

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU  
**BOLETIN**

VOLUMEN 2

NUMERO 10

---

**Informe de la Cuarta Sesión del Panel de Expertos  
de la Evaluación del Stock de Anchoveta Peruana**

**Report of the Fourth Session of the Panel of Experts  
on Stock Assessment on Peruvian Anchoveta**



1974

# Informe de la CUARTA SESION DEL PANEL DE EXPERTOS DE LA EVALUACION DEL STOCK DE ANCHOVETA PERUANA

## CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción.....	605
2. Los acontecimientos desde la tercera reunión del panel en Julio de 1972.....	605
3. Observaciones oceanográficas y biológicas.....	607
3.1 "El Niño".....	607
3.2 Aves Guaneras.....	608
3.3 La captura de sardinas.....	608
3.4 Contenido graso de la anchoveta.....	610
3.5 Estadíos de madurez.....	610
4. El Stock de Anchoveta.....	611
4.1 Exploraciones acústicas.....	611
4.2 Exploración de huevos.....	616
4.3 Análisis de cohortes.....	618

	Pág.
4.4 Medida de esfuerzo.....	620
4.5 Estimación del stock a base de los datos de captura y esfuerzo.....	625
4.5.1 Análisis de los datos de captura por TRB-viaje .....	625
4.5.2 Análisis según De Lury de la captura por hora de búsqueda .....	627
4.6 Composición de tamaños y estimación de reclutamiento .....	627
4.7 Relación entre stock o reclutamiento .....	629
4.8 Revista de los estimados del actual tamaño del stock .....	630
5. Efectos de "El Niño" sobre los stocks.....	631
6. El futuro de la anchoveta como recurso .....	633
7. La magnitud de la captura permisible .....	634
8. Peces para la alimentación.....	636
9. Sumario del informe.....	637
Apéndices.....	640
I Lista de participantes.....	640
II Agenda.....	642
III Análisis de cohortes .....	643
Tablas (1 — 24).....	648
Figuras (1 — 11).....	671

## 1. Introducción

La cuarta reunión del Panel de Expertos se llevó a cabo en el Instituto del Mar del Perú entre el 22 de Marzo y el 2 de Abril de 1973. La tercera reunión efectuada en Julio de 1972 informó acerca del bajo nivel alcanzado por el stock de anchoveta y acerca de la necesidad de seguir los cambios de este stock mediante exploraciones especiales. La presente reunión fue planeada para esta fecha, después de la entrada de la nueva clase recluta, a fin de permitir la mejor evaluación posible de la situación, la que pudiera servir de base para una estimación del posible nivel de captura en 1973.

Como es de costumbre, el trabajo del Panel se ha realizado en estrecha colaboración con el personal científico del Instituto del Mar. En la reunión estuvieron presentes representantes del Ministerio de Pesquería y de la industria pesquera. La lista de los asistentes figura en el Apéndice 1; además, otros miembros del Instituto también tomaron parte en la discusión de aspectos específicos.

La agenda de la reunión figura en el Apéndice 2. La reunión utilizó los informes de investigación publicados por el Instituto, especialmente aquellos preparados después de la última reunión y que se refieren a las exploraciones especiales y también a otros estudios (Informes Especiales 110 — 125), utilizó así mismo los datos especiales existentes en los archivos del Instituto.

El Dr. Garth I. Murphy fue elegido Presidente de la reunión.

## 2. Los acontecimientos desde la tercera reunión del panel en Julio de 1972

La tercera reunión del Panel tomó nota de que el reclutamiento de Setiembre de 1971 fue muy pobre y de que la abundancia de los peces más viejos declinó pronunciadamente como resultado de las grandes capturas durante la primera mitad de 1972. Concluyó que los stocks de anchoveta han alcanzado un nivel peligrosamente bajo y que a fin de no poner en peligro el futuro de la pesquería, la pesca, a menos que la investigación y la exploración continuas demostraran que los estimados del Panel habían sido muy pesimistas, no debía ser reanudada hasta que un buen reclutamiento nuevo pusiera a los stocks en camino de recuperarse.

Para seguir las recomendaciones del Panel el Instituto del Mar organizó una serie de exploraciones mensuales, tipo Eureka.

Las exploraciones de Julio y Agosto de 1972 localizaron solamente pequeñas concentraciones. También fue aparente que el desove había comenzado temprano puesto que un buen número de huevos se encontraron ya en Junio.

Durante la exploración de Setiembre la abundancia de la anchoveta en las regiones central y del norte pareció ser muy baja, pero en el área del sur, muy cerca de la costa, se encontraron mejores concentraciones. El desove pareció estar en su máximo pero todavía el número promedio de huevos por lance tanto en el área central como en la del norte no alcanzaba a la décima parte del promedio de años anteriores para los cuales se dispone de datos. El porcentaje de hembras de madurez avanzada se mostró más o menos al nivel normal. Así, los datos sobre los huevos confirmaron también la muy baja abundancia de peces adultos en esta región. La densidad de huevos en el área del sur aparentó ser más alta que la correspondiente a las regiones norte y centro.

La exploración de Octubre confirmó nuevamente los hallazgos anteriores con la excepción de que los peces en el área de sur se habían concentrado considerablemente en cardúmenes cercanos a la costa indicando que la abundancia del stock en esta área no estaba muy por debajo del promedio para la misma. Se sugirió que parte de este total podría muy bien haberse originado en las otras áreas y haber sido transportada hacia el sur como efecto de "El Niño".

La composición de tamaños encontrada en todas estas exploraciones confirmó la muy poca abundancia de los peces provenientes del desove de Setiembre de 1971 que fueron reclutados a comienzos de 1972. Su abundancia pareció ser aún inferior a la estimada por el Panel en su reunión de 1972. La mayor parte de las capturas consistieron en peces de gran tamaño con un valor modal de 16.5 cm.

Consideraciones especiales referentes a la pesquería en el área del sur motivaron que el Ministerio abriese esta área para la pesca el 1º de Agosto de 1972, solamente para los barcos registrados en ella y que estuvieran pescando durante la segunda mitad de 1971, la apertura fue para semanas de 5 días. Durante el mes de Agosto no se registraron capturas y las de las dos primeras semanas de Setiembre alcanzaron solamente 212 toneladas. Por lo tanto la pesquería fue otra vez suspendida el 15 de Setiembre. A raíz de que en Octubre se observaron considerables concentraciones, la pesca en el sur fue reabierta a partir del 20 de Noviembre. Las capturas y el número de embarcaciones-día aparecen en la Tabla 1. La composición de tamaños de estas capturas durante Noviembre y Diciembre mostró el mismo cuadro obtenido con las exploraciones, la mayoría de los peces eran grandes y los originarios del desove de Setiembre de 1971 eran muy escasos. Después de una notable disminución de las capturas y ante la aparición de considerables concentraciones de pequeños peces recién reclutados (peladilla), la pesca fue suspendida nuevamente el 10 de Enero de 1973.

Con el propósito de obtener información adicional acerca de la situación del stock y de las posibilidades de pesca en las áreas central y del norte, se abrió una pesca experimental en estas regiones el 5 de Diciembre con la participación de 400 embarcaciones (limitadas a un máximo de 5 embarcaciones por fábrica). Debido a que en algunas partes se encontró altos porcen-

tajes de peces pequeños y en otras altos porcentajes de hembras con los ovarios desarrollados, la mayor parte de los puertos tuvieron que cerrarse nuevamente después de unos cuantos días. 12,755 toneladas de anchoveta se pescaron con 641 embarcaciones. Resultó que las concentraciones de peces-día adultos se encontraron solamente en algunas áreas limitadas, y los de peces pequeños en otras, mientras la abundancia total era todavía muy baja a raíz de esto, el experimento fue terminado. Toda la pesca en esta área, y también en la del sur después del 10 de Enero de 1973, fue suspendida hasta los comienzos de Marzo. En la Tabla 2 se dan los desembarques mensuales para 1972.

El Instituto del Mar organizó una Eureka en Enero y un crucero de investigación en Febrero de 1973 con la intención de medir la fuerza del reclutamiento que comenzaba; los resultados indicaron que aunque era mejor que el de 1971, su nivel estaba todavía muy por debajo del promedio de años anteriores. La pesca se reabrió en toda la costa el 5 de Marzo y el Instituto llevó a cabo un extenso programa de colección de datos de desembarque. Los datos correspondientes a la captura y el esfuerzo durante este periodo se dan en la Tabla 3 (Tabla 1 del Informe Especial N° 125 de IMARPE). La pesca fue cerrada el 23 de Marzo para permitir que el Instituto hiciera un análisis completo de los datos, el cual pudiera servir de base para las decisiones sobre la regulación de la pesquería a partir de Abril.

Durante las tres semanas de pesca, la captura total llegó a las 1'240,000 toneladas, que quedan bien dentro de la gama de capturas para el mes de Marzo desde 1966 hasta 1972, las cuales variaron entre más o menos las 850,000 y los 2'500,000 de toneladas. Dentro de las capturas hubo cantidades extraordinariamente grandes de otros peces, predominantemente sardina. Se estima el total de la anchoveta en los alrededores de 1'065,000 toneladas y el de las otras especies en 175,000. La captura por T.B.R. viaje (sin corrección por los cambios de eficiencia de las embarcaciones) fue 0.547 en Marzo de 1973, el promedio para este mes de 1966 a 1972 es de 0.750.

### 3. Observaciones oceanográficas y biológicas

#### 3.1 "El Niño"

Las anomalías térmicas alcanzaron sus máximos valores durante Julio y Agosto de 1972 y luego comenzaron a declinar hasta Noviembre. Durante Noviembre permanecieron alrededor de + 2° C en el área central y de + 1°C en el norte y en el sur. En toda la región dominaron las aguas subtropicales provenientes del oeste o del sur-oeste.

Los afloramientos estuvieron limitados en una región cercana a la costa y la producción primaria fue baja en comparación con el promedio de muchos años. En Diciembre hubo un avance de aguas ecuatoriales provenientes del norte, similar al que ocurrió en Marzo/Abril, el cual a fines de año alcanzó el Callao una vez más. Como uno de los resultados de esta intrusión las anomalías térmicas en la región al norte del Callao se elevaron hasta

6°C o más y asociadamente hubo una reducción en la producción primaria. Durante Enero y Febrero de 1973 se retiraron las aguas ecuatoriales pero continuó la influencia de las sub-tropicales asociada con afloramientos reducidos. Se observó una lenta declinación de las anomalías positivas y un aumento gradual de los afloramientos. Después de Marzo tuvo lugar una vuelta a las condiciones normales y para Abril las temperaturas estuvieron ligeramente por debajo de la norma estacional.

### 3.2 Aves Guaneras

La reciente historia de la población de aves guaneras se muestra en la Tabla 4. Como se hizo notar en la Fig. 4 del primer informe del Panel, la población ha llegado hasta el nivel de 28 millones, en 1955-56. Cayó hasta cerca de seis millones de aves en 1957 como resultado de mortalidad inducida por El Niño. Luego creció con relativa rapidez hasta 18.1 millones en 1962-63, y permaneció estable más o menos a este nivel en el 64 y el 65.

El Niño de 1965 ocasionó otra caída, hasta cerca de 5 millones de aves para el censo de 1966-67 después del cual se estabilizó más o menos a ese nivel hasta el censo de 1971-72. Se ha argumentado que la población permaneció más o menos estable, primero al nivel de 1962-63 y luego al de 1966-67, de conformidad con el nivel de alimentos disponibles el cual fue bajo debido a las extracciones de la pesquería. El hecho de que en 1966-71 cada par de aves crió solamente 0.351 polluelos mientras que en el 60-63 el promedio fue de 0.597 por pareja (IMARPE Bol. Vol. 2, N° 6) puede considerarse como un respaldo de esta hipótesis.

Antes de 1965 el guanay era el más abundante, constituyendo el 81% de la población total. Después de 1965 respondía solamente por el 60% de la población y ahora parece que ha declinado hasta el 40% (Tabla 5).

Como resultado del Niño de 1972-73 la población actual de aves es de alrededor de un millón. Como quiera que existe clara evidencia de que el stock de anchovetas es ahora mucho menor de lo que fue en 1966-70, la capacidad de la población para aumentar puede resultar negativa y las aves pueden verse amenazadas con la extinción.

### 3.3 La captura de sardinas

En años pasados la captura anual de sardinas (*Sardinops sagax*) registrada era destinada para el consumo humano directo, la mayor parte de ella se vendía fresca o enlatada y ocasionalmente el remanente se convertía en harina. Las capturas totales para el periodo 1966-72 han variado de 1,120 toneladas en 1969, a 6,051 toneladas en 1971. La mayor parte de esta sardina fue cogida al norte de Chimbote.

Además, algo de sardinas han sido cogidas incidentalmente en el curso de la pesca de anchoveta. No existe buenos registros de estas cantidades, pero, hasta 1973, la proporción de toda otra especie aparte de la anchoveta en las capturas para harina de pescado nunca ha sido mayor que un pequeño porcentaje, y de éste, sólo una parte era sardina.

Durante Marzo de 1973 hubo un dramático aumento en las cantidades de peces diferentes a la anchoveta cogidos por la flota harinera. Estas otras especies, principalmente sardinas, llegaron a constituir el 14.1 por ciento de la captura total, pero este porcentaje no fue de ningún modo distribuido uniformemente en toda la costa (Figura 1) pues alcanzó desde cerca del 30% del total en las regiones centrales hasta casi nada en las del sur. Como se hizo notar anteriormente, los desembarques de sardina en la zona central del Callao han sido siempre insignificantes en el pasado pues la mayor parte de las capturas ocurrían en el norte del Perú.

Hubo indicaciones importantes de que las gruesas capturas incidentales de sardina (estimadas en 150-170 miles de toneladas) no fueron el resultado de una simple redistribución, tal vez como respuesta a El Niño, de una población ya existente sino más bien el reflejo de un desove extraordinariamente bueno. En el viaje exploratorio de Febrero de 1972 para huevos y larvas, 1,200 larvas de sardinas fueron encontradas en 40 muestras y en Julio del mismo año 500 en 50. Anteriormente, por ejemplo, en Diciembre de 1968, el número típico de larvas de sardina fue de 10 ó 20 por crucero de 80 muestras de plancton.

Tanto los tamaños como la amplitud de los mismos en estas capturas incidentales fueron más pequeños que en las capturas para el consumo directo. En estas últimas normalmente existen dos grupos modales, a 25 y 33 cm. aproximadamente. La mayor parte de las 150 a 170 mil toneladas de la pesca incidental mostraban un modo de 17.5 cms. estando la mayoría de los ejemplares entre los 16.5 y los 18.5 cm. (Tabla 6). Esto sugiere que hace cerca de un año (posiblemente en Febrero de 1972 según lo expresado arriba) el éxito del desove de sardinas fue extraordinario. Puesto que en unas cuantas semanas se cogió 150,000 toneladas o más, esta clase recluta debe ser muy numerosa.

Por el momento no es posible determinar, a base de los datos existentes, lo que esto presagia para el futuro. Si en alguna forma no conocida aún, la extraordinaria clase anual tiene relación con El Niño, puede esperarse que la población de sardina vuelva a su nivel normal, una vez que cesen las condiciones de El Niño. Si la abrupta prosperidad de la sardina no obedece a que la anchoveta ha sido drásticamente reducida, podríamos estar presenciando los primeros actos de una substitución de especies como la ocurrida frente a California (con la excepción de que allí las anchovetas reemplazaron a las sardinas); hay que notar que los requerimientos alimentarios de anchoveta y sardinas son casi idénticos.



Si es que ha de anticiparse lo que va a ocurrir, será necesario un cuidadoso muestreo de las capturas en lo que a sardinas se refiere; igualmente será necesario un muestreo de huevos y larvas. Si no se anticipa lo que va a ocurrir, las consecuencias pueden ser severas cuando llegue el tiempo de responder adecuadamente a las cuestiones económicas y administrativas que se susciten.

### 3.4 Contenido graso de la anchoveta

El contenido graso de la anchoveta adulta fluctúa anualmente; a un promedio máximo de 12-13% en Mayo-Junio, sigue una marcada declinación hasta el 5% en Setiembre (Fig. 2). El nivel más bajo coincide con el pico del desove. Las cifras para 1971 indican un nivel un tanto más bajo que el promedio en Abril-Mayo y una declinación menos marcada hacia Setiembre cuando el mínimo en Chimbote fue alrededor de 8.5 y en el Callao de 6.3%. A partir de entonces, los porcentajes se elevaron hasta niveles extraordinariamente altos en Diciembre, cerca del 19% en Chimbote y 14% en Callao. Desde más o menos Marzo-Abril de 1972, el contenido graso disminuyó muy rápidamente hasta un nivel mucho menor que el normal, entre 2 y 3% en Agosto, desde cuando volvió a aumentar nuevamente hasta más o menos 5% en Enero de 1973, un valor todavía demasiado bajo. Las cifras que se disponen para el Callao indican otra caída en Febrero 1973 y un aumento en Marzo.

Lo poco común de los niveles de contenido graso entre 1971 y 1973 coincide con los eventos anormales acaecidos a los stocks de anchoveta y a su medio ambiente. Los porcentajes relativamente altos desde Setiembre de 1971 hasta Marzo de 1972 ocurrieron en el período de desove cuando el porcentaje de hembras adultas maduras fue relativamente bajo. La gran caída en el contenido graso de Abril a Agosto de 1972 ocurrió en el período de intensificación del Niño, de baja productividad primaria cuando la producción de huevos por hembra estaba al nivel promedio.

### 3.5 Estadío de madurez

La Tabla 7 muestra el porcentaje promedio de hembras desovantes (estadío V) en los meses de Setiembre y Octubre de cada año a partir de 1964. En general los datos muestran un alto porcentaje de hembras desovantes en este periodo con variaciones moderadas de año en año. Valores bajos notables se encontraron en las muestras de Chimbote para 1965 y de Chimbote y Callao para 1971. Los valores para 1972 son más o menos normales aunque algo por debajo del promedio en el Callao, lo cual puede estar relacionado con el temprano comienzo del desove en esta temporada.

## 4. El Stock de Anchoveta

### 4.1 Exploraciones acústicas

Durante esta sesión el Panel ha tratado de revisar y evaluar toda la información pertinente a la abundancia y distribución de la anchoveta que se deriva del gran número de exploraciones acústicas y otras que se han llevado a cabo a través de los años en la costa del Perú. IMARPE ha llevado a cabo exploraciones de dos clases: Exploraciones con barcos de investigación en las cuales las observaciones con instrumentos acústicos calibrados fueron reforzadas por experimentos de pesca para la identificación; y exploraciones sinópticas de varios barcos comerciales equipados con ecosondas corrientes (exploraciones Eureka). Los experimentos de pesca fueron incluidos en las exploraciones Eureka solamente desde Julio-Agosto de 1972. Además de estas exploraciones organizadas por el Instituto del Mar, la compañía OYSSA también realizó exploraciones en 1972.

La primera exploración de varios barcos se realizó en 1964 y hasta Febrero de 1973 se han llevado a cabo 34 de ellas. En la Tabla 8 se da la lista de las exploraciones que cubrieron gran parte o toda la zona costanera del Perú. Estos programas, diseñados para obtener observaciones eco-acústicas simultáneas a lo largo de secciones que partiendo de ciertos puntos de la costa se prolongaban mar adentro hasta donde los peces fueran observados, han sido esencialmente similares de año a año durante todos estos años y en ellos se han usado desde unos pocos hasta 42 embarcaciones.

Los registros son clasificados en: 0 — cero, 1 — muy dispersos, 2 — dispersos, 3 — densos, y 4 — muy densos. Del planteo de estas observaciones se puede por lo general identificar áreas de distribución de peces bien definidas que usualmente tienen una gradiente de densidad hacia un pequeño número de centros de concentración. Este resultado general puede ser interpretado como una indicación de que estas operaciones dan una información válida y significativa.

El propósito de las Eureka ha sido el obtener mapas de distribución para el uso tanto de la pesquería como de la investigación. El total de las áreas resultantes de sumar las varias categorías de distribución tiene evidentemente alguna relación con la abundancia total del stock y el principal objetivo de las numerosas Eureka realizadas durante 1972 ha sido la obtención de información, urgentemente necesitada, acerca del tamaño del stock. Debido a que la relación entre categorías de baja densidad no ha sido bien comprendida hasta ahora, los datos de las Eureka no podían utilizarse para estimar la abundancia relativa. No obstante, un experimento de calibración hecho en Febrero de 1973 con un eco-integrador a bordo del SNP-1 ha proporcionado un conjunto de valores comparativos a base de los cuales se han hecho los cálculos que se describen a continuación.

Desafortunadamente ninguna exploración acústica de un barco de investigación cubre un área de la costa suficientemente grande en un inter-

valo pequeño de tiempo como para permitir un análisis sinóptico de las variaciones del tamaño y de la distribución del stock; es evidente que el mar peruano constituye un área de operaciones demasiado grande para un solo barco. Sin embargo, los datos obtenidos en dos exploraciones del SNP-1 en Febrero de 1969 y Febrero de 1973, ambas cubrieron la mayor parte de la costa, rindieron, después de analizados, con algunos resultados de importancia.

### **Alcance de las áreas de distribución de peces medidos durante las Eureka de verano.**

Los resultados de las Eureka proporcionan información a base de la cual puede detectarse los principales cambios en la extensión de las áreas de distribución de la anchoveta. Tales cambios son importantes tanto como una indicación de la variación en abundancia como para ayudar en la correcta evaluación de los datos de la pesquería.

La distribución de la anchoveta es generalmente más cercana a la costa que durante el resto del año; también en esta estación los peces están más concentrados y las condiciones climáticas son más favorables para la exploración. Se han realizado varias exploraciones durante el primer trimestre del año; los datos provenientes de cinco de estas exploraciones, que cubrieron toda o gran parte de la costa se toman como representativos de esta situación. En la Tabla 9 se dan las áreas integradas y en la Figura 3 el total de las áreas de distribución con categorías 2-4 para cada una de las exploraciones. La categoría 1, trazos muy dispersos, fue incluida por pensarse que ella no representa concentraciones pescables. No todas las exploraciones cubrieron toda la extensión de la costa dentro de la cual es sabido que ocurre la anchoveta, particularmente, la de 1970 excluyó partes importantes de la costa tanto al sur como al norte; por lo tanto, las áreas totales fueron ajustadas de acuerdo a la del mayor amplitud. Tanto las cifras ajustadas como las sin ajuste muestran que el área de distribución de los peces fue mucho más pequeña en los veranos de 1972 y 1973 que en los de los años anteriores para los cuales se dispone de datos. Los resultados indican que durante estos dos últimos años hubo una reducción del área de distribución cercana a un tercio de la que podría llamarse "normal". Una inspección de las cartas de distribución resultantes de las exploraciones indica que la reducción ocurrió tanto a lo largo de la costa como en su extensión mar adentro. Los límites exteriores de la categoría 2 fueron como sigue: 1968, 50-70 mn; 1970, 50-60 mn; 1971, 50-70 mn; 1972, 10-20 mn; y 1973, 20-30 mn.

**Estimados de los cambios en la abundancia relativa del stock a base de:**

— **Eureka de verano.** Utilizando las observaciones de densidad relativa obtenidas con el eco-integrador del SNP-1 en Febrero de 1973, se

puede ahora analizar cuantitativamente los datos de las Eureka. En la Tabla 10 y en la Figura A se dan las áreas sumadas de distribución ponderadas de acuerdo con esos índices de densidad y el total de ellas ajustado a la cobertura latitudinal de cada exploración. Si se asume que esto es un índice de la abundancia del stock parece que durante los dos últimos veranos (1972 y 1973) el stock fue aproximadamente el 40 por ciento del que existía en 1968, 1970 y 1971. Hay dos posibles fuentes de error en la estimación para 1973 que podrían indicar que el mismo podría ser un tanto menor de lo que debería ser. La exploración de 1973 (20-23 de Enero) tuvo lugar alrededor de un mes (o más) antes que las de años anteriores y por lo tanto hay la posibilidad de que los nuevos reclutas no hayan sido incluidos en la misma proporción en que lo fueron en otras exploraciones. Además, en contraste con las exploraciones de los años anteriores, la de 1973 incluyó peces de prueba que permitieron separar la anchoveta de otros peces pelágicos. Se piensa, no obstante, que estas fuentes de error no han afectado substancialmente los resultados.

— **Eureka de invierno.** Durante la estación de invierno (Junio-Setiembre) la anchoveta se distribuye generalmente más lejos de la costa y se encuentra más dispersa que durante el verano, las condiciones para las exploraciones son menos favorables por cuanto se necesita que estas cubran una mayor área y porque las condiciones climáticas son a menudo desfavorables, particularmente para las pequeñas embarcaciones que se usan en las Eureka.

De todos modos, estas operaciones se han realizado regularmente en Agosto de cada año desde 1966 a fin de proporcionar información relativa a los stocks antes de la apertura de la nueva temporada de pesca.

Los resultados de estas exploraciones de Agosto (Setiembre en 1972) han sido elaboradas en forma similar a la usada para las del verano y se dan en la Tabla 11 y la Figura 5. El valor para 1972 es de alrededor de 1/3 del promedio correspondiente a los años anteriores. Igualmente, el valor para 1970 es comparativamente bajo. En conjunto estos resultados son menos confiables que los correspondientes al verano ya que se desprende claramente de las cartas que el área total de distribución hacia mar adentro no ha sido siempre bien cubierta. Así también puede ser que el valor para 1972 sea una sub-estimación porque la exploración en este año, en contraste con las de años anteriores, se refiere solamente la anchoveta excluyendo otras especies pelágicas con las que la anchoveta ha podido ser confundida en dichos años. Aún así, puede concluirse que este análisis cuantitativo de las exploraciones de invierno demuestra también una abundancia anormalmente baja en 1972.

— **Exploraciones del SNP-1.** Se dispone de dos exploraciones de verano, 1969 y 1973, con esta embarcación las cuales pueden ser comparadas entre sí y con las Eureka. En 1969 fue cubierta el área Callao-Pimentel del 2 al 14 de Febrero y la de San Juan-Ilo del 24 de Febrero al 15 de Marzo.

En 1973 el área al norte del Callao fue explorada del 7 al 12 de Febrero y la del sur lo fue del 12 al 18 del mismo mes. Tanto el equipo como los métodos fueron los mismos.

Desafortunadamente la importante región central entre el Callao y San Juan no fue cubierta en la exploración de 1969 debido a fallas en la embarcación. En la Tabla 12 se da la intensidad relativa estimada. La latitud cubierta durante la exploración 7302 fue ajustada de acuerdo a los resultados de la Eureka 7301 que la precedió, (se llama la atención a la correspondencia que existe entre los estimados de abundancia obtenidos de las exploraciones Eureka 7301 y SNP-1 7302; 47,829 y 47,925 unidades respectivamente). La estimación de abundancia total de 7,307 unidades para 1969 se considera como un valor subestimado como resultado de la falta de observaciones en la importante zona central. La estimación de 4,793 para Febrero de 1973 (correspondiente a la de Enero de 1973) es substancialmente más baja (64 por ciento) y refuerza por lo tanto la evidencia de un reciente bajo nivel aportada por las Eureka.

#### **Evaluación de la abundancia absoluta del stock a base de la exploración del SNP-1 en Febrero de 1973.**

En Febrero de 1973 se realizó una exploración acústica con el SNP-1 a base de la cual se hizo una evaluación de la abundancia absoluta del stock. El Panel tuvo a su disposición un informe preliminar de esta exploración por K. Johannesson y A.N. Robles. La operación se llevó a cabo del 7 al 28 de Febrero en el área de Chimbote a Atico. La razón de la limitada inclusión del norte fue que la Eureka XXVI mostró la ausencia de anchoveta en esa área; las limitaciones de tiempo impidieron su continuación hasta Ilo. La exploración acústica fue complementada con pesca de una red de media agua con fines de identificación. Se realizaron 23 estaciones de pesca durante toda la exploración. La anchoveta se encontró en áreas bien definidas, mayormente cerca de la costa y en buena correspondencia con la distribución encontrada por la Eureka XXVI del 20 al 23 de Enero.

Para obtener una estimación de la abundancia absoluta se empleó la técnica de la eco-integración y, para la conversión de trazos de densidad a estimados cuantitativos, se llevó a cabo un experimento de calibración en el cual se probó el sistema en anchovetas vivas introducidas a un cajón de paño de red, acomodado debajo del barco en el haz de la eco-sonda. Al evaluar los resultados debe tenerse en cuenta la posibilidad de errores sistemáticos en este factor de calibración ya que ellos afectarían proporcionalmente las estimaciones.

El estimado total es de 4 millones de toneladas de las cuales 1.5 millones de toneladas se encontraron en el norte (de isla Grita Lobos al Callao), 1.8 millones en la región central (Callao a Bahía Independencia) y 0.7 millones en el sur (hasta Atico). Esta estimación tendría  $\pm 800,000$  toneladas co-

mo límite de confianza estimado a partir de las variaciones de lectura del eco-integrador dentro de cada área.

El experimento de calibración arriba mencionado se llevó a cabo en un lapso de más o menos 2 horas e indicó algo de mortalidad, particularmente durante la primera parte. La lectura inicial más alta hecha después de unos 20 minutos de un período de "introducción" de peces se escogió como representante de la densidad correspondiente a todos los peces introducidos en la jaula. Hubiese sido tal vez más prudente dar cabida a una pequeña mortalidad inicial pero, de la curva representante de las lecturas, parece improbable que tal procedimiento hubiese cambiado la constante de conversión en más de un 10 por ciento (que resultaría en una sobre-estimación del 10 por ciento de la abundancia). Que el factor de conversión resultante de 18.3 tons/mm<sup>2</sup> por cada mm de lectura por milla es aproximadamente correcto tiene apoyo en el hecho de este tipo encontrados para el mismo sistema en otras áreas (Turkey). Para un trabajo posterior parecería de esencial importancia comprobar ese factor de conversión repitiendo esta clase de experimento.

Puede desde luego existir varias fuentes de errores sistemáticos en la exploración misma y en la forma de conducirla. Una enumeración de las mismas sería como sigue:

a) **Fuentes de error conducentes a sobre-estimación**

- a.1 Trazos de otros organismos registrados como de anchoveta.
- a.2 Factor de conversión muy alto.
- a.3 Falta de una visión sinóptica de la exploración.

b) **Posibles fuentes de error conducentes a subestimación**

- b.1 Escape de la ruta del barco
- b.2 Profundización de los peces al ser registrados.
- b.3 Distribución demasiado cercana a la costa para ser registrada.
- b.4 No inclusión del área de Ilo.
  
