

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
BOLETIN

VOLUMEN I

NUMERO 6

**INFORME SOBRE LA DINAMICA DE LA
POBLACION DE ANCHOVETA PERUANA**

por

J. A. GULLAND



CHUCUITO, CALLAO, PERU

1968

INFORME SOBRE LA DINAMICA DE LA POBLACION DE ANCHOVETA PERUANA

por

J. A. GULLAND

(Figuras 1-10 y Tablas 1-3)

CONTENIDO

Introducción..	308
1. Consideraciones generales..	309
1.1 Medición del esfuerzo de pesca..	309
1.2 Modelos de dinámica de población..	311
2. La dinámica de la población de anchoveta..	314
2.1 El rendimiento por recluta..	315
2.2 Tasas de mortalidad..	318
2.3 Stock y reclutamiento..	324
2.4 La relación entre la captura total y el esfuerzo..	326
2.5 Aves..	328
3. Reglamentación y administración..	329
3.1 General..	329
3.2 Control de esfuerzo..	330
3.3 La necesidad de reglamentar la pesquería de la anchoveta peruana..	334
3.4 Vedas..	336
3.5 Cuotas de captura..	340
3.6 Reglamentación para la estación 1967/1968..	342
3.7 Reglamentación para la estación 1968/1969 y sucesivas..	343
4. Resumen — Abstract..	343
5. Referencias..	344

INTRODUCCION

El presente informe se preparó después de una visita del señor John A. Gulland, Jefe de la Sección de Evaluación de Stock de Peces, FAO, Roma, al Perú en Noviembre/Diciembre 1967. Visita que fue parte del proyecto de pesquería FAO/UNDP (SF) en el Instituto del Mar en el Callao, Perú, y cuyo objetivo inmediato fue asistir al personal local del proyecto en sus recomendaciones al Gobierno y a la industria pesquera acerca de las reglamentaciones que podrían ser aplicadas durante la estación de pesca de la anchoveta 1967/68. También tuvo por objetivo asistir al personal en su trabajo continuado de estudiar la dinámica de la población de anchoveta.

El informe consta de tres partes, algunas consideraciones generales sobre los problemas de dinámica de poblaciones que conciernen directamente a los estudios de la anchoveta peruana; acerca de la evaluación del estado presente de los stocks de anchoveta; y, consideraciones, sobre la necesidad de reglamentación y administración de la pesquería de anchoveta.

Estos estudios, y en particular, la evaluación de los stocks, se basan en los datos reunidos por el personal del Instituto del Mar. La gran ayuda ofrecida por el personal del Instituto, especialmente por R. Jordán, I. Tsukayama y J. Valdivia, es objeto de agradecido reconocimiento, así como lo es la ayuda del Director del Proyecto, H. Watzinger.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Medición del esfuerzo de pesca

Los análisis anteriores de la pesquería de la anchoveta peruana (Boerema et al. 1965, Schaefer 1967, etc.) incluyeron extensas discusiones acerca del esfuerzo de pesca y de los mejores métodos para medirlo. Aunque la medición correcta del esfuerzo de pesca es básica para cualquier análisis detallado de la dinámica de población de cualquier stock y aunque los informes mencionados no ofrecen respuesta a algunas de las cuestiones que se relacionan con este problema, no hubo tiempo durante la visita para hacer ningún análisis adicional en detalle. Sin embargo, los siguientes puntos parecen ser relevantes al problema:

- (a) el número de embarcaciones: cuales deben incluirse para calcular el esfuerzo de pesca,
- (b) el tamaño de las embarcaciones: es el tonelaje bruto una buena medida de la fuerza de pesca,
- (c) equipo: cual es el efecto cuantitativo del equipo moderno — “macacos”, sondas acústicas, etc.,
- (d) la habilidad de los pescadores; en cualquier pesquería este es el factor singular más importante que determina la captura de la embarcación individual,
- (e) saturación; si la abundancia del stock tiene algún efecto en la eficiencia de las embarcaciones,
- (f) áreas de pesca; si el área sobre la que operan las embarcaciones ha aumentado de tal modo como para alterar la relación entre la captura promedio por unidad de esfuerzo y la abundancia del stock.

