

**INFORME DEL TALLER SOBRE EL ESTUDIO DE SIMULACION
DE LA CPUE DEL KRILL**

(Southwest Fisheries Centre, La Jolla, EE.UU, 7-13 de junio de 1989)

INFORME DEL TALLER SOBRE EL ESTUDIO DE SIMULACION DE LA CPUE DEL KRILL
(Southwest Fisheries Centre, La Jolla, EE.UU, 7-13 de junio de 1989)

RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN

El Taller ofreció a los participantes la oportunidad de trabajar junto a los Consultores sobre los detalles de sus análisis y estudios de simulación.

2. A la luz de estas discusiones, se realizaron algunas revisiones de los modelos y se identificaron y trataron varios problemas técnicos.
3. Las principales conclusiones de los informes de los Consultores, que después de haber sido revisados fueron aceptados por el Grupo, suponen una distinción central entre la información sobre el número, tipo y tamaño de las concentraciones de krill y la información sobre la abundancia del krill en las concentraciones.
4. El Taller estableció una clasificación operacional de tres tipos de concentración: cardúmenes de krill relativamente dispersos, pequeños y discretos, agregaciones grandes de cardúmenes de krill y capas grandes de krill.
5. Los datos rutinarios recolectados por los buques de reconocimiento de la Unión Soviética son sensibles a los análisis estimativos del número y tamaño de las concentraciones en zonas que han sido identificadas de interés ecológico.
6. Estos análisis presentan varias dudas que podrían resolverse si se recopilara información suplementaria sobre las operaciones de los buques. El Taller efectuó recomendaciones para la recolección de datos adicionales, con el fin de que dichas dudas pudieran resolverse.
7. Los datos rutinarios recolectados por los buques de pesca japoneses son, en principio, sensibles a los análisis que emplean la captura por unidad de tiempo de búsqueda para estimar los cambios de abundancia de krill en las concentraciones. Sin embargo, existen ciertas dificultades implícitas en estos análisis.

8. El estudio de los Consultores sobre la pesquería japonesa se centró en la diferenciación entre el tiempo empleado exclusivamente en la búsqueda de concentraciones de krill y el tiempo de búsqueda en el cual se realizan también otras actividades. Los buques de pesca japoneses faenan únicamente en zonas de gran abundancia de krill, y en éstas no resulta práctico distinguir entre ambos modelos de exploración.

9. Los análisis realizados en el Taller supusieron la evaluación de la sensibilidad de diferentes índices de CPUE para los distintos tipos de cambios de abundancia del krill, a saber: cambios de densidad en los cardúmenes, cambios de tamaño de los cardúmenes y cambios en el número de cardúmenes por unidad de superficie dentro de una concentración.

10. Cuando se ha producido un cambio de densidad dentro de un cardumen, éste puede ser averiguado mediante los cambios de un índice basado en la captura por unidad de tiempo de pesca.

11. Cuando se han producido cambios de tamaño en un cardumen o del número de cardúmenes en una concentración, éstos pueden ser averiguados por los cambios de los índices basados en la captura por tiempo de búsqueda.

12. Cuando el krill se concentraba en capas, la relación entre la abundancia de krill y la CPUE era débil, es decir, un cambio importante en la abundancia del krill se reflejaba en un cambio pequeño del índice de la CPUE. En este caso la estrategia recomendada por el Taller fue que se estimara la abundancia de las concentraciones formadas por capas grandes, y el tamaño y la densidad de las concentraciones.

13. El Taller concluyó que se podría elaborar un Índice Compuesto de abundancia para el krill a partir de la información procedente de los buques de reconocimiento de la Unión Soviética sobre las concentraciones de krill, y de la abundancia del krill en las concentraciones, a partir de los buques de pesca japoneses. Este Índice sólo sería significativo para aquellas zonas ecológicas reconocidas del Océano Austral de las cuales se tienen datos de prospecciones y de pesca comercial. El Grupo de Trabajo sobre el Krill debería hacerse cargo de la tarea de identificar estas zonas.

14. Las características generales del Índice eran tales que era improbable que pudieran detectarse los cambios pequeños de abundancia del krill, si bien cualquier cambio estadístico significativo en el Índice significaría que había ocurrido un cambio importante en la

abundancia del krill. Esto tiene implicaciones evidentes para las deliberaciones del Grupo de Trabajo para la Elaboración de Estrategias de Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos de la Comisión.

15. Aunque las características generales del Índice podrían ser deducidas, el Taller reconoció que era necesaria una interpretación detallada del comportamiento cuantitativo del Índice. En consecuencia, el Taller recomendó que la sensibilidad del Índice Compuesto de abundancia en relación a las variaciones de los valores de parámetro fuera investigada con mayor detalle.

16. Algunas dudas sobre el comportamiento de los índices de la CPUE solamente podrían resolverse utilizando la información procedente de las prospecciones acústicas de las concentraciones de krill. El Taller remitió estos problemas al Grupo de Trabajo sobre el Krill.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

17. Las pesquerías de la Unión Soviética y las del Japón actúan de modo distinto. Las pesquerías soviéticas tienen buques de reconocimiento que detectan las concentraciones que son explotables, y luego hacen venir a los buques de captura, en cambio los buques de captura japoneses operan más o menos por separado. Los comentarios que siguen relativos a ambas pesquerías se toman como generales, por lo tanto las operaciones de pesca de otras naciones pueden clasificarse de acuerdo con esto.

18. La pesquería de la Unión Soviética, aunque extensiva, cubre una parte relativamente pequeña del Océano Austral. La flota pesquera es mucho más pequeña y cubre por tanto una zona igualmente pequeña. En estas zonas limitadas de pesca, el Taller demostró que la CPUE era de alguna utilidad para proporcionar información sobre la abundancia del krill.

19. Los datos procedentes de los buques de reconocimiento pesquero que colaboran con la flota pesquera de krill de la Unión Soviética, proporcionan información útil sobre el número y tamaño de las concentraciones de krill.

20. El Taller estableció una clasificación operacional de tres tipos de concentración: cardúmenes de krill relativamente dispersos, pequeños y discretos, agregaciones grandes de cardúmenes de krill y capas grandes de krill.

21. La flota japonesa de krill opera en los dos últimos tipos de concentración. Los datos de los lances individuales de la pesquería japonesa podrían emplearse para estimar la abundancia de las concentraciones. La medida en que ésto pueda conseguirse y el método aplicado dependerá del tipo de concentración y la forma en que la abundancia del krill cambia, es decir, los cambios en el tamaño de los cardúmenes, de densidad en éstos o del número de cardúmenes presentes en una concentración.

22. Es imposible precisar correctamente el Tiempo de Búsqueda Primario (véase párrafo 62) de la pesquería japonesa, y por lo tanto no se puede usar ésto como índice del esfuerzo de búsqueda. Sin embargo, los datos que actualmente se recolectan en los buques comerciales japoneses, a saber, los tiempos del comienzo y del final de la pesca, son útiles porque pueden ser usados para deducir un tiempo de búsqueda efectivo.

23. Debido a que los índices de abundancia del krill y de la CPUE no cambian proporcionalmente, la detección de un cambio en un índice implica que ha habido un cambio substancial en la abundancia media de estas áreas de interés.

24. Resulta valioso combinar los resultados de ambos enfoques en un Índice Compuesto de abundancia, empleando los datos de la Unión Soviética para determinar los números y tamaños de las concentraciones, y los datos japoneses para determinar la abundancia de las concentraciones. Sin embargo, la aplicación de este Índice Compuesto de abundancia es limitada debido a la pequeña zona de operación de la pesquería japonesa.

25. Hay que tener cuidado al evaluar un Índice Compuesto de estas características, ya que muchas de las componentes variables no cambian en proporción con la abundancia, y también porque existen dudas importantes sobre la mejor manera de estimar muchas de ellas.

26. Es imprescindible que, en vista a mejorar la calidad del Índice Compuesto, la recopilación de datos se ajuste a procedimientos estándar.

27. Algunos parámetros pertinentes a las concentraciones tales como, tamaño de los cardúmenes, número de cardúmenes por unidad de superficie de la concentración, y distancia entre los cardúmenes, son esenciales para determinar la abundancia. Estos se determinan mejor acústicamente.

28. El Taller, por consiguiente recomendó que:

- (i) Los buques de reconocimiento que operan en apoyo de una flota pesquera recolecten datos de acuerdo con el cuaderno de bitácora tratado en el párrafo 73 y detallado en el Apéndice 5 del Informe del Taller. Los datos de estos buques deberían ser analizados para proporcionar estimaciones del tamaño y del tipo de concentraciones de krill de acuerdo con lo propuesto en el Apéndice 5, y en el WS-KCPUE-89/6 Rev.1.
- (ii) Todos los buques de captura recolecten datos de cada lance por separado, tal como se hace actualmente en la pesquería japonesa.
- (iii) Se analicen los datos de cada lance para proporcionar los índices de abundancia apropiados basados en las capturas por tiempo de búsqueda dentro de las concentraciones de krill por períodos de notificación de diez días. Tales análisis podrían ser realizados por la CCRVMA, o por una nación pesquera interesada, y deberían ser realizados cada año.
- (iv) Los procedimientos analíticos propuestos anteriormente se realicen en forma de ensayo y sean revisados al cabo de tres años.
- (v) Se empleen los datos acústicos para determinar el tamaño de los cardúmenes, el número de cardúmenes por área de superficie de la concentración y la distancia entre los distintos cardúmenes en las concentraciones.
- (vi) La descripción detallada de los datos acústicos necesarios se remitan al Grupo de Trabajo sobre el Krill.
- (vii) Las siguientes actividades adicionales deberían llevarse a cabo:
 - (a) Determinación de la sensibilidad del Índice Compuesto de abundancia en relación a la variación de los valores de parámetro. Sin embargo, la utilidad de esto dependerá de la habilidad del Grupo de Trabajo sobre el Krill para determinar los valores de parámetro claves y sus distribuciones.

- (b) El modelo de simulación de la pesquería japonesa debería ser modificado por el Consultor para evitar la necesidad de distinguir entre el Tiempo de Búsqueda Primario y el Tiempo de Búsqueda Secundario.

INFORME DEL TALLER

INTRODUCCION

29. El Taller se celebró en el "Southwest Fisheries Centre of the National Marine Fisheries Service" de La Jolla, California, EE.UU, del 7 al 13 de junio de 1989.

30. El Coordinador del estudio, el Dr J. Beddington (RU) presidió la reunión. Una agenda provisional, que fue distribuida con anterioridad a la reunión, fue enmendada para que incluyera un nuevo punto, a petición del presidente del Grupo de Trabajo para la Elaboración de Enfoques de Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos. A continuación, la agenda modificada fue aprobada (Apéndice 1).

31. Una lista de los participantes de la reunión está detallada en el Apéndice 2.

32. El informe fue preparado por la Srta M. Basson, el Prof. D. Butterworth, y los Dres I. Everson y D. Powell.

33. Los documentos de la reunión recibidos en la Secretaría de la CCRVMA fueron distribuidos a los participantes. Se presentaron documentos adicionales a la reunión. La lista de los documentos de la reunión figura en el Apéndice 3.

Actividades Después SC-CAMLR-VII

34. Las discusiones que siguieron a la presentación de los informes de los Consultores en la 7ª Reunión del Comité Científico indicaron que era necesario realizar modificaciones en las simulaciones básicas, basándose en un mejor conocimiento de las pesquerías del krill soviética y japonesa.

35. El Dr J. Beddington (Coordinador) y el Dr M. Mangel (Consultor) habían escrito al representante de la Unión Soviética en el Comité Científico pidiendo una información similar,

pero ninguno de los dos obtuvo respuesta. En la reunión no se dispuso de ninguna información adicional sobre la pesquería de la Unión Soviética.

Informática

36. Durante la reunión se dispuso de un ordenador central VAX 11/780 y los análisis que se llevaron a cabo se procesaron por lotes.

Tareas Principales del Taller

37. Las tareas principales del Taller fueron establecidas por el Comité Científico (SC-CAMLR-VII, párrafo 2.41):

- (i) brindar la oportunidad de debatir con detalle y de forma definitiva los modelos realizados por los Consultores, así como sus repercusiones en la posible utilización de los índices CPUE como indicadores de la abundancia del krill;
- (ii) considerar el perfeccionamiento del modelo de distribución del krill utilizado en los estudios de los Consultores, a la luz de los análisis adicionales de los datos de prospecciones de investigación del krill existentes presentados en el Taller, e investigar si tal perfeccionamiento alteraría las conclusiones sacadas de los estudios existentes;
- (iii) considerar si es factible recopilar información de diverso tipo sobre tiempos de búsqueda, a la luz de los análisis que se presentarán sobre la recopilación experimental de estos datos, la cual ha tenido lugar en los buques japoneses, y sobre algunos datos procedentes de buques de reconocimiento soviéticos; y
- (iv) hacer recomendaciones al Comité Científico sobre la posible utilidad de los CPUE como indicadores de la biomasa del krill, el índice o índices que sean más efectivos y prácticos de utilizar y los requisitos adecuados para la recopilación habitual de los datos de las pesquerías del krill.

Pesquería Japonesa

38. El Prof. Butterworth hizo la introducción de su trabajo "Un Estudio de Simulación de la Pesquería del Krill realizada por un Buque de Arrastre Japonés" (WS-KCPUE-89/4). Dicho trabajo fue presentado en la Séptima Reunión del Comité Científico. Se trata de un estudio que intenta imitar a la pesquería japonesa de krill durante los meses de enero y febrero, que es la época de máxima actividad pesquera.

39. El modelo de distribución del krill empleado en el estudio es el de "manchas dentro de manchas". A pequeña escala el krill está presente en "cardúmenes". Las agrupaciones de dichos cardúmenes se denominan "concentraciones". Los datos japoneses indican que los cardúmenes de una concentración concreta suelen tener las mismas características con respecto al tamaño del krill y a las condiciones de alimentación ("el verdor").

40. El modelo imita la estrategia de exploración inicial de una concentración, de la siguiente manera. Se parte de la base de que un buque pesquero empieza la exploración situado a unas 100 millas náuticas al norte del borde de hielo, en el extremo occidental de una zona determinada de 600 x 600 millas náuticas, y avanza hacia el centro del borde sur. Esta exploración inicial se realiza en línea recta. Se supone que la pesca empieza cuando la línea de rastreo del buque corta el límite de una concentración de krill. Se informó al Taller de que en la práctica, los buques pesqueros se mueven en línea recta hacia el borde de hielo, pero que cuando encuentran indicios de krill, éstos llevan a cabo un patrón de exploración intensivo y localizado para determinar si la concentración detectada merece la pena ser explotada. Los cardúmenes, y por consiguiente las concentraciones, se detectan acústicamente.

