejemplo $K = 12,65$ (utilizando la ecosonda HA6 - 240).

Los métodos antes descritos se usan para determinar la densidad durante la realización de un reconocimiento ecométrico. También se puede determinar la densidad relativa durante el reconocimiento por medio de un trazador electrónico de la ecosonda o por un oscilógrafo especial, conectado con el amplificador de la ecosonda. Por medio de un simple cálculo la densidad relativa se convierte en absoluta, con ayuda de la razón U/D .

La etapa siguiente es la elaboración exacta de los datos obtenidos, que se hace aproximadamente por la siguiente línea general: se marcan secciones horizontales y verticales de las concentraciones de peces y se toman los valores de densidad después de haber hecho las necesarias correcciones de los errores de navegación o de los instrumentos. Después se trazan las zonas de igual densidad, y el tamaño de cada zona se calcula separadamente. Se determina el número de peces en cada zona, luego en el cardumen y finalmente en toda la concen-

tración. Las composiciones por edad y tamaño se definen por medio de pescas de control. Por último se determina el número de peces convertido en unidades de peso.

Este es el esquema general de la secuencia de operaciones del método hidroacústico para calcular la abundancia de los stocks en concentraciones densas y dispersas. Algunos resultados de su aplicación se dan más abajo con el fin de ilustrar las ventajas de este método.

Resultados

Los métodos para determinar la potencia numérica de las concentraciones dispersas fueron comprobados en lugares diversos del mar de Barents. Se hicieron reconocimientos de concentraciones, que, como resultado de migraciones verticales estaban esparcidas en el espesor del agua. Lances de control con red de arrastre de fondo permitieron la captura de algunos ejemplares. Como resultado de los reconocimientos ecométricos fué determinada la potencia numérica de concentraciones locales separadas.

Así pues, la concentración en las aguas bajas cerca de Múrmansk, se componía de unos 200.000 ejemplares de bacalao de dimensiones medias que se mantenían en la capa de fondo con una densidad de $0.32 \cdot 10^{-4}$ unid/m³.

La concentración de bacalao de mayor tamaño en el banco de Finmarken se componía de unos 308.000 peces, distribuidos con una densidad de $0.12 \cdot 10^{-4}$ unid/m³.

La concentración de bacalao en el banco de Ribachia se componía de unos 102.000 ejemplares de bacalao regular, con una densidad de $0.63 \cdot 10^{-4}$ unid/m³.

En el año 1962 se realizó un reconocimiento ecométrico en la región costera oriental. La concentración se componía de unos 73.000 ejemplares de bacalao menudo y de eglefino -- con una densidad media de $0.78 \cdot 10^{-4}$ unid/m³.

Operaciones en pequeña escala fueron hechas durante el reconocimiento ecométrico de las concentraciones invernales del arenque Atlántico-Escandinavo en el mar de Noruega, al norte de las islas Faroes. Este trabajo se inició en 1958 y continuó en 1961, 1962 y 1963.

Los reconocimientos se hicieron por un barco guía - del tipo BMRT, arrastrero grande refrigerador y de 7 a 10 barcos de control de tipo SRT arrastreros medianos. Los datos de resultados del reconocimiento se dan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Indices	1958	1961	1962	1963
Tamaño medio vertical de la concentración, en metros	70	85	80	115
Area total ocupada por la concentración en m ²	260·10 ⁶	142·10 ⁶	268·10 ⁶	221·10 ⁶
Tamaño total de concentración en m ³	18.5·10 ⁹	12.1·10 ⁹	21.4·10 ⁹	20.9·10 ⁹
Densidad media de la concentración, ejemplares/m ³	1.0	0.75	0.68	0.77
Abundancia de los stocks de arenque en toneladas	6.03·10 ⁶	2.50·10 ⁶	2.80·10 ⁶	3.00·10 ⁶

Los pronósticos sobre la abundancia de los stocks y eficacia de pesca, basados en los datos de los reconocimientos ecométricos se revelaron como efectivos.

Conclusión

En resumen, es menester tratar con mayor detalle las posibilidades y perspectivas de este método. Mientras que otros métodos de determinación directa de la cantidad están basados en la teoría de muestreo al azar y están limitados -

por el número de muestras (número posible de arrastres experimentales, o de lances con red de cerco de jareta etc.) el número de muestras por el método hidroacústico es de un valor muy alto (unas cuantas veintenas por minuto), puesto que cada impulso de la ecosonda, es en cierto sentido, una muestra por si misma. Mientras en la determinación de la densidad de una concentración -- por medio de arrastres experimentales, el resultado -- puede depender de gran número de factores, etc. en nuestro caso existe la posibilidad de determinar de un modo bastante exacto, la densidad y los límites de cada concentración en toda el área ocupada por ella.

