

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
BOLETIN

VOLUMEN 2

NUMERO 9

TERCERA SESION DEL PANEL DE
EXPERTOS SOBRE LA DINAMICA DE
LA POBLACION DE ANCHOVETA
PERUANA

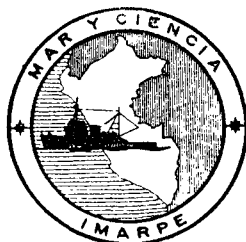
Julio de 1972

(Versión en castellano, pág. 525)

THIRD SESSION OF THE PANEL OF
EXPERTS ON THE POPULATION DYNAMICS
OF PERUVIAN ANCHOVY

July 1972

(English version, page 573)



CHUCUITO, CALLAO, PERU

1973

Tercera Sesión del Panel de Expertos sobre
la Dinámica de la Población de la
Anchoveta Peruana
Julio de 1972

C O N T E N I D O

	Pág.
1. Introducción.....	525
2. Las condiciones oceanográficas en 1971 y 1972.....	525
3. La pesquería de la anchoveta durante 1971 y 1972.....	526
4. Datos básicos respecto de los stocks de anchoveta.....	528
5. Estimados del máximo rendimiento sostenido (MRS) en base a datos de captura y esfuerzo.....	529
6. Experimentos de marcación.....	530
7. El desove en 1971.....	532
8. El stock de anchovetas adultas (reclutas de 1971 y años anteriores).....	533
9. El reclutamiento de 1971/72.....	534
10. La magnitud de las futuras clases anuales.....	536

	Pág.
11. Estrategia administrativa para 1972/73.....	538
12. Consideraciones generales sobre política administrativa.....	541
13. Necesidades de investigación científica.....	543
14. Peces de consumo.....	545
15. Otros asuntos.....	545
16. Sumario.....	546
Anexo: Algunos comentarios sobre modelos matemáticos aplicables al stock de anchoveta.....	548
Tablas (1 al 7).....	554
Figura 1.....	561
Apéndices	
Lista de participantes.....	562
Agenda.....	563
Lista de documentos y otro material examinado por el Panel.....	567
Lista de Tablas presentadas por IMARPE.....	569

1. INTRODUCCION

La tercera reunión del Panel de Expertos tuvo lugar en el Instituto del Mar del Perú entre el 3 y 11 de julio de 1972. Las actividades del Panel han sido conducidas en estrecha colaboración con el personal científico del Instituto del Mar. Además, participaron en la reunión representantes del Ministerio de Pesquería del Perú y observadores de la Sociedad Nacional de Pesquería. La lista de los participantes se da en el Apéndice 1; además, otros miembros del Instituto tomaron parte en las deliberaciones sobre diversos asuntos concretos.

La agenda de la reunión se da en el Apéndice 2 y la lista de los documentos y demás información presentada al Panel aparece en el Apéndice 3.

El Dr. W. E. Ricker fue elegido presidente de la reunión.

2. LAS CONDICIONES OCEANOGRAFICAS EN 1971 Y EN 1972

Durante 1971 la temperatura de la superficie del mar frente a la costa norte del Perú fue menor que el promedio de 40 años (con excepción de noviembre).

Aunque la temperatura era baja, durante la segunda mitad de dicho año se capturó en el norte, en número significativo, un cangrejo de aguas tropicales del género **Euphylax**. En 1972, cuando se hizo presente el fenómeno "El Niño", el **Euphylax** estuvo muy abundante y se efectuaron pescas apreciables de varias especies de peces tropicales, como, por ejemplo, "dorado" (**Coriphaena hippurus**), "barrilete negro" (**Auxis rochei**). También se registró un predominio del zooplancton sobre el fitoplancton en las áreas central y norte.

Durante el mes de febrero de 1972 se hizo evidente un calentamiento generalizado de las aguas superficiales del mar peruano. Las temperaturas llegaron a 30.3°C y acusaron salinidades tan bajas como 32.7‰, lo cual indica una intrusión de aguas tropicales. Esta agua ecuatorial de superficie imperó hasta abril y mayo, pero, empezó a disminuir en junio. Las temperaturas más altas se registraron durante el mes de marzo; disminuyeron algo en abril, pero las temperaturas de mayo y junio fueron todavía altas para la época entre 19 y 27°C. Estos valores son más elevados que los registrados para años de calentamiento anteriores.

Normalmente las temperaturas disminuyen durante el período de julio a setiembre. Bajo condiciones de "El Niño" las altas temperaturas propias del verano y parte del otoño se elevan más aún, siendo incluso frecuente que estas temperaturas anormalmente altas se repitan durante diciembre y los seis primeros meses del año siguiente a aquel en que se presentó "El Niño". Entonces en la situación actual es de esperar que ocurra una disminución de las temperaturas superficiales durante los primeros meses del segundo semestre de 1972, seguida de un aumento desde noviembre de 1972 hasta junio de 1973 notablemente superior al promedio.

Los datos de IMARPE sobre las condiciones oceanográficas fueron obtenidos por los cruceros oceanográficos, las prospecciones Eureka, los laboratorios regionales, la Compañía Nacional de Vapores y la Naviera Peruana del Pacífico S. A. Además, el Panel ha usado temperaturas superficiales proporcionadas por la Compañía Marítima Pesquera S. A. de los puertos de Chancay, Huarney, Chimbote y Paita.

3. LA PESQUERIA DE LA ANCHOVETA DURANTE 1971 Y 1972

El Instituto del Mar recomendó una captura límite de 10 millones de toneladas para el período de setiembre 1970 a junio 1971, una veda en enero y febrero para toda la costa peruana y la semana de pesca de 5 días, debiéndose revisar la captura límite si el reclutamiento a principios de 1971 mostrara ser desusualmente bueno o desusualmente pobre. Como las capturas durante el período setiembre-diciembre 1970 alcanzaron un nivel de 4.75 millones de toneladas, la cuota restante para la primera mitad de 1971 fue de 5.25 millones de toneladas. Sin embargo, el Ministerio de Pesquería aplicó algunas modificaciones y regulaciones adicionales que a continuación se especifican:

- a) Abrir la pesca durante enero y febrero en Mollendo e Ilo.
- b) Se limitó la captura por embarcación al 70% de su capacidad de bodega por cada viaje desde marzo 1971 hasta el término de la estación de pesca (junio 1971).
- c) Se introdujeron cuotas mensuales de captura desde mayo 1971, como se muestra en la Tabla 1.
- d) Durante mayo y junio de 1971 se limitó la semana de pesca a 3 días, para embarcaciones mayores de 120 tons. y a 4 días para embarcaciones de menor tonelaje.
- e) Se suspendió la pesca por períodos hasta de 15 días en aquellos puertos en que el desembarque alcanzó por lo menos el 50% de peladilla.
- f) En mayo de 1971 al alcanzarse la cuota de captura para la estación, se concedió una cuota adicional de 240,000 tons. a aquellas embarcaciones menores de 150 tons. de capacidad, pertenecientes a plantas de baja producción.
- g) Se introdujo una regulación a largo plazo tendiente a reducir la capacidad de captura de la flota total, por la cual, aquellas embarcaciones que no habían pescado desde el 1º de setiembre de 1969 serían retiradas de la pesquería y nuevas embarcaciones sólo podrían ser introducidas si al mismo tiempo se retiraban embarcaciones antiguas con una capacidad total de por lo menos 1.5 veces la capacidad de la nueva embarcación.

- h) Se mantuvo un control estricto sobre la cantidad de harina procesada en cada planta en función de la capacidad de reducción declarada. Esto forzó a varias plantas a introducir medidas internas tales como el establecimiento diario de capturas límites por embarcación.

Varias de estas regulaciones adicionales fueron introducidas después de las muy altas capturas de marzo, lo cual indica, que sin tales regulaciones adicionales la cuota se hubiera alcanzado en un período corto. Esto dio como resultado, que la pesquería continuase hasta abril y mayo, con algo de pesca en junio. El número de días de pesca empleado para alcanzar la cuota fue bajo.

En junio de 1971, el Instituto del Mar recomendó una cuota de 9.5 millones de tons. para las estaciones de pesca de setiembre 1971 a junio 1972, con la salvedad de que esta cuota debiera ser revisada sobre la base del reclutamiento de 1972. También el Instituto recomendó vedar en enero y febrero de 1972 en toda la costa y una semana de pesca de 5 días. Durante la segunda mitad de 1971 se mantuvo el sistema de cuotas mensuales introducido por el Ministerio a principios de año, junto con las otras reglamentaciones sobre cuotas por viaje-embarcación y sobre el número de días de pesca por semana. Las tasas de capturas fueron altas y las cuotas mensuales se lograron relativamente en pocos días, como se muestra en la Tabla 1.

El sistema regulatorio algo complejo que operó en 1971, afectó la distribución de las capturas y el esfuerzo de pesca durante el año, así como la eficiencia de las operaciones de pesca; ésto deberá ser tomado en cuenta en la evaluación del stock basado sobre análisis de datos estadísticos.

Las actividades de pesca con toda la flota a lo largo de la costa peruana duraron solamente 83 días en el año calendario de 1971, tiempo en el que se desembarcó 9'901,522 toneladas, o sea 95% de la pesca total en 1971. Lo restante se capturó en enero y febrero por la flota de Mollendo e Ilo, y por las pocas embarcaciones a quienes se les permitió pescar en junio.

Debido a un pedido del Ministerio en el sentido que las recomendaciones sean hechas por año calendario, el Instituto del Mar preparó un Informe basado en datos hasta noviembre 1971 y publicado a comienzos de 1972, donde recomendó una cuota de captura del orden de 5 millones de toneladas para los primeros 4 meses de 1972, a partir de marzo, asumiendo una magnitud promedio del reclutamiento 1972 y condiciones ambientales normales para estos nuevos reclutas.

El Instituto detectó escasez de peces jóvenes en diciembre, lo cual pudo haber indicado un retraso del reclutamiento, pero a base de las investigaciones Eureka de enero y febrero se confirmó una escasez de reclutas. Al mismo tiempo fueron observadas las primeras indicaciones de anormalidades oceanográficas, las cuales desarrollaron el fenómeno "El Niño".

La pesca comenzó el 31 de enero en Ilo; en febrero operaron las flotas de Ilo y Mollendo y a partir de marzo operó la flota completa. Las capturas

fueron altas en marzo, pero en abril comenzaron a declinar y fue necesario un mayor número de días de pesca; aún así, la cuota mensual no se llegó a cubrir (Tabla 2). En una gran parte estas capturas fueron a base de peces grandes, estando casi ausentes los peces jóvenes (nuevos reclutas), si se compara con las capturas de otros años para los mismos meses, por lo que se pensó seriamente en las posibles consecuencias de una falla en el reclutamiento.

Inmediatamente después de analizar los datos de las capturas comerciales de marzo 1972, la baja producción de reclutas y las anomalías oceanográficas, el Instituto se vio obligado, en el mes de abril, a recomendar el cierre de la pesquería tan pronto como sea posible, como la medida más apropiada para mantener el recurso anchoveta. La pesquería continuó pero las capturas cayeron bruscamente durante mayo y junio. El análisis e implicaciones de estos acontecimientos son los temas de otras secciones de este informe.

4. DATOS BASICOS RESPECTO DE LOS STOCKS DE ANCHOVETA

El Panel recibió información respecto del progreso alcanzado por el Instituto del Mar en la recolección de datos básicos y sobre la nueva información mejorada relativa a las evaluaciones de la anchoveta.

4.1 Estadísticas de captura

La recolección de los datos de estadística de captura ha continuado según los lineamientos descritos anteriormente, siendo de advertir que aún falta una información detallada sobre áreas de pesca.

Los formularios nuevos de captura, mencionados en el informe de la segunda reunión del Panel, han resultado insatisfactorios, aunque debe mencionarse que se ha instituido recientemente el sistema obligatorio de registrar en cuadernos de bitácora ad-hoc datos detallados sobre el área de captura y el monto de esta última.

El Panel expresó su beneplácito por el esfuerzo desplegado para mejorar la información sobre el área de captura y el esfuerzo de pesca, pero subrayó la necesidad de diseñar cuidadosamente los procedimientos implicados, incluyendo el control de la calidad y el procesamiento de los datos, la cual es indispensable para manipular con eficiencia el enorme volumen de datos que habrá de generar el sistema. Bien puede requerirse consejo especializado para procesar los datos pertinentes.

4.2 Estadísticas de esfuerzo

El Instituto ha revisado la información disponible sobre la composición de la flota en los años pasados, lo cual ha permitido introducir correcciones en los estimados de esfuerzo en TRB-Viaje de modo especial en los primeros

años de la pesquería. Los estimados revisados fueron incorporados en las tablas que se puso a disposición del Panel y han sido usadas en el presente análisis.

Otros perfeccionamientos en la información del esfuerzo, que fueran sugeridos en el informe del segundo Panel, pueden que devengan disponibles como consecuencia de haber introducido el sistema de los cuadernos de bitácora.

4.3 Muestreo de longitudes

Algunas mejoras han sido logradas en el método de recolectar las muestras para determinar longitudes, lo cual evita ahora que el muestreador vicie la composición de las mismas. La falta de anchovetas jóvenes en la primera mitad de 1972 hizo imposible conducir dos experimentos recomendados por el Panel en su segundo informe, a saber: 1) Desarrollar un método que permita estimar la longitud de todos los individuos presentes en la muestra aun cuando algunos de ellos se hayan dañado o estén incompletos, y 2) Determinar el grado de sesgo que actualmente existe en los estimados de composición de longitudes comparando los resultados de muestras tomadas en el mar con los correspondientes a muestras tomadas en tierra firme en la forma habitual.

5. ESTIMADOS DEL MAXIMO RENDIMIENTO SOSTENIDO (MRS) EN BASE A DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

Nuevos estimados del máximo rendimiento sostenido disponible para la pesquería tomando en consideración el tamaño actual de la población de aves guaneras fueron puestos a disposición del Panel, basados en cifras corregidas del esfuerzo, que fueron mencionadas líneas arriba y que incluyen los datos correspondientes al año 1971. Los estimados han sido calculados en base a las capturas por el hombre y las aves, tanto para años calendarios como para estaciones anuales de pesca, y empleando varios supuestos respecto del aumento de la eficiencia de las embarcaciones. En su segunda reunión, el Panel sugirió que la eficiencia de la flota podría haber aumentado 15% por año a partir de 1965. Los estimados que aquí se hacen se fundan en supuestos del 5 y 15% de incremento anual desde 1965. Los datos sobre captura, esfuerzo y c.p.u.e., así como la cantidad consumida por las aves, se presentan en las Tablas 3 a 5. Los estimados del máximo rendimiento sostenido aparecen en la Tabla 6.

Prácticamente todos estos valores dan un estimado del MRS, para el total del stock de anchoveta peruana, similar, bajo condiciones promediales, al consignado en el informe del segundo Panel, a saber: algo más de 10 millones de toneladas métricas. El esfuerzo de pesca, durante el período 1966-70 estaba cerca o sobrepasaba el nivel correspondiente al MRS, según el grado de aumento de eficiencia que se supusiera haber tenido lugar. El esfuerzo de pesca de 1971 parecería, sin embargo, ser más bajo que en los años

anteriores. El esfuerzo estimado para el año calendario de 1971 fue 19.5 (10^6) unidades, si se admite un aumento de eficiencia del 5%, y de 27.4 (10^6) unidades para un aumento de eficiencia del 15%. El esfuerzo estimado para la estación de pesca 1970/71 fue de 26.1 (10^6) unidades para un aumento de eficiencia del 5%. Todos los estimados están bastante por debajo del estimado para el año anterior y también por debajo del nivel que genere el máximo rendimiento sostenido. Sin embargo, debiera advertirse que el esfuerzo efectivo en 1971, bien puede haber sido mucho mayor que cualesquiera de estas cifras nominales, debido a una capturabilidad relativamente alta de los peces, como se desprende de los análisis que aparecen en el presente informe.

Los resultados de los recientes experimentos de marcación corroboran la hipótesis ya expresada en informes anteriores de que los recursos de anchoveta en el área sur constituyen un stock más o menos independiente. Los estimados del MRS, para esta parte del total del stock peruano son del orden de 1.3 millones de toneladas, que en efecto, corresponden al nivel de capturas obtenidas en dicha área en años recientes.

Los estimados anteriores suponen condiciones promediales de reclutamiento y de capturabilidad; las condiciones especiales que se hicieron presentes durante la estación de pesca de 1971/72, hacen inaplicables dichos estimados para establecer las reglamentaciones pesqueras de 1972. En consecuencia, en lo que sigue, se hace un análisis especial de la información disponible sobre la situación actual.

6. EXPERIMENTOS DE MARCACION

6.1 Resultados adicionales del experimento de 1970

Una revisión de este experimento y de sus resultados, hasta fines de 1970, fue presentada en el informe de la anterior reunión del Panel. Nuevas recuperaciones de marcas tuvieron lugar en 1971. Cuarenticinco marcas fueron reportadas en el período enero-julio 1971, de las cuales 31 procedieron de Chile. En el período julio-diciembre 1971, el número de marcas reportadas fue 162 de las cuales 5 procedieron de Chile. No se registraron recuperaciones en 1972.

El considerable aumento de marcas reportadas en el segundo semestre de 1971 sería indicativo de un gran aumento en la mortalidad por pesca, de las anchovetas adultas durante dicho período, en comparación con el primer semestre del año. Empero, debiera notarse que de las 162 marcas recuperadas, 137 provinieron del Sector Sur (Atico-Ilo) de las cuales 113 habían sido marcadas en dicha área. Un nuevo experimento de marcación masiva en el mar fue realizado en agosto 1971, el cual debió haber estimulado la búsqueda de marcas en las plantas de reducción del Sector Sur en los últimos meses de dicho año, constituyéndose posiblemente en factor importante del aumento de recuperaciones para el experimento de 1970.

6.2 Resultados del experimento de 1971

57,893 anchovetas, en su mayor parte de 14 cms. o más de largo, fueron marcadas en el área del Sur, entre Pescadores y la frontera con Chile. En setiembre se recuperaron 2,038 marcas, 3,328 en octubre, 171 en noviembre, 508 en diciembre, 16 en enero, 406 en febrero, 106 en marzo, 42 en abril, 6 en mayo y 3 en junio. Además 2,000 marcas se recuperaron en una planta entre setiembre y diciembre, para las cuales se carece de información respecto a la fecha de la recaptura. El número total de recuperaciones asciende a alrededor de 9,000 marcas, o sea, aproximadamente 16% del total de anchovetas marcadas, porcentaje que es mucho mayor que el correspondiente al experimento de 1970, que fue algo menos del 3%. En cierta medida, esto puede atribuirse a una mejora en las técnicas de marcación y de recuperación de marcas, pero también puede ser el reflejo de un aumento considerable de la mortalidad por pesca. Si es lícito conjeturar que las 2,000 marcas con información incompleta se recuperaron en la misma proporción mensual que la registrada para las otras marcas, entonces su porcentaje de recuperación en setiembre de 1971 fue de 5% y en octubre de 8%. Tomando en consideración los efectos de la mortalidad por marcación, desprendimiento de marcas, reportajes de recuperación incompletos, etc., las cifras dadas parecerían indicar una alta mortalidad por pesca de estos meses, probablemente más del 10% mensual.