41. Cuando se llega al borde sur, o bien al abandonar la última concentración detectada, la búsqueda de concentraciones ya no se basa en la simulación de la trayectoria del buque. En su lugar se emplea la fórmula de búsqueda aleatoria. Esto tiene la ventaja de dejar un margen para el movimiento de las concentraciones con respecto al tiempo. Las estimaciones de campo de las velocidades de movimiento de las agregaciones de krill (Kanda et al, 1982; Everson y Murphy, 1987) no contradicen el valor de 15 cm seg-1 utilizado en el modelo. Las observaciones japonesas indican que en la región del talud continental, las concentraciones tienen tendencia a permanecer más o menos en la misma posición.

42. La fórmula de búsqueda aleatoria empleada en esta simulación es:

$$\text{Prob (detectar concentración en el tiempo } t) = 1 - \exp(-wdvt) \quad (1)$$

donde d es la densidad de concentraciones (número por unidad de superficie) y v es la velocidad de búsqueda del buque. Debido a que las aberturas de búsqueda de la ecosonda y del sonar son pequeñas comparado con el tamaño de las concentraciones, w fue tomada como la mediana de los diámetros simulados de la concentración. Si se genera un número aleatorio a partir de una distribución uniforme en $[0,1]$, y resolviendo la fórmula anterior para t , ésta proporciona el tiempo empleado para encontrar la siguiente concentración explotable (Tiempo de Búsqueda de Concentración, CTS). Si el número o el tamaño típico de las concentraciones disminuye, el CTS tendería a aumentar, debido a los valores más pequeños resultantes de d o w respectivamente.

43. Un buque puede dar por terminada la pesca de una concentración por uno de los tres motivos siguientes: la necesidad de ir hasta el buque de carga para descargar, las malas condiciones meteorológicas, o una tasa de captura demasiado baja. Se cree que el mal tiempo siempre hace que el buque pierda contacto con la concentración y que el buque se desplace 50 millas náuticas en una dirección al azar. La realidad, no obstante, es que el buque puede a menudo mantener contacto con una buena concentración, incluso cuando las operaciones de pesca deban ser suspendidas. En el modelo, las fluctuaciones aleatorias de los tiempos de búsqueda pueden llevar a unos tiempos de búsqueda excepcionalmente largos entre los cardúmenes explotables y por tanto a tasas de captura bajas. Las biomásas de las concentraciones son mucho más grandes que la típica captura realizada por un buque de arrastre durante el período simulado de dos semanas, con lo cual la captura realizada tiene un efecto insignificante sobre la tasa de captura. En realidad, es probable que las tasas de captura disminuyan como consecuencia de los cambios de comportamiento de las agregaciones de krill a lo largo del tiempo: esta característica no fue incorporada al modelo debido a la ausencia de datos cuantitativos relacionados con dicho comportamiento.

44. La búsqueda de cardúmenes en una concentración ha sido modelada también como un procedimiento de búsqueda aleatoria, de la siguiente manera:

$$\text{Prob (detectar cardúmen en } t \text{ horas)} = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2)$$

donde $\lambda = 4(\text{horas})^{-1}$. La fórmula se ajusta cuando el número de cardúmenes por unidad de superficie de la concentración disminuye, con lo cual el Tiempo de Búsqueda Primario (PST) empleado para encontrar el siguiente cardumen aumenta. Las disminuciones del radio del

cardumen (r) y la densidad del krill en un cardumen (δ) también producen un aumento del PST, debido a una disminución del número de cardúmenes que se consideran lo suficientemente grandes para que merezcan la pena ser explotados (véase párrafo 48 siguiente).

45. Se eligió el valor de t de la ecuación 2 para que diera un tiempo búsqueda (λ^{-1}) de unos 15 minutos, de acuerdo con los datos de tiempos asignados para un buque de arrastre japonés en la temporada 1986/87. El Sr. Ichii informó que en las concentraciones buenas, los buques japoneses tardaban sólo 5 minutos en encontrar un cardumen; lo que resta de los 15 minutos se emplea para tomar posición antes de iniciar un lance. Los resultados del estudio de simulación reflejan por tanto una sobreestimación de la proporción de tiempo empleado en la búsqueda primaria. Un tiempo de búsqueda media de 5 minutos corresponde a $\lambda = 12$. Ello concuerda mejor con las estimaciones de los parámetros w , d y v (véase párrafo 43) para la búsqueda de cardúmenes, las cuales indicaban que $\lambda = wdv$ estaría en el rango de 14-60.

46. La ecuación 2 supone que la pesca se dirige a cardúmenes separados. Cuando se pesca en concentraciones formadas por capas grandes, el tiempo de búsqueda es prácticamente cero. El Taller observó que una parte importante del esfuerzo de pesca de la flota de krill japonesa puede estar dirigida a concentraciones de este tipo y que los resultados del estudio de simulación no serían adecuados para tales actividades.

47. La pesca no suele empezar inmediatamente después de localizar un cardumen bueno. Al principio se necesita cierto tiempo para completar el procesamiento de una parte correspondiente de la captura del lance anterior. Ello es así porque el krill se deteriora muy rápidamente. Por tanto, la captura por lance suele mantenerse a un nivel de unas 10 toneladas o menos, para que así ésta pueda ser procesada con la máxima rapidez. Este tiempo de espera, en el cual se realizan más exploraciones, se denomina Tiempo de Búsqueda Secundario (SST).

48. El tamaño de los cardúmenes de krill y los parámetros de distribución de la densidad fueron seleccionados a partir de las informaciones obtenidas durante la prospección FIBEX y de los datos de Kalinowski y Witek (1983). Las capturas de los lances no selectivos en tales cardúmenes promediaria 1.5 toneladas, comparado con las capturas de 6-8 toneladas realizadas por la pesquería japonesa en los lances realizados en cardúmenes únicos. En el estudio de simulación esto se atribuye al capitán del buque, que decide pescar únicamente aquellos cardúmenes que se consideran lo suficientemente grandes o densos, es decir, explotables.

Pesquería Soviética

49. El Dr Mangel hizo la presentación de su trabajo "Análisis y Modelado de la Flota Soviética de Krill en el Océano Austral" (WS-KCPUE-89/5), que fue presentado en la Séptima Reunión del Comité Científico.

50. El procedimiento operacional de la flota pesquera soviética es bastante diferente del que siguen los buques japoneses, que operan individualmente. La flota pesquera de la URSS actúa conjuntamente con los buques de reconocimiento. Dichos buques exploran continuamente nuevas concentraciones, e informan a los buques pesqueros cuando se localizan nuevas concentraciones explotables. Los buques de pesca no se dirigen hacia todas las concentraciones detectadas. La flota pesquera de la URSS tiene tendencia a trabajar en grupos que se mueven más o menos de oeste a este. Los buques navegan juntos, a menudo hasta unas 100 millas náuticas, antes de volver a cubrir la misma zona.

51. Por todas estas razones, se consideró que los datos de tiempos de búsqueda de los buques soviéticos probablemente no proporcionarán estimaciones válidas de los cambios de abundancia del krill, porque su estrategia es de cooperación y no se aproximarían a la búsqueda aleatoria. Sin embargo, los gráficos acústicos de tales actividades pueden proporcionar información sobre los parámetros de los cardúmenes (véase párrafos 64 y 65).

52. El Dr. Mangel presentó a continuación el trabajo WS-KCPUE-89/6, que contiene un análisis de una muestra de datos de los buques de reconocimiento que acompañan a la flota de pesca de la Unión Soviética. Este análisis indicaba que tales datos podrían ser usados para determinar el tamaño y la ubicación de las concentraciones. Las concentraciones así indicadas eran parecidas en tamaño y ubicación a las que se presentaron en los datos japoneses. Del examen de los datos soviéticos quedó claro que los buques de reconocimiento de la URSS permanecían en una concentración determinada durante algún tiempo y ocasionalmente volvían a ella después de faenar en una zona contigua.

53. El trabajo proponía que tales datos obtenidos por los buques de reconocimiento podrían emplearse para obtener estimaciones del número (N_c) y del tamaño de las concentraciones de una zona dada. A este respecto, la fórmula que se propone es:

$$N_c = n_c/[1-\exp(-wvt/A)] \quad (3)$$

donde n_c es el número de concentraciones halladas, w es la abertura de detección, v es la velocidad de búsqueda del buque, t es el tiempo de búsqueda y A es el área de la zona que se está explorando. Las estimaciones de N_c a partir de esta fórmula son sensibles a los valores usados para los parámetros w , t y A . Se debatió extensamente sobre la mejor manera de perfeccionar sus estimaciones; los resultados de los debates están reflejados en los párrafos 66 y 67.

Otros Análisis Presentados

54. El Sr Ichii y el Dr. Endo (WS-KCPUE-89/7) plantearon tres problemas relativos al estudio de simulación de la pesquería japonesa del krill del Prof. Butterworth (WS-KCPUE-89/4). En primer lugar, señalaron que los buques japoneses faenaban a menudo en capas más que en cardúmenes durante la temporada alta de pesca. Los tamaños de estas capas son mucho más grandes que los cardúmenes detectados durante las prospecciones del FIBEX, en tanto que el estudio de simulación había utilizado los valores de parámetro de distribución del krill basados en los resultados del FIBEX. Se emplea un tiempo mínimo de búsqueda en las concentraciones compuestas de dichas capas. Por consiguiente, se preguntaron si los índices CPUE basados en el tiempo de búsqueda serían tan útiles como se indicaba en el estudio de simulación. En segundo lugar, dudaron de la utilidad de los índices basados en la suma del Tiempo de Búsqueda Primario y Secundario (PST+SST), porque las necesidades del tiempo de procesamiento reflejados por el SST son en gran medida dependientes del producto que está siendo procesado y la variación del producto cambia sustancialmente de una temporada a otra. Finalmente, se refirieron al comportamiento poco realista del modelo de simulación respecto a los valores empleados en la tasa de captura mínima necesaria para permanecer en una concentración, y sugirieron que el modelo de distribución utilizado para la simulación no reflejaba adecuadamente la situación real de las pocas concentraciones de krill explotables entre las muchas que no lo son.

55. Los autores sugirieron que era necesario realizar experimentos que pusieran a prueba la viabilidad de la recolección de datos PST, juntamente con las pruebas modelo de robustez para registrar errores, antes de considerar la realización habitual de recolección de datos del tiempo de búsqueda. Indicaron, además, que era necesario perfeccionar el modelo de distribución del krill empleado, antes que se pudiera considerar que el estudio había demostrado que la recolección habitual de dichos datos era justificada.

56. En las deliberaciones, se sugirió que mantener un registro en el cuaderno de pesca del producto que está siendo procesando en un tiempo determinado podría ayudar a resolver el segundo problema expuesto en el párrafo 54.

57. Los Drs Endo y Shimadzu (WS-KCPUE-89/9) presentaron información sobre las agregaciones de krill pescadas por un buque de arrastre japonés en enero de 1988, en la región norte de la isla Livingston (al norte de la península Antártica). El buque de arrastre pescó durante una prospección conjunta con el buque de investigación *Kaiyo Maru* durante un período de cuatro días. Las agregaciones pescadas eran capas más que cardúmenes, y en un 88% de los lances únicamente se pescó una capa sola. La longitud media faenada durante la pesca fue de 3.25 km, el espesor medio de la capa detectado acústicamente (es decir, la dimensión de la profundidad) fue de 13.3 m y la densidad de superficie media estimada de los datos de captura fue de 228 g/m². Por lo tanto, estas capas eran 44.5 veces más largas, 2.7 veces más gruesas, pero 25% menos densas que las dimensiones de los cardúmenes típicos calculados a partir de los datos acústicos recolectados durante las prospecciones FIBEX. La capa más grande indicada en el documento tenía 18.5 km de longitud, y la distancia longitudinal de la concentración excedía los 52 km.

58. El Sr Ichii y el Dr Endo(WS-KCPUE-89/8) consideraron los datos de CPUE juntamente con la información de la condición y tamaño del krill proveniente de las operaciones de siete buques de arrastre en la zona norte de la isla Livingston durante enero-marzo de 1988. La naturaleza de las agregaciones pescadas fue tal que no hubo esencialmente Tiempo de Búsqueda Primario. Los datos de captura por lance parecían depender del producto final de la captura, no de la abundancia del krill, y no mostraron variaciones con respecto al tiempo. Los índices de captura por tiempo de pesca no mostraron diferencias importantes con respecto al tiempo, a pesar de que diferentes buques mostraron máximos en estos índices en tiempos distintos. La captura total extraída de la zona fue casi del 7% solamente de la biomasa de krill estimada. No hubo diferencias importantes en el tamaño medio del krill durante esta temporada. La proporción de krill verde registrada fue muy variable entre los distintos buques de arrastre; los autores dudaron de que la recolección rutinaria de datos del "verdor" mejoraría los índices de abundancia.

59. El Sr Ichii y el Dr Shimadzu (WS-KCPUE-89/9) presentaron ejemplos de los datos de tiempos asignados registrados por un buque de arrastre japonés en la temporada 1986/87. Se presentaron las proporciones de tiempo medio dedicado a la transferencia de carga, manejo de las redes, pesca, confirmación de los tamaños de cardúmenes y búsqueda de cardúmenes, para varios períodos entre noviembre y marzo, y también se informó sobre parámetros adicionales de las distribuciones de algunas de estas estadísticas. Los tiempos de búsqueda fueron mayores y los tiempos de pesca menores en noviembre y principios de diciembre, pero después hubo una tendencia pequeña en cualquiera de las estadísticas presentadas durante el resto de la temporada pesquera.

Aspectos prácticos de la Recolección de Datos

60. El estudio de simulación de la pesquería del krill japonesa (WS-KCPUE-89/4) indicó que los índices de CPUE que utilizan Tiempo de Búsqueda Primario (PST) son mucho más eficaces para detectar cambios de la abundancia de krill en las concentraciones que aquellos en los que el Tiempo de Búsqueda Primario y Secundario (PST+SST) están combinados. Estas últimas estadísticas podrían probablemente registrarse sistemáticamente ya que pueden obtenerse mediante sustracción del tiempo necesario para otras actividades, tales como transferencia de carga, manejo de las redes y pesca, que están claramente definidos. Sin embargo, se cuestionó y se discutió ampliamente los aspectos prácticos de distinguir entre el PST y el SST.

61. El Sr Ichii advirtió que para la mayoría de concentraciones en las que se realizaba una actividad pesquera importante, los requisitos de procesamiento eran los principales determinantes del período de tiempo transcurrido entre la finalización de un lance y el comienzo del siguiente. Se efectuó alguna forma de exploración durante este período, pero la detección del próximo cardumen explotable que había de pescarse era muy rápida y fácil. Fue realmente imposible, sin embargo, identificar con exactitud qué proporción de este período debía considerarse como "Tiempo de Búsqueda Primario".

62. El Taller estaba de acuerdo que la recolección de Tiempo de Búsqueda Primario tal como se utilizó en el estudio de simulación era poco práctica, ya que no sería posible ninguna definición operacional. Por consiguiente, cualquier intento de utilizar los datos del tiempo de búsqueda de esta pesquería en los índices de CPUE necesitaría de emplear el PST+SST o alguna adaptación de lo mismo.