- b.5 Capa superficial no cubierta.

Se piensa que a.1 no ha sido importante y la identificación estuvo bien respaldada por los experimentos de pesca. El plan de la exploración excluyó también cualquier efecto importante de una posible duplicación de registros.

En cuanto a los errores de categoría b se piensa que b.1, 2 y 5 han podido tener algún efecto pero no substancial. El efecto de la exclusión del área de Ilo, b.4, puede hasta cierto punto evaluarse por comparación con

la Eureka XXVI que cubrió el área del sur a fines de Enero. Alrededor de 17 por ciento de la abundancia total estimada durante esa exploración fue registrado al sur de Atico. b.3 puede ser importante pero, en vista de la correspondencia entre los resultados de la Eureka 7301 y del SNP-1 7302 además de la distribución general de la pesca en Marzo de 1973, parece improbable que el efecto haya podido ser muy substancial.

En suma, es probable que la evaluación de 4 millones represente una sub-evaluación más que una sobre-estimación de la abundancia del stock en Febrero de 1973.

#### 4.2 Exploración de Huevos

Desde los primeros años de la década del 60 se han recolectado muestras de huevos con la red Hensen durante los cruceros de investigación. En los primeros cruceros el propósito era obtener información acerca de los sitios y temporadas del desove así como de sus variaciones anuales. No se trató de obtener estimados cuantitativos de la producción total de huevos por cuanto eso requería una mayor disponibilidad de barcos y científicos que la que existía. No obstante, en las Eureka de la segunda parte de 1972 se realizaron lances sistemáticos de plancton los cuales permitieron una mejor estimación de la producción de huevos. Aunque las cifras para los primeros años son menos significativas, una comparación, mes a mes, del promedio de densidad de huevos puede dar una idea general de los cambios ocurridos. Los datos se han resumido en la Tabla 13 y la Figura 6. Estos datos son el resultado de una recalculación que toma en cuenta las diferencias en las áreas cubiertas durante los diferentes cruceros. Por lo tanto, las cifras que ahora se presentan difieren de las del Informe del Tercer Panel.

Como puede verse en la Tabla 13, las observaciones de 1971/72 se hicieron en Agosto y Noviembre y no cubrieron la principal temporada de desove, Setiembre. Contrariamente a lo que se anunció en el informe del tercer Panel los datos no permiten una conclusión en cuanto a la producción total de huevos en 1971.

La Tabla 13 también muestra, excepto para Julio y Enero, que la densidad de huevos en la temporada de desove 1972/73 es más baja que cualquiera de las observadas antes durante los mismos meses en el período 1964/70. Puesto que el porcentaje de hembras desovantes fue alrededor del normal (ver sección 3.5) los datos sobre la densidad de huevos sugieren que el stock desovante fue menos que el 10% del promedio del período anterior.

No obstante, los datos sugieren también que la disminución no fue súbita. La Figura 7 indica que la abundancia de huevos en Setiembre ha estado disminuyendo constantemente a partir de 1966 en los años para los cuales se tiene datos. Los datos que se tienen para otros meses son tan escasos que no es aconsejable hacer comparaciones como las que se han hecho respecto

a Setiembre, por la misma razón, no es posible tener gran confianza en cuanto a los valores para años y meses individuales. De cualquier modo, la tendencia general de disminución durante el período 1966-1970 es, a groso modo, similar a la que ha sido estimada para el tamaño del stock según aparece de los datos de la Fig. 1 del informe del tercer panel aunque la magnitud de la disminución del número de huevos parecería ser substancialmente mayor, particularmente si se considera los muy altos valores en 1966 y 1967.

Los datos de producción mensual de huevos en la temporada 1972-1973 permiten un intento de estimar el stock desovante total. El número de huevos por metro cuadrado de agua superficial en el área comprendida entre los 6° los 14° L.S. y entre la costa y 120 millas aguas afuera fue 55 en Agosto, 108 en Setiembre y 43 en Octubre. La superficie total del área es cerca de 57,600 millas cuadradas o  $16.5 \times 10^{10} \text{ m}^2$ . Los huevos se desarrollan en cerca de 56 horas y por lo tanto el número de huevos presente por día representará aproximadamente la producción de huevos de dos días considerando que en este tiempo ocurre cierta mortalidad. La producción total de huevos fue por consiguiente 
$$\frac{(55 + 108 + 43) \times 30 \times 16.5 \times 10^{10}}{2} = 5.1 \times 10^{14} \text{ en}$$

Agosto-Octubre. La longitud promedio de los peces maduros fue de 16.5 cm., el número de huevos por hembra de ese tamaño fue considerado como 21,000 y el peso promedio de las mismas en 33 g. Si se acepta que ninguna hembra desovó más de una vez entre comienzos de Agosto y fines de Octubre, el peso total de hembras requerido para producir el número estimado de huevos sería entonces 
$$\frac{5.1 \times 10^{14} \times 33 \text{ grs.}}{21,000}$$
 o sea alrededor de 800,000 toneladas

Considerando que la cantidad de machos es igual a la de hembras, el stock desovante total en 1972 en el área sería de 1.6 millones de toneladas.

En este cálculo no ha sido incluida el área del sur. Esta área cubre algo más de la mitad del litoral de las áreas centro y norte y su densidad promedio de huevos fue algo más alta. Por lo tanto, el tamaño del stock desovante de 1972 en esta área puede considerarse como un poco más de la mitad del stock de las áreas central y norte, digamos como 1 millón o algo ligeramente mayor, lo cual hace que el estimado del stock desovante total a lo largo de toda la costa peruana alrededor de Setiembre de 1972 sea entre los 2.5 y los 3 millones de toneladas.

Esta cifra sobre-estimaría la totalidad del stock desovante si no todas las hembras adultas hubieran desovado por lo menos una vez en los tres meses cubiertos por el cálculo y lo podría sub-estimar si una parte substancial de las hembras desovaran más de una vez en este periodo.

Las condiciones de tiempo y corriente hacen a menudo que los lances de la red Hensen sean más o menos oblicuos en vez de verticales. Esto puede conducir a una sobre-estimación de la abundancia de huevos y por ende tam-



bién del tamaño del stock. Tomando esto en cuenta así como también el que los datos de las exploraciones en los primeros años no son muy dignas de confianza, parece que existe una razonable concordancia entre el estimado del stock en las áreas centro y norte de 1.6 millones de toneladas, que puede ser un tanto excesivo, y la relación entre las densidades de huevos en el presente y en el pasado. Los datos de huevos confirman la observación obtenida con otros métodos de que la magnitud del stock en el área del sur en la segunda mitad de 1972 no estuvo muy por debajo de lo normal.

#### 4.3 Análisis de cohortes

El Panel ha recibido dos estudios en los cuales los datos básicos de captura mensual, en número de individuos, de cohortes individuales son tratados por diferentes métodos de población virtual. El primer estudio, que incluye los datos de captura hasta comienzos de 1970, fue preparado por J. Valdivia y A. C. Burd y presentado a la segunda reunión del Panel en Marzo de 1971. El segundo estudio, basado en los datos de captura hasta comienzos de 1972 fue preparado por W. G. Clark y presentado en la presente sesión. Los dos estudios muestran la misma tendencia general en la abundancia, la tasa de mortalidades por pesca y el reclutamiento pero hay algunas diferencias nacidas de las diferencias en los métodos.

Valdivia y Burd estimaron la tasa de mortalidad natural y la tasa de explotación para el último pez cogido de un cohorte y luego hicieron cálculos retrospectivos para obtener la abundancia de la cohorte así como su tasa de mortalidad por pesca durante cada mes de su vida. (Para cada cohorte reclutado a la pesca durante los años 1962 a 1970 se usó los mismos estimados de base). Clark estimó directamente la cosecha obtenida por los predadores de cada cohorte y luego obtuvo los estimados numéricos de la abundancia inicial y de la tasa de mortalidad natural que se requeriría para producir las cosechas para predadores y pescadores.

La Figura 8 muestra los dos estimados de la fuerza de reclutamiento anual para 1962-1970. Ambos son bastante cercanos hasta 1965; pero de este año en adelante los estimados de Valdivia y Burd son substancialmente mayores porque su estimado de mortalidad natural (1.0) es mayor, después de 1965, que el valor encontrado por Clark (0.6 — 0.7).

Ambos métodos muestran que una clase anual extraordinariamente abundante apareció en 1965. La fuerza de las clases anuales de 1969 y 1970 fueron subestimadas por Valdivia y Burd; si hubiesen podido comenzar sus cálculos retrospectivos en 1972 (cuando los reclutas de 1969 y 1970 estaban todavía produciendo grandes capturas) en vez de en 1970, su abundancia estimada de estas clases anuales habrían sido mucho mayores. De aquí que pueda decirse que ambos métodos indican fuertes clases anuales en 1965, 1969 y 1970 y clases anuales débiles en 1962 y 1968.

Las estimaciones de la tasa de mortalidad por pesca no son exactamente comparables puesto que Valdivia y Burd dan en sus tablas un coeficiente de capturabilidad promedio para cada región mientras que Clark ofrece tasas de mortalidad por pesca promedio para reclutas y adultos por región y temporada de reclutamiento. Puede hacerse una burda comparación multiplicando el promedio de los coeficientes de capturabilidad de Valdivia y Burd por el esfuerzo nominal de cada año y ploteando estos productos con los estimados de Clark para la tasa de mortalidad por pesca de los adultos del grupo recluta dominante del desove de primavera, como se muestra en la Fig. 9. Ninguna de las curvas muestra alguna tendencia antes de 1967; ambas caen en 1967; y ambas se elevan constantemente hasta un máximo en 1970.

Ninguno de los estudios arroja mucha luz sobre el colapso de 1972. Ambos indican que el tamaño del stock alcanzó en 1971 probablemente el mayor nivel hasta esta fecha y después de 1962, pero es dudoso que el valor para tal año excediese el del stock al estado virgen.

El aumento del esfuerzo de pesca demostrada en el análisis de cohortes se origina en la asunción implícita en tal análisis de que la tasa de mortalidad natural ( $M$ ) es constante. Si existiera una tendencia de esta tasa a disminuir a través de los años, el análisis de cohortes indicaría entonces, para una misma estructura de edades, un menor aumento del esfuerzo de pesca y, si la tendencia de la mortalidad natural fuese suficientemente grande, parecería que el esfuerzo de pesca no hubiese aumentado. Es por consiguiente importante evaluar cuidadosamente los estimados de la mortalidad natural. Debido a que la anchoveta es una de las pocas especies ictiológicas que tiene un predador cuya abundancia puede ser directamente observada, se ha intentado estimar la mortalidad natural de la anchoveta inducida por las aves guaneras. El Panel estimó este componente de la mortalidad natural examinando la razón del consumo de anchoveta por las aves (obtenido de la Tabla 5 del informe de la tercera sesión), al promedio de la magnitud del stock de anchovetas. Estos cálculos se presentan en la Tabla 14.

La tabla llama la atención hacia algunos aspectos interesantes de la relación entre las aves y los peces. En las primeras etapas de la pesquería tanto las aves como los peces estuvieron a un máximo pero en las últimas etapas ambos estuvieron a un mínimo y aparece así que la mortalidad natural inducida recientemente por las aves está más o menos al nivel que estuvo al comienzo de la pesquería. En segundo lugar, en los últimos años de la década del 60 los peces estuvieron en un alto nivel de abundancia y las aves en uno bajo y parece que la mortalidad inducida por las aves podría entonces haber caído hasta la cuarta parte de su nivel inicial. Puesto que desde que se inició la pesquería masiva nunca ha habido un período en que un mínimo del stock de anchoveta coincida con un máximo de la población de aves, parecería que el porcentaje máximo de la mortalidad natural inducida por las aves a través de estos años ha sido tal vez del 15% (con  $M = 1.0$ ). En el anterior análisis de cohortes, el asumir  $M = 1.0$  durante los últimos años

tendería a subestimar la capturabilidad; por lo tanto, puede ser que el esfuerzo esté incrementándose a una tasa aún mayor que la indicada anteriormente. La magnitud, y aún la realidad, de esta subestimación depende de la proporción que en la mortalidad natural representa aquella inducida por las aves y de que ésta permanece o no constante.

#### 4.4 Medida de Esfuerzo

En este trabajo, una medida de esfuerzo de pesca es esencial, tanto para calcular un índice de la mortalidad por pesca como, mediante el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo, proporcionar un índice de la densidad del stock; el valor de esos índices se deriva de la confianza de los datos de esfuerzo. En una pesquería con redes de encierre el esfuerzo empleado por una embarcación individual es una combinación de dos procesos: el localizar una posición de pesca favorable en la proximidad de un cardumen o agregado individual y el capturar el pescado. A menos que la medida del esfuerzo de pesca tome en consideración los cambios en la fuerza y la eficiencia de estos procesos, la captura por unidad de esfuerzo no constituirá probablemente una medida confiable, en una situación extrema en la cual la disminución del stock de un pez pelágico ocurre a través de la disminución del número de cardúmenes, mientras el tamaño promedio del cardumen permanece constante, la captura promedio por viaje, o por cala, puede permanecer casi sin cambios hasta que el último cardumen haya sido cogido.

El personal de IMARPE así como numerosos expertos han prestado considerable atención a este asunto. En su primer informe, el Panel anotó que "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". En seguida observó que "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 aquellas, y por dicha razón se introdujo como unidad de esfuerzo de pesca el TRB/mes y, más reciente, el TRB/viaje". El Panel por lo tanto basó su examen del estado de los stocks sobre los datos de captura y esfuerzo en los que el esfuerzo se expresa en TRB-viajes corregidos por un factor de hasta 1.20 para el año pesquero 1968/69. En su segundo informe el Panel hizo anotar que se habían tomado algunas medidas para mejorar los datos de esfuerzo y también que "por ejemplo, a menudo se considera que el esfuerzo exhibe una más estrecha relación con la duración del viaje o el tiempo de búsqueda que con el simple número de viajes. "Siendo esto así, el esfuerzo podría expresarse como TRB-horas en el mar, o como TRB-horas búsqueda. De todos modos, el Panel trabajó por entonces con los datos de esfuerzo para los cuales la unidad era el TRB-viaje. En su tercera reunión el Panel ajustó una vez más la serie cronológica de datos de esfuerzo aplicando factores de conversión diferentes de los publicados en la Tabla 2 de su primer informe, pero los

cambios sobre la forma de registrar el esfuerzo que fueron materia de discusión en la segunda reunión no habían sido todavía hechos, aunque el Panel pudo observar que ya se había introducido un nuevo sistema de libros de bitácoras de pesca.

El uso de TRB-viajes en vez de número de viajes, como una medida de esfuerzo, así como las correcciones hechas por el Instituto del Mar y usadas por el Panel en reuniones anteriores, deberían en principio corregir las indudables mejoras que se han hecho en la eficiencia de la flota anchovetera. Sin embargo, es probable que la captura por viaje no permanezca proporcional a la densidad del stock cuando este cambia significativamente, y que los cambios en captura por viaje puedan sub-estimar los cambios en densidad.

A niveles de densidad que permiten a las embarcaciones llenarse rápidamente, la captura por viaje permanecerá aproximadamente constante (especialmente por debajo de su capacidad), pero un aumento en la densidad resultará en una disminución de la duración del viaje ya que la embarcación demorará menos en la búsqueda de pescado y probablemente también reducirá el número de lances. Contrariamente, si el stock disminuye, las embarcaciones podrán hasta cierto punto mantener su captura por viaje alargando la duración del mismo. En tales condiciones, por lo tanto, la captura por viaje es una medida no confiable de la densidad del stock. Durante 1971 y 1972 la captura por TRB-viaje (sin corrección por eficiencia) fue tan alta como 0.9; puesto que el tonelaje bruto de una embarcación es entre el 80 y el 90% de su capacidad de carga, es probable que durante esos años hubo un elemento significativo de saturación. En tales circunstancias se puede obtener un índice de densidad confiable solo si se examina detalladamente qué parte del tiempo es realmente usada en la pesca y cuál en la búsqueda.

Durante un viaje, el tiempo total en el mar se divide entre las siguientes actividades:

- i. Navegando al lugar de pesca.
- ii. Buscando cardúmenes antes del 1er. lance  
entre lances  
después del último lance
- iii. Manipulación de las artes y la captura  
la red  
bombeo de la captura
- iv. Al paro por desperfectos, mal tiempo, en espera  
de cardúmenes u otras causas
- v. Navegando a puerto.

Puesto que la conducta de la anchoveta resulta en la formación de cardúmenes y de agregados de cardúmenes, la secuencia de las operaciones es:

localizar el agregado; localizar un cardumen en particular para calarlo; saltar, cerrar, secar y recabar la red; localizar otra cardumen, etc. En esta secuencia la estrategia operacional es minimizar cada uno de los tiempos empleados para "localizar" y, mientras se minimiza el tiempo de maniobra de la red, maximizar la confianza de esta operación y, desde luego, también la captura resultante.

Ya que según la teoría general el esfuerzo de pesca de cada pesquería debe determinarse como el producto del poder de pesca y del tiempo de pesca, podemos ahora, en este caso particular, considerar las maneras en que el tiempo y el poder pueden ser individualmente variados en la secuencia de operaciones. Esta consideración debe referirse a las características del stock de cuyas medidas es posible deducir la magnitud del stock; estas son:

- (a) tamaño medio de los cardúmenes
- (b) número o densidad de cardúmenes dentro de un agregado de los mismos
- (c) densidad global.

Presumiblemente el tamaño medio de los cardúmenes será mejor estimado en base de la captura promedio por lance corregida de acuerdo a cualquier aumento en el poder de pesca tal como una más grande o más eficiente red. La densidad dentro de un agregado de cardúmenes probablemente está inversamente relacionada con la suma del tiempo entre calas y el tiempo entre la localización del agregado y la primera cala. A este respecto, aumento del poder de pesca podrá resultar de mejoras en la instalación y operación de equipos tales como ecosondas y sonares. La frecuencia de los agregados puede estar relacionada inversamente al tiempo empleado para localizar los agregados después de haber salido del puerto. Los índices importantes del poder de pesca pueden incluir características individuales de las embarcaciones pero también incluirán características colectivas de la flota tales como la rapidez y eficiencia con que la información relativa a la localización del pescado es intercambiada entre las embarcaciones.

Por el momento, hasta que se conozca algo más acerca de la relación entre la abundancia del stock y el tamaño de los cardúmenes, la distribución de los cardúmenes dentro del agregado de los mismos y la distribución de los agregados, no está claro qué clase de medida de esfuerzo, si es que existe alguna, proporcionará un índice de mortalidad por pesca enteramente satisfactorio. Sin embargo, es cierto que el número de viajes (o la captura por viaje como medida de densidad) no es satisfactorio y es propenso a subestimar los cambios de densidad, inclusive exageradamente, puesto que las embarcaciones alargarán su tiempo de pesca por viaje conforme la densidad decrezca.

La información colectada con los libros de bitácora recientemente puesta en uso permite examinar con mucho mayor detalle las actividades de las

embarcaciones durante cada viaje; se espera que de este examen resulte una medida de esfuerzo más satisfactoria.

Este Panel examinó, junto con los miembros del Instituto, algunas muestras de estos libros de bitácoras a fin de tabular algunos de los datos que contiene. El nuevo sistema constituye un registro mucho más detallado de los tiempos de:

1. salida de puerto
2. comienzo de cada lance,
3. terminación de cada lance,
4. llegada al puerto

A partir de estos registros las siguientes duraciones pueden ser calculadas para cada viaje:

- (a) tiempo fuera de puerto (4 menos 1)
- (b) lapso entre la salida y el primer lance (2 menos 1)
- (c) tiempo empleado en la manipulación de las artes de pesca y de la captura (la suma de los valores: 3 menos 2)
- (d) lapso entre lances, tiempo empleado en buscar y esperar los cardúmenes y en otras cosas (suma de los valores: 2 de un lance y 3 del anterior)
- (e) lapso entre el último lance y la llegada a puerto (4 menos el 3 del último lance).

El tiempo de búsqueda es sub-estimado por el lapso (d) porque tanto el tiempo empleado en regresar al puerto después del último lance (e) incluyen algún tiempo de búsqueda; es probable que este otro tiempo de búsqueda escondido en (b) y (d) constituya en algunos casos la mayor parte del tiempo total.

Es por esto que el Panel calculó el tiempo de búsqueda como la duración total del viaje menos el tiempo total empleado en el manejo de la red y de la captura (a)-(b). Indudablemente este procedimiento sobre-estima el tiempo de búsqueda por cuanto incluye la parte de viaje hacia y desde el lugar de pesca durante el cual no hay búsqueda. Esta sobre-estimación puede ser de consideración cuando las embarcaciones conocen, por la distribución de la pesca en los días anteriores o por información de radio al momento, que los cardúmenes se encuentran a poca distancia del puerto de salida. Además, el tiempo de búsqueda calculado por el Panel incluye también cualquier otro tiempo perdido por razones de mal tiempo o de fallas durante el viaje.

El tiempo que el Panel dispuso para este aspecto no fue suficiente para corregir esta sobreestimación. Una estimación más exacta del tiempo de

búsqueda podría lograrse de un escrutinio más detallado de los libros de bitácora. Por ejemplo, si los datos se clasifican por área de pesca en lugar de por puerto de salida, podría descontarse un tiempo standard de navegación desde el puerto hasta el lugar de pesca.

El Panel desea hacer las siguientes sugerencias en cuanto al sistema de bitácoras:

- (1) Debe considerarse el rediseño de las bitácoras a fin de eliminar las ambigüedades así como también los items de información innecesaria. Esto las haría más fáciles de llenar por los pescadores y reduciría la ocurrencia de reportes incompletos de datos esenciales. El rediseño debe también tener en cuenta las ventajas que representa una disposición más racional desde el punto de vista de los perforadores de tarjetas. Al eliminar la necesidad de transcripción previa se reduciría considerablemente el tiempo (y el costo) del procesamiento con el resultado que los datos estarán disponibles más rápidamente.
- (2) Debe concederse atención al asunto de explicar a los pescadores el uso que se da a los datos, al de instruirlos en la manera de completar las bitácoras y al de hacerles conocer la información obtenida de las mismas. Esto deberá entusiasmar a los pescadores para anotar sus operaciones en forma completa y exacta.

En su operación piloto para análisis de los datos de los Partes Diarios el Panel construyó un cuadro de 21 columnas las cuales están enlistadas en el Cuadro 15 de este informe; el Panel entonces registró en el cuadro el dato para cada una de las columnas 1 hacia 10 y 16, y calculó valores para las columnas 11 hasta 15 y 16 hasta 21, con respecto a la pesca de cada día durante las tres semanas de Marzo para cada uno de los puertos: Chinbote, Supe, Chancay, Callao, Pisco, Tambo de Mora e Ilo.

El propósito del Panel con este cuadro fue básicamente el de comparar los valores derivados de las columnas 17 hasta 21. Por las razones señaladas anteriormente, la hipótesis del Panel fue que la captura por hora de búsqueda era el índice más confiable para los cambios de densidad del stock. Por el momento, la única prueba de esta hipótesis al alcance del Panel es la prueba básica de consistencia con la proposición obvia de que bajo una pesca intensiva la densidad del stock disminuye progresivamente a menos que, o el stock sea reemplazado por inmigración hacia el área de pesca o el stock emigre fuera del alcance de las embarcaciones.

Uno de los resultados de este análisis se ve en el Cuadro 16-a del cual se puede entender que ambos la captura por hora de ausencia y la captura por hora de búsqueda conforman más constantemente con la hipótesis; está razonable este resultado vista la evidencia de las columnas a la derecha del Cuadro 16-a en el sentido de que, por lo menos para los puertos de Chinbote, Pisco y Tambo de Mora la duración de viaje así como el tiempo de

búsqueda por viaje se aumentaron hasta el doble desde la primera hasta la tercera semana. El Panel cree, a pesar de los resultados menos claros con respecto a los puertos de Supe y Callao, que los datos del Cuadro 16-a muestran que la captura por hora de ausencia, y mejor la captura por hora de búsqueda, representan más clara y correctamente los cambios que sufren las existencias de anchoveta además que estos índices estarán en el futuro muy informativos, quizás más informativos para comparaciones entre las temporadas que durante una temporada.

#### 4.5 Estimación del Stock a Base de los Datos de Captura y Esfuerzo

##### 4.5.1 Análisis de los datos de captura por TRB-viaje

En la Tabla 16 se da la captura por TRB viaje (sin corrección por eficiencia) para las dos primeras semanas de Marzo junto con datos similares para todo el mes de Marzo de los años anteriores. Al analizar estos datos para obtener medidas de abundancia deben considerarse los siguientes puntos:

- (a) posibles cambios en la eficiencia de las embarcaciones
- (b) las deficiencias notadas más arriba (sección 4.4) en cuanto al viaje como una medida de tiempo de pesca.
- (c) La captura por unidad de esfuerzos es una medida de la densidad en el área de pesca, si hay un cambio en la distribución de los peces, debe ser tomado en cuenta al estimarse la abundancia.

El TRB viaje es una medida de esfuerzo que no considera otros cambios en la eficiencia sino los que se relacionan con el tamaño de la embarcación y no tome en cuenta los adelantos en las técnicas de pesca, métodos de localización, etc. Se ha considerado como una asunción razonable que el aumento de la eficiencia de las embarcaciones ha sido en promedio de alrededor del 5% anual desde 1965. El coeficiente de eficiencia, que en 1965 se estimó en 1.18 se elevó por consiguiente a 1.53 en 1972. Ha sido comunicado no obstante, que en Marzo de 1973 la eficiencia fue menor que la del año anterior debido al largo período de inactividad de las embarcaciones y de sus equipos y tripulación. El efecto de esta inactividad no es fácil de medir, pero para los fines de nuestros cálculos se consideró para 1973 una eficiencia equivalente al 75% de la existencia en 1972 aunque esta decisión puede que sobreestime la caída de eficiencia. Todo esto da una captura por TRB viaje corregida igual a 0.477 comparada con el promedio para 1966-67 de 0.540. Usando una tasa de aumento de la eficiencia del 15% desde 1965, tasa que un análisis en una sesión anterior del Panel mostró que se ajustaba mejor a los estimados de mortalidad obtenidos por los análisis de cohortes, las correspondientes capturas por TRB viaje fueron de 0.355 para 1973 y de 0.447 en promedio para 1966-71.

La discusión anterior acerca de la medida del esfuerzo de pesca y del



tiempo de pesca mostró que la captura por viaje es propensa a ser insatisfactoria como medida de densidad cuando las embarcaciones pueden llenarse por completo durante un viaje. La Tabla 14 indica que en los años inmediatamente precedentes a 1973 la captura promedio por TRB viaje fue 0.8 - 0.9, por lo menos en algunas regiones; puesto que la capacidad de carga en toneladas métricas es un tanto mayor que el TRB, las embarcaciones regresaban llenas hasta dos terceras partes de su capacidad en promedio. Esto debe significar, tomando en cuenta la usual variabilidad de éxito entre los pescadores, que una gran proporción de las embarcaciones han debido llegar a puerto con cargas muy cercanas a su capacidad total. Desafortunadamente, no existen datos de bitácora que indiquen hasta que punto estos viajes a capacidad completa fueron hechos en un tiempo de pesca significativamente menor que el de 1973. Parece sin embargo, por otros informes, que ha habido un aumento en la duración de los viajes y en el tiempo empleado en la búsqueda por viaje. La verdadera disminución de la densidad en 1973 comparada con la de años anteriores es por lo tanto mayor que la disminución en la captura por viaje. Esta diferencia no puede ser expresada en forma cuantitativa, pero podría ser considerable. La captura por TRB viaje corregido en 1973 es en consecuencia posiblemente una sobre-estimación de la densidad en 1973 relativamente a la de años anteriores.

El área cubierta por los stocks en 1973 (y también en 1972) es ciertamente menor que la de años anteriores. Se ha informado en la sección sobre exploraciones acústicas que el área de distribución de los peces en los meses de Marzo de 1972 y 1973 fue alrededor de 1/3 de las de 1968, 1970 y 1971. La información sobre las capturas por área muestra que en Marzo de 1972 y 1973 cerca del 90% de ellas fueron hechas dentro de las 10 millas pegadas a la costa mientras que en 1970 y 1971 cerca del 45% de las capturas se originaron en esta área, algo como el 33% entre las 10 y 20 millas y 20 - 25% más allá de las 20 millas fuera de la costa. Así, los peces en 1972 y 1973 se distribuyeron en una faja la mitad o menos de ancho que la correspondiente a años anteriores (un poco más de 10 millas comparadas con 20 - 30 millas). También en 1973 se encontró muy poca anchoveta en el área cercana a Chimbote restringiendo la longitud de la costa, a lo largo de la cual se encuentra habitualmente la anchoveta, en un 75%. Estas cifras están de acuerdo con la reducción en el área total de distribución indicada por las exploraciones acústicas. Debido a las diferencias en la distribución de peces, las cifras de la captura promedio por unidad de esfuerzo deben ser multiplicadas por el área sobre la cual se extendió la pesca a fin de obtener el índice de abundancia y por ende las cifras de 1972 deben ser ajustadas por un factor de un medio y las de 1973 por uno de  $1/2 \times 0.75$ . Esto resultaría en un índice de cerca de 0.276 para 1972 y de 0.178 en 1973 comparados con 0.540 como el promedio de 1966-71. Esto sugiere para Marzo de 1973 un stock de solamente un tercio del de años anteriores, pero esto puede pecar de optimista puesto que la mayor parte de los posibles errores, especialmente los aumentos en el tiempo de pesca, tenderían a elevar demasiado el nivel de 1973.

#### 4.5.2 Análisis según De Lury de la captura por hora de búsqueda

En esta sección obtenemos un estimado del stock actual que no depende del cambio del coeficiente de capturabilidad de año a año. Es de particular importancia obtener un estimado del stock actual en 1973 a fin de que se pueda determinar la estrategia pesquera para los meses que quedan de este año.