Algunas de estas cuestiones, en particular las que se refieren a la selección de embarcaciones que deben ser incluidas y al efecto del tamaño de las mismas han sido examinadas anteriormente en detalle y es dudoso que análisis ulteriores resulten en una revisión substancial de los estimados de esfuerzo o de captura por unidad de esfuerzo. Algunas de las otras cuestiones han sido discutidas sólo muy ligeramente.

La unidad que se usa para medir el esfuerzo de pesca no es importante; lo importante es que la razón del esfuerzo de pesca al coeficiente de mortalidad por pesca (o la razón de captura por unidad de esfuerzo a la abundancia del stock) debe permanecer constante.

Fluctuaciones de esta razón debidas al azar son menos importantes que los cambios sistemáticos con el tiempo o que los que se relacionen con la abundancia del stock, o con el tamaño de la flota. A base de este criterio

el problema de la saturación, en su sentido amplio, es probablemente el más importante. Saetersdal *et al.* (1965) consideraron un aspecto de este problema, asumieron que una embarcación no pescaba a menudo después de haberse llenado hasta el 75% de su capacidad, e hicieron una corrección a la captura por unidad de esfuerzo observada para capturas por viaje que estaban por encima de más o menos 0.5 tonelada por GRT, a fin de compensar por la relación curvilínea entre el porcentaje de saturación y la captura por viaje. Schaefer (1967) rechazó el uso de esta corrección aparentemente porque el porcentaje de saturación no fue muy alto para embarcaciones sobre 100 GRT, tamaño al que ahora pertenece la mayor parte de la flota. Sin embargo, esto no invalida la conclusión de Saetersdal y otros de que la saturación, dentro de sus términos, ocurrió en los años que ellos estudiaron (1959-62) y la omisión de una corrección conduciría a una subestimación tanto de la captura por unidad de esfuerzo en esos años como de la caída relativa en la captura por unidad de esfuerzo en años posteriores. De hecho, el análisis que ellos hicieron pudiera muy bien subestimar el efecto de la saturación en tiempos de gran abundancia. Aún en una pesquería de arrastre donde la capacidad de la embarcación no es un factor limitante, se ha mostrado que la saturación es importante hasta un punto tal, que la captura por día da un índice de abundancia con sesgo (Gulland 1956).

Un viaje de una bolichera puede dividirse de acuerdo al tiempo gastado en (i) llegar al lugar de pesca, (ii) buscar el pescado una vez en el lugar de pesca (por medios visuales o acústicos) (iii) calar y cerrar la red, y (iv) recoger el pescado a bordo y preparar la red para el siguiente lance. Claramente (i) y (iv) representan pérdida de tiempo en lo que respecta a coger pescado. Probablemente el mejor índice de abundancia es la cantidad de pescado detectado por unidad de tiempo de búsqueda; si una proporción constante del pescado detectado es cogido, entonces la captura por unidad de tiempo de búsqueda también será un índice válido. La captura por viaje será sin embargo un índice de abundancia sin sesgo solamente si el tiempo de búsqueda por viaje es constante. De hecho, conforme el stock disminuye, una proporción cada vez menor del viaje se usará en los manipuleos para la captura y una mayor en la búsqueda. El efecto sobre la eficiencia de las operaciones puede ser difícil de medir, pero un análisis de bitácoras detalladas de las operaciones de una muestra de la flota podría dar luces sobre el mismo. La dirección del efecto, en tiempos de gran abundancia del stock, puede predecirse sin ningún análisis: el esfuerzo se sobre-estima y la abundancia del stock se sub-estima.

La influencia del patrón o capitán sobre las capturas es un factor principal en cualquier pesquería. Generalmente, cuando se evalúa un stock se asume que la habilidad promedio de los patrones ha permanecido constante durante el período de análisis. La verdad de esto es dudosa en el caso de la pesquería de anchoveta peruana. Hasta 1963 el tamaño de la flota estuvo creciendo entre 50% y 100% cada año. Esto es que, en cada año entre un tercio y una mitad de los patrones estuvieron actuando como tales por primera vez en la pesca de anchoveta. Es muy dudoso que estos nuevos patrones sean

