

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

BOLETIN

Volumen 2

Número 6

**INFORME DEL CUADRO DE EXPERTOS
SOBRE DINAMICA DE LA POBLACION
DE LA ANCHOVETA PERUANA**

(Versión en castellano, pág. 324)

**REPORT OF THE PANEL OF EXPERTS
ON POPULATION DYNAMICS
OF PERUVIAN ANCHOVETA**

(English version, page 343)



CHUCUITO, CALLAO, PERU
1970

Este número del Boletín ha sido publicado con la asistencia de la FAO y del PNUD
This issue has been published with the assistance of FAO and UNDP

INFORME DEL CUADRO DE EXPERTOS SOBRE DINAMICA
DE LA POBLACION DE LA ANCHOVETA PERUANA

INDICE

INTRODUCCIÓN	324
1. CONSIDERACIONES GENERALES	325
1.1 Estadísticas de captura y esfuerzo	325
1.2 Identidad de las poblaciones	327
2. EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN	328
2.1 Análisis de la captura y el esfuerzo	328
2.2 Consideraciones sobre las cuotas de captura	330
2.3 Otros análisis	330
2.4 Tasa de crecimiento y temporadas de veda	332
3. OTROS ASPECTOS.	335
3.1 Reclutamiento	335
3.2 Marcación	336
3.3 Aves	337
3.4 El medio ambiente	338
3.5 Aspectos económicos	339
4. RESUMEN	341
4.1 Nivel del rendimiento máximo sostenido de la pesquería de anchoveta	341
4.2 Efectos de un aumento del esfuerzo de pesca	341
4.3 Temporadas de veda	341
4.4 Necesidad de investigación	342
4.5 Actividad del Cuadro de Expertos en el futuro	342
TABLAS	360
GRÁFICOS	364
APÉNDICES	
1. Miembros del Cuadro de Expertos	368
2. Lista de documentos presentados al Cuadro de Expertos	369
3. Programa	372

INTRODUCCIÓN

Este Cuadro de Expertos se formó dentro del marco del proyecto FAO/PNUD (FE) de investigación y desarrollo de la pesca en Perú. Se reunió en el Instituto del Mar del Perú, del 12 al 16 de enero de 1970, bajo la presidencia del Dr. W. E. Ricker. La lista de los participantes puede encontrarse en el Apéndice 1; además, en las discusiones sobre algunos temas participaron otros miembros del personal del Instituto y del proyecto de la FAO. Lamentablemente, el Dr. Milner B. Schaefer no pudo asistir a las reuniones más que el primer día, por enfermedad.

Antes de la reunión, y durante ella, el Cuadro de Expertos recibió gran cantidad de datos y análisis sobre la población y pesquería de anchoveta. Los datos procedían principalmente del Instituto del Mar y del proyecto FAO/PNUD, aunque también el Sr. Robles, de la Sociedad Nacional de Pesquería, el Dr. Schaefer, de la Universidad de California, y el Dr. Paulik, de la Universidad de Wáshington, habían preparado algunos análisis.

El Cuadro de Expertos desea expresar su admiración y su estima por el volumen de información aportada por todas estas fuentes.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Estadísticas de captura y esfuerzo

Las estadísticas disponibles de captura, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo se resumen en las Tablas 1 y 2. La Tabla 1 presenta las capturas por años calendarios; pero para los fines del análisis es más conveniente, en general, utilizar las temporadas de pesca (septiembre-agosto), como se presenta en la Tabla 2. El esfuerzo de pesca se ha expresado en miles de viajes/TRB,¹ corregidos aplicando un factor que se indica en la Tabla 2, para un presunto aumento de la eficiencia del 20 por ciento, entre 1960 y 1969, basándose en los estudios de Boerema y colaboradores (1965), que se examinan más adelante.

Hay sin embargo varias maneras por las cuales las estadísticas registradas pueden inducir a error.

Los desembarques registrados son inferiores a las capturas reales por varias razones, por ejemplo:

- a) pérdidas en el mar, incluida la devolución al mar de la captura excedente;
- b) pérdidas durante el desembarque;
- c) registros de cifras inferiores a las cantidades realmente desembarcadas (especialmente durante la temporada de la peladilla, cuando el rendimiento de harina es bajo).

La información presentada sugiere que, en algunas ocasiones, esas pérdidas pueden ser grandes, llegando tal vez hasta un 40 por ciento de las capturas declaradas. No se dispone de datos sobre la forma en que esta proporción se ha modificado a lo largo de la historia de la pesquería, aunque Robles indicó que probablemente ha sido bastante constante, al menos en los últimos años. Es posible que las pérdidas del tipo (a) hayan disminuido, mientras que las de los tipos (b) y (c) hayan aumentado, ya que en la actualidad se captura más peladilla.

Si la proporción entre la captura real y la captura declarada ha permanecido constante, el análisis del rendimiento sostenible resultará poco afectado, con la salvedad de que todas las cifras relativas a la captura estarán subestimadas en un factor constante. Según eso, las estimaciones del rendimiento máximo sostenido y de las cuotas permisibles, etc., constituirán directrices correctas

¹ TRB = tonelaje de registro bruto.

para la administración, a condición de que también las estimaciones de las capturas futuras estén subestimadas en la misma medida. Sin embargo, es de desear que los registros den el número real de peces sustraído a la población por la pesquería.

Cuando la captura incluye una gran proporción de peces muy pequeños, esta diferencia entre los desembarques declarados y las capturas reales conduce a subestimar la proporción de peces pequeños. Añádase a esto que las muestras destinadas a las mediciones de la talla de las anchovetas contienen a menudo, especialmente cuando abundan los peces pequeños, un porcentaje bastante grande de peces deteriorados o partidos, que no es posible medir. Los ejemplares mayores parecen ser menos susceptibles al deterioro, de manera que tienen más probabilidades de ser medidos, lo cual conduce una vez más a subestimar el número de peces pequeños en las capturas y sobreestimar el de los grandes.

No se dispone de información detallada sobre estos efectos y no se ha aplicado ninguna corrección. No obstante, si el grado de subestimación ha permanecido más o menos constante a lo largo del período de desarrollo de la pesquería, los datos permitirán obtener un cuadro aceptable de los cambios en la proporción de peces pequeños capturados.

Existe también incertidumbre a propósito de los datos relativos al esfuerzo de pesca. En todas las pesquerías con artes de cerco, las faenas de pesca incluyen un elemento muy importante que es el de la localización de los bancos.

Durante el desarrollo de la pesquería la flota ha experimentado importantes cambios. El tamaño de las embarcaciones ha aumentado y se han introducido varias mejoras en los artes, el equipo y las operaciones de pesca. Los estudios disponibles indican que el poder de pesca de las embarcaciones de diferentes tamaños es aproximadamente proporcional al tonelaje de registro bruto (TRB) de aquéllas, y por dicha razón se introdujo como unidad de esfuerzo de pesca el TRB/mes y, más reciente, el TRB/viaje.

La información obtenida sobre el efecto de la mejora de los aparejos de pesca en embarcaciones del mismo tamaño, de un año a otro, ha permitido calcular un factor de corrección de la eficiencia del 20 por ciento para el período 1960-69. Esta corrección se ha aplicado a los datos relativos al esfuerzo y a la captura por unidad de esfuerzo. Otras mejoras introducidas más adelante durante el desarrollo de la pesquería (por ejemplo, el equipo electro-acústico, nuevas mejoras de los artes, la mayor experiencia, y otros factores), así como el aumento de la duración media de los viajes, parecen haber contribuido también, a un aumento adicional del esfuerzo de pesca aplicado por TRB/viaje.

Sin embargo, la información presentada sugiere que el aumento promedio real de la duración de los viajes ha sido muy limitado. Los datos relativos a los cambios de abundancia de la anchoveta obtenidos mediante reconocimientos acústicos a partir de 1963, poco más o menos, coinciden bastante con los detalles obtenidos a partir de los datos de captura por unidad de esfuerzo, utilizando el factor de corrección arriba mencionado, y no confirman la hipótesis de un aumento adicional muy sensible de la eficiencia y de la duración del viaje, a menos que también la eficacia de los aparatos de sondeo acústico haya aumentado grandemente durante este período.

Parece, pues, que la medición del esfuerzo en viajes TRB, aplicando los factores de corrección de la Tabla 2 para los últimos diez años, ofrece las mejores estimaciones actualmente disponibles. Evidentemente, podrían utilizarse tam-

bién otras medidas del esfuerzo, por ejemplo, una basada en una embarcación de tipo standard, o en un mismo grupo de embarcaciones, observada a lo largo de una serie de años. Por lo que hasta ahora se sabe, varios de estos procedimientos permiten también estimaciones válidas. Parece deseable que se utilicen también algunas de estas unidades de esfuerzo en los análisis, para ver hasta qué punto las conclusiones a que se ha llegado dependen de la precisión de la medida del esfuerzo empleado.

1.2 Identidad de las poblaciones

La anchoveta y su pesquería se extienden prácticamente a lo largo de toda la costa peruana, penetrando incluso en las aguas del extremo norte de Chile, sin discontinuidad muy evidente que pudiera sugerir la presencia de poblaciones aisladas e independientes. El estudio de las branquispinas ha revelado algunas diferencias entre las poblaciones de anchoveta de diferentes sectores de la costa. Hay también indicios de que la anchoveta del sur (Ilo) tiene, por lo general, un tubo digestivo más corto que la del norte, aunque a menudo ambos tipos coexisten, al menos entre los ejemplares de menor tamaño. No obstante, la experiencia de otras zonas muestra que las diferencias de este tipo no excluyen necesariamente que las poblaciones estén mezcladas en un grado notable. La única forma de hacerse una idea del grado en que las poblaciones están mezcladas es efectuar un experimento de marcación, a escala, por lo menos, moderadamente grande.

Para los fines de la mayoría de los análisis aquí descritos, trataremos la anchoveta como una población única. Como se expone más adelante, algunos análisis de los detalles de captura y esfuerzo de las zonas norte, centro y sur permiten llegar a resultados muy aproximados a los obtenidos a partir de los datos combinados de todas las zonas. Esto indica que esta última forma de proceder no conduce a resultados falsos. Nótese, sin embargo, que esta coincidencia no excluye ni la existencia de una población única (que esté mezclada a lo largo de toda la costa), ni la existencia de poblaciones separadas y distintas, explotadas en un grado aproximadamente igual.

2. EVALUACION DE LA POBLACION

2.1 Análisis de la captura y el esfuerzo

Se han realizado diversos estudios que ponen en relación la abundancia (medida por la captura por unidad de esfuerzo) con el esfuerzo y con la captura sostenible. Algunos de ellos han sido publicados y se incluyen entre los documentos del Apéndice 2. Mención especial merecen, sin embargo, los estudios no publicados de Schaefer y Robles, que se pusieron a disposición del Cuadro de Expertos, y que resultaron sumamente útiles para el trabajo. En la forma más simple, se establece una relación lineal entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo de pesca en el mismo año; dicha relación da una concordancia bastante precisa a la que responde más del 80 por ciento de la variación observada en la captura anual por unidad de esfuerzo (véase Gráfico 1).

Se han introducido varias modificaciones a este método básico:

- a) aproximándose más a la situación real utilizando el promedio del esfuerzo en el año de la observación y en el precedente;
- b) aplicando una relación no lineal entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo;
- c) considerando que el consumo de peces por las aves tiene el mismo efecto en la población que la captura de la pesquería y calculando el esfuerzo total correspondiente a las aves y al hombre;
- d) ajustando los datos sobre captura y sobre esfuerzo mediante una función no lineal, utilizando un procedimiento iterativo de ajuste, que no requiere una transformación lineal de los datos básicos (GENPROD);
- e) considerando varios reajustes en las mediciones básicas de la captura por unidad de esfuerzo.

Los cuatro primeros reajustes se traducen en una mejor correspondencia de los datos. Las curvas resultantes son muy semejantes en gran parte de su extensión y no se exponen detalladamente en este informe; un ejemplo aparece en el Gráfico 2. Las estimaciones del rendimiento máximo sostenible y el grado de esfuerzo con el que se obtiene ese rendimiento se resumen en la Tabla 3.

El consumo por las aves ha ido disminuyendo durante el período en estudio, pero por término medio ha sido de cerca de 1,5 millones de toneladas; según eso, coinciden en gran parte las diversas cifras, con una captura máxima, por

el hombre y las aves, ligeramente superior a 10 millones de toneladas, obtenida con un esfuerzo de poco menos de 30 millones de viajes/TRB.

Las diferencias entre las estimaciones probablemente no son notables ni es fácil que se resuelvan con nuevos análisis del mismo tipo mientras el esfuerzo permanezca dentro del mismo nivel general que en 1963-69. Para algunos cálculos se han tenido en cuenta límites de confianza aproximados del 95 por ciento, para las observaciones de un solo año; los límites de confianza para las estimaciones logística y exponencial de Paulik (véase su Gráfico 1) son respectivamente, 9,0-10,7 y 8,9-11,4. Los límites de otras estimaciones son probablemente algo mayores, ya que la fracción de variabilidad explicada es la más alta a partir de estas dos curvas.

Conviene señalar que estos límites de confianza (más o menos un millón de toneladas), son medidas de la variabilidad de los datos respecto a valores teóricos. Los límites reales dentro de los cuales es posible afirmar que se mantendrá la captura con un nivel dado de esfuerzo, serán mayores en la medida en que las relaciones teóricas no se ajusten a lo que realmente sucede en la población. Hasta un nivel de esfuerzo de 25-30 millones de viajes TRB, es claro que la mayoría de las relaciones teóricas que han sido propuestas, si no todas, corresponden a los datos observados. Se puede afirmar, pues, que dentro de ese nivel de esfuerzo, la captura máxima es de unos 9,5 millones de toneladas, con variaciones más o menos de un millón, y que con esfuerzos superiores a unos 20 millones de viajes/TRB, el aumento de las capturas al aumentar el esfuerzo (captura marginal) es pequeño.