La disminución del número de marcas recuperadas del experimento de 1970 durante los períodos setiembre-diciembre de 1970 y setiembre-diciembre de 1971, así como la disminución de las recuperaciones del experimento de 1971 a lo largo del período de setiembre 1971 a junio 1972, es, en cada uno de estos casos, del orden del 50% por mes. Este porcentaje representa un sobre-estimado de la mortalidad total real de las anchovetas no marcadas, puesto que incluye las marcas que se pierden por desprendimiento, mayor mortalidad natural y predación de los individuos marcados y, tal vez, una disminución en la tasa de recuperación a medida que disminuye la abundancia de las marcas.

Existe alguna indicación de que la disminución en el número de marcas recuperadas durante el período setiembre-diciembre de 1971 fue mayor que en el mismo período de 1970, lo cual sería indicativo de una tasa de mortalidad más alta, pero se necesita efectuar un análisis más a fondo a fin de poder emitir conclusiones más precisas.

Se han conducido nuevos experimentos a fin de determinar algunas de las causas de los sesgos presentes en los datos de las marcaciones. La recuperación de marcas provenientes de anchovetas marcadas, "sembradas" en el momento del desembarque, variaron entre 11 y 97% en 4 plantas en reducción, con un promedio de 67%. El Panel sugirió que cualquier campaña de marcación masiva en el mar, debiera ir acompañada de extensos experimentos de "siembras" en las bodegas de las bolicheras para determinar los porcentajes de recuperación de marcas en las plantas y así obtener mejores estimados de los índices globales de recuperación correspondientes. Los

experimentos de "siembras", bajo comentario, también han puesto en evidencia que es bastante largo el período dentro del cual se recuperan las marcas de cada siembra. Por ejemplo, de 393 anchovetas marcadas y sembradas en las bodegas, se recuperaron 125 marcas entre los 3 y los 10 días subsiguientes. Este resultado muestra el alto grado de imprecisión que existe al atribuir una marca dada a una embarcación y viaje de captura determinados.

Los experimentos realizados en viveros flotantes con anchovetas marcadas confirmaron, nuevamente, la baja mortalidad inducida por la marcación así como un grado limitado de desprendimiento de marcas. Además se constató que el nivel de mortalidad era similar, ya sea que las marcas se insertaron con pistolas especiales o directamente con la mano.

Aunque el progreso alcanzado en estos asuntos es muy útil en la interpretación de los resultados de los experimentos de marcación, es de desear que se conduzcan investigaciones más extensas y en mayor detalle sobre dichas materias, según los lineamientos indicados en el Informe del segundo Panel.

7. EL DESOVE EN 1971

Las muestras de plankton obtenidas durante los cruceros oceanográficos y otros, nos han proporcionado información sobre huevos de anchoveta. Aunque los datos obtenidos no son suficientes para estimados cuantitativos seguros de la producción de huevos por año, el número promedio de huevos bajo un metro cuadrado de superficie en el mar en el área entre 6 y 14° L.S. y hasta 60 millas mar afuera, sugiere amplias diferencias en producción de huevos en diferentes años; 1970 y especialmente 1971, fueron años de muy baja producción (500 huevos por metro cuadrado en 1971 contra un promedio cercano a 3,000 en los años 1966-1970). La cifra aún más baja para 1965 se debió probablemente al hecho de que los cruceros de muestreo no coincidían con la mayor temporada de desove, la cual fue tardía.

Un bajo nivel de desove en 1971 también es puesto de manifiesto por el porcentaje relativamente bajo de peces maduros y desovantes en las pescas de setiembre a diciembre de 1971 cuando se le compara con el promedio para los años 1966-1970, de modo especial en las zonas norte y sur de la costa. La diferencia en la zona central fue menos marcada. El porcentaje promedio más alto de peces maduros y desovantes entre setiembre a diciembre, para el período 1966-1970, fue mayor de 90% en Chimbote, alrededor de 75% en el Callao y cerca de 60% en Ilo, mientras que los valores respectivos para 1971 son 40, 60 y 15%.

Una indicación indirecta de un desove pobre en 1971 la proporcionó el contenido de grasa de las anchovetas, que en condiciones normales, es bastante alto, poco antes del desove, decreciendo durante éste, desde un promedio que es del orden del 12 a 13% en junio hasta un 5% en setiembre, en el

caso de individuos de talla mayor de 14 cms.; en 1971 el contenido de grasa en marzo-junio se encontraba, en términos generales, algo por debajo del promedio para estos meses, pero, a partir de setiembre hasta octubre los valores eran alrededor de 2% mayores que el promedio, aumentando hasta un nivel muy alto en diciembre (18.8% en Chimbote, 14.1% en el Callao y 11% en Ilo).

De este modo resulta que toda la información que se dispone indica que tanto la producción total de huevos como la producción de los mismos por hembra, entre agosto y setiembre de 1971, ha sido desusadamente baja.

8. EL STOCK DE ANCHOVETAS ADULTAS (RECLUTAS DE 1971 Y ANTERIORES)

Toda la evidencia disponible indica que actualmente hay muy pocas anchovetas adultas, mayores de 1 año en toda la costa. Estos peces proporcionaron buenas capturas durante los últimos meses de 1971, lo que determinó en consecuencia, como ocurre normalmente, una declinación substancial en su abundancia. Pero la intrusión de aguas cálidas en 1972 los obligaron a replegarse gradualmente hacia el sur desde el mes de marzo, dentro de una banda pegada a la costa, de modo que allí se encontraban tan concentradas que las capturas por unidad de esfuerzo permanecieron altas. Fue así como se efectuaron muy buenas capturas de anchovetas, hasta casi haberlas agotado. En la segunda quincena de abril las capturas de valor comercial devinieron escasas, y hacia fines de junio sus cantidades habían mermado tanto que la pesquería perdió todo incentivo. La información que sirve de fundamento a la descripción acabada de hacer, es la siguiente:

- a) No se puede detectar en la actualidad con las ecosondas grandes cardúmenes de anchoveta, ya sea lejos de la costa hasta 60-100 millas afuera, ni en los sectores más meridionales, ni a profundidades mayores que las normales.
- b) Los cardúmenes no se han trasladado hacia la frontera sur del Perú. En efecto, la pesquería de anchoveta en Chile ha sido muy pobre.
- c) No se encuentran tan cerca a la costa, que no puedan usarse allí las redes de enjierre, porque si allí estuvieran, serían detectados por las inspecciones hechas desde el aire y porque, además, las aves se concentrarían en esas áreas para devorarlas.
- d) Que, durante el segundo semestre de 1971, los factores ambientales han obrado concentrando los cardúmenes de anchovetas adultas en aguas próximas a la costa, parece desprenderse del hecho de que en dicho período se obtuvo una gran recuperación (respecto del tiempo transcurrido desde la marcación) de marcas de anchoveta provenientes de las campañas de marcación de 1970 y 1971. También desde febrero hasta abril de 1972, se recuperó un buen número de marcas de la

campana de 1971, indicando que la disponibilidad había permanecido alta. En suma, las anchovetas adultas fueron, en su mayor parte, capturadas y utilizadas.

- e) Durante "El Niño" de 1965, la clase anual desovada en 1963 fue prácticamente agotada hacia mediados de 1965 y no apareció en las pescas de 1966. Por tanto, se debe esperar que la clase anual de 1970 no aparecerá en números grandes hacia fines de 1972 ó en 1973.
- f) Los bonitos comen principalmente anchoveta y en el período que va de abril a junio de 1972 todos los bonitos examinados tenían sus estómagos vacíos.

Esta casi ausencia de las anchovetas adultas no está en desacuerdo con el hecho de que las capturas durante la estación 1971-72 fueran aproximadamente, del orden del promedio de 9.3 millones de toneladas. Normalmente, las capturas durante la segunda mitad de la estación de pesca, comprenden una alta proporción de anchovetas pequeñas, pero éstas fueron muy escasas en 1972, de lo cual resultó que la extracción efectiva de adultos fue mayor que lo normal. Además como ya se dijo, es posible que los factores ambientales hayan afectado la distribución de las anchovetas, incrementando su disponibilidad aun durante el segundo semestre de 1971. Entonces, bien puede ser que el stock disponible en este período haya sido menos abundante que en condiciones normales y no mayor que el promedio como parecería desprenderse de los valores registrados para la pesca por unidad de esfuerzo. Pescas por encima de los volúmenes promedios provenientes de un stock inferior a lo normal, podrían fácilmente reducirlo a un nivel muy bajo hacia las postrimerías de la estación de pesca.

9. EL RECLUTAMIENTO DE 1971/1972

La abundancia de la clase anual de reclutas, procedientes del desove de 1971 y que ingresó a la pesquería a comienzos de 1972, fue estimada por el Instituto del Mar en la forma habitual, esto es, como la pesca de reclutas, por unidad de esfuerzo, durante los 3 meses de mayor abundancia, identificando a dichos reclutas en base a la composición de tamaños. Los resultados se ofrecen en la Tabla 7. Por necesidad, el presente análisis se refiere a las regiones Norte y Centro, que producen alrededor del 85% de las capturas.

La tabla en referencia, muestra que la clase 1971/72 es, en alto grado, la más débil entre todas aquellas para las cuales se cuenta con estimados cuantitativos; de hecho, dicha clase fue un tercio del valor que se le atribuyó a la clase más débil que le sigue, esto es la de 1962/63.

El reclutamiento durante la primera mitad de 1972 fue mejor en el sur. Sin embargo, éste sólo genera alrededor del 15% de la captura total, y en consecuencia no afecta a la tesis del presente análisis. No hay, pues, indicación

que la presente clase anual haya sido subestimada. La composición de longitudes de las anchovetas pequeñas en mayo y junio fue prácticamente normal. Algún reclutamiento de peces más pequeños se presentó en junio y julio, pero las capturas fueron muy bajas, todo lo cual sugiere que el reclutamiento se había producido en la época habitual. Durante abril y especialmente en mayo, la captura por unidad de esfuerzo de las anchovetas más grandes fue baja, de modo que si los reclutas (peladilla) hubieran estado disponibles en cantidad, los pescadores los hubieran capturado. Por lo demás no existen indicaciones que los peces pequeños podrían haberse distribuido fuera de las áreas habituales de pesca.

De este modo, no hay razón para suponer que la captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) subestime, en el caso presente, la abundancia de reclutas. Por el contrario, en el análisis presentado líneas arriba, respecto a las anchovetas de talla mayor, se sugirió que, por varias razones, en los meses recientes la c.p.u.e. habría más bien estado sobreestimando su abundancia. Los mismos factores debieran afectar a las anchovetas más jóvenes.

Existe pues, muy poca duda de que la clase anual 1971/72 es muy escasa, alrededor de un séptimo del promedio, aunque las razones de ésto no sean muy claras. La Figura 1, en la cual el tamaño de la clase anual ha sido ploteado contra la densidad del stock de adultos, en peso, e inmediatamente después del período de desove, muestra que, dentro de la gama de valores observados de abundancia del stock, la clase reclutada disminuye a medida que aumenta la densidad del stock.

El stock desovante de 1971 resultó ser moderadamente grande pero densamente concentrado. La curva de la Figura 1 sugeriría que este stock debiera haber producido una clase relativamente baja en 1972, pero los datos referentes a esta clase indican que en realidad ella fue más pobre que lo que se podría inferir en base a la densidad observada.

La relación stock-reclutamiento observada, es el resultado de la acción combinada de dos factores, a saber: una relación positiva entre el número de huevos producidos y la abundancia de adultos y una relación negativa entre la proporción de sobrevivencias de los huevos y larvas hasta el reclutamiento y la abundancia de los adultos. Es de presumir que este último efecto esté más íntimamente relacionado con la densidad del stock, esto es con el número de adultos o de jóvenes por unidad de volumen, que con la abundancia total. La mayor concentración de individuos puede también determinar una reducción en la producción de huevos ya que puede afectar a las hembras desovantes. Si las anchovetas en 1971 ocuparon un área menor que la normal, posiblemente debido a las condiciones ambientales, la pesca por unidad de esfuerzo puede sobreestimar la abundancia aun cuando bien puede medir la densidad correctamente, y ya se han mencionado algunos indicios de que la abundancia ha sido, en efecto, sobreestimada, al hacer el análisis de las estadísticas de la pesquería.

Además, los datos examinados en la sección 7 sugieren que la producción

total de huevos fue relativamente pequeña y que la proporción de anchovetas en estados avanzados de madurez en 1971 fue baja, todo lo cual sugeriría una desusadamente baja producción de huevos respecto de la abundancia total de adultos. De este modo, en 1971 podría haber tenido lugar una combinación de una pobre producción de huevos y una alta densidad de stock. Si la disminución de la supervivencia de huevos y larvas, cuando las densidades del stock son altas, es atribuible a la predación por parte de los adultos, antes que a la competencia entre las larvas, entonces ello podría determinar una mayor merma en el reclutamiento.

En un previo informe del Panel se comentó brevemente la inestabilidad que resulta cuando una población está sujeta a una alta mortalidad por pesca. Esta inestabilidad proviene de la reducción del stock de adultos, a prácticamente, una sola clase anual.

En estas condiciones el tamaño de la población fluctúa dentro de límites muy amplios puesto que desaparece el efecto estabilizante producido por la presencia de dos o más clases anuales en la población, aun en los casos en que no hay un aumento en las fluctuaciones del reclutamiento de año en año. Además, si los individuos jóvenes y los de mayor edad de un determinado stock muestran una tendencia a desovar en diferentes épocas, entonces, cuando ese stock, habitualmente compuesto por varios grupos de edad que abarcan un amplio período de desove, se ve reducido a una sola clase anual, se tornará propenso a exhibir una mayor variabilidad en el reclutamiento. Si los factores ambientales son favorables a la supervivencia de huevos y larvas de los individuos que desovan por primera vez, puede ocurrir una buena clase anual. Sin embargo, si dichas condiciones son desfavorables ellos no pueden ser balanceados por condiciones favorables para los óvulos y zoospermos de los grupos de edad mayor. Además, el porcentaje del grupo más joven que realmente madura en un año dado puede fácilmente variar en respuesta a pequeños cambios ambientales, resultando así variaciones imprevisibles en el número de huevos desovados. Esta clase de variación tiene poco efecto en una población de múltiples grupos desovantes que no está sujeta a pesca, pero, podría ser crucial durante algunos años, en una población fuertemente explotada.

10. LA MAGNITUD DE LAS FUTURAS CLASES ANUALES

El porvenir de la pesquería peruana de anchoveta depende de la abundancia del reclutamiento futuro. Este, a su vez, depende, entre otras cosas, de la abundancia del stock desovante adulto. Si se considera a primera vista el conjunto de puntos ploteados en la Figura 1, estos sugieren que una reducción en el stock desovante, hasta el nivel que es posible que llegue en el segundo semestre de 1972, no implicaría un riesgo de que se produjera un fracaso en el reclutamiento. Sin embargo, es obvio que el reclutamiento no puede continuar aumentando a medida que el stock disminuye y que la curva stock reclutamiento debe incurvarse hacia abajo para pasar por el origen, puesto que es evidente que cero adultos debe generar cero reclutas. Es importante conocer a qué nivel del stock resulta imposible que la supervivencia de los

huevos aumente tanto como para compensar el decremento en el número inicial de huevos.

Existe alguna razón para pensar que dicho nivel ha sido alcanzado. El promedio de huevos producidos por una anchoveta hembra es, en comparación con muchos otros peces marinos, bastante bajo, alrededor de 10 mil a 20 mil. Estos huevos y las larvas jóvenes están sujetos a una notable mortalidad, independiente de la densidad. Tomando en cuenta lo observado en otras partes, se puede decir que la mortalidad de huevos y larvas pequeñas de especies similares a la anchoveta es del orden del 99%, durante el primer mes de vida. Esto significa que, aun suponiendo que la mortalidad que depende de la densidad fuese cero, sólo unas pocas larvas sobrevivirían hasta ingresar a la pesquería. Así pues, la abundancia de los reclutas de una clase anual no puede acusar números mucho mayores que los correspondientes a sus progenitores. En el caso de la sardina de California, el límite superior parecería ser alrededor de 4 veces el valor del stock desovante.

La misma conclusión, es decir que, cuando el stock adulto cae muy por debajo del mínimo valor anteriormente observado, en la pesquería de la anchoveta peruana, el número de reclutas decrece en forma proporcional a la magnitud del stock de adultos que se obtiene ajustando la curva desovante-recluta de Ricker, descrita en el Apéndice 4, a los datos de la Figura 1 (prescindiendo de los datos de 1971/72). La curva resultante se muestra en dicha figura.

El stock desovante de 1971 (agosto-setiembre) fue, aproximadamente, de 10 millones de toneladas métricas. Esta afirmación se funda en cuatro observaciones, a saber: 1) Hubo muy poco reclutamiento después del 1º de setiembre, 2) Prácticamente, todo el stock presente en setiembre 1971 había muerto hacia julio 1972, 3) La captura total durante el período fue de 9.3 millones de toneladas, y 4) El crecimiento de los individuos compensa, aproximadamente, la mortalidad natural durante el período en cuestión.

En este momento (julio 1972) el índice de reclutamiento para los peces desovados en 1971 y reclutados en 1972 es alrededor de 50 comparado con 439 para los peces desovados en 1965, o con el promedio de 344 correspondientes a un largo período anterior. De lo que se desprende que el índice de reclutamiento de 1972 es 1/9 del correspondiente a 1966 ó 1/7 del correspondiente al promedio para una larga serie de años.

La magnitud de la población desovante en el invierno de 1972 puede ser estimada, con un apreciable grado de confianza, en base a la información que se acaba de exponer. No habrán, prácticamente, individuos que desoven por segunda vez. Los que hayan de desovar por primera vez, esto es los reclutas de 1972, serán, aproximadamente, 1/7 de la magnitud de los que desovan por primera vez cuando la población desovante está en su nivel habitual. El tamaño total de este stock que normalmente desova, no se conoce con certeza, pero en años recientes, probablemente, fue de alrededor de 10-15 millones de toneladas, de las cuales la mayoría debió corresponder a los que desovaban

por primera vez. Por tanto, el stock desovante de 1972 apenas si podrá ser mayor que 1.5 millones de toneladas. El índice que le corresponde en el eje de las abscisas de la Figura 1 es de alrededor de 60. Este es mucho más pequeño que la magnitud mínima del stock anteriormente observada. Es posible que este stock produzca un reclutamiento cercano al promedio, pero es más probable que él sea tan sólo igual a la mitad del promedio del reclutamiento.

Si a comienzos de 1973 se tuviera un reclutamiento promedio y si, además, estos reclutas no fueran objeto de pesca intensiva antes que desoven a mediados de 1973, entonces, el stock estaría en franco camino de restablecerse en la segunda mitad de 1973 y la pesca normal podría reiniciarse el 1º de setiembre de 1973.