Basándose en el resultado de este trabajo parece posible determinar la potencia numérica de cada concentración con un grado de error inferior al 10 - 15%, si el número de embarcaciones disponible permite realizar en reconocimiento ecométrico completo.

Como este método requiere un reconocimiento sincrónico, el tiempo destinado a tal reconocimiento debe ser el mínimo, porque una redistribución de las concentraciones puede producir errores que no se pueden tener en cuenta.

En la práctica este reconocimiento se hace dentro de uno ó dos días.

Este método no requiere un esfuerzo muy grande excepto por el proceso del tratamiento de los datos obtenidos que es más bien complicado. En la actualidad, los autores están trabajando en métodos de automatización de los procesos de recogida y tratamiento de los datos.

Reconocimientos ecométricos en las condiciones de los mares de Barents y de Noruega demuestran que este método se puede aplicar con éxito para determinar la potencia numérica de peces pelágicos y demersales en diferentes áreas de pesca comercial.

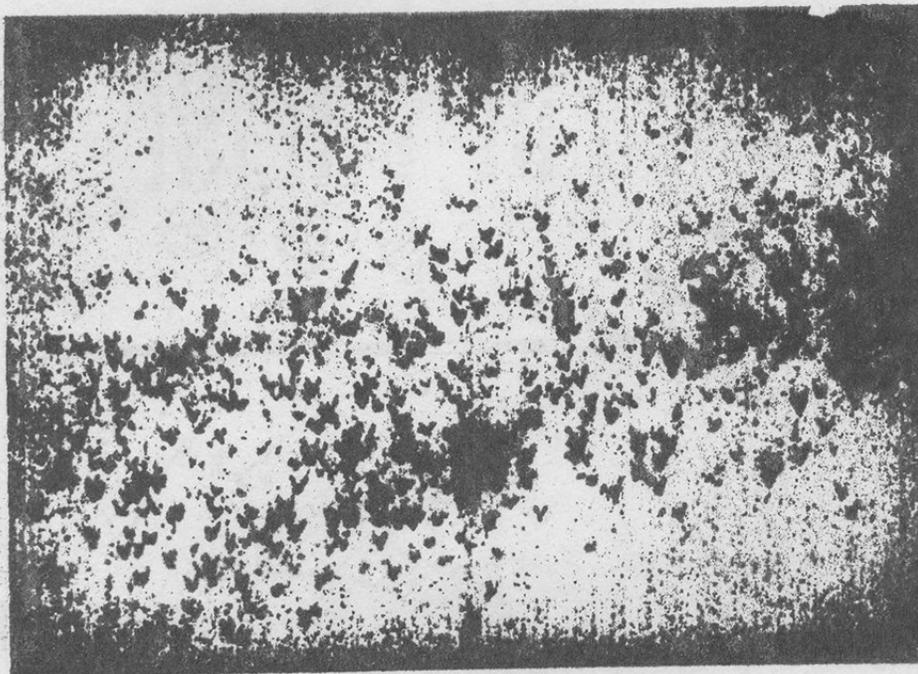


Fig. 1.- Eco trazo típico de concentraciones dispersas de bacalao en el mar de Barents.