Sin embargo, no se han realizado observaciones sobre esfuerzos (incluidas las aves) superiores a 30 millones de viajes/TRB, de forma que no se sabe hasta qué grado los modelos teóricos se ajustan a los acontecimientos reales en el caso de un esfuerzo de pesca tan intenso. La mayoría de los modelos pronostican una disminución de las capturas al aumentar el esfuerzo, disminución que es más rápida en el modelo logístico; no obstante, puede suceder que la captura siga aumentando, aunque muy ligeramente, o que se reduzca aún más rápidamente de lo que prevé dicho modelo. Con nuestros conocimientos actuales de la dinámica de la población, no parece posible distinguir entre estas posibilidades, a no ser permitiendo que el esfuerzo supere los 30 millones de viajes/TRB.

Las poblaciones de aves se han reducido en los últimos años, con un consumo anual de algo menos de un millón de toneladas, equivalente a un esfuerzo de unos 2 millones de viajes/TRB. Por consiguiente, en las condiciones actuales, los pescadores pueden obtener una captura sostenida de 9-10 millones de toneladas con un esfuerzo de unos 25 millones de viajes/TRB. Es posible que un incremento de la intensidad de pesca se traduzca en un aumento de la captura aunque en el mejor de los casos dicho aumento sería lento; también hay cierta posibilidad de que un esfuerzo de pesca por encima de 25 millones de viajes TRB se traduzca en una disminución de la captura.

Schaefer (1967) hizo análisis separados de cada una de las tres regiones — norte, centro y sur — para el período que termina en 1966, utilizando una regresión lineal de la captura por unidad de esfuerzo de pesca. La suma de las capturas máximas individuales en las tres zonas difiere poco de la captura máxima obtenida englobando todos los datos para obtener una relación única para todo el país. La primera consecuencia de este resultado es que confirma la validez de los análisis precedentemente citados, que no tienen en cuenta la posible exis-

tencia de distintas poblaciones en zonas diferentes. Algunos de los análisis más complejos que hemos expuesto, especialmente el relativo a la interacción entre el hombre y las aves, deberían realizarse separadamente para las diferentes zonas.

2.2 Consideraciones sobre las cuotas de captura

Las secciones precedentes han mostrado que la mejor estimación actualmente disponible del rendimiento máximo sostenible a ser considerada por la pesquería de acuerdo con la población actual de aves, es del orden de 9-10 millones de toneladas. Este rendimiento se conseguiría con un esfuerzo de pesca de unos 25 millones de viajes/TRB. Si se permite que el esfuerzo supere ese nivel, el promedio de la captura puede disminuir, aunque, por otro lado, es posible que se pudiera lograr cierto aumento sostenible de la captura. Según eso, la cuota máxima que es posible aplicar, en el estado actual de nuestros conocimientos, sin incurrir en ningún riesgo, es de 9 millones de toneladas. Los efectos a largo plazo de un esfuerzo de pesca mayor no están bien definidos y no es posible precisarlos mucho mejor a menos que se permita que el esfuerzo de pesca varíe respecto del nivel actual que es relativamente constante. Los estudios realizados mediante simulación con calculadora electrónica han mostrado que para algunas pesquerías el método más eficaz y práctico para determinar la captura óptima es permitir que el esfuerzo de pesca varíe cambiando la cuota de la captura permitida cada año, según ciertas normas establecidas de antemano. En la pesquería peruana, por ejemplo, se podría incrementar anualmente la cuota en 0,5 millones de toneladas, mientras no se observara una disminución apreciable del reclutamiento ni de la captura por unidad de esfuerzo de los peces de mayor edad. Si sucediera una de esas dos cosas, consecuentemente habría que reducir la cuota.

Conviene notar, en primer lugar, que este plan encierra claramente el riesgo de que las capturas en un determinado período resulten más bajas que con el plan más conservador de mantener el tope en 9 millones de toneladas; en segundo lugar, que es esencial continuar vigilando cuidadosamente la población e intervenir rápidamente para modificar la cuota tan pronto como aparezcan señales de peligro. En caso contrario, la disminución de la captura a largo plazo puede ser grande.

2.3 Otros análisis

A partir de los cambios en la composición de la población y de las capturas, pueden obtenerse estimaciones del efecto de la pesca en las poblaciones que resulten menos influenciadas por el sistema de medida empleado para determinar el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo. Como se dice en otra parte de este informe, existen dificultades para determinar la edad de la anchoveta y solamente se dispone de datos sobre edades desde 1962/63 en adelante; desde entonces el esfuerzo de pesca no ha variado en forma considerable. No es posible, pues, por el momento, establecer una clara relación entre la mortalidad y el esfuerzo de pesca. Sin embargo, la composición por edades muestra un aumento

de la mortalidad aparente con la edad. Si esto es cierto, puede representar una gran diferencia para muchos análisis, por ejemplo, el de los efectos de diferentes temporadas de veda, y habría que estudiar la cuestión más a fondo.

Desde 1961 en adelante se dispone de datos sobre las tallas, que muestran que en todas las zonas y en el país en conjunto (véase Gráfico 3), se ha producido una disminución de las capturas por unidad de esfuerzo de los peces de las tallas mayores (> 13 cm), especialmente entre 1961 y 1964, disminución que puede atribuirse directamente al aumento de la mortalidad debido a la pesca durante ese período. Durante la reunión, no se intentó un cálculo cuantitativo del efecto de la pesca en la población partiendo de estos datos. De acuerdo con las conclusiones a que se ha llegado precedentemente se puede decir que en 1964 (y en los períodos siguientes) la pesca es la causa de alrededor de la mitad de la mortalidad total. Sería deseable emplear métodos de simulación, en primer lugar para determinar en qué medida la composición por tallas observada en 1961 corresponde a la composición por tallas prevista según las diversas tasas posibles de mortalidad natural y crecimiento, y, en segundo lugar, para estudiar el efecto que se espera tenga, en la composición por tallas, el aumento del esfuerzo de pesca a partir de 1964, teniendo en cuenta los posibles cambios del comportamiento de los pescadores.

Otra característica de los datos sobre composición por tallas es el incremento de los ejemplares muy pequeños (menos de 10 cm). La talla efectiva de aparición en los desembarques ha disminuido muchísimo. Aunque no es posible una medición exacta, se han hecho cálculos aproximados de las tallas cuyos representantes forman el 50 por ciento y el 25 por ciento de las capturas de la talla modal. Estos cálculos son:

<i>Año</i>	<i>25% de la moda</i>	<i>50% de la moda</i>
1961	11,5	12,9
1962	11,8	13,0
1963	9,8	13,0
1964	8,5	9,6
1965	7,8	9,8
1966	7,4	7,9
1967	7,9	8,3
1968	6,8	7,4

Este cambio se debe, al menos en parte, a una variación en el comportamiento de los pescadores. En los primeros años, cuando abundaban los ejemplares de gran tamaño, se evitaban los cardúmenes de peces pequeños, pero actualmente es mejor capturar peces pequeños que no capturar nada. La reducción de la talla de reclutamiento es importante para muchos de los estudios realizados, especialmente en lo que se refiere a la estimación del efecto de diferentes temporadas de veda. Como se dice más adelante, es probable que los primeros modelos de simulación, basados en tallas de reclutamiento mayores que las que se observan en la actualidad, hayan conducido a subestimar los beneficios que podrían obtenerse de la veda durante los primeros meses del año.

En los primeros años (hasta 1964), la distribución por tallas en las tres zonas de la costa era muy similar. A partir de 1965, la zona sur muestra una preponderancia relativa de ejemplares de talla media (11-14 cm) con menor número de peces muy pequeños y muy grandes que en las otras zonas. Las regiones norte y centro mostraban hasta 1966 una distribución por tallas muy semejante; en 1967 y 1968, los ejemplares de pequeña talla son muy frecuentes en la zona centro y raros en la zona norte. Las razones de estas diferencias no se conocen, y sería preciso examinarlas.

Schaefer (1967) y Gulland (1967) han realizado cálculos del rendimiento por recluta basándose en varias estimaciones del crecimiento y la mortalidad. La información disponible sobre la relación entre la población adulta y el reclutamiento no permite llegar a ninguna conclusión. Partiendo de la hipótesis de que por encima del volumen de población adulta del que hasta ahora se tiene experiencia, el reclutamiento es independiente de la población, la relación correspondiente entre la captura total y el esfuerzo está de acuerdo con la relación obtenida más arriba, empleando otros modelos, a los niveles actuales de esfuerzo, es decir, que las capturas crecen con el esfuerzo hasta ese nivel, aunque la tasa de aumento es pequeña al acercarse al esfuerzo actual. El modelo de rendimiento por recluta sugiere un pequeño incremento ulterior de la captura al aumentar el esfuerzo de pesca. Sin embargo, los datos disponibles sobre la relación entre la población y el reclutamiento en niveles bajos de población y sobre los valores actuales de la mortalidad natural y por pesca, no son suficientes, ni permiten obtener en lo que se refiere a la relación entre la captura total y el esfuerzo de pesca más que una confirmación general de los análisis realizados con otros modelos. Los datos sobre crecimiento y mortalidad aportan informaciones útiles, como se expone más adelante, sobre los posibles efectos de las temporadas de veda.

2.4 Tasa de crecimiento y temporadas de veda

La Tabla 4 presenta un cuadro general del crecimiento de una generación de anchoveta. Se obtuvo siguiendo en las capturas la talla de una generación particular (indicada por las modas de talla y la lectura de los otolitos). Sin embargo, cuando una generación es joven, los primeros que aparecen en la captura son los individuos de mayor tamaño, de manera que los cálculos de la talla media resultan deformados. Los tres primeros valores (5-7 meses) se han estimado gráficamente extrapolando los datos relativos a los peces de mayor edad y son inferiores a los valores observados en las capturas.

La tasa instantánea de crecimiento, G , de los peces de tallas sucesivas es la diferencia entre los logaritmos naturales de sus pesos. Los peces más pequeños (peladilla — hasta 9 cm) crecen muy rápidamente: $G = 0,2, 0,3, 0,4$, o más al mes. Estos valores son mucho mayores que los estimados de la mortalidad natural en esa talla ($M = 0,08-0,12$ al mes). Por consiguiente, la protección de estos peces pequeños —por ejemplo, estableciendo una veda de pesca en la época en que la peladilla es más abundante— es de esperar que se traduzca en un aumento considerable de la captura total (para un valor determinado del esfuerzo total anual).

Los efectos de las vedas (para períodos de uno a tres meses) han sido examinados por Schaefer (1967) y Robles (1969). Schaefer analizó los datos de Callao, y Robles los datos combinados de Callao y Chimbote. Schaefer llegó a la conclusión de que la veda no podría en ningún caso aumentar la captura por recluta, pero que, a pesar de ello, el establecimiento de temporadas de veda podría tener dos efectos beneficiosos:

1. incrementar la biomasa de progenitores, e
2. incrementar el rendimiento económico, modificando la composición por tallas de la captura.

Vedas de dos o tres meses durante el invierno del hemisferio sur o antes de él, es decir, de junio a agosto, o de abril a mayo, o de mayo a junio, se traducirían en un aumento de la población en desove. El establecimiento de una época de veda en la primera parte del año (enero-febrero o febrero-marzo) incrementaría la producción de harina de pescado.

Las conclusiones de Robles fueron esencialmente idénticas a las de Schaefer, salvo que encontró mayor variabilidad en el rendimiento por recluta, según la estación en que se aplique el período de veda: las vedas invernales se traducirían en cantidades mayores que las estivales.

Se cree que, debido a cambios en la pesquería y a los métodos empleados, los análisis mencionados tal vez subestimen considerablemente los posibles beneficios de la implantación de una temporada de veda durante el verano, cuando abundan los peces de tallas pequeñas. Schaefer aplicó un patrón de reclutamiento según el cual la mitad de los nuevos reclutas no se incorporan a la pesquería hasta abril-mayo, cuando tienen 8-9 meses de edad y 10-11 cm de longitud; Robles adelantó ligeramente la edad de reclutamiento. Estas pautas de reclutamiento eran aproximadamente correctas para la situación vigente en torno a 1964/65, pero actualmente el reclutamiento se produce mucho antes (hacia enero, con unos 8 cm). Según eso, el número de peces de pequeño tamaño a los que podría afectar una veda en enero-febrero es muy superior al estimado por Schaefer o Robles. En realidad, a causa de la dificultad para proceder al muestreo de los ejemplares muy pequeños, los datos actuales sobre tallas subestiman también la captura real en número.

Los modelos utilizados por Schaefer y Robles no introducen ningún reajuste del esfuerzo de pesca fuera de la temporada de veda, de forma que uno de los efectos de la veda es la reducción del esfuerzo anual total. Según la hipótesis empleada en sus modelos, cualquier reducción del esfuerzo anual causaría una pérdida en la captura total y ésta es la razón principal de la disminución pronosticada de la captura por recluta como efecto de cualquier veda. Una medida mejor del efecto de la veda estacional, especialmente en la actualidad en que el esfuerzo total de pesca está regulado, sería reajustar el esfuerzo fuera de la temporada de veda para mantener el esfuerzo anual efectivo al mismo nivel.

Otros puntos de menor importancia fueron los valores de mortalidad empleados (especialmente en relación con el problema de si la mortalidad natural aumenta con la edad) y el patrón estacional de crecimiento. Se recomienda que, mediante simulación con calculadoras electrónicas, se realicen estudios más profundos sobre el efecto de las temporadas de veda, teniendo en cuenta las observaciones antes mencionadas.

No es posible, entonces, una estimación cuantitativa del efecto de una veda durante la temporada de la peladilla. Una indicación aproximada del incremento de la *captura* puede obtenerse viendo en cuánto supera el crecimiento a la mortalidad natural (10-20 por ciento al mes en los individuos de 8/10 cm). El aumento de los *desembarques* será con probabilidad mayor y el rendimiento de harina de pescado aumentará aún más, debido a la pérdida de los peces de pequeño tamaño entre el barco y la fábrica y al escaso rendimiento de harina de la peladilla. Se hace observar que el 20 por ciento de los desembarques medios de dos meses estivales representa más de medio millón de toneladas.