Por otra parte, es más probable que la clase anual de 1972, que se reclute a comienzos de 1973, será menor que el promedio. De hecho, si los factores ambientales fuesen desfavorables o el análisis haya sobreestimado el stock desovante 1972, la clase anual de 1972 podría ser mucho menor que el valor promedio. Si estos reclutas son pescados en forma intensiva antes de que desoven a mediados de 1973, entonces, también el stock desovante de 1973 podría ser extremadamente pobre, lo cual generaría una nueva clase anual débil y, de modo, el stock entraría en un progresivo colapso.

11. ESTRATEGIA ADMINISTRATIVA PARA 1972/73

El Panel fue de la opinión que no se podría, de momento, presentar una detallada política administrativa para la estación 1972/73, esto es, no podría hacer recomendaciones específicas respecto de vedas y cuotas de captura que llegaran hasta mediados de 1973. Es evidente que el stock se encuentra en una pobre condición, pero alguna información que afectaría la política administrativa durante los doce meses siguientes particularmente en lo que se refiere a la magnitud del reclutamiento de 1973, no es aún disponible. Si el reclutamiento en 1973 es bajo, lo cual no sería raro, y la pesca se efectuara como en condiciones normales, podría producirse un colapso de la pesquería. Dentro de toda política de administración pesquera debe adquirir máxima prioridad el problema de minimizar el riesgo de un tal colapso. Esto requiere, en primer lugar, la protección del stock desovante que actualmente queda. Por lo tanto, la pesca no debiera ser abierta al cabo de la presente estación de veda hasta que se tenga una buena evidencia de que la reapertura puede ser hecha sin poner en peligro el futuro del recurso.

Por lo que antecede, el Panel recomienda la intensificación del monitoreo del stock de anchoveta. Este trabajo debería incluir las operaciones Eureka, una o, de ser factible, dos por mes. Además de un continuo registro de ecotrazos, debiera recolectarse muestras planctónicas para ver si hay en ellas huevos y/o larvas de anchovetas (especialmente en agosto y setiembre) y debiera, por otra parte, efectuarse pescas exploratorias a fin de identificar los ecotrazos observados. Este tipo de pesca debiera cubrir todas las intensidades de ecotrazos y no estar restringida a aquellos casos en que ellos

sean de densidad suficiente como para que valiera la pena calar la red en condiciones normales de pesca comercial.

Las exploraciones Eureka que se efectúen en el segundo semestre de 1972 proporcionarán mejores estimados de la abundancia de las anchovetas que desoven a medio año. Estas serán, principalmente, miembros de la clase anual 1971, la cual es probablemente muy débil y sería muy poco sensato permitir la pesca comercial durante la segunda mitad de 1972 puesto que con ello sólo se lograría deprimir más aún la magnitud de un stock que bien puede estar ya en un crítico nivel bajo. Sin embargo, es posible, que la Operación Eureka de la primavera mostrara que dicha clase anual 1971 es más abundante que lo previsto y, en ese caso, podría permitirse cierta pesca reducida.

Empero, en el mejor de los casos, la cantidad pescable sería pequeña y podría ser capturada por la flota pesquera comercial en un tiempo corto. En las anchovetas que se viene considerando, las pérdidas por mortalidad son, aproximadamente, compensadas por el crecimiento de las mismas, de modo que no se incurriría en una pérdida en el peso total de las anchovetas capturadas si se aplazara la iniciación de la pesca. Durante setiembre y los meses siguientes, se registra un desove continuo y se derivaría un considerable beneficio al asegurar que participen en el desove tantas anchovetas como sea posible. Por lo tanto, cualesquiera sean los resultados de las prospecciones Eureka, no debiera permitirse ninguna pesca hasta el primero de octubre de 1972. Puesto que los stocks en las regiones central y norte parecen encontrarse en peores condiciones que los del sur, la fecha de apertura de la pesca en ellas debiera postergarse más aún.

En vista de los riesgos de una sobre-explotación, y teniendo presente que no habría pérdida si la pesca se aplazara un poco, se recomienda que no se autorice pesca alguna de anchoveta hasta que una segunda prospección Eureka confirme la restauración de condiciones favorables. Debiera enfatizarse que la cantidad de anchoveta que se estima que actualmente existe—alrededor de 1.5 millones de toneladas— es, por comparación con la mayor parte de otras pesquerías muy grande, aunque posiblemente represente un nivel peligrosamente bajo en el caso de la anchoveta. Si éstas se concentraran en unas pocas áreas la densidad dentro de cada una de ellas podría ser alta. Por lo tanto, si se autorizara la pesca en menor escala, no se debiera dar mucha importancia a los informes locales referentes a elevadas concentraciones de anchoveta o a buenas pescas locales, a no ser que se sepa que estas buenas pescas no están confinadas a sólo cierto número de localidades. Son particularmente equívocas las elevadas tasas de captura ya que las modernas flotas que usan redes de encierre poseen un gran poder para concentrar su actividad pesquera en las pocas áreas, donde se encuentran los cardúmenes.

La fecha más probable en que las Eureka pueden detectar signos favorables de presencia de anchoveta, es el comienzo de 1973, cuando la progenie del invierno de 1972 debiera reclutarse a la pesquería. Existe una razonable

probabilidad de que dicha clase anual alcance un grado de abundancia igual al promedio. Si así ocurriera, esos reclutas podrían alimentar una pesca moderada en el primer semestre de 1973.

Sin embargo, las anchovetas jóvenes crecen rápido y, en consecuencia, el crecimiento de los individuos sobrepasa a las pérdidas debidas a la mortalidad natural. Como ya se ha indicado en un análisis anterior, podría registrarse una ganancia en peso al aplazar por un cierto tiempo el comienzo de la pesca de una clase anual determinada. Ciertamente, la pesca para los nuevos reclutas no debiera empezar hasta el 1º de marzo de 1973. Esto es después de la veda normal de dos meses, para protección de la peladilla; pero el total capturado sería incrementado posponiendo la pesca hasta la segunda mitad de 1973. Esto tendría también el saludable efecto de asegurar el máximo desove a mediados de 1973 y constituiría la mejor política a seguir si se quiere cautelar los intereses a largo plazo de la industria. Empero, podrían surgir considerables dificultades sociales y económicas al cerrar la pesca desde mediados de 1972 hasta setiembre de 1973, por tanto, si los Eureka mostraran que realmente es bueno el reclutamiento a comienzos de 1973, podría permitirse una pesca moderada dentro del período de marzo a junio de 1973.

Por otra parte las Eureka pueden confirmar que la clase anual 1971, es débil y que la clase anual 1972 (los reclutas 1973) también es pobre. En tal caso la única política que no pondría en peligro el futuro de la industria sería la de mantener la veda hasta setiembre de 1973.

Aunque la sección precedente examina la acción que podría tomarse si los Eureka y otros datos mostraran que los estimados presentes de la abundancia del stock son demasiado pesimistas, debe recalcar que pudiera ser que dichos estimados fueran más bien demasiado optimistas, y que, en consecuencia, el stock es en realidad menos abundante que lo calculado. Si esto fuera así, podría ser menester suspender totalmente la pesca durante dos generaciones consecutivas (es decir, hasta 1974) a fin de llevar el stock hasta su nivel normal.

Cuando se sopesa diferentes políticas administrativas, a la luz de posibles errores en los estimados respecto a la situación en que se encuentra la población de anchoveta, debe tenerse en cuenta la falta de simetría en las consecuencias de las diferentes clases de decisiones erradas que pudieran tomarse. Veamos.

Si fueran demasiado pesimistas los estimados, pero se actuara como si fueran correctos y, en consecuencia, no se permitiera ninguna pesca durante la estación 1972/73, la pérdida máxima estaría representada por los pocos millones de toneladas que podrían haberse capturado en 1972/73 de las anchovetas de edad mayor actualmente existentes. No habría pérdida por no cosechar los individuos que se reclutaron en 1973 antes del segundo semestre del año, ya que dichas anchovetas habrían de crecer. De hecho, cualquier pérdida posible de individuos adultos no capturados sería, en la

práctica, menos severa puesto que, si ellos fueran en realidad tan abundantes como de costumbre, aparecerían en las prospecciones Eureka, y la pesca sería reabierta. La capacidad de la flota actual es tan grande que las capturas no efectuadas en un mes pueden ser fácilmente compensadas en el siguiente.

De otro lado, si los estimados actuales fueran correctos o aun demasiado optimistas, pero no se les tomara en cuenta y, en consecuencia, en la estación de 1972/73 se efectuaran más capturas de lo que el stock puede soportar a su nivel actual, entonces el castigo sería severo, incluyendo el probable colapso y hasta la posible extinción de la pesquería comercial de la anchoveta. El único beneficio estaría representado por las capturas de la estación 1972/73 que sería de unos cuantos millones de toneladas pero durante varios años subsiguientes los volúmenes pescados serían negligibles.

12. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE POLITICA ADMINISTRATIVA

El informe evacuado por el Panel de Economía de 1971 (Informe N° 34, IMARPE) involucra un análisis general de política administrativa en relación a los objetivos económicos o de otra índole que se persigan. Los acontecimientos posteriores a dicho informe han relevado la importancia de algunos de los puntos que en él se examinaron, especialmente en lo que atañe a la posible inestabilidad de la pesquería. Dicho informe, en las secciones 4.5 y 5.1, llamó la atención sobre el colapso que en otras partes del mundo habían experimentado algunas pesquerías pelágicas tras haber estado sometidas a períodos de pesca intensa. Tales situaciones muestran semejanzas, con los acontecimientos en el Perú en 1971 y 1972, aun cuando la evidencia científica no es todo lo completa y definitiva como sería de desear, parecería insensato seguir el ejemplo de esas otras pesquerías en las cuales se permitió que la pesca continuara fundándose en que la evidencia científica no fue completamente concluyente.

Como se hiciera notar en el informe anterior, sería deseable reducir el esfuerzo total de pesca a fin de incrementar la estabilidad de la población. Una disminución del esfuerzo promedio de pesca de los últimos años, tendería, además, repercusiones económicas beneficiosas, aparte de producir probablemente un aumento en la captura total. Aunque el esfuerzo nominal, en TRB-viaje, fue menor en 1971 que en años anteriores, los acontecimientos en la pesquería y los resultados de las marcaciones sugieren que el esfuerzo verdadero y la mortalidad por pesca fue en realidad, por lo menos tan alto como el habitual, es decir el esfuerzo estuvo cerca del nivel correspondiente al máximo rendimiento sostenido, o quizás incluso lo sobrepasó. Esto se debió, principalmente, a la alta disponibilidad de las anchovetas a causa de las condiciones ambientales y también, posiblemente, a la aptitud de la flota para concentrar su acción sobre una pequeña población, como la que existía hacia fines de la estación 1971/72. También es posible que haya sido subestimado el verdadero incremento de la eficiencia general de la flota.

Otro de los beneficios que se derivarían de reducir el esfuerzo de pesca, sería el hacer que una clase anual se cosecha a través de un período de tiempo más largo, disminuyendo así la necesidad de tener que depender de una sola clase recluta para mantener las capturas de la segunda mitad de una estación de pesca. Además, reduciría tanto la necesidad de obtener estimados tempranos y exactos del volumen de la nueva clase recluta, como la de actuar con celeridad para modificar consonantemente las cuotas u otras medidas administrativas. En la estación 1971/72, la baja abundancia de los nuevos reclutas significó que la pesca cercana a los 10 millones de toneladas, que en condiciones normales habrían incluido varios millones de toneladas de nuevos reclutas, sin afectar seriamente a las anchovetas de edad mayor, extrajo en realidad, aproximadamente, casi la totalidad de dichos individuos de edad mayor. Mientras el esfuerzo y la mortalidad se mantengan altos, las crisis como la actual sólo podrán ser evitadas obteniendo estimados tempranos del reclutamiento y actuando de acuerdo a dichos estimados.

Aun cuando algunos beneficios económicos podrían derivarse de reducir el esfuerzo de pesca, mucho mayores serían los beneficios que, como lo puntualizó el Panel sobre economía, podría generar la eliminación del gran exceso de la capacidad de la flota y de las plantas de reducción. Pese a que el esfuerzo nominal no ha aumentado en forma apreciable desde 1964, el tonelaje bruto total ha crecido en cerca de 50%. Uno de los resultados de esta situación es que el promedio de duración de la estación de pesca se ha hecho más pequeño, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

AÑO	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Número de días										
efectivos de trabajo	394	269	297	265	190	170	167	162	180	89

Es muy dudoso que una industria pueda trabajar eficientemente y sin serias dificultades de orden social si sólo opera 89 días al año.

Otro de los serios efectos de la excesiva capacidad es que, bajo ciertas condiciones, la flota está en aptitud de extraer una muy alta proporción del stock total en un tiempo muy corto. Dichas condiciones parecen incluir aquellos períodos en que los factores oceanográficos concentran a los cardúmenes frente a la costa, y también períodos de baja abundancia del stock, puesto que la flota puede localizar y rápidamente agotar los pocos cardúmenes grandes que se presentaran. Ambas condiciones parece que tuvieron lugar a comienzos de 1972.

No sólo es esta alta tasa potencial de explotación, de ser mantenida, mucho mayor que la que podría soportar sin detrimento el stock, sino que puede causarle un daño considerable en un período más corto que aquel que,

en la actualidad, se requiere para detectar la presencia de condiciones anómalas y dictar medidas administrativas apropiadas.

Otro efecto de la excesiva capacidad de explotación es que el alto costo de mantenimiento de la flota y de las plantas de reducción crean una intensa presión para continuar la pesca cuando las investigaciones científicas muestran que es contraproducente hacerlo. En relación con este punto, el Panel estima que fue muy desafortunado que el sensato consejo que el Instituto del Mar diera en abril de 1972 para que se suspendiera la pesca comercial tan pronto como fuera posible, no fuera puesto en ejecución.

Por lo que antecede, el Panel recomienda enfáticamente que, como parte de una política encaminada a restablecer el bienestar a largo plazo de la pesquería de anchoveta, se proceda, cuanto antes, a dar los pasos necesarios para reducir el gran exceso de la capacidad de la flota y de las fábricas. También el Panel de Economía señaló los grandes beneficios económicos que podrían acompañar a dicha acción, y además, indicó los métodos mediante los cuales podría lograrse la reducción en cuestión.

13. NECESIDADES DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

La presente crisis ha subrayado la importancia que tiene la investigación científica en el mantenimiento del bienestar, a largo plazo, de la industria pesquera en el Perú. El Panel constató con agrado el desarrollo continuo en la competencia científica del Instituto del Mar, como lo atestiguan los trabajos que se sometieron a la consideración del Panel y los aportes positivos de los miembros del Instituto durante las deliberaciones. No obstante, como lo muestran las primeras secciones del presente informe, hay todavía mucha incertidumbre sobre la dinámica de la población de anchoveta, así como respecto de la forma cómo reacciona el stock ante diferentes políticas administrativas. En vista de la importancia que tiene la pesca en la economía peruana, el Panel recalcó que debería ampliarse el apoyo dado al Instituto del Mar.

El Panel también deliberó sobre la forma cómo se podría aumentar el rendimiento de los recursos con que actualmente cuenta el Instituto. En términos generales se piensa que podría lograrse una integración más estrecha entre sus diferentes unidades, y que, por lo menos hasta cierto punto, el trabajo debería ser organizado en función de los problemas confrontados, como por ejemplo, causas de la variación en la magnitud de los reclutamientos, y no por materias, como dinámica de poblaciones, hidrología, etc.

Se formularon algunas sugerencias específicas, tal como se las enumera más abajo. No aparecen éstas en orden de prioridad aunque a los rubros 1, 2, 4, 7 y 13 debiera recibir atención particular. La lista no es exhaustiva y no se piensa que las actividades no incluidas en la lista sean necesariamente de menor prioridad.

- 1) Mejorar la medida del esfuerzo continuando la investigación para determinar factores de corrección por concepto de cambios en la eficiencia de los aparejos y en la disponibilidad del stock.
- 2) Efectuar análisis separados de los stocks de la región norte-centro y de la región sur Perú-Chile.
- 3) Incluir los efectos de la composición de edades sobre la productividad en general, aplicando la versión Leslie matriz, del modelo sigmoidal de la curva de producción, a los datos apropiados de edad y montos de captura.

Parece que es escasa la necesidad de continuar buscando nuevos métodos de ajustar los simples modelos generales de productividad, los que no incorporan las distribuciones de edad. El rubro (3) debiera ser proseguido pero no tiene máxima prioridad. El rubro (1) constituye una tarea que reviste obvia importancia y que no debe ser interrumpida y el rubro (2) debiera ser incorporado en los análisis de rutina que son actualizados de año en año.

- 4) Obtener estimados actualizados del crecimiento, en términos de la longitud y del peso en función de la edad, esto es, revisar la Tabla 4 del informe del primer Panel.
- 5) Volver a estimar la mortalidad total, por pesca y natural, en base a toda la información disponible, incluyendo los datos de las marcaciones.
- 6) Volver a estimar los coeficientes de capturabilidad estacional y de edad específica. Este rubro debiera incluir el examen de la posibilidad que las características de la disponibilidad estacional sea diferente para diferentes edades.
- 7) Incorporar los estimados revisados en el análisis de rendimiento por recluta, según la ecuación de Ricker, a fin de determinar las isopletras de rendimientos para diferentes estrategias pesqueras.

Los rubros 4-6 se refieren al desarrollo de nuevos y más precisos estimados de los parámetros que se necesitan para computar isopletras de rendimiento. Los cálculos de isopletras de rendimiento deberán ser efectuados con miras a determinar el efecto de los rendimientos de las diferentes formas de distribuir la pesca dentro de una estación.

- 8) Calcular los factores de conversión para el rendimiento de harina y aceite, en relación con la edad y estación específicas y, por ende, trazar el diagrama isoplético para el valor total de la producción.
- 9) Comparar los valores de los parámetros para los stocks de las regiones norte-centro y sur y calcular el rendimiento por recluta para cada stock separadamente.

- 10) Re-examinar la relación peso-fecundidad en la anchoveta a fin de asegurarse de que no se ha producido ningún cambio, y proveer los mejores datos posibles para los análisis de la relación entre desovantes y reclutas.
- 11) Investigar la edad de las anchovetas mediante el recuento de los anillos diarios de crecimiento en los otolitos y por otros métodos posibles.
- 12) Investigar nuevos métodos para mejorar los estimados de la magnitud del reclutamiento y obtener tales estimados tan pronto como sea posible.
- 13) Los datos debieran ser examinados con mirar a definir los stocks desovantes y debiera intentarse el establecer las relaciones desovantes-recluta para "diferentes" stocks componentes. Estas relaciones desovantes-reclutas debieran en lo posible tomar en consideración los efectos de los factores ambientales usando para ello las técnicas esbozadas en el Apéndice 4. También la producción de huevos tal como ella es medida usando redes de muestreo planctónico deberá ser examinada para determinar si dicha producción de huevos es controlada por el tamaño del stock desovante o por las condiciones oceanográficas.
- 14) Incluir entre las subscripciones del Instituto del Mar, revistas de índole general, tal como "Science".