completamente eficientes desde un comienzo. En 1966/67 la situación fue diferente en que la mayor parte de los patrones tuvieron de tres a cinco años de experiencia. También es sólo recientemente que existe un considerable cuerpo de experiencia general de la pesquería y del esquema de distribución estacional y geográfica de la anchoveta. En las pesquerías más antiguas del hemisferio Norte, esta información está a disposición, aún de los nuevos patrones. Aunque este efecto de la habilidad y experiencia no es fácilmente medido tenderá a hacer los recientes estimados de esfuerzo muy bajos y los de captura por unidad de esfuerzo muy altos. Un problema más en la medición del esfuerzo de pesca concierne al área donde se efectúa la pesca.

Ninguna de las medidas de esfuerzo usadas hasta el presente toma en consideración la distancia del lugar de captura al puerto. Si la pesca puede hacerse cerca al puerto, la cantidad de pesca efectiva que pueda hacerse será mayor que cuando gran parte del tiempo fuera de puerto tiene que emplearse en viajar a/y de los lugares de pesca. Esto es, para la misma densidad de pescado en los lugares de pesca la captura por día o la captura por embarcación-tonelada-mes será mayor cuando la pesca puede hacerse más cerca al puerto. La información sobre las posiciones de pesca no ha sido examinada en detalle, pero parece que comparada por lo menos con el período del comienzo de la pesquería, la distancia promedio recorrida desde el puerto ha aumentado. Es por consiguiente posible que la disminución observada en la captura por unidad de esfuerzo sea, por lo menos en parte, una medida de la disminución local en las áreas originalmente pescadas cercanas al puerto, y del aumento del tiempo dedicado a viajar a los lugares de pesca, y que sobre estime la verdadera disminución de la abundancia del stock como un todo.

Algunos de estos efectos son difíciles de medir cuantitativamente y aunque investigaciones adicionales acerca de la mejor medida de esfuerzo a usarse son claramente deseables, probablemente lo mejor por el momento es adoptar alguna medida adecuada para el análisis de la dinámica de la población siempre que, en cada etapa a lo largo del análisis, se considere los efectos que en las conclusiones puedan tener los posibles errores en la medida de esfuerzo usada.

1.2 Modelos de Dinámica de Poblaciones

La teoría general de la dinámica de las poblaciones de peces ha sido descrita por varios autores (por ejemplo, Ricker 1958, Beverton y Holt 1957, Gulland 1964). La abundancia de cualquier stock, y la captura a que da lugar, depende de un pequeño número de factores importantes: el número de reclutas (los peces que alcanzan el tamaño en que pueden ser capturados), el crecimiento individual del pescado, la tasa a la cual el pescado muere por causas naturales, no por pesca, por ejemplo, por predación (la mortalidad natural), y la tasa a la cual el pescado es cogido (la mortalidad por pesca). Una vez que estos factores son conocidos, la abundancia del stock y la captura pueden ser calculados. El crecimiento, el número de reclutas y la

mortalidad natural no son directamente afectados por la pesca, y pueden por consiguiente ser a menudo considerados como constantes para cambios moderados en la pesca, de tal modo que los efectos de tales cambios sobre la captura pueden ser calculados. De hecho cualquier cambio en la cantidad de pesca cambiará la abundancia del stock, y un cambio en el stock cambiará los otros factores. Casi con certeza un aumento en la abundancia aumentará la mortalidad natural y disminuirá la tasa de crecimiento, pero el efecto en el número de reclutas es menos fácil de predecir a base de conocimientos generales.