3. OTROS ASPECTOS

3.1 Reclutamiento

Han de considerarse aquí dos aspectos de los cambios en el reclutamiento: el grado de variabilidad sin control o « de azar » y la relación general promedio entre la población y los reclutas. Esta última es de importancia capital a largo plazo, pero puede resultar encubierta por el primero, si la variabilidad es amplia.

Tres elementos sugieren que la variabilidad debida al azar no es grande:

1. La captura total desde 1963/64 (año en que el nivel del esfuerzo se estabilizó alrededor de 22×10^8 TRB) ha registrado un incremento continuo, aunque pequeño, sin grandes fluctuaciones entre una y otra estación. Este aumento refleja, en parte, la disminución de las capturas por parte de la población de aves guaneras, y también la mayor eficacia de la pesquería, la imposición de cuotas por el gobierno y, probablemente, el aumento del reclutamiento. Una parte de las pequeñas variaciones de la captura puede atribuirse al sistema de cuotas, pero éstas no pueden encubrir el efecto de la entrada de una generación considerablemente más pequeña de lo esperado, como tampoco puede hacerlo un aumento continuo de la eficiencia pesquera.
2. La variación asociada a dos modelos sencillos de producción (Schaefer y GENPROD) es demasiado pequeña para permitir una variación grande sin sistema en el reclutamiento.
3. Las estimaciones directas del reclutamiento para el período 1963/64 a 1967/68, durante el cual la población se ha mantenido más o menos constante, han sido $2 \times$ (del valor mínimo al máximo) según Boerema, y $1,5 \times$ según Tsukayama.

Esta deducción, que coincide con el historial de la pesquería sugiere que la anchoveta peruana está relativamente exenta de las grandes fluctuaciones del proceso reproductivo que caracterizan a muchas pesquerías pelágicas. El corolario es que no es de esperar un colapso catastrófico, a no ser que se produzca un aumento rapidísimo del esfuerzo de pesca, cosa que no parece probable.

No es posible llegar a ninguna conclusión firme sobre la relación entre la abundancia de la población reproductora y la magnitud media del reclutamiento derivado de ella. Las técnicas de correlación directa resultan difíciles

de aplicar, a causa de las escasas variaciones del tamaño de la población adulta (especialmente en los últimos años, para los cuales se dispone de datos bastante buenos), de la dificultad de obtener una medida conveniente del reclutamiento (en una época en que la talla de los peces reclutas al incorporarse a la pesquería ha ido disminuyendo) y de la incertidumbre sobre la relación exacta entre la captura por unidad de esfuerzo y la abundancia.

El carácter general de los datos sugiere una función de Ricker, con una línea relativamente aplanada en la parte derecha y un máximo a un nivel bajo de población. Hay evidencia de un posible mecanismo de una curva de ese tipo en la presencia de numerosos huevos en los estómagos de los adultos. Algunos cálculos muy aproximativos sugieren que el número consumido por adulto podría ser suficiente para producir el grado necesario de mortalidad en función de la densidad.

A pesar del carácter hipotético de la mayor parte de los datos, es posible deducir algunos puntos, que son de gran importancia para la administración de la pesquería.

1. La relativa estabilidad del reclutamiento hace bastante improbable que un aumento de la captura, aunque llegue al punto de reducir en cierto grado la productividad total de la población, determine un colapso de la misma. Allí donde se han producido disminuciones desastrosas a consecuencia de fallas del reclutamiento originadas por las actividades pesqueras (sardina de California, eglefino del Banco Georges), la causa inmediata ha sido la elevada intensidad de pesca, unida a una serie de clases anuales deficientes por razones ambientales (independientes de la población). Esta combinación ha reducido la población hasta el punto de eliminar casi totalmente la posibilidad de una buena clase anual, incluso en condiciones ambientales favorables. El peligro, en la pesquería de la anchoveta, parece ser exclusivamente una cuestión de tonelaje desperdiciado, que podría resolverse fácilmente rebajando la intensidad de pesca, a condición de que esta medida se adopte inmediatamente que se evidencie una disminución en el reclutamiento.
2. Si los aumentos de las capturas se logran, en todo o en parte, merced a la protección de los peces de pequeña talla durante el verano del hemisferio sur, todas o parte de las pérdidas posibles en el reclutamiento a causa de un modesto incremento de la captura deberán ser compensadas aumentando la población de los que desovan en agosto.

3.2 Marcación

Los experimentos de marcación facilitan información única imposible de obtener por otros medios, sobre las mezclas y los movimientos migratorios y, con algunas reservas, sobre la mortalidad por pesca. Sin embargo, la marcación puede ser origen de muchas interpretaciones erróneas por varias razones: no sólo es necesario un trabajo directo en el mar extremadamente cuidadoso, sino que, además, para lograr una información cuantitativa que sea realmente útil, el estudio debe tener un alcance que supere un determinado nivel. En el estado actual de nuestros conocimientos, no es posible declararse decididamente

a favor o en contra de un experimento de marcación en gran escala, es decir, que cueste más de 500 000 dólares al año.

Un programa de alcance intermedio (de un costo entre 50 000 y 100 000 dólares al año),¹ podría aportar informaciones cualitativas importantes sobre la estructura racial de la población de anchoveta y sus movimientos entre el norte y sur de las diferentes zonas pesqueras a lo largo de la costa. Un programa intermedio es, además, esencial como estudio piloto para un programa a gran escala. Es dudoso que uno a pequeña escala (que cueste menos de 25 000 dólares) permita obtener los objetivos primarios de un programa de alcance intermedio. Los tres objetivos principales de un programa de este último tipo son:

1. Definir los movimientos a lo largo de la costa, principalmente entre las zonas central y norte.
2. Determinar la viabilidad de un experimento de marcación en gran escala. Este comprendería cuestiones tales como la estimación de las pérdidas de marcas entre el momento de la captura y el desembarque; la influencia de la duración del viaje en dichas pérdidas; la posibilidad de contaminación en las bodegas por obra de las marcas de los peces capturados en viajes precedentes, etc.
3. Reunir datos para programar un experimento a gran escala que compense realmente los costos, es decir, equilibrar la labor de marcación con la labor de recuperación y preparar un modelo para simulación con calculadora electrónica de modo de poder estudiar otros posibles tipos de programas de marcación en gran escala.

3.3 Aves

Se examinaron dos aspectos de la población de aves guaneras: la influencia de las aves en las poblaciones y en la captura potencial, y la influencia de la pesquería en las aves. De la primera se ha hablado en las secciones precedentes; sobre la segunda, la información facilitada por R. Jordán permitió llegar a algunas conclusiones provisionales.

El Gráfico 4 presenta las estimaciones recientes del número de aves; también se indican en él las capturas hechas por el hombre. En el período inmediatamente anterior a 1955, la población de aves guaneras habría ido aumentando debido, probablemente, a la protección contra la depredación en algunas zonas continentales de anidamiento. En 1955/57, se produjo una disminución desastrosa debida a « el Niño », pero más tarde, hasta 1962, la población fue en continuo aumento. Esta recuperación cesó en 1962 a un nivel de unos 16 millones de aves, no mucho más que la mitad del nivel en 1955.

Tras un mantenimiento bastante estable de la abundancia entre 1962 y 1964, otra vez « el Niño » causó una nueva disminución calamitosa de la población en 1965, reduciéndola a unos 4 millones de ejemplares, y desde entonces, su número ha aumentado sólo ligeramente.

¹ En correspondencia cambiada después de la reunión, el Dr. Schaefer ha sugerido cifras más altas —200 000 a 300 000 dólares— como costo de un programa de alcance intermedio.

No se conocen (al menos en esta reunión) todos los factores que intervienen en la bionomía de las aves y por eso la interpretación de los datos debe ser sólo aproximativa. Una primera interpretación puede ser la siguiente:

Una pesca de uno a dos millones de toneladas no tiene efectos apreciables en las aves. Una pesca de cuatro a siete millones de toneladas reduce la población de anchoveta a un nivel que limita las aves a unos 16 millones. El esfuerzo actual de pesca implica la reducción de la población de aves a cinco o seis millones.

« El Niño » podría causar otra vez una nueva disminución inmediata de la población. Los estudios realizados sobre otras aves muestran que entre las aves sociales, como son las guaneras, es necesaria una cierta densidad mínima para que la reproducción tenga éxito. Pudiera ser que el efecto de otro « el Niño » sobre la existencia actual fuera una reducción de la población de algunas zonas por debajo de ese nivel crítico.

Otro factor, del que se ha sospechado en otras partes que ejerce una influencia muy dañosa en las aves marinas (por ejemplo, en los pelicanos pardos de los Estados Unidos) es el DDT. No hay ninguna prueba de que el DDT esté afectando a las aves guaneras, pero el Grupo cree que los posibles efectos del DDT y otros plaguicidas debieran ser vigilados.

El Grupo sugiere, además, que se inicie en el próximo futuro un cuidadoso estudio energético cuantitativo de las aves y de su interacción con la población de anchoveta.

3.4 El medio ambiente

El Grupo no examinó la hidrografía de la zona detalladamente, pero consideró dos aspectos importantes para la evaluación de las poblaciones:

1. la influencia de la hidrografía en la distribución de los peces, y especialmente en la relación entre la captura por unidad de esfuerzo y la abundancia;
2. la influencia de varios factores ambientales en la abundancia.

En la reunión se presentó una teoría sobre la relación entre la anchoveta y la oceanografía del Perú, en los siguientes términos: La anchoveta vive normalmente en las aguas frías de afloramiento, que están separadas por un frente térmico de las aguas más alejadas de la costa, más cálidas y halinas, de baja productividad. Si este frente se mueve alejándose de la costa, la población se dispersa y la captura por esfuerzo resulta menor. Esta es la situación usual en el invierno (junio-septiembre), cuando el afloramiento de aguas profundas es más fuerte. Con el comienzo de la primavera y la disminución del afloramiento, las aguas se calientan y el frente se acerca a la costa, con la consiguiente concentración de la población y una mejor captura por unidad de esfuerzo. En verano (enero-marzo), el frente puede llegar a encontrarse ocasionalmente y en determinados años (cuando cesa el afloramiento), en la costa misma, lo que se traduce en condiciones de pesca muy pobres. Donde se concentran los peces durante ese tiempo, se ignora — probablemente están a mucha mayor profundidad.

Este es el ciclo normal de los acontecimientos, pero cada período puede

ser más largo o más corto según las condiciones meteorológicas. Una secuencia semejante se observa en las modificaciones a corto plazo de la posición del frente. Por lo tanto, la posición del frente puede dar a la flota pesquera una buena indicación de la concentración y situación de los peces. Los datos sobre la posición del frente pueden utilizarse, además, para explicar parte de la variabilidad residual de la captura por unidad de esfuerzo en relación con las varias regresiones del esfuerzo total examinadas en el capítulo sobre evaluación y, en consecuencia pueden ser útiles para juzgar el valor de las diversas hipótesis.

Existen también datos relativamente abundantes sobre otros factores de estas aguas que pueden influir en la abundancia de la población. Por ejemplo, sería posible integrar en toda la zona de afloramiento parámetros tan importantes como:

- extensión de la zona de afloramiento de las aguas
- temperatura media del afloramiento
- total de elementos
- nutrientes disponibles
- fitoplancton total
- zooplancton total

y otros, y comparar estos valores con los datos sobre captura/esfuerzo, reclutamiento y población derivados de los datos de la pesquería. Al evaluar los datos oceanográficos, habrá que tener en cuenta las diferencias en la zona cubierta por varios cruceros. Tal estudio requerirá al menos el trabajo de un año de un científico competente, con el correspondiente personal auxiliar.

Para medir aproximadamente la influencia de las condiciones oceanográficas (sobre la eficacia anual de la captura) se hizo una comparación entre la captura por unidad de esfuerzo y la temperatura estimada de la superficie en Puerto Chicama (8°S), durante el período que va de septiembre a junio, en las temporadas de pesca de 1960 a 1969. La comparación mostró que la captura anual por unidad de esfuerzo se reduce a medida que aumenta la temperatura, la cual a su vez, está en relación con la disminución de la intensidad del afloramiento. Un afloramiento más agudo durante una temporada, considerada globalmente, que es muy probable vaya unido a una mayor producción y una mayor población de anchoveta, permite mejores capturas a pesar de que, por breves períodos, la mayor intensidad del afloramiento tenderá a dispersar a los peces, reduciendo la captura por unidad de esfuerzo con una abundancia dada de población. Sería deseable repetir este análisis aproximativo, utilizando datos hidrográficos más exactos, y las desviaciones de la captura por unidad de esfuerzo respecto a la regresión del esfuerzo total, porque, como ya hemos dicho, la mayor parte de la variación de la captura puede explicarse por cambios del esfuerzo total (del hombre solamente, o del hombre más las aves).

3.5 Aspectos económicos

Varias de las cuestiones examinadas en este informe son de gran importancia para el buen desarrollo económico de la pesquería. Vale la pena notar que a medida que la curva del rendimiento, en relación con el esfuerzo, se acerca

al punto de rendimiento máximo, se estabiliza en una posición horizontal, de forma que el aumento de la captura que se obtendría con una intensificación determinada del esfuerzo sería muy pequeño. Se duda de la conveniencia, por razones económicas, de pescar con la intensidad necesaria para lograr la captura máxima, en lugar de aplicar un esfuerzo de pesca apreciablemente inferior, obteniendo una captura sólo ligeramente más pequeña.