14. PECES DE CONSUMO

El Panel de Expertos no tuvo tiempo de examinar la investigación realizada sobre los peces de consumo, pero recibió la solicitud de evaluar el informe presentado por Vladimir Korol del Barco de Exploración ruso "Chatyr Dag" (1) y revisar los detalles de su trabajo tal como éste apareció descrito en el Informe del 10 de enero de 1972 del Director de Investigaciones Pesqueras en el Mar al Director General Técnico (2). El Panel cree que la embarcación soviética ha realizado una importante contribución al conocimiento de la distribución geográfica de los stocks ícticos marinos del Perú, pero que su estimado del rendimiento sostenido de la merluza está grandemente exagerado. Al haber pescado principalmente en los mejores lugares, y emplear solamente las mejores pescas para hacer su estimado, así como también por haber usado un coeficiente optimista de pesca para sus rastras, lo que finalmente resultó fue que proyectaron un stock de merluza de 3'840,000 toneladas sobre un área de 3,000 millas náuticas cuadradas, lo cual hace 1,300 toneladas por milla cuadrada o sea 3,700 kilogramos por hectárea. Tal densidad de merluza es mucho mayor que la que ha sido encontrada en cualquier parte del mundo sobre un área similar. También ellos consideraron que el rendimiento sostenido es igual al 50% del stock explotable, mientras que la experiencia ha mostrado que 25% es un porcentaje más probable para esta especie. También suponen que una tonelada de merluza entera produce media tonelada de filetes, cuando en realidad, un cuarto de tonelada es un valor más razonable.

A causa de estos factores el verdadero valor del rendimiento potencial de la merluza es probablemente sólo un 10% o menos, de los 2 millones de toneladas consignados. El Panel reafirma la recomendación formulada en su segunda sesión, esto es que, hasta que se disponga de mayor información, la expansión de la industria de peces de consumo debiera proceder con cautela, con una meta inicial de alrededor de 300,000 toneladas de peces de todas las especies (excluyendo las jibias).

15. OTROS ASUNTOS

El Panel tomó conocimiento de que el Dr. J. P. A. Lochner había descrito un modelo teórico que podría ser aplicado a la anchoveta peruana. El Panel no encontró en su teoría, tal como ella le fuera expuesta, nada que pudiera contribuir a la comprensión del stock de anchoveta y de su pesquería.

16. SUMARIO

El stock de la anchoveta peruana se encuentra actualmente en un nivel muy bajo. Los peces grandes son muy escasos y la clase anual que se reclutó durante el primer semestre de 1972 parece ser, con amplio margen, la más débil de entre todas las observadas, posiblemente un sétimo del promedio.

Indudablemente, factores ambientales anormales, incluyendo "El Niño", han contribuido a esta situación. Debido a esta falla inesperada del reclutamiento, casi toda la captura de 1972 se tomó del stock conformado por peces de mayor edad. De este modo la población de todas las edades se encuentra muy reducida. Si no se toman medidas especiales que permitan al stock reconstituirse, no es posible esperar que la pesquería vuelva a la normalidad aunque haya pasado "El Niño".

Las reglamentaciones para la pesca 1972/73 deben conceder prioridad a las medidas que permitan asegurar la prosperidad a largo plazo de la pesquería de la anchoveta. La fecha para la reapertura de la pesca tendrá que ser determinada a base de una continua investigación de la población de anchoveta.

Si las investigaciones confirman que las actuales estimaciones sobre la magnitud del stock y sobre el probable reclutamiento en 1973 son correctas, no se podrá comenzar la pesca antes de setiembre 1973 sin poner en peligro el futuro de la pesquería.

Si las investigaciones muestran que la abundancia de peces grandes ha sido subestimada, una pesca limitada podría comenzarse en los últimos meses de 1972. Sin embargo, en vista de la importancia de permitir que todos los peces disponibles participen en el desove de invierno-primavera, esta pesca limitada no debería comenzar antes de octubre en todo el litoral.

Debe mantenerse la veda de enero y febrero.

Si las investigaciones indican que el reclutamiento al comienzo de 1973 es bueno, podría comenzarse una pesca limitada de esta clase anual en marzo de 1973.

El Panel recomienda muy enfáticamente que no se abra la pesquería antes de que se tenga esta información científica. Los miembros del Panel están dispuestos a tomar parte en la evaluación de los datos pertinentes a fines de setiembre 1972. Para tal fecha puede ser determinada la magnitud de pesca permisible en primavera, la cual, en el mejor de los casos, será pequeña.

El Panel enfatiza los peligros de efectuar capturas muy grandes del pequeño stock presente. Si la pesca se abre prematuramente puede causarse un daño irreparable. Por otra parte, una demora de algunas semanas en la apertura de la pesca no causaría una reducción en la captura total que pueda obtenerse en una temporada de pesca.

En lo que concierne a la situación a largo plazo, el Panel se reafirma en la conveniencia de reducir tanto el tamaño de la flota como la capacidad de reducción de las plantas hasta un límite compatible con la productividad del stock. Esto mejoraría el rendimiento económico y facilitaría una adecuada administración del stock, con lo que además, se disminuiría el daño que causaría cualquier fracaso futuro del reclutamiento.

El Panel ha constatado con satisfacción el desarrollo continuo en la competencia científica del Instituto del Mar. La crisis actual ha enfatizado la importancia que reviste para la industria pesquera el trabajo que se realiza en el Instituto del Mar, pero también ha puesto de manifiesto las dificultades que confronta el Instituto al tratar de cumplir con todas las demandas que se le formulan. Por lo tanto, el Panel recomienda que se le otorgue al Instituto una mayor ayuda para que pueda desarrollar y expandir sus programas de investigación. Debiera concederse una alta prioridad al desarrollo del programa encaminado a determinar con alguna anticipación el grado de abundancia de las clases reclutas de cada año.

Fueron oídos los puntos de vista del Dr. J. P. A. Lochner relativos a la evaluación de los stocks y a la producción de las pesquerías pelágicas, pero el Panel no encontró en su teoría nada que pudiera contribuir al mejor conocimiento del stock y de la pesquería de la anchoveta.

Conviene dejar constancia de que el Panel también revisó el informe de las exploraciones pesqueras de la embarcación soviética "CHATYR DAG", y aun cuando reconoce la contribución que él representa al conocimiento de los stocks ícticos frente a la parte norte de la costa peruana, parece que el método de computación usado por ellos sobreestima el rendimiento sostenido de la merluza por lo menos en diez veces.

ANEXO

**I. ALGUNOS COMENTARIOS SOBRE MODELOS MATEMATICOS
APLICABLES AL STOCK DE ANCHOVETA****Generalidades**

Los modelos matemáticos debieran ser diseñados para lograr ciertos objetivos claramente definidos. El grado en que se pueden alcanzar los objetivos deseados se encuentra siempre limitado por las restricciones que sobre dichos modelos matemáticos ejercitan los siguientes rubros:

- 1) El conocimiento científico que se posea respecto de cómo funciona realmente el sistema natural objeto de estudio.
- 2) La cantidad de datos disponibles referentes al sistema natural para el cual se pretende formular el modelo matemático.

En el caso de la pesquería de la anchoveta peruana el objetivo final de la modelación matemática será el poder hacer pronósticos así como también poder examinar los resultados que podrían generar diversas políticas administrativas alternativas sin correr el albur de poner en peligro el stock o la pesquería. Pueden señalarse como otros objetivos el acrecer comprensión de la estructura y del funcionamiento del sistema natural de que se trate y el de estimar los valores de los parámetros empleados en los modelos para formular pronósticos. Se usan, a veces, las expresiones "análisis matemático" y "análisis estadístico" para referirse a la índole del manipuleo matemático conducente al logro de estos últimos objetivos. Los tipos de modelos que se disponen y que han sido usados para formular pronósticos de las capturas de anchoveta que podrían lograrse bajo diferentes estrategias de pesca, son examinados críticamente en lo que sigue:

II. MODELOS DE PRODUCTIVIDAD TOTAL

Los primeros datos obtenidos de la pesquería de anchoveta consistieron fundamentalmente, en estadísticas de captura y de los correspondientes esfuerzos de captura. Buena parte de la labor del Instituto durante sus primeros años de existencia estuvo encaminada a mejorar la calidad de estos datos, perfeccionando tanto los sistemas de muestreo como el tratamiento estadístico de los datos. Se puso particular empeño en ajustar las estadísticas de esfuerzo de tal modo que quedara incorporada en ellas la variedad de mejoras introducidas en los aparejos de pesca o en las técnicas de captura. El consumo de las aves guaneras también fue computado a fin de corregir las estadísticas de extracción de anchoveta por concepto de variaciones en la abundancia de la ornitofauna.

Se emplearon varias técnicas a fin de estimar el máximo rendimiento sostenido (MRS) en base a estas estadísticas de captura-esfuerzo. Puesto que todos estos métodos, cualesquiera sea el modelo específico usado (logístico, exponencial, genprod o hiperbólico) sólo son, en lo esencial, modos ligeramente diferentes de extrapolar usando el mismo conjunto de observaciones, es natural que generen estimados similares del MRS y (con excepción del hiperbólico) del esfuerzo que producirá el MRS. Los valores estimados del MRS varían entre unos 9 a 11 millones de toneladas. Análisis de este tipo indican que, aunque los niveles de esfuerzo en 1969/1970 fueron considerablemente más altos que los requeridos para alcanzar el MRS, en las dos últimas estaciones al nivel nominal fue reducido hasta aproximadamente el esfuerzo correspondiente al MRS mediante severas restricciones en el número permitido de días de pesca. Nuestros estimados de la magnitud del exceso de capacidad dependen de la eficiencia de los factores de corrección usados.

IIa. DEFICIENCIAS DE LOS MODELOS DE PRODUCTIVIDAD TOTAL

El sistema de la productividad total sólo suministra una indicación general sobre cuál debiera ser la estrategia administrativa, aproximadamente óptima, en condiciones normales. Posee severas limitaciones intrínsecas cuando se producen cambios ya sea en las características cualitativas de la población o en las condiciones mesológicas. Cambios en la disponibilidad del stock o en las áreas de pesca durante la fase de expansión de la pesquería pueden introducir un sesgo notable en los estimados del MRS en base a análisis de productividad total. De igual manera, la distribución variable y dispareja del esfuerzo sobre componentes del stock, genéticamente diferentes, puede también viciar los estimados.

Las interpretaciones biológicas del método de la productividad total, simplifican en extremo las cosas y no mejoran la comprensión de los mecanismos naturales que gobiernan la productividad del stock. El análisis hiperbólico constituye una excepción parcial en el sentido de que la analogía del quimostato suministra alguna luz respecto de los procesos poblacionales implicados. Los análisis de productividad no proporcionan un guía sobre los tipos de información adicional que debía ser allegada a medida que el programa de investigación pesquera alcanza su madurez. Factores importantes tales como la distribución en el tiempo de un número específico de TRB-viajes, dentro de un año de pesca, no pueden ser incorporados en los análisis de productividad total.

III. MODELOS DE RENDIMIENTO POR UNIDAD DE RECLUTAMIENTO

Durante la siguiente fase del desarrollo del programa del Instituto, se

recolectó información sobre longitud, peso y edad de las anchovetas y se refinaron las estadísticas de captura por unidad de esfuerzo. Con esta clase de datos, es posible hacer estimados de las tasas de crecimiento, de mortalidad natural y de mortalidad por pesca.

Para condiciones de equilibrio, el rendimiento de un solo grupo de reclutas, a través de todo el tiempo que dicho grupo pase en la pesquería, es equivalente al rendimiento durante un solo año, de todas las clases anuales presentes en la población.

Existen dos versiones de esta clase de modelo: una de ellas, debida a Beverton y Holt, presupone que el crecimiento se expresa por la ecuación que para este proceso dá von Bertalanffy y que tanto la mortalidad natural como la de pesca permanecen constantes durante el tiempo que el stock pasa en la pesquería. La otra versión, debida a Ricker, puede incorporar al modelo las curvas empíricas de crecimiento realmente observadas, las tasas de mortalidad en función de la edad y las variaciones estacionales del esfuerzo de pesca. Ambas versiones producen estimados del rendimiento por unidad de reclutamiento, presuponiendo condiciones de equilibrio, y en función de la edad en el momento del reclutamiento y del nivel del esfuerzo de pesca. Salta a la vista que el modelo de Ricker es el más apropiado para el caso de la pesquería peruana de anchoveta. Fue empleado por el que fuera Dr. M. B. Schaefer, para estimar el efecto de diferentes estrategias pesqueras (vale decir la distribución en el tiempo y la duración de las vedas) sobre el rendimiento. Estos análisis constituyeron uno de los hallazgos científicos principales empleados para establecer las vedas para proteger a la peladilla así como también para introducir la veda de invierno. Este tipo de análisis no ha sido actualizado recientemente. En vista de los marcados cambios en los estimados más recientes de los parámetros que intervienen en el modelo, se recomienda enfáticamente, en la sección sobre investigaciones que debieran realizarse, que estos análisis sean repetidos.

IIIa. DEFICIENCIAS DE LOS MODELOS DE RENDIMIENTO POR UNIDAD DE RECLUTAMIENTO

La deficiencia mayor del método del rendimiento por unidad de reclutamiento es la que, en su forma más simple, presupone un reclutamiento de valor constante, cualesquiera fueren el tamaño y la composición del stock. Además, también está sujeto al mismo tipo de limitaciones que padecen los análisis de productividad total, ya que no puede tomar en cuenta las variaciones normales de las condiciones ambientales o del stock mismo y requiere del conocimiento de los subcomponentes del stock si sus tasas vitales son diferentes. Su mayor ventaja, cuando se le compara con el análisis de productividad, consiste en que con él se puede examinar los efectos de las variaciones del crecimiento, de la mortalidad natural, de las estrategias pesqueras estacionales y del nivel general de la pesca, sobre el rendimiento.

IV. ANALISIS DE LA RELACION DE MAGNITUDES ENTRE DESOVANTES Y RECLUTAMIENTO

Como en la actualidad se conoce mejor el desove y el reclutamiento de la anchoveta, es posible estimar índices para la magnitud del stock desovante y de su subsiguiente reclutamiento. El objetivo general del análisis desovante-recluta es el determinar la relación que hay entre la magnitud del stock desovante y el del reclutamiento, con el fin de reglamentar la pesquería de tal manera que se logre mantener el stock desovante a un nivel deseado. Los resultados de un primer análisis de los datos sobre índices desovante-recluta han sido ya presentados. La versión simple de la curva desovante-recluta es de la forma siguiente:

$$R = \lambda E (e^{-BS})$$

donde:

R = Número de reclutas (o un índice de la abundancia de reclutas)

E = Número de huevos producidos

S = Densidad de la biomasa del stock desovante

λ y B son constantes

Puesto que E, número de huevos, generalmente es desconocido, se usa en su reemplazo la biomasa del stock desovante a fin de poder emplear la ecuación expuesta. Este modelo puede ser, entonces, fácilmente linearizado:

$$\ln \left(\frac{R}{S} \right) = \ln \alpha - BS$$

donde:

$$\alpha S = \lambda E$$

A este modelo se le pueden incorporar otros factores para lo cual bastará añadirle términos cuyo significado se puede determinar empleando las técnicas de regresión múltiple. Por ejemplo, podría añadirsele el factor temperatura como una medida de la influencia mesológica sobre la supervivencia de los huevos y de las larvas, es decir que, si la supervivencia es proporcional a alguna potencia γ de la temperatura, la ecuación podría tomar la siguiente forma:

$$\ln \left(\frac{R}{S} \right) = \ln \alpha - BS + \gamma \ln t$$

donde t es la temperatura promedio a la cual han sido expuestos los huevos y las larvas durante la incubación y desarrollo inicial, respectivamente. Empleando la habitual notación de regresión, este modelo sería expresado así:

$$Y_i = a + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i}$$

donde:

$$Y_i = \ln \left(\frac{R}{S} \right)$$

$$x_{1i} = S$$

$$x_{2i} = \ln t$$

$$a = \ln \alpha$$

$$b_1 = B$$

$$b_2 = \gamma$$

Una suposición que se acerca más a la realidad podría ser que la supervivencia disminuye a uno y otro lado de una temperatura óptima t , en cuyo caso se tendría:

$$\ln \frac{R}{S} = \ln \alpha - BS - \gamma (t - t_0)^2$$

La edad promedio de la población desovante podría ser incluida como una tercera variable independiente, y así sucesivamente.

La anchoveta peruana desova continuamente, aunque presenta dos máximos, uno mayor que el otro, ocurriendo el primero en invierno-primavera y, el segundo, en verano-otoño. Se ha formulado la hipótesis de que existe una compensación automática negativa entre estos dos reclutamientos. Esta hipótesis podría someterse a prueba computando la correlación que existe entre los dos reclutamientos o incorporándolo en la ecuación original, la cual entonces, devendría:

$$R_2 = \mathcal{K} E e^{-B_1 S - B_2 S_1}$$

donde para cada año calendario:

$$R_2 = \text{Segundo (menor) reclutamiento}$$

$$R_1 = \text{Primer (mayor) reclutamiento}$$

Por supuesto, las medidas de E y S se refieren al segundo desove. La linearización sin embargo se haría exactamente como antes.

Hay un número de interesantes combinaciones que se puede emplear de este modelo, a manera de cotejos evaluativos respecto de los varios procedimientos de estimación. Por ejemplo, si el estimado del total de rendimiento hecho mediante el análisis de productividad total es dividido por el estimado del rendimiento por unidad de reclutamiento, usando en las ecuaciones los adecuados parámetros, el resultado obtenido será un estimado del reclutamiento total en condiciones de equilibrio y referido ya sea a un nivel dado de población o a una intensidad dada de pesca. Un simple modelo dinámico del recurso anchoveta podría ser desarrollado empleando el estimado hecho de la relación stock-reclutamiento para obtener el número de reclutas el cual podría ser luego empleado como uno de los parámetros en el modelo del rendimiento por unidad de reclutamiento.

IVa. DEFICIENCIAS DEL ANALISIS DESOVANTE-RECLUTAMIENTO

Los análisis standard de desovante-recluta no proporcionan estimados de las estrategias de óptima explotación para aquellas especies que como la anchoveta, permanecen pescables a través de toda su vida posterior a su reclutamiento. A fin de poder estudiar los efectos de las reglamentaciones de la pesca sobre el monto de las capturas, los modelos desovante-recluta deben ser aceptados a los modelos de rendimiento por unidad de reclutamiento. Este enlace generalmente se logra mediante técnicas de modelación para computadores, siendo necesario además disponer de evaluación del tamaño absoluto del reclutamiento producido por una determinada población desovante. El análisis desovante-recluta, usando solamente índices es generalmente difícil de aplicar como instrumento administrativo. No sólo eso sino que el análisis desovante-recluta realizado en base a índices no toma en consideración el efecto de la composición cualitativa de la población y las condiciones ambientales. En otra parte de este informe se presentó ya algunos métodos simples de incorporar estos factores en el análisis. Cuando el desove es continuo, es difícil medir la magnitud del reclutamiento generado por un número determinado de desovantes.