63. Desafortunadamente, ya que los científicos soviéticos no estuvieron presentes en el Taller, no fue posible comentar los aspectos prácticos de la recolección de datos de la pesquería soviética del krill. Por una razón similar, no se hizo comentario alguno sobre el tema relacionado con las flotas de otras naciones participantes en la pesquería del krill.

ASUNTOS PLANTEADOS EN LOS DOCUMENTOS EXAMINADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Tipos de Concentración

64. El asesoramiento del Sr Ichii sirvió para enfatizar que no todas las concentraciones de krill son explotables. La mayoría de concentraciones, tanto si se componen de cardúmenes como de capas, son demasiado "malas" para ser pescadas. Generalmente, los buques de pesca japoneses no mantienen registros de las concentraciones "malas" halladas. Sólo se pescan las concentraciones "buenas", y la interpretación de las estadísticas de pesca recopiladas dependerá de si tales concentraciones están formadas por cardúmenes o por capas. Por consiguiente, se consideró que era importante proporcionar definiciones más específicas de lo que constituían concentraciones "malas" o "buenas", tal como son apercibidas por los pescadores. Se estuvo de acuerdo en las definiciones generales de concentración "mala" (formadas ya sea de cardúmenes o de capas), concentración de "capas buenas" y concentración de "agregaciones buenas", estando todas ellas expuestas en el Apéndice 4.

65. Debido a que la interpretación de las estadísticas de pesca presentadas depende de si se había pescado en capas o agregaciones buenas, es importante asegurar si tal caracterización podría lograrse a bordo de un buque de pesca con fines de registro rutinario. El Taller acordó que ésto sería posible mediante la inspección de gráficos acústicos. El asunto de establecer una definición operacional que describa las concentraciones (la cual debería incluir algunos ejemplos de gráficos acústicos típicos) fue remitida al Grupo de Trabajo sobre el Krill.

Estimación del Número de Concentraciones (N_c)

66. Los datos obtenidos de los buques de pesca japoneses no pueden utilizarse para estimar el número de concentraciones, por tres razones. En primer lugar, los buques no exploran aleatoriamente. En segundo lugar, los buques faenan en una zona relativamente pequeña y en tercer lugar, los buques sólo faenan en unas pocas concentraciones por año (a menudo regresando a la misma concentración después de descargar).

67. El Dr Mangel propuso una fórmula que podría emplearse para proporcionar una estimación de N_c a partir de los datos de los buques de reconocimiento soviético (ecuación 3). La aplicación de esta ecuación requiere estimaciones para w , v , t y A . Se conoce el valor de la velocidad de búsqueda v , y se podrían mantener fácilmente registros del tiempo de búsqueda t para distintas concentraciones si se proporcionaran las definiciones adecuadas. La estimación

de A depende de los límites observados de la distribución del krill, pero puede perfeccionarse también consultando las características oceanográficas y la topografía de fondo. Existe evidencia de que los buques de reconocimiento tienden a limitar sus actividades con relación a las zonas frontales y a las características topográficas. Es probable que esto conduzca a un sesgo positivo en la estimación de N_c porque la densidad (número por unidad de superficie) de las concentraciones en el área total (A) puede que no sea tan alta como la que existe en la zona de pesca concentrada. La abertura de búsqueda efectiva w es equivalente al diámetro de las concentraciones (suponiendo que éstas sean circulares). La estimación del radio de concentración medio y el sesgo que surge en este proceso se discuten en los párrafos 68 al 72. Los detalles adicionales sobre la estimación de N_c figuran en el Apéndice 5.

Estimación del Tamaño de las Concentraciones (Radio Circular Efectivo L_c)

68. El tamaño de las concentraciones explotables podría determinarse graficando las posiciones de los distintos lances realizados en una concentración concreta. Esta información podría obtenerse de los buques soviéticos y japoneses. Por ejemplo, se podría calcular el centroide de las posiciones de lance y evaluar la distancia cuadrática media de las posiciones individuales desde este centroide. Los análisis matemáticos para varias formas podrían indicar un valor apropiado para una constante que, al multiplicar esta distancia cuadrática media, proporcionaría una estimación del radio efectivo L_c . Esto en cambio, daría la estimación requerida de w que figura en el párrafo anterior. Incluso si la estimación resultante fuera sesgada, el valor N_c obtenido podría usarse aún para proveer un índice relativo, si no absoluto, de la abundancia del krill.

69. Se precisa alguna indicación de las formas probables de las concentraciones para efectuar los análisis indicados en el párrafo anterior. Los gráficos de las posiciones de lance obtenidas de los datos de las pesquerías, (como los que fueron examinados por el Dr Mangel en el Apéndice 5) podrían ser útiles en este respecto. Las concentraciones pueden asociarse con las características hidrográficas que podrían dar origen a formas particulares. Se sugirió que una mayor comprensión de las condiciones bajo las cuales se forman las concentraciones, ayudaría a determinar los tipos de formas que pueden esperarse.

70. Se señaló que una estimación de L_c a partir de las concentraciones observadas o halladas es probable que sea definitivamente sesgada, porque es más fácil detectar las concentraciones grandes que las pequeñas. Se intentó cuantificar la magnitud de este sesgo para el modelo de exploración usado en los estudios de simulación. Estos estudios suponen que las concentraciones son circulares, con radios distribuidos uniformemente por encima del

rango (5.6, 11.3) de millas náuticas. Tanto los resultados analíticos como los de simulación evaluados durante el Taller, mostraron que el sesgo en la estimación de L_c es del orden de $\pm 10\%$ para los parámetros utilizados en el modelo de exploración. Este sesgo afecta no sólo la estimación de L_c , sino también la estimación de N_c , la cual depende de este valor (véanse los párrafos 53 y 67).

71. El alcance del sesgo discutido en el párrafo anterior viene determinado por la distribución estadística de los radios de las concentraciones, así como por la abertura de detección efectiva del buque de exploración (es decir, la abertura en que el sonar y la ecosonda pueden localizar el krill). Se propuso que las características de las concentraciones observadas se resumieran en un histograma de frecuencia de tamaños, para dar una mejor estimación de esta distribución. Se observó, sin embargo, que esta distribución empírica estaría sesgada en las concentraciones más grandes. El Taller acordó que los análisis matemáticos adicionales para evaluar la magnitud del sesgo en L_c y N_c deberían aplazarse hasta que se haya desarrollado una descripción más detallada de la distribución del tamaño de las concentraciones a partir de los datos de prospección y de las pesquerías.

72. El problema de un posible doble recuento de las concentraciones en los análisis de los datos de los buques de reconocimiento soviéticos había sido planteado por el Dr Mangel en el WS-KCPUE-89/6. Esto no es problema si la exploración es verdaderamente aleatoria, pero crea dificultades cuando la exploración es dirigida (es decir, intentos deliberados de volver a localizar una concentración hallada anteriormente). Se reconoció que el objetivo principal de las operaciones de los buques de reconocimiento soviéticos no es la obtención de una estimación no sesgada de N_c . Se observó, sin embargo, que una componente de exploración dirigida puede no tener importancia si sólo se requiere un índice de abundancia relativo para una subárea bien definida.

73. El Taller consideró que la escala más pequeña que se utiliza actualmente para presentar los datos de captura a la CCRVMA (en una cuadrícula de aproximadamente 30 millas náuticas x 30 millas náuticas de tamaño) era aún demasiado poco precisa para estimar los tamaños de las concentraciones adecuadamente. Se discutió en detalle, la cuestión de los datos adicionales que los buques de reconocimiento deberían recolectar para posibilitar la estimación N_c y L_c , tal como se ha descrito más arriba, y en el Apéndice 5 se presentan sugerencias para el desarrollo de un libro de bitácora.

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE DISTRIBUCION DEL KRILL PERTINENTES A CONCENTRACIONES BUENAS A PARTIR DE LOS DATOS DE CPUE

Agregaciones Buenas

74. Después de considerar algunas modificaciones al estudio de los Consultores (WS-KCPUE-89/4) tal como se detalla en el Apéndice 6, el Taller acordó que aunque aún se tuvieran dudas sobre algunas de las entradas de datos al modelo de simulación, los resultados obtenidos indicaron que los índices de CPUE que utilizan una modificación del tiempo entre arrastres, llamado Pseudo Tiempo de Búsqueda Primario, PPST, pueden proporcionar información sobre los cambios de la biomasa en una concentración de agregaciones buenas. Dichos índices pueden detectar cambios que no podrían ser detectados por los índices que utilizan solamente datos de tiempo de pesca. Se observó que los laboratorios nacionales podrían, en principio, elaborar dicho índice usando datos del tiempo de inicio y finalización de la pesca en cada lance. Algunas naciones ya registran estos datos habitualmente. Se precisarían algunos comentarios adicionales menores en los libros de bitácora existentes que indicaran los cambios en el producto que se estuviera procesando, y si las actividades normales de exploración y pesca se interrumpen por algún otro incidente, como el mal tiempo.

Capas Buenas

75. Para fines prácticos, se acordó que la extensión superficial del krill es prácticamente ininterrumpida en las concentraciones compuestas de capas buenas. Por lo tanto, el único parámetro de distribución relativo a las concentraciones, para el que se requiere una estimación, es la densidad de superficie del krill (δ). Esto se indica en la captura por tiempo de pesca, para la que ya se recopilan datos habitualmente.

ELABORACION DE UN INDICE DE ABUNDANCIA COMPUESTO

76. Los resultados de las Tablas del Apéndice 6 indican que para las agregaciones buenas incluso el mejor de los índices de CPUE, del que se podrían recopilar datos, en la práctica tiene solamente una capacidad muy escasa para detectar disminuciones en el radio de los cardúmenes (r). Los índices que comprenden tiempo de pesca detectan bien las disminuciones de densidad de superficie del krill (δ). Parece que los índices que usan el Pseudo Tiempo de Búsqueda Primario tienen la posibilidad de detectar disminuciones en el número de

cardúmenes por unidad de superficie de la concentración (D_c). En general, los índices de CPUE tienen la propiedad de que, al bajar la biomasa, el valor del índice desciende en una proporción más pequeña (lo cual se refiere como comportamiento no lineal).

77. La banda de error de la Figura del Apéndice 6 indica la precisión en que los cambios de abundancia podrían ser detectados por el índice indicado de un año a otro por una pesquería semejante en escala a la pesquería japonesa actual (aproximadamente 10 buques pescando durante dos o tres meses). Estos resultados sugieren que la detección de cambios importantes estadísticamente en los índices de CPUE será difícil de conseguir. Si se consideran conjuntamente con el comportamiento no lineal de los índices de CPUE discutidos en el párrafo anterior, significa que la detección de cualquier reducción estadísticamente importante en un índice de CPUE podría implicar que se ha producido una reducción importante en la biomasa del krill.

78. En vista de la ínfima capacidad de los índices de CPUE para detectar cambios en el radio de los cardúmenes r , se consideró que en la reunión del Grupo de Trabajo sobre el Krill se podrían discutir las posibilidades de utilizar datos acústicos (ya sea de los buques de pesca y de prospección científica por separado o de ambos) para detectar tales cambios.

79. Las componentes de un Índice Compuesto de Abundancia se encuentran en el Apéndice 7, y el origen de los datos requeridos para controlar sus cambios se detallan en el Apéndice 7. Se recomendó un estudio sobre la posible precisión con la que un Índice Compuesto de abundancia podría estimar la biomasa del krill, y particularmente los cambios relativos de la biomasa del krill en una zona concreta. El marco para este ejercicio figura también en el Apéndice 7.

80. Se observó que el método propuesto para evaluar N_c tomaría en cuenta la posibilidad de una disminución en la biomasa de krill, que estaría relacionada con una contracción de la extensión de la superficie de la distribución total del krill, a pesar de que la abundancia local del krill en la zona de pesca estuvo poco afectada. Sin embargo, también se valoró que el Índice Compuesto propuesto no tomó en cuenta la cantidad de krill en las concentraciones malas; esto puede que no varíe en proporción a la cantidad de krill en las concentraciones buenas, ya que la abundancia total de krill cambió. Los datos de los buques de reconocimiento soviéticos pueden proporcionar información en este respecto.

81. El Taller señaló que podría obtenerse información particularmente útil para mejorar este enfoque, si existieran datos para una zona en la que faenaran simultáneamente los buques

de arrastre japoneses, los buques de reconocimiento soviéticos y los buques de reconocimiento científico (que efectúan prospecciones sistemáticas).

ANALISIS ADICIONALES NECESARIOS

82. La variación probable del Índice Compuesto propuesta en el párrafo 79, debería evaluarse a partir de estimaciones de la exactitud con la que los parámetros componentes podrían ser medidos (véase Apéndice 7).

83. El perfeccionamiento de los análisis existentes de los datos de distribución del krill a partir de prospecciones científicas (como FIBEX) no se consideró de alta prioridad de momento. Más bien, se creyó que deberían obtenerse y analizarse más datos de la pesquería sobre los parámetros distribucionales de las agregaciones pescadas (como proporcionaron, por ejemplo, los Drs Endo y Shimadzu en el WS-KCPUE-89/9).

84. Tampoco se vio como una prioridad inmediata, la información sobre las tendencias temporales en los parámetros de distribución del krill (es decir, las proporción en la que las agregaciones buenas se forman y se dispersan). Aunque dicha información es conveniente para modelar más exactamente la operación de los buques de arrastre japoneses que deciden abandonar una concentración cuando las tasas de captura bajan a un nivel que se considera demasiado bajo, ello es pertinente sólo para la estimación de N_c y L_c a partir del tiempo de búsqueda en una concentración. Sin embargo, ésto no parece práctico de los datos de la pesquería japonesa, debido a otras razones.

85. Se sugirió una modificación en el modelo de simulación de la pesquería japonesa que evite la distinción entre *Tiempo de Búsqueda Primario y Secundario*. Esto podría lograrse fijando el tiempo total de búsqueda de los distintos lances, en función del tiempo requerido para el procesamiento. El número de cardúmenes detectados en este período debería producirse en forma aleatoria, y debería escogerse el mejor cardumen para el lance siguiente. Se recomendó que se investigue esta posibilidad.

IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA UNA ESTRATEGIA DE CONSERVACION

86. Se obtuvieron dos resultados generales de importancia en el Taller sobre este punto de la agenda:

- (a) la capacidad de detectar disminuciones de abundancia del krill a partir de los datos de CPUE es relativamente limitada, y;
- (b) si se detectara un descenso estadísticamente significativo en el Índice Compuesto de abundancia de krill, ello implicaría que ya se ha producido una disminución importante en la biomasa del krill.

Las implicaciones de estos resultados frente a una estrategia de conservación fue una cuestión que había llamado la atención del Grupo de Trabajo sobre el Krill en primer lugar.