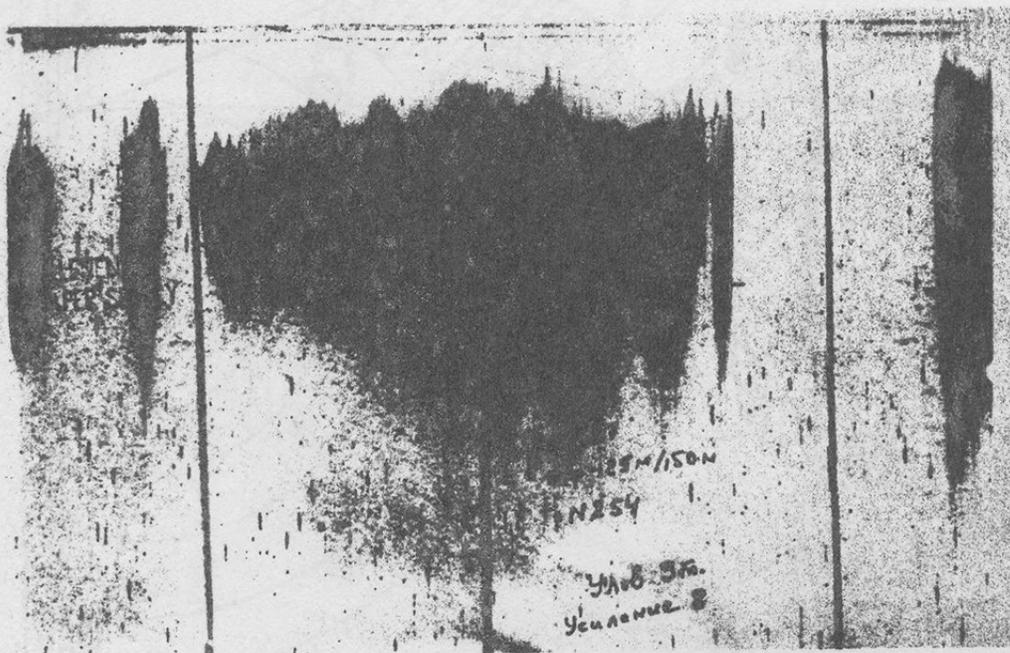


Fig. 2.- Eco trazo típico de concentraciones compactas de arenque en el mar de Noruega a la profundidad de 60-225 metros.