Tabla 1 Capturas mensuales de anchoveta durante 1971.**Table 1** Monthly catch of Anchoveta during 1971.

Meses	Cuota mensual	Captura	Días de pesca
Months	Monthly Quota	Catch in MT	Fishing Days
Enero*	—.—	131,852	17
Febrero*	—.—	150,917	20
Marzo	—.—	2'578,086	20
Abril	—.—	1'573,131	13
Mayo	700,000	689,991	10
Junio	240,000	97,493	6
Julio	V E D A	—.—	—.—
Agosto	V E D A	—.—	—.—
Setiembre	1'200,000	1'205,203	12
Octubre	1,200,000	1'357,809	11
Noviembre	1'200,000	1'155,206	7
Diciembre	1'200,000	1'342,096	10

* Mollendo e Ilo.

Tabla 2 Capturas mensuales de anchoveta durante 1972.**Table 2** Monthly catch of anchoveta during 1972.

Meses	Cuota mensual	Captura	Días de pesca
Months	Monthly Quota	Catch in MT	Fishing Days
Totales		4'247,673	93
Enero	—.—	17,318	1
Febrero	—.—	159,483	17
Marzo	1'800,000	1'834,710	13
Abril	1'800,000	1'551,448	20
Mayo	—.—	531,108	22
Junio	—.—	153,606	20

Tabla 3 Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año pesquero (esfuerzo corregido por vedas y huelgas) para dos niveles de eficiencia.

Table 3 Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trips and catch per unit of effort by fishing year (effort corrected for closed seasons and strikes) for two different levels of efficiency.

P E R U

Estación Season	Captura Catch	Incremento del 5% en la eficiencia a partir de 1965 5% Increase of efficiency since 1965		Incremento del 15% en la eficiencia a partir de 1965 15% Increase of efficiency since 1965	
		Esfuerzo Effort	cpue	Esfuerzo Effort	cpue
1960/61	3,934.3	7,535.1	0.522	7,535.1	0.522
1961/62	5,501.6	9,788.5	0.562	9,788.5	0.562
1962/63	6,906.7	14,945.1	0.462	14,945.1	0.462
1963/64	8,005.8	21,879.7	0.366	21,879.7	0.366
1964/65	8,036.6	21,951.9	0.366	21,951.9	0.366
1965/66	8,095.6	25,273.2	0.320	27,327.9	0.296
1966/67	8,235.4	21,915.5	0.376	25,339.8	0.325
1967/68	9,973.7	23,477.9	0.425	28,773.7	0.347
1968/69	10,087.9	27,566.9	0.366	35,557.3	0.284
1969/70	10,867.1	29,431.7	0.369	39,722.5	0.274
1970/71	9,972.2	26,075.6	0.382	36,646.8	0.272

Tabla 4 Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año calendario (esfuerzo corregido por vedas y huelgas), para dos niveles de eficiencia.

Table 4 Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trips and catch per unit of effort by calendar year (effort corrected for closed seasons and strikes) for two different levels of efficiency.

P E R U

Año Year	Captura Catch	Incremento del 5% en la eficiencia a partir de 1965 5% Increase of efficiency since 1965			Incremento del 15% en la eficiencia a partir de 1965 15% Increase of efficiency since 1965		
		Esfuerzo Effort	cpue	Factor de eficiencia Eff. Factor	Esfuerzo Effort	cpue	Factor de eficiencia Eff. Factor
1961	4,579.7	8,092.8	0.566	1.04	8,092.8	0.566	1.04
1962	6,274.6	11,440.4	0.548	1.11	11,440.4	0.548	1.11
1963	6,423.2	17,386.0	0.369	1.13	17,386.0	0.369	1.13
1964	8,863.4	22,149.8	0.400	1.16	22,149.8	0.400	1.16
1965	7,233.5	22,700.8	0.319	1.18	22,700.8	0.319	1.18
1966	8,523.0	22,740.2	0.375	1.23	24,589.0	0.347	1.33
1967	9,824.6	23,418.1	0.420	1.28	27,077.2	0.363	1.48
1968	10,262.7	25,417.8	0.404	1.33	31,151.1	0.329	1.63
1969	8,960.5	28,557.6	0.314	1.38	36,835.1	0.243	1.78
1970	12,277.0	32,938.2	0.373	1.43	44,455.1	0.276	1.93
1971	10,281.8	19,484.0	0.528	1.48	27,383.0	0.375	2.08

Tabla 5 Consumo estimado de anchoveta por las aves guaneras.

Table 5 Estimated consumption of anchoveta by the guano bird population.

Año pesquero Fishing year	Nº de aves adultas Number of adult birds x 10⁶	Anchoveta Consumida x 10⁶ ton Anchoveta eaten x 10⁶ tons
1960/61	12.6	1.978
1961/62	17.0	2.669
1962/63	18.1	2.842
1963/64	14.7	2.308
1964/65	16.5	2.590
1965/66	4.4	0.691
1966/67	4.6	0.722
1967/68	4.3	0.675
1968/69	5.2	0.816
1969/70	4.7	0.738
1970/71	4.5	0.706

Tabla 6 Estimados del MRS del stock total de anchoveta peruana, corregidos por diferentes niveles de aumento de eficiencia. Los datos para años calendarios cubren el período de 1961 a 1971; lo relativo a estaciones de pesca van de 1960/61 a 1970/71.

Table 6 Estimates of MSY of the total Peruvian anchoveta stock, making allowance for different assumptions for increased efficiency. Calendar year data 1962-1971, fishing year data 1960/61-1970/71.

Datos por	Aumento de eficiencia	Modelo	Esfuerzo calculado durante	MRS (10 ⁶ toneladas)	Nivel de esfuerzo óptimo
Data by	Efficiency increase	Model	Effort calculated over	MSY (10 ⁶ tons)	Optimum effort index
Año calendario Calendar year	5%	Logistic	1 año/year	10.2	29.2
			2 años/years	10.7	35.1
		Exponential	1 año/year	10.4	36.6
			2 años/years	11.6	48.7
Año pesquero Fishing year	15%	Logistic	1 año/year	10.4	32.6
			2 años/years	10.4	35.8
		Exponential	1 año/year	10.5	39.7
			2 años/years	10.9	47.3
	5%	Logistic	1 año/year	9.9	30.0
			Exponential	1 año/year	10.5

Tabla 7 Estimación del reclutamiento en cientos de peces por TRB-viaje, basado en la composición de longitudes por regiones.

Table 7 Estimate of recruitment in hundreds of fish per GRT-trip, based on the length compositions by regions.

	Con corrección del 5% por eficiencia a partir de 1965 With 5% efficiency correction since 1965			Con corrección del 15% por eficiencia a partir de 1965 With 15% efficiency correction since 1965		
Año Year	Región norte North Region	Región central Central Region	Norte y centro North & Central	Región norte North Region	Región central Central Region	Norte y centro North & Central
1961	264.57	400.10	332.34	264.57	400.10	332.34
1962	254.25	220.36	237.30	254.25	220.36	237.30
1963	198.88	167.44	183.16	198.88	167.44	183.16
1964	496.89	310.94	403.92	496.89	310.94	403.92
1965	195.20	189.91	192.56	175.83	171.06	173.45
1966	452.69	425.81	439.25	381.38	358.73	370.05
1967	189.22	577.45	383.34	150.44	459.09	304.77
1968	124.56	550.95	337.76	94.13	416.34	255.24
1969	273.17	480.23	376.70	197.37	346.97	272.17
1970	545.82	560.22	553.02	378.89	388.89	383.89
1971	564.46	513.81	539.14	378.01	344.09	361.05
1972	68.24	36.06	52.15	44.24	23.38	33.81

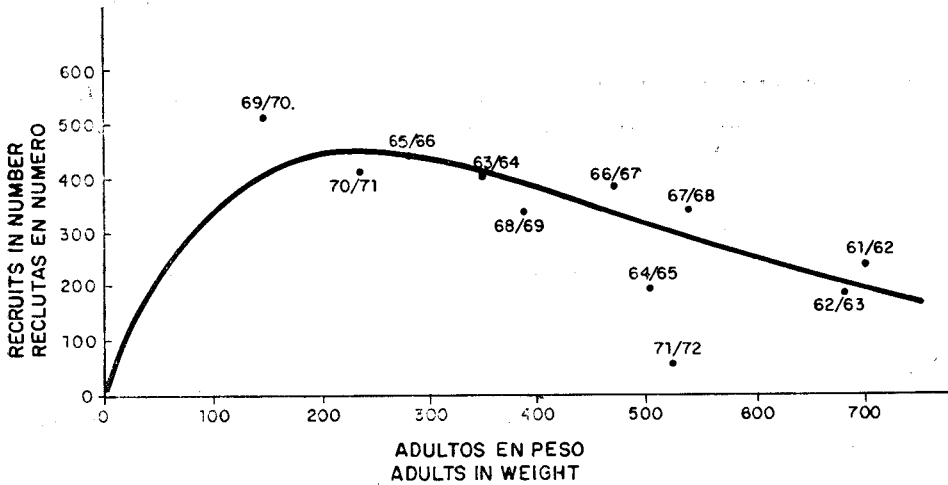


Fig. 1 Relación entre la captura por unidad de esfuerzo de anchovetas adultas (promedio de los tres meses de más alta abundancia entre setiembre y febrero) y la captura por unidad de esfuerzo en números de los reclutas subsiguientes (promedio de los tres meses de más alta abundancia entre enero y junio).

La línea representa el ajuste de la ecuación de Ricker $R = P e^{-\frac{Pr}{P_m} - \frac{P}{P_m}}$, donde P representa la captura por unidad de esfuerzo de adultos, Pr es el valor en el cual la c.p.u.e. de adultos tiene el mismo valor numérico que la c.p.u.e. en número de los reclutas subsiguientes; Pm es el nivel de la c.p.u.e. de adultos que genera el reclutamiento máximo y R es la c.p.u.e. de reclutas. Los datos de 1971/72 han sido omitidos en los cálculos. (Pr = 388.142, Pm = 236.627).

Fig. 1 Relationship between catch per unit effort by weight of adult anchoveta (average of highest three months between September and February) and the catch per unit of effort in numbers of the subsequent recruits (average of highest three months between January and June).

The line represent the fit of the Ricker equation $R = P e^{-\frac{Pr}{P_m} - \frac{P}{P_m}}$, in which P represents the adult c.p.u.e., P the value of adult c.p.u.e. at which the subsequent recruitment c.p.u.e. has the same numerical value, Pm the level of adult c.p.u.e. at maximum recruitment, and R the recruit c.p.u.e. The 1971/72 data have been omitted in the calculations. (Pr = 388.142, Pm = 236.627).

**LISTA DE PARTICIPANTES A LA TERCERA SESION DEL PANEL
DE EXPERTOS EN DINAMICA DE POBLACIONES DE LA
ANCHOVETA PERUANA**

**LIST OF PARTICIPANTS AT THE THIRD SESSION OF THE PANEL
OF EXPERTS ON POPULATION DYNAMICS OF
PERUVIAN ANCHOVY**

E. AVILA	Instituto del Mar, Perú
L. K. BOEREMA	Department of Fisheries, FAO, Rome
J. CSIRKE	Instituto del Mar, Perú
A. CH. DE VILDOSO	Instituto del Mar, Perú
J. A. GULLAND	Department of Fisheries, FAO, Rome
R. JORDAN	Instituto del Mar, Perú
A. LANDA	Instituto del Mar, Perú
G. I. MURPHY	Hawaii Institute of Marine Biology, University of Hawaii, U.S.A.
G. J. PAULIK	College of Fisheries, University of Washington, Seattle, U.S.A.
W. E. RICKER (Chairman)	Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo, B.C., Canada
U. ROBLES	EPCHAP, Lima, Perú
I. TSUKAYAMA	Instituto del Mar, Perú
J. E. VALDIVIA	Instituto del Mar, Perú

Representatives of the Ministry of Fisheries, Peru

J. P. A. LOCHNER	University of Port Elizabeth, South Africa
D. ROA	Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica
F. VALDEZ	Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica

Observers from the Sociedad Nacional de Pesquería, Perú

A. BELLIDO	Sociedad Nacional de Pesquería
L. B. IZAGUIRRE	Sociedad Nacional de Pesquería
R. VILLANUEVA	OYSSA, Lima, Perú

Apéndice 2

AGENDA

1. Averiguación
2. Anchoqueta
 - 2.1 Revisión general del actual desarrollo de la pesquería de anchoqueta y los progresos alcanzados por el IMARPE en la investigación del recurso de anchoqueta.
 - 2.2 Mejoras en la información actual
 - (a) Estadísticas de captura
 - (b) Datos de esfuerzo — eficiencia total de la flota anchovetera
 - (c) Datos de longitud
 - (d) Datos de edad
 - (e) Datos de desove
 - (f) Otros
 - 2.3 Datos actualizados para evaluación
 - (a) Análisis de captura por unidad de esfuerzo
 - (b) Análisis de cohortes
 - (c) Operaciones Eureka
 - (d) Nuevos modelos matemáticos aplicables a anchoqueta
 - 2.4 Composición de las evaluaciones realizadas y nueva información referente a evaluaciones
 - (a) Discrepancia entre los estimados de esfuerzo en TRB-viaje y estimados de mortalidad en base al análisis de cohortes
 - (b) Progresos en los estudios de crecimiento, mortalidad, separación de stocks, etc.
 - (c) Experimentos de marcación
 - (d) Fluctuaciones del reclutamiento. Mejora en los estimados de reclutamiento y aplicaciones de estos estimados para evaluaciones y administración del recurso
 - (e) Otros métodos de evaluación (rendimiento por recluta, rastreos acústicos, otros)

- (f) Rendimiento total por clase anual, relacionada con la magnitud del reclutamiento
 - (g) Otros
- 2.5 Sumario de las evaluaciones y recomendaciones de las regulaciones aplicables a la temporada 1972/73 y posteriores
- (a) Cuota por estación
 - (b) Captura de equilibrio
 - (c) Otros
- 2.6 Recomendaciones a FAO e IMARPE para futuras actividades
- (a) Colección de datos básicos
 - (b) Investigaciones
 - (c) Evaluación y administración del stock

Appendix 2

AGENDA

1. Opening
2. Anchoveta
 - 2.1 General review of recent development in the anchoveta fishery and of the progress in anchoveta research of IMARPE (review by IMARPE)
 - 2.2 Improvements in present information
 - (a) Catch statistics
 - (b) Effort data — Total efficiency of the fishing fleet
 - (c) Length data
 - (d) Other age data
 - (e) Spawning data
 - (f) Other
 - 2.3 Updating of assessments
 - (a) Catch/Effort analysis
 - (b) Cohort analysis
 - (c) Eureka surveys
 - (d) New mathematical models applicable to the anchoveta
 - 2.4 Critical comparison of existing assessments and new information relevant to assessment
 - (a) Discrepancy between effort estimates in GRT days and mortality estimates from cohort analysis
 - (b) Progress in studies on growth, mortality, stock separation, etc.
 - (c) Tagging experiments
 - (d) Fluctuations in recruitment. Improvement of recruitment estimates and relevance of these estimates for assessment and management
 - (e) Other assessment methods (yield per recruit, acoustic research vessel surveys, others)
 - (f) Total yield per class, related to its recruitment values
 - (g) Others

- 2.5 Summary of assessments and advice on regulations, for 1972/73 season and later seasons
 - (a) Quota season
 - (b) Quota level
 - (c) Others
- 2.6 Advice to FAO and IMARPE on future activities
 - (a) Collection of basic data
 - (b) Research activities
 - (c) Stock assessment and management

Apéndice 3
Appendix 3

**LISTA DE DOCUMENTOS Y OTRO MATERIAL CONSIDERADO
POR EL PANEL**
**LIST OF DOCUMENTS AND OTHER MATERIAL CONSIDERED
BY THE PANEL**

Documentos presentados al Panel por IMARPE
Documents presented to the Panel by IMARPE

A) **Documentos no publicados:**
Unpublished documents:

1. Investigaciones de Pre-reclutas (cruceros).
Pre-recruitment investigations (cruises).
2. Rendimiento por clases anuales y estimados de la cuota de pesca para la anchoveta (Pronóstico de la pesca en un año calendario).
Year class yields and anchoveta catch quota estimates (Prediction of catch in one calendar year).
3. Análisis de cohortes basado en el método de población virtual (Para determinar eficiencia y evaluar magnitud de clases anuales).
Cohort analysis based on the virtual population method (To determine efficiency and evaluate magnitude of annual classes).
4. Relación entre la densidad del stock adulto y el reclutamiento en la anchoveta peruana (Para pronosticar el reclutamiento).
Relation between the density of the adult stock and the recruitment of the peruvian anchovy (To predict recruitment).
5. Resumen de los análisis y recomendaciones de IMARPE al Gobierno.
6. Análisis del máximo rendimiento sostenido por año calendario y año pesquero (Se mostraron tablas y gráficos).
7. Tablas básicas de estadísticas de captura y esfuerzo, composición por longitudes, reclutamiento, edad y madurez sexual (ver relación de tablas).
Basic tables of catch effort statistics composition by lengths, recruitment, age, sexual maturity (see list of tables).
8. Bitácora de pesca (se mostró y explicó su uso).
9. Determinaciones tentativas del crecimiento en la anchoveta en base a la edad detectada por lectura de otolitos.

10. Madurez sexual de anchoveta, por sexos separados, en Chimbote 1969-1972.
11. El desove de la anchoveta de 1961 a 1972 determinados por la presencia de huevos y larvas en plancton.
12. Información actualizada de las marcaciones de agosto 1971.
Actual information of tagging experiments from August 1971.
13. Información actualizada de la marcación de julio 1970 (Recuperaciones de enero a diciembre 1971).
14. Un ensayo de estimación de (F + M) y F a base de la marcación de julio de 1970 y las recuperaciones hasta diciembre de 1970.
Anchoveta tagging experiment of July 1970, a trial of (F + M) and F estimation based on returns up to December 1970.
15. Experimentos de "siembra" de anchovetas marcadas en las bodegas de las embarcaciones para determinar índices globales de recuperación.
Tagged anchoveta planted in the fishholds of the fishing vessels to ascertain global recuperation indexes.
16. Experimentos en viveros flotantes. Problemas y resultados.
Experiments on live-boxes. Problems and results.
17. Revisión de la Estructura de Poblaciones de anchoveta.
18. Analytical Hyperbolic.

B) Documentos publicados:
Published documents:

1. Informe Especial N. IM-97 "Regulación de la Pesquería de Anchoveta para el año calendario 1972".
Especial Report N. IM-97 "Regulation of anchovy fishery for the calendar year 1972"
2. Informe Especial N. IM-104 "La anchoveta en relación con el fenómeno de "El Niño" 1972".
Especial Report N. IM-104 "Anchovy in relation to the phenomenon "El Niño" 1972".
3. EUREKAS. Operación "Peladilla" — Operación Anchoveta I.
4. Boletines Ministeriales N. 15 y 16.
Ministerial Bulletins N. 15 and 16.
5. Resultados de la primera marcación experimental de anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en el mar.
6. Informe Especial N. IM-101 "Resumen General de la Pesquería de Anchoveta, durante el año 1971".
Especial Report N. IM-101 "General Summary of Anchoveta Fishery, during the year 1971".