CLAUSURA DE LA REUNION

87. El Taller acordó la aprobación del informe de las actividades del mismo. El Presidente agradeció a los participantes y al personal del "Southwest Fisheries Centre" la organización de la reunión y su ayuda en las actividades relacionadas con la misma, particularmente a los Drs R. Hewitt y R. Holt por los preparativos generales, Gaye Holder por la mecanografía y Susie Jacobson por su colaboración en las ejecuciones del modelo de simulación realizados en el ordenador. Los participantes del Taller dieron las gracias al Presidente por la forma eficiente en que había dirigido la reunión.

AGENDA

Taller sobre el Estudio de Simulación de la CPUE del Krill
(La Jolla, EE.UU, 7-13 de junio de 1989)

1. Apertura: Comentarios del Coordinador
2. Adopción de la agenda
3. Nombramiento de los relatores
4. Examen de los documentos y de las instalaciones de informática
5. Examen de los informes de los Consultores
 - (a) Análisis
 - (i) Pesquería japonesa
 - (ii) Pesquería soviética
 - (b) Recomendaciones
 - (i) Pesquería japonesa
 - (ii) Pesquería soviética
6. Modificaciones en el modelo de distribución del krill
 - (a) Efecto probable sobre los resultados de simulación
 - (b) Aspectos espaciales
 - (c) Aspectos temporales
7. Aspectos prácticos de la recolección de datos
 - (a) Tiempo de búsqueda para la pesquería japonesa
 - (b) Buques de investigación soviéticos
 - (c) Flotas de otras naciones
8. Análisis adicionales necesarios
 - (a) Utilización de los mismos para proporcionar un índice de abundancia compuesto
 - (b) Datos de distribución
 - (c) Estudios de simulación

9. Solicitud del Presidente del Grupo de Trabajo para la Elaboración de Enfoques para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.

10. Recomendaciones
 - (a) Utilidad de las medidas de CPUE para proporcionar un índice de abundancia del krill
 - (b) Recolección de datos
 - (c) Análisis adicionales

11. Aprobación del informe

12. Clausura de la reunión

LISTA DE PARTICIPANTES

Taller sobre el Estudio de Simulación de la CPUE del Krill
(La Jolla, EE.UU, 7-13 de junio de 1989)

M. BASSON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Price's Gardens London SW7 1NA UK
J. BEDDINGTON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Price's Gardens London SW7 1NA UK
D. BUTTERWORTH (Consultor)	Department of Applied Mathematics University of Cape Town Rondebosch 7700 South Africa
Y. ENDO	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimi 424 Japan
I. EVERSON	British Antarctic Survey Madingley Road Cambridge CB3 0ET UK
R. HEWITT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
R. HOLT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
T. ICHII	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimi 424 Japan

M. MANGEL
(Consultor)

Department of Zoology
University of California
Davis, CA 95616
USA

D.G.M. MILLER

Sea Fisheries Research Institute
Private Bag X2
Roggebaai 8012
South Africa

E. MURPHY

British Antarctic Survey
Madingley Road
Cambridge CB3 0ET
UK

S. NICOL

Antarctic Division
Channel Highway
Kingston, Tasmania 7050
Australia

D.L. POWELL

Executive Secretary
CCAMLR
25 Old Wharf
Hobart, Tasmania 7000
Australia

V. SIEGEL

Sea Fisheries Research Institute
Palmaille 9
200 Hamburg 50
Federal Republic of Germany

LISTA DE DOCUMENTOS DE LA REUNION

Taller sobre el Estudio de Simulación de la CPUE del Krill
(La Jolla, EE.UU, 7-13 de junio de 1989)

Documentos recibidos antes de la reunión:

- | | |
|---------------|--|
| WS-KCPUE-89/1 | Agenda for the Krill CPUE Workshop |
| WS-KCPUE-89/2 | Annotated agenda |
| WS-KCPUE-89/3 | Some aspects of the relation between Antarctic krill abundance and CPUE measures in the Japanese krill fishery. (Parte del SC-CAMLR-VI/BG/4)
(D.S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/4 | A simulation study of krill fishing by an individual Japanese trawler. (SC-CAMLR-VI/BG/37)
(D.S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/5 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet. (SC-CAMLR-VII/BG/12)
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/6 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet, II: Estimating the number of concentrations and analytical justification for search data
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/7 | Brief comments on the simulation study made by Dr Butterworth on krill fishing by an individual Japanese trawler.
(T. Ichii and Y. Endo) |
| WS-KCPUE-89/8 | CPUE's, body length and greenness of Antarctic krill during 1987/88 season in the fishing ground north of Livingston Island.
(T. Ichii and Y. Endo) |

Los siguientes documentos fueron presentados durante la reunión:

- | | |
|----------------|--|
| WS-KCPUE-89/9 | Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler Ehiko Maru in 1986/87 season
(T. Ichii and Y. Shimadzu) |
| WS-KCPUE-89/10 | Size and density of krill layers fished by a Japanese trawler in the waters north of Livingston Island in January 1988.
(Y. Endo and Y. Shimadzu) |

- WS-KCPUE-89/11 Krill aggregation characteristics: spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology (in press). (D.G.M. Miller and I. Hampton)
- WS-KCPUE-89/12 Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler, Ehiko Maru in 1986/87 season. (Anon, Far Seas Fisheries Laboratory, Shimizu, Japan)

Referencias adicionales:

Everson, I. and Murphy, E. 1987. Mesoscale variability in the distribution of krill *Euphausia superba*. Marine Ecology, Progress Series, 40, No. 1, 53-60.

Kalinowski, K. and Witek, Z. 1983. Elementy biologii, formy grupowego wystepowania i zasoby antarktycznego kryla *Euphausia superba* (Dana/Crustacea). Sea Fisheries Institute, Gdynia, 207pp.

Kanda, K., Takagi, K. and Seki, Y. (1982). Movement of larger swarms of Antarctic krill *Euphausia superba* population off Enderby Land during 1976-1977 season. J. Tokyo Univ. Fish 68:25-42.

DEFINICIONES DE LAS CONCENTRACIONES DE KRILL

Tipo	Nombre	Descripción Cualitativa	Distancia entre-agregaciones	Diámetro de las agregaciones	Comentarios
1	mala	cardúmenes muy espaciados Agregaciones difusas	de varios a decenas de km	de varios a decenas de metros	es posible tanto la separación horizontal como vertical
2	capa buena	capa densa continua	0	de pocos a decenas de km	
3	agregación buena	grupos próximos de cardúmenes densos	decenas de metros	10 - centenares de metros	

ESTIMACION DEL NUMERO DE CONCENTRACIONES DE UNA REGION

Este apéndice trata un número de asuntos planteados en el Taller y utiliza los datos del crucero de 1980-81 del buque de investigación *Mys Tihiy*, como un ejemplo.

2. El "mapa de concentraciones" para este crucero, obtenido de la Figura 5 de WS-KCPUE-89/6, se encuentra en la Figura 1. Los lances individuales reales se muestran en la Figura 2. En dicha figura, los lances están separados según el tamaño de captura (superior o inferior a 1 000 kg de krill). Las Figuras 3 y 4 muestran la distribución de los lances en las concentraciones individuales 4 y 8. A partir de estas figuras, se observa que es difícil agrupar lances para formar concentraciones. En WS-KCPUE-89/6 se utilizó el principio de "50 millas náuticas" para definir una concentración, pero fue una selección ad hoc basada en las simulaciones. Alternativamente, se podría intentar definir las concentraciones de la manera geoméricamente más pequeña posible (por ej. definir concentraciones como elipses en vez de círculos).

3. Se ilustran algunas de las dificultades en la Figura 4. Donde, la mayoría de lances se realizaron en la región de alrededor de 64.5°S y 140°E, y unos cuantos se efectuaron en 65.5°S y 138°E. Según los datos del cuaderno de pesca, es difícil determinar si el vacío de la Figura 4 corresponde a una región que carece de krill o a una en que el krill está presente, pero el buque simplemente no muestreó este krill.

4. Una labor futura debería ser el perfeccionamiento de las definiciones operacionales de las concentraciones que se utilizan en los análisis estadísticos y en la estimación de la abundancia de krill.

5. Dado este tipo de dificultad, un subgrupo de participantes del Taller consideró la preparación de cuadernos de bitácora que habrán de emplearse en los buques de reconocimiento. El siguiente es un ejemplo de los citados cuadernos:

NOMBRE DEL BUQUE: _____

FECHA: _____

Hora	Posición		Velocidad	Rumbo	Concentración		Arrastre
	S	E			Tipo	Igual/Diferente	
0 1							
0 2							
.....							
2 4							

Las entradas en este cuaderno son las siguientes:

Posición: Latitud y longitud acostumbrada

Velocidad: Esta entrada describe la velocidad media del buque durante el período de notificación

Rumbo: Esta entrada describe el tipo de rumbo del buque durante el período de notificación:

- 1 - Rumbo recto
- 2 - Rumbo muy variable
- 3 - Viraje (mal tiempo)
- 4 - Estacionario
- 5 - En tránsito, pero sin registrar en la ecosonda

Concentración:

Tipo: Esta entrada describe el tipo de concentración definido en el Apéndice 4 :

- 0 - No está en una concentración de krill
- 1 - Concentración mala
- 2 - Concentración de capas buenas
- 3 - Concentración de agregaciones buenas

Igual/Diferente:

Esta entrada describe si el buque está en la misma concentración que en el período de notificación anterior:

- 1 - Misma concentración
- 0 - Concentración Diferente

Explotable/Otro:

Esta entrada describe si el buque de reconocimiento consideró la concentración explotable o no:

- 1 - Buques de pesca presentes o contactados en relación a esta concentración
- 2 - Otro

Esta variable es importante, porque proporciona una definición operacional de concentraciones explotables.

Arrastre:

Esta entrada describe si el arrastre se realizó durante el período de notificación:

- 1 - Arrastre realizado
- 2 - No hubo arrastre

6. Se propone que los buques de reconocimiento rellenen estas hojas de navegación cada día, desde que entran en el Area de la Convención hasta que salen de ella. Los días en que los buques están anclados, hay mal tiempo o el buque no está haciendo reconocimientos por otras razones, los buques deberán rellenar el encabezamiento de las hojas del cuaderno de bitácora, con un comentario indicando la razón por la cual no se han efectuado actividades de reconocimiento aquel día.

7. Incluso con los datos limitados existentes de los cuadernos de bitácora del crucero del buque *Mys Tihiy*, es posible contestar algunas preguntas acerca de la estimación del número de concentraciones.

¿Se pueden separar las concentraciones en buenas y malas?

8. La captura por tiempo de pesca en una concentración se utilizará probablemente como medición de la calidad de la concentración. Para las 14 concentraciones prospeccionadas por el *Mys Tihiy*, la captura por tiempo de pesca (que comprende desde el principio hasta el final de la pesca, tal como se indica en el cuaderno de bitácora)se muestra a continuación:

Concentración	Captura/Tiempo de Pesca (kg/h)
1	41
2	1530
3	359
4	879
5	907
6	184
7	531
8	629
9	918
10	395
11	1250
12	578
13	6
14	136

9. La definición de que una concentración es mala si la captura es inferior a 500 kg/h, sugiere que las concentraciones 1, 3, 6, 10, 13 y 14 (casi la mitad de las concentraciones) son malas.

¿Cómo varían los radios de las concentraciones?

10. Utilizando las extensiones este-oeste y norte-este que figuran en el WS-KCPUE-89/6, se puede convertir el rectángulo efectivo a un radio equivalente. Los resultados de este cálculo se muestran a continuación:

Concentración	Radio Efectivo (m náuticas)
1	8.95
2	3.91
3	5.52
4	34.20
5	14.50
6	6290
7	31.20
8	35.10
9	1.20
10	13.30
11	12.70
12	2.68
13	.85
14	24.30

11. Al considerar estos números, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- El "principio de 50 millas" se utiliza para definir las concentraciones, y ésto afectará al tamaño de las mismas.
- Habrá un sesgo para los radios de las concentraciones detectadas, porque las concentraciones más grandes son más fáciles de detectar. La ejecución de la parte de la prospección del modelo desarrollado en el WS-KCPUE-89/5 para la operación de la prospección soviética, indicó que el radio medio de las concentraciones detectadas fue de alrededor de 8.9 millas náuticas, mientras que el radio medio de todas las concentraciones fue de alrededor de 8.4 millas náuticas; éste es un sesgo relativamente pequeño. Para un problema unidimensional más simple, se puede mostrar que la proporción entre los radios supuestos de las concentraciones detectadas y los radios supuestos de todas las concentraciones es $1 + CV^2$, donde CV es el coeficiente de variación de la distribución de los radios de las concentraciones.

12. Para los datos presentados más arriba, el rango de los radios de las concentraciones es de 0.85 millas náuticas a 62.9 millas náuticas, el promedio es 17.9 millas náuticas, y la desviación estándar es 17.1 millas náuticas. Esto da un coeficiente de variación de 0.95. La Figura 5 muestra un histograma de la distribución de los radios de las concentraciones.

¿De qué manera depende la fórmula de estimación en los parámetros?

13. A partir de la fórmula de busca aleatoria, el número estimado de concentraciones N_c en un sector de extensión A se expresa por

$$N_c = \text{int} \left[\frac{n_c}{1 - \exp(-wvt/A)} \right] \quad (1)$$

14. En esta ecuación, $\text{int} [Z]$ indica que el entero más grande es más pequeño que z y

N_c	=	número estimado de concentraciones en la zona
n_c	=	número de concentraciones halladas
w	=	detección de la anchura de las concentraciones
v	=	velocidad de búsqueda del buque
t	=	tiempo total de búsqueda entre concentraciones

Dependencia del Area del Sector

15. La Figura 6 muestra los resultados de la aplicación de la Ecuación(1) a los datos recopilados por el *Mys Tihy*, utilizando w = al doble del radio de concentración medio, v = 10 nudos, y el tiempo de búsqueda comunicado en el WS-KCPUE-89/6. Debido a que el área del sector oscila entre 90 000 millas náuticas cuadradas y 45 000 millas náuticas cuadradas, el valor de N_c oscila entre 14 y 24.

Dependencia de w , v y t

16. A partir de la Ecuación(1) está claro que el valor de N_c depende del producto wvt , por consiguiente, cambios compuestos en los valores individuales de los parámetros. El resultado general es que si w , v , o t aumentan, la estimación de N_c disminuirá. De modo similar, si A disminuye, la estimación de N_c disminuirá. Esto puede observarse a partir de la dependencia de N_c del valor de wvt/A .

17. La velocidad de búsqueda v y el tiempo de búsqueda total entre distintas concentraciones t pueden estimarse exactamente, ya que son parámetros operacionales. El efecto general de variar bien sea v o t será análogo al efecto de variar $1/A$; y de ahí que la Figura 6 puede interpretarse como el resultado de incrementar v o t cuando A disminuye.