Otro aspecto es que, en caso de que sean necesarias medidas regulativas para asegurar que el esfuerzo de pesca y la captura no superen el nivel óptimo, es posible elegir entre varias medidas (temporadas de veda, cuotas de captura, limitaciones del número de embarcaciones, etc.), que pueden producir el mismo efecto biológico. Pero estas restricciones pueden tener efectos muy diversos en la capacidad del pescador para actuar con plena eficiencia. En otras pesquerías (por ejemplo, la de salmón del Pacífico), se han aplicado disposiciones regulativas que si bien han permitido mantener la captura, por otra parte han obligado a las industrias interesadas a trabajar muy por debajo de la eficiencia posible, con el consiguiente aumento de los costos de la pesca y de la elaboración y, desde luego, la disminución de los posibles beneficios económicos netos de los países respectivos.

El Cuadro de Expertos, que no tenía competencia para examinar estas cuestiones, ni dispuso de tiempo para ello, opinó que en el programa del Instituto del Mar y del proyecto FAO/PNUD (FE) se debe conceder prioridad a un estudio detallado de los posibles efectos económicos y sociales de las diversas medidas regulativas.

4. RESUMEN

4.1 Nivel del rendimiento máximo sostenido de la pesquería de anchoveta

Varios tipos de análisis coinciden en que la captura media máxima sostenible de anchoveta por el hombre es de unos 9,5 millones de toneladas, dada una población de aves del volumen actual. Esta cifra no dista mucho de los 9,8 millones de toneladas capturados en 1968/69. Los límites de exactitud de esta estimación son, aproximadamente, de 1 millón de toneladas en más o en menos.

4.2 Efectos de un aumento del esfuerzo de pesca

Los 9,5 millones de toneladas mencionados se capturarían con un esfuerzo de pesca casi igual al de las últimas temporadas. El tratar de hacerlo pasar por encima de ese nivel podría traducirse tanto en un aumento como en una disminución de la captura. Para determinar si es posible mantener un rendimiento sostenible algo mayor de 9,5 millones de toneladas, se puede examinar la posibilidad de incrementar experimentalmente los cupos anuales. Este aumento deberá hacerse por etapas que varíen en no más de medio millón de toneladas al año. Pero, para evitar graves consecuencias, sería preciso detener dicho aumento o invertirlo tan pronto como se observasen señales de peligro (capturas demasiado pequeñas por unidad de esfuerzo, escasez de individuos juveniles, etc.).

4.3 Temporadas de veda

El Cuadro de Expertos considera que una temporada de veda de por lo menos un mes durante el período que va de diciembre a marzo es muy deseable, y probablemente esencial, para sostener el nivel de captura de 9,5 millones de toneladas. La razón es que en esa época hay en la pesquería grandes cantidades de peces de pequeña talla, que crecen en esos meses muy rápidamente. Dejándoles aumentar de tamaño durante la temporada de veda, antes de proceder a su captura, es posible obtener de cada generación de reclutas un mayor rendimiento, consiguiendo al mismo tiempo una buena población en desove. Además, el porcentaje de harina que se obtiene de los ejemplares de gran talla es mayor que el de los peces pequeños.

4.4 Necesidad de investigación

Para controlar la población de anchoveta y resolver los problemas aún pendientes, es preciso un estudio continuo y una vigilancia intensiva de la población. Un problema importante, aún por resolver, es el grado de mezcla entre las poblaciones en diferentes sectores de la costa. Con este objeto, el Cuadro de Expertos recomienda que se inicie lo antes posible un experimento piloto de marcación.

4.5 Actividad del Cuadro de Expertos en el futuro

Los miembros del Cuadro de Expertos tienen la intención de proseguir el estudio de los datos disponibles, procediendo a nuevos análisis durante los próximos meses.

REPORT OF THE PANEL OF EXPERTS
ON POPULATION DYNAMICS OF PERUVIAN ANCHOVETA

CONTENTS

INTRODUCTION	344
1. GENERAL CONSIDERATION	345
1.1 Statistics of catch and effort	345
1.2 Identity of stocks	346
2. ASSESSMENT OF STOCKS	348
2.1 Analysis of catch and effort	348
2.2 Considerations on catch quotas	349
2.3 Other analyses	350
2.4 Growth rate and closed seasons	351
3. OTHER MATTERS	354
3.1 Recruitment	354
3.2 Tagging	355
3.3 Birds	356
3.4 The environment	357
3.5 Economic aspects	358
4. SUMMARY	359
4.1 Level of maximum sustained yield of the anchoveta fishery	359
4.2 Effects of greater fishing effort	359
4.3 Closed seasons	359
4.4 Research needs	359
4.5 Further work by the panel	359
TABLES	360
FIGURES	364
APPENDIXES	
1. Members of panel	368
2. List of documents presented to the panel	369
3. Agenda	372

INTRODUCTION

This panel was set up as part of the FAO/UNDP(SF) project on fisheries research and development in Peru. The panel met under the chairmanship of Dr. W.E. Ricker in the Instituto del Mar del Perú from 12 to 16 January 1970. Those participating are listed in Appendix 1; in addition, several other members of the staff of the Institute and the FAO project took part in discussions on particular subjects. Unfortunately, owing to illness Dr. Schaefer was only able to attend the first day of the meeting.

Both before and during the meeting, the panel received a large volume of data and analyses concerning the anchoveta stock and fishery. These came primarily from the Instituto del Mar and the FAO/UNDP project, but analyses had also been done by Mr. Robles of the Sociedad Nacional de Pesquería, by Dr. Schaefer of the University of California and by Dr. Paulik of the University of Washington.

The panel expresses its admiration and appreciation of the volume of information available from all these sources.

1. GENERAL CONSIDERATION

1.1 Statistics of catch and effort

The available statistics of catch, fishing effort and catch per unit effort are summarized in Tables 1 and 2. Table 1 gives the catches by calendar years, but for purposes of analyses it is generally more convenient to use fishing seasons (September-August), as set out in Table 2. The fishing effort has been expressed as thousands of GRT¹ trips, corrected by a factor set out in Table 2 for a presumed increase in efficiency of 20% between 1960 and 1969, based on the studies of Boerema *et al.* (1965) as discussed below.

There are, however, several ways in which those reported statistics may be misleading.

The reported landings are less than the true catches for several reasons, e.g.:

- (a) losses at sea, including dumping of excess catch
- (b) losses at unloading
- (c) underreporting of actual quantities landed (especially during the peladilla season when meal yield is low).

Information presented suggested that occasionally these losses could be large, perhaps 40% of the reported landings. There are no data on how this proportion has changed during the history of the fishery, although Robles indicated that it has probably been rather constant, at least in recent years. Type (a) losses may likely have decreased, but types (b) and (c) most probably have increased as more peladilla are now being taken.

If the ratio of actual to reported catch has remained constant the analysis of sustainable yield, etc., will be little affected, except that all figures of catch, etc., are underestimated by a constant factor. The estimates of maximum sustained yield and permissible quota, etc., will then be correct guides for management provided that the future catches are also underestimated by the same amount. However, it is most desirable that records should be made of the true removals from the stocks by the fishery.

This difference between the reported landings and the actual catches when the catch contains a large proportion of very small fish leads to underrepresentation of the small fish. Furthermore, the length samples, especially when small fish are abundant, often contain a fairly large number of deteriorated or broken fish which cannot be measured. The larger fish seem less susceptible to damage, so that they are more likely to be measured, which leads to a further underestimate of small and an overestimate of large fish in the catches.

¹ GRT = gross registered tonnage.

No detailed data on these effects are available, and no corrections have been applied. If, however, the degree of underestimation has remained fairly constant over the period of the development of the fishery, the data still give a reasonable picture of the changes in the amount of small fish caught.

There are also uncertainties regarding the effort data. In all purse seine fisheries there is a very important element of searching involved in the fishing operations.

The fleet has undergone important changes during the development of the fishery. The size of the vessels has increased, and several improvements in gear, equipment and fishing have been introduced. Available studies indicated that the fishing power of ships of different sizes is roughly proportioned with the GRT of these ships, and for this reason the GRT-month and more recently the GRT trip was introduced as unit of fishing effort.

Information on the effect of gear improvement for ships of the same size, from year to year, led to an estimate of a correction for efficiency of 20% over the period 1960-69. This correction was introduced in the effort and catch per unit effort data. Various other improvements introduced during the development of the fishery (e.g., electro-acoustic equipment, further gear improvements, also increased experience and other factors), as well as an increase in average trip duration are believed to have contributed to an additional increase in the effort exerted per GRT trip.

Information presented suggested, however, that the average effective increase in trip duration has been of very limited extent only. Data on the changes in abundance of anchoveta obtained from echo surveys since about 1963 are in reasonable agreement with those obtained from the catch per unit effort data using the above-mentioned correction factor, and would not support the assumption of very substantial additional increases in efficiency and trip duration, unless the efficiency of the echo-recording apparatus has also greatly increased in this period.

The measurement of effort in GRT trips, applying the correction factors in Table 2 over the last 10 years, would therefore seem to give the best estimates presently available. There are, however, other measures of effort that might be used, e.g., a measure based on a standard type vessel, or the same group of individual vessels, followed over a series of years. On present evidence several of these also give valid estimates. It seems desirable to use some of those other effort units in analyses to check the extent to which the conclusions reached depend on the precise measure of effort that is used.

1.2 Identity of stocks

The anchoveta, and the fishery on it, is distributed along virtually the whole length of the Peruvian coast, and indeed into the waters off the northern part of Chile, without any very clear discontinuities which would suggest isolated and separate stocks. Studies of gill rakers have shown some differences between anchoveta stocks in different sectors of the coast.

There is also some evidence that southern anchoveta (Ilo) tend to have shorter digestive tracts than those farther north, but with great overlap, at least in the small fish. However, experience elsewhere shows that differences of this

sort are not inconsistent with a fairly large degree of mixing between stocks. The only way to get some idea of the degree of such mixing is to do a tagging experiment on at least a moderately large scale.

For the purposes of most of the analyses described here the anchoveta will be treated as a single stock. As discussed below some analyses of catch and effort data for the northern, central and southern areas separately give results very close to those obtained from the combined data from all areas taken together. This suggests that the latter procedure does not give misleading results. However, the agreement is consistent with both the existence of a single stock (with mixing occurring all along the coast) and with the existence of separate and distinct stocks, exploited to approximately the same extent.

2. ASSESSMENT OF STOCK

2.1 Analysis of catch and effort

A number of studies have been made relating the abundance (as measured by the catch per unit effort) to the effort and to the sustainable catch. Several of these have been published, and are included in the papers in Appendix 2. Special mention should, however, be made of the unpublished studies by Schaefer and by Robles, which were made available to the panel. These proved extremely useful to its work. In the simplest form a linear relation between catch per unit effort and the fishing effort in the same year is used; this relation gives a fairly good fit which accounts for over 80% of the observed variation in annual catch per unit of effort (see Fig. 1).

Several modifications in this basic method have been made:

- (a) to come closer to the steady state situation by using the average of the effort in the year of observation and the previous year
- (b) to use a non-linear relation between catch per unit effort and effort
- (c) to consider the consumption by birds as having the same effect on the stock as the catch by the fishery, and calculate the total effort by birds and man
- (d) to fit the catch and effort data by a non-linear function using an iterative fitting procedure which does not require a linear transform of the basic data (GENPROD)
- (e) to consider a variety of adjustments in the basic measures of catch per unit effort.

The first four adjustments all result in improved fits to the data. The resulting curves are quite similar over much of their range, and are not given in detail in this report; one example is given in Fig. 2. The estimates of maximum sustainable yield, and the level of effort at which it occurs are summarized in Table 3.

The consumption by birds has been decreasing during the period of study but has averaged around 1.5 million tons, so there is good agreement between these various figures, with a maximum catch, for men and bird, of a little over 10 million tons, obtained with an effort of a little less than 30 million GRT trips.

The differences between the estimates are probably not significant, nor are they likely to be resolved by further analysis along the same lines, so long as the effort remains within the same general range as in 1963-69. The approxi-

mate 95% confidence limits for a single year's observations have been calculated for some estimates; those for the logistic and exponential from Paulik (his Fig. 1) are 9.0-10.7 and 8.9-11.4 respectively. The limits for other estimates are probably slightly wider since the fraction of variability explained was highest from these two curves.

It should be pointed out that these confidence limits (plus or minus one million tons, or thereabouts) are measures of the variability of the observed data about the theoretical lines. The actual limits within which it can be stated that the catch from a given level of effort will lie, are greater to the extent that the theoretical relations fail to fit the true events in the population. Up to an effort level of 25-30 million GRT trips it is clear that most, if not all, the theoretical relations which have been proposed fit the observed data. Thus it can be stated that, within this range of effort, the maximum catch is around 9.5 million tons, plus or minus 1 million, and that for efforts greater than around 20 million GRT trips the increase in catch with increase in effort (the marginal catch) is small.

However, there are no observations for effort (including birds) greater than 30 million GRT trips, so that it is not known how well the theoretical models fit the true events for such intense fishing. Most models predict a fall in catch with increasing efforts most rapidly for the logistic; however, it may be that the catch still increases, if very slowly, or it may decrease even more rapidly than predicted by the logistic model. With our present understanding of population dynamics it seems possible to distinguish between these possibilities only by allowing the effort to increase beyond 30 million GRT.

The bird populations are reduced in recent years, having an annual consumption of rather less than 1 million tons and equivalent to an effort of some 2 million GRT trips. Under present conditions, therefore, a sustained catch of 9-10 million tons can be taken by the fishermen with an effort of about 25 million GRT trips. Possibly, greater amounts of fishing would give a larger catch, though the catch would at best increase only slowly with increases in fishing effort; there is also some possibility that fishing effort greater than 25 million GRT trips will result in a smaller catch.

Schaefer (1967) made separate analyses for each of the three regions — north, central and south — using a linear regression of catch per unit on fishing effort, for the period up to 1966. The sum of the individual maximum catches in the three areas differed little from the maximum catch obtained by pooling the data to obtain a single relation for the entire country. The primary value of the finding is that it supports the validity of the above analyses which ignore the possible existence of distinct stocks in different areas. Some of the more complex analyses outlined above, especially that concerning the interaction between men and birds should be carried out separately for different areas.