Apéndice 4
Appendix 4

LISTA DE TABLAS PRESENTADAS POR IMARPE
LIST OF TABLES PRESENTED BY IMARPE

1. Composición de longitudes de los desembarques de anchovetas (en números desembarcados por grupos de tamaños en millones) por año calendario y por región (continuación: año 1971).
Length composition of the anchoveta landings (number landed by size groups in millions), by calendar year 1971 and region (cont.: 1971).
2. Composición de longitudes de los desembarques de anchoveta (en número de peces desembarcados por grupos de tamaño en millones) por trimestre y regiones (Continuación: enero 1971-marzo 1972).
Length composition of the anchoveta landings (numbers landed by size groups in millions) by trimester, by regions, (Cont.: January 1971-March 1972).
3. Distribución mensual en porcentaje de los estadios de madurez IV y V por sexos en Chimbote (Continuación: enero 1971-mayo 1972).
Monthly frequency distribution in percentage of maturity stages IV and V by sex in Chimbote (Cont.: January 1971-May 1972).
4. Distribución mensual en porcentaje de los estadios de madurez IV y V por sexos en Callao (Continuación: enero 1971-mayo 1972).
Monthly frequency distribution in percentage of maturity stages IV and V by sex in Callao (Cont.: January 1971-May 1972).
5. Número de aves guaneras y estimado de la cantidad de peces consumidos en la costa peruana (Continuación).
Number of guano birds, and estimated quantity of fish eaten, on the Peruvian coast (Cont.: 1971).
6. Estadísticas básicas de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de anchoveta de setiembre 1960-abril 1972. Sin correcciones por eficiencia.
Basic statistics of catch, effort and catch per unit of effort of Peruvian Anchovy. Without efficiency corrections.
7. Estadísticas básicas de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de anchoveta de setiembre 1960-abril 1972. Corregido por eficiencia IMARPE.
Basic statistics of catch, effort and catch per unit of effort of Peruvian anchovy. With IMARPE efficiency corrections.
8. Estadísticas básicas de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de anchoveta de setiembre 1960-abril 1972. Corregido por 10% de eficiencia a partir del año 1965.

Basic statistics of catch, effort and catch per unit of effort of Peruvian anchovy. With 10% efficiency correction from 1965.

9. Estadísticas básicas de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de anchoveta de setiembre 1960-abril 1972. Corregido por 15% de eficiencia a partir del año 1965.
Basic statistics of catch, effort and catch per unit of effort of Peruvian anchovy. With 15% efficiency correction from 1965.
10. Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año pesquero (esfuerzo corregido por vedas y huelgas) para tres niveles de eficiencia, desde 1960/61 hasta 1970/71.
Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trip and catch per unit of effort by fishing year (effort corrected for closed season and strikes) for three different levels of efficiency, from 1960/61 to 1970/71.
11. Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año pesquero (esfuerzo sin corregir por vedas y huelgas), para tres niveles de eficiencia, desde 1960/61 hasta 1970/71.
Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trip and catch per unit of effort by fishing year (effort without corrections for closed season and strikes) for three different levels of efficiency, from 1960/61 to 1970/71.
12. Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año calendario (esfuerzo corregido por vedas y huelgas), para tres niveles de eficiencia, desde 1961 hasta 1971.
Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trip and catch per unit of effort by calendar year (effort corrected for closed season and strikes) for three different levels of efficiency, from 1961-1971.
13. Captura total en miles de toneladas, estimados del esfuerzo en miles de TRB-Viaje y captura por unidad de esfuerzo por año calendario (esfuerzo sin corrección por vedas y huelgas), para tres niveles de eficiencia, (desde 1961 hasta 1971).
Total catch in '000 tons, estimates of effort in '000 GRT-Trip and catch per unit of effort by calendar year (effort without corrections for closed season and strikes) for three different levels of efficiency from 1961-1971.
14. Número de reclutas y número de peces viejos por TRB-Viaje por regiones, por mes y por año pesquero, desde marzo 1961 hasta abril 1972.
Number of recruits and number of old fish per GRT-Trip by regions, month and fishing seasons, from March 1961-April 1972.
15. Número de reclutas y número de peces viejos por TRB-Viaje por regiones, por mes y por año calendario, desde marzo 1961 hasta abril 1972.

Number of recruits and number of old fish per GRT-Trip by regions, month and year, from March 1961-April 1972.

16. Estimación del reclutamiento en cientos de peces por TRB-Viaje, basado en la composición de longitudes por regiones, desde 1961 hasta 1972. Para tres niveles de eficiencia.
Estimates of recruitment ('00) per GRT-Trip, based on the length compositions per regions, 1961-1972. With three different levels of efficiency.
17. Con corrección IMARPE hasta 1964 y 5% por eficiencia a partir de 1965.
With IMARPE correction until 1964 and 5% per efficiency from 1965.
18. Con corrección del 10% por eficiencia a partir de 1965.
With 10% correction per efficiency from 1965.
19. Con corrección del 15% por eficiencia a partir de 1965.
With 15% correction per efficiency from 1965.
20. Composición de la flota por grupo de tonelaje de registro bruto por año calendario (TRB en toneladas de arqueo), desde 1961 hasta 1971.
Composition of the fleet by GRT groups, by calendar years (GRT in "arqueo" tons), from 1961-1971.
21. Composición de la flota por grupos de tonelaje neto por año calendario (TN en toneladas métricas), desde 1961 hasta 1971.
Composition of the fleet by capacity groups by calendar year, (TN in metric tons), from 1961-1971.
22. Cuota de captura, captura obtenida, vedas y paros, número de días trabajados, por año calendario, desde 1961 hasta 1971.
Quota, actual catch, closed season and strikes, number of working days, by calendar year, from 1961-1971.
23. Captura por unidad de reclutamiento. Pesca total por clase anual en el primer y segundo años y esfuerzo total ejercido sobre cada clase anual, desde 1961 hasta 1971.
Catch per unit of recruitment. Total catch by year class during the first and second year and total effort exerted on each year class, from 1961-1971.
24. Tablas de longitud-edad para anchoveta en Chimbote y Callao, desde marzo hasta diciembre 1971.
Tables of length-age for anchovy in Chimbote and Callao, from March-December 1971.
25. Tablas de longitud-madurez sexual de anchoveta en Chimbote, Callao e Ilo, desde setiembre 1969 hasta marzo 1972.
Tables of length-sexual maturity of anchovy in Chimbote, Callao e Ilo from September 1969-March 1972.
26. Porcentaje promedio mensual de grasa en la anchoveta en Chimbote, Callao e Ilo, desde enero 1964 hasta diciembre 1971.
Average monthly percentage of grease in the anchovy in Chimbote, Callao e Ilo, from January 1964-December 1971.

Third Session of the Panel of Experts on the Population Dynamics of Peruvian Anchovy

July 1972

C O N T E N T S

	Page
1. Introduction.....	573
2. Oceanographic conditions in 1971 and 1972.....	575
3. The anchoveta fishery during 1971 and 1972.....	576
4. Basic data concerning anchoveta stocks.....	578
5. Maximum sustained yield (MSY) estimates from catch and effort data.....	579
6. Tagging experiments.....	580
7. Egg production in 1971.....	581
8. The stock of older anchoveta (recruits of 1971 and earlier).....	582
9. The 1971/72 recruitment.....	583
10. The strength of future year-classes.....	585
11. Management strategy for 1972/73.....	586

12. General considerations concerning management policy.....	588
13. Research needs.....	590
14. Food fishes.....	592
15. Other matters.....	592
16. Summary.....	593
Annex: Some notes on mathematical models of the anchoveta stock.....	595
Tables (1 to 7).....	554
Figure 1.....	561
Appendices	
List of participants.....	562
Agenda.....	565
List of documents and other material considered by the Panel.....	567
List of Tables presented by IMARPE.....	569

1. INTRODUCTION

The third meeting of the Panel of Experts was held in the Instituto del Mar from 3 to 11 July 1972. The work of the Panel has been carried out in close cooperation with the scientific staff of the Instituto del Mar. Furthermore, the meeting was attended by representatives from the Peruvian Ministry of Fisheries and observers from the Sociedad Nacional de Pesquería. The list of attendants is given in Appendix 1; in addition, various other members of the Institute's staff took part in discussions on specific subjects.

The agenda of the meeting is given in Appendix 2, and a list of documents and other information presented to the Panel is given in Appendix 3.

Dr. W. E. Ricker was elected Chairman of the meeting.

2. OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN 1971 AND 1972

During 1971 the sea surface temperature off northern Peru was lower than the longterm average (with the exception of November), mainly in the area of Paita and Punta Falsa. Notwithstanding the low temperature during the second half of that year significant numbers of *Euphilax*, a crab of tropical waters, were taken in northern Peru. In 1972, when the "El Niño" condition was present, *Euphilax* was very abundant, and consistent catches of several tropical fishes have been made, for example dorado (*Coryphaena hippurus*) and frigate mackerel (*Auxis rochei*). There was also a predominance of zooplankton over phytoplankton in the central and northern area.

A general warming of the surface waters of the Peruvian sea became apparent during February of 1972. The warm water was up to 30.3°C and had a salinity as low as 32.7‰ which indicates an intrusion of tropical water. This equatorial surface water remained through April and May, but began to recede in June. Highest temperatures occurred during the month of March; they decreased slightly in April, but May and June temperatures were still high, between 19° and 27°C. These figures are higher than those during previous warm years.

Under normal condition, the surface temperatures of the sea decrease during July-September. Under abnormal conditions, such as when an "El Niño" occurs, the high temperatures which normally prevail in summer and part of autumn are intensified and often recur during December and the first six months of the year following the appearance of the "El Niño". In the present situation, therefore, one can expect a decrease of surface temperatures during the first months of the second half of 1972, followed by an increase of temperatures significantly above average from November 1972 to June 1973.

IMARPE data on oceanographic conditions were obtained through oceanographic cruises, Eureka surveys, regional laboratories, the National Steamship Company and the Naviera Peruana del Pacífico S. A. In addition the

Panel has used surface temperatures supplied by Cia. Marítima Pesquera S. A. from the ports of Chancay, Huarmey, Chimbote and Paita.

3. THE ANCHOVETA FISHERY IN 1971 AND 1972

The Instituto del Mar had recommended a catch limit of 10 million tons for the period September 1970 to June 1971, a closed season in January and February for the whole Peruvian coast, and a five-day fishing week. The catch limit should be revised if the recruitment in the beginning of 1971 appeared to be unusually good or poor. As the catches in the period September-December 1970 reached a level of 4.75 million tons, the remaining quota for the first half of 1971 was 5.25 million tons. However, the Fisheries Ministry applied some modifications and additional regulations as follows:

- a) Opened the fishing season in January and February in Mollendo and Ilo.
- b) The catch limit per vessel was set at 70% of its hold capacity for each trip in the period March 1971 until the end of the fishing season (June 1971).
- c) Monthly catch quotas were introduced in May 1971 as shown in Table 1.
- d) The fishing weeks were limited to 3 days in May and June 1971 for vessels of 120 tons and over, and to 4 days for vessels of lower tonnage.
- e) When landings consisted of at least 50% peladilla, the fishery in the ports concerned was suspended for periods of up to 15 days.
- f) When in May 1971 the total season's quota had been taken, an additional quote of 240,000 tons was granted to the fishing vessels below 150 tons which belonged to low-production reduction plants.
- g) A long regulation was introduced, aimed at reducing the fishing capacity of the total fleet, according to which vessels that had not fished since 1st September 1969 had to be taken out of the fishery; new vessels could only be introduced if at the same time old vessels with a total tonnage of at least 1.5 times the tonnage of the new vessel would be removed from the fleet.
- h) A strict control was maintained on the amount of fishmeal processed in each factory in relation to the declared reduction capacity of the factory. This compelled many plants to introduce internal measures such as the establishment of daily catch limits per boat.

Various of these additional regulations were introduced after the very high catches in March, which indicated that without such additional regulations the quota would be reached within a short period. As a result, the

fishery continued through April and May, with some fishing in June. The actual number of fishing days needed to reach the quota was low.

In June 1971, the Instituto del Mar recommended a catch quota of 9.5 million tons for the fishing season September 1971-June 1972, with the usual proviso that this quota should be revised on the basis of information on the 1972 recruitment. Also, the Instituto recommended a closed season in January and February 1972 for the whole coast, and a fishing week of five days. The system of monthly quotas introduced by the Ministry earlier in the year, was maintained for the remainder of 1971, together with the other regulations on the quotas per trip per vessel, and on the number of fishing days per week. The catch rates were high and the monthly quotas were reached within relatively few fishing days, as shown in Table 1.

The rather complex regulatory system that was in operation in 1971 has affected the distribution of the catches and the fishing effort during the year, and the efficiency of the fishing operations; this should be taken into account in the evaluation of the stocks based on the analysis of the statistical data.

The fishing activities of the entire fleet along the whole length of the Peruvian coast lasted only 83 days in the calendar year 1971, during which time a total of 9'901,522 metric tons was landed, or 95% of the total landings in 1971. The remainder was caught in January and February by the fishing fleets of Mollendo and Ilo, and by the few vessels which were granted permission to fish in June.

Following the Ministry's request for advice on catch quota by calendar year, the Instituto del Mar prepared a report based on data available until November, and published early in 1972, in which it recommended a quota of 5 million tons for the period March-June 1972, assuming average conditions for the recruitment, but stating that the 1972 catch would depend to a great extent on the real magnitude of that recruitment.

A scarcity of young fish was first noted by the Institute in December, which might indicate some delay in recruitment, but was again observed and reported during the Eureka survey in January-February. At the same time, the first indications of oceanographic anomalies were observed which developed into an "El Niño".

Fishing started on January 31st in Ilo; in February the fleets of Ilo and Mollendo were operating, and the whole fleet operated from March onward. Catches were high in March but started to decline in April, when substantially more fishing days were required but the monthly quota was not reached (table 2). To a very large extent, the catches consisted of large fish, and young, newly recruited, fish were nearly absent, in contrast to the catches in the same month in other years. This caused concern about the possible consequences of a recruitment failure.

After analysis of the data from the commercial catches in March 1972,

including the data on the low recruitment and the oceanographic anomalies, the Institute was compelled to recommend in April, as the most appropriate measure to maintain the anchoveta resource, the closure of the anchoveta fishery as soon as possible. Fishing continued but the catches dropped sharply during May and June. The analysis and implications of these events are dealt with in other sections of this report.

4. BASIC DATA CONCERNING ANCHOVETA STOCKS

The Panel received reports on the progress made by the Instituto del Mar in the improvement of the basic data collection and on new information relevant to the anchoveta assessments.

4.1 Catch statistics

The collection of catch statistics has proceeded along the lines described before, and detailed information on areas of capture is still lacking. The new catch reporting forms mentioned in the report of the second panel meeting have proved unsuccessful, but recently a compulsory logbook system for recording detailed data of position and catches has been introduced.

The Panel welcomed the efforts made to improve the information on area of capture and fishing effort, but stressed the need for careful design of the procedures involved, including quality control and processing of the data, which is required to effectively handle the very large amount of data obtained in this way. This may require specialized data processing advice.

4.2 Effort statistics

The Institute has reviewed the available information on the fleet composition in past years, which has led to corrections in the effort estimates in GRT/days, in particular for the early years of the fishery. The revised estimates were included in the tables made available to the Panel, and have been used in the present analysis.

Further improvements in the effort information, as suggested in the second panel report, may be forthcoming from the above-mentioned introduction of a logbook system.

4.3 Length sampling

Some improvements have been in the method of collecting length samples, which now prevent sampler's bias in the length composition. The lack of young anchovy in the first half of 1972 made it impossible to carry out two experiments recommended by the Panel in its second report: (1) to develop a method of estimating the total length of all fish in the sample, even when

damaged or incomplete; and (2) to determine the current degree of bias in the length composition estimates from a comparison of samples taken at sea with samples from the same catch taken ashore in the standard way.

5. MAXIMUM SUSTAINABLE YIELD (MSY) ESTIMATES FROM CATCH AND EFFORT DATA

New estimates of the maximum sustainable yield available to the fishery at the present level of the bird population were submitted to the Panel, based on the revised effort estimates referred to above and including the data for the year 1971. The estimates have been calculated from the catches by man and birds, both by calendar year and by fishing year, and for various assumptions concerning increased efficiency of the vessels. At its second meeting, the Panel suggested that vessel efficiency may have increased by 15% per year in the years since 1965. The present estimates are based on assumptions of annual increase of 5% and 15% since 1965. The data on the catch, effort, and catch per unit of effort, and the estimated quantities eaten by the birds, are given in Tables 3-5. The estimates of the maximum sustainable yield are given in Table 6.

Practically all these figures give an estimate for the MSY of the total Peruvian anchoveta stock under average conditions similar to that obtained in the second Panel report, namely somewhat over 10 million tons. The fishing effort during the period 1966-70 approached or exceeded the level giving the MSY depending on the increase in efficiency assumed to have taken place. The fishing effort in 1971 however appeared to be lower than in previous years. The effort estimated for the calendar year 1971 was 19.5 (10^6) units on the assumption of 5% efficiency increase and 27.4 (10^6) units for 15% efficiency increase. The effort estimate for the fishing year 1970/71 and 5% efficiency increase was 26.1 (10^6) units. All estimates are well below the effort estimate of the year before and also below the level giving maximum sustainable yield. It should, however, be noted that the effective effort in 1971 may have been much higher than these nominal figures due to a relatively high catchability of the fish, for which arguments are given in the analysis below.

The results of the recent tagging experiment support the hypothesis expressed in previous report that the anchoveta resources in the southern area (The Atico-Ilo area) are a more or less separate stock. The estimate of the maximum sustainable yield of this part of the total Peruvian stock is of the order of 1.3 million tons, which is the level of catch obtained in this area in recent years.

The above estimates are based on average conditions of recruitment and catchability of the fish. The special conditions which appeared during the fishing season 1971/72, make the above estimates invalid for application in the 1972 fisheries regulations. The present situation requires a special analysis of the available information which is given below.

6. TAGGING EXPERIMENTS

6.1 Further results of the 1970 experiment

A review of this experiment and its results up to the end of 1970 has been given in the report of the previous Panel meeting. Further tag returns have been obtained in 1971. Forty-five tags were returned in the period January-June 1971, 31 by Chile. In the period July-December 1971, 162 tags were returned, 5 by Chile. No recoveries were made in 1972.

The substantial increase in tag returns in the second half of 1971 suggests a greatly increased fishing mortality of the old fish in this period as compared with the first half of the year. It should, however, be noted that of the 162 returns 137 were returned from the southern area (Ilo, Atico) of which 113 had been tagged in that area. A new large tagging experiment was carried out in the southern area in August 1971. This may have stimulated the search for tags in the factories in the southern area in the later months of this year and this increased attention may have been an important factor in the increased tag return from the 1970 experiment.