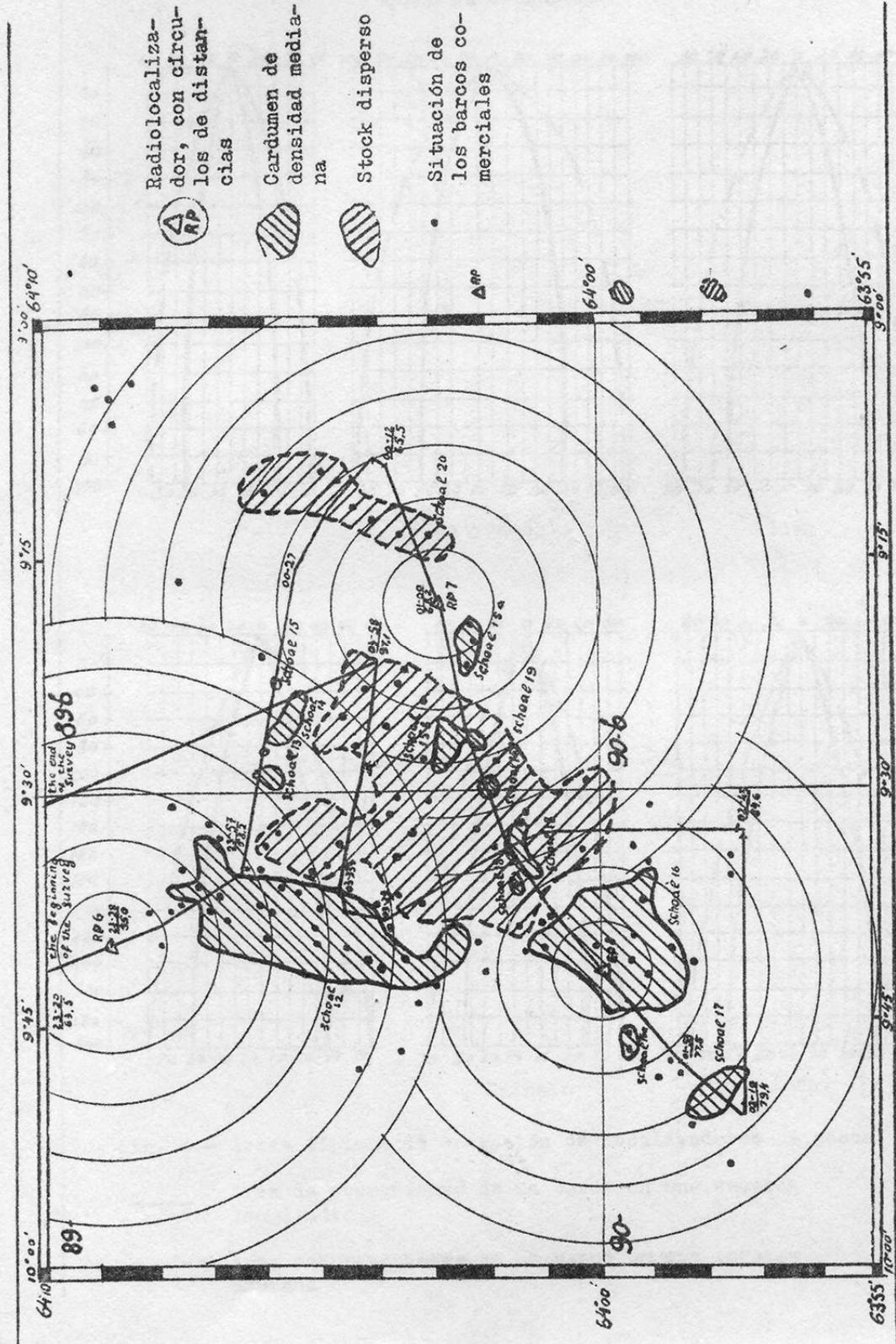
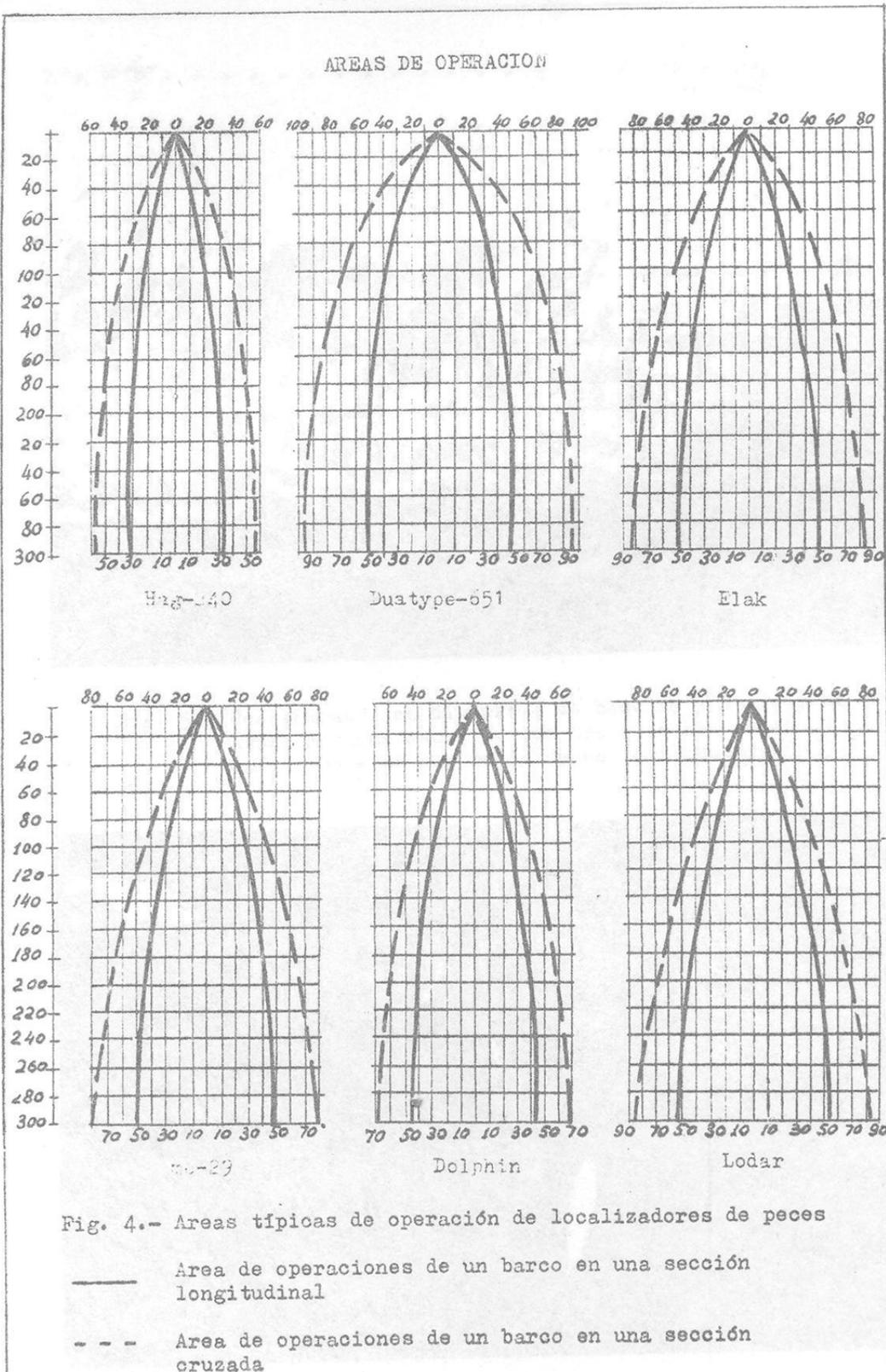