2.2 Considerations on catch quotas

Previous sections have shown that the best available estimate of the maximum sustainable yield to be taken by the fishermen, at the present bird population, is in the region of 9-10 million tons. This would be achieved with a fishing effort of some 25 million GRT trips. If the effort is allowed to rise above this level, the average catch may decrease, though on the other hand it is possible

that some increase in catch might be sustained. A quota of 9 million tons is therefore the most that can be applied with present knowledge without incurring some risk. The long-term effects of a greater amount of fishing are not well defined, and cannot be much better defined unless the fishing effort is allowed to vary from its present rather constant level. Computer simulation studies have shown for some fisheries that the most efficient and practical method of determining the optimum catch is to allow the fishing effort to vary, changing the permitted catch each year according to certain predetermined rules. For instance, in the Peruvian fishery the quota might be increased by increments of 0.5 million tons as long as there was no noticeable decrease in recruitment and in catch per unit effort of older fish. If either of these events occurs, the quota should be decreased accordingly.

It should be emphasized, first that such a scheme has a distinct risk of resulting in lower catches over a period than the more conservative scheme of keeping the quota at 9 million tons; second, it is essential that careful monitoring of the stock is continued, and that prompt action is taken to modify the quota as soon as danger signals appear. Otherwise the long-term loss in catch may be large.

2.3 Other analyses

Estimates of the effect of fishing on the stocks, which are less dependent of the measures used for effort and catch per unit effort, may be obtained from changes in the composition of the stock and the catches. As discussed elsewhere in this report there are difficulties in the determination of the age of anchoveta, also age data are only available from 1962/63 onward, since when fishing effort has not varied very greatly. No clear relation between mortality and fishing effort can, therefore, be determined at present. The age composition does, however, show an increase in apparent mortality with age. This, if real, could make a big difference to many analyses, e.g., of the effect of different closed seasons, and should be investigated further.

Length data are available from 1961 onward. These show in all areas, and in the country as a whole (see Fig. 3), a decrease in the catches per unit effort of the larger fish (>13 cm), especially between 1961 and 1964, which may be directly attributed to the increased mortality due to fishing during that period. Quantitative estimation of the effect of fishing from this finding was not attempted during the meeting. It appears consistent with earlier conclusions that by 1964 (and in subsequent periods) fishing accounts for around half the total mortality. It seems very desirable to use simulation methods, firstly, to determine the fit of the observed length composition in 1961 to that predicted under possible rates of natural mortality and growth, and secondly, to study the expected effect on the length composition of the increased fishing since 1964, taking into account possible changes in the behaviour of the fishermen.

Another feature of the length composition data is the increase in very small fish (less than 10 cm). The effective size at recruitment to the landings has decreased very much. Though this cannot be measured precisely, rough estimates have been obtained as the lengths at which the catches are 50% and 25% of the catches at the modal length. These are tabulated below.

<i>Year</i>	<i>25% of mode</i>	<i>50% of mode</i>
1961	11.5	12.9
1962	11.8	13.0
1963	9.8	13.0
1964	8.5	9.6
1965	7.8	9.8
1966	7.4	7.9
1967	7.9	8.3
1968	6.8	7.4

This change is due at least in part to a change in the behaviour of the fishermen. In early years when large fish were abundant, shoals of small fish were avoided, but now a catch of small fish is better than catching nothing. The reduction in the size of recruitment is important to many of the studies made, especially in relation to the estimation of the effect of various closed seasons. As discussed below, it is likely that earlier simulation models based on rather larger sizes at recruitment than observed at present have underestimated the benefits to be obtained from closure during the first months of the year.

In the early years (up to 1964) the size distribution in the three parts of the coast were very similar. From 1965 onward the southern area showed a relative preponderance of medium fish (11-14 cm) with fewer very small and very big fish than in the other areas. The northern and central regions showed very similar length distribution up to 1966; in 1967 and 1968 small fish were very common in the central region, but uncommon in the north. The reasons for the differences are not known, and should be examined.

Yield per recruit calculations based on various estimates of growth and mortality have been made by Schaefer (1967) and Gulland (1967). The available information on the relation between adult stock and recruitment is inconclusive. Using the hypothesis that, over the range of adult stock so far experienced, recruitment is independent of stock, the corresponding relation between total catch and effort agrees well with that obtained above using other models up to present levels of effort, i.e., catches increase with effort up to this level, though the rate of increase is small near the present effort. The yield per recruit model suggests a small further increase in catch for higher amounts of fishing. However, the available data on the relation between stock and recruitment at low levels of stock, and on the present values of fishing and natural mortality, are not good enough for this analysis to more than give general support to the analyses using other models, so far as the relation between total catch and the amount of fishing is concerned. The data on growth and mortality do give useful information, as discussed below, on the possible effects of closed seasons.

2.4 Growth rate and closed seasons

A general picture of the growth of a cohort of anchoveta is given in Table 4. This is obtained primarily by following the length of each particular cohort in the catch (as indicated by length modes and otolith reading). However, when

a cohort is young, its larger members are the first to appear in the catch so that the estimates of mean length are biased. The first three values (months 5-7) have here been estimated graphically by extrapolation from the older fish, and are less than the values observed in the catches.

The instantaneous rate of growth, G , of the fish at successive sizes is the difference of the natural logarithms of their weights. The smaller fish (peladilla — up to 9 cm) are growing very rapidly indeed: $G = 0.2, 0.3, 0.4$ or more on a monthly basis. These values are much larger than estimates of natural mortality at this size ($M = 0.08-0.12$ per month). Consequently protection of these small fish, e.g., by a fishing closure at the time when peladilla are most abundant, could be expected to increase total catch substantially (for any given value of total effort per year).

The effects of closures (for periods of one to three months) have been examined by Schaefer (1967) and Robles (1969). Schaefer analysed the Callao data and Robles the combined Callao and Chimbote data. Schaefer concluded that no closed season could raise the catch per recruit, but that nevertheless closed seasons could have two beneficial effects:

1. increasing the biomass of spawners, and
2. increasing the economic yield by changing the size composition of the catch.

The increased spawning stock results from 2 or 3-month closures during or before the southern winter, i.e., from June through August or April-May or May-June. A closed season during the early part of the year (January-February or February-March) would increase the yield of fish meal.

Robles' conclusions were essentially the same as Schaefer's, except that he found more variability in yield per recruit with the season of the closed period; winter closures produced higher yields than summer closures.

It is believed that due to changes in the fishery, and to the methods used, the above analyses may underestimate quite considerably the possible benefits of a closed season during the summer when small fish are abundant. Schaefer used a recruitment pattern at which fish were not half recruited until April-May, 8-9 months old and 10-11 cm long; Robles used a slightly earlier recruitment. These patterns of recruitment were approximately correct for the situation around 1964/65, but now recruitment occurs much earlier (around January, at about 8 cm). Thus, the numbers of small fish that could be affected by a closure in January-February are much larger than estimated by Schaefer or Robles. In fact, owing to the difficulties of sampling the very small fish, the present length data also underestimate the actual number caught.

The models used by Schaefer and Robles did not make any adjustment to the fishing effort outside the closed season, so that one effect of a closure is to reduce the total annual effort. Under the assumption used in their models any reduction in annual effort would cause a loss in total catch, and this is the major reason for the predicted reduction in catch per recruit from any closure. A better measure of the effect of the seasonal closure, especially at present when the total amount of fishing is controlled, would be to adjust the effort outside the closed seasons to maintain the annual effective effort at the same level.

Other minor points concerned the values of mortality used, especially whether natural mortality increases with age, and the seasonal pattern of growth.

It is strongly recommended that further computer simulation studies be made of the effect of closed seasons, taking into account the above comments.

It is, therefore, not possible to make a quantitative estimate of the effect of a closure during the peladilla season. A rough guide to the increase in *catch* is provided by the excess of growth over natural mortality (10-20% per month at around 8-10 cm). The increase in *landings* is likely to be larger, and the yield of fish meal yet further increased, due to the loss of small fish between ship and factory, and the poor meal yield from peladilla. It may be noted that 20% of the average landings in two summer months is rather more than half a million tons.

3. OTHER MATTERS

3.1 Recruitment

Two aspects of recruitment variation should be considered here. They are the extent of uncontrolled or "random" variability and the general mean relation between stock and recruits. The latter is of prime importance over the long term, but may be overshadowed by the former if it is large.

There are three points of evidence suggesting that the random variability is not large:

1. The total catch since 1963/64 (the year that the level of effort stabilized at about 22×10^8 GRT) has shown a pattern of steady, but slight, increase, without great season-to-season fluctuations. The increase reflects in part reduced catches by the guano bird population, as well as some increase in the efficiency of the fishery, the imposition of quotas by the Government, and possibly increased recruitment. Part of the small variation in catch may be ascribed to the quota system, but quotas cannot mask the effect of the entry of a cohort significantly smaller than expected, nor can a steady pattern of increasing efficiency.
2. The variance associated with two simple production models (Schaefer and GENPROD) is too small to allow much non-systematic variation in recruitment.
3. Direct estimates of recruitment over the period 1963/64 to 1967/68 when the population has been more or less constant have been $2 \times$ (lowest over highest) by Boerema and $1.5 \times$ by Tsukayama.

This record, which is consistent with the entire record of the fishery, suggests the Peruvian anchovy is relatively free of the rather serious fluctuations in reproductive success that characterize many pelagic fisheries; the corollary is that catastrophic collapse is not to be expected save through a very rapid increase in fishing effort, which seems unlikely.

No firm conclusions can be drawn concerning the relation between the abundance of the parent stock and the average magnitude of the recruitment produced by it. Direct correlation techniques are made difficult by the relatively small range in adult stock size (especially in the recent years, for which fairly good data are available), the difficulties in obtaining a consistent measure of recruitment, at a time when the size of fish at recruitment to the fishery has been decreasing, and the uncertainties concerning the exact relation between catch per unit effort and abundance.

The general nature of the data suggests a Ricker function with a relatively flat right hand limb and a maximum at a small stock size. There is evidence of a possible mechanism for such a curve in the presence of numbers of eggs in the stomachs of adults. Very rough calculations suggest that the number consumed per adult could be enough to produce the necessary degree of density-dependent mortality.

Despite the dream-like quality of most of the data, it is possible to derive some points that are highly relevant to management.

1. The relative stability of recruitment renders it reasonably improbable that increases in catch, even to the point of reducing somewhat the total productivity of the population, will induce a population collapse. Where catastrophic declines appear to have occurred as a result of fishery induced recruitment failures (Californian sardine, Georges Bank haddock), the immediate cause has been a high intensity of fishing plus a series of poor year-classes from environmental (stock-independent) reasons. This combination has reduced the stock to such a low level that there was small possibility of a good year-class even under favourable environmental conditions. The risk in the anchoveta fishery appears to be entirely a matter of lost tonnage, a matter that could easily be set right by reducing fishing intensity, provided this action is taken quickly as soon as a decrease in recruitment becomes apparent.
2. If increases in catch are in whole or in part obtained by protecting small fish during the southern summer, all or part of any possible loss of recruitment from a modest increase in the catch should be made up (by increasing the August spawners).

3.2 Tagging

Tagging studies provide unique information on mixing and migration, and also, with some reservation, on the fishing mortality, that cannot be obtained by any other means. However, tagging is plagued by many sources of bias; not only is extremely careful field work required, but the study must be above a certain threshold size to provide useful quantitative information. It is not possible with present knowledge to make a strong recommendation either *for* or *against* a large-scale tagging experiment (one costing over \$500 000 per year).

An intermediate-sized tagging programme (costing between \$50 000 and \$100 000 per year)¹ could provide important qualitative information on the racial structure of anchoveta stock and on north-south movements between fishing areas along the coast. An intermediate programme is also essential as a pilot study for a large-scale programme. It is doubtful if a small-scale programme (costing less than \$25 000 per year) could accomplish the primary objectives

¹ In correspondence after the meeting, Dr. Schaefer suggested higher figures — \$200 000 to \$300 000 — as the cost of an intermediate-sized programme.

of an intermediate-sized programme. The three primary objectives of an intermediate-sized programme are:

1. Define movements along coast — primarily between central and northern areas.
2. Determine feasibility of large-scale tagging experiment. This would include such things as estimating the loss of tags between capture and landing, and the influence on this of length of trip, the possibility of contamination in the holds by tags from fish caught on earlier trips, etc.
3. Accumulate data to design a cost-effective large-scale experiment, i.e., balance tagging effort vs. recovery effort and construct computer simulation model to study alternative designs of large tagging programme.

3.3 Birds

Two aspects of the bird population were discussed — the influence of the birds on the stocks, and on the potential catch, and the influence of the fishery on the birds. The former is discussed in the previous sections. Some information provided by R. Jordan enabled some very tentative conclusions to be made about the second aspect.

Recent estimates of the number of birds are shown in Figure 4; also shown in the figure are the catches by man. In the period immediately before 1955, it appeared that the bird population had been increasing, probably due to the protection from predation on some of the mainland nesting sites. In 1955/57 there was a catastrophic fall, due to an el Niño, but thereafter, up till 1962, the population increased steadily. This recovery ceased in 1962, at a level of about 16 million birds, not much more than half the 1955 level.

After a fairly level abundance between 1962 and 1964, another el Niño in 1965 caused another disastrous fall in population to around 4 million birds, from which level it has since only slowly increased.

We do not know (at least at this meeting) all the factors entering the biometrics of the birds, so the interpretations of the record must be highly tentative. A crude interpretation is as follows:

Fisheries of 1 to 2 million tons do not have any appreciable effect on the birds. Fisheries of 4 to 7 million tons reduce the population of anchovies to a level that restricts the birds to about 16 million. The present level of fishing holds the bird population at 5 to 6 millions.