Para obtener este estimado planteamos la CPUE contra la captura acumulada. La población estimada al comienzo de la pesca se encuentra entonces extrapolando la línea de regresión hasta el punto donde la CPUE es cero y leyendo la correspondiente captura acumulada.

La captura por día fue proporcionada por el Instituto. Esta se muestra en la Tabla 17 junto con la captura acumulada para los tres períodos de pesca. Esta última está sobre-estimada en más o menos 15% debido a la captura de otras especies.

Como se discutió en otro sitio, la captura por TRB puede no ser la mejor medida de abundancia. En consecuencia, escogeremos una medida alternativa que según nuestra creencia refleja más acertadamente la abundancia del stock, la captura por hora de búsqueda. El número de horas de búsqueda es el número de horas de ausencia del puerto menos el número de horas empleadas realmente en la operación de pesca (por ejemplo, lanzando la red, recogiendo, etc.), tal como se discutió en la Sección 4.4. Debido al gran número de registros de captura y del poco tiempo disponible, utilizamos una muestra de aproximadamente 40 registros de captura de cada puerto mayor y para cada día de pesca. Estos datos se dan en la Tabla 16. (Se hace notar que no hubo registros disponibles para los últimos días en el puerto de Chancay). De esta muestra se obtuvo una medida ponderada de la abundancia promedio para cada semana usando como factor de ponderación la captura de cada semana en cada puerto.

Estos índices de abundancia y las capturas acumuladas han sido ploteadas en la Figura 10. La línea ajustada al ojo fue extrapolada para dar una población estimada de cerca de 2.1 millones de toneladas en Marzo 5.

#### 4.6 Composición de Tamaños y Estimación del Reclutamiento

El programa regular de mediciones de la anchoveta desembarcada en las plantas de reducción se intensificó durante Marzo de 1973 y además se midieron las capturas realizadas durante las Eureka's. La composición de longitudes en los desembarques de Marzo de 1973 fue diferente de la normal. Generalmente las muestras en Marzo indican un marcado pico entre los 9 y los 11 cm. (los nuevos reclutas a la pesquería, provenientes del desove ocurrido más o menos en Setiembre del año anterior), con un segundo modo por lo general alrededor de los 15 cm. En 1972, con el fracaso del reclutamiento,

el primer modo fue muy pequeño y la pesquería se basó casi completamente en peces muy grandes, los sobrevivientes de los buenos reclutamientos de 1970 y 1971. En 1973, (ver Figura 11 de la Figura 4 del Informe 125), los peces grandes fueron escasos y hubo un claro influjo de nuevos reclutas (peces menores de 14-15 cm).

En el norte (desembarques en Chimbote y Huarney) y en el sur (Mollendo e Ilo) los tamaños de estos reclutas no se apartaron mucho de lo normal (modo alrededor de 10-11 cm). Pero en la región central (que fue el área de donde provinieron las principales capturas) el modo estuvo alrededor de los 13 cm. Este modo es considerablemente mayor que el que se esperaría de peces originados en él por lo general principal desove cerca de Setiembre. Existen dos posibilidades: primero, en parte debido a la reducción de la abundancia del stock, hubo un aumento en la tasa de crecimiento y, segundo, el reclutamiento provino de un desove antelado de 1972, posiblemente en Enero-Febrero cuando los stocks eran todavía abundantes. Esta última hipótesis implicaría que los descendientes del desove de Setiembre de 1972 fueron pocos y estuvieron principalmente limitados al área del norte.

A partir de la composición de longitudes, expresada como número de individuos por unidad de esfuerzo, se puede obtener una estimación de la fuerza de la clase recluta. En años pasados esta estimación se expresaba como la captura promedio por unidad de esfuerzo, en número de individuos, de los tres meses de mayor reclutamiento, pero un examen de los datos sugiere que aquellos de Marzo proporcionan un índice razonable del reclutamiento. En 1973 los datos de tamaño indican que el grupo principal de peces estuvo completamente reclutado en Marzo. La Tabla 18 (basada en el Informe 125) muestra el índice de reclutamiento (individuos por TRB viaje en los tres meses del poco esfuerzo con el aumento del 5% por eficiencia), para los años 1961-72 y para Marzo de 1973. Estos datos sugieren que, basándose en los records nominales de captura y esfuerzo, los reclutas tuvieron solamente la mitad del promedio de abundancia. Como se discute luego, los cambios de distribución y eficiencia de la flota hacen que esta estimación sea probablemente optimista.

Los datos de composición de tamaño también pueden usarse para estimar la abundancia de los peces mayores. En Marzo de 1973 los números de peces mayores (tomados en este año como aquellos de, o mayores, de 15 cm) cogidos por TRB viaje fue 1,614 comparados con un promedio de 9,741 para el norte y 4,020 para la región central durante los años 1966-1971. Esto es, que según esta evidencia, los peces mayores parecen constituir una cuarta parte del promedio 1966-71.

Varios factores afectan estas estimaciones de reclutas y peces mayores. Algunos de ellos afectan los dos estimados en direcciones opuestas. La línea divisoria entre ambos grupos es algo subjetiva e inevitablemente algunos de los reclutas más grandes serán incluidos entre los peces mayores y algunos de los adultos más pequeños entre los reclutas. Es posible que la línea

divisoria para 1973 haya sido colocada muy alta debido a la presión de los reclutas de tamaño mayor que el promedio. Si así fuera los reclutas han podido ser sobre-estimados pero los peces mayores hubieran sido sub-estimados en la misma proporción (lo converso sucedería si la línea divisoria se hubiese fijado muy baja).

También es probable que la flota desembarque una muestra sesgada de la población disponible. Si existe cualquier tendencia para separar los peces grandes de los pequeños, la flota tratará de concentrarse en los tamaños más comunes. Así los peces pequeños (los reclutas) tenderán a ser sub-estimados cuando los peces mayores son más abundantes, y vice-versa. En 1973 esta tendencia conduciría a una sobre-estimación del reclutamiento pero al mismo tiempo a una sub-estimación de los peces mayores. Si el propósito es la determinación de la abundancia del stock de juveniles y adultos en conjunto y la determinación de la pesca permisible, puede posiblemente ignorarse estos sesgos.

Los posibles errores al determinar el esfuerzo de pesca afectarían sin embargo las estimaciones tanto de juveniles como de adultos por igual. Los estimados que preceden (reclutamiento alrededor de la mitad del promedio y adultos a una cuarta parte del promedio) deben ser ajustados de acuerdo a los diversos factores que afectan las unidades de esfuerzo (cambios en la eficiencia de las embarcaciones, distribución restringida de los peces, etc.) que ya se han discutido. Estos ajustes conducen a los siguientes estimados con relación al promedio 1966-71.

Reclutamiento =  $1/2 \times (1/2 \times 3/4)$  (efecto de área)  $\times 4/3$  (eficiencia de embarcaciones) =  $1/4$  del promedio.

Peces adultos =  $1/4 \times (1/2 \times 3/4)$  (efecto de área)  $\times 4/3$  (eficiencia de embarcaciones) =  $1/8$  del promedio.

Ambos estimados se refieren a números. Puesto que los presentes reclutas de 1973 son considerablemente más largos que el promedio (modo a los 13 cms contrastado con cerca de 11 cm en 1966-71) el peso de los reclutas será más de un cuarto mayor que el promedio aunque su potencialidad para crecer es correspondientemente menor.

#### 4.7 Relación Entre Stock y Reclutamiento

En la Figura 1 del Informe del Panel se mostró una relación entre la estimación del stock reproductor y el resultante reclutamiento preparado por el señor J. Csirke de IMARPE con una curva tipo Ricker ajustada como una posible línea de tendencia. Esta curva sugirió que si el nivel del stock adulto descendiese hasta alrededor de 150 unidades de la escala usada (aproximadamente la abundancia en 1969) se produciría una reducción en el reclutamiento, lo cual aumentaría seriamente si el stock descendiese por debajo de 100 unidades.

En términos generales esta conclusión fue confirmada por los sucesos de 1972/73. El stock adulto fue bajo, posiblemente alrededor de 90 unidades, y el reclutamiento estuvo por debajo del promedio.

El panel cree que esta evidencia adicional de que el reclutamiento será probablemente reducido a niveles correspondientes a stocks de adultos de más o menos la actual magnitud tiene serias consecuencias para la pesquería. Como se discutirá más luego, la magnitud de reclutamiento que se puede esperar de los diferentes niveles de stock es una información de carácter vital para decidir la política administrativa. Por el momento es posible aconsejar solamente en términos muy generales, por ejemplo, que cualquier reducción adicional del stock desovante aumentará la probabilidad de un reclutamiento muy pobre.

Un examen ulterior de este problema debe recibir alta prioridad y debe incluir alternativas para determinar tanto el índice de reclutamiento como el de stock desovante (por ejemplo, sobre la base de análisis de cohortes), la estimación del stock desovante en términos absolutos (millones de toneladas) y una revisión de los posibles efectos de los factores ambientales.

#### 4.8 **Revista de los Estimados del Actual Tamaño del Stock**

En las secciones anteriores se han dado índices de abundancia relativa obtenidos sobre la base de exploraciones de huevos, exploraciones Eureka y sobre los datos de captura por unidad de esfuerzo, aunque la confiabilidad de los dos primeros se considera baja.

Las exploraciones de huevos se refieren a los stocks desovantes en Agosto-Setiembre. Para ese entonces, los datos sobre huevos sugirieron que en 1972 el stock desovante en las áreas central y del norte fue menor que el 10% del normal. Si se considera los huevos desovados en el área del sur, el stock desovante total ha podido ser del orden del 20% del normal.

Las Eureka se hicieron en un tiempo en el que el reclutamiento estaba ya avanzado. Sus resultados indicaron una magnitud de stock para Enero de 1973 de cerca del 45% del que existía más o menos en la misma temporada para 1968, 1970 y 1971.

La estimación de la abundancia relativa a base de datos de captura y esfuerzo depende críticamente en la unidad de esfuerzo que se use. La cifra más grande es la basada en la captura por viaje con un incremento anual del 5% por eficiencia y un ajuste del 75% por la eficiencia de 1973 en relación a la de 1972. Este estimado da una abundancia media en Marzo del 33% del promedio para 1966-71. Al usar otros índices se obtuvieron cifras considerablemente menores.

La composición de tamaño de las capturas indica que los peces viejos

son extremadamente escasos y que el actual stock consiste principalmente de reclutas provenientes del desove de 1972.

Aunque dando resultados variables, todos los estimados indican por lo tanto que el tamaño del stock actual está todavía muy por debajo del promedio de años anteriores, entre 30 y 45% del nivel normal. Cuando se considera individualmente los análisis emerge la sugerencia de que estos valores son probablemente sobre-estimados.

Estimados de la abundancia absoluta se obtuvieron de las exploraciones de huevos en Agosto-Octubre 1972, de la exploración acústica del SNP-1 en Febrero de 1972 y de un análisis tipo De Lury. Las exploraciones de huevos proporcionaron una estimación del stock desovante de anchoveta en las áreas central y del norte en Setiembre de alrededor de 1.6 millones de toneladas y de 2.5 millones para toda el área. La exploración acústica del SNP-1 dio un estimado de la magnitud del stock de toda clase de peces pelágicos de todo tamaño de alrededor de 4 millones de toneladas en Febrero 1973, que fue considerado como una sub-estimación de esos peces y el análisis de De Lury dio un stock de 2.1 millones de toneladas en Marzo de 1973 basado en la captura por hora de búsqueda.

Debe hacerse notar que está dentro de lo probable que la exploración acústica de cifras mayores que los análisis de captura puesto que ella mide la cantidad de peces que hay en el mar mientras que el análisis de captura se basa en los desembarques registrados y no toma en cuenta la diferencia entre lo realmente capturado y lo registrado como desembarque, diferencia que fue discutida en el informe de la primera reunión del Panel y que puede ser grande. De aquí que el análisis de capturas subestima el stock en el mar pero proporciona un mejor estimado de los desembarques reales que pueden obtenerse de un stock dado.

Si se tiene en mente que todos los métodos tienen sus limitaciones, sus sesgos y sus inexactitudes, la coincidencia entre las varias estimaciones es bastante buena. El valor más probable de la magnitud del stock de anchoveta a comienzos de Marzo, teniendo en cuenta los estimados arriba mencionados, parecería ser entre 2 y 4 millones de toneladas, comparado con un stock promedio de 10-15 millones en años normales.

## 5. Efectos de "El Niño" sobre los Stocks

El efecto de "El Niño", y en general de los factores ambientales, puede operar de tres modos: sobre la disponibilidad/capturabilidad de los peces; sobre la abundancia de los reclutas y sobre el crecimiento o la mortalidad natural de los peces después que han sido reclutados.

El efecto sobre la capturabilidad, es decir, el grado en que el comportamiento o la distribución de los peces los hace más o menos susceptibles de

ser cogidos, ha sido ya discutido en relación a los sucesos de 1972 y 1973. En ambos años los peces se concentraron en áreas cercanas a la costa y la captura por unidad de esfuerzo fue alta en relación a la actual abundancia. Por no existir datos detallados de bitácora para años anteriores, no puede decirse si este mismo fenómeno tuvo lugar en anteriores años cálidos. Un examen de los datos básicos de capturas y esfuerzo sugiere que, si algo se puede decir, que la C.P.U.E. en 1963, 1965 y 1969 estuvieron un tanto por debajo de los correspondientes valores en los años vecinos, pero habría que dejar latitud para considerar la diferente fuerza de las clases anuales presentes en cada año. El Panel no tuvo el tiempo suficiente para hacer un análisis detallado de ese tipo.

No se dispuso de evidencia directa respecto al crecimiento ni a la mortalidad natural del stock explotable pero la evidencia indirecta señaló que ambos factores fueron poco afectados por "El Niño". Si se toma en cuenta las estimaciones de su abundancia al momento de ser reclutados y las capturas obtenidas desde su reclutamiento, los peces mayores en 1973 no fueron notablemente menos abundantes de lo que se esperaría. Los peces grandes fueron, si algo se puede decir, más comunes que de costumbre, pero probablemente esto se debe a la presencia de la abundante clase anual de 1970 más que un cambio en el crecimiento. Los reclutas de 1973 fueron más grandes que lo acostumbrado aunque esto ha podido deberse a diferencias en el tiempo de desove más que a diferencias en el crecimiento. Un definido cambio que muy bien podría deberse a las condiciones alimentarias pobres asociadas con "El Niño" fue el bajo contenido graso de los peces mayores como se muestra en la sección 3.4.

El impacto sobre el reclutamiento es aún menos claro. El reclutamiento procedente del desove de 1971 así como el de 1972 fue pobre y mucho más bajo que cualquier otro previo desde que se inició la pesquería. El fracaso del reclutamiento de 1972 estuvo asociado a un bajo stock desovante y, puesto que las condiciones de El Niño existieron desde antes del período del desove hasta después del reclutamiento, podría razonablemente atribuirse a las condiciones ambientales o al reducido stock adulto o a los dos factores actuando en forma combinada. Por otra parte, el stock desovante fue en 1971, si algo se puede decir al respecto, más abundante que en los años anteriores mientras los cambios ambientales más obvios no hicieron su aparición sino más o menos a comienzos de 1972, cuando la fuerza del reclutamiento presumiblemente había sido ya determinada. Cualquier relación simple, entre, digamos, temperatura y reclutamiento en el sentido de que las altas temperaturas producen un pobre reclutamiento, sería también inconsistente con la historia de los años cálidos anteriores (1963, 1965 y 1969), los cuales tuvieron reclutamientos muy por encima del promedio. Puede ser que existan relaciones más sutiles; ciertamente se presentaron eventos biológicos fuera de lo común en la segunda mitad de 1971, tales como la ocurrencia de cangrejos tropicales pelágicos y, lo fuera de lo común, baja proporción de desovantes en 1971. La determinación del efecto de los factores ambientales en el reclutamiento, junto con la solución de la cuestión altamente crítica de la relación entre la abundancia de adultos y el subse-

cuenta reclutamiento es un importante problema de investigación que probablemente requerirá el estudio detallado de la dinámica cuantitativa de las primeras etapas de la vida de la anchoveta.

## 6. El Futuro de la Anchoveta como Recurso

Se puede atribuir con mucha confianza la reducción de las existencias de la anchoveta, a las condiciones ambientales desfavorables (ligados al fenómeno de El Niño) asociadas con los efectos de la pesca muy intensa a la cual las existencias han estado sujetas en los últimos años. En el pasado (anteriormente al inicio de la pesca) las existencias pudieron —por la evidencia de las poblaciones de las aves— recuperarse casi automáticamente después de cada “El Niño”; sin embargo, no se puede esperar tal recuperación automática bajo las condiciones de explotación; es decir, se debe mantener la pesca a un nivel tan bajo como sea posible hasta que las observaciones oceanográficas y los estudios biológicos indiquen que la situación se ha normalizado.

En realidad la presente situación contiene varios y en algunos casos todos los elementos asociados con la declinación y completa desaparición de pesquerías que antes fueron grandes. Entre estas pesquerías se incluyen:

1. Pesquería del arenque Atlántico-escandinavo
2. Pesquería de arenques de Hokkaido.
3. Pesquería de sardina japonesa.
4. Pesquería de sardina de California.
5. Pesquería de arenques del sur del Mar del Norte.

Algunos de los elementos que son compartidos por la actual situación del Perú con una o más de las pesquerías arriba mencionadas son:

- (1) Una o dos clases anuales extraordinariamente grandes en relación al tamaño del stock precediendo al colapso.
- (2) Una flota de tamaño exagerado que, aunque sujeta a algunas restricciones, de todos modos continúa ejerciendo una fuerte presión que crece cada vez más conforme la población declina.
- (3) Concentración de la población en áreas cada vez más restringidas permitiendo una mayor concentración del esfuerzo de pesca.
- (4) Uno o dos pobres reclutamientos que iniciaron el colapso.
- (5) Un aumento en la abundancia de los competidores, o predadores potenciales, en este caso la sardina.

El fracaso de la administración efectiva de todos estos stocks declinantes, cada uno de ellos presionado por flotas de gran capacidad, ha sido motivada por la dificultad de tomar medidas adecuadas que no sean la paralización completa de la pesca. Las restricciones de las capturas se han basado



en los niveles de las mismas en años anteriores y aunque pretendían dejar un margen para cierta recuperación del stock, han tendido a ser muy altas para los años de aplicación.

Esta dificultad para aplicar restricciones efectivas se ve aumentada por la habilidad de los pescadores con artes de pesca de encierre para aumentar su eficiencia conforme el stock declina y de mantener sus capturas más o menos al mismo nivel hasta que el último cardumen haya sido cogido. Esto puede verse en la pesquería peruana. Casi hasta 1971 la tasa promedio de pesca fue de alrededor de 10% por semana. Extracciones aún mayores son posibles si el nivel del stock es más bajo, de tal manera que el stock de anchoveta podría ser damnificado grandemente en un período bien corto de pesca irrestricta. La actual capacidad de captura y de procesamiento de la industria está acereándose, al bajo nivel del stock que prevalece, al 10% del mismo por día.

También, los aumentos de eficiencia de la flota tienden a hacer inefectivas las restricciones del esfuerzo de pesca. Cualquier reducción del tamaño de la flota, por ejemplo, es probablemente compensada por el aumento de la eficiencia de las embarcaciones que quedan, de modo que la mortalidad por pesca permanece a un nivel demasiado alto.

De las pesquerías con artes de encierre que han mostrado tal colapso, y que en varios casos han estado sujetas a diferentes reglamentaciones dirigidas a su restricción, el ejemplo más claro de una recuperación efectiva ha sido la pesquería de arenques de la Columbia Británica. En esta pesquería hubo una completa clausura por un período de años. Una clausura de este tipo es la mejor forma de asegurarse que la mortalidad por pesca sea en realidad reducida. También es la forma más rápida para reconstruir un stock agotado.

## 7. La Magnitud de la Captura Permisible

El análisis ha mostrado, desde diferentes puntos de vista independientes, que la población de anchoveta de tamaño comercial que existía a comienzos de Marzo de 1973 fue aproximadamente de 3 millones de toneladas (extremos, 2-4 millones) lo cual es más o menos una cuarta parte de la abundancia promedio para ese tiempo del año. Si en el futuro la mortalidad por pesca se mantuviese al nivel promedio del período 1966-71, se esperaría que estos peces produjeran una captura de unos 3 millones de toneladas, (alrededor de dos tercios en 1973 y de un tercio en 1974). Es improbable que antes de los comienzos de 1974 se produzca algún reclutamiento ostensible de modo que la captura permisible para 1973 provendrá de los 3 millones presentes al comienzo de Marzo. Tomando en consideración la conveniencia de dejar algo de peces para el fin del año, la captura permisible para 1973 se reduciría a 2 millones de toneladas (extremos, 1 - 3 millones) asumiendo que la única condición es mantener la mortalidad por pesca más o menos al nivel de 1966-71.

Puede ser que en la segunda mitad del año haya algún reclutamiento proveniente del desove de Enero de 1973, pero este reclutamiento no llegará a la mejor longitud de captura sino en 1974.

En las secciones anteriores, sobre la relación entre stock y reclutamiento, y sobre las posibles tendencias futuras del stock de anchoveta, se ha descrito una situación muy seria y posiblemente desastrosa. El stock desovante en Setiembre de 1973 será, siempre que no se pesque después de Marzo, solamente de 1 - 3 millones de toneladas, lo cual es mucho menor que lo normal. La relación stock - reclutamiento indica que de un stock tan bajo se espera un reclutamiento muy por debajo del promedio. Una comparación con otros stocks pelágicos sugiere que algunos eventos recientes, en particular los dos fracasos seguidos de las clases anuales, pueden ser parte de un proceso general del colapso de la pesquería similar a lo observado en las sardinas de California.

El Panel cree que si el bienestar de la industria a largo plazo tiene la más alta prioridad, al establecerse las regulaciones la preferencia debe ser dada al incremento de la abundancia del stock desovante hasta conducirlo a su nivel más productivo, es decir, alrededor de los 8 millones de toneladas.

Cualquier captura antes de Octubre de 1973 contribuiría a reducir aún más el stock desovante en el invierno de 1973 y a aumentar la probabilidad de que el reclutamiento proveniente de ese desove (del cual depende el éxito de la pesquería de 1974) será bajo o muy bajo. El Panel cree por consiguiente que, si fuera posible, no debería pescarse nada entre Abril y Setiembre de 1973 y que, si algo de pesca es permitida, las capturas deben ser limitadas al más bajo nivel posible.

De la abstención de pescar antes de Octubre de 1973 no puede esperarse una gran diferencia en las capturas que puedan hacerse durante el resto de 1973 y el comienzo de 1974 provenientes de los peces actualmente existentes en el área de pesca. Se han hecho los cálculos del cambio en la biomasa total de la población entre el 1º de Abril y el 1º de Octubre en el caso de no realizarse ninguna pesca durante este período. Se usó una gama de valores de mortalidad natural y de patrones de crecimiento los cuales dieron como resultado cambios en la biomasa que van del 10% al + 5%, esto quiere decir que el producto que se puede obtener del stock presente resulta más o menos el mismo ya sea que la cosecha se realice en Abril o en Octubre.

Antes de tomarse cualquier decisión concerniente a la pesca después de Octubre es de gran conveniencia que se haga una evaluación adicional del stock. El grado de concordancia entre los diferentes estimados del stock para 1972 - 1973 es altamente satisfactorio. No obstante, hay diferencias entre ellos y cada uno está sujeto a errores de variados orígenes.

Como consecuencia, el tamaño de la población al 1 de Marzo de 1973 puede caer fuera de los límites de amplitud de 2 y 4 millones de toneladas

estimados arriba aunque tales límites constituyen la mejor estimación posible con la evidencia disponible. Si el stock es pues de más de 4 millones de toneladas, y teniendo en cuenta el probable balance entre el crecimiento y la mortalidad natural, un peso adicional equivalente de pescado estará disponible para su cosecha en Octubre, en tales circunstancias, el posponer la cosecha hasta Octubre significaría una pequeña pérdida en la captura. Por otra parte, el stock al 1º de Marzo ha podido ser menor de 2 millones de toneladas, en cuyo caso el stock desovante de Agosto - Setiembre será muy bajo y cualquier captura antes de estos meses aumentaría sustancialmente el riesgo de un completo fracaso del reclutamiento.

Los dos elementos que necesitan ser controlados en particular antes de que se permita cualquier pesca en las postrimerías de 1973 son la abundancia de los peces adultos y el éxito del desove. La abundancia de adultos puede ser estimada con precisión solamente después de que los reclutas comiencen a tener un tamaño pescable en Diciembre 1973 - Marzo 1974, pero alguna idea del mismo puede obtenerse a base de la ocurrencia de huevos y larvas en el plancton a partir de Agosto.

Sobre la base de la evidencia actual se espera que los peces adultos serán escasos en Octubre —alrededor de 2 millones de toneladas si se suspende la pesca— y que no habrá signos de ningún desove exitoso. En tal caso, deberá escogerse entre los intereses de la pesquería a corto y a largo plazo. La política de continuar la clausura después de Octubre conduciría a una reducción del producto obtenible de los peces existentes al presente. Muchos de estos peces serán viejos en Octubre y las pérdidas por mortalidad natural excederán, en creciente medida, las ganancias que resultan del crecimiento de los sobrevivientes. Sin embargo, no hay duda de que la política que elevaría la tasa de recuperación del stock a un máximo y mantendría el riesgo de colapso a un mínimo, sería la de continuar la prohibición de pesca hasta que el stock se haya claramente reconstruido hasta más o menos el nivel de 1966-70.

## 8. Peces para la Alimentación

En su tercer informe el Panel sugirió que los cálculos de los stocks de merluza, así como de los rendimientos que se puede pensar obtener, derivado del trabajo del "Chatyr Dag" eran demasiado optimistas. Se habían computado densidades de 1,300 toneladas de merluza adulta por milla náutica cuadrada sobre un área de 3,000 millas cuadradas. Subsecuentemente, trabajos más completos realizados por el "Profesor Mesyatsev" indican densidades de solamente 1/10 de las anteriores para el invierno de 1972 (128 toneladas por milla cuadrada) y sugieren una relación más razonable entre el producto y el stock virgen (25%). Sin embargo, la merluza se ha extendido más al sur de sus límites normales durante el verano de 1972 (hasta Pisco) tal vez como un efecto de "El Niño" y el área sobre la cual este stock fue encontrado es mucho mayor (21,000 millas cua-

dradas) de modo que la captura anual proyectada es de 600,000 toneladas. Durante la primavera la merluza se contrajo a su área normal al norte de Chimbote, en ese entonces su densidad por milla cuadrada fue de 293.\* La cifra usada para la eficiencia de la red es de 50%, pero no es claro si ella se basa en la distancia entre las alas o entre las puertas. Para el primer caso el estimado podría ser muy alto debido a la concentración de peces en el camino de la red como secuencia del barrido.

Así todavía existe inseguridad en cuanto a estas estimaciones del potencial de pesca. Si se considera en conjunto los peces de fondo y los pelágicos, el nuevo trabajo soviético sugiere la posible disponibilidad anual de alrededor de un millón de toneladas de peces de consumo humano directo aparte de la anchoveta, principalmente merluza, caballa y jurel. El Panel no ve razón para considerar esto como imposible, pero de todos modos cree que el planeamiento de facilidades debe hacerse a base de no más de 300,000 toneladas hasta que se disponga de datos más firmes provenientes de la experiencia comercial y de investigaciones adicionales.

La sorprendente abundancia de sardinias juveniles en las capturas de anchoveta durante Marzo de 1973 ha sido ya discutida. El planeamiento para la pesca para consumo humano directo debe también tener en cuenta el eventual destino de una parte substancial de la pesca de anchoveta al consumo humano directo.

## 9. Sumario del Informe

Se presenta una revisión de los sucesos de las pesquería en el lapso desde la anterior reunión del Panel en Julio 1972 y de lo que se piensa ha tenido lugar en el recurso y en su medio ambiente; se indican diversas líneas de investigación del stock.

Se resume la evidencia colateral acerca de los stocks y de su medio ambiente; esta se relaciona con el fenómeno de "El Niño", con las aves guaneras, el aumento de las capturas de sardinias, el contenido graso de la anchoveta y los estadios de maduración de la misma. Cada una de estas entidades indican que recientemente han prevalecido condiciones especiales en el ambiente de la anchoveta, en su biota asociada y en ciertos aspectos de su fisiología.

Se ha hecho una detallada revisión de varios tipos de investigación de las poblaciones de anchoveta y de las evidencias que, acerca del estado del recurso, pueden derivarse de tales investigaciones.

Se examinó la evidencia obtenida del uso de equipo acústico en el estudio de la distribución de stocks y en la estimación de su abundancia; el tra-

\* Este valor no ha sido dado en los informes de los Soviéticos pero se dedujo que el área al Norte de Chimbote era del orden de 8,857 mn<sup>2</sup>

bajo se realizó mediante exploraciones de varias embarcaciones (exploraciones Eureka) y de exploraciones especiales con el barco de investigación SNP-1; también se hizo uso de equipo eco-integrador. Se discuten las fuentes de errores sistemáticos existentes en ese trabajo. Se llega a la conclusión que lo que ese trabajo indicó fue que en Febrero de 1973 existía alrededor de 4 millones de toneladas de anchoveta.

Se discuten los datos referentes a las exploraciones de huevos y larvas recientemente realizadas y se les compara con los resultados de trabajos anteriores, los cálculos a base de los datos más recientes sugieren que el stock desovante en Setiembre de 1972 estuvo entre 2.5 y los 3 millones de toneladas.

Se discuten recientes estudios en los cuales se aplicaron métodos de las poblaciones "virtuales" llamándose la atención a las indicaciones que dan estos estudios respecto a los niveles de la mortalidad natural y por pesca; se discute el significado biológico de la predación por aves guaneras a la luz de los resultados obtenidos de esos estudios.

Se llama la atención hacia la importancia que para esta clase de investigación de poblaciones tiene el disponer de una medida del "esfuerzo de pesca" que se relacione realmente a la mortalidad. Se ofrecen sugerencias para mejorar la unidad de esfuerzo "TRB-viaje", principalmente para tratar en forma más efectiva el tiempo de búsqueda como la variable que más íntimamente se correlaciona con aquella que determina la mortalidad por pesca. Se presentan los resultados de los cálculos hechos sobre esta base.