Fig. 3.- Mapa de un reconocimiento ecométrico del grupo del sur.
 (Este reconocimiento fué llevado a cabo a bordo del BERT
 "Novicov-Priboy" durante la noche entre el 13 y el 14 de
 diciembre de 1963)



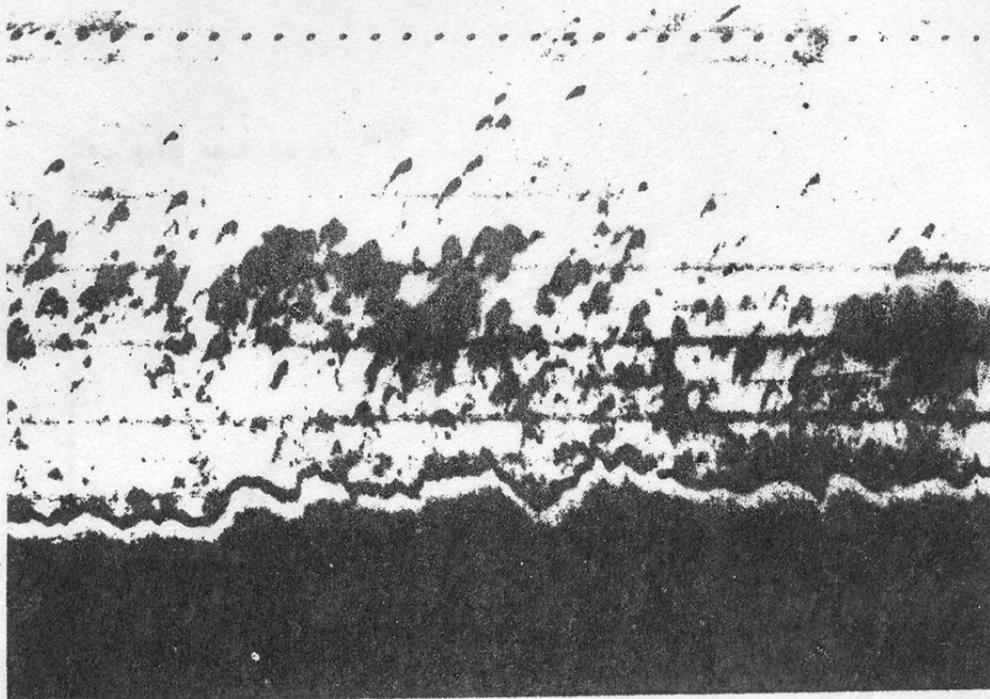


Fig. 5.- Concentraciones dispersas de bacalao y abadejo en aguas intermedias. El eco trazo se obtuvo en el mar de Barents por medio de un localizador MS-29.