Another el Niño might cause a further immediate drop in the bird population. Studies on other birds show that among social birds, such as the guano birds, a certain minimum density is necessary for successful breeding. It may be that the effect of an el Niño on the present stock will be to reduce the population in some areas below this critical level.

Another factor, which has been strongly suspected of having a very harmful influence on sea birds elsewhere (e.g., brown pelicans in the U.S.) is DDT. There is no evidence that DDT is having any effect on the guano birds, but the group believes that the possible effect of DDT and other pesticides should be kept under careful review.

The group also suggests that a careful quantitative energetic study of the birds and their interaction with the anchovy population be initiated in the very near future.

3.4 The environment

The group did not attempt to discuss the hydrography of the area in detail, but did consider two aspects important to stock assessment:

1. the influence of the hydrography on the distribution of fish, and especially on the ratio of catch per unit effort to abundance;
2. the influence of various environmental factors on abundance.

One theory as to the relation between anchoveta and oceanography off Peru was described in the meeting as follows: The anchoveta usually live in the cool upwelling water, which is separated by a temperature front from the warmer, more haline, offshore water of low productivity. If the front moves offshore, the population is stretched, resulting in a lower catch per effort. This is the usual situation in winter (June-September) when upwelling is strongest. With the onset of spring and the weakening of upwelling, the water is warmed and the front moves closer to shore, resulting in a concentration of the fish population and a better catch per effort. In summer (January-March) the front may occasionally in certain years come right to the shore, when upwelling ceases, which results in very poor fishing conditions, although the whereabouts of the population are not known; probably the fish are much deeper.

This is the normal cycle of event, but each period may be longer or shorter depending on weather conditions. A similar sequence applies also to short-term changes in the position of the front. Consequently, the position of the front could give the fishing fleet a good indication of the concentration and location of fish. Also data on the position of the front may be used to account for some of the residual variability of catch per unit effort about the various regression on total effort discussed in the chapter on assessment, and hence aid in discriminating between the various hypotheses.

There are also relatively abundant data on these waters on factors which can affect the abundance of the population. For instance, it should be possible to integrate over the upwelling area such important parameters as:

- size of upwelling area
- mean temperature of upwelling
- total nutrients available
- total phytoplankton
- total zooplankton

and others, and compare these values with information on the catch/effort, recruitment and stock derived from the fishery data. In evaluating the oceanographic data, the different coverage of the area by various cruises would have

to be considered. Such a study would at least require a one-year effort by a competent scientist and supporting staff.

As a rough measure of influence of oceanographic conditions (on the annual catch efficiency) a comparison was made between the catch per unit effort and the estimated surface temperature at Puerto Chicama (8°S) during the period September to June for the fishing seasons from 1960-69. This showed that the annual catch per unit effort decreases with increasing temperature, which in turn is related to a decreasing intensity of upwelling. Stronger upwelling during a season as a whole, which is likely to be associated with higher production and higher anchovy population, gives better catches, in spite of the fact that during short periods strong upwelling will tend to disperse the fish and give a lower catch per unit effort from a given stock abundance. It seems highly desirable to repeat this rough analysis, using more accurate hydrographic data, and the deviations of catch per unit effort from the regression on total effort, since it has already been shown that most of the variation in catch can be accounted for by changes in total effort (by man alone, or by man plus birds).

3.5 Economic aspects

Several of the subjects discussed in this report are very relevant to the economic well-being of the fishery. One aspect is that as the curve of yield against effort approaches the point of maximum yield, it becomes very flat so that the increase in catch from a given increase in effort is very small. It is doubtful whether it is desirable on economic grounds to fish so hard as to reach the maximum catch, rather than fishing appreciably less, and having only a very slightly smaller catch.

Another aspect is that if regulations are necessary to ensure that the fishing effort and the catch do not exceed the optimum level, a wide choice of measures is available (closed seasons, catch quotas, restrictions on the number of vessels, etc.) which can have the same biological effect. These measures can have very different effects on the ability of the fishery to operate at full efficiency. In other fisheries (e.g., Pacific salmon) regulations have been applied which have successfully maintained the catch, but have forced the industries concerned to operate at very much less than the possible efficiency, with consequent great increase in the cost of harvesting and processing and reductions in the possible net economic return to the countries concerned.

The panel had neither the time nor the competence to examine these questions in detail, but believed that a detailed study of the possible economic and other social effects of various regulatory measures should receive high priority in the programmes of the Instituto del Mar and the FAO/UNDP(SF) project.

4. SUMMARY

4.1 Level of maximum sustained yield of the anchoveta fishery

Several types of analyses are in agreement that the average maximum sustainable catch of anchoveta by man is about 9.5 million tons, given bird populations of the present size. This figure is close to the 9.8 million tons taken in 1968/69. Limits of accuracy of this estimate are plus or minus 1 million tons, approximately.

4.2 Effects of greater fishing effort

The 9.5 million tons above would be taken by an amount of fishing almost equal to that in recent seasons. Increasing fishing effort above this level might either increase or decrease the equilibrium yield. To determine whether an equilibrium yield somewhat larger than 9.5 million tons would be possible, an experimental increase in the annual quota might be considered. This should be done by steps of not more than half a million tons. But to avoid serious consequences, such an increase would have to be stopped or reversed as soon as any danger signals appeared (too small a catch per unit effort, scarcity of young, etc.).

4.3 Closed seasons

The panel considers that a closed season of at least one month during the period December-March is very desirable, and quite possibly is essential for maintaining the catch level of 9.5 million tons. The reason is that large numbers of small fish are present and are growing very fast at this time. By letting them increase in size during the closed season before catching, a greater harvest might be obtained from each generation of recruits, while at the same time obtaining a good spawning stock. In addition, the percentage meal yield from large fish is greater than from small fish.

4.4 Research needs

Continued study and intensive monitoring of the anchoveta stock is essential to maintain control and to settle problems that are still outstanding. An important unsolved problem concerns the degree of mixing between stocks on different sectors of the coast. For this purpose the panel recommends that a pilot-scale tagging experiment be begun as soon as possible.

4.5 Further work by the panel

Members of the panel plan to continue their study of available data and make additional analyses during the months ahead.

TABLA 1. - CAPTURA TOTAL EN MILES DE TONELADAS Y ESTIMACIONES DEL ESFUERZO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) EN MILES DE TRB-VIAJE POR AÑO CALENDARIO Y REGIONES (esfuerzo corregido según explicaciones del texto)

TABLE 1. - TOTAL CATCH IN '000 TONS AND ESTIMATES OF EFFORT IN '000 GRT-TRIP AND CATCH PER UNIT EFFORT (CPUE) PER CALENDAR YEAR AND BY REGIONS (effort corrected as explained in text)

Año Year	Todo el país Total country			Norte North			Centro Central			Sur South		
	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE
1961	4 579.7	7 745.5	0.591	1 444.3	2 553.0	0.566	2 971.4	4 912.3	0.605	164.1	280.2	0.586
1962	6 274.6	10 746.3	0.584	2 193.6	3 272.0	0.670	3 800.0	6 910.6	0.550	281.1	563.7	0.499
1963	6 423.2	16 830.7	0.382	1 907.8	4 682.9	0.407	4 095.9	11 183.6	0.366	419.5	964.2	0.435
1964	8 863.4	21 695.6	0.409	3 429.0	7 086.4	0.484	4 649.3	12 775.6	0.364	785.1	1 833.6	0.428
1965	7 233.5	21 986.3	0.329	2 289.9	6 918.0	0.331	4 346.5	13 052.4	0.333	597.2	2 010.7	0.297
1966	8 523.0	20 148.8	0.423	2 897.9	6 369.0	0.455	4 719.1	12 517.5	0.377	905.9	1 931.9	0.469
1967	9 824.6	20 948.0	0.469	3 837.2	7 393.5	0.519	5 477.5	12 420.5	0.441	509.9	1 164.2	0.438
1968	10 106.7	21 232.6	0.476	4 350.9	8 548.0	0.509	5 097.3	11 428.9	0.446	658.5	1 327.7	0.496

TABLA 2. - ESTADÍSTICAS DE CAPTURA POR TEMPORADAS DE PESCA — SEPTIEMBRE A AGOSTO. CAPTURA TOTAL EN MILES DE TONELADAS Y ESTIMACIONES DEL ESFUERZO EN MILES DE TRB-VIAJE (esfuerzo corregido según las explicaciones del texto)

TABLE 2. - CATCH STATISTICS BY FISHING SEASONS — SEPTEMBER TO AUGUST. TOTAL CATCH IN '000 TONS AND ESTIMATES OF EFFORT IN '000 GRT-TRIP (effort corrected as explained in text)

Tempo- rada Season	Todo el país Total country			Norte North			Centro Central			Sur South			Factor de corrección Correction factor
	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	Captura Catch	Esfuerzo Effort	CPUE	
1960/61	3 934.3	7 134.1	0.551	1 114.6	2 293.3	0.486	2 680.6	4 604.0	0.582	139.1	236.8	0.587	1.033
1961/62	5 501.6	9 128.7	0.603	1 827.1	2 872.3	0.636	3 457.3	5 843.4	0.592	217.2	413.1	0.526	1.075
1962/63	6 906.7	14 446.8	0.473	2 245.9	4 311.6	0.521	4 235.8	9 301.7	0.455	425.0	833.5	0.510	1.120
1963/64	8 005.8	21 284.8	0.376	2 702.5	6 091.3	0.444	4 590.3	13 450.0	0.341	713.0	1 743.5	0.409	1.145
1964/65	8 036.6	21 374.0	0.376	2 965.7	6 817.8	0.435	4 394.1	12 736.4	0.345	676.8	1 824.3	0.371	1.170
1965/66	8 095.6	22 740.6	0.356	2 705.9	7 622.4	0.355	4 565.9	13 008.3	0.351	823.8	2 190.9	0.376	1.200
1966/67	8 242.3	18 947.8	0.435	3 003.3	6 283.1	0.478	4 757.4	11 193.8	0.425	481.7	1 312.6	0.367	1.200
1967/68	9 817.8	20 800.4	0.472	3 728.9	7 212.7	0.517	5 356.4	12 285.4	0.436	732.4	1 389.8	0.527	1.170
1968/69	9 967.7	23 453.4	0.425	4 251.4	9 468.5	0.449	5 042.6	12 450.8	0.405	673.8	1 524.4	0.442	1.200

TABLA 3. - RESUMEN DE LAS ESTIMACIONES DEL RENDIMIENTO MÁXIMO SOSTENIBLE Y DEL ESFUERZO CORRESPONDIENTE, HECHAS CON VARIOS ANÁLISIS

TABLE 3. - SUMMARY OF ESTIMATES OF MAXIMUM SUSTAINABLE YIELD, AND CORRESPONDING EFFORT, BY VARIOUS ANALYSES

Modelo Model	Esfuerzo Effort	Aves Birds	Captura má- xima (10 ⁶ to- neladas) Maximum catch (10 ⁶ tons)	Esfuerzo al máximo (TRB-viaje) Effort at maximum (GRT-trips)	Fuente Source
	(¹)	(²)		(³)	
GENPROD cuota limitada q restricted	N A	sí yes	10.0-10.1	27.4-30.4	Schaefer
GENPROD cuota ilimitada q unrestricted	N A 2 años 2 years	sí yes	10.1	29.3-29.6	Schaefer Gráf. 1 Fig. 1
Logístico Logistic	2 años 2 years	sí yes	9.93	26.19	Paulik Gráf. 1 Fig. 1
Exponencial Exponential	2 años 2 years	sí yes	10.19	32.32	Paulik Gráf. 1 Fig. 1
Logístico Logistic	1 año 1 year	sí yes	10.44	29.068	Paulik Gráf. 2 Fig. 2
Exponencial Exponential	1 año 1 year	sí yes	10.98	37.96	Paulik Gráf. 2 Fig. 2
GENPROD m = 2.0	N A	sí yes	9.81	26.7	Paulik Gráf. 3 Fig. 3
GENPROD m = 1.2	N A	sí yes	10.58	35.7	Paulik Gráf. 3 Fig. 3
Logístico Logistic	1 año 1 year	no	8.73	26.2	Schaefer Gráf. 3 Fig. 3
Logístico Logistic	2 años 2 years	sí yes	8.50	25.5	Schaefer Gráf. 3 Fig. 3
Logístico Logistic	2 años 2 years	sí yes	9.6-10.3	—	Robles varias medidas del esfuerzo
Logístico Logistic	2 años 2 years	no	8.4-9.9	—	Robles vari- ous measures of effort

¹ Período del que se obtiene el promedio del esfuerzo de pesca.
Period over which fishing effort is averaged.

² Si se incluyen o no las capturas de las aves en el esfuerzo total y en la captura total estimada.
Whether or not the catch by birds is included in total effort and estimated total catch.

³ Esfuerzo total reajustado correspondiente al hombre + las aves cuando es el caso.
Total adjusted effort exerted by men + birds where appropriate.

NOTA: N A — no aplicable.
NOTE: N A — not applicable.

TABLA 4. - PATRÓN ESTIMADO DE CRECIMIENTO DE LA ANCHOVETA
 TABLE 4. - ESTIMATED GROWTH PATTERN OF ANCHOVETA

Edad (meses) Age (months)	Talla media cm Mean length cm	Peso medio g Mean weight g	Logaritmo natural del peso Natural logarithm of weight	Periodo Period	Tasa instantánea de creci- miento, G Instantaneous rate of growth, G
5	6.3*	1.3*	0.262	5-6	.654
6	7.7*	2.5*	0.916	6-7	.365
7	8.5*	3.6*	1.281	7-8	.267
8	9.2	4.7	1.548	8-9	.260
9	9.8	6.1	1.808	9-10	.138
10	10.3	7.0	1.946	10-11	.194
11	10.9	8.5	2.140	11-12	.023
12	11.1	8.7	2.163	12-13	.149
13	11.6	10.1	2.312	13-14	.156
14	12.2	11.8	2.468	14-15	.112
15	12.5	13.2	2.580	15-16	.135
16	13.0	15.1	2.715	16-17	.112
17	13.3	16.9	2.827	17-18	.012
18	13.5	17.1	2.839	18-19	.046
19	13.7	17.9	2.885	19-20	.075
20	14.0	19.3	2.960	20-21	.094
21	14.3	21.2	3.054	21-22	.037
22	14.6	22.0	3.091	22-23	.091
23	14.8	24.1	3.182	23-24	.008
24	15.0	24.3	3.190	24-25	.013
25	15.1	24.6	3.203	—	—

* Valores extrapolados.
 * Extrapolated values.