Se presentan y discuten estimados del tamaño de los stocks; primero por medio del análisis de datos de captura por unidad de esfuerzo, tomando los registros de TRB-viaje como medida del esfuerzo; luego por un análisis tipo De Lury usando como medida del esfuerzo los registros de horas de búsqueda. El primer método sugiere que el stock en Marzo de 1973 fue sólo un tercio de lo que había sido en ese mes en años anteriores; el segundo indica un stock de 2.1 millones de toneladas al 5 de Marzo de 1973.

Se ofrece un examen de la evidencia concerniente a la composición por tamaños de los stocks y a la cuestión del reclutamiento; este trabajo indica que el stock en el tiempo estudiado tenía reclutas equivalentes al 25% del promedio para 1966-71 y peces adultos por sólo el 12.5% del promedio para los mismos años.

La relación entre stock y reclutamiento es discutida en términos de la curva stock/reclutamiento preparada en la anterior sesión del panel.

Se discute el efecto total de estas piezas de evidencia separadas; se concluye en general que la evidencia señala que el stock se encuentra a un 30% hasta 45% de su nivel normal. Se llama la atención hacia una discrepancia existente entre los estimados que se basan en las estadísticas de cap-

turas y del esfuerzo empleado para conseguirlas, por un lado, y los basados en las exploraciones acústicas y de huevos y larvas por el otro; se señala que los primeros difieren de los otros en parte debido a la diferencia entre la captura real (todos los peces muertos por pesca) y los desembarques.

Se considera los modos en que la condición "El Niño" podría afectar los stocks; estos podrían ser a través del comportamiento y distribución de los mismos; a través del reclutamiento y a través del crecimiento y la mortalidad natural; no existe sin embargo evidencia directa en cuanto a la manera cómo las condiciones de "El Niño" podrían influir estos procesos.

Se llama la atención al paralelismo existente en varios aspectos entre los eventos acaecidos recientemente en esta pesquería y lo sucedido en otras pesquerías de especies similares, las cuales fracasaron después de un período de pesca intensiva. Se discute la posibilidad de que una substitución de especies (sardina por anchoveta) esté llevándose a cabo, la cual correspondería a la substitución inversa (anchoveta por sardina) que tuvo lugar en las costas de California.

Se discuten las alternativas referentes a la pesca permisible.

Se hace un comentario respecto a las estimaciones actuales de los stocks de peces para consumo humano directo.

**Apéndice I****Lista de Participantes****Miembros del Panel**

L. K. Boerema (Secretario Técnico)	Departamento de Pesca, FAO
J. A. Gulland	Departamento de Pesca, FAO
G. I. Murphy (Director)	Hawaii Institute of Marine Biology University of Hawaii, U.S.A.
W. E. Ricker	Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo, B. C., Canada
B. J. Rothschild	National Marine Fisheries Service, La Jolla, California, U.S.A.
G. S. Saetersdal	Institute of Marine Research, Bergen, Noruega
A. Saville	Marine Laboratory, Aberdeen, Escocia, UK

**PNUD/FAO Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero**

R. E. Craig	
G. L. Kesteven	Director del Proyecto

**Consultor**

W. G. Clark	University of Washington, U.S.A.
-------------	----------------------------------

**Participantes del Instituto del Mar, Perú**

R. Jordán	Director del Dpto. de Investigaciones Pesqueras en el Mar
A. Ch. de Vildoso	Jefe de la División de Biología
J. E. Valdivia	Jefe de la División de Dinámica de Poblaciones
I. Tsukayama	Dpto. de Dinámica de Poblaciones
L. A. Poma	Dpto. de Dinámica de Poblaciones

**Representantes del Ministerio de Pesquería, Perú**

Ulises Robles

María E. Chamorro

Dirección General de Investigación  
Científica y Tecnológica

**Representantes de la industria pesquera**

L. B. Izaguirre

Sociedad Nacional de Pesquería, Lima

R. Villanueva

Operaciones y Servicios S. A., Lima



**Apéndice II****Agenda**

1. Apertura de la reunión y elección del presidente.
2. Aceptación de la Agenda.
3. Revista breve de las pesquerías, del estado de la industria, cambios en el número de las plantas y los barcos, así como de las investigaciones después de la última reunión del Panel.
4. Descripción de la Situación Oceanográfica.
5. Revista de los Datos disponibles.
  - a) Eureka y otros levantamientos.
  - b) Datos de la captura y el esfuerzo comercial.
  - c) Datos sobre producción de huevos.
  - d) Otros.
7. Análisis especiales
  - a) La población virtual y el análisis de cohortes.
  - b) Cambios en crecimiento (aumento en la proporción que son los peces grandes)
  - c) Frustraciones en el reclutamiento y análisis de la relación de la existencia de adultos con reclutamiento.
  - d) Abundancia de alimentos (contenido de grasa) y predadores.
  - e) Separación de las existencias (longitud de agallas y otros datos)
  - f) Otros.
8. Evaluaciones
  - a) Revista de las evaluaciones anteriores.
  - b) Evaluación de la situación actual.
9. Asesoramiento sobre reclutación
  - a) Para 1972.
  - b) Para temporadas posteriores.
10. Asesoramiento a la FAO y al IMARPE sobre investigaciones en el futuro.
11. Recursos potenciales de otras especies de peces.
12. Adopción del informe.

**Apéndice III****Análisis de Cohortes**

La abundancia inicial  $N_0$  de un cohorte (grupo de individuos desovados en un intervalo distinto de tiempo) en el momento de su reclutamiento, así como la tasa de mortalidad natural  $M$  a la cual ha estado sujeto el cohorte durante el tiempo en que está pescable, son determinadas únicamente ya que están especificadas las siguientes características:

- ( I ) captura en número por edad,
- ( II ) peso promedio de los individuos por edad,
- (III) rendimiento en peso a los predadores del cohorte durante el tiempo que está estable,
- (IV) la proporción del número inicial que sobrevive al fin del tiempo que está pescable el cohorte.

Datos básicos sobre captura y crecimiento de los cohortes fueron presentados en un estudio por Valdivia y Burd, al Panel en su tercera sesión. El cálculo del consumo, en peso, por los predadores fue difícil de hacer, sin embargo, valores aproximativos del mínimo y máximo de la predación sobre cada año-clase fueron derivados de datos con respecto a las aves y el bonito. No se puede calcular la sobrevivencia al final del último mes en el cual individuos de un cohorte están presentes en la captura; sin embargo, afortunadamente el valor preciso de la sobrevivencia no tiene gran importancia —los cálculos de  $N_0$  y  $M$  son todos muy semejantes para todos los valores de sobrevivencia que son menos que 0.02, y aparentemente es cierto que la sobrevivencia es menos que 0.02 cuando un cohorte desaparece permanentemente de la captura.

Aunque son obtenidos por los cálculos arriba indicados no se pueden computar directamente  $N_0$  y  $M$ ; en lugar de calcularlos directamente es necesario obtenerlos por aproximación sucesiva la cual se hace por computadora. Los cálculos y los resultados obtenidos están descritos detalladamente abajo.

**Datos sobre captura y crecimiento**

Los datos sometidos por Valdivia y Burd incluyen la captura en números por mes para cada cohorte que entró a la pesquería en las regiones norteña y central durante los años 1962 - 1972. Son solamente los cohortes de los años 1962 - 1970 de los cuales trata el análisis actual porque es muy probable que todavía sobreviva más que 2% de las reclutas de los años 1971 - 1972.

La longitud promedia por mes fue disponible con respecto a los cohortes de 1962 - 1967. Cuatro cuadros compuestos de la longitud a cada edad fueron preparados de esos datos para los cohortes reclutados en verano y otoño en las regiones norteña y central. El crecimiento de los reclutas de los años 1968 - 1970 fue representado por estos dos cuadros compuestos.

Cuando los datos sobre captura en número fueron transformados a datos de captura en peso, por aplicación de los cuadros de longitud-edad, así como de una ecuación para la relación de longitud-peso, el acuerdo de los resultados con el registro de captura por año y región fue bastante bueno, aunque los resultados normalmente fueron 5% más grandes que el registro de captura para obtener un acuerdo más estrecho para cada región, así como para cada año 1964-1970, la relación longitud-peso se ajustará con un factor pequeño de corrección, adecuado para cada año. El promedio de los factores de corrección para los años 1964-1970 se aplicó a los datos de 1962, 1963, 1971 y 1972 de los cuales, las capturas calculadas no incluyeron todos los cohortes presentes en las capturas reales.

### **Cálculos de la predación**

Los principales predadores conocidos de la anchoveta son las aves guaneras, lobos marinos y diversos peces. Otros predadores así como el calamar, también consumen grandes cantidades de anchoveta, aunque es muy difícil calcular la cantidad.

La predación por las aves se calculó de los datos del censo suponiendo que el alcatraz y los piqueros consumen más o menos la misma cantidad de anchoveta que consume el guanay, el cual es la mayoría de la población de las aves de 1972. El consumo por el guanay es aproximadamente un medio kilo por día. Visto que el guanay pasa más o menos la mitad del año en el Perú, cada ave puede consumir aproximadamente 90 kg por año como mínimo. El estimado por IMARPE de un consumo de 157 kg por ave por año conduce a una cifra alta para el consumo total por las aves. Los estimados bajos del consumo por las aves son entonces alrededor de  $1.5 \text{ m} \times 10^6 \text{ t}$  por año en los años iniciales de la pesquería y alrededor de  $0.4 \text{ m} \times 10^6 \text{ t}$  por año más recientemente, las cuales se deben comparar con los estimados altos correspondientes de alrededor de  $2.5$  y  $0.7 \times 10^6 \text{ t}$  por año.

El consumo por los lobos marinos probablemente no es muy grande, suponiendo una población de alrededor de décimos de miles de individuos cada uno de los cuales consume unas toneladas de anchoveta por año. Se tomó 100,000 t por año como cifra baja y de 500,000 t por año como estimado alto del consumo por los lobos marinos.

El alimento del bonito es casi exclusivamente anchoveta. La cantidad consumida por la población del bonito se calcula por suponer que la captura promedio desde 1962 hasta 1966 (cuando la captura por unidad de esfuer-

zo estaba más o menos constante) representó la mitad de la producción excesiva de las existencias. La captura por unidad de esfuerzo disminuye hasta la mitad de 1966. Para el período 1962-1972, se calculó la producción excesiva de cada año como una función lineal de captura por unidad de esfuerzo, tomando el valor promedio de la captura por unidad de esfuerzo y captura el doble del promedio desde 1962-1966 para fijar la línea. Se dividió entonces la captura calculada por una eficiencia supuesta de transferencia para obtener un cálculo del consumo total de la anchoveta. Con una alta eficiencia de transferencia de un 10% se obtuvo un cálculo bajo de consumo (0.5 hasta 1.5 t por año) mientras que una eficiencia de transferencia más realista de 5% proporcionó cálculos el doble de esos valores.

Una gran proporción de la dieta de unas otras especies de peces de consumo (caballa, "mackerel", "jack mackerel", "horse mackerel") es de anchoveta, sin embargo, así como el bonito, éstas especies han estado sujetas a una presión de pesca que se aumentó en la última década. Se supuso que el consumo total por estas especies fue comparable a la del bonito y por esto los cálculos altos y bajos para estas especies se obtuvieron tomando los cálculos correspondientes para bonito.

Los cálculos arriba mencionados —para aves, lobos marinos, bonito y otras especies de peces de consumo— suman a una cifra de  $4.5 \times 10^6$  t por año (cifras bajas) hacia  $9.0 \times 10^6$  t por año (cifras altas de los años 1962-1965). Todavía por considerar está la cantidad consumida por predadores desconocidos y poco conocidos, así como el calamar. Se escogieron arbitrariamente las cifras de  $1.5 \times 10^6$  t por año como estimados bajos y altos de esta cantidad.

Los resultados se basaron en el promedio de los estimados altos y bajos para cada año. El consumo por los predadores se dividió entre regiones en proporción con las capturas de cada región en cada año. En el Cuadro 19 se muestran los totales para las regiones norteña y central. Dentro de cada región, el rendimiento total a los predadores de un cohorte en particular durante todo el tiempo que fue pescable se calculó por dividir la captura en peso tomada de ese cohorte por la captura total tomada de todos los cohortes en la región durante los años relevantes y después por multiplicar esa razón por el estimado del total, calculado por los predadores en la región durante esos años. En consecuencia, el rendimiento de un cohorte a los predadores fue proporcional a su rendimiento en peso y la pesquería durante todo el tiempo en el cual estaba pescable, pero no durante cada año. En particular el consumo por predadores calculado fue más grande en relación con las capturas durante el año de reclutamiento que con las capturas en años posteriores.

### **Selección de los Cálculos**

Habiendo cálculos disponibles del peso individual por edad, de captura en número por edad, y el rendimiento total en peso a los predadores para

cada cohorte, se calcularon la abundancia,  $N_0$  al tiempo de reclutamiento, así como, una tasa constante de la mortalidad natural  $M$  para cada cohorte de la manera descrita anteriormente. Aunque las cantidades  $N_0$  y  $M$  para un cohorte dado tuvieron virtualmente los mismos valores para cualquier sobrevivencia final menos que 0.02, las tasas estimadas de la mortalidad por pesca en el último año fueron muy sensibles a la razón de sobrevivencia calculadas para el fin del tiempo durante el cual el cohorte estaba pescable. Los cálculos escogidos fueron aquellos que tuvieron correspondencia más estrecha entre las tasas de mortalidad por pesca del último año y las del penúltimo año, sujetas sin embargo a la restricción que la sobrevivencia tuvo que estar menos que 0.02. No se pudo aplicar este criterio a los cohortes que desaparecieron de la pesquería en el año calendario siguiendo al año de reclutamiento. En estos casos se escogieron como cálculos los que proporcionaron una razón entre las tasas de mortalidad por pesca de los adultos y los reclutas igual a la tasa encontrada para los cohortes de larga vida.

Se debe destacar que la gama de elecciones hacia este punto no involucró ninguna diferencia importante en los cálculos de abundancia inicial, de la tasa de mortalidad natural, ni en las tasas de mortalidad por pesca en la primera parte del historial de la captura. Las únicas cifras muy variables fueron las tasas estimadas de la mortalidad por pesca calculadas con respecto a cada cohorte para los últimos meses de su presencia de la pesquería.

### **Resultados del Estudio**

En el Cuadro 20 se ve la abundancia estimada para cada cohorte en el momento de reclutamiento. El desove de primavera aparentemente fue muy exitoso en 1963, 1968 y 1969, mientras que el de 1967 fue muy pobre. Los resultados del desove de verano aparentemente fueron menos variables.

En el Cuadro 21 se ven las tasas de mortalidad natural calculada para cohortes, y en el Cuadro 22 las tasas de mortalidad natural calculadas para cohorte y edad. En el Cuadro 23 se muestran las mortalidades promedios a las cuales se calculan que los peces desovados en primavera (grupo 1) estuvieron expuestos durante cada año. Se calcula que la mortalidad natural era alrededor de 1.0 anteriormente a "El Niño" de 1965 y alrededor de 0.65 en los años posteriores. La tasa de mortalidad por pesca de las reclutas aparentemente aumentó desde alrededor de 0.5 anteriormente a "El Niño" de 1965 hacia 0.65 después.

En el Cuadro 24 se ve la edad promedio en meses, de los individuos en la captura tomada de cada cohorte desovado en primavera (tomando la apariencia primera en la captura como el tiempo de edad 0). La explicación de las reducciones después de 1965 es, según éste análisis, una disminución en la tasa de mortalidad natural más un aumento en la tasa de mortalidad por pesca sobre las reclutas, de las cuales ambos sirven para aumentar la tasa de explotación de los peces juveniles (desde cerca de 0.24 hacia alrededor de 0.36).

La tasa de mortalidad por pesca estimada para los adultos quedaban alrededor de 1.40 hacia 1966, pues se bajó abruptamente en 1967, para

subir rápidamente hasta 1970 después de lo cual cayó otra vez en 1971. Una comparación de los primeros años con los últimos indica que en los años 1966-1967, la tasa de mortalidad por pesca de las reclutas fue relativamente alta en comparación con la que se halló en los adultos (más de la mitad de la tasa adulta en 1966-1968 en contraste con una tercera o menos en otros años). Este patrón puede indicar que se concentró la pesquería en estos años sobre las reclutas. Como un resultado de una mortalidad por pesca reducida sobre los adultos, el año-clase de 1966 persiste más largamente que ningún otro año-clase anterior de la pesquería, proporcionando capturas substanciales en el año 1968.

La segunda disminución dramática en la tasa de mortalidad por pesca de los adultos ocurrió en 1971. Como se discute abajo, ésta resultó en forma aparente, principalmente de la alta abundancia del año-clase 1970, pero una reducción mayor en esfuerzo desde 1970 (así como una reducción en la captura total) también contribuyó a una reducción de la tasa de explotación.

Un historial mensual de la población para cada cohorte se construyó de los cálculos de abundancia inicial, tasa de mortalidad natural, y las tasas mensuales de la mortalidad por pesca; se sumaron la biomasa de todos los cohortes presentes en la pesquería de cada mes calendario para representar un historial de la abundancia poblacional, como se ve en la Figura 1. Aparentemente, la población se mantuvo más o menos constante en tamaño desde 1964 hasta 1969, cuando un aumento substancial llegó por la entrada de los años clases fuertes de 1969-1970. Esos años-clase grandes, pescados ligeramente como adultos en 1971, y seguidos por el año-clase más pequeño de 1971, aumentaron no solamente en el tamaño de la población pero también su edad promedio.

No se pudo calcular el tamaño de los cohortes de 1971 y 1972 por el método actual. El reclutamiento de 1971 se juzgó, tomando como base las capturas de los primeros 12 meses, como pobre (quizás más o menos el mismo como la de 1960); sin embargo, los niveles de abundancia así como de las tasas de mortalidad provistos por este análisis dependen por supuesto del cálculo del nivel de consumo por los predadores. Al mismo tiempo, los cálculos de los cambios de largo plazo en las tasas de mortalidad dependerán de los cálculos de los cambios a largo plazo en el consumo por los predadores. Estos niveles y las tendencias de largo plazo se diferenciarán con otros cálculos razonables del rendimiento a los predadores.

Unos de los acontecimientos más importantes de este historial fabricado no dependen, sin embargo, de los cálculos de rendimiento a los predadores; éstos incluyen la disminución marcada en la tasa de mortalidad por pesca de los adultos en 1970 y otra vez en 1971, el aumento constante en la tasa de mortalidad por pesca sobre las reclutas hasta 1968, así como el aumento substancial en existencias de 1970 y 1971 sobre los de los años anteriores. Se puede decir también que unas existencias relativamente grandes de adultos produjeron cohortes relativamente pequeños en 1968 y 1971, así como que pequeñas existencias de adultos produjeron años-clases en 1965, 1969 y 1970.

TABLA 1 Capturas y número de barcos por día, en el área Sur, desde el 20 de Noviembre 1972 al 10 de Enero 1973.

TABLE 1 Catches, and number of boat days, in the Southern area from 20 November 1972 till 10<sup>th</sup> January 1973.

Mes Month	Captura (T.M.) Catch (T.M.)	Nº de barcos por día Nº of boat-days
November (20 — 30)	72,614	795
December ( 1 — 29)	117,406	1,130 (*)
January ( 2 — 10)	18,267	288
<b>TOTAL</b>	<b>208,287</b>	<b>2,213</b>

\* Estimado

TABLA 2 Captura mensual de anchoveta en 1972.

TABLE 2 Monthly anchoveta catch in 1972.

January	17,318
February	159,483
March	1'834,710
April	1'551,448
May	531,108
June	153,606
November	72,614
December	127,205
<b>TOTAL</b>	<b>4'440,945</b>

TABLA 3 Desembarques, N° de viajes y capturas promedio por viaje de la flota anchovetera según puertos, Marzo 1973.

TABLE 3 Landings, N° of trips and mean catches per trip of the anchoveta fleet by ports, March 1973.

Puertos	Desembarques					Número de viajes			Captura promedio por viaje		
	Total	Anchoveta		Otras Especies		Total	con pesca	sin pesca	Total	Anchoveta	Otras Especies
		T.M.	%	T.M.	%						
Chicama	5,076			5,076	100.0	33	33	0	153.8	0	153.8
Chimbote	217,441	158,145	72.7	59,296	27.3	2,068	1,758	310	105.1	76.5	28.7
Samanco	11,625	9,552	82.2	2,073	17.8	124	107	17	93.8	77.0	16.7
Casma	8,696	7,725	88.8	971	11.2	96	82	14	90.6	80.5	10.1
Huarmey	41,855	37,070	88.6	4,785	11.4	514	505	9	81.4	72.1	9.3
Supe	172,071	128,179	74.5	43,892	25.5	1,740	1,679	61	98.9	73.7	25.2
Végueta	39,630	30,816	77.8	8,814	22.2	253	249	4	156.6	121.8	34.8
Carquin	79,217	57,470	72.5	21,747	27.5	642	620	22	123.4	89.5	33.9
Chaneay	79,158	55,895	70.6	23,263	29.4	977	922	55	81.0	57.2	23.8
Callao	151,871	82,977	54.6	68,894	45.4	1,342	1,295	47	113.2	61.8	51.3
Pucusana	15,194	14,223	93.6	971	6.4	200	161	39	76.0	71.1	4.9
T. Mora	164,505	153,233	93.1	11,272	6.9	1,289	1,268	21	127.6	118.9	8.7
Pisco	206,253	193,501	93.8	12,752	6.2	1,297	1,246	51	159.0	149.2	9.8
Atico	10,449	10,231	97.9	218	2.1	172	147	25	60.8	59.5	1.3
La Planchada	7,219	7,123	98.7	96	1.3	108	93	15	66.8	66.0	0.9
Mollendo	7,628	7,492	98.2	136	1.8	156	117	39	48.9	48.0	0.9
Ilo	24,528	24,196	98.6	332	1.4	801	674	127	30.6	30.2	0.4
<b>TOTALES</b>	<b>1'242,416</b>	<b>977,828</b>	<b>78.7</b>	<b>264,588</b>	<b>21.3</b>	<b>11,812</b>	<b>10,956</b>	<b>856</b>	<b>105.2</b>	<b>82.8</b>	<b>22.4</b>



TABLA 4 Historia actual de la población de Aves Guaneras Peruanas.

TABLA 4 Recent history of the Peruvian Guano Bird Population.

Año Year	Número (en millones) Number (in million)
1960-61	12.6
1961-62	17.0
1962-63	18.1
1963-64	14.7
1964-65	16.5
1965-66	4.4
1966-67	4.6*
1967-68	4.3*
1968-69	5.2*
1969-70	4.7*
1970-71	4.5*
1971-72	6.5*
1972-73	1.0

\* Cifras promedio de dos censos

\* Mean figures from 2 censuses.

TABLA 5 Población de Aves Guaneras durante las dos últimas exploraciones.

TABLE 5 Population of Guano Birds during the last two surveys.

Fecha Date	Guanay Guanay	Bubia Gannet	Pelicano Pelican	Total
10.2.72	4.06	2.19	0.56	6.8
%	60	32	8	100
10.12.72	0.424	0.439	0.175	1.033
%				100

La capacidad de aumento de población puede llegar a ser negativa, y las aves pueden estar amenazadas con su extinción.

The population capacity for increase might become negative, and the birds may be threatened with extinction.

TABLA 6 Largo total de sardina medida en Végueta, Marzo 5-19, 1973.

TABLE 6 Total length of sardine measured at Vegueta, March 5-19, 1973.

Length	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0
Number	3	9	8	22	25	39	31	30	13

TABLA 7 Porcentaje de hembras en el V estado de madurez en peces de 13 cm. por puerto.

TABLE 7 Percentage of ripe females (maturity stage V) in fish of 13 cm. length, by port.

Año Year	Callao	Chimbote
1964	68.6	70.6
1965	69.3	4.5
1966	69.0	44.9
1967	68.3	74.4
1968	62.1	74.4
1969	62.1	78.9
1970	49.6	72.2
1971	12.8	28.6
1972	54.0	77.2

TABLA 8 Operaciones EUREKA que cubrieron gran parte o el total de la Costa.

TABLE 8 Multi-ship surveys with coverage of large part or whole coast.

Año Year	Investigación Survey	Fecha Date	Nº barcos Nº Vessels	Area cubierta Area covered	Informe de Referencia Report Reference
1966	EUR. VI	17 Aug.	8	Salaverry - S. Juan	IMP-10
1967	EUR. VIII	24 Aug.	16	Pimentel - Ilo	IMP-14
1968	EUR. IX	12 March	15	Pimentel - Camaná	IMP-26
1968	EUR. X	23 Aug.	10	Pacasmayo - S. Juan	IMP-29
1969	EUR. XIV	22 Aug.	20	Pimentel - Ilo	IMP-50
1970	EUR. XV	14 March	14	Salaverry - Ilo	—
1970	EUR. XVII	24 Aug.	18	Chimbote - Ilo	IMP-64
1971	EUR. XVIII	18 Febr.	22	Pimentel - Ilo	IMP-77
1971	EUR. XIX	24 Aug.	17	Salaverry - Ilo	IMP-90
1972	OYSSA	26 Febr.	13	Pimentel - S. Juan	—
1972	EUR. XX	29 April	23	Pimentel - Ilo	IMP-105
1972	EUR. XXI	18 June	17	Pimentel - Ilo	IMP-110
1972	EUR. XXII	19 July	16	Paita - Ilo	IMP-111
1972	EUR. XXIII	3-6 Aug.	25	Paita - Ilo	IMP-112
1972	EUR. XXIV	5-8 Sept.	36	Paita - Ilo	IMP-115
1972	EUR. XXV	20-23 Oct.	23	Paita - Ilo	IMP-117
1973	EUR. XXVI	20-23 Jan.	42	Paita - Ilo	IMP-122

TABLA 9 EUREKAS de verano. Estimados de la extensión de las áreas de distribución, totales y por categorías. Ajustados para el intervalo de latitud involucrado en cada investigación.

TABLE 9 Summer EUREKA's. Estimates of extent of areas of distribution, totals and by categories, and adjusted for latitude coverage of each survey.

Density Scale	EUR. IX 6803	EUR. XV 7003	EUR. XVIII 7102	OYSSA 7202	EUR XXVI 7301
1	18165	5755	11885	8497	8275
2	11340	4780	14030	1736	2641
3	1785	2100	4070	667	1614
4	70	150	115	170	139
$\Sigma$	31360	12785	30100	11070	12669
$\Sigma$ 2-4	13195	7030	18215	2573	4394
Latitude Coverage	9	6.5	10.5	8	10
$\Sigma$ adjusted	3484	1967	2867	1384	1267
$\Sigma$ 2-4 adj.	1466	1082	1735	322	439

NB. Survey coverage beyond Pimentel not included.

TABLA 10 Eureka de Verano (La abundancia relativa calculada de distintas áreas de densidad ponderadas por los valores obtenidos de la calibración del integrador y ajustadas por proporción de la extensión latitudinal).

TABLE 10 Summer Eureka (Relative abundance estimated from density areas weighted to integrator calibration values and adjusted to latitude coverage. (Calibration results arbitrary scale: 1 = 1, 2 = 4, 3 = 14, 4 = 46).

Categoría Category	Eureka IX (6803) Area n.m <sup>2</sup>	Abundance	Eureka XV (7003) Area n.m <sup>2</sup>	Abund.	Eureka XVIII (7102) Area n.m <sup>2</sup>	Abund.	OYSSA (7202) Area n.m <sup>2</sup>	Abund.	Eureka XXVI (7301) Area n.m <sup>2</sup>	Abundance
1	18165	18165	5755	5755	11885	11885	8497	8497	8275	8275
2	11740	45360	4780	19120	14030	56120	1736	6944	2641	10564
3	1785	24990	2100	29400	4070	56980	667	9338	1614	22596
4	70	3220	150	6900	115	5290	170	7820	139	6394
		91735		61175		130275		32599		47820
Latit. Cover		9		6.5		10.5		8		10
adjusted		10192		9412		12407		4075		4783

NB: Survey coverage beyond Pimentel not included.

TABLA 11 EUREKAS de invierno. (La abundancia relativa calculada por EUREKAS de verano, vea TABLA 10).

TABLE 11 Winter EUREKA's. (Relative abundance estimated as for summer EUREKAS, See TABLE 10).

	EUR. IV 6608		EUR. VIII 6708		EUR. X 6808		EUR. XIV 6908		EUR. XVII 7008		EUR. XIX 7108		EUR. XXIV 7209	
	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.	Area n.m. <sup>2</sup>	Abund.
1	8120	8120	10360	10360	9800	9800	17661	17661	9622	9622	23590	23590	15995	15995
2	4900	19600	8575	34300	13320	53280	11770	47080	3484	13936	15727	62908	1325	5300
3	1750	24500	2475	34650	3770	52780	1849	25885	1768	24752	4951	69314	457	6398
4	0	0	105	4830	490	22540	0	0	49	2254	0	0	23	1058
Σ		52220		84140		138400		90626		50564		155812		28751
Latit.														
Cover		6		10		8		10		10		9		10
Σ adj.		8703		8414		17300		9062		5056		17312		2875

TABLE 12 SNP-1 surveys. Relative abundance estimated from density areas weighted to integrator calibration values.

TABLA 12 Investigaciones del SNP-1. La abundancia relativa calculada de distintas áreas de densidad ponderadas por los valores obtenidos de la calibración del integrador.

Categoría Category	SNP-1 Cruise 7302 Feb. 7 - 28, 1973		SNP-1 Cruise 6902/03 Feb. 2 - 15 March 1969	
	Area n.m <sup>2</sup>	Abundance	Area n.m <sup>2</sup>	Abundance
1	2059	2059	3091	3091
2	2354	9416	3509	14036
3	964	13496	1508	21112
4	499	22954	519	23874
		<u>47925</u>		<u>62113</u>
Latit. coverage*		10		8.5
Adjusted		4.793		7.307

\* Se refiere a la EUR. XXVI.

\* Refers to EUR. XXVI.