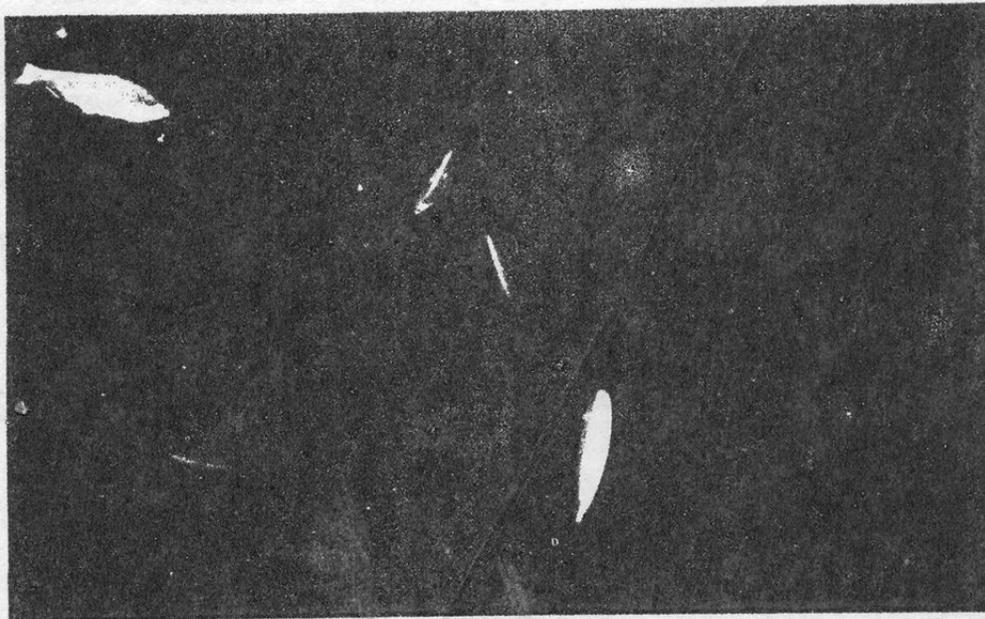
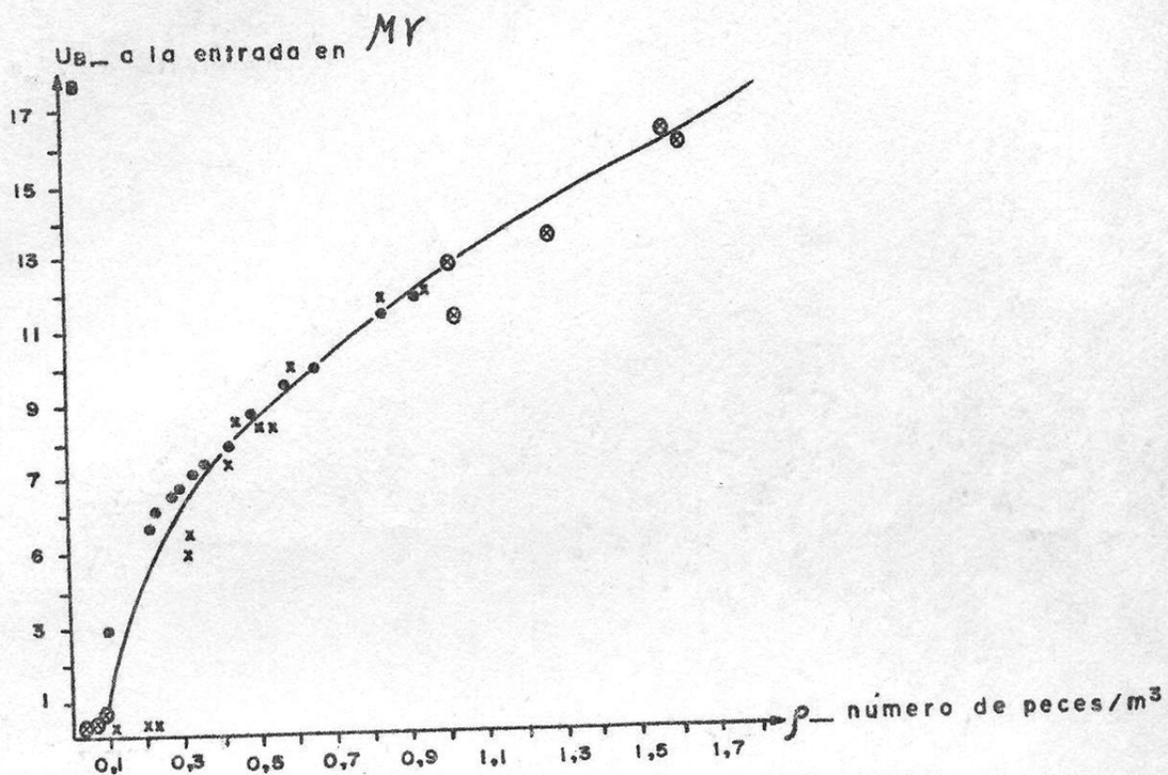


Fig. 6.- Foto subacuática de concentraciones de arenque a la profundidad de 80 m., tomada de noche en el mar de Noruega.



- x Puntos obtenidos por la fotografía automática submarina (tipo SPA-3), en 1962
- o Puntos obtenidos por la fotografía automática submarina (tipo SPA-5), en 1963
- Puntos obtenidos por medio de un vibrador transmisor receptor instalado en el bajo, en 1962

Fig. 7.- Relaciones entre eco-trazos y densidad de concentraciones de arenque.

(Datos obtenidos durante las investigaciones en el área del Atlántico norte)