18. La dependencia de w es más problemática, ya que w es probablemente una variable aleatoria y, además, no está completamente observada. Hay dos sesgos que tenderán a aumentar w y por lo tanto, a disminuir el número estimado de concentraciones N_c :

- Es más probable que se detecten las concentraciones grandes que no las pequeñas, por eso, el valor estimado de w aumenta.
- Si las concentraciones se mueven y el buque(s) sigue el movimiento de la concentración, el resultado neto será un aumento en el valor estimado de w .

19. Por consiguiente, se debería considerar que el número estimado de concentraciones N_c es una función de w , por lo tanto $N_c = N_c(w)$, donde w es una variable aleatoria. Ya que $N_c(w)$ es, según la Ecuación(1), una función no lineal de w , habrá un sesgo en la estimación de N_c . Este sesgo puede calcularse de la siguiente manera. Considerar la diferencia entre

$N_c(w)$, el valor estimado de N_c usando el valor medio de w , y $\langle N_c(w) \rangle$, el valor medio de $N_c(w)$, donde el promedio es llevado a la distribución (desconocida) de w . Los métodos estándar muestran que

$$\langle N_c(w) \rangle = N_c(\langle w \rangle) + (1/2)N_{c,ww}(\langle w \rangle)\text{Var}(w) \quad (2)$$

donde $N_{c,ww}$ es el segundo derivado de $N_c(w)$ con respecto a w , y $\text{Var}(w)$ es la variación de w .

20. La Figura 6 también muestra el número de concentraciones estimadas correcto, usando la Ecuación(2), como una función del área evaluada del sector. Para aplicar esta corrección, se debe estimar la variación de los radios de la concentración. A la luz de los resultados de la simulación de prospección, la cual mostró un sesgo relativamente pequeño en los radios detectados relativos a todos los radios, se utilizó el valor observado de $\text{Var}(w)$ de los datos del *Mys Tihy*, para elaborar la Figura 6. El resultado neto es relativamente pequeño, oscilando entre 0 para los valores más pequeños de A , hasta 3 para el valor mayor de A .



Figura 1: Mapa de concentraciones a partir de los datos del buque de investigación *Mys Tihy*. Las concentraciones no están a escala. Datos obtenidos de Mangel (WS-KCPUE-89/6).

Datos del "Mys Tihiy 1980-81"

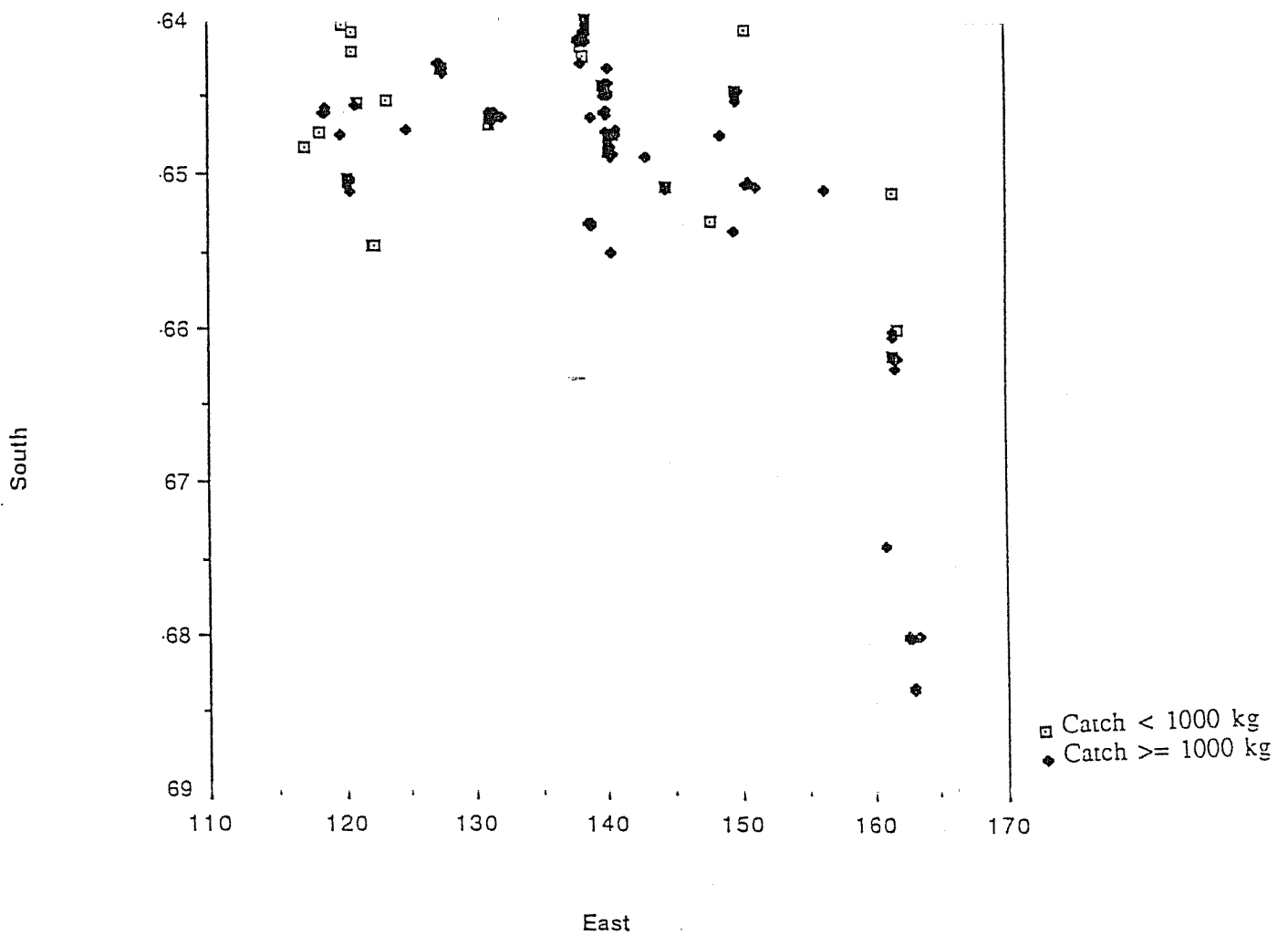


Figura 2: Gráfico de los lances procedentes de los datos utilizados para establecer el mapa de concentraciones, con lances separados por captura.

Datos del "Mys Tihy 1980-81", Concentración 4

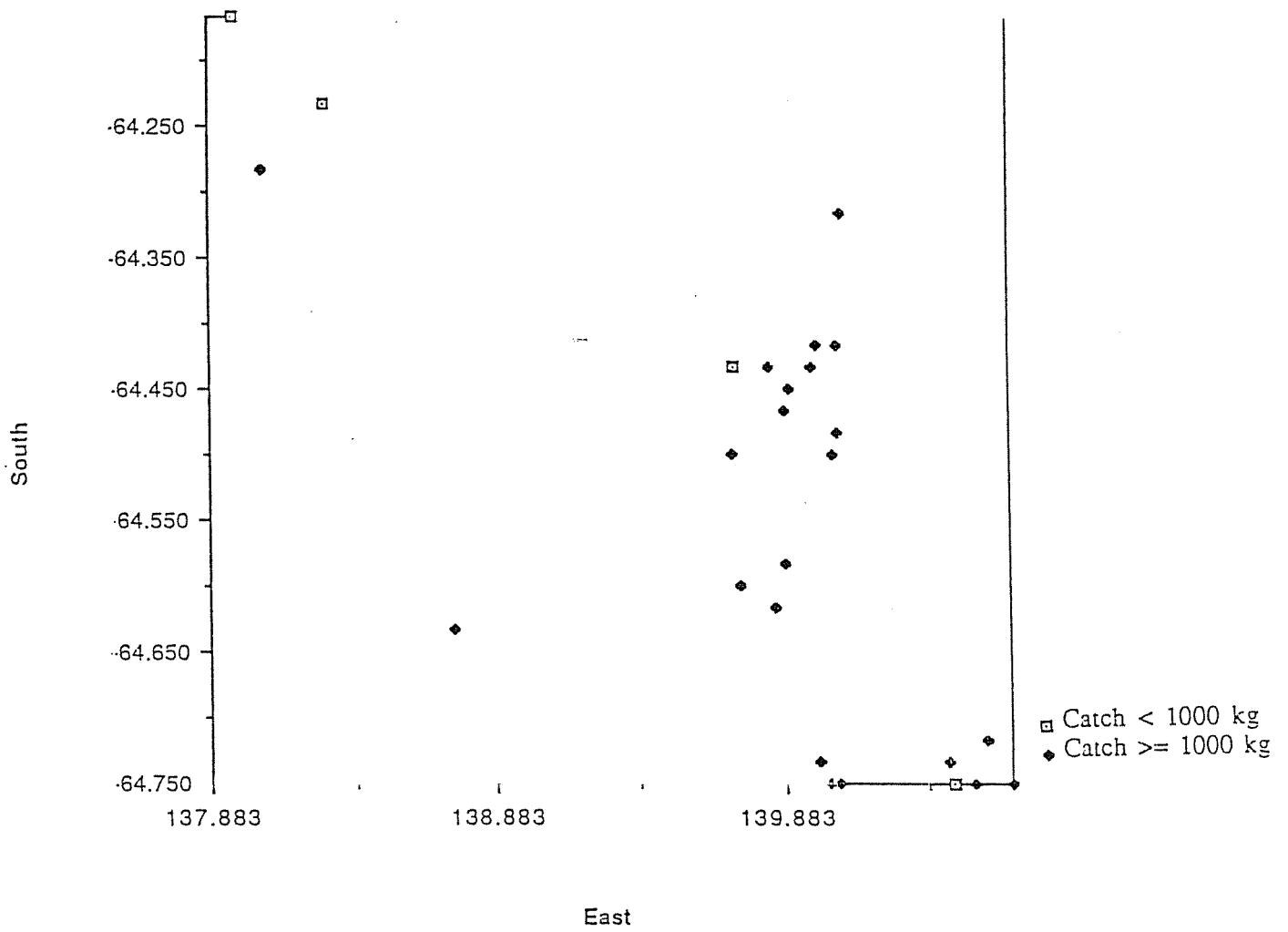


Figura 3 : Gráfico de los lances procedentes de los datos de la concentración 4.

Datos del "Mys Tihiy 1980-81", Concentración 8

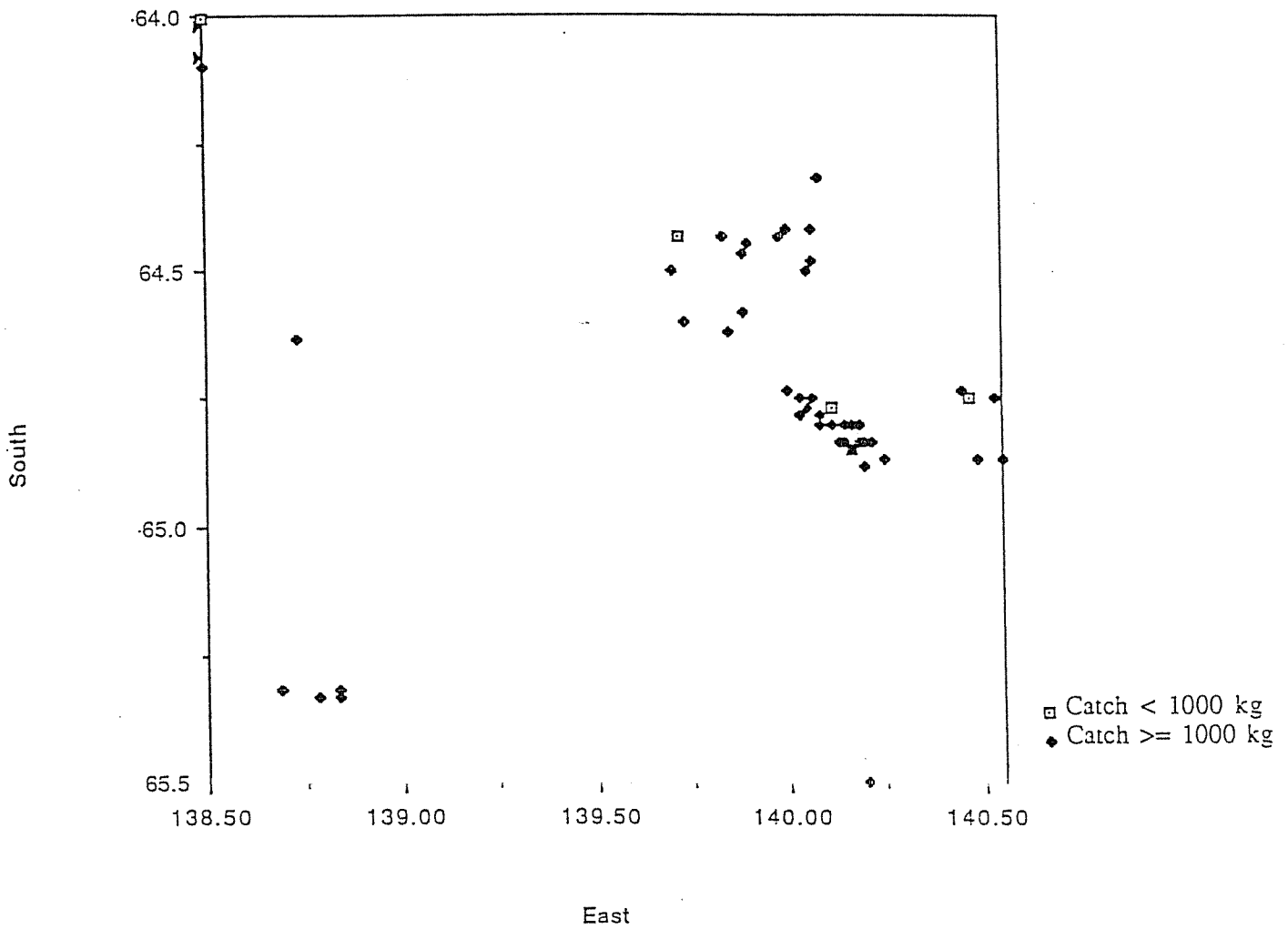


Figura 4: Gráfico de los lances procedentes de los datos de la concentración 8.