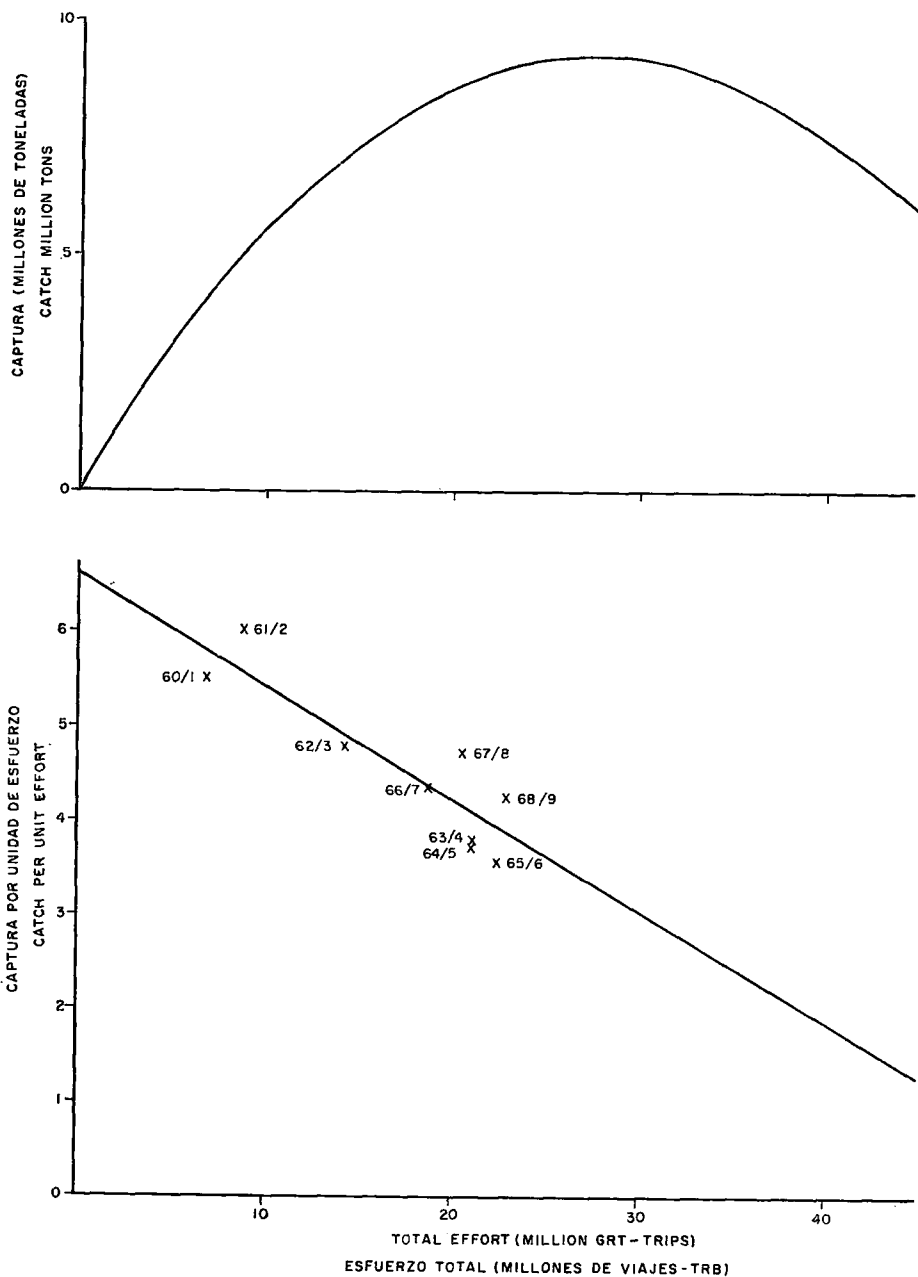


GRÁFICO 1. Relación entre el esfuerzo de pesca y la captura por unidad de esfuerzo (abajo) y la captura total (arriba), utilizando una relación lineal simple entre el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo en la misma temporada.

FIGURE 1. Relation between fishing effort and catch per unit effort (below) and total catch (above), using a simple linear relation between effort and catch per unit effort in the same season.

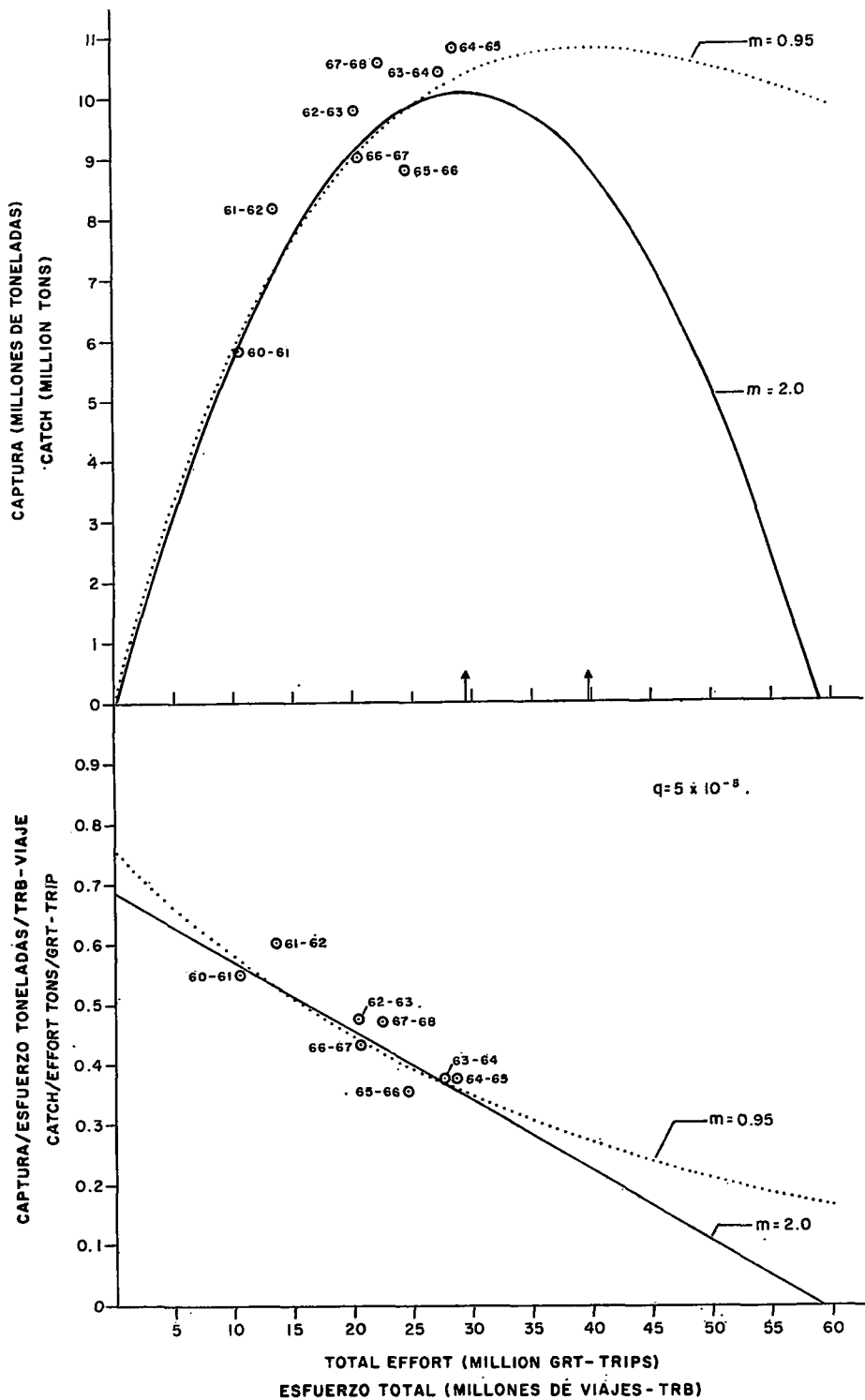


GRÁFICO 2. Relación entre el esfuerzo total de pesca por el hombre más las aves y la captura por unidad esfuerzo (abajo) y la captura total (arriba), utilizando el modelo GENPROD (tomado de Schaefer, manuscrito).

FIGURE 2. Relation between total fishing effort of man plus birds, and catch per unit effort (below) and total catch (above), using the GENPROD model (from Schaefer, manuscript).

TODO EL PAIS
TOTAL COUNTRY

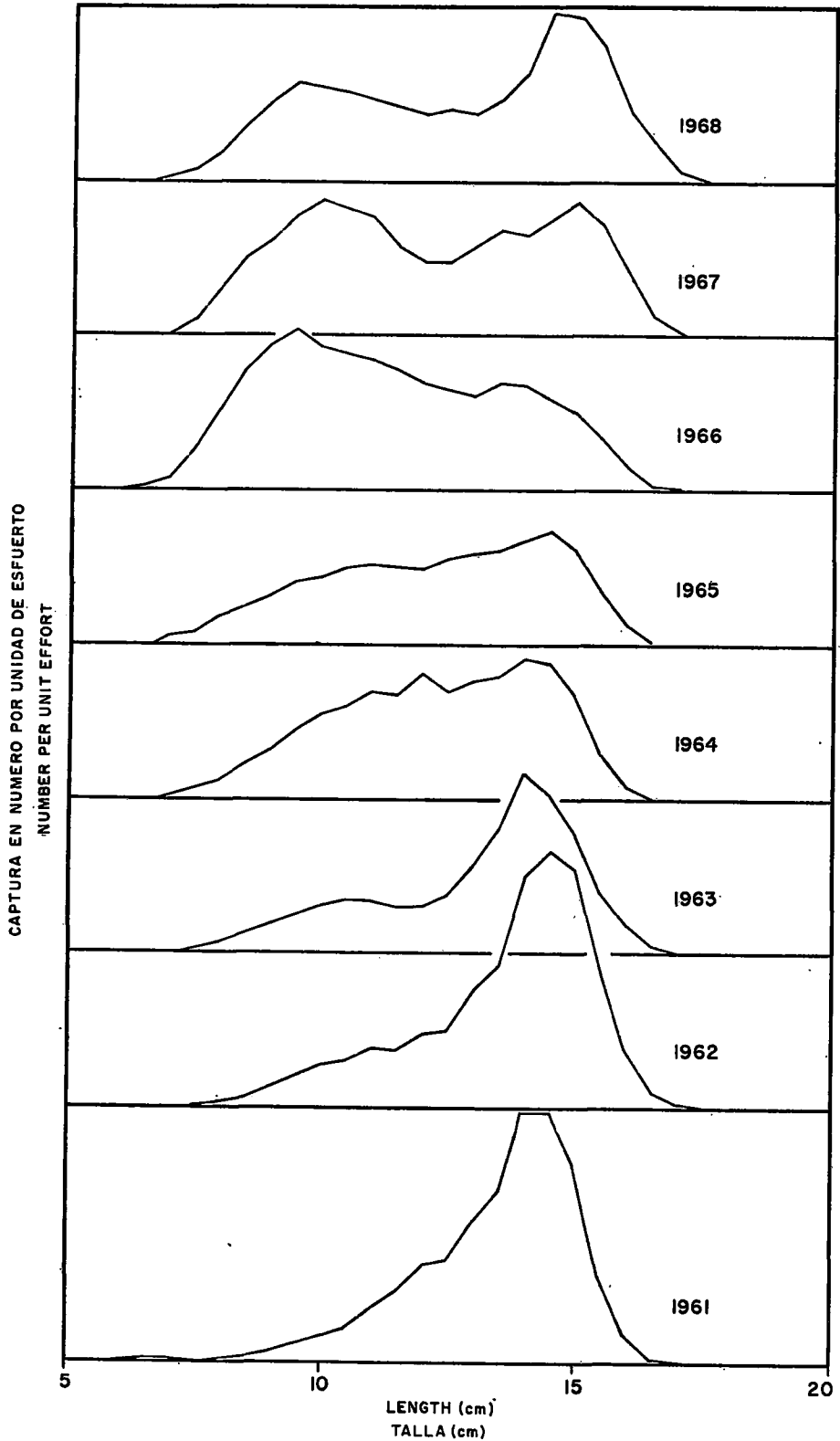


GRÁFICO 3. Composición por tallas, de la captura peruana total en cada temporada, expresada en número de ejemplares de cada grupo de talla desembarcado por unidad de esfuerzo.
FIGURE 3. Length composition, in terms of numbers of each length group landed per unit effort, of the total Peruvian catch in each season.