6.2 Result of the 1971 experiment

57,893 anchovetas, mainly of 14 cm length and over, were tagged in the southern area, between Pescadores and the Chilean border. Recoveries were 2,038 in September, 3,328 in October, 171 in November, 508 in December, 16 in January, 406 in February, 106 in March, 42 in April, 6 in May and 3 in June. In addition, about 2,000 tags were recovered from one factory in the period between September and December for which no details of time of recapture were obtained. The total number therefore amounts to about 9,000 or about 16% of the number of fish tagged, which percentage is much higher than that of the returns of the 1970 experiment of less than 3%. This may to some extent have been caused by improved tagging and recovery techniques, but would also suggest a substantial increase in fishing mortality. If it can be assumed that the 2,000 tags for which no details were available were recovered in about the same proportion by month as the other tags, the percentage returns in September and October 1971 were nearly 5 and 8% respectively. Taking into account the effects of tagging mortality, tag shedding, incomplete recovery, etc., these figures would suggest a high fishing mortality rate in these months, of probably well over 10% per month.

The decline in the numbers from the 1970 experiment in the months September-December 1970 and in September-December 1971, as well as the decline in the numbers returned from the 1971 experiment over the period September 1971-June 1972, is in each of these cases of the order of 50% per month. This decline represents an overestimate of the real total mortality of the untagged anchoveta, as it includes the loss of tags due to tag sheddings, increased natural mortality and predation of the tagged fish, and perhaps a decrease in recovery rate with decreasing tag abundance.

There is some indication that the rate of decline in the tag returns during September-December 1971 was higher than in the same period in 1970, which would suggest a higher mortality rate, but more analysis is needed before definite conclusions can be drawn.

Further experiments have been carried out to determine some of the sources of bias in the tagging data. Tag recovery from tagged fish planted in the fish holds at unloading gave recoveries varying between 11 and 97% for 4 different factories, with an average of 67%. The Panel suggested that any future tagging experiments should be accompanied by widespread experiments to determine the recovery percentage in the plants from tagged fish planted in the catches, in order to obtain better estimates of the total recovery of tagged fish. The experiments also demonstrated the substantial time lag in tag recovery, 125 out of 393 tags being recovered between 3 and more than 10 days after the planting of the tags in the fish holds. This again demonstrates the difficulty in attributing individual tags to the boat and trip of recapture.

Experiments with tagged fish in tanks again confirmed the relatively low level of tagging mortality and tag shedding, and the similarity of this mortality of fish tagged with or without the use of a special tagging pistol.

Whereas the progress made in these subjects is most useful for the interpretation of the results of the tagging experiments, more extensive and detailed investigations along the lines indicated in the second Panel report are still desirable.

7. EGG PRODUCTION IN 1971

Plankton samples obtained during oceanographic and other cruises have provided information on anchoveta eggs and larvae. Although the data are not sufficient for reliable quantitative estimates of egg production per year, the average number of eggs under a square meter of sea surface in the area between 6 and 14° S.L. and up to 60 miles offshore suggests large differences in egg production in different years, 1970 and especially 1971 being years with very low production (500 eggs per square meter in 1971 against an average of nearly 3000 in 1966-1970). The even lower figure for 1965 is probably due to the fact that the sampling cruises did not coincide with the delayed major spawning season.

A low level of egg production in 1971 is also indicated by the relatively low percentage of mature and spawning fish in the catches in September-December 1971 as compared with the average of the years 1966-1970, in particular in the northern and the southern area. The difference in the central area was less marked. The percentage of mature and spawning fish in the highest month between September and December for the average of 1966-1970 was over 90 in Chimbote, about 75 in Callao and about 60 in Ilo, and in 1971 the figures were about 40, 60 and 15 respectively.

An indirect indication of a low level of spawning is given by the fat content of the fish, which is fairly high before spawning and normally decreases during the spawning period from a level which is on the average around 12 or 13% in June to one of about 5% in September for fish of over 14 cm. In 1971 the fat content in March-June was in general somewhat below the average for these months, but in September-October the values were some 2% higher than average, and increased to very high level in December (18.8% in Chimbote, 14.1% in Callao and 11% in Ilo).

All available information therefore indicates that both total egg production and the egg production per female in August-September 1971 has been unusually low.

8. THE STOCK OF OLDER ANCHOVETA (RECRUITS OF 1971 AND EARLIER)

All evidence indicates that there are very few older anchoveta now in existence anywhere. These fish provided good catches through the later months of 1971. Their abundance therefore declined substantially, but the intrusion of warm water in 1972 concentrated them into a band along the coast, which gradually moved to the south from March onward, so that they were about as densely concentrated as ever, and catch per unit effort remained high. Thus very good catches could be made until they were almost all gone. In the later part of April commercial quantities became scarce, and in late June there were no longer enough anywhere to warrant fishing for them. The evidence for this picture is as follows:

- (a) Large bodies of fish cannot now be located anywhere off Peru by echosounder, either farther out so sea, up to 60-100 miles offshore, or farther south, or at greater depths than normal.
- (b) They have not gone to the far south, because the Chilean fishery has been very poor.
- (c) They are not closer to shore than the seines can fish, because, if so, they would be obvious to aerial surveys and bird concentrations would be eating them.
- (d) The effect of environmental factors in concentrating large fish near shore in the second half of 1971 is suggested by a large return of tags of both the 1970 and 1971 taggings in those months (relative to the time elapsed since tagging). In February through April of 1972 good returns of 1971 tags were also obtained, indicating that availability remained high. Thus the large fish were for the most part fished up and utilized.
- (e) During the previous "El Niño" of 1965, the year-class spawned in 1963 was practically wiped out by the middle of 1965, and did not show up

in the catches in 1966. We must expect therefore that the 1970 year-class will not appear in strength in late 1972 or in 1973.

- (f) Bonito eat anchoveta mostly, and in April to June 1972 all the bonitos examined had empty stomachs.

This near elimination of the older fish is not inconsistent with the catches during the 1971-72 season being about average, 9.3 million tons. Normally catches during the second half of the season comprise a high proportion of small fish, but these were very scarce in 1972. Thus the actual removals of old fish were greater than normal. In addition, it is possible, as mentioned above, that environmental factors affected the distribution of fish, and increased their availability even in the second half of 1971. The fish present then may have been less abundant than usual, rather than above average as suggested by the catch per unit effort. Above average catches from a below average stock would easily result in a very low stock at the end of the season.

9. THE 1971/1972 RECRUITMENT

The strength of the recruit year-class arising from the 1971 spawning, which entered the fishery early in 1972, was estimated by the Instituto del Mar in the usual way—that is as the catch per unit effort of the recruits during the three peak months, the recruits being identified from the length composition. The results are given in Table 7. Of necessity this discussion is concerned with the Northern and Central regions which supply about 85 percent of the catch.

The table shows that the 1971/72 class is by far the weakest of those for which quantitative estimates are available—less than one third of the next weakest, that of 1962/63. Recruitment during the first half of 1972 was better in the south. However, this involves only about 15% of the catch and hence does not affect the thesis of this discussion. There is no indication that the present year-class has been under-estimated. The length composition of the small fish in May and June was practically normal. Some recruitment of smaller fish was observed in June-July but these catches were very small. The observations therefore suggest the usual timing of recruitment. During April, and particularly in May, the catch per unit effort of larger fish was low, so the fishermen would have concentrated on the recruits (peladilla) if they had been available in quantity. Also, there are no indications that the small fish were present in areas outside the usual fishing grounds.

There is thus no reason to suppose that the c.p.u.e. underestimates the abundance of recruits. On the contrary, in the discussion above concerning the big fish it was suggested that for various reasons the c.p.u.e. in recent months might be over-estimating their abundance. The same factors should affect the younger fish.

There therefore seems little doubt that the 1971/72 year-class is very weak—about one seventh of average—but the reasons for this are not entirely clear. Figure 1 in which the size of the year-class has been plotted against the density by weight of the adult stock at and immediately after the period of spawning, shows that over the observed range of stock abundance, year-class strength decreases with increasing stock. The 1971 spawning stock appeared to be moderately large, but densely concentrated. The curve of fig. 1 would suggest that this should have produced a relatively weak year-class in 1972. But the data on this year class indicate that it was even much smaller than would follow from the observed stock density.

The observed stock—recruitment relation is the combination of two factors—the positive relation between number of eggs produced and the abundance of adults, and a negative relation between the proportion of eggs that survive to recruitment and adult abundance. This latter effect will presumably be more closely related to the density of the stock—number of adults or young per unit volume—than to its total abundance. Crowding may also decrease the total production of eggs by affecting the spawners.

If the fish in 1971 occupied a smaller area than usual, possibly due to environmental conditions, the catch per unit effort may over-estimate the abundance, though measuring the density correctly—and some suggestions that the abundance is over-estimated have already been made in the analysis of the statistics of the fishery. In addition the data discussed in section 7 suggest that the total egg production was relatively small, and that the proportion of fish in advanced maturity stages during 1971 was low, suggesting an unusually low egg production in relation to the total adult abundance. In 1971 there might therefore have been the combination of low egg production and a high density. If the decreased survival of eggs and larvae at high densities is due to predation by adults, rather than competition between larvae, this would result in a further decrease in recruitment.

The instability that results when a population is stressed by high fishing mortality was briefly discussed in the previous report of the panel. This instability is associated with the reduction of the adult stock to essentially a single year class. This causes the population size to fluctuate widely because the smoothing effect of having two or more year classes in the population is absent, even when there is no increase in the year-to-year fluctuations in recruitment. In addition, if there is any tendency for young and old fish to differ in their time of spawning, and for a stock containing several age groups to spread their spawning more widely, a reduction to a single year-class is likely to increase the variability of recruitment. If environmental factors are favourable to the survival of the eggs and larvae from the first time spawners, a good year-class can occur. However, if conditions are unfavourable they cannot be balanced by favourable conditions for the spawning products of the older age-groups. In addition, the percentage of the youngest age-group that in fact matures in a particular year can easily vary in response to small changes in the environment, resulting in unpredictable variations in the number of eggs spawned. This sort of variation

has little effect in an unfished population of multiple spawners, but might be crucial during some years in a heavily fished population.

10. THE STRENGTH OF FUTURE YEAR-CLASSES

The future of the Peruvian anchoveta fishery depends on the strength of future recruitment. This in turn depends, among other things, on the abundance of the adult spawning stock. At their face value the observed points in Figure 1 might suggest that a reduction of spawning stock to the low level likely to occur in the second half of 1972 would not threaten to produce a recruitment failure. However, it is obvious that recruitment cannot continue to increase as stock decreases and that the stock-recruit curve must bend over and pass through the origin because zero adult stock must result in zero recruitment. It is important to know at what stock level it becomes impossible for survival of eggs to increase enough to balance the decrease in initial number of eggs.

There is some reason to suppose that this level has been reached. The average number of eggs produced per female anchoveta is, in comparison with many other marine fishes, quite small—some ten to twenty thousand. These eggs and the young larvae are subject to substantial mortality which is independent of density. Comparison with observations in other areas suggest that eggs and small fish larvae of similar species have a mortality of the order of 99 percent during the first month. That is, even if the density-dependent mortality were zero, only a few larvae would survive to enter the fishery. Thus the abundance of a recruit year-class cannot be too much greater than that of the parent stock. For the Californian sardine the upper limit seemed to be about 4 times as large.

The same conclusion, that when the adult stock size falls much below the lowest value previously observed in the Peruvian anchoveta, the number of recruits decreases approximately in proportion to the adult stock, is obtained by fitting the Ricker spawner-recruit relation, described in Appendix 4, to the data of Figure 1 (omitting the 1971/72 data). The resultant curve is shown in the Figure 1.

The spawning stock in 1971 (August-September) was approximately 10 million tons. This is based on four observations (1) there was little recruitment after 1 September, (2) practically the entire stock present in September 1971 was dead by July 1972, (3) the total catch during the period was 9.3 million tons and (4) growth of individuals approximately balances natural mortality during the period in question.

At this moment (July 1972) the recruitment index for the fish spawned in 1971 and recruited in 1972 is about 50 compared with 439 for the fish spawned in 1965, or the long term previous average of 344. Thus the 1972 recruitment index is 1/9 that of 1966 or 1/7 the long term average.

The size of the spawning population in the winter of 1972 can be estimated fairly confidently from this information. There will be virtually no second time spawners. The first-time spawners, the 1972 recruits, will be about 1/7 as abundant as the first-time spawners in the usual spawning population. The total size of this usual spawning stock is not known with certainty, but is probably about 10-15 million tons, in recent years, of which the majority would be first-time spawners. The 1972 spawning stock cannot, therefore, be much larger than 1.5 million tons. The corresponding index on the x axis of Figure 1 is about 60. This is much smaller than the smallest stock previously observed. This might possibly yield about an average recruitment, but about half the average recruitment is more likely.

If there is an average recruitment at the beginning of 1973, and these recruits are not too heavily fished before they spawn in the middle of 1973, then the stock should be well on its way to normal by the second half of 1973, and normal fishing can be resumed by 1 September 1973.

On the other hand, it is more likely that the 1972 year-class, recruiting at the beginning of 1973, will be below average. Indeed, if environmental factors are unfavourable, or the analysis has over-estimated the 1972 spawning stock, the 1972 year-class could be very much below average. If these recruits are fished at all heavily before they spawn in the middle of 1973, then also the 1973 spawning stock could be extremely weak, leading to yet one more weak year-class, and the progressive collapse of the stock.

11. MANAGEMENT STRATEGY FOR 1972/73

The Panel believed that it could not at the present time propose detailed management policies for the 1972/73 season, i.e. concerning open seasons, and catch quotas up to the middle of 1973. It is clear that the stock is in a poor condition, but some information which would affect management policy for the next twelve months, particularly referring to the strength of the 1973 recruits, is not yet available. If recruitment in 1973 is low which is not unlikely, but fishing continues as normal, there could be a collapse of the stock. The first priority in every management policy must be to minimize the risk of any such collapse. This requires in the first place the protection of the presently remaining spawning stock. Therefore fishing should not be re-opened at the end of the present closed season until there is good evidence that this can be done without imperilling the future of the resource.

The Panel therefore recommends that monitoring of the anchoveta stock should be intensified. This should include regular Eureka surveys, at least once but possible twice per month. In addition to continuous echo-survey, plankton samples should be collected to examine for the presence of anchoveta eggs and larvae (especially in August and September), and test fishing should be carried out to identify the echo-traces observed. This fishing should cover all intensity of traces, and not merely those dense enough to be worth setting on under normal commercial conditions.

The Eureka surveys in the second half of 1972 will provide better estimates of the abundance of the older fish which spawned in the middle of the year. These will mainly be the members of the 1971 year-class, which is probably very weak and it would be very unwise to allow fishing during the second half of 1972 to further deplete a stock which may already be at a critically low level. However, it is possible that the spring Eureka surveys will show them to be more abundant than expected, and in that case some fishing might be permitted.

At the best the quantities involved would be small, and could be caught by the fleet in a short time. Among the fish concerned losses due to mortality are approximately balanced by the growth of the individuals, so that there would be no loss in the weight that could be caught by delaying the start of fishing. Some spawning is continuing during September, and later months, and there could be considerable benefit from ensuring that as many fish as possible take part in the spawning. Therefore, it is recommended that, whatever the results of the Eureka surveys, no fishing should be permitted until 1 October 1972. Since the stocks in the central and northern areas appear to be in worse condition than those in the south, the opening date for any fishing in the north and centre might be even later.

In view of the dangers from over-exploitation, and the fact that there would be no loss in a short delay in re-opening the fishery, it is recommended that no fishing should be allowed until any favourable indications are confirmed by a second Eureka survey. It should be emphasized that the quantity of fish estimated to be present—some one and a half million tons—is, by most standards, very large, even though it is a possibly dangerously low level for the anchoveta. If these fish become concentrated in a few areas, the local density in these areas could be high. Too much significance should, therefore, not be given to local reports of high concentrations of anchovy, or good local catches, if small scale fishing is resumed, unless there is evidence that these are more than local phenomena. High catch rates may be particularly misleading because of the ability of any modern purse-seine fleet to concentrate on local patches of fish.

The more probable date for favourable signs of fish in the Eureka surveys is early in 1973, when the offspring from the winter 1972 spawning should recruit to the fishery. There is a reasonable chance that this year-class could be up to average strength. In this case it could support moderate fishing in the first half of 1973.

However the young fish are growing fast, and the growth of the individuals is greater than the losses due to natural mortality. As pointed out in previous analysis there would be a gain in weight for delaying the start of fishing on a year-class for some time. Certainly fishing on the new recruits should not be started until 1 March 1973, i.e. after the normal two-month peladilla closure; but the total weight caught would be increased by delaying fishing further, even until the second half of 1973. This would also have the benefit of ensuring the maximum possible spawning in the middle of 1973, and would

be the best policy in the long term interest of the industry. However there could be considerable social and economic difficulties in a closure from mid-1972 until September 1973, and if the Eureka surveys do show reasonably good recruitment in the beginning of 1973, some catches in the period May-June 1973 could be permitted.

On the other hand the Eureka surveys may confirm the weak strength of the 1971 year-class, and show that the 1972 year-class (the 1973 recruits) is also weak. In that case the only policy that would not imperil the future of the industry would be to maintain the closure at least until September 1973.

Although the above section discusses the action that might be taken if the Eureka surveys and other data show that the present estimates of the stock abundance are too pessimistic, it should be stressed that they could equally well be too optimistic, and that the stock is even less abundant than calculated. In that event it may require two generations of zero fishing (i.e. until 1974) to rebuild the stock to its normal level.

When considering the choice between different management policies, in the light of possible errors in current estimates of the situation of the anchoveta population, the lack of symmetry in the consequences of different kinds of wrong decisions must be borne in mind.

If the current estimates are too pessimistic, but are fully acted on, and no fishing at all is done in the 1972/73 season, the maximum loss would be the few million tons that might be taken in 1972/73 from the old fish already present. There would be no loss through not harvesting the fish recruiting in 1973 before the second half of the year, because they will grow. In fact, any possible loss from the old fish would be much less in practice since if the old fish are really up to average abundance they would show up in the Eureka surveys, and the fishery would be re-opened. The capacity of the present fleet is so high that any catches foregone in one month can easily be made up in the following month.

On the other hand, if the present estimates are correct, or even too optimistic, but are not acted on and more fishing in the 1972/73 season is permitted than the stock at its present level can withstand, then the penalty is severe, including the probable collapse and possible commercial extinction of the fishery. The only benefit would be catches in the 1972/73 season of some few million tons, but practically no catches will be made for at least some years thereafter.

12. GENERAL CONSIDERATIONS CONCERNING MANAGEMENT POLICY

The report of the 1971 session of the Economics Panel includes some general discussions on management policy in relation to the economic or other objectives being pursued. Subsequent events have emphasized the importance of some of the points raised, particularly in relation to the possible instability

of the fishery. The previous report drew attention, in sections 4.5 and 5.1 to the collapses that have occurred in pelagic fisheries in other parts of the world following periods of heavy fishing. These have disturbing similarities to the events in Peru in 1971 and 1972. Although the scientific evidence is not as complete and definite as desirable, it would seem to be unwise to follow the example of some of these other fisheries in which continued fishing was allowed on the grounds that the scientific evidence was not fully conclusive.