Datos de los "Radios de Conc. del Mys Tihy"

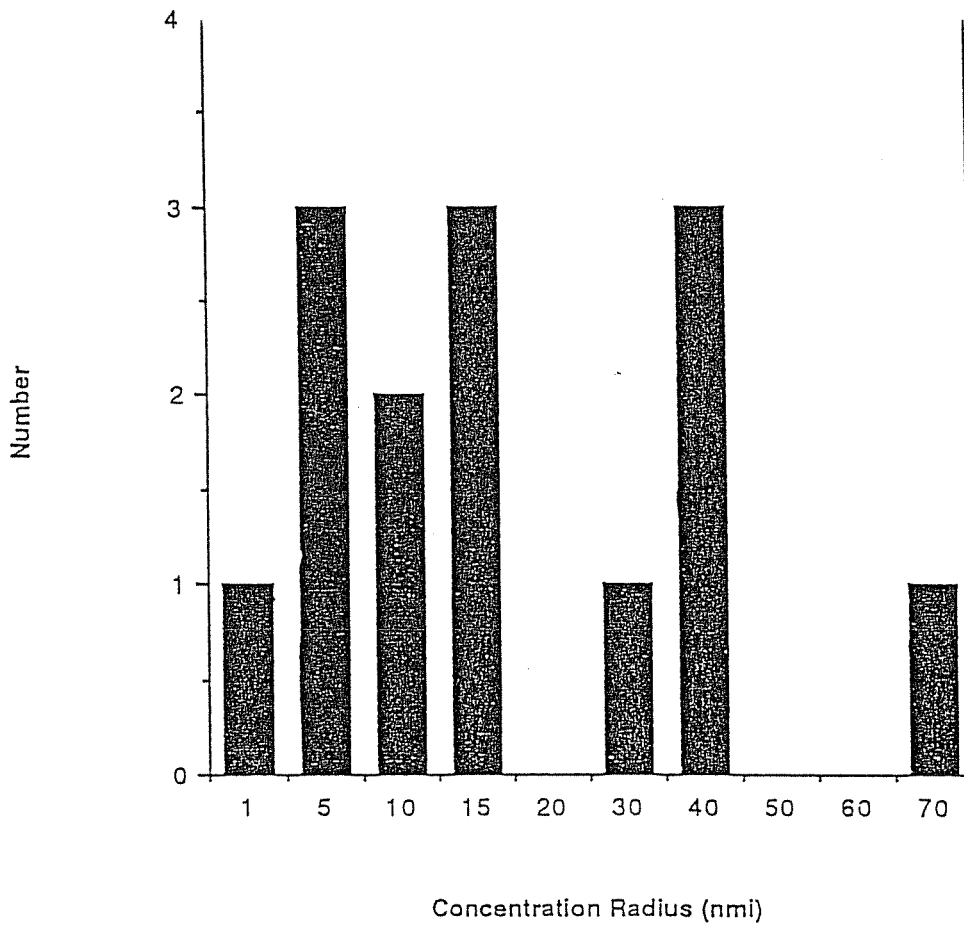


Figura 5: Histograma de los radios de las concentraciones.

Datos de la "Estimación del Mys Tihiy"

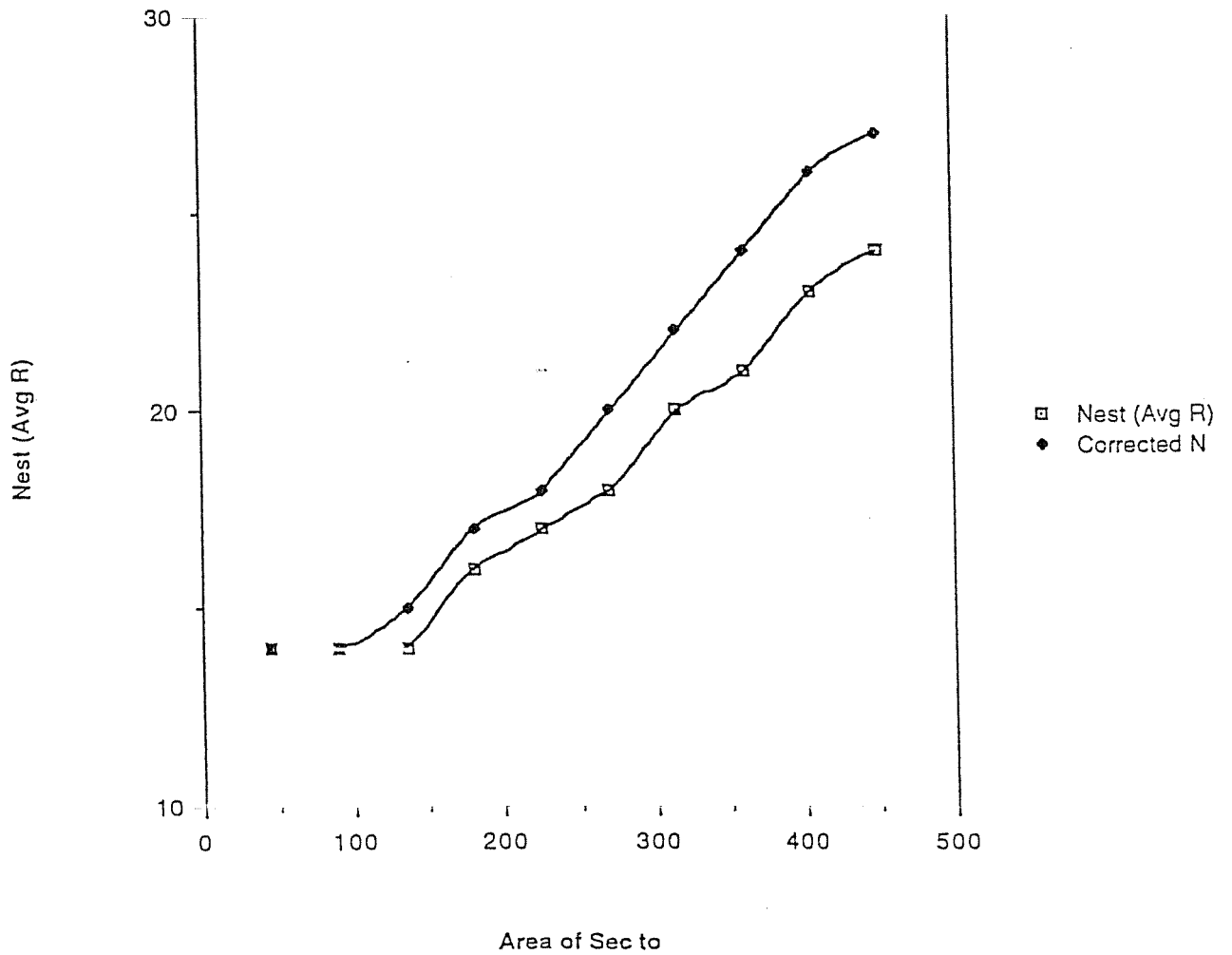


Figura 6 : Número estimado de concentraciones en el sector, $N_{c,est}$ (Avg R) utilizando el radio de concentración medio, como una función del área del sector. La curva inferior corresponde a los resultados de la Ecn(1) y la curva posterior corresponde a los resultados de la Ecn(2), corrigiendo el sesgo causado por una distribución de los radios de las concentraciones.

**DETALLES DE LAS MODIFICACIONES EN EL ESTUDIO DE SIMULACION
DE LA PESQUERIA DEL KRILL JAPONESA Y RESULTADOS DEL MISMO
EMPREDIDOS DURANTE EL TALLER**

INTRODUCCION

Un problema concreto que se planteó en el estudio de simulación de la pesquería del krill (WS-KCPUE-89/4) fue que el tiempo de pesca simulado típico necesario para realizar una captura de un cardumen determinado era solamente de unos 15 minutos, comparado con el promedio de una hora que es lo que suele informarse en las operaciones japonesas. En el Taller se ofrecieron dos razones para explicar esta anomalía. Primero, las estadísticas japonesas informadas estaban muy influenciadas por los resultados de la pesca en capas buenas, las cuales requieren lances prolongados, mientras que los tiempos de pesca en cardúmenes de concentraciones buenas toman bastante menos de una hora. En segundo lugar, los cardúmenes no están distribuidos aleatoriamente en estas concentraciones, sino que tienden a agruparse entre sí, es decir, existe una correlación espacial positiva de los cardúmenes en las agregaciones buenas. Un grupo de cardúmenes que se encuentran juntos serían considerados por el buque de pesca como un sólo cardumen, con las dimensiones espaciales mucho más grandes que las que se informan en las prospecciones científicas y las que se utilizan en los estudios de simulación. El Taller, por tanto, estudió la manera en cómo este efecto de agrupación podría ser tomado en cuenta mediante la modificación del modelo, y si ésto podría cambiar algunas conclusiones sobre la utilidad potencial de varios índices de la CPUE.

MODIFICACIONES AL MODELO

2. La modificación más importante que se realizó fue incrementar la mediana del radio del cardumen (r) de 50 m utilizado para describir la distribución del krill en el estudio de simulación. Se realizaron pasadas consecutivas para los valores de la mediana de r de 100, 150 y 300 m. Los motivos para este cambio fueron que los grupos de cardúmenes vistos como unidades únicas serían más grandes que los cardúmenes individuales, por lo cual, incrementar el valor de la mediana de r de esta manera, sería una forma sencilla (aunque aproximada) de tomar en cuenta todo ésto en el modelo.

3. Sin embargo, incrementando solamente el valor de la mediana de r es inadecuado, ya que esto lleva muy pronto a una cobertura proporcional de una concentración por sus cardúmenes de krill de más del 100%, si no se cambian otros parámetros de distribución. Por lo tanto, cuando se incrementó la mediana de r , el número de cardúmenes por unidad de superficie (D_c) fue disminuido de tal modo que el producto $D_c r^2$ permaneció constante. Esto significa que la biomasa de krill de la concentración, y la parte de la concentración cubierta por los cardúmenes permanece constante cuando se incrementa r . Se escogió este procedimiento porque el objetivo de cambiar r fue solamente para que representara el agrupamiento de cardúmenes de una concentración de una manera que hiciera corresponder el modelo de simulación con la forma en que los pescadores aperciben "los cardúmenes" de una buena concentración. Los valores de r y de D_c utilizados en los análisis se muestran en la Tabla 1.

4. Se mantuvo la fórmula base original de búsqueda aleatoria para calcular el tiempo de búsqueda primario, (véase párrafos 44 y 45), aunque los valores de parámetro se ajustaron de la manera descrita más adelante. La suposición de búsqueda aleatoria per se puede cuestionarse, porque la búsqueda de estas concentraciones puede ser más del tipo de búsqueda directa. Sin embargo, incluso cuando la búsqueda es dirigida, el tiempo de viaje de un grupo de cardúmenes a otro aumentará si la biomasa de krill disminuye debido a una disminución de D_c y aumento consecuente de la distancia entre grupos de cardúmenes. La fórmula de búsqueda aleatoria ofrece resultados similares en estas circunstancias, de manera que pueda ser una aproximación adecuada para los objetivos de esta investigación.

5. La fórmula utilizada para determinar el tiempo de búsqueda primario fue por tanto:

$$\text{Prob (detectar cardumen en tiempo } t) = 1 - \exp(-w d t v)$$

donde v	=	velocidad de búsqueda (10 nudos)
d	=	número de cardúmenes explotables por unidad de superficie
w	=	$w_{\text{sonar}} + 2\bar{r}_{\text{fs}}$
w_{sonar}	=	2 000 m
\bar{r}_{fs}	=	radio medio de cardúmenes explotables

Cuando se repitió un lance en un mismo cardumen, se empleó un tiempo de "búsqueda primaria" de 10 minutos.

6. La abertura de búsqueda efectiva se formuló de acuerdo con lo expuesto arriba, para tener en cuenta el hecho de que es más probable que los cardúmenes sean detectados. Cuando se

incrementa la mediana de r , el tamaño típico de los cardúmenes que se consideran explotables se incrementaría para que w aumentara. Los valores utilizados para \bar{T}_{fs} fueron tomados del estudio de simulación, aunque este parámetro podría estimarse de los datos reales si el radio de cada cardumen que es pescado fuera informado. El parámetro d es el producto de dos términos: el número de cardúmenes por unidad de superficie (D_c) y la proporción de aquellos (S) que se consideran explotables. Cuando la mediana r aumenta, el primero de dichos términos disminuirá, aunque el segundo aumentará. El efecto neto resultante se muestra en la Tabla 1, que muestra también cómo el tiempo medio de búsqueda primario $(w\bar{d}v)^{-1}$ cambia cuando se varía la mediana de r .

7. Solamente se efectuó otro cambio en los parámetros del modelo de distribución del krill utilizado en los estudios de los Consultores, (ecuación 11 del WS-KCPUE-89/4). Esto afectó al valor elegido para el número de cardúmenes por unidad de superficie (D_c). Se encontró que la cobertura proporcional del área de una concentración por los cardúmenes de krill era exageradamente elevada para los parámetros utilizados en dichos estudios (50%). El problema se resolvió empleando el promedio en vez de la mediana del radio del cardumen para el cálculo de D_c . Para el caso de la mediana de r de 50 m, el radio medio es más grande (90 m) porque la distribución de los radios es asimétrica. Este valor medio ofrece una estimación de aproximadamente 10 cardúmenes por millas náuticas² cuando se sustituye en la ecuación 10 del WS-KCPUE-89/4, comparado a los 20 cardúmenes por millas náuticas² empleado en los cálculos del WS-KCPUE-89/4. Este nuevo valor para D_c implica un valor algo más realista del 25% para la cobertura proporcional del área de la concentración por el krill.

8. El modelo particular de la pesquería para el cual se realizaron cálculos durante el Taller es el de la versión de "un cardumen por lance" - sin alargamiento" descrito en el WS-KCPUE-89/4). Los valores de parámetro de la operación pesquera (ambos fijos y parcialmente afinados) que fueron utilizados fueron los de la primera columna de la Tabla 2 del WS-KCPUE-89/4 con las dos excepciones siguientes. La tasa mínima de captura para permanecer en una concentración fue establecida a un valor bajo que no sería alcanzado durante las simulaciones. Ello era así porque sólo tenían interés las estadísticas pertinentes a una concentración, de manera que no fue necesario generar estadísticas de búsqueda de diferentes concentraciones. El criterio de repetición de lance por cardumen se cambió de 50 toneladas/hora a 40 toneladas/hora, para que reflejara mejor la estimación informada de una tasa de intento de repetición de lance del 40% (véase Tabla 3, WS-KCPUE-89/4), para el rango de los parámetros de distribución del krill considerados. Solamente fueron ejecutadas

50 simulaciones para cada marco hipotético considerado en lugar de 100, para ahorrar costes de tiempo de ordenador. Ello aún proporciona una precisión correcta para estimaciones de las estadísticas relativas a las concentraciones.

RESULTADOS

9. Los resultados de las pasadas del modelo de simulación modificado de la pesquería japonesa, según se ha dicho, en términos de comportamiento de los índice CPUE se muestran en la Tabla 2. Cuando se incrementa la mediana de r de 50 m a 300 m, la longitud media de un cardumen en el cual se efectúa un lance, aumenta desde unas 0.3 m náuticas hasta 0.6 m. náuticas, y el tiempo de pesca medio por lance (el tiempo en que la red permanece a la profundidad deseada, excluyendo tiempo de bajada y de subida), se incrementa de unos 13 a 23 minutos. El Sr Ichii advirtió que si bien los lances en capas buenas comportaban un tiempo de pesca media de una hora, los tiempos de pesca de alrededor de 20 minutos eran lo normal en los lances en las agregaciones buenas.