TABLA 13 Cantidad promedio de huevos por m<sup>2</sup> entre el área 6° y 14°STABLE 13 Average egg number per m<sup>2</sup> in the area between 6° and 14°S

Month	Nº of observ in July 1964- March 1971	Range in average egg numbers	Average 1964/5 1970/1	1971/2	1972/3
July	2	1-5	3	—	62
August	2	179-1249	714	379	55
September	5	419-2926	1482	—	108
October	1	87	87	—	43
November	5	17-575	280	255	—
December	1	26	26	—	—
January	1	57	57	—	172
February	3	20-181	101	—	—
March	2	0-212	106	—	—

TABLA 14 Componentes de mortandad natural en diferentes tamaños de stock de población de aves y anchoveta.

TABLE 14 Natural mortality components at different bird population and anchovetas stocks sizes.

	Max. anchoveta population 20 x 10 <sup>6</sup> tons	Min. anchoveta populat: on 5 x 10 <sup>6</sup> tons
Fish consumption under max bird population 2.8 x 10 <sup>6</sup> tons	.14	.56
Fish consumption under min. bird population .675 x 10 <sup>6</sup> tons	.04	.135

TABLA 15

TABLE 15

1. Número de barcos	1. Number of boats
2. Tiempo total de ausencia*	2 Total time absent*
3. Tiempo total hasta primera cala*	3. Total time to first shot*
4. Tiempo total calando*	4. Total time spent working net*
5. Tiempo total entre calas (¿buscando?)	5. Total time between shots (¿searching?)
6. Tiempo total después de la última cala hasta tiempo de llegada al puerto*	6. Total time after last shot until reaching port*
7. Tiempo total de búsqueda:	7. Total searching time:
a) tiempo ausente (2) — menos tiempo calando (4)*	a) time absent (2) less time spent working net (4)*
b) tiempo ausente (2) — menos tiempo calando (4)* con el tiempo estimado para viajar	8. b) time absent (2) — less time spent working net (4)* and time estimated for navigation
9. Número de viajes	9. Number of trips
10. Número de calas	10. Number of shots
11. Tiempo promedio por viaje	11. Mean time per trip

---

\* Estas cantidades se obtuvieron por sumar los valores obtenidos por cálculos sencillos sobre cada parte diario.

\* These quantities were obtained by summing values obtained by simple calculations on each log-sheet.

\* Estas cantidades se obtuvieron por operaciones sobre los totales de los acápite (2) y (4), más en el caso del acápite (8), un cálculo (de tiempo para viajar) basado en conocimientos de las distancias entre puertos y los puntos de pesca.

\* These quantities were obtained by operations on the totals of items (2) and (4), plus, in the case of (8), a calculation (of navigating time) based on knowledge of distances between points and grounds.

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 12. Tiempo promedio de búsqueda           | 12. Mean time searching        |
| 13. Tiempo promedio hasta la primera cala | 13. Mean time until first shot |
| 14. Tiempo promedio por cala              | 14. Mean time per shot         |
| 15. Tiempo promedio entre calas           | 15. Mean time between shots    |
| 16. Captura                               | 16. Catch                      |
| 17. Captura por viaje                     | 17. Catch per trip             |
| 18. Captura por cala                      | 18. Catch per shot             |
| 19. Captura por hora ausente              | 19. Catch per hour absent      |
| 20. Captura por hora de búsqueda:         | 20. Catch per hour searching:  |
| a) según la definición para 7.            | a) defined at 7.               |
| b) según la definición para 8.            | b) defined at 8.               |

TABLA 16 (a)  
TABLE 16 (a)

		viaje trip	calas shot	Captura promedio por Mean catch per		Tiempo promedio (horas) Mean time (hours)		
				hora ausente hour absent	hora de búsqueda* hour searching*	por viaje per trip	buscando por viaje* searching per trip*	por cala per shot
Chimbote	1	92	45	4.0	4.9	23	19	2.1
	2	114	49	3.3	3.9	34	29	2.1
	3	132	55	3.2	3.6	41	37	2.0
Supe	1	117	53	9.6	14.4	12	.8	1.9
	2	100	44	6.3	8.6	16	12	1.8
	3	100	48	6.9	9.5	15	11	1.9
Callao	1	110	52	8.0	11.7	14	9	2.1
	2	138	67	11.3	18.0	12	8	2.2
	3	115	54	8.2	12.0	14	10	2.1
Pisco	1	189	94	13.1	19.9	14	10	2.4
	2	158	84	8.8	11.6	18	14	2.3
	3	178	71	6.4	8.0	28	22	2.1
Tambo	1	167	62	11.3	16.6	15	10	1.8
	2	131	70	7.7	10.0	17	13	2.0
	3	143	62	6.0	7.3	24	20	1.8
Todo Perú**								
All Perú**								
	1	119	54	8.6	10.0	14	12	2.0
	2	117	57	7.0	9.0	17	13	2.0
	3	109	48	5.6	7.0	20	15	1.9

- \* El tiempo de búsqueda de estas columnas es lo que está definido para la columna 7 en el Cuadro 15.  
 \* The searching time of these columns is that defined for column 7 in Table 15.  
 \*\* Estas cantidades se obtuvieron por medio de tabulación mecánica de todos los partes diarios.  
 \*\* These figures were obtained from machine tabulation of all log — sheets.

TABLA 16 (b) Captura por TRB-viaje para cada año desde 1961 hasta 1972 y para cada semana de la pesquería de Marzo de 1973, para cada región y para todo el Perú.

TABLE 16 (b) Catch per GRT-trip for each year from 1961 to 1972 and for each week of the fishery in March 1973, for each region, and for the whole of Perú.

Año Year	Perú All	N	C	S
1961	.484	.443	.510	.498
1962	.575	.693	.529	.420
1963	.588	.499	.613	.785
1964	.613	.757	.546	.654
1965	.492	.501	.492	.470
1966	.539	.641	.463	.617
1967	.752	.934	.680	.505
1968	.765	.784	.777	.673
1969	.784	.841	.791	.557
1970	.728	.690	.787	.560
1971	.839	.783	.870	.840
1972	.843	.716	.905	.922
1973-1	.746		.797	.315
1973-2	.721		.757	.301
1973-3	.737		.770	.289

TABLA 17 Captura por día por la pesquería de anchoveta durante Marzo de 1973 con captura acumulativa.

TABLE 17 Catch per day by the anchoveta fishery during March 1973 with accumulative catch.

Fecha Date	Captura Catch	Captura acumulativa Cumulative Catch
5	90,755	90,755
6	92,727	183,482
7	80,128	263,610
8	83,470	347,089
9	83,124	430,204
12	90,246	520,450
13	80,108	600,558
14	68,354	668,912
15	73,979	742,891
16	96,826	839,717
19	126,363	966,080
20	60,936	1'027,016
21	101,585	1'128,601
22	60,030	1'188,631
23	51,402	1'240,033

TABLA 18 Índice de reclutamiento (número de reclutas por GRT-viaje durante los principales 3 meses de cada año, ajustados por un aumento en 5% de la eficiencia) para las regiones central y norte separadamente y combinadas.

TABLE 18 Recruitment index (numbers of GRT trip in the peak 3 months of each year, adjusted for 5% increased in efficiency) for northern and central regions, separately and combined.

Año Year	Región norte Northern region	Región Central Central region	Norte + Centro Northern and central
1961	264.57	400.10	332.34
1962	254.25	220.36	237.30
1963	198.88	167.44	183.16
1964	496.89	310.94	403.92
1965	195.20	189.91	192.56
1966	452.69	425.81	439.25
1967	189.22	577.45	383.34
1968	124.56	550.95	337.76
1969	273.17	480.23	376.70
1970	545.82	560.22	553.02
1971	564.46	513.81	539.14
1972			50.00
1973	150.00**	170.00**	160.00**

\*\* Sólo Marzo de 1973.

\*\* Only March 1973.

TABLA 19 Estimado del consumo por predadores (millones mt.).

TABLE 19 Estimates of Predator Consumption (million mt).

Año Year	Predación Predation	Capturas Catches	Total Sum
1962	10,276	5,994	16,270
1963	11,737	6,004	17,741
1964	9,417	8,078	17,495
1965	10,994	6,637	17,631
1966	8,958	7,623	16,581
1967	7,124	9,314	16,438
1968	6,550	9,450	16,000
1969	6,588	8,158	14,746
1970	6,428	10,929	17,357
1971	6,541	9,185	15,726
1972	6,700	3,506	10,206



TABLA 20 Estimados de la abundancia de cada cohorte por año y región (x 10<sup>-8</sup>).

TABLE 20 Estimates of cohort Abundance by Year and Region (x 10<sup>-8</sup>).

Year	Recruit Group 1			Recruit Group 2			Total
	North	Center	Total	North	Center	Total	
1962	2,487	2,876	5,363	1,154	3,641	4,795	10,158
1963	1,962	4,797	6,659	3,439	3,328	6,767	13,426
1964	4,572	7,326	11,898	738	3,215	3,953	15,851
1965	4,249	5,316	9,565	2,725	5,185	7,910	17,475
1966	3,607	5,130	8,737	1,695	2,111	3,806	12,543
1967	2,086	5,876	7,963	1,139	4,350	5,489	13,542
1968	1,017	3,641	4,658	1,693	2,333	4,026	8,685
1969	1,568	8,731	10,299	2,333	3,564	5,897	16,196
1970	4,733	9,631	14,364	1,499	4,992	6,491	20,155
Average	2,920	5,925	8,834	1,824	3,635	5,459	14,293

TABLA 21 Estimados de la tasa de mortalidad natural por año de cada cohorte.

TABLE...21 Estimates of Natural Mortality Rate (per year).

Year Recruited	Group 1		Group 2	
	North	Center	North	Center
1962	1.12	1.03	0.93	0.72
1963	0.96	0.84	0.69	0.62
1964	1.12	1.11	0.70	0.95
1965	0.59	0.95	0.61	0.63
1966	0.52	0.73	0.53	0.60
1967	0.48	0.74	0.74	0.63
1968	0.50	0.89	0.43	0.35
1969	0.58	0.65	0.62	0.44
1970	0.61	0.53	0.42	0.68

TABLA 22 Estimado de tasa de mortalidad por pesca (por año).

TABLE 22 Estimates of Fishing Mortality Rate (per year).

Fishing year	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Groups 1-N										
Recruits	0.29	0.36	0.57	0.30	0.44	0.41	0.17	0.48	0.57	—
Adults	—	1.29	1.63	1.69	0.67	0.60	0.86	1.91	3.16	1.08
Groups 1-C										
Recruits	0.37	0.38	0.52	0.68	0.95	0.96	1.23	0.71	0.44	—
Adults	—	1.51	1.15	1.35	2.00	0.45	1.19	1.74	1.53	0.69
Groups 2-N										
Recruits	0.09	0.03	0.11	0.09	—	—	0.09	0.07	0.06	—
Adults	—	1.51	2.81	0.87	0.73	1.62	1.55	0.94	1.56	0.95
Groups 2-C										
Recruits	0.06	0.13	0.04	0.09	0.00	0.38	0.03	0.10	0.15	—
Adults	—	0.71	0.67	1.41	0.92	0.77	1.69	0.49	0.48	1.74
Average										
Adults	—	1.26	1.57	1.33	1.08	0.86	1.32	1.27	1.68	1.12

TABLA 23 Edad promedio de mortalidad natural (M), tasa de mortalidad por pesca (F), y tasa de mortalidad total (Z) de los individuos capturados de los cohortes desovados en primavera, regiones del norte y centro combinadas.

TABLE 23 Mean Natural Mortality Rate (M), Fishing Mortality Rate (F) and Total Mortality Rate (Z) on spring-spawned recruits and adults (North and Central Regions combined).

Año Year	M	Recruits — Recrutas		Adults — Adultos	
		F	Z	F	Z
1962	1.08	0.33	1.41	—	—
1963	0.90	0.37	1.27	1.40	2.30
1964	1.11	0.55	1.66	1.39	2.50
1965	0.77	0.49	1.26	1.52	2.29
1966	0.63	0.70	1.33	1.34	1.97
1967	0.61	0.69	1.30	0.53	1.14
1968	0.70	0.70	1.40	1.03	1.73
1969	0.62	0.60	1.22	1.83	2.45
1970	0.57	0.51	1.08	2.35	3.43
1971	—	—	—	0.89	—

TABLA 24 Edad promedio de los individuos capturados de los cohortes desovados en Primavera, regiones del Norte y Centro combinadas.

TABLE 24 Mean age in the catch of spring-spawned cohorts, North and Central Regions combined.

Año reclutado Year recruited	Edad promedio en meses Mean age (in months)
1962	11.06
1963	12.41
1964	8.91
1965	13.61
1966	7.77
1967	8.85
1968	6.25
1969	9.13
1970	7.27

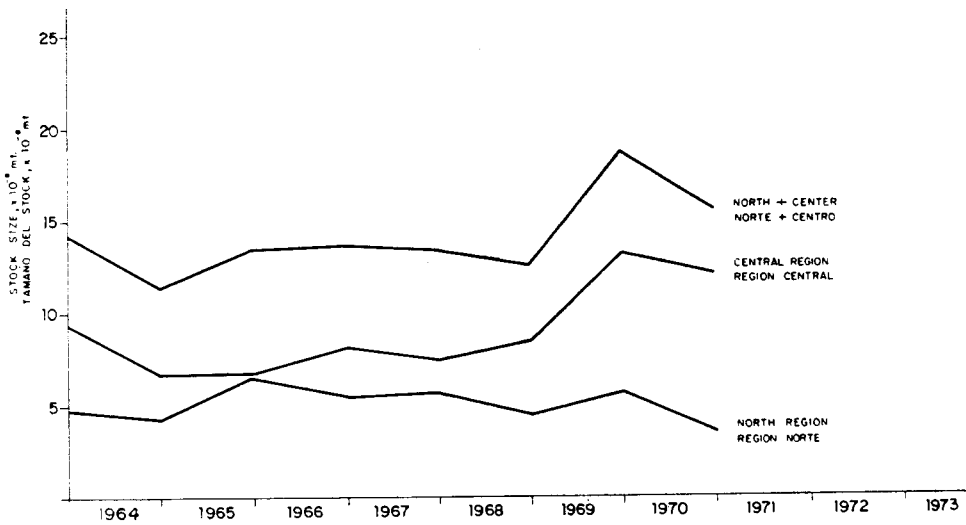


Figura 1.—Tamaño del Stock de Anchoveta, 1964-1970

Figure 1.—Anchoveta Stock Size, 1964-1970

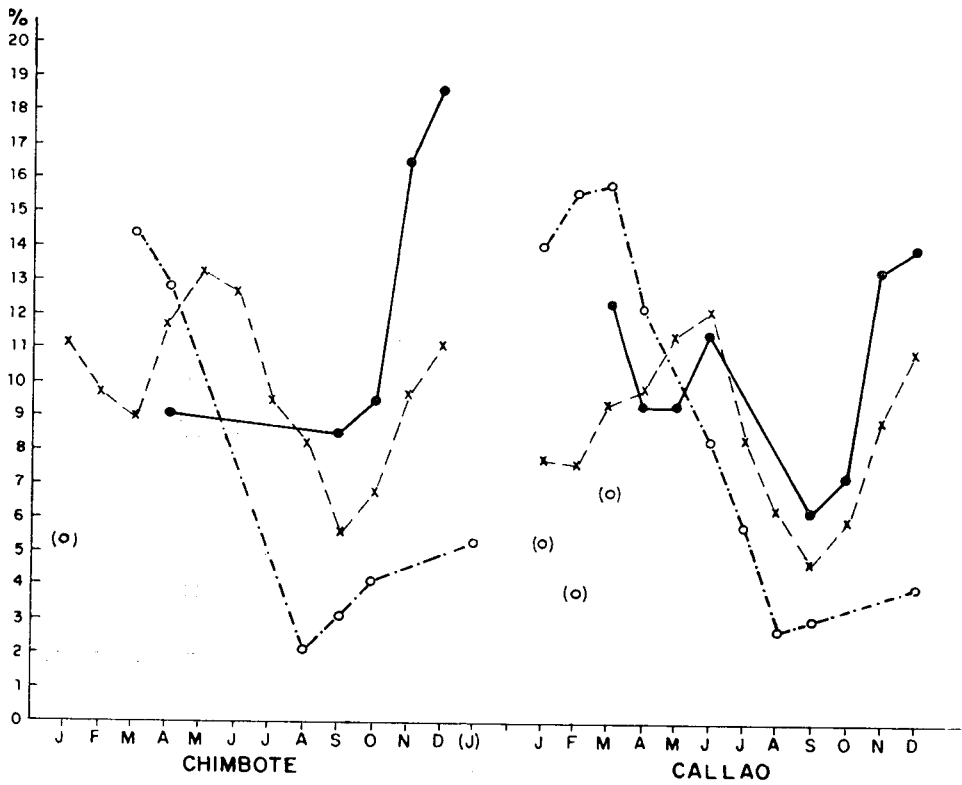


Figura 2.—Contenido de grasa de la anchoveta de tamaño de más de 14 cms. cada mes para Chimbote y Callao.

Figure 2.—Monthly fat content of anchoveta of over 14 cms. in Chimbote and Callao x — x average of 1969-71 . . . 1971, o — o 1972, (o) 1973.

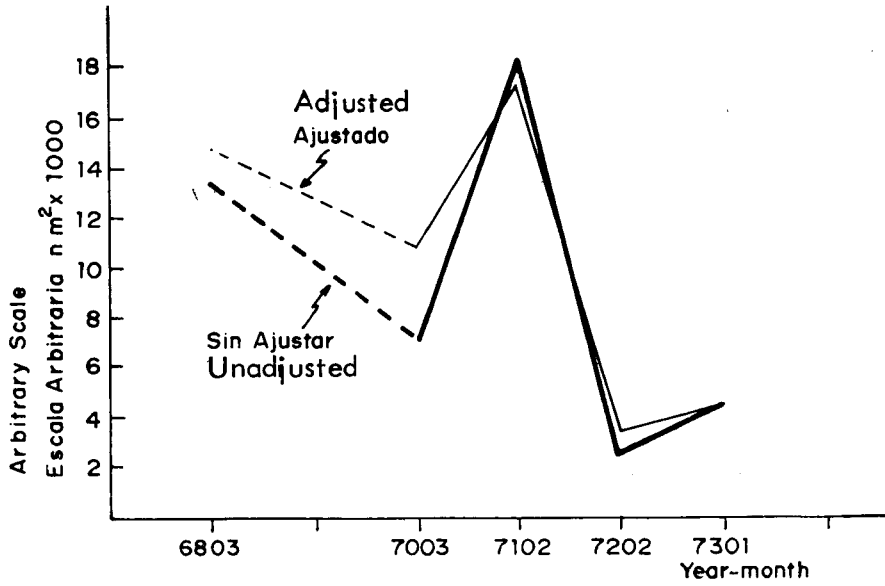


Figura 3.—Extensión de las áreas de distribución de peces, estimadas de las Eureka de Verano. (Categoría 1 — muy dispersa, excluida) Ajuste para cobertura de latitud.

Figure 3.—Extent of areas of fish distribution, estimated from Summer-Eureka. (Category 1 — very dispersed, excluded) Adjustment for latitude coverage.



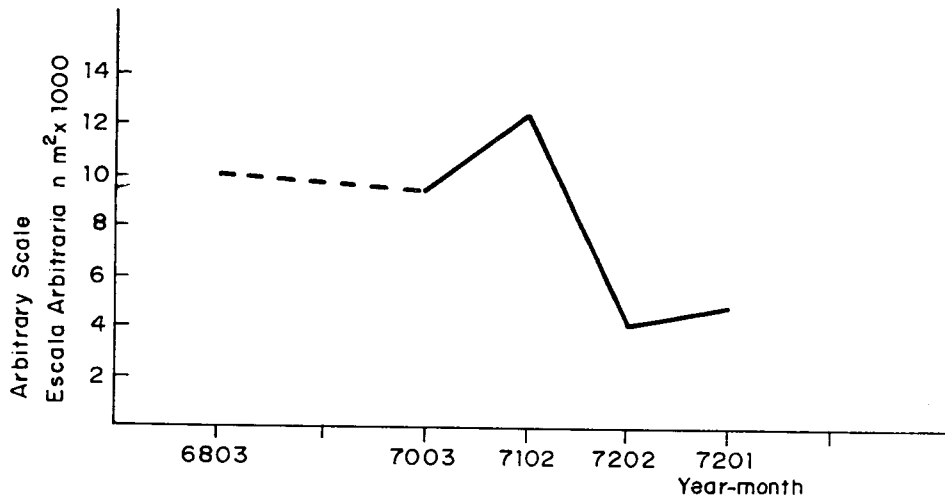


Figura 4.—Estimado de abundancia del stock por las Eureka de Verano (áreas de densidad ponderadas con valores de calibración del eco-integrador y ajustadas para la cobertura de latitudes en las prospecciones).

Figure 4.—Estimates of stock abundance from Summer Eureka (Density areas weighted with echo-integrator calibration values and adjusted to latitude coverage of surveys).

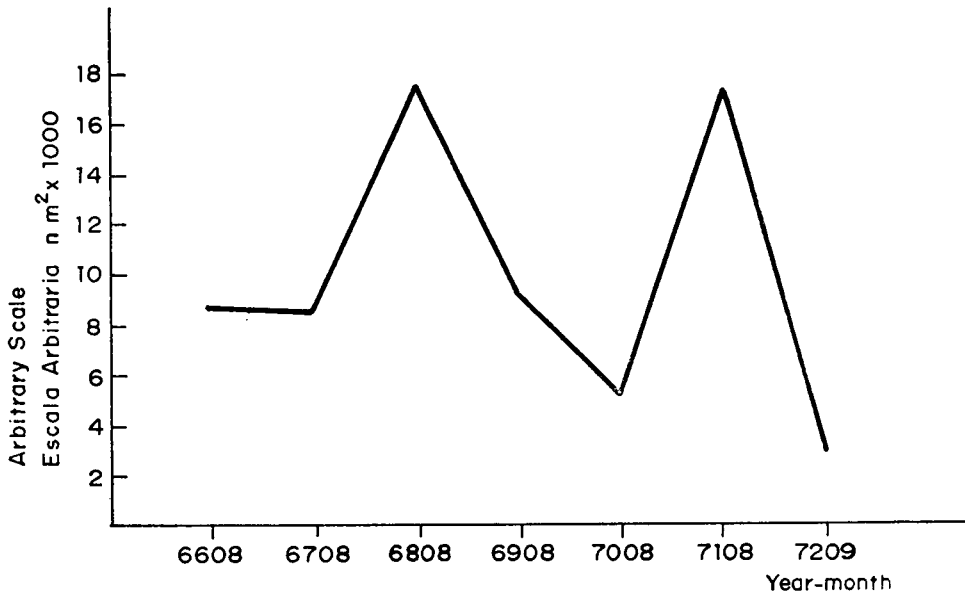


Figura 5.—Estimado de abundancia del stock por las Eureka de Verano (Áreas de densidad ponderadas con valores de calibración del eco-integrador y ajustadas para la cobertura de latitudes en las prospecciones).

Figure 5.—Estimates of stock abundance from Winter Eureka (Density areas weighted with echo-integrator calibration and adjusted to latitude coverage of surveys).

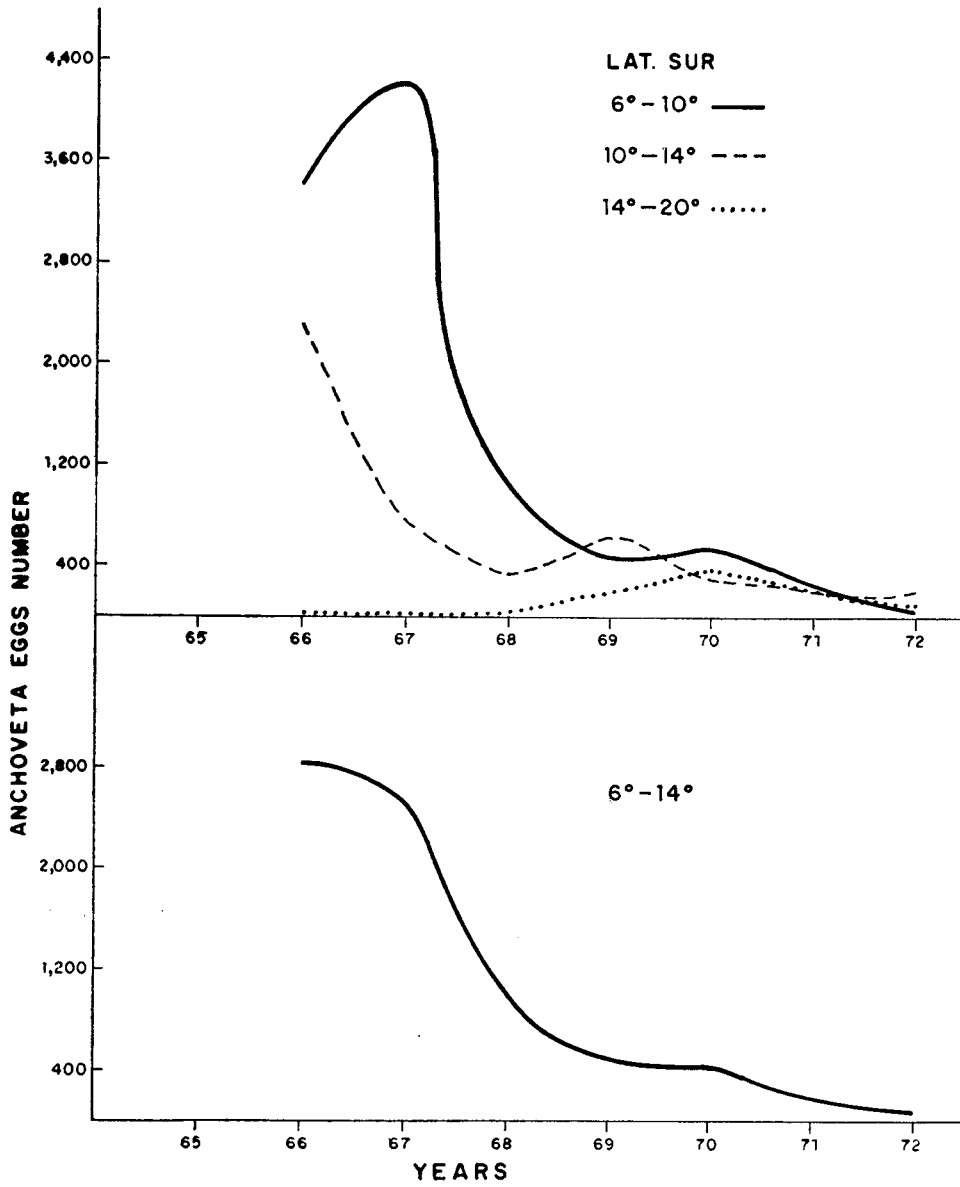


Figura 6.—Número promedio de huevos por m<sup>2</sup>, en Setiembre en años sucesivos, por zona.

Figure 6.—Average number of eggs per m<sup>2</sup>, in September of successive years, by area.

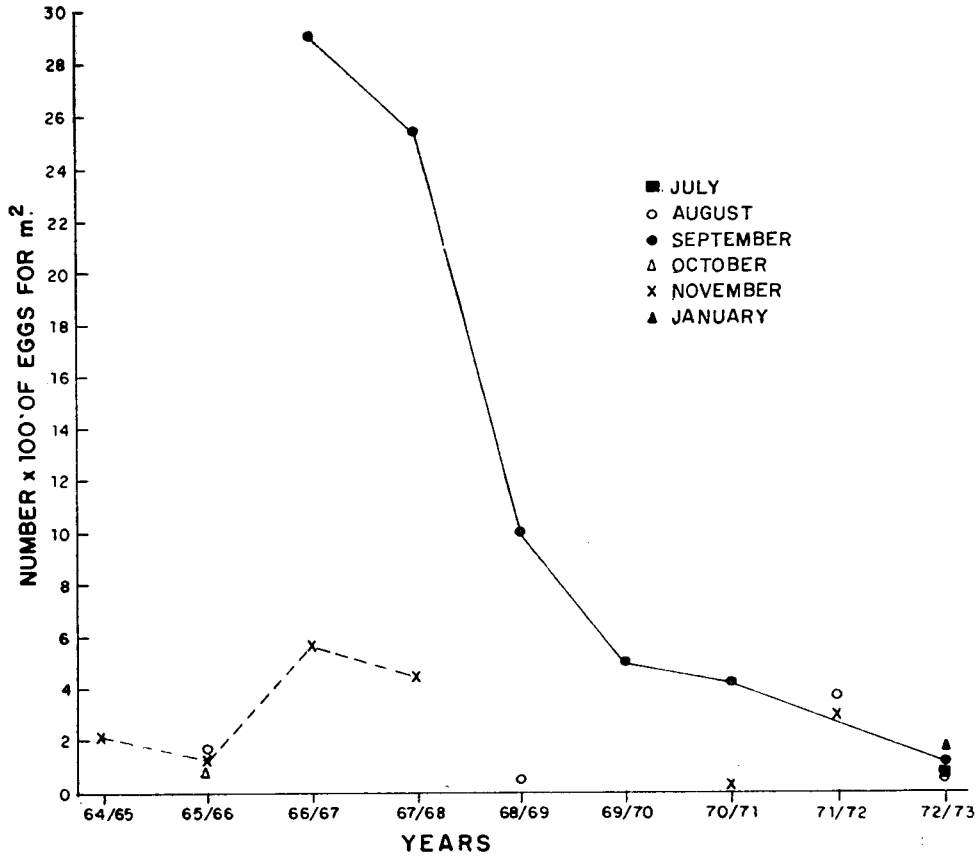


Figura 7.—Número de huevos por m<sup>2</sup>, 6° — 14°S. 0 — 120 millas.

Figure 7.—Egg number per m<sup>2</sup>, 6° — 14°S, 0 — 120 miles.