As noted in the previous report a reduction in the total fishing effort would be desirable to increase the stability of the population. Such a decrease from the average effort level of the past few seasons would also have very considerable economic benefits, as well as probably giving some increase in catch. Although the nominal effort, in GRT-trips was lower in 1971 than in previous years, the events in the fishery and the tagging results suggest that the true effective effort, and the fishing mortality, caused was probably at least as high, i.e. close to or even beyond the level giving the M.S.Y. This was mainly due to the high availability of fish due to environmental conditions, and probably to the ability of the fleet to concentrate on a small population, such as those occurring toward the end of the 1971/72 seasons. It is possible also that the true increase in the general efficiency of the fleet has been underestimated.

Another benefit of a reduction of the fishing effort would be to spread the yield from a given year-class over a longer period, and to reduce the reliance on the newly recruited year-class for maintaining the catches during the second half of the fishing season. This in turn would reduce the need to obtain early and accurate estimates of the strength of the newly recruiting year-class, and to act quickly to modify quota or other management measures accordingly. In the 1971/72 season the low abundance of new recruits meant that the catch approaching 10 million tons, which in normal circumstances would have included several million tons of recruits, and not have seriously affected the older fish, in fact appears to have removed nearly all these large fish. So long as fishing effort and mortality remain high, crises such as the present, can be avoided only by obtaining early estimates of recruitment and acting promptly on these estimates.

Although some economic benefits could arise from a reduction in the fishing effort, very much larger benefits could, as pointed out by the economics panel, arise from eliminating the great excess capacity in the fleet and in processing plants. Though the nominal effort has not increased appreciably since 1964, the total gross tonnage has increased by nearly 50% since then. One result is that the average length of the season has become much shorter, as shown in the table below.

Year	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
No of working days	294	269	297	265	190	170	167	162	180	89

It seems doubtful if any industry can operate efficiently and without serious social difficulties if it can work for only 89 days per year.

Another serious effect of the very high capacity is that under certain conditions the fleet can now harvest a very high proportion of the total stock in a very short time. These conditions appear to include periods when oceanographic factors concentrate fish along the coast, and also periods of low fish abundance, when the fleet can find and quickly fish out the few large schools that occur. Both these conditions seemed to occur in the beginning of 1972.

Not only is this high potential harvesting rate, if continued, much higher than the stock can withstand, but it can cause significant damage to the stock in a time shorter than that presently required to recognize the situation and to take appropriate management measures.

Another effect of the excess capacity is that the high overhead cost of the fleet and shore plants creates a strong pressure to continue fishing even when the scientific evidence shows this to be unwise. In this connection the Panel considers that it was very unfortunate that the sound advice of the Instituto del Mar in April of 1972 to stop fishing as soon as possible was not followed.

The Panel therefore strongly recommends that as part of a policy of restoring the long-term health of the anchoveta fishery, early action is taken to reduce the large over-capacity of both fishing vessels and factories. The large economic benefits that would also arise from this action have already been pointed out in the report of the Economic Panel, which also discussed methods by which this reduction might be achieved.

13. RESEARCH NEEDS

The present crisis has underlined the importance of scientific research to the long-term health of the Peruvian fishing industry. The Panel noted with pleasure the continuing improvement in the scientific competence of the Instituto del Mar, as endorsed by the material submitted to the Panel, as well as by the positive contributions by the staff of the Institute to the Panel's discussions. At the same time, as the earlier sections of the report show, much is still uncertain concerning the population dynamics of the anchoveta, and the reaction of the stock to differing management policies. In view of the importance of fishing to the Peruvian economy, the Panel urged that the support given to the Instituto del Mar should be increased.

The Panel also discussed ways by which the effectiveness of the present resources of the Institute could be increased. In general, it was believed that there could well be a closer integration between different units, and that at least to some extent, the work should be organized on the basis of problems, e.g. causes of variation in recruitment rather than subjects —e.g. population dynamic, hydrography, etc.

A number of specific proposals for future research were made, as listed

below. These are not in any special order of priority though items 1, 2, 4, 7 and 12 should receive particular attention. The list is not exhaustive and it is not believed that activities not listed here are necessarily of lower priority.

- 1) Improve measurement of effort by continuing research to develop correction factors for changes in gear efficiency and stock availability.
- 2) Run separate analyses of combined north-central stock and of south Peru-Chile stock.
- 3) Include effects of age composition on general productivity by applying Leslie-matrix version of sigmoid-curve production model to the appropriate age and catch data.

There appears to be little need to continue to try new and different methods of fitting the simple (without age-distribution) general productivity models. Item 3) above should be pursued but does not have top priority. Item 1) is a continuing task of obvious importance and item 2) should be incorporated in the routine analyses that are updated every year.

- 4) Obtain up-to-date estimates of growth, in terms of length at age and weight at age, i.e. revise Table 4 of the first Panel report.
- 5) Re-estimate total, fishing and natural mortality from all available sources including tagging data.
- 6) Re-estimate seasonal and age-specific coefficients of catchability. This should include the examination of the possibility that the seasonal pattern of availability is different for different ages.
- 7) Incorporate the revised estimates in a Ricker-type yield per recruit analysis to determine yield isopleths for different fishing strategies.

Items 4-6 are concerned with development of new and more precise estimates of the parameters needed to compute yield isopleths. Yield isopleth computations should be carried out to determine the effect on yields of different seasonal patterns of fishing.

- 8) Calculate age specific and season specific conversion factors for meal and oil yield, and hence calculate an isopleth diagram for the total value of the production.
- 9) Compare the values of the parameters from north-central and southern stocks, and calculate yield-per-recruit for each stock separately.
- 10) Re-examine the weight-fecundity relation of the anchoveta to be certain that there has been no change, and to provide the best possible data for spawner-recruitment analyses.

- 11) Investigate aging anchovetas by counting the number of daily growth rings on the otoliths and by other possible methods.
- 12) Investigate methods to improve the quantitative estimates of recruitment strength, and to obtain such estimates as early as possible.
- 13) The data should be examined for the purpose of defining spawning stocks and an attempt should be made to fit spawner-recruit relations to "different" stock components. These spawner-recruit fits should take into account where possible the effect of environmental factors using the techniques outlined in Appendix 4. Also egg production as measured by sampling with plankton nets should be examined to determine if it is controlled by either the size of the spawning stock or by oceanographic conditions.
- 14) Resubscribe to at least one general scientific magazine (e.g. Science).

14. FOOD FISHES

The Panel did not have time to consider the work done on food fishes, but it was asked to review the report submitted by Vladimir Korol of the Soviet exploration ship "Chatyr Dag" (1), and the details of its work as reported in an Informe of 10 January, 1972 of the Director de Investigaciones Pesqueras en el Mar to the Director General Técnico (2). We believe that the Soviet vessel has made an important contribution to knowledge of the distribution of fish stocks off Peru, but that their estimates of the sustainable yield of hake is greatly exaggerated. By fishing mainly in the best places, using only the better catches as a basis for estimation, and using an optimistic fishing coefficient for their trawls, they project a hake stock of 3'840,000 tons over an area of 3,000 square nautical miles, which amounts to 1,300 tons per square mile or 3,700 kilograms per hectare. This density of hake is much greater than has been found anywhere in the world over a comparable area. They also consider that the sustainable yield is 50% of the unexploited stock, whereas experience shows that 25% is a more likely figure for this type of fish. Also they assume that one ton of raw fish produces half a ton of fillets, whereas a quarter ton is more reasonable.

Because of these factors the true value of the potential yield of hake is probably only 10% or less of the figure of 2 million tons. The Panel reaffirms the recommendation made at its second session, that, until further information is available, the expansion of the food fish industry should proceed cautiously, with an initial target of about 300,000 tons of fish of all types (excluding squid).

15. OTHER MATTERS

The Panel noted that Dr. J. P. A. Lochner had described a theoretical

model that could be applied to the Peruvian anchoveta. The Panel did not find anything in his theory, as it was described to them, that could contribute to the understanding of the anchoveta stock and its fishery.

16. SUMMARY

The stock of Peruvian anchovy is at present at a very low level. Large fish are very scarce and the year-class recruiting during the first half of 1972 appears to be by far the weakest ever observed, possibly one-seventh of average.

Unusual environmental factors, including "El Niño", have undoubtedly contributed to this situation. Because of the unexpected failure of recruitment, almost the entire catch in 1972 was taken from the older stock. Thus the population of all ages is now very low. The fishery cannot be expected to return to normal after the end of "El Niño" unless special measures are taken to allow the stock to rebuild.

Regulations for the fishery in 1972 and 1973 must give priority to ensuring the long-term prosperity of the anchoveta fishery. The precise date for re-opening the fishery will have to be determined on the basis of continued surveys of the anchoveta population.

If the surveys confirm that the present estimates of current stock size and of the likely recruitment in 1973 are correct, then it will be September 1973 before fishing can be started without endangering the future of the fishery.

If the surveys show that the abundance of large fish has been underestimated, a limited fishery could be started in the last months of 1972. However, in view of the desirability of allowing all available fish to take part fully in the winter/spring spawning, it should not start before October in the whole coastal area.

The closed season in January and February should be maintained.

If the surveys show that the recruitment at the beginning of 1973 is good, limited fishing on this year-class could start in March 1973.

The Panel strongly advises against opening the fishery before such scientific findings are available, and it is prepared to take part in evaluation of the pertinent data in late September of 1972. At that time the size of any permissible spring catch can be determined, but in the best event it will be a small one.

The Panel stress the dangers of taking too great catches from the present small stock. If the fishery is prematurely opened irreparable harm may be done. On the other hand, a delay of some weeks in opening the fishery would not cause any reduction in the total catch that can be taken during a season.

For the longer term, the Panel reaffirms the desirability of reducing the size of the fleet and the reduction capacity of the anchoveta fishery to accord with the productivity of the stock. This would improve economic performance and would facilitate proper management of the stock, thus decreasing the damage done by any future failure of recruitment.

The Panel noted with pleasure the continued improvement in the scientific competence of the Instituto del Mar. The present crisis has emphasized the importance of the work of the Instituto to the Peruvian fishing industry, but has also shown the difficulties that the Instituto experiences in fulfilling all the demands made upon it. The Panel therefore recommends that the Instituto should be given increased support for developing and extending research programmes. High priority should be given to developing a programme for early recognition of the abundance of recruits each year.

The views of Dr. J. P. A. Lochner regarding estimation of stocks and production in pelagic fisheries were heard. The Panel did not find anything in his theory that could contribute to our understanding of the anchoveta stock and fishery.

It should be mentioned that the Panel also reviewed the report of the fishery explorations by the Soviet vessel "Chatyr Dag". While recognizing its contribution to the knowledge of fish stocks off northern Peru, it appears that the method of computation used overestimates the sustainable yield of hake at least ten-fold.

ANNEX

SOME NOTE ON MATHEMATICAL MODELS OF THE ANCHOVETA STOCK**I General**

Mathematical models should be designed to achieve certain well-defined objectives. The degree to which the desired objectives can be achieved is always severely limited by the dual constraints placed on mathematical modelling by:

- (1) our scientific understanding of how a particular natural system actually works, and
- (2) the amount of data available concerning the particular natural system we are attempting to model

The ultimate objective of mathematical modelling of the Peruvian anchoveta fishery is to forecast and examine the results that might be expected from alternative management policies without having to run the risk of endangering the stock and the fishery. Other objectives are to increase our understanding of the structure and function of the natural system and to estimate the values of the parameters used in the forecasting models. The terms "mathematical analyses" and "statistical analyses" are sometimes applied to the types of mathematical manipulations used to achieve these latter objectives. Types of models that have been used and that are available for forecasting anchoveta catches that could be achieved under different fishing strategies are reviewed critically below:

II Total productivity models

The first data collected from the anchoveta fishery consisted primarily of statistics of catches and corresponding fishing effort. Much of the work of the Institute during its first years of existence was directed at upgrading the quality of these data by improving the sampling systems and also the statistical treatment of the data. Particular emphasis was placed on adjusting the effort statistics to take into account a variety of improvements in fishing gear and techniques. Guano bird consumption was also computed to adjust removal statistics for variations in the abundance of the bird populations.

Several techniques were used to estimate maximum sustainable yield (MSY) from these catch-effort statistics. Since all these methods regardless of the particular model used—logistic, exponential, gen prod, or hyperbolic—are only slightly different ways of extrapolating from the same set of observations, they provide similar estimates of MSY and, (with the exception of the hyperbolic), of the effort that will produce the MSY. The estimated MSY

values range from about 9 to 11 million tons. Analyses of this type indicate that although levels of effort in 1969/1970 were substantially greater than that needed to harvest the MSY, in the last two seasons the nominal level has been reduced to near the MSY-effort by severe restrictions on the number of days fishing allowed. Our estimates of the magnitude of excess capacity depend upon the efficiency correction factors used.

IIa Deficiencies of the total productivity models

The total productivity approach provides only general guidance as to a gross optimum management strategy under average conditions. It has severe limitations when changes occur in either the qualitative characteristics of the population or in the environmental conditions. Changes in availability of the stock or in the grounds fished during the expansion phase of a fishery can seriously bias the estimates of MSY produced from total productivity analyses. Non-uniform and variable distribution of effort on genetically distinct components of a stock can also cause bias in the estimates.

The biological interpretation of the total productivity approach is over simplified and does not increase our understanding of the natural mechanisms that govern the stocks' productivity. The hyperbolic analysis is a partial exception in that the chemostat analogy provides some insight into population processes. Productivity analysis provides no guidances as to the types of additional information that should be collected as a fishery research programme matures. Such important factors as the distribution in time during a fishing year of a specific number of GRT trips can not be incorporated in the total productivity analyses.

III Yield per unit of recruitment models

Information on length, weight and age was collected and the catch-per-unit-effort statistics were refined during the next phase of development of the Institute's programme. From this type of data it is possible to estimate rates of growth and natural mortality as well as fishing mortality. For steady-state conditions the yield from a single group of entering recruits during its entire life in the fishery, is equivalent to the yield during a single year of all year-classes in the population.

There are two versions of this type of model one, due to Beverton and Holt, assumes that growth follows a von Bertalanffy growth curve and that natural mortality and fishing mortality are constant for the fishable life of the stock; the other, due to Ricker, can incorporate empirical observed growth curves, age-variable natural mortality rates and seasonal variations in fishing effort. Both versions produce estimates of steady state yield per unit of recruitment as a function of age at recruitment and the level of fishing. Obviously the Ricker version is most appropriate for the Peru anchoveta fishery; it was employed by Dr. M. B. Schaefer to estimate the effect of

different yearly patterns of fishing (the timing and length of the closures) on the yield. These analyses were one of the main scientific findings used to establish the existing peladilla closures and winter closures. This type of analysis has not been updated recently. In view of marked changes in the most recent estimates of the input parameters used in the model we strongly recommend that these analyses be repeated.

IIIa Deficiencies of the yield per unit of recruitment models

The primary deficiency of the yield-per-recruitment approach is that in its simplest form it assumes constant recruitment regardless of the size and composition of the stock. It is also subject to the same types of limitations as total productivity analysis in that it can not take into account normal variations in environmental conditions or in the stock itself and requires knowledge of the subcomponents of the stock if their vital rates differ. Its major advantage vis-a-vis total productivity analysis is the ability to examine the effects of variations in growth, natural mortality and seasonal fishing patterns as well as overall level of fishing on yield.

IV Spawner-recruit analysis and models

As spawning and recruitment of the anchoveta stocks are now better understood it has become possible to estimate indices of the magnitude of spawning stock and of subsequent recruitment. The general objective of spawner-recruit analysis is to determine the relationship between spawning stock size and recruitment for the purpose of regulating the fishery to maintain a spawning stock of desired size. The results from a first analysis of the spawner-recruit index data are reported above. The simple version of the spawner-recruit curve is of the form

$$R = \lambda E (e^{-BS}) \quad \text{where}$$

R = number of recruits (or an index of recruit abundance)

E = number of eggs produced

S = spawning stock biomass density, λ and B are constants

Since E, the number of eggs, is usually unknown, a surrogate such as spawning stock biomass is usually employed in the working version of the equation. This model can be easily linearized to the form

$$\ln \left(\frac{R}{S} \right) = \ln \alpha - BS, \quad \text{where } \alpha S = \lambda E$$

Other factors can be incorporated in this model by simply adding terms and using multiple regression calculations to determine their significance.

For example, temperature might be added to this model as a measure of environmental influence on egg and larvae survival; e.g. if the survival is proportional to some power γ of the temperature, we could re-write the equation as

$$\ln \left(\frac{R}{S} \right) = \ln \alpha - BS + \gamma \ln t$$

where t is the average temperature to which the eggs and larvae were exposed during incubation and early rearing. In the usual regression notation this model is expressed as

$$y_i = a + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i}$$

where

$$y_i = \ln \left(\frac{R}{S} \right), \quad X_{1i} = S, \quad X_{2i} = \ln t$$

and

$$a = \ln \alpha, \quad b_1 = B \quad \text{and} \quad b_2 = \gamma$$

A more realistic assumption might be that survival decreases on either side of an optimum temperature t_0 . This might be represented as

$$\ln R/S = \ln \alpha - BS - \gamma (t - t_0)^2$$

The mean age of the spawning population could be included as a third independent variable and so on.

The Peruvian anchoveta spawns continuously with a major and a minor spawning peak —the former in the winter-spring and the latter in the summer-autumn. It has been hypothesized that there is a negative feed back between these two recruitments. This hypothesis can be tested by computing the correlation between the two or by incorporating both in the spawner-recruit equation; e.g.,

$$R^2 = \lambda E e^{-B_1 S} - B_2 R_1 \quad \text{where}$$

R_2 is the second (minor) recruitment and R_1 is the first (major) recruitment in each calendar year. Of course the measures of E and S refer to the second spawning; the linearization is exactly as shown above.

There are a number of interesting combinations of these models that can be employed as cross-checks on various estimation procedures. For example if the yield estimate from the total productivity analysis is divided by the

estimate of yield-per-unit of recruitment for the proper set of input parameters the result will be an estimate of total steady-state recruitment at given population level or at a given fishing intensity. A simple dynamic model of the anchoveta resource could be developed by using the estimated stock-recruitment relation to generate the numbers of recruits that could be employed as a parameter to feed into the yield-per-unit recruitment models.

IV, Deficiencies of the spawner-recruit analysis

Standard spawner-recruit analysis does not provide estimates of the optimum harvesting strategies for species such as the anchoveta which are harvested over their entire post-recruitment life span. In order to study the effects of fishing regulations on catch, spawner-recruit models must be coupled with yield-per-unit-recruitment models. Computer modeling techniques are generally required to accomplish this coupling and measures of the absolute size of the recruitment produced by a given spawning population are needed. Spawner-recruit analysis using only indices generally is difficult to apply as a management tool. Spawner-recruit analysis done with indices also ignores the qualitative composition of the population and environmental conditions; some simple methods of taking such factors into account are developed above. When spawning is continuous, it is difficult to measure the magnitude of the recruitment produced by a given number of spawners.