10. Parecía, sin embargo, que incrementar la mediana del valor de r condujo a estimaciones del tiempo de pesca del modelo que eran comparables con la realidad para las concentraciones de agregaciones buenas.

11. La Tabla 2 muestra que la eficiencia de los índices de CPUE listados para detectar las reducciones de biomasa casi no se ha visto afectada al incrementar el valor de la mediana de r . Está claro que el comportamiento de los índices que emplean solamente el Tiempo de Búsqueda Primario (PST) es muy superior a los que usan la combinación del Tiempo de Búsqueda Primario y Secundario (PST+SST). Este último casi no ha sido de ninguna utilidad excepto en la detección de las disminuciones de D_c . Lamentablemente (véase párrafo 62 del Informe del Taller), solamente la última combinación podría ser recolectada sistemáticamente, ya que la componente PST no podría ser distinguida en la práctica.

12. Así, si bien los índices que incluyen tiempos de pesca podrían ser usados para controlar reducciones de biomasa que son resultado de una disminución de δ , el uso de índices basados en el tiempo de búsqueda total de una concentración (PST+SST) no parecen ser adecuados para detectar cambios en r o en D_c .

INDICES BASADOS EN UNA MODIFICACION TOTAL DEL TIEMPO DE BUSQUEDA

13. Los resultados que se dan en la Tabla 11 del WS-KCPUE-89/4 ha mostrado que los índices basados en el PST se comportan mejor incluso si el PST fue estimado con un error considerable, siempre que la estimación no fuera sesgada.

14. Esto sugirió que una manera aproximada de deducir la componente PST de los datos sobre PST+SST podría proporcionar índices cuyo comportamiento en la detección de las reducciones de biomasa podrían no ser substancialmente peores que de los índices (impráctico)s basados en el PST.

15. Lo que se necesita es abstraer algunas estimaciones de la combinación PST+SST que puede ser medida. El SST requerido depende del tamaño de la captura del lance anterior debido a las exigencias del tiempo de procesamiento, de manera que una estimación aproximada del SST podría ser suministrada mediante algún multiplicador (μ) de la captura. Así, el Pseudo Tiempo de Búsqueda Primario (PPST) se definió cuando el tiempo entre el final de un lance y el principio del próximo, menos las μ veces de la captura anterior (**C**). La fórmula específica utilizada fue:

$$PPST = \max \left\{ \begin{array}{l} PST + SST - \mu (C - 0.75 \times 5) \\ 3 \text{ minutos} \end{array} \right.$$

la razón de que **C** sea reducida en 3.75 toneladas es para prever el hecho de que el modelo de simulación se inicia en el próximo lance (es decir termina SST) 0.75 horas antes de procesar la última captura (a una tasa de 5 toneladas por hora) está completada. El factor de mutilación μ fue escogido empíricamente para que fuera 0.17 y así proporcionará un buen rendimiento de los índices de CPUE resultantes. El valor mínimo de PPST para cada lance de 3 minutos se introdujo para evitar valores ilusoriamente pequeños o negativos del PPST. Se reconoció que un análisis de este tipo fue solamente para ver si un enfoque así podría en principio funcionar. En cualquier ejecución práctica sería necesario cambiar el multiplicador dependiendo del producto que se esté elaborando.

16. Los resultados de las pasadas realizados para índices basados en el PPST se muestran también en la Tabla 2. Si bien estos índices no son tan efectivos como los que emplean el PST para detectar cambios en D_c , estos rinden bastante mejor que los que emplean PST+SST. Además la eficiencia de estos índices mejora cuando la mediana de r se incrementa sobre 50 m, lo que se considera es una representación más realista de la distribución del krill en

una concentración de agregaciones buenas. Comentarios parecidos son válidos para la capacidad de los índices basados en el PPST para detectar cambios en r , excepto que la sensibilidad no es tan grande como para D_c .

17. El valor de μ escogido para los cambios realizados, fue elegido para intentar alcanzar los mejores resultados posibles en términos de sensibilidad de los índices PPST para las reducciones de biomasa en un modelo de simulación particular usado para representar la pesquería. En realidad, los parámetros de este modelo no se conocerían exactamente para que el valor de μ utilizado no pueda ser óptimo. Por lo tanto, la sensibilidad de los resultados referente a la detección de cambios de D_c fue investigado para los diferentes valores de μ .

18. Los cálculos fueron repetidos para un número de valores más pequeños de μ . Los resultados de dichos cálculos se muestran en la Tabla 3. En la simulación, la inversa de la tasa de procesamiento fue de 0.20 horas por tonelada. El valor de μ está limitado arriba por la tasa inversa, y los resultados muestran que los índices que utilizan el PPST responden razonablemente a los cambios en D_c para los valores de μ , hasta por lo menos 0.10 que es la mitad de este límite superior. Este amplio rango sugiere que los índices basados en el PPST retendrían su utilidad incluso si un valor para μ que no es el más correcto fuera utilizado.

19. Así parece que existen posibilidades de utilizar la información sobre el tiempo de búsqueda para detectar cambios en D_c y en r . Los datos de tiempo de búsqueda supondrá recolectar pocos más datos de los que ya se acopian en la pesquería japonesa. Estas operaciones anotan sistemáticamente el tiempo en el cual termina el tiempo de pesca de un lance y el tiempo en que se inicia el siguiente. La diferencia entre estos tiempos es (PST+SST + el tiempo necesario para luego lanzar la red. Estos tiempos finales de manejo de la red son relativamente constantes para un lance y el siguiente. Por lo tanto el PPST podría ser calculado simplemente a partir de estos datos, siempre que la información fuera también registrada para los cambios en la tasa de procesamiento y las interrupciones normales en las actividades de búsqueda y pesca. Sería necesario usar valores diferentes de μ cuando la tasa de procesamiento cambia debido a que se elabora un producto distinto. Estas interrupciones pueden ocurrir, por ejemplo, debido a las malas condiciones meteorológicas.

PRECISION APROXIMADA DE LOS INDICES DE LA CPUE INVESTIGADOS

20. La figura 1 muestra la relación entre el índice de CPUE para TC/TFISHT y la biomasa, donde los cambios de biomasa como resultado solamente de un cambio en la densidad espacial δ

del krill dentro de una concentración. La no-linealidad de la relación está clara en el gráfico. El cambio en el TC/TFISHT no refleja en toda su extensión cualquier reducción en la biomasa.

21. Las barras de error que corresponden al 95% de los intervalos de confianza también se muestran en la Figura 1. Estos han sido deducidos de las estimaciones para el error estándar del promedio del índice para 50 pasadas simuladas del modelo, cada una de ellas corresponden a un período de 15 días. Esto equivale a 25 meses/buque, que es aproximadamente el esfuerzo que empleado actualmente por la flota pesquera de krill japonesa.

22. Los intervalos de confianza específicos ilustrados en el gráfico corresponden a la razón del índice de la CPUE durante dos años. Así, si δ descendió en un 50% de un año a otro, dichos resultados indican que para el nivel de captura realizado por la flota japonesa, existe un 95% de posibilidades de que el índice TC/TFISHT descenderían con toda seguridad entre el 31% y el 41%.

Tabla 1: Parámetros empleados en la fórmula de búsqueda aleatoria de cardúmenes cuando la mediana de r aumenta. La velocidad de búsqueda v es en todo momento de 10 nudos, con cardúmenes explotables, siendo estos dentro de la biomasa mayores de 50 toneladas, lo cual constituye una fracción S del número total de cardúmenes. El Tiempo de Búsqueda Primario medio para un cardumen es de \bar{T} .

Mediana de r m	\bar{r}_{fs} m	$w=2000+2\bar{r}_{fs}$ m	D_c millas n^{-2}	S	$d=D_c S$ millas n^{-2}	$\bar{T}=(wdv)^{-1}$ min
50	372	2744	10	.076	0.760	5.3
100	515	3030	2.5	.183	0.458	8.0
150	628	5256	1.11	.277	0.307	11.1
300	936	3872	.278	.475	0.132	21.7

Tabla 2: La sensibilidad s de varios índices CPUE I para los distintos marcos hipotéticos de cambios de biomasa. Si $I(1)$ es el valor del índice para el caso base de distribución de parámetros, y $I(0.5)$ corresponde a una disminución de la biomasa del 50% mediante un cambio en el parámetro indicado, luego:

$$s = 2(1 - I(0.5)/I(1))$$

Así $s=0$ significa que el índice no muestra signos de cambio cuando la biomasa se reduce de esta manera, donde $s=1$ significa que el valor del índice cae en el mismo cantidad relativa cuando la biomasa (como sería el caso para una relación lineal CPUE-biomasa). El significado de las componentes del índice CPUE es la siguiente:

TC	=	Captura total
TFISHT	=	Tiempo de pesca total
TPST	=	Tiempo de búsqueda primario total
TSST	=	Tiempo de búsqueda secundario total
PST	=	Tiempo de búsqueda primario medio por lance
TPPST	=	Pseudo Tiempo de búsqueda primario total ($\mu = 0.17$ hr/ton.)

(a) Reducción de la biomasa por medio del radio del cardumen r etc.

Mediana de r (m)	50	100	150	300
Índice				
TC/TFISHT	-.19	-.30	-.27	-.26
TC/TPST*	.57	.50	.57	.45
TC/(TPST+TSST)	.05	.07	.11	.14
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	.43	.29	.38	.23
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	-.14	-.19	-.13	-.13
TC/TPPST	.20	.28	.37	.43
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.02	.03	.16	.20

* Recopilación poco práctica

Tabla 2 sigue:

(b) Reducción de la biomasa mediante la densidad espacial del krill cuando en un cardumen $\delta \rightarrow \delta/2$

Mediana de r (m)	50	100	150	300
Indice				
TC/TFISHT	.61	.72	.79	.67
TC/TPST*	.77	.89	.84	.64
TC/(TPST+TSST)	-.05	-.02	.08	.16
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	1.02	1.11	1.12	.90
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	.35	.38	.53	.53
TC/TPPST	.47	.72	.78	.68
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.77	.97	1.07	.94

* Recopilación poco práctica

(c) Reducción de la biomasa mediante el número de cardúmenes por área de superficie $D_c \rightarrow D_c/2$

Mediana de r (m)	50	100	150	300
Indice				
TC/TFISHT	.06	.07	-.20	-.10
TC/TPST*	.78	.83	.90	.87
TC/(TPST+TSST)	.10	.13	.30	.41
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	.80	.83	.82	.80
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SST}$)	.13	.12	.20	.35
TC/TPPST	.40	.57	.67	.81
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.42	.56	.57	.74

* Recopilación poco práctica

Tabla 3 : La sensibilidad de s del PPST basado en los índices CPUE ???

Indice μ (hr/tonelada)	TC/TPPST		TC/(TFISHT* \overline{PPST})	
	Mediana r=50 m	Mediana r=300 m	Mediana r=50 m	Mediana r=300 m
	0.17	.40	.81	.42
0.15	.29	.71	.32	.65
0.10	.18	.56	.20	.50
0.05	.13	.47	.15	.41

* Recopilación poco práctica

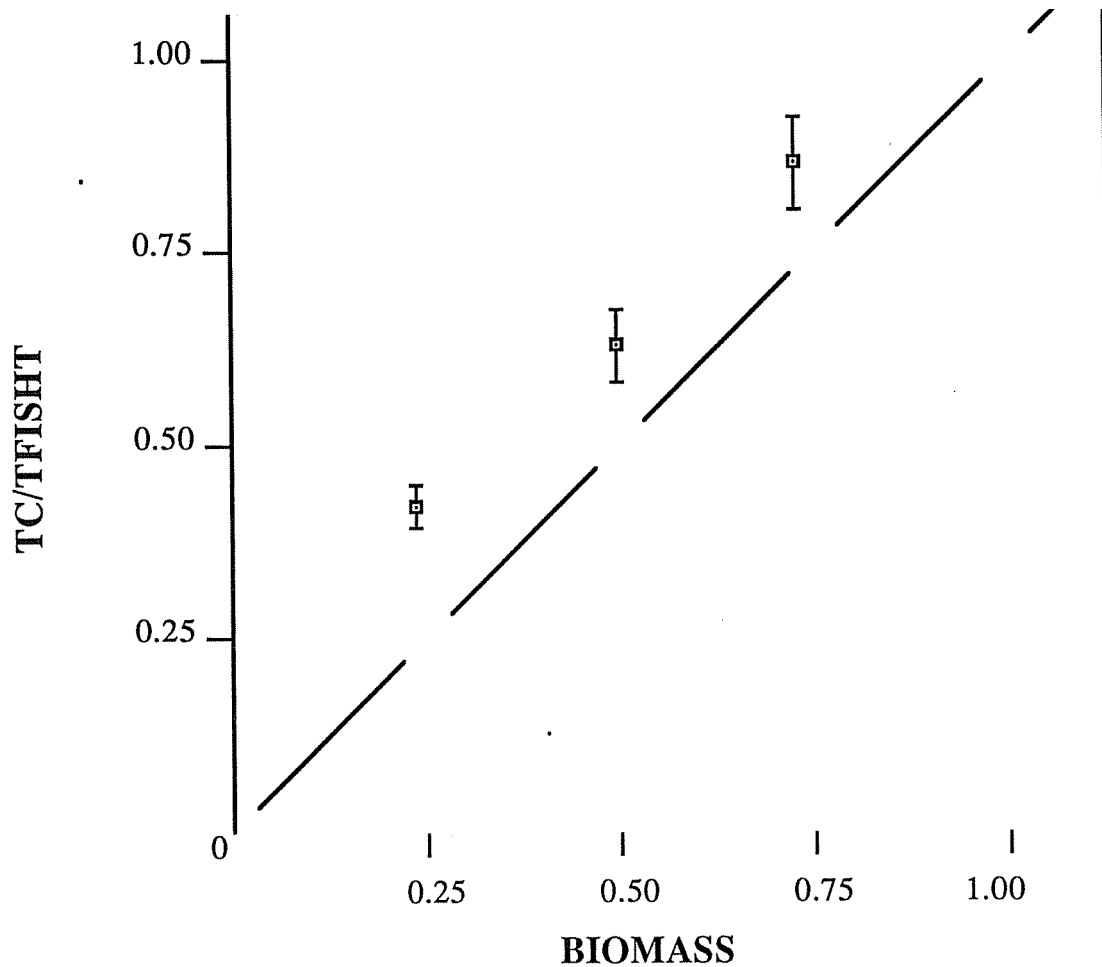


Figura 1 : Gráfico del índice TC/TFISHT como función de la biomasa cuando la reducción de la biomasa existe como resultado de una disminución de la densidad espacial δ en un cardumen de krill. Las variables en ambos ejes se muestran como fracciones de sus niveles de caso base para la mediana $r = 100$ m.