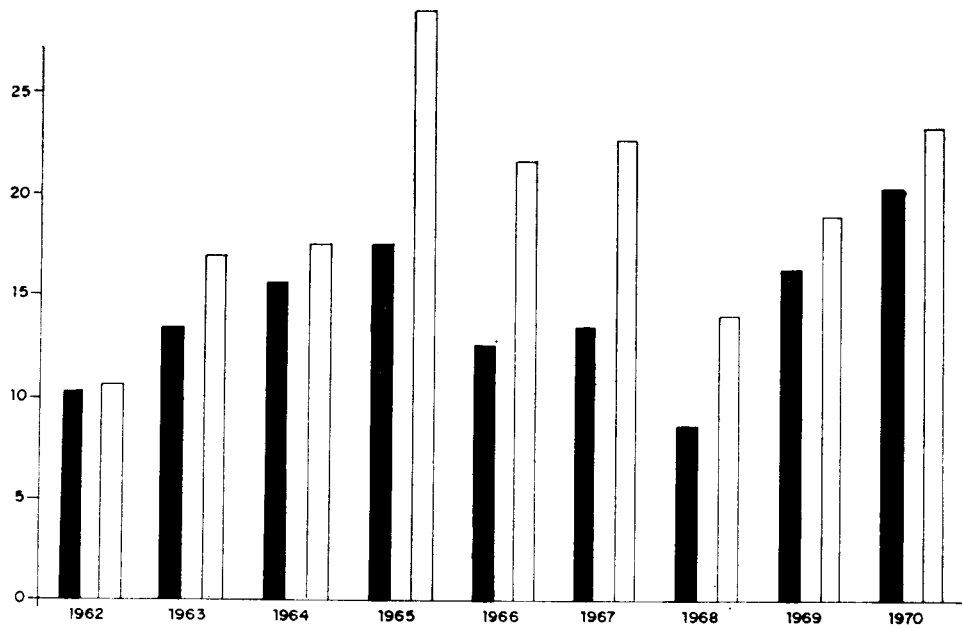


Figura 8.—Reclutamiento estimado por año en las zonas combinadas del Norte y Centro como estimadas por Clark (barras sombreadas) y por Valdivia y Burd (barras en blanco).

Figure 8.—Estimated recruitment by year in the North and Central Regions combined, as estimated by Clark (shaded bars) and by Valdivia and Burd (light bars).

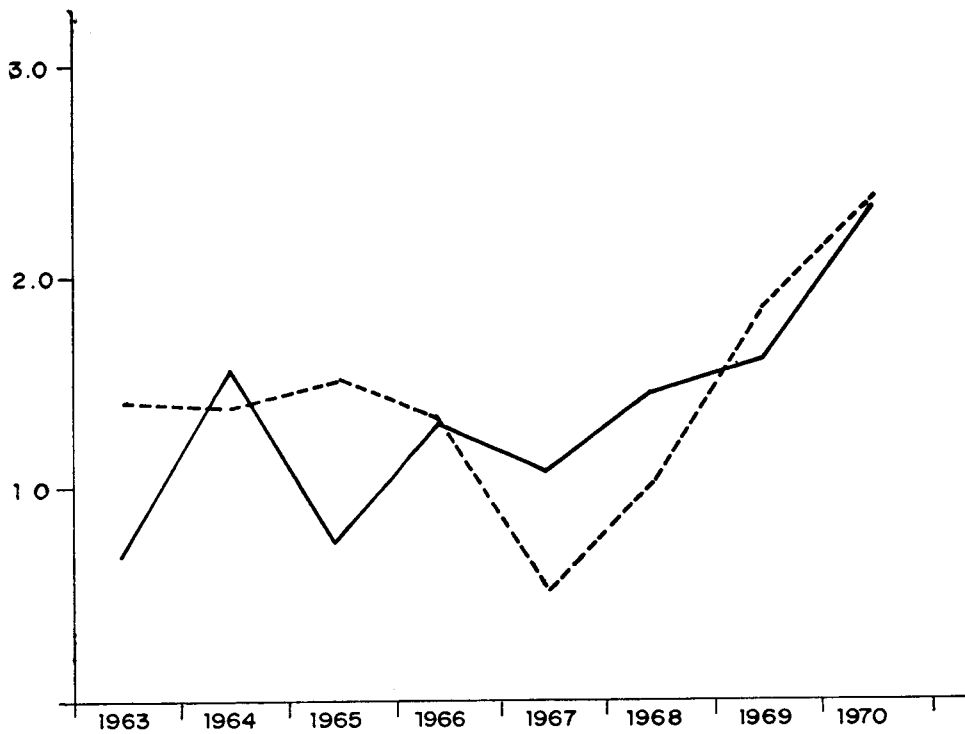


Figura 9.—Tasas de mortalidad estimadas por Clark (línea cortada) y por Valdivia y Burd (línea entera).

Figure 9.—Fishing mortality rates estimated by Clark (broken line) and by Valdivia and Burd (solid line).

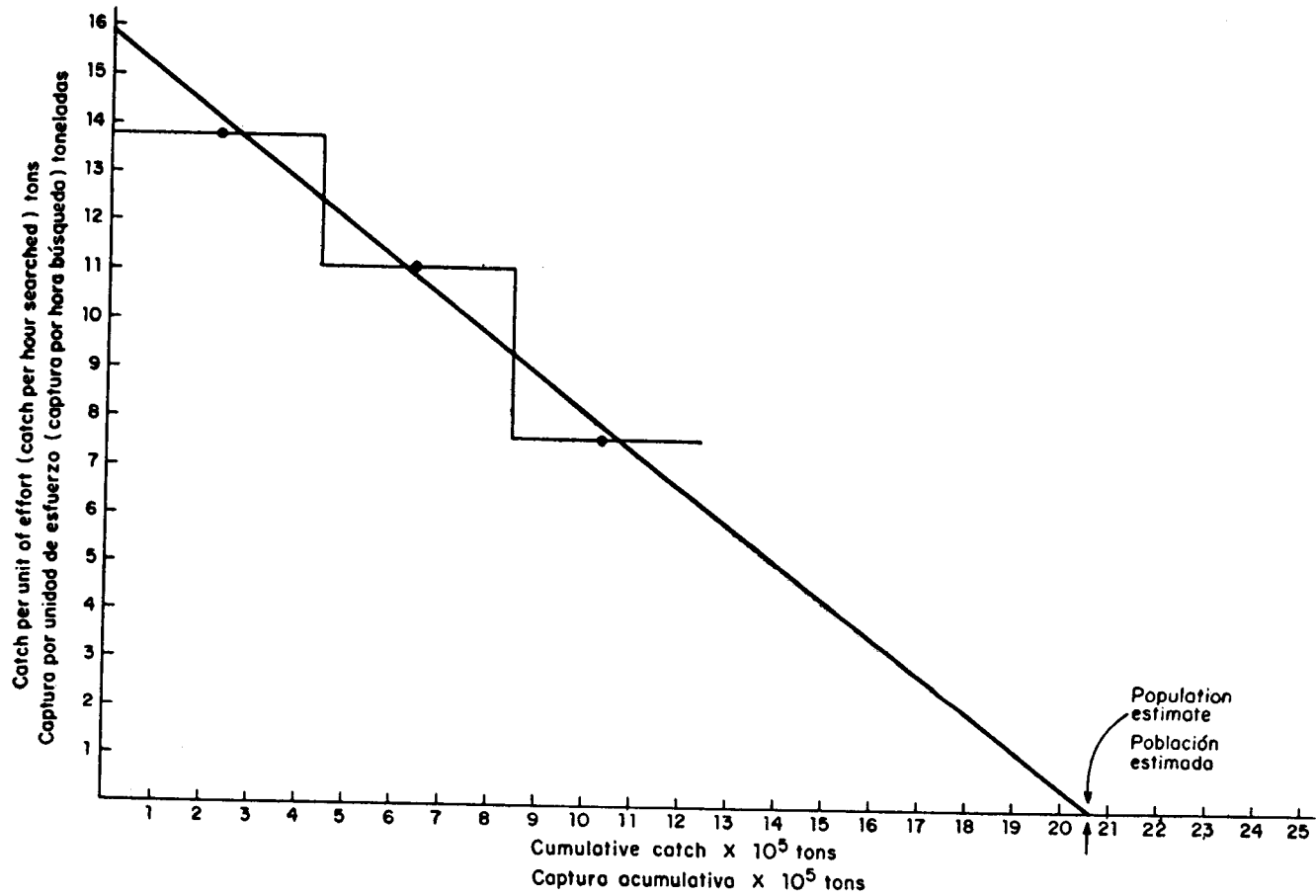


Figura 10.— Relación entre la captura por unidad de esfuerzo (captura por hora de búsqueda) y captura acumulativa de anchoveta por semanas — Método de Lury.

Figure 10.— Relationship between catch per unit of effort (catch per searching hour) and weekly cumulative catch — De Lury's method.

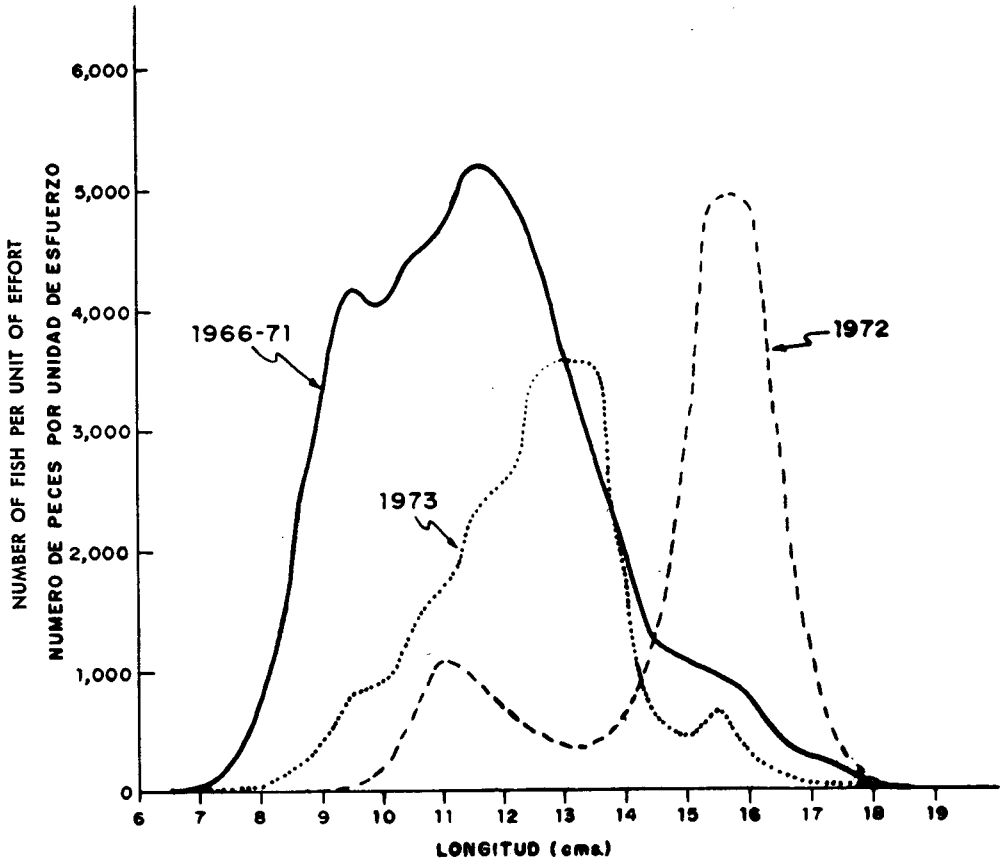


Figura 11.—Gráfico comparativo de abundancia por tamaños para el mes de Marzo, años 1973, 1972 y promedio 1966-71.

Figure 11.—Comparative abundance scale by size for the month of March, in 1973, 1972 and average 1966-71.



**Report of the  
FOURTH SESSION OF THE PANEL OF  
EXPERTS ON STOCK ASSESSMENT ON  
PERUVIAN ANCHOVETA**

C O N T E N T S

	<b>Page</b>
1. Introduction.....	685
2. The developments since the Third Panel meeting in July 1972.....	685
3. Oceanographic and biological observations.....	687
3.1 "El Niño".....	687
3.2 Guano birds.....	688
3.3 The catch of sardine.....	688
3.4 Fat content of the anchoveta.....	689
3.5 Maturity stages.....	690
4. The stock of anchoveta.....	690
4.1 Acoustic surveys.....	690
4.2 Egg surveys.....	695
4.3 Cohort analysis.....	697

	<b>Page</b>
4.4 Effort measurement.....	699
4.5 Stock estimates from catch and effort data.....	703
4.5.1 Analysis of catch per GRT trip data.....	703
4.5.2 De Lury analysis of catch per hour searching.....	705
4.6 Size composition and estimation of recruitment.....	706
4.7 Relation between stock and recruitment.....	707
4.8 Review of the estimates of present stock size.....	708
5. Effects of "El Niño" on the stocks.....	709
6. The future of the anchoveta resource.....	710
7. The magnitude of the allowable catch.....	712
8. Foodfishes.....	714
9. Summary of the report.....	715
<b>Appendices</b>	
I List of participants.....	717
II Agenda.....	718
III Cohort analysis.....	719
Tables (1-24).....	648
Figures (1-11).....	671
<b>Appendices</b> .....	<b>717</b>

## 1. Introduction

The fourth meeting of the Panel of Experts was held in the Instituto del Mar del Perú from 22nd March to 2nd April 1973. The third meeting held in July 1972 had reported on the low stock-level of the anchoveta and on the need for special resource surveys to follow events in these stocks. The present meeting was timed to provide the best possible evaluation of the situation after the entry of the new recruit class into the fishery, as a basis for advice on the possible catch level in 1973.

As usual, the work of the Panel was carried out in close cooperation with the scientific staff of the Instituto del Mar. The meeting was attended by representatives from the Peruvian Ministry of Fisheries, and from the fishing industry. The list of attendants is given in Appendix 1; in addition, various other staff members of the Institute took part in discussions on specific subjects.

The agenda is given in Appendix 2. The meeting made use of the research reports contained in the Institute's series of publications, in particular those prepared since the last meeting, reporting on the resource surveys and other studies carried out in this period, (Informes Especiales 110-125) and it made use of special data available in the Institute's files.

Dr. Garth I. Murphy was elected Chairman of the meeting.

## 2. The developments since the third panel meeting in July 1972

The third panel meeting noted the very poor recruitment from the 1971 September spawning and the great decline in the abundance of older fish as a result of high catches in the first half of 1972. It concluded that the anchoveta stocks had reached a dangerously low level and that in order not to endanger the future of the fishery, fishing should not be resumed until a good new recruitment had brought the stocks on their way to recovery, unless continued research and surveys would show that the Panel's estimates had been too pessimistic.

In following up the Panel's recommendations, the Instituto del Mar organized a series of monthly Eureka surveys.

Surveys carried out in July and August 1972 located only small concentrations of fish. It also appeared that spawning had started early, since substantial numbers of eggs had been found already in June. During the September survey, the anchoveta abundance in the central and northern area again appeared to be very low, but some better concentrations were found in the southern area, close to the coast. Spawning appeared to be

at its maximum, but still the average egg number per haul in the Central and Northern area together did not reach one tenth of the average of previous years for which data were available. The percentage of females in advanced stages of maturity was at about the normal level. Thus, the egg data also confirmed the very low abundance of adult fish in this region. The egg density appeared to be higher in the southern area than in the more northern zones.

The October survey again confirmed the previous findings, except that the fish in the southern area had concentrated in substantial shoals close to the coast, indicating a stock abundance in this area which was not very greatly below the average for this area. It was suggested that of this total might well be fish originating from the more northern area, which had been driven south by the "El Niño" effects.

The length composition during all these surveys confirmed the very low abundance of fish from the September 1971 spawning, which had recruited at the beginning of 1972. Their abundance appeared to be even lower than that estimated at the 1972 Panel meeting. Most of the catches consisted of fish of very large size, with a mode at 16.5 cm.

Special consideration with respect to the fishery in the southern area led the Ministry to open the fishery in that area on 1 August 1972, for 5 days a week and only for vessels registered in that area and which had been fishing during the second half of the 1971 season. No catches were reported for August, and the landings in the first two weeks of September reached only 212 tons. The fishery, was therefore, suspended again by 15th September. After observations of the presence of substantial concentrations of fish in October, it was decided to re-open the fishery in the south from 20th November onward. The catches and the number of boat days fishing are given in Table 1. The size composition of the landings in November and December showed the same picture as that obtained from the surveys, that most of the fish caught were large and that fish originating from the September 1971 spawning were very scarce. After a substantial decline in the catches, and the appearance of considerable concentrations of newly recruited small fish (peladilla) the fishery was again suspended on 10th January 1973.

With the purpose of obtaining additional information on the stock situation and on the possibilities for fishing in the central and northern area, an experimental fishery was started in these regions on December 5th, with about 400 vessels (limited to a maximum of 5 vessels per factory). Because of the appearance of high percentages of small fish in some ports and of females with developed ovaries in other ports, most of the ports were already closed again for fishing after only a few days. 12,755 tons of anchoveta were caught in 641 boat-days. It appeared that concentrations of adult fish were found only in some limited areas, and of small fish in other areas, but that the total abundance was still very low, and the experiment was thereafter

terminated. All fishing in this area, and after 10th January 1973 also in the south, was terminated until the beginning of March. The monthly landings for the whole year 1972 are given in Table 2.

The Instituto del Mar organized a Eureka survey in January and a research vessel cruise in February 1973, in an attempt to measure the magnitude of the incoming recruitment; the results indicated that although recruitment was higher than it had been in 1971, the level was still well below the average of previous years. The fishery was re-opened for the whole coast on March 5th, and the Institute carried out a large programme of data collection on the landings. The catch and effort data for this period are given in Table 3 (Table 1 of IMARPE Informe Especial N° 125). The fishery was closed again on 23rd March to allow the Institute to make a complete analysis of the data as a basis for decisions on the fishery regulations from April onward.

During the three weeks of fishing, the total catch reached a level of 1,240,000 tons, well within the range of catches in the whole month of March in the years 1966-1972, which varied between about 850,000 and 2,500,000 tons. The catches comprised an unusually large amount of fish other than anchoveta, predominantly sardine. The total catch of anchoveta is estimated at about 1,065,000 tons and that of other fish at 175,000 tons. The catch per G.R.T. trip (uncorrected for changes in efficiency of the vessels) was 0.547 in March 1973, as compared with an average of 0.750 for March 1966-1972.

### 3. Oceanographic and biological observations

#### 3.1 "El Niño"

The thermal anomalies reached their maximum values during July and August 1972 and afterwards began to decline until November. In November they remained in the order of + 2°C the central area and more or less + 1°C in the north and in the south. The región was dominated by superficial sub-tropical waters which entered from the west or south-west.

Upwellings were limited to a region very close to the coast and primary production was low compared with the long term mean. In December an advance of equatorial waters from the north, similar to that of March/April once more occurred and reached the latitude of Callao by the end of the year. As a result of this intrusion the thermal anomalies rose to 6°C or more in the part of the region north of Callao and was associated with a reduction in primary production. During January and February 1973 the equatorial waters withdrew, but influence of sub-tropical waters continued associated with reduced upwelling. A slow decline of the positive anomalies and gradual increase in up-wellings was observed. After March a return to normal con-

ditions took place and by April temperatures were slightly below the seasonal norm.

### 3.2 Guano Birds

The recent history of the Guano bird population is shown in Table 4. As noted in Figure 4 of the first panel report, the population has been as high as 28 million, a level reached in 1955-56. It fell in 1957 to about six million birds as the result of "El Niño" induced mortality. Following this it grew relatively rapidly to 18.1 million birds in 1962-63, and remained stable at about this level through 1964-65.

The 1965 "El Niño" was followed by another fall, to about 5 million birds, as shown by the 1966-67 census after which the population remained at about that level until after the 1971-72 census. It has been argued that the population remained more or less steady, first at the 1962-63 level and then at the 1966-67 level, in conformity with the level of food supply, which was low because of the removals by the fishery. The evidence (IMARPE, Bull. 2 (6) that 0.597 chicks per pair were raised in the period 1960-63 whereas in the period 1966-71 the corresponding figure was 0.351, may be taken to support this hypothesis.

Prior to 1965 the guanay was the major component of the population, amounting to 81% of the total. Subsequent to 1965 it comprised about 60% of the population, and now appears to have declined to 40% (table 5).

As a result of the 1972-73 "El Niño" the present bird population is about one million. Since there is clear evidence that the stock of anchoveta is now considerably smaller than it was in 1966-1970, the population capacity for increase might become negative, and the birds may be threatened with extinction.

### 3.3 The catch of sardine

In past years the recorded annual catch of sardine (*Sardinops sagax*) has been for the consumption fishery, most of the catch being sold fresh or canned with occasional surplus catches converted to meal. Total catches over the period 1966-1972 have ranged from 1,120 tons in 1969, to 6,051 tons in 1971. Most of these catches were taken north of Chimbote.

In addition, some sardine has been taken incidentally during the course of anchoveta fishing. There are no good records of the quantities involved, but the proportion of all fish other than anchoveta in the catches for fish meal has never, until 1973, been more than a very few percent, and of these only part was sardine.

During March of 1973 there was a dramatic increase in the amount of species other than anchoveta taken by the reduction fleet. These other species, primarily sardine, amounted to 14.1 per cent of the total catch, but were by no means uniformly distributed along the coast, ranging from about 30 percent of the total in the central regions, to nearly zero in the south. As noted above, sardine landings in the central Callao zone in the past had always been negligible, the bulk of the catches being taken off Northern Peru.

There were important indications that the heavy incidental sardine catches (estimated at 150-170 thousand tons) were not the result of simple redistribution of an existing population, perhaps in response to the "El Niño", but rather reflected an unusually successful spawning. In the February 1972 egg and larva survey, 1,200 sardine larvae were noted in 40 samples, and in July 1972, 500 were noted in 50 samples. In earlier periods, e.g., Dec. 1968, the typical number of sardine larvae was 10-20 per cruise of 80 plankton tows.

The sizes and the range of sizes of sardine in these incidental catches were smaller than those in catches taken by the fishery for direct human consumption. The latter normally draws on one or two modal groups within a range of about 25 to 33 centimeters. The bulk of the 150-170 thousand tons of incidental catch had a modal length of 17.5 centimeters, with most of them between 16.5 and 18.5 centimeters. (Table 6) This suggests that about a year ago (possibly Feb. 1972, see above) there was an unusually successful sardine spawning. This recruit class may be very large, since 150,000 tons or more were taken in only three weeks.

What this signifies for the future cannot be determined from information at present available. If the unusual year class is related to the "El Niño" in some way as yet unknown, the sardine population would be expected to return to normal when the "El Niño" condition disappeared. But if the sardine has become abundant because the anchoveta population has been drastically reduced, it may be the case that a species replacement, such as occurred off California, (where, however, anchoveta replaced sardine) has been initiated; and it is relevant that the food requirements of anchoveta and sardine are nearly identical.

Careful evaluation of the sardine component of the commercial catches, and of plankton samples taken in egg and larva surveys will be required if certain critical events are to be anticipated. If the course of events is not anticipated in time for appropriate economic and management responses, the economic consequences may be severe.

#### 3.4 Fat content of the anchoveta

The adult anchoveta shows annual fluctuations in fat content, with on

the average a maximum of about 12-13% in May-June, and a strong decrease thereafter to around 5% in September (Fig. 2). The lowest level coincides with the peak in spawning. The figures for 1971 show a somewhat lower level than average in April-May, and a less marked decline towards September, when the minimum in Chimbote was at about 8.5% and in Callao at 6.3%. There after, the percentages rose to unusually high levels in December, to nearly 19% in Chimbote and 14% in Callao. From about March-April 1972, the fat content decreased very steeply to a level much below normal, between 2 and 3% in August, whereafter an increase took place again to about 5% in January 1973, still unusually low. The figures available for Callao indicate another drop in February 1973 and an increase in March.

The unusual levels of fat content from 1971 to 1973 coincide with the abnormal occurrences in the anchoveta stocks and the environment. The relatively high percentages from September 1971 to March 1972 occurred in the spawning period when the percentage of adult females in mature condition was relatively low. The very great drop in fat content from April to August 1972 occurred in the period when "El Niño" was intensive, and primary production low, and at a time of average egg production per female.

### 3.5 Maturity stages

Table 7 shows the average percentage of ripe females (maturity stage V) in the months September and October of the successive years since 1964. The data show in general a high percentage of ripe females in this period, with moderate variation from year to year. Particularly low values were found in the samples taken in Chimbote in 1965, and in both Callao and Chimbote in 1971. The values for 1972 are about normal, although slightly below average in Callao, which may be related with the earlier start of spawning in this season.

## 4. The stock of anchoveta

### 4.1 Acoustic surveys

The Panel has attempted at this session to review and evaluate all pertinent information on the abundance and distribution of anchoveta deriving from the large number of acoustic and exploratory surveys carried out over the years along the Peru coast. Two kinds of survey work have been conducted by the IMARPE: Research vessel surveys in which observations by calibrated acoustic instruments were supported by fishing experiment for identification; and multi-ship synoptic surveys with commercial vessels using their standard echo-sounder (Eureka-surveys). Fishing experiments have been included in Eureka-surveys only since July-August 1972. In addition to these surveys organized by the Instituto del Mar, the OYSSA fishing company also conducted surveys in 1972.



The first multi-ship survey was made in 1964 and up till February 1973 34 had been conducted. Table 8 lists, the surveys which covered a large part of or indeed the whole coastal zone of Perú. From a few up to 42 vessels were operated in these programmes which have been essentially similar over all of these years, and designed to provide transects of simultaneous echosounder observations running from a number of points on the coast seawards as far as fish were being recorded.

The recordings are classified in: 0-zero, 1- very dispersed, 2- dispersed, 3- dense, and 4 very dense. The plot of these observations usually results in identification of well-defined areas of distribution of fish usually with density gradients towards a small number of centres of concentration. This general finding can be interpreted as an indication that the exercises provide meaningful and valid information.

The purpose of the Eureka surveys has been to provide charts of this distribution both for practical fisheries and for research. The total summed areas of the various categories of distribution evidently have some relation to total stock abundance and the main intent of the extensive and numerous Eureka during 1972 has been to provide urgently needed information on stock size. Until now, because the relation between the lower density categories has not been understood the Eureka data could not be interpreted for estimates of relative abundance. However; a calibration experiment with an echo-integrator by the SNP-1 in February 1973 has now provided a set of comparative values from which calculations have been made as described in the following paragraphs.

Unfortunately there is not any sequence of acoustic research vessel surveys which cover so much of the coast that synoptic analysis can be made of variations in stock distribution and size. However, the results from two surveys with the SNP-1 in February 1969 and February 1973, which both covered the greater part of the coast, yield, on analysis, some important results.

#### **Extent of the areas of fish distribution measured by Eureka summer surveys.**

The Eureka survey results provide information from which major changes in the extent of the areas of distribution of the anchoveta may be detected. Such changes are important both as indications of variation in abundance and for the proper evaluation of fishery data.

The distribution of the anchoveta is generally more inshore during summer than it is over the rest of the year, and in this season the fish is also more concentrated and weather conditions are favourable for surveying. Many surveys have been made in the first quarter of the year; the data from five of these, which covered the whole or a major part of the coast are

taken as representative of the situation. Table 9 shows the integrated areas and Figure 3 the total areas of distribution of categories 2-4 for each of these surveys. Category 1, very dispersed, was excluded because it was thought not to signify fishable concentrations. Not all of the surveys covered the whole coastal range within which the anchoveta is known to occur, especially the 1970 survey in particular, excluded important parts of the coast, both in the north and in the south; the total areas were therefore adjusted to the latitude coverage. Both the unadjusted and adjusted figures show that the area of fish distribution was much smaller in the summer seasons of 1972 and 1973 than in the three previous years from which data are available. The result indicate a reduction during these two last years to about one third of a "normal" distribution area. An inspection of the fish distribution charts from the surveys shows that the reduction has occurred in the extent of the fish areas both along the coast and seawards. The outer limits of the category -2 abundance were as follows: 1968, 50-70 nm; 1970, 50-60 nm; 1971, 50-70 nm; 1972, 10-20 nm; and 1973, 20-30 nm.

#### **Estimates of changes in relative stock abundance from:**

—**Eureka summer surveys.** Quantitative analyses of the Eureka data can now be carried further on the basis of a set of relative density observations obtained from the SNP-1's echo integrator in February 1973. Table 10 and Figure 4 show the summed fish distribution areas weighted to these density numbers, and the total adjusted to the latitude coverage of each survey. Assuming this to be an index of stock abundance it appears that the stock during the last two summer seasons (1972 and 1973) has been about 40 percent of the stock size of 1968, 1970 and 1971. There are two possible sources of bias in the estimation for 1973 which may indicate that it could be somewhat lower than it should be. The 1973 survey (20-23 January) took place about one month (or more), earlier than the previous surveys and the new recruits may not have been included to the same extent as they were in the other surveys. Furthermore, the 1973 survey, in contrast to those of previous years, included trial fishing which made it possible to separate anchoveta from other pelagic fish. It is thought however, that these sources of bias have not affected the result substantially.

—**Eureka winter surveys.** During the winter season (June-September) the anchoveta has generally a distribution that is more off-shore and dispersed than that which it has in summer, and conditions are less favourable for surveys because of the need for more extensive coverage, and because the weather conditions are often unfavourable, particularly for the relatively small vessels used in the Eureka surveys.

However, such surveys have been conducted regularly in August of each year since 1966, to provide information on the stocks before the opening of the new fishing season.

The results of these August surveys (September in 1972) have been worked up in a way similar to that for the summer surveys, and are shown in Table 11 and Figure 5. The value for 1972 is about 1/3 of the mean of all previous years. Also 1970 is represented by a comparatively low value. These results are as a whole less reliable than those of the summer surveys, because it is clear from the charts that the total area of distribution of the fish seawards has not always been covered. Also the 1972 value may be an under-estimate because this survey, in contrast to those of previous years, refers only to anchoveta, excluding other pelagic species with which anchoveta may have been confused in previous years. Still, it may be concluded that this quantitative analysis of the winter surveys also demonstrates an abnormally low abundance in 1972.

—**SNP-1 surveys.** Two surveys with this vessel in the summer seasons of 1969 and 1973 are available for comparison with Eureka survey results and one with the other. In 1969 the area Callao-Pimentel was covered from 2-14 February and San Juan-Ilo from 24 February to 15 March. In 1973 Callao-north was surveyed 7-12 February, and the southern part 12-18 February. The survey equipment and method were the same.

Unfortunately the important central region between Callao and San Juan was not covered in the 1969 survey because of a vessel breakdown. Table 12 shows the integrated density areas and the estimates of relative abundance. The latitude coverage of the 7302 survey was adjusted to the results of the preceding 7301 Eureka survey, and this coverage has been applied in the adjustment. (Attention is drawn to the correspondence between the abundance estimates of the surveys Eureka 7301 and SNP-1 7302 47,829 and 47,925 units respectively). The estimate of total abundance in 1969 of 7,307 units is believed to be an underestimate resulting from lack of observations from the important central zone. The estimate of 4,793 for February 1973 (corresponding to that of January 1973) is substantially lower (64 per cent) thus supporting the evidence of low recent level from the Eureka surveys.