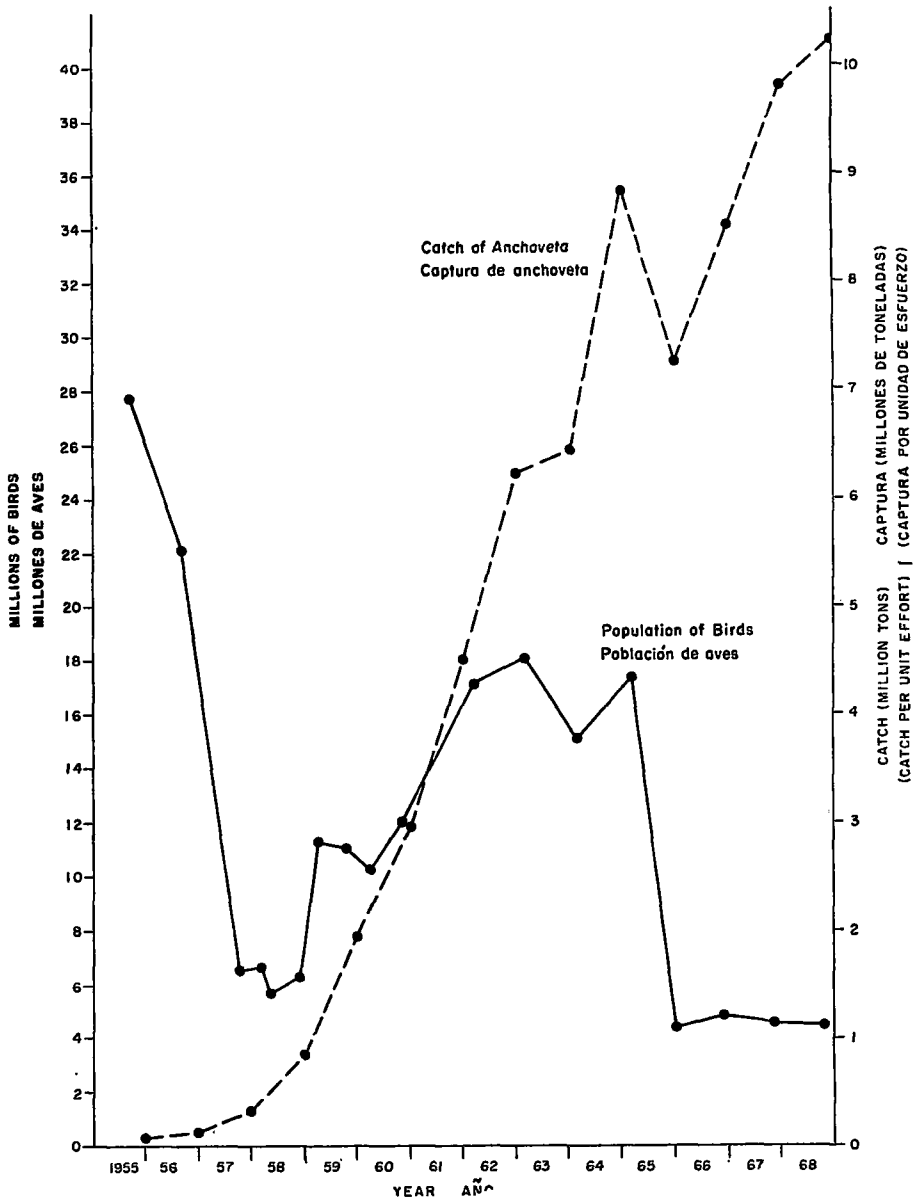


GRÁFICO 4. Número estimado de aves y captura anual de anchoveta, 1955-68 (tomado de Schaefer, manuscrito).

FIGURE 4. Estimated number of birds and annual catch of anchoveta, 1955-68 (from Schaefer, manuscript).

Apéndice 1
Appendix 1

MIEMBROS DEL CUADRO DE EXPERTOS
MEMBERS OF THE PANEL

L. K. BOEREMA	Sección de Evaluación de Poblaciones Subdirección de Evaluación de Poblaciones de Peces Dirección de Recursos Pesqueros, FAO Roma, Italia	Stock Assessment Section Fish Stock Evaluation Branch Fishery Resources Division, FAO Rome, Italy
J. A. GULLAND	Subdirección de Evaluación de Poblaciones de Peces Dirección de Recursos Pesqueros, FAO Roma, Italia	Fish Stock Evaluation Branch Fishery Resources Division, FAO Rome, Italy
G. I. MURPHY	Department of Oceanography Universidad de Hawaii Honolulu, Hawaii 96822	Department of Oceanography University of Hawaii Honolulu, Hawaii 96822
G. J. PAULIK	Center for Quantitative Science in Forestry, Fisheries & Wildlife Universidad de Washington Seattle, Washington 98105	Center for Quantitative Science in Forestry, Fisheries & Wildlife University of Washington Seattle, Washington 98105
W. E. RICKER (<i>Presidente</i>) (<i>Chairman</i>)	Biological Station Nanaimo, B. C., Canadá	Biological Station Nanaimo, B. C., Canada
U. ROBLES	Sociedad Nacional de Pesquería Apartado 5526 Lima, Perú	Sociedad Nacional de Pesquería P. O. Box 5526 Lima, Perú
M. B. SCHAEFER	Institute of Marine Resources Apartado 109 La Jolla, California 92037	Institute of Marine Resources P. O. Box 109 La Jolla, California 92037
K. WYRTKI	Department of Oceanography Universidad de Hawaii Honolulu, Hawaii 96822	Department of Oceanography University of Hawaii Honolulu, Hawaii 96822
I. TSUKAYAMA	Instituto del Mar Apartado 3734 Lima, Perú	Instituto del Mar P. O. Box 3734 Lima, Perú
J. VALDIVIA	Instituto del Mar Apartado 3734 Lima, Perú	Instituto del Mar P. O. Box 3734 Lima, Perú

DOCUMENTACIÓN ENVIADA POR ANTICIPADO A LOS PARTICIPANTES EN EL CUADRO DE EXPERTOS SOBRE LA DINÁMICA DE LA POBLACIÓN DE ANCHOVETA PERUANA
DOCUMENTATION SENT IN ADVANCE TO THE PARTICIPANTS OF THE PANEL OF EXPERTS ON POPULATION DYNAMICS OF PERUVIAN ANCHOVETA

1. IMARPE y BOEREMA, L. K. Datos básicos sobre stock y pesquería de anchoveta peruana. Edición inglesa: Basic data on the Peruvian anchoveta stocks and fishery. Ms.
2. SCHAEFER, M. B. Dinámica de la pesquería de la anchoveta *Engraulis ringens* en el Perú. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. I, N° 5, 1967*. Edición inglesa: Dynamics of the fishery for the anchoveta *Engraulis ringens* of Peru.
3. GULLAND, J. A. Informe sobre la dinámica de la población de anchoveta peruana. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. I, N° 6, 1968*. Edición inglesa: Report on the population dynamics of the Peruvian anchoveta. FAO Fish. tech. Pap., (72): 29 p., 1968.
4. GUILLÉN, O. y de RONDÓN, R. Producción primaria de las aguas costeras del Perú en el año 1964. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. I, N° 7, 1968*.
5. MIÑANO, J. Estudio de la fecundidad y ciclo sexual de la anchoveta. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. I, N° 9, 1968*.
6. BOEREMA, L. K. et al. Informe sobre los efectos de la pesca en el recurso peruano de anchoveta. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. I, N° 4, 1967*. Edición inglesa: Report on the effects of fishing on the Peruvian stock of anchovy. FAO Fish. tech. Pap., (55): 44 p., 1965.
7. DE VILDOSO, A. y CHUMÁN, E. Validez de la lectura de otolitos para determinar la edad de la anchoveta (*Engraulis ringens*). *Inst. Mar Perú, Inf. 22, 1968*.
8. MURPHY, G. E. Análisis preliminar de la dinámica de poblaciones de la anchoveta peruana. *Inst. Mar Perú, Inf. 15, 1967*.
9. SANTANDER, H. y DE CASTILLO, O. El desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en los períodos reproductivos de 1961 a 1968. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú 40, 1969*.
10. Medidas reguladoras de la pesquería de anchoveta en la costa peruana para la temporada 1969/70. *Inf. Inst. Mar Perú, 51, 1969*.
11. SCHAEFER, M. B. Informe provisional sobre investigaciones de ecología y dinámica de poblaciones de la anchoveta *Engraulis ringens* en el Perú. *Inf. 47, Inst. Mar Perú, 1969*.
12. DOUCET, W. F. and EINARSSON, H. A brief description of Peruvian fisheries. *Calif. Coop. Oceanic Fish Invest. Rep., XI, 1967*.
13. SAETERSDAL, G. et al. Preliminary results on the present status of the Peruvian stock of anchovy (*Engraulis ringens*). *Calif. Coop. Oceanic Fish Invest. Rep., XI, 1967*.

14. EINARSSON, H. and ROJAS DE MENDIOLA, B. An attempt to estimate annual spawning intensity of the anchovy (*Engraulis ringens*) by means of regional egg and larval surveys during 1961-1964. Calif. Coop. Oceanic Fish Invest. Rep., XI, 1967.
15. JORDAN, R. The predation of guano birds on the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*). Calif. Coop. Oceanic Fish Invest. Rep., XI, 1967.
16. TSUKAYAMA, I. Una nueva medida de la pesca por unidad de esfuerzo en la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) en el Perú. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. II, N° 4, 1969.

DOCUMENTACIÓN PRESENTADA AL CUADRO DE EXPERTOS

DOCUMENTATION PRESENTED AT THE PANEL OF EXPERTS

17. Datos básicos adicionales sobre stock y pesquería de anchoveta peruana. Tablas 7a, 8a, 16a y 17a. MS
18. Burd, A. C. and Villanueva, R. Some notes on the relationship between catch per unit effort and echo abundance. MS
19. Burd, A. C. Some comments on age determination, growth and mortality in the Peruvian anchoveta. MS
20. Robles, U. F. Contribución al estudio de la dinámica de población de la anchoveta peruana. MS
21. Robles, U. F. Contribución al estudio de la anchoveta del Perú: El esfuerzo pesquero. MS
22. Boerema, L. K. Some notes on the fishing capacity of the Peruvian anchoveta fleet. MS
23. Paulik, G. Some notes on the application of general productivity models to Peruvian anchovy. MS
24. Jordán, R. y Málaga, A. Información básica sobre experimentos de marcación y recuperación de anchoveta. MS
25. Jordán, R. y Galarza, N. Tamaño de las anchovetas ingeridas por las aves. MS
26. Schaefer, M. B. Additional investigations of the dynamics of the fishery for the anchoveta (*Engraulis ringens*) of Peru. MS
27. Tsukayama, I. Mortalidad, disponibilidad y reclutamiento y relación stock-reclutamiento de la anchoveta. MS
28. Borgo, J. L. and Holmsen, A. A. Factors affecting the potential productivity of the Peruvian anchoveta fleet. MS
29. de Vildoso, A. Ch., y de Flores, E. Ch. Variaciones en la interpretación de la edad de la anchoveta. MS
30. Fuentes, H. Las poblaciones de aves guaneras después de 1965. Inf. Inst. Mar Perú, IM-54, 1969.
31. Jordán, R. y Fuentes, H. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Inf. Inst. Mar Perú, 10, 1966.

DOCUMENTOS VARIOS DISTRIBUIDOS

VARIOUS DOCUMENTS DISTRIBUTED

32. Cuadros sobre relación longitud intestino/longitud total de anchoveta para diferentes tamaños.
33. Cuadros sobre duración de tiempo de viaje y porcentaje de viajes con más de 24 horas para Callao y Chimbote.

-
34. Composición de tamaños de anchoveta ingeridas por las aves. Anchovetas medidas directamente del contenido estomacal de Guanay.
 35. Boerema, L. K. Relations stock-recruitment.
 36. de Mendiola, B. R. Cuadro trimestral de porcentajes y números de huevos de anchoveta.

DOCUMENTOS MOSTRADOS, NO DISTRIBUIDOS

DOCUMENTS AVAILABLE, NOT DISTRIBUTED

37. de Vildoso, A. Ch. Crecimiento de anchoveta, varios gráficos y cuadros, basados en estudio de otolitos.
38. Atlas Bio-Oceanográfico del Instituto del Mar del Perú, 1965-1968.

PROGRAMA

AGENDA

- A. Estado actual de los conocimientos
1. Examen de la pesquería peruana, el proyecto de la FAO y el objetivo de este Cuadro de Expertos
 2. Examen de la oceanografía de la zona, su variabilidad y su influencia en la pesquería
 3. Identidad de las poblaciones de anchoveta de la región peruana
 4. Examen de las evaluaciones hechas en el pasado de la población de anchoveta y de su ordenación
 5. Descripción de los datos disponibles
- B. Consideraciones generales
6. Modelos de dinámica de poblaciones de peces
 - a) Modelo de productividad general
 - b) Modelo de Ricker/Beverton y Holt, y aplicabilidad de los mismos a la anchoveta
 7. Mediciones de la abundancia
 - a) Captura por unidad de esfuerzo
 - b) Reconocimientos por sondeos acústicos
 - c) Reconocimientos para estudio de los huevos
 - d) Otras
 8. Crecimiento y mortalidad de la anchoveta
 9. Reclutamiento
 - a) Fluctuaciones, especialmente en relación con el medio ambiente
 - b) Influencia de la abundancia de la población en desove
 10. Movimientos y migraciones, incluidos estudios de marcación
 11. Aves
- C. Conclusiones
12. Evaluación de la situación actual de la población
 13. Efectos biológicos de diversas medidas regulatorias, entre ellas la implantación de temporadas de veda en diferentes épocas del año

- A. Status of present knowledge
1. Review of the Peruvian fishery, the FAO project, and the purpose of the present panel
 2. Review of the oceanography of the area, its variability, and influence on the fishery
 3. Identity of unit stocks of anchoveta in Peruvian area
 4. Review of past assessments of the anchoveta stock and its management
 5. Description of available data
- B. General considerations
6. Models in fish population dynamics
 - a) General productivity model
 - b) Ricker/Beverton and Holt model, and their applicability to the anchoveta
 7. Measures of abundance
 - a) Catch per unit effort
 - b) Echo surveys
 - c) Egg surveys
 - d) Others
 8. Growth and mortality of the anchovy
 9. Recruitment
 - a) Fluctuations, especially in relation to the environment
 - b) Influence of the abundance of spawning stock
 10. Movements and migration, including tagging studies
 11. Birds
- C. Conclusions
12. Assessment of the present state of the stock
 13. Biological effects of various regulatory measures, c.f. closed seasons at different times of the year