**MARCO PARA UN ESTUDIO DE SIMULACION DE
UN INDICE COMPUESTO DE ABUNDANCIA DEL KRILL**

La mayor parte de las discusiones en este apéndice tratan del Índice Compuesto de abundancia del krill en concentraciones de agregaciones buenas. Al final de esta sección se describe el índice de abundancia del krill en concentraciones de capas buenas.

2. El Índice Compuesto de abundancia del krill debería elaborarse solamente para cada zona por separado. La zona seleccionada debería tener ciertas propiedades:

- Debería ser relativamente homogénea, de esta manera se podría justificar "la multiplicación" de los datos recolectados en esta zona;
- Tanto los buques de reconocimiento como los de pesca deberían operar en esta zona.

3. El Índice Compuesto será una medida relativa de la biomasa, y por eso debería establecerse en zonas ecológicamente sensibles. Un ejemplo de tal zona es el límite de la plataforma.

4. El Índice Compuesto se expresa por:

$$CI = N_c L_c^2 D_c r^2 \delta \quad (1)$$

En esta ecuación, **CI** indica el Índice Compuesto y

- N_c = número de concentraciones en el área de interés
- L_c = radio característico de las concentraciones
- D_c = número de cardúmenes por unidad de superficie en una concentración
- r = radio característico de los cardúmenes en las concentraciones
- δ = densidad superficial del krill en los cardúmenes. (2)

5. El objetivo del estudio de simulación de un Índice Compuesto es determinar si éste podría controlar efectivamente la biomasa de krill. Es muy probable que el Índice Compuesto sea una función de la biomasa de krill. Es posible que esta no linealidad sea tal que si el índice muestra un cambio estadísticamente importante, entonces la biomasa haya cambiado en una

cantidad incluso mayor que el índice, por consiguiente la abundancia de krill ha cambiado marcadamente.

6. Ya que la variación del Índice Compuesto dependerá de la variación de las variables subyacentes, es crucial entender cómo estos parámetros varían y pueden ser estimados y cómo los errores en las estimaciones afectan el Índice Compuesto. Es decir, el Índice Compuesto real no está expresado por la Ecuación(1), sino que se expresa por:

$$CI = N_{c,est} L_{c,est}^2 D_{c,est} r_{est}^2 \delta_{est} \quad (3)$$

donde el subíndice "est" a la derecha de cada una de las variables indica que estas variables han sido estimadas.

7. El Índice Compuesto de abundancia del krill, cuando el krill se encuentra en capas, se expresa por:

$$CI_{layer} = N_{cl} L_{cl}^2 \delta \quad (1')$$

donde N_{cl} es el número de concentraciones en las que el krill está en capas, L_{cl} es la longitud característica de estas concentraciones y δ es la densidad del krill en tales concentraciones. Los principios generales descritos a continuación son aplicables al krill que se encuentra en capas, con las modificaciones adecuadas.

CONOCIMIENTOS ACTUALES DE LOS PARAMETROS SUBYACENTES, ORIGEN DE LAS DUDAS Y ESTIMACIONES

Número de concentraciones

8. Los datos de los buques de reconocimiento pueden utilizarse, mediante los análisis matemáticos adecuados, para estimar el número de concentraciones de una zona dada. Si se adoptan los métodos descritos en Mangel y Beder (1985) a la situación en la que no se produce agotamiento, se puede calcular la distribución de probabilidad de $N_{c,est}$ como una función del número de descubrimientos realizados por el buque de reconocimiento.

9. Las dificultades en la estimación de N_c incluyen :

- (i) recuento doble de concentraciones durante el proceso de prospección;

- (ii) determinación exacta de la velocidad de búsqueda del buque y del tiempo de búsqueda;
- (iii) determinación exacta y segura de la abertura de detección efectiva de las concentraciones; y
- (iv) la distribución no aleatoria de las concentraciones y la estratificación asociada del esfuerzo de búsqueda.

10. Actualmente, se conoce muy poco acerca de la distribución de las concentraciones en zonas ecológicamente sensibles. Para mejorar el conocimiento de esta variable, las concentraciones deberían determinarse en el mar, utilizando el gráfico acústico, antes que post-hoc en un análisis estadístico.

Longitud Característica de las Concentraciones

11. El uso de una sola longitud característica para las concentraciones supone que las concentraciones son simétricas (por ej. circulares o cuadradas), o asimétricas (por ej. elípticas) pero si la abundancia cambia, entonces todos los ejes de la elipse cambiarán en la misma proporción. No se conoce si esta suposición es válida y si este asunto merece más consideración.

12. La longitud característica de las concentraciones puede determinarse utilizando los datos de localización detallados, procedentes de las actividades pesqueras soviéticas y japonesas. En particular, estos buques podrían intentar determinar:

- la forma de la concentración;
- la longitud característica de la concentración.

13. Se conoce muy poco actualmente acerca de la distribución de tamaños y formas de las concentraciones. En sus modelos de simulación, los consultores creyeron que los diámetros estaban uniformemente distribuidos entre el rango aproximado de 11 millas náuticas a 22 millas náuticas. Las deliberaciones habidas en el Taller sugirieron un número de modificaciones:

- Las concentraciones buenas tienen al menos 25 millas náuticas de diámetro;
- Los radios de las concentraciones tienen una distribución asimétrica, más que uniforme;
- En una zona tal como la del borde de la plataforma, la variable pertinente es la extensión de la concentración a través de la plataforma, antes que la longitud a lo largo de la plataforma;

Densidad de los Cardúmenes en las Concentraciones

14. La densidad de los cardúmenes en las concentraciones (es decir, el número de cardúmenes por unidad de superficie) puede estimarse utilizando los datos del cuaderno de bitácora japonés o con los datos acústicos recopilados por los buques de reconocimiento científico. En las concentraciones malas, la distancia entre distintos cardúmenes puede seguir una distribución exponencial negativa (ej. Miller y Hampton, 1989). En las agregaciones buenas podría utilizarse la distribución binómica negativa una distribución agregada típica, para modelar D_c .

15. Los consultores supusieron que $D_c = 20 \exp(X_{,1})$ cardúmenes/millas náuticas cuadradas, donde $X_{,1}$ es una variable aleatoria distribuida normalmente con un promedio 0 y una variación σ^2 . En el Taller se creyó que:

- La distribución de densidades de los cardúmenes en el interior de las concentraciones debería ser relativamente fácil de determinar a partir de los gráficos acústicos.

16. Asimismo, debería haber sólo variación moderada en la densidad de los cardúmenes en las concentraciones. Si el krill se encuentra en efecto en cardúmenes (en vez de capas), luego la densidad no puede ser demasiado baja, ya que en tal caso, el krill no estaría en una "concentración" buena (es decir, explotable). Del mismo modo, si el valor de la densidad es muy alto, entonces el krill no se encuentra en cardúmenes, sino que está esencialmente en capas. Estos efectos restringen la variación.

Características del Radio de los Cardúmenes en las Concentraciones

17. Esta variable se determinaría muy efectivamente utilizando la información acústica recopilada por los buques de reconocimiento, a pesar de que también podrían utilizarse los datos recolectados por buques de pesca. Las deliberaciones detalladas de las propiedades distribucionales de r , se refirieron al Grupo de Trabajo sobre el Krill. Sin embargo, surgieron los siguientes puntos.

18. Los consultores supusieron que $r = 50 \exp(X_{1.1})m$, lo cual conduce a una asimetría considerable del valor de r . Ichii (1987) da seis ejemplos de distribuciones del tamaño de cardúmenes pescados. En una zona de aproximadamente 60 millas náuticas de extensión norte-sur y 60 de millas náuticas de extensión este-oeste, los datos de Ichii (Figura 1) sugieren cuatro ejemplos de radios de cardúmenes que siguen una distribución exponencial aparentemente negativa, un ejemplo de radios de cardúmenes que siguen una distribución aproximadamente uniforme y un ejemplo de radios de cardúmenes que siguen una distribución altamente asimétrica con un tamaño mínimo de 3 000 m. Este tipo de resultados sugieren que los radios de los cardúmenes pueden variar considerablemente en zonas geográficas relativamente pequeñas y que es importante la determinación exacta de esta variabilidad.

Densidad del Krill en los Cardúmenes

19. La densidad superficial del krill en el interior de los cardúmenes (es decir, g/m^2) puede ser determinada tanto por los buques de pesca soviéticos como por los japoneses, utilizando como índice la captura por tiempo de pesca. También podrían utilizarse datos acústicos, pero sólo si se notifica la fuerza de retrodispersión del volumen medio. Ello es necesario incluso para un índice de abundancia relativo, con el fin de poder calibrar los datos de un buque a otro.

20. Los consultores opinaron que $\delta = 150 \exp(X_{1.4})g/m^2$, lo cual conduce a una considerable asimetría en la distribución de densidades. En las concentraciones que son pescadas, sin embargo, la densidad puede ser menos variable, ya que los pescadores seleccionan concentraciones en base a la obtención de una tasa de captura satisfactoriamente alta. El mismo comportamiento operacional reducirá la capacidad de un Índice Compuesto para detectar cambios en abundancia.

CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS AL INDICE COMPUESTO

21. Ya que L_c y r están al cuadrado en el Índice Compuesto, las dudas en cualquiera de estos valores tendrán proporcionalmente mayores efectos que las dudas en N_c , D_c o δ .
22. Actualmente, se sabe muy poco sobre la correlación entre parámetros. Por ejemplo, podría ser que la biología de krill forzara al producto $D_c r^2$ a que sea aproximadamente constante.
23. También se sabe muy poco actualmente sobre la manera en que se pueden manifestar los cambios de abundancia. Es decir, cada una de las cinco variables subyacentes puede cambiar independientemente, o puede que haya una considerable covariación entre ellas.
24. Ya que el Índice Compuesto será probablemente una función no lineal de la abundancia, las propiedades de variación del índice se hacen extremadamente importantes si éste se utiliza para controlar la abundancia.

PROTOCOLO PARA UN ESTUDIO DE SIMULACION DEL INDICE DE ABUNDANCIA

25. Un posible protocolo para un estudio de simulación del Índice Compuesto implicará las siguientes medidas :
 - (a) Seleccionar valores fundamentales para los parámetros de distribución subyacentes. Estos pueden ser considerados, por ejemplo, como las medias o medianas de estos parámetros;
 - (b) Para cada repetición de la simulación, utilizar las propiedades distribucionales descritas para determinar los valores particulares para cada uno de los parámetros subyacentes en esta repetición. El índice de la biomasa **BI** para esta determinada ejecución de la simulación será expresado por la Ecuación(1). Observar que **BI** es el índice de abundancia "verdadero", a diferencia de **CI** que es una estimación de este índice;
 - (c) Para cada repetición de la simulación, utilizar las propiedades distribucionales de las variables estimadas y los modelos desarrollados por los consultores para determinar los valores estimados de las variables subyacentes, dados los valores

verdaderos de las variables subyacentes. Una vez, estas variables estimadas sean establecidas el Índice Compuesto "observado" se expresa por la Ecuación (3); y

- (d) Estudio de las propiedades de CI/BI como una función de BI y de cuando los parámetros subyacentes varían. De esta manera, se puede considerar tanto la no linealidad como la variación del Índice Compuesto.

REFERENCIAS

Ichii, T. 1987. Observations of fishing operations on a krill trawler and distributional behaviour of krill off Wilkes Land during the 1985/86 season. SC-CAMLR-VI/BG/35.

Mangel, M. and Beder, J.H. 1985. Search and stock depletion : theory and applications. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42:150-163.

Miller, D.G.M. and Hampton, I. 1989. Krill aggregation characteristics : spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology, in press.

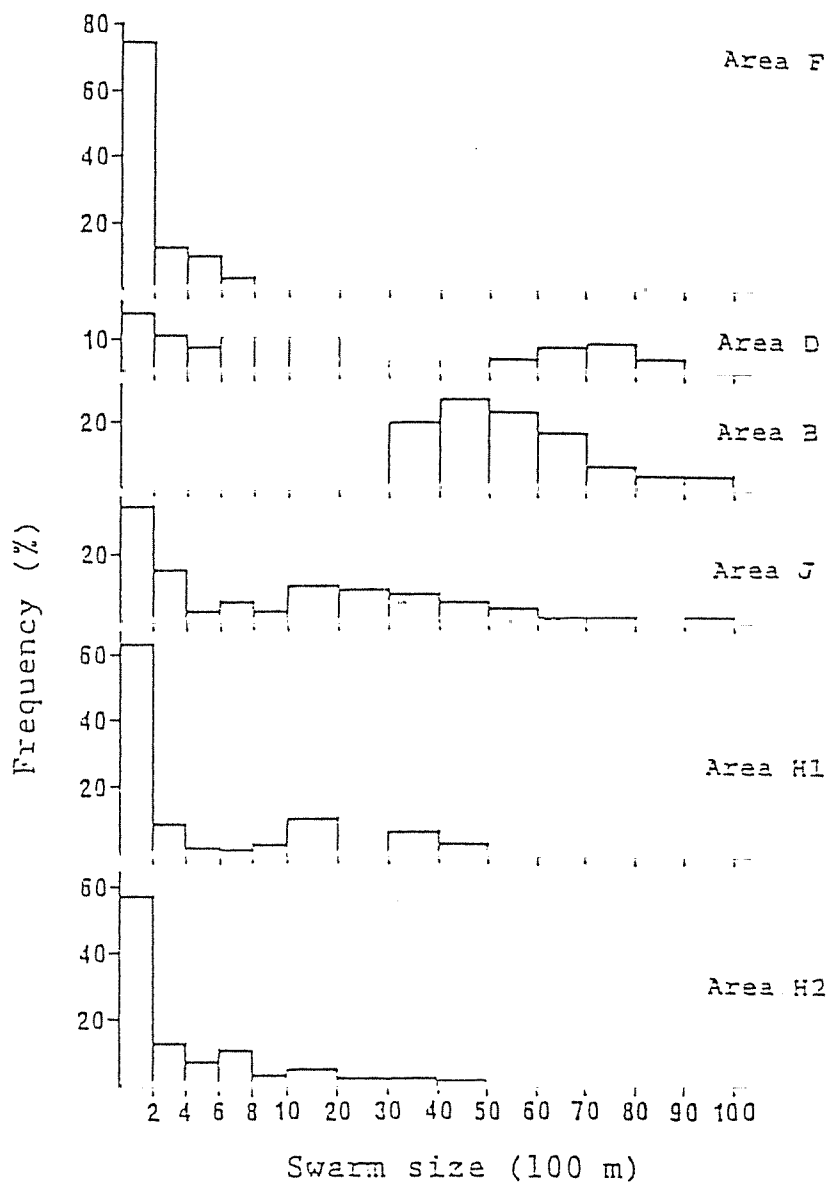


Figura 1: Distribuciones de la Frecuencias de los tamaños de los cardúmenes pescados en cada zona de pesca (Ichii, 1987).