#### **Assessment of absolute stock abundance from SNP-1 survey February 1973**

An acoustic survey from which an assessment of absolute stock abundance was made, was conducted with the SNP-1 in February 1973. A preliminary report by K. Johannesson and A. N. Robles on this survey was made available to the Panel. The survey was carried out from 7 to 28 February and covered the area from Chimbote to Atico. The reason for the limitation of coverage in the north was that the Eureka XXVI survey had shown that there were no anchoveta in this area; time limitation prevented full extension to Ilo. The survey was supported by fishing with mid-water trawl for identification. In the whole survey area 23 fishing stations were occupied. Anchoveta was located in well-defined areas, mostly close inshore,

in good correspondence with the distribution found by the Eureka XXVI survey of 20-23 January.

The echo-integrating technique was employed to obtain an estimate of absolute abundance, and for the conversion of trace-density to quantitative fish estimates, a calibration experiment was carried out in which the system was tested on live anchoveta fed into a net cage arranged in the echo-sounder beam under the ship. When evaluating the results the possibility of bias in this calibration factor should be considered since the estimates would be proportionally affected by such bias.

The calibration experiment referred to above was carried out over a period of about 2 hours and indicated some mortality, particularly during the first part. The initial highest reading made after the lapse of about a 20 minutes "supply" period was chosen to represent a fish density corresponding to all fish supplied to the cage. It may perhaps have been more prudent to allow for a minor initial mortality, but from the curve representing the reading, it seems unlikely that this would have changed the conversion constant by more than about 10 percent (resulting in a 10 percent over-estimate of the fish abundance). That the resulting conversion factor 18.2 tons/mn<sup>2</sup> per mm reading per miles is approximately correct is supported by the fact that it compares well with such factors found for the same system in other areas (Turkey). For further work it would seem essential to check this conversion factor by repeating this kind of experiment.

The total estimate is 4 million tons, whereof 1.5 million tons were in the north (Punta Grita Lobos to Callao), 1.8 million tons in the central region (Callao to Bahía Independencia) and 0.7 million tons in the south (to Atico). The estimate is given with a confidence limit of  $\pm 800,000$  tons, estimated on the basis of variations in the echo-integrator readings within areas.

There may of course be various sources of bias in the survey itself and its conduct. A review of these would be as follows:

(a) **Sources of bias resulting in overestimates:**

- a.1 Traces of other organisms recorded as anchoveta.
- a.2 Conversion factor too high.
- a.3 Lack of synopsis in survey

(b) **Possible sources of bias resulting in underestimate:**

- b.1 Vessel avoidance.
- b.2 Fish diving when recorded.
- b.3 Extreme inshore distribution not covered.
- b.4 Ilo area not included.
- b.5 Top surface layer not covered.

a.1 is thought not to have been important, and identification was well supported by fishing experiments. The survey plan also excluded any serious effects of possible double recording of fish.

Among the category b-sources of bias it is thought that b. 1, 2 and 5 may have had some but not very substantial effect; b.4, the effect of the exclusion of the Ilo area, can to some extent be assessed by comparison with the Eureka XXVI which covered the southern area in the end of January, less than about 17 percent of the total fish estimated abundance and from which was recorded south of Atico; b.3 may be important but on the basis of the correspondence between the Eureka 7301 and SNP-1 7302 results, and the general information on the distribution of the fishery in March 1973 it seems unlikely that the effect could have been very substantial.

On the whole the assessed 4 million tons is likely to represent an underestimate more than it is an overestimate of the stock abundance in February 1973.

#### 4.2 Egg surveys

Egg samples have been collected with the Hensen net during research cruises since the early 1960's. The purpose of the earlier cruises was to obtain information on the location and season of spawning, and their annual variations. No attempt was made to obtain quantitative estimates of total egg production, which would require a greater research effort in ships and scientists than was available. During the Eureka surveys in the second half of 1973, however, the participating vessels carried out systematic plankton hauls, which allowed a better estimate of egg production. Although the figures for earlier years are less representative, month by month, comparison of average egg densities may give a general indication of the changes which have taken place. The data are summarized in Table 13 and Fig. 6. These data resulted from a recalculation which took into account the differences in areas covered during the various cruises. The resulting figures, therefore, differ from those reported in the third panel report.

As can be seen in Table 13 the observations in 1971/72 were made in August and November, and did not cover the main spawning season, September. Contrary to what was stated in the third panel report, the data do not permit a conclusion as to total egg production in 1971.

Table 13 also shows that, except for July and January, the egg-density data in the 1972/73 spawning season are lower than ever observed before in the same months. In September they are well below 10% of the average values of the available observations in the same months in the period 1964-1970. Since the percentage of spawning females was about normal (section 3.5), these egg-density data suggest that the spawning stock was less than 10% of the average of the previous period.

The data also suggest, however, that the decline has not been sudden. Figure 7 indicates that the abundance of eggs in September has been continuously decreasing in the years since 1966 for which data are available. The data available for other months are so scant that it is inadvisable to make comparisons such as can be made with respect to September data, and no great confidence can be given to the values for the individual years and months. Nevertheless, the general trend of the decline during the period 1966-1970 is roughly similar to that in the estimated spawning stock size shown by the data of Fig. 1 of the third panel report, although the magnitude of the decline in egg numbers would seem to be substantially greater, in particular considering the very high values in 1966 and 1967.

An estimate of total spawning stock can be made from the data of egg production per month in the '72-'73 season. The number of eggs per square metre water surface in the area between 6°S and 14°S and between the coast and 120 miles offshore was 55 in August, 108 in September and 43 in October. The total surface of the area is about 57,600 square miles, or  $16.5 \times 10^{10} \text{m}^2$ . Since the eggs develop in about 56 hours, the number present per sample will represent approximately the egg production of two days, some allowance being made for egg mortality. The total egg production in August-October therefore was

$$\frac{(55 + 108 + 43) \times 30}{2} \times 16.5 \times 10^{10} = 5.1 \times 10^{14}.$$

The average size of the mature fish was about 16.5 cm. from a female of which size the average number of eggs was taken to be 21,000, and the average weight 33 grams. If it can be taken that no female spawned more than once between the beginning of August and the end of October, the total weight of females required to produce the estimated number of eggs is then  $\frac{5.1 \times 10^{14}}{21,000} \times 33$  grams, or about 800,000 tons.

Taking into account that the amount of males is about equal to that of females, the total 1972 spawning stock in the area would be  $2 \times 800,000$ , or 1.6 million tons.

The southern area has not been included in this calculation. This area covers rather more than half the coastline of the central-northern area, and the average egg density was somewhat higher. The 1972 spawning stock size in this area can, therefore, be taken to have been somewhat more than half the stock in the central and northern areas, say about 1 million or slightly more, which brings the estimate of total spawning along the whole Peruvian coast in about September 1972 to between 2.5 and 3 million tons.

This figure would underestimate the total spawning stock if not all adult females spawned at least once in the three months covered in these calculations, and could overestimate the stock if a substantial part of the females spawned more than once in this period.

Weather conditions and current often cause the Hensen net hauls to be more or less oblique instead of vertical. This may lead to overestimation of the egg abundance, and hence of the stock size. Taking this into account, and also noting that the survey data from earlier years are not very reliable, there appears to be reasonably good agreement between the stock estimate in the central-northern area of 1.6 million tons, which may be somewhat too high, and the relation between previous and present egg density. The egg data confirm observations from other methods that the stock size in the southern area was not very greatly below normal in the second half of 1972.

### 4.3 Cohort Analysis

The Panel has now received two studies in which different virtual population methods were applied to the same basic data on catches in number by month for individual cohorts. The first study, including catch data up to early 1970, was prepared by J. Valdivia and A. C. Burd and presented to the second panel meeting in March 1971. The second study, based on catch data up to early 1972, was prepared by W. G. Clark and presented to this meeting. The two studies show the same general trends in abundance, fishing mortality rate, and recruitment but there are some differences resulting from the difference in methods.

Valdivia and Burd estimated the natural mortality rate and rates of exploitation for the last fish caught from a cohort, and then back-calculated to obtain cohort abundance and fishing mortality rate during each month of life. (The same starting estimates were taken for each cohort which recruited to the fishery during the years 1962-1970). Clark made a direct estimate of the yield to predators from each cohort, and then obtained numerical estimates of the initial abundance and natural mortality rate which would produce the required yields to predators and to the fishery.

Figure 8 shows the two estimates of strength of recruitment by year for 1962-1970. The two estimates are quite close up to 1965; but from that year onward, the estimates of Valdivia and Burd are substantially higher because their estimate of natural mortality (1.0) is higher after 1965 than that found by Clark (0.6 — 0.7).

Both methods show that unusually strong year-classes appeared in 1965. The strength of the 1969 and 1970 year-classes was under-estimated by Valdivia and Burd; if they had been able to begin their back-calculations in 1972 (when the 1969 and 1970 recruits were still yielding large catches) rather than 1970, their estimates of the abundance of these year-classes would have been much greater. Hence it can be said that both methods show strong year-classes in 1965, 1969 and 1970, and weak year-classes in 1962 and 1968.

The estimates of fishing mortality rate are not exactly comparable, since in their summary tables Valdivia and Burd report an average catch-

ability coefficient for each region while Clark presents average fishing mortality rates for recruits and adults by region and season of recruitment. A rough comparison can be made by multiplying the average of the catchability coefficients of Valdivia and Burd by nominal effort in each year, and plotting these with Clark's estimate of the fishing mortality rate on adults of the dominant spring-spawned recruit group, as in Figure 9. Neither line shows a trend prior to 1967; both drop in 1967; and both rise steadily to a maximum in 1970.

Neither study sheds much light on the collapse of 1972. Both indicate that stock size probably reached a higher level in 1971 than in any previous year after 1962, but it is doubtful that it exceeded the virgin stock size.

The increasing fishing effort which was demonstrated in the cohort analysis arises from the implied assumption in that analysis that natural mortality rate ( $M$ ) is constant. If there were a downward trend in natural mortality rate over the years, then the cohort analysis would, given the same age structure, indicate a lesser increase in fishing effort, and if the downward trend in natural mortality were sufficiently great it would appear that fishing effort had not increased. It is therefore important to evaluate carefully the estimates of natural mortality. Because the anchoveta is one of the few species of fish which has a predator whose abundance can be directly observed, attempts have been made to estimate the natural mortality induced upon the anchoveta by the guano birds. The Panel estimated this component of natural mortality by examining the ratio of anchoveta consumption by the birds (obtained from Table 5 in the report of the third session) to average anchoveta stock size. These computations are set out in Table 14.

The table points to some interesting features of the relation between the birds and the fish. In the early stages of the fishery both birds and fish were at a maximum, but in the later stages both were at a minimum, and it thus appears that the natural mortality recently induced by the birds is at more or less the level it held at the beginning of the fishery. Secondly, in the late sixties the fish were at a high level of abundance and the birds were at a low level of abundance, and it appears that the mortality induced by birds might then have fallen to one quarter of its initial level. Since at no time since the fishery began its massive development has there been a period with minimum anchoveta stock and maximum bird population, it would appear that the maximum percentage of natural mortality, induced by birds over these years has been perhaps 15% (with  $M = 1.0$ ). In the previous cohort analysis, the effect of assuming  $M = 1.0$  during the latter years would tend to underestimate catchability; therefore effort may be increasing at an even greater rate than previously indicated. The magnitude, and even the reality, of this underestimate depend on the proportion that the mortality induced by birds is of total mortality, and on whether it remains constant.



#### 4.4 Effort Measurement

A measure of fishing effort is essential, in this work, both for calculation of an index of fishing mortality, and through calculation of catch per unit effort, to provide an index of the density of the stock; and the value of those indices derives from the reliability of the effort data. In a purse-seine fishery the effort expended by an individual vessel is a combination of two processes: its location of favourable fishing position in proximity to an individual school or aggregation, and its capture of the fish. Unless the measure of fishing effort takes changes in the power and efficiency of these processes into account, the catch per unit effort probably will not constitute a reliable measure of stock density. For example, in an extreme situation in which the decrease of a stock of pelagic fish occurs through a decrease in the number of schools, the average school size remaining constant, the average catch per trip, or per shot, may remain nearly unchanged until the last school is caught.

Considerable attention has been devoted to this matter by IMARPE staff and by numerous experts. In its first report the Panel noted that "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". It went on to observe that "Available studies indicated that the fishing of ships of different sizes is roughly proportioned with the GRT of these ships, and for these reasons the GRT-month and more recently GRT-trip was introduced as unit of fishing effort. The Panel therefore based its examination of the state of the stocks on catch and effort data of which the effort was expressed in GRT-trips adjusted by application of correction factors, up to 1.20 for the year 1968/69. In its second report the Panel noted that steps had been taken to improve the effort data and observed that "For example, it is often considered that the effort is more closely related to the total duration of the trips, or the time spent searching, than to the number of trips. Then the effort might be expressed as total GRT-hours at sea or GRT-hours searching". Nevertheless, the Panel at that time worked on effort data of which the unit was GRT-trip. At its third meeting the Panel further adjusted the time series of effort data, applying conversion factors differing from those shown in Table 2 of its First Report, but the changes in the recording of effort, discussed at the Second meeting, had not yet been made, although the Panel was able to note that a new logbook system had been introduced.

Data on GRT-trips (rather than merely on number of trips) as measure of effort, with the corrections for efficiency made by the Instituto del Mar, and accepted at past Panel session, should in principle accommodate the improvements that undoubtedly have been made in the efficiency of the anchoveta fleet. However, it is unlikely that the catch per trip remains proportional to stock density when stock changes significantly, and it is possible that changes in density are under-estimated by this index.

At levels of fish density at which vessels can readily fill up, the catch per trip will remain approximately constant (just below vessel capacity), but the greater the density the shorter the average length of trip, since the vessel will spend less time looking for fish, and possibly also make fewer shots. Conversely, when the stock decreases, vessels may be able to some extent to maintain their catch per trip by extending the duration of the trip. Under such conditions, therefore, catch per trip is an unreliable measure of the density of the stock. During 1971 and 1972 the catch per GRT-trip (uncorrected for efficiency) was as high as 0.9; since the gross tonnage of a vessel is some 80 — 90% of its carrying capacity, it is probable that during those years there was a significant element of vessel saturation. Under those circumstances a reliable index of density can be obtained only by a detailed examination of the effective time of vessel actually spent fishing, or looking for fish.

The total time at sea during a trip is divided between the following activities:

- i. Steaming to fishing ground
- ii. Searching for schools before 1st shot  
between shots  
after last shot
- iii. Handling gear and catch  
handling net  
pumping catch
- iv. Hove-to, for break-down, waiting for schools, or for other reason.
- v. Steaming to port.

Since the behaviour of the anchoveta results in the formation of schools and of aggregations of schools, the operating sequence is: locate aggregation; locate particular school on which to set the net; set, close, empty and recover net; locate other school etc. In this sequence the operational strategy is to minimise each of the "locate" times, and, whilst minimising the net-handling time, to maximise the reliability of that operation and, of course, its resultant catch.

Since in general theory, the fishing effort of each fishery is to be determined as the product of fishing power and fishing time, we can now, in this particular case, consider the ways in which time and power may each be varied in the operating sequence. This examination should be made with respect to the stock characteristics from whose measurement the stock magnitude may be deduced; these are:

- (a) mean size of school
- (b) number or density of schools within an aggregation of schools
- (c) overall density.

The mean size of school will presumably be best estimated from the average catch per shot, with correction for any increase in fishing power such as from a larger or more efficient net. The density within an aggregation of schools is likely to be inversely related to the time between shots plus the time between locating the aggregation and making the first shot. Increases in fishing power in this respect could result from improvements in the installation and operation of equipment such as echo-sounders and sonar. The frequency of aggregation may be inversely related to the time between leaving port and locating the aggregations. Relevant fishing power indices may include characteristics of individual vessels, but will also include characteristics of the fleet as a whole, such as the speed and efficiency with which information on location of fish is exchanged between vessels.

At the present time, until more is known about the relation of stock abundance to school size, distribution of schools within an aggregation, and distribution of aggregations, it is not clear what measure of fishing effort, if any, will provide an entirely satisfactory index of fishing mortality. However, it is certain that the number of trips (or catch per trip as a measure of density) is not satisfactory, and is likely to underestimate changes in density, even greatly since vessels will increase their fishing time per trip as the density decreases.

A more detailed examination of the activities of each vessel during each trip can now be made from the information presented in the newly introduced logbooks; it is hoped that this examination will lead to specification of more satisfactory measures of effort.

At the present meeting the Panel was able to examine samples of these logbooks with members of the Institute staff, and to tabulate data from these sheets. The system makes a record, in much more detail than hitherto, of the times of:

1. departure from port,
2. beginning of each shot,
3. ending of each shot,
4. arrival at port.

From the records, the following time-lapses can be calculated for each trip:

- (a) time absent from port (4 less 1)
- (h) time from departure from port until first shot (2 less 1)
- (c) time spent in handling the fishing gear and catch (the sum of values: 3 less 2)
- (d) time between shots, in searching, waiting for schools, or for other reason (sum of the values: 2 of one shot less 3 of the previous shot).
- (e) time from last shot until arrival at port (4 less 3 of last shot).

The searching time is underestimated by (d) because both (b) and (e) (unless the ship is full to capacity after completing the last shot) include some searching time. These searching times in (b) and (d) may in many cases be the greater proportion of the total. Because of this the Panel calculated searching time as total trip duration minus the total time spent in handling the net and the catch (a) - (c). This procedure certainly overestimates searching time since it includes that part of travelling to and from the ground during which no searching takes place. This overestimation may be considerable when boats know, from information on the distribution of fishing on preceding days or from real time information from radio contacts, that shoals are distributed only some distance from the port of departure. In addition the searching time calculated by the Panel also includes any time lost due to weather or mechanical break-downs during the trip.

In the time available to it the Panel could not correct for this over-estimation. Closer scrutiny of logbooks could give more accurate estimates of searching time. For example, if the data was classified by fishing area rather than by port of departure, allowance could be made for a standard steaming time from port to the fishing ground.

The Panel wishes to make the following suggestions in relation to the logbook system:

- (1) Consideration should be given to redesigning the log forms with a view to eliminating ambiguities and unnecessary items of information. This would make them easier for the fishermen to complete and reduce the incidence of incomplete reporting of essential data. Redesign of the forms should also bear in mind the advantages of a more rational lay-out for card-punch operators. By eliminating the need for transcription the time (and cost) of processing would be considerably reduced thus making the data more quickly available.
- (2) Attention should be given to explaining to the fishermen the use to which the data are put, to instructing them in how to complete the log books, and to passing back to them the information obtained. This would encourage the fishermen to record their operations accurately and fully.

In its pilot operation in analysis of these records the Panel constructed a table of 21 columns, as listed in Table 15 of this report; it then entered into the table data for each of the columns 1 to 10 and 16, and calculated values for columns 11 to 15 and 17 to 21, with respect to each day's fishing during the three weeks of March for each of the ports: Chimbote, Supe, Chancay, Callao, Pisco, Tambo de Mora and Ilo.

Its purpose with this Table was primarily to make a comparison between the derivative values in columns 17 to 21. For reasons outlined earlier, the Panel's hypothesis was that the catch per searching hour was the most

reliable index of changes in stock density. The basic — and, for the present, the sole — test of this hypothesis that the Panel could apply was consistency with the obvious proposition that under intensive fishing the stock density goes down progressively, unless either the stock is replenished by a movement of stock into fishing area, or the stock moves out of reach of the boats.

Some of the results of this analysis are shown in Table 16-A from which it can be seen that both catch per hour absent and catch per hour searching more consistently conformed with the hypothesis; this result is reasonable in the light of the evidence in the right hand columns of Table 16-A that, at least for the ports Chimbote, Pisco and Tambo de Mora, both trip duration and searching time per trip increased almost by doubling from the first to the third week. The Panel believes, despite the less clear result from the ports Supe and Callao, that the data of Table 16-A show that the catch per hour absent, and still better the catch per hour searching, more clearly and correctly represent the changes taking place in the stock and that these indices will in the future prove to be very informative, perhaps more for between-season comparisons than for those within season.

The expected picture is shown most clearly for the port of Pisco. During the three weeks of the fishery there was a steady decline, to less than half the original value of the catch per hour searching. The length of trip, and the hours fishing per trip steadily increased. The vessels landing at Pisco were therefore able to maintain their catches per trip at around the same value despite what was probably a large decline in the density of fish in the area. At other ports the picture is less clear. This is perhaps because of day-to-day changes in the pattern of fishing e.g. the location of a large aggregation of fish at some distance from port can result in an increase in both the length of trip, (and the number of hours searching as estimated here), as well as in the average catch per hour or catch per trip. The Panel believes that the differences between the results obtained from different measures of fishing time, will become both clearer, and more important, when considering between-season, rather than within-season changes.

#### **4.5 Stock estimates from catch and effort data**

##### **4.5.1 Analysis of catch per GRT-trip data**

Data of catch per GRT-trip (uncorrected for efficiency) for the first two weeks in March, together with similar data for the whole month of March in earlier years are given in Table 16. In analysing these data to obtain measures of abundance the following points should be taken into account:

- (a) possible changes in vessel efficiency
- (b) the deficiencies noted (section 4.4) above in the trip as a measure of fishing time

- (c) catch per unit effort is a measure of the density in the fishing area and if there is a change in the distribution of fish, this should be taken into account when estimating abundance.

The GRT-trip, as a measure of effort, takes into account only those changes in the efficiency of the fishing vessels that are related to vessel size, and not those obtained by improvements in fishing techniques, fish-spotting methods, etcetera. It has been taken as a reasonable assumption that the increase of efficiency of the fishing vessels has been on the average about 5% per year since 1965. The efficiency coefficient, which was estimated at 1.18 in 1965, therefore rose to 1.53 in 1972. It was reported, however, that the efficiency in March 1973 was less than in the year before, because of the long period of unemployment of the vessels and their equipment and crew. The effect of this is not easy to measure, but for the purpose of calculations, an efficiency in 1973 75% of that in 1972 was taken, though this may over-estimate the drop in efficiency. This gives a corrected catch per GRT-trip of 0.477 compared with a 1966-67 average of 0.540. Taking a 15% rate of increase in efficiency since 1965, which an analysis at a previous session of the panel had shown to provide a better fit to estimates of mortality from cohort analyses, the corresponding catches per GRT-trip were 0.355 in 1973 and an average of 0.447 in 1966-71.

The previous discussion on the measurement of fishing effort and fishing time shows that the catch per trip is likely to be an unsatisfactory measure of density when vessels can fill up during a trip. Table 16 shows that in the years immediately preceding 1973, the average catch per GRT-trip in at least some regions was 0.8 — 0.9; since the carrying capacity in metric tons is somewhat larger than the GRT, the vessels were, on the average, coming back more than two-thirds full. This must mean, given usual variability of success between fishermen, that a large number of boats must have been close to being full. Unfortunately, detailed logbook data do not exist to show the extent to which these successful trips were made with effective fishing time significantly less than in 1973. It appears however, from other reports, that there has been an increase in the length of trips, and the amount of time spent searching per trip. The actual decrease in density in 1973 compared with previous years is therefore greater than the decrease in catch per trip. This difference cannot be expressed in quantitative terms, but might be large. The catch per corrected GRT-trip in 1973 is therefore likely to be an over-estimate of the density in 1973 relative to that in previous years.

The area covered by stocks in 1973 (and also in 1972) is certainly less than in previous years. It has been reported in the section on the acoustic surveys that the area of distribution of the fish in March 1972 and 1973 was about 1/3 of that in 1968, 1970 and 1971. Information on the catches by area shows that in March 1972 and 1973 about 90% of the catches were made within 10 miles offshore, whereas in the two earlier years, 1970 and 1971, about 45% of the catches came from this area, some 33% from between 10 and 20 miles, and 20-25% from beyond 20 miles offshore. Thus the fish in

1972 and 1973 were distributed in a strip half or less the width of previous years (a little over 10 miles, compared with 20-30 miles). Also in 1973 few anchoveta were found in the area near Chimbote, so that the length of the coast along which the anchoveta were found was only about 75% of the usual stretch. These figures are in accordance with the reduction in the total area of distribution as indicated by the acoustic surveys. Because of the differences in fish distribution, the average catch per unit effort figure should be multiplied by the area over which the fish extend in order to obtain the index of abundance, and hence the figures for 1972 should be adjusted by a factor of half in order to obtain this index and that for 1973 by half times 0.75. This would lead to an index of about 0.276 in 1972 and 0.178 in 1973 as compared with 0.540 as the average for 1966-71. This suggests a stock in March 1973 of only one third of that in previous years, but this may be optimistic, since most of the possible errors, especially increases in true fishing time, will tend to make the value for 1973 too high.

#### 4.5.2 De Lury analysis of catch per hour searching

In this section the Panel presents an estimate of standing stock which is not dependent upon the year to year changes in the catchability coefficient. It is particularly important to obtain an estimate of standing stock for 1973 so that fishing strategies for subsequent months of 1973 can be determined.

In order to obtain this estimate CPUE is plotted against cumulative catch. The population estimate at the beginning of the fishing is then found by extrapolating the regression line to the point where CPUE equals zero, which is taken to represent the cumulative catch.

The catch by day of the fishery was given by the Institute. This is given, in Table 17 along with the cumulative catch for the three fishing periods. These are overestimated by about 15 percent because of the catch of other species.

As discussed elsewhere the catch per GRT may not be the best measure of abundance. Accordingly the Panel chose an alternative measure which it believes reflects most accurately the abundance of the stock, the catch per hour searching, i.e. the number of hours absent from port less the number of hours actually involved in the seining operation (e.g. setting the net, hauling the net, etc.) as discussed in Section 4.4. Because the number of catch records was considerable and the time for the Panel's work was short, data from approximately 40 catch records from each major port and for each fishing day were analysed as a sample. These data are set out in Table 15. (Note that records were not available for the last several days for the port of Chancaay). A weighted average measure of abundance for each week was thus obtained and weighted by the catch for each port in each fishing week.

These indices of abundance are plotted with the cumulative catch. (Fig. 10). The line fitted by eye was extrapolated to give a population estimate of nearly 2.1 million tons on March 5.

#### 4.6 Size composition and estimation of recruitment

The regular programme of measurements of anchoveta landed at the fishmeal plants was intensified during March 1973 and, in addition, measurements were made of catches taken during the Eureka surveys. The March 1973 landings had a length composition different from normal. Usually the March samples show a marked peak somewhere between 9 and 11 cm (the new recruits to the fishery, derived from the spawning around September of the previous year), with usually a second mode around 15 cm. In 1972, with the failure of the recruitment, the first mode was very small, and the fishery was based almost entirely on the very big fish, the survivors of the good recruitments in 1970 and 1971. In 1973 (see Figure 11, from Figure 4 of Informe 125) the large fish were scarce, and there had been a clear influence of new recruits (fish less than 14-15 cm.).

In the north (landings at ports from Chimbote to Huarney) and in the south (Mollendo and Ilo) the sizes of these recruits were not greatly different from normal (mode around 10-11 cm.) However, in the central region, (which was the area from which the main catches came) the mode was at around 13 cm. This is considerably larger than would be expected for fish derived from the usual main spawning around September. Two possibilities exist: that there had been an increase in the growth rate, partly because of reduced stock abundance, and second, that the recruits come from spawning earlier in 1972, possibly in January-February, when the stocks were still abundant. This latter hypothesis would imply that the offspring from the September 1972 spawning were few, and were confined mainly to the northern area.

Estimates of the strength of the recruit class expressed as numbers per unit effort can be obtained from the length composition. In past years this strength had been expressed as the average of the catch (in numbers) per unit effort in the three months of peak recruitment, but examination of past data suggested that the data from March give a reasonable index of recruitment. The size data for 1973 showed that the main group of fish was fully recruited in March. Table 18 (from Informe 125) shows the recruitment index (numbers per GRT-trip in the peak three months with 5% efficiency increase) for the years 1961-1972, and the data for March 1973. These data suggest by reference to nominal catch and effort records, that, recruits were at almost half the average abundance. As discussed below, changes in distribution and efficiency of the fleet probably make this an optimistic estimate.

Analysis of size composition data can also furnish an estimate of the abundance of the older fish. In March 1973 the number of older fish (in this



year taken as those greater than or equal to 15 cm) caught per GRT-trip was 1,614 compared with averages for the years 1966-1971, of 9,741 in the north, and 4,020 in the central región. That is, the older fish, on this evidence, appear to be of abundance at about one quarter of the 1966-1971 average.

Various factors affect these estimates of recruitment and of old fish; some of them will affect the two estimates in opposite directions. The dividing line between the two age groups is somewhat subjective, and inevitably some of the largest recruits will be included as old fish, and of the smaller adults as recruits. It is possible that the dividing line may be set too high in 1973, because of the abundance of recruits of above average size, and if so the recruits may be over-estimated, but the older fish will be under-estimated to the same extent (and conversely if the dividing length has been set too low).

It is also probable that the fleet lands a biased sample of the available population. If there is any tendency for large and small fish to be separated, the fleet will tend to concentrate on the commoner sizes. Thus the small fish (the recruits) will tend to be under-estimated when the larger fish are abundant, and vice-versa. In 1973 this tendency will work towards over-estimating the recruitment, but at the same time under-estimating the older fish. For the purposes of determining the stock abundance of young and old together, and the level of the allowable catch, these possible biases can probably be ignored.

Possible errors in determining the true fishing effort will however affect the estimates of young and old equally. The above estimates (recruitment about half the average, and old fish one quarter the average) should be adjusted for the various factors affecting effort units (changes in vessel efficiency, restricted distribution of fish, etc.) discussed previously. This gives the following estimates, relative to the 1966-71 average.

$$\begin{aligned} \text{Recruitment} &= 1/2 \times (1/2 \times 3/4) \text{ (area effect)} \times 4/3 \text{ (efficiency of vessels)} \\ &= 1/4 \text{ of average} \\ \text{Older fish} &= 1/4 \times (1/2 \times 3/4) \text{ (area effect)} \times 4/3 \text{ (efficiency of vessels)} \\ &= 1/8 \text{ of average.} \end{aligned}$$

Both these refer to numbers. Since the presumed recruits in 1973 are considerably larger than average (mode 13 cm. against around 11 cm. in 1966-71) the weight of the recruits will be more than one quarter of the average, though their potential for growth is correspondingly less.

#### 4.7 Relation between stock and recruitment

In Figure 1 of its 3rd. Report the Panel showed a relation between estimates of parent stock and resulting recruits, prepared by Mr. J. Csirke of IMARPE with a Ricker type curve fitted as a possible trend line. This curve suggested that if the adult stock were to fall to the level of about 150 units

on the scale (approximately the abundance in 1969), then there would be a reduction in recruitment, increasingly serious as the adult stock fell below 100 units.

In general terms this conclusion was confirmed by the events of 1972/73. The adult stock was low, possibly about 90 units, and the recruitment was well below average.

The Panel believes that this further evidence that recruitment will probably be reduced at levels of parent stock of around the present magnitude has very serious implications for the fishery. As discussed later, the magnitude of the recruitment to be expected from different parent stock levels is information which is vital in determining management policy. At present it is possible to give advice only in very general terms, for example that any further reduction in spawning stock will increase the probability of poor or very poor recruitment.

Further examination of this problem should receive high priority, and should include the determination of alternative indices of both recruitment and parent stock (e.g. from cohort analysis), and the estimation of parent stock in absolute terms (million of tons) and a review of the possible effects of environmental factors.

#### **4.8 Review of the estimates of present stock size**

Indices of relative abundance are given in the previous sections; they have been obtained from egg surveys, Eureka surveys and catch per unit of effort data; the reliability of the first two is believed to be low.

The egg survey data refer to the spawning stock in the months of August-September. The egg data with respect to those months suggested a 1972 spawning stock in the central and northern area of less than 10% of normal. If allowance is made for the number of eggs spawned in the southern area, the total spawning stock may have been of the order of some 20% of normal.

The Eureka surveys have been made at a time when recruitment was well under way. They indicate a stock size in January 1973 of about 45% of that in about the same season in 1968, 1970 and 1971.

The estimate of relative abundance from catch and effort data depends critically on the unit of fishing effort used. The largest figure is that based on the catch per trip, with an annual 5% increase in efficiency, and an adjustment of 75% for the efficiency in 1973 relative to 1972. This gives a mean abundance in March 33% of the years 1966-71. Considerably lower figures were obtained from other indices.

The size composition of the catches indicates that the older fish are extremely scarce, and that the present stock consists mainly of recruits spawned in 1972.

All estimates, therefore, while giving variable results, indicate that the present stock size is still greatly below the average of previous years, between 30 and 45% of the normal level. Consideration of the individual analyses suggests that these values are likely to be over-estimates.

Estimates of absolute abundance were obtained from egg-surveys in August-October 1972, from the SNP-1 acoustic survey in February 1972, and from the De Lury analysis. The egg surveys provided an estimate of spawning anchoveta stock in the northern and central area in September of about 1.6 million tons, and for the whole area of about 2.5 million tons. The SNP-1 acoustic survey estimated the stock size of all kinds and sizes of pelagic fish in February 1973 at about 4 million tons, which was considered an underestimate of those fish and the De Lury analysis gave a stock size of 2.1 million tons on 1 March 1973 based on catch per hour searching.

It should be noted that it can be expected that the acoustic survey gives a higher figure than the catch analysis, because the acoustic survey measures the fish in the sea, whereas the catch analysis is based on the recorded landings and does not take into account the difference between the actual catch and the recorded landings, which difference was discussed in the report of the First Panel meeting and may be large. Hence the catch analysis underestimates the stock in the sea, but provides a better estimate of the actual landings which can be obtained from a certain stock.

Bearing in mind that all methods have their limitations, biases and inaccuracies, the agreement between the various estimates is quite good. The most likely value of the anchoveta stock size at the beginning of March, taking into account all the above-mentioned estimates would appear to be between 2 and 4 million tons, compared to an average stock size in normal years of between 10 - 15 million.

## 5. Effects of "El Niño" on the stocks

The effect of "El Niño", and of environmental factors generally, can operate in three ways — on the availability/catchability of the fish, on the abundance of recruits, and on growth or natural mortality of the fish after they recruit.

The effect on catchability, i.e., the degree to which the behaviour or distribution of fish makes them more or less easily caught, has already been discussed in relation to the events in 1972 and 1973. In both years the fish were concentrated in the area close to the coast, and the catch per unit effort was high in relation to the actual abundance of fish. Since detailed logbook

data are not available for earlier years, it cannot be said whether the same phenomenon occurred in previous warm years. An examination of the basic catch and effort data suggest that that if anything the CPUE in 1963, 1965 and 1969 was somewhat below the values in adjacent years, but allowance would have to be made for differing strengths of year classes present in each year. The Panel did not have time to make such a detailed analysis.

No direct evidence was available concerning either growth or natural mortality of the fish in the exploitable stock, but the indirect evidence was that these were little affected by "El Niño". Taking into account the estimates of their abundance when recruited and the catches taken since recruitment, the older fish in 1973 were not noticeably less abundant than would be expected. Very large fish were, if anything, more common than usual, but this is probably due to the presence of the abundant 1970 year class, rather than to a growth change. The recruits in 1973 were unusually large, though this may have been due to differences in spawning time, rather than growth. A definite change which might well have been due to poor feeding conditions associated with "El Niño" was the low fat content of the larger fish as shown in section 3.4.

The impact on recruitment is even less clear. Recruitment from spawning in 1971 and 1972 was poor in both years, and much lower than any previous recruitment observed during the period of the fishery. The 1972 failure was associated with a low spawning stock, and with "El Niño" condition from before the spawning period until after recruitment, and so might reasonably be ascribed to environmental conditions, or to reduced adult stock, or to the two acting in combination. The adult stock spawning in 1971, on the other hand, was, if anything, more abundant than in previous years, and the more obvious changes in the environment did not become apparent until the beginning of 1972, by which time the strength of the recruitment had presumably been determined. Any simple relation between say temperature and recruitment, to the effect that high temperature produces poor recruitment, would also be inconsistent with the history of earlier warm years (1963, 1965 and 1969), which resulted in recruitment which was well up to average. It may be that more subtle relations prevail; certainly there were unusual biological events, in the second half of 1971, such as the occurrence of tropical pelagic crabs, and the unusually low proportion of spawning fish in September 1971. The determination of the effect of environmental factors on recruitment, together with the resolution of the highly critical question of the relation between abundance of adults and subsequent recruitment is a major research problem which will probably require the detailed study of the quantitative dynamics of the early life stages of the anchoveta.

## 6. The future of the anchoveta resource

The reduction of the stock can confidently be attributed to unfavorable environmental conditions (accompanying the "El Niño" phenomenon) asso-

ciated with the effects of the very heavy fishing to which the stocks have been subjected in recent years. In the past (before the fishery began) the stocks must — on the evidence of the bird populations — have recovered almost automatically after each “El Niño”; but this cannot be expected under exploitation conditions and therefore fishing should be kept as low as possible until oceanographic observations and biological studies show that the situation has returned to normal.

Indeed, the present situation contains many and in some case all of the elements associated with the decline and complete disappearance of formerly great fisheries. These fisheries include:

1. Atlanto-Scandian Herring Fishery
2. Hokkaido Herring Fishery
3. Japanese Sardine Fishery
4. California Sardine Fishery
5. Southern North Sea Herring Fishery

Some of the elements of the present situation in Peru shared with one or more or all of the above fisheries are:

- (1) One or two unusually large year classes, relative to stock size, preceding the collapse.
- (2) An overbuilt fleet which, while subjected to some restriction, nevertheless continues to exert increasingly heavy fishing pressure as the population declines.
- (3) Concentration of the population in ever more limited areas following further concentration of fishing effort.
- (4) One or two poor recruitments that touched off a collapse.
- (5) An increase in the abundance of competitors, or potential predators, in this case the sardine.

The failure to achieve effective management of the exploitation of each of these declining stocks, each of which has been fished by a fleet with high capacity, has resulted from the difficulty of taking adequate measures, other than complete cessation of fishing. Restrictions on catch have been framed with reference to levels of catch in past years, and although intended to allow some recovery of the stock, have tended to be too high in the year in which they have been applied.

This difficulty of applying effective restrictions is increased by the ability of purse-seine fishermen to increase their efficiency as the stock declines, and to maintain their catches almost until the last school of fish is taken. This can be seen in the Peruvian fishery. Up to almost 1971 the

average rate of fishing was about 10-15% per month. Although the fleet size has not changed much, the removals in March-April 1972, and in March 1973 were around 10% per week. At lower stock levels even higher removal rates are possible, so that very great damage could be done to the anchoveta stock in a very short period of unrestricted fishing. The present catching and processing capacity of the industry is, at the current low stock size, approaching 10% of the stock per day.

Increases in fleet efficiency also tend to make restrictions on fishing effort ineffective. Any reduction, in say, fleet size, is likely to be balanced by the increase in efficiency of the remaining vessels, so that the fishing mortality remains at too high a level.

Of the purse-seine fisheries that have in many cases been subject to a variety of regulations aimed at their restriction, the clearest example of an effective recovery has been the British Columbia Herring. In that fishery there was a complete closure for a period of years. Such a closure is the surest way of ensuring that fishing mortality is in fact reduced, and is also the quickest way of having recuperation from a depleted stock.

#### **7. The magnitude of the allowable catch**

The above analysis has shown, from a number of independent sources, that the population of anchoveta of commercial size present at the beginning of March 1973 was approximately 3 million tons (range 2-4 million tons), that is about one quarter of the average abundance at this time of year. If the fishing mortality in the future were maintained at the average level of the 1966-71 period, these fish would be expected to produce a catch of some 3 million tons, (about two-thirds during 1973, and one-third in 1974). It is unlikely that there will be any substantial further recruitment before the beginning of 1974, thus the allowable catch for 1973 will come from the 3 million tons of fish present at the beginning of March. Taking into account the desirability of leaving some fish at the end of the year, this implies an allowable catch for 1973 of 2 million tons (range 1 — 3 millions) assuming that the only consideration is maintaining the fishing mortality at around the level of 1966-71.

There may be some recruitment in the second half of the year of fish spawned in January 1973, but these will not reach the optimum size of harvest until 1974.

The previous sections, on the relation between stock and recruitment, and on the possible future trends in the anchovy stock, have described a situation that is very serious, and possibly disastrous. The spawning stock in September 1973, will, if no further fishing takes place after March, be only about 1 — 3 million tons, which is very much less than normal. The stock-recruit relation shows that such a low stock would be expected to produce

a recruitment well below average. The comparison with some other pelagic stocks suggest that recent events, particularly the two successive year-class failures may be part of a general process of the collapse of the fishery, similar to that which was observed in the Californian sardine.

The Panel therefore believes that if the long-term health of the industry is of prime concern, then in the setting of regulations, priority should be given to increasing the abundance of the spawning stock to its most productive level, e.g. around 8 million tons.

Any further catches before October 1973 will further reduce the spawning stock in the winter of 1973, and increase the probability that the recruitment from that spawning (on which the success of the 1974 fishery depends) will be low or very low. The Panel believes therefore, that, if at all possible, no fishing should take place between April and September 1973, and that if any fishing is permitted, catches should be limited to the lowest possible level.

Such abstention from fishing before October 1973 would not be expected to make much difference to the catches that could be taken, during 1973 and early 1974, from the fish at present on the fishing grounds. Calculations were made of the change in the total biomass of the population between 1 April and 1 October, assuming that no fishing took place during that period. A range of values of natural mortality and growth pattern gave changes in biomass ranging from  $-10\%$  to  $+5\%$ , that is, the yield that can be taken from the present stock by harvesting in April is very little different from that which can be taken by harvesting it in October.

Further assessment of the status of the stock will be needed before a decision is taken concerning fishing after October. The extent of the agreement between various estimates of the stock in 1972-73 is highly satisfactory. However, there are differences between estimates, and each estimate is subject to a number of sources of error.

The true size of the population at 1 March 1973 may therefore be outside the range 2 — 4 million tons estimated above, though this is the best estimate on the present evidence. If the stock is more than 4 million tons, then, given the likely balance between growth and natural mortality, an equivalent additional weight of fish will be available for harvesting in October, and there will be little less in catch from postponing harvest until then. On the other hand, the stock on 1 March may possibly have been less than 2 million tons, and if that were the case the spawning stock in August-September will be very low and any catches before then would substantially increase the risk of a complete recruitment failure.

The two elements that particularly need to be checked before any fishing is allowed toward the end of 1973 are the abundance of the older fish, and the success of spawning. Adult abundance can be estimated from Eureka

or other types of acoustic surveys accompanied by experimental fishing. Spawning success can be estimated precisely only after the recruits begin to reach a fishable size in December 1973-March 1974, but some measure may be obtained from the occurrence of eggs and larvae in the plankton from August onwards.

On present evidence it is expected that in October the older fish will be scarce, about 2 million tons if no further fishing is done — and there will not be signs of any very successful spawning. In that case, a choice will have to be made between the shorter and long-term interests of the fishery. A policy of continuing closure after October would lead to a reduction in the yield from the fish presently in the fishery. By October most of these will be old, and losses from natural mortality will, to an increasing extent, exceed the gains from the growth of the survivors. However, there is no doubt that the policy that would maximize the rate of recovery of the stock and minimize the risk of collapse, would be to continue the closure of the fishery until the stock has clearly recovered to around the 1966-70 level.

## 8. Food fishes

In its Third Report the Panel suggested that the estimates of the hake stocks and of the yields that could be expected from them, resulting from the work of the "Chatyr Dag", were over-optimistic. Stock densities of 1,300 tons of adult hake per square nautical mile were computed over an area of 3,000 square miles. Subsequent, much more comprehensive work by the "Professor Mesyatev" now indicates stock densities only about 1/10th as great during the winter of 1972 (128 tons per square mile), and a more reasonable ratio of yield to virgin stock is suggested (25%). However, the hake had spread far south of the normal range during winter 1972 (down to Pisco), perhaps as an effect of "El Niño", and the area over which this stock was found was much greater (21,000 square miles) so that the projected annual catch is 600,000 tons. By spring the hake had retreated to the normal area north of Chimbote, at which time the density per square mile was 293.\* The efficiency figure taken for the trawl is 50%, but it is not clear whether this is based on the distance between the wings or between the boards. If the former, the estimate could be too high because of concentration of the fish into the path of the the trawl by the sweeps.

Thus there are still uncertainties about these estimates of potential catch. Considering both groundfish and pelagic species, the new Soviet work suggests that about a million tons of food fish (other than anchoveta) may be available annually, mostly hake, mackerel and jack mackerel. The Panel

\* This figure was not given in the Russian reports but been deduced from evidence that the grounds to the north of Chimbote had an area of 8,857 mn<sup>2</sup>.



has no reason to regard this as impossible, but still believes that planning of facilities should be for no more than 300,000 tons until firmer data are available based on commercial experience and additional research.

The surprising abundance of young sardine in anchoveta catches during March 1973 is discussed above. Food-fish planning should also envisage the eventual diversion of a substantial part of the anchoveta catch to direct human consumption.

## 9. Summary of the report

A review is presented of events in the fishery in the interval since the previous meeting of the Panel, in July 1972, and of what is thought to have taken place in the resource and its environment; the various lines of research on the stocks are indicated.

Collateral evidence on the stocks and their environment is summarised; this relates to the "El Niño" phenomenon, to the guano birds, to the increase in the catch of sardine, to the fat content of the anchoveta and to maturation stages of the anchoveta. Each of these items shows that special conditions have lately prevailed in the anchoveta environment, in the associated biota and in certain aspects of the physiology of the anchoveta.

A detailed review has been made of various types of research upon the anchoveta populations and of the evidence, drawn from that research, as to the state of the resource.

An examination is made of evidence obtained from the use of acoustic equipment in studies of the distribution of the stocks and in estimating their abundance; the work was carried out in multi-ship (Eureka) surveys and in special surveys by the research vessel SNP-1; it also made use of special echo-integrating equipment. The sources of bias in this work are discussed. It is concluded that this work indicated that the stock stood, in February 1973, at about 4 million tons.

Data from recent egg and larva surveys are discussed and compared with results of previous work; calculation from the most recent data suggest that the total spawning stock in September 1972 was between 2.5 and 3 million tons.

Recent studies in which "virtual" population methods have been applied are discussed and attention is drawn to the indications, given by these studies, of the levels of natural and fishing mortality; the biotic significance of the predation by the guano birds is discussed in the light of the results of these studies.

Attention is drawn to the importance of the availability for populations research of this kind of a measure of "fishing effort" which truly relates

to fishing mortality and which at the same time serves reliably in measuring density. Suggestions are made for improving on the "GRT-trip" unit of effort, principally by treating effective searching time as the variable most closely correlated with that which determines fishing mortality. The results of calculations on this basis are presented.

Estimates of the size of the stocks are presented and discussed; the first approach is by way of analysis of data of catch-per-unit-effort, taking GRT-trip records as measure of effort; the other is a De Lury analysis in which effort is taken to be measured by the records of hours of searching. The first method suggests that the stock in March 1973 was only one third of what it had been in that month in previous years; the second indicated a stock of 2.1 million tons on March 5, 1973.

An examination of evidence on the size composition of the stocks and on recruitment is presented; this work indicates that the stock, at the time of this study, had recruits at about 25% of the 1966-71 average and older fish at only about 12.5% of the average for those years.

The relation between stock and recruitment is discussed in terms of a stock/recruitment curve prepared at the previous session of the panel.

The total effect of these separate pieces of evidence is discussed; in general it is concluded that the evidence points to the stock being at 30% to 45% of its normal level. Attention is drawn to a discrepancy between estimates based on statistics of catch and of effort expended in taking the catch, on the one hand, and on acoustic surveys and egg-and-larva surveys on the other hand; it is pointed out that the former differ from the latter in part because of the difference between actual catch (all fish killed by fishing) and the landings.

The ways in which the "El Niño" condition might affect the stocks are considered; these might be through the behaviour and distribution of the stocks, through recruitment, and through growth and natural mortality; there is however no direct evidence on how "El Niño" conditions might influence these processes.

Attention is drawn to a parallel in several respects between recent events in this fishery and events in other fisheries, for similar species, which failed after a period of intensive fishing. A possibility that a substitution of species (that is, sardine for anchoveta) is taking place, corresponding to the reverse substitution (anchoveta for sardine) which took place off California, is discussed.

The alternatives, in respect of allowable catch, are discussed.

A comment is made on some current estimates of the stocks of food fishes.

## APPENDIX I

**List of Participants****Panel Members**

L. K. Boerema (Technical Secretary)	Department of Fisheries, FAO
J. A. Gulland	Department of Fisheries, FAO
G. I. Murphy (Chairman)	Hawaii Institute of Marine Biology, University of Hawaii, USA
W. E. Ricker	Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo, B.C., Canada
B. J. Rothschild	National Marine Fisheries Service, La Jolla, California, USA
G. S. Saetersdal	Institute of Marine Research, Bergen, Norway
A. Saville	Marine Laboratory, Aberdeen, Scotland, UK

**UNDP/FAO Fishery Research and Development Project Staff**

R. E. Craig	
G. L. Kesteven	Project Manager

**Panel Consultant**

W. G. Clark	College of Fisheries, University of Washington, Seattle, USA
-------------	--

**Participants from the Instituto del Mar, Peru**

R. Jordán	J. E. Valdivia
A. de Vildoso	I. Tsukayama L. A. Poma

**Representatives of the Ministry of Fisheries, Peru**

Ulises Robles	Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica
María E. Chamorro	

**Representatives from the fishing industry**

L. B. Izaguirre	Sociedad Nacional de Pesquería, Lima
R. Villanueva	OYSSA, Lima

## APPENDIX II

**Agenda**

1. Opening of meeting and election of chairman
2. Adoption of agenda
3. Short review of the fisheries, of the state of the industry, changes in number of plants and boats, and of research since last Panel meeting
4. Description of the oceanographic situation
5. Review of available data
6. Estimates of stock abundance
  - a) Eureka and other surveys
  - b) Commercial catch and effort data
  - c) Egg production data
  - d) Others
7. Special analyses
  - a) Virtual population/cohort analysis
  - b) Growth changes( increase in proportion of large fish)
  - c) Recruitment fluctuations and stock-recruitment analysis
  - d) Abundance of food (fat content) and predators
  - e) Stock separation (gut length and other data)
  - f) Others
8. Assessments
  - a) Review of previous assessments
  - b) Evaluation of the present situation
9. Advice on regulations
  - a) For 1972
  - b) For later season
10. Advice to FAO and IMARPE on future research
11. Potential resources of fish other than anchoveta
12. Adoption of report

## APPENDIX III

## COHORT ANALYSIS\*

**Introduction**

The initial abundance  $N_0$  of a cohort (group of individuals spawned in some distinct interval of time) at the time of first recruitment, and the natural mortality rate  $M$  to which it was subject during its fishable lifespan, are uniquely determined once the following are specified:

- (i) Catch in numbers by age.
- (ii) Mean individual weight by age,
- (iii) Yield in weight to predators from the cohort during its fishable lifespan,
- (iv) Fraction of initial number surviving at the end of the fishable lifespan.

Basic data on catch and growth by cohort were given in a study presented to the Third Panel by Valdivia and Burd. Predation in weight was more difficult to estimate, but rough minimum and maximum values of each year class were derived from bird and bonito data. Survival (at the end of the last month in which fish of a cohort appear in the catch) cannot be estimated; but fortunately its precise value is not important — for all values of survival less than about 0.22, the estimates of  $N_0$  and  $M$  are very close, and it seems certain that survival is less than 0.02 when a cohort disappears permanently from the catch.

$N_0$  and  $M$  although determined by the above estimates, cannot be computed directly. Instead, they must be obtained by successive approximation. This was done by computer. The estimates and the results obtained are described in detail below.

**Catch and Growth Data**

The data submitted by Valdivia and Burd include catch in numbers by month for each cohort which entered the fishery in the northern and central regions in the years 1962-1972. Only the 1962-1970 cohorts are treated in the present analysis since it is likely that more than 2% of the 1971 and 1972 recruits are still alive. Mean length by month was available for the 1962-1967 cohorts. Four composite length-at-age schedules were prepared from these data, for the summer-and fall-recruited cohorts in the northern and central regions. The growth of the 1968-1970 recruits was represented by these composite schedules.

When the catches in number were transformed to catches in weight by application of the length-at-age schedules and of an equation for the length-

weight relation, the agreement with catch records by year and region was quite good, although usually high by about 5%. To make the agreement closer for each region and exact to each year 1964-1970, the length-weight relation was adjusted with a small correction factor appropriate for each year. The mean of the 1964-1970 correction factors was applied for 1962, 1963, 1971 and 1972, when the computed catches did not include all the cohorts present in the actual catches.

### **Estimates of Predation**

The major known predators of anchoveta are the guano birds, sea lions, and various fish. Other predators, such as squid, also consume substantial quantities of anchoveta, but it is difficult to estimate how much.

Predation by birds was computed from the census data by assuming that the gannet and the pelican consume about the same quantity of anchoveta as the guanay, which formed the overwhelming majority of the bird population through 1972. Consumption by the guanay is approximately one-half kilo per day. Since the guanay spends about half the year in Peru, each bird might consume about 90 kg. per year at the minimum. IMARPE's estimate of 157 kg per bird, per year, leads to a high figure for total consumption by the birds. Low estimates of bird consumption are then about  $1.5 \times 10^6$  mt/yr. in the early years of the fishery and about  $0.4 \times 10^5$  mt/yr. more recently, compared to corresponding high estimates of around 2.5 and  $0.7 \times 10^6$  mt/yr.

Consumption by sea lions is probably not very large, assuming a population of some tens of thousands of individuals each consuming several tons of anchoveta per year. 100,000 mt/yr. was taken to be a low, and 500,000 mt/yr. as a high estimate of consumption by sea lions.

Bonito feed almost exclusively on anchoveta. The amount consumed by the bonito population was computed by taking the average catch from 1962 to 1966 (when catch per unit effort was reasonably constant) to represent half the surplus production of the stock. The catch per unit effort dropped by about half after 1966. For the period 1962-1972, surplus production in each year was estimated as a linear function of catch per unit effort, taking the average catch per unit effort and twice the average catch from 1962-1966 to fix the line. Estimated production was then divided by an assumed transfer efficiency to obtain an estimate of total consumption of anchoveta. A high transfer efficiency of 10% gave a low estimate of consumption ( $0.5$  to  $1.5 \times 10^6$  mt/yr.) while a more realistic transfer efficiency of 5% gave estimates twice as high.

A large proportion of the diet of other food fish species, Mackerel, jack mackerel, horse mackerel is Anchoveta but, like the bonito, these species have been subjected to increasing fishing pressure in the last decade. Their

total consumption was assumed to be comparable to that of the bonito; hence high and low estimates for these species were obtained by taking the corresponding estimates for bonito.

The estimates above — for birds, sea lions, bonito, and other food fish species — total  $4.6 \times 10^6$  mt/yr. (low figures) to  $9.0 \times 10^6$  mt/yr. (high figures in the years 1962-1965). Still to be considered is the amount consumed by unknown and little-known predators such as squid.  $1.5 \times 10^6$  mt/yr. and  $6.8 \times 10^6$  mt/yr were chosen arbitrarily as low and high estimates of this amount.

The results were based on the average of the high and low estimates for each year. Predator consumption was divided among regions in proportion to catches in each region in each year. Table 19 shows the total for the north and central regions. Within each region, total yield to predators from a particular cohort during its entire fishable lifespan was computed by first dividing the catch in weight from that cohort by the total catch from all the cohorts in the region over the appropriate years, and then multiplying this fraction by the total estimated predator consumption in the region during those years. Hence yield to predators from a cohort was proportional to its yield to the fishery in weight during its entire fishable lifespan, but not during each year. In particular, computed consumption by predators was larger relative to catches in the year of recruitment than in later years.

### **Selection of Estimates**

With available estimates of individual weight by age, catch in numbers by age, and total yield in weight to predators for each cohort, abundance,  $N_0$  at time of recruitment and a constant natural mortality rate  $M$  were computed for each cohort as described above. Although  $N_0$  and  $M$  for a given cohort had virtually same values for any terminal survival less than 0.02, the estimated fishing mortality rates in the last year were very sensitive to the fraction computed to survive at the end of the fishable lifespan. The estimates chosen were those which showed the closest correspondence between fishing mortality rates in the last year and the next to last year, subject to the constraint that survival had to be less than 0.20. This criterion could not be applied to cohorts which disappeared from the fishery in the calendar year following the year of recruitment. In these cases estimates were chosen which, as nearly as possible, yielded a ratio for adult to recruit fishing mortality rates equal to that found for long-lived cohorts.

It should be stressed that the range of choices at this stage did not involve any important difference in the estimates of initial abundance, natural mortality rate, or fishing mortality rates in the first part of the catch history. The only highly variable figures were the fishing mortality rates estimated as operating on each cohort in the last few months of its presence in the fishery.

## Results of the Study

Table 20 shows the estimated abundance of each cohort at the time of recruitment. The spring spawning appears to have been very successful in 1963, 1968 and 1969, while 1967 was a poor year. The results of summer spawning appear to have been much less variable.

Table 21 shows estimated natural mortality rates by cohorts, and Table 22 the estimated fishing mortality rates by cohort and age. Table 23 shows average mortalities to which, it is estimated, the spring-spawned fish (Group 1) were exposed in each year. Natural mortality is estimated to have been around 1.0 prior to the 1965 "El Niño", and about 0.65 in subsequent years. The fishing mortality rate of recruits appears to have increased from about 0.45 prior to the 1965 "El Niño" to 0.65 since.

Table 24 shows the mean age, in months, of individuals in the catch taken from each spring-spawned cohort (treating first appearance in the catch as time at age zero). The explanation for the decrease after 1965 is, according to this analysis, a decrease in the natural mortality rate and an increase in the fishing mortality rate on recruits, which both act to increase the rate of exploitation of young fish (from about 0.24 to about 0.36).

The estimated adult fishing mortality rate was quite steady near 1.40 until 1966, and then dropped sharply in 1967, only to rise steeply until 1970 and then to fall again in 1971. Comparing the earlier with the later years shows that in years 1966-1968, the fishing mortality rate on recruits was relatively high compared to that on adults (more than half the adult rate in 1966-1968 as against a third or less in other years). This pattern may indicate that the fishery concentrated on recruits in these years. As a result of reduced adult fishing mortality, the 1966 year class persisted longer than any previous year class in the fishery, yielding substantial catches even in 1968.

The second dramatic decrease in the adult fishing mortality rate occurred in 1971. As discussed below, this appears to have resulted mostly from the high abundance of the 1970 year-class, but a major reduction in effort from 1970 to 1971 (and a reduction in total catch) also contributed to lowering the rate of exploitation.

A monthly population history for each cohort was constructed from the estimates of initial abundance, natural mortality rate, and monthly fishing mortality rates. The biomass of all cohorts present in the fishery in each calendar month was then summed to represent a history of population abundance, shown in Figure 1. The population appears to have been fairly constant in size from 1964 to 1969, when a substantial increase was caused by the entry of the strong 1969 and 1970 year-classes. These large year-classes, fished lightly as adults in 1971 and followed by the much smaller 1971 year-class, increased not only the size of the population, but also its mean age.



The size of the 1971 and 1972 cohorts could not be estimated by the present method. The 1971 recruitment was judged on the basis of catches in the first twelve months, to have been poor (perhaps about the same as 1960); however, the levels of abundance and mortality rates furnished by this analysis depend, of course, on the estimate of the level of predator consumption. Also, estimates of long-term changes in mortality rates will depend on the estimated long-term changes in predator consumption. These levels and long-term trends will be different for other reasonable estimates of yield to predators.

Some of the more important events in this constructed history do not, however, depend on the estimates of yield to predators; these include the marked decrease in fishing mortality rate on adults in 1967 and again in 1971, the steady increase in the fishing mortality rate on recruits until 1968, and the substantial increase in stock in 1970 and 1971 over previous years. It can also be said that relatively large adult stocks produced relatively small cohorts in 1968 and 1971, and that small adult stocks produced large year-classes in 1965, 1969 and 1970.