Al igual que la mayoría de otros peces marinos la anchoveta desova un gran número de huevos. En condiciones de equilibrio un promedio de dos de los muchos miles de huevos producidos por cada hembra adulta supervivirá hasta alcanzar la madurez. La mortalidad entre el estado de huevo y el tamaño de reclutamiento es por consiguiente muy alta y se requiere sólo un pequeño cambio en esta mortalidad para producir un gran cambio en el número de reclutas. Esta cuestión ha sido examinada en detalle para pocos stocks de peces, pero para algunos es bien claro que la mortalidad entre huevos y reclutamiento aumenta con la abundancia del stock adulto. Algunas veces este aumento en la mortalidad balancea exactamente el aumento en el número de huevos de manera que el resultado es un reclutamiento efectivamente constante (Beverton 1962); para otros stocks parece que el reclutamiento mayor ocurre a un nivel de stock intermedio (por ejemplo, el anón-haddock —de George's Bank, Herrington 1948, el bacalao ártico— arctic cod, Garrod 1966). Hay también alguna evidencia, de que cuando varias especies de peces están presentes en un área y tienen requerimientos ecológicos similares especialmente con respecto al alimento de los juveniles, el factor importante que afecta la mortalidad de cualquiera de las especies, es la producción total de huevos de todas las especies que consumen el mismo alimento y no solamente de la abundancia de una especie. Por ejemplo, la mortalidad juvenil de la sardina de California parece que está relacionada con la abundancia total de sardinas y anchovetas (Murphy 1966).

En la mayor parte de las pesquerías los datos disponibles no son suficientes para estimar con gran precisión los factores arriba mencionados (crecimiento, mortalidad, reclutamiento) y especialmente su posible variación con la abundancia del stock, y en tal caso solamente puede hacerse análisis imperfectos para estimar el estado de los stocks y del probable efecto sobre ellos de cambios en la cantidad de pesca.

Cuando no hay datos disponibles sobre la composición del stock (los tamaños del pescado, etc.) es generalmente posible relacionar la abundancia del stock (medido por medio de la captura por unidad de esfuerzo) a la magnitud de la actividad de pesca. Una vez que esta relación es claramente determinada, la relación entre la captura y la cantidad de pesca puede ser calculada de inmediato. En el modelo usado por Schaefer (1954, 1957), originalmente para el atún de aleta amarilla del Pacífico oriental, la relación entre la abundancia (captura por unidad de esfuerzo) y el esfuerzo es una

línea recta; esto da una curva parabólica de captura contra esfuerzo con un máximo muy pronunciado.

El uso de la relación lineal entre la abundancia y el esfuerzo se deriva de consideraciones teóricas y de estudios de la dinámica de población de algunos organismos simples como la ameba. También se justifica en muchas situaciones apoyándose en el correcto principio científico de usar la hipótesis más simple hasta que exista una buena razón para rechazarla. Sin embargo, hay buenas razones para creer que una relación lineal es improbable de ser aplicada a varios stocks marinos a lo largo de toda la amplitud de esfuerzos de pesca que pueda aplicarse. Cuando en la práctica se ha observado una gran amplitud suficiente para rebajar la abundancia a un tercio o menos de la abundancia en la ausencia de pesca, la relación observada ha sido casi siempre no-lineal, sino una curva cóncava hacia arriba (por ejemplo, Gulland 1961). Esta es también la forma de la curva de captura contra esfuerzo obtenido por cálculo cuando se asume que los factores independientes de la pesca (crecimiento, mortalidad natural y reclutamiento) son constantes. Si bien estos factores cambiarán claramente a consecuencia de cambios en la abundancia inducidos por la pesquería, es improbable que lo hagan de tal forma que produzcan precisamente una relación lineal a lo largo de toda la amplitud posible de esfuerzo. En particular, la extrapolación de la línea a niveles de esfuerzo apreciablemente más altos que los observados, conducirá posiblemente a resultados equivocados. Por ejemplo, parece de lo más improbable que al doblar el presente esfuerzo sobre la anchoveta se produciría, como lo sugiere el modelo simple de la línea recta, la completa extinción del stock. Ciertamente que esto no ocurriría dentro de una o dos estaciones; lo que pasaría es que la pesca intensa reduciría grandemente el stock desovante; esto muy bien podría conducir a un número menor de reclutas, y por ende a un desove aún menor en la siguiente estación. Esta declinación podría continuar por varias generaciones, llegando finalmente a un punto donde, con una competencia reducida entre los juveniles, o entre los juveniles y los viejos, la mejor supervivencia de huevos a reclutas balancearía la mayor mortalidad debida a la pesca entre el reclutamiento y el desove.

Este ejemplo ilustra otra dificultad encontrada al relacionar simplemente los pares de valores de captura por unidad de esfuerzo y esfuerzo observados para un número de años. Esta dificultad consiste en que para cualquier año, el par de valores se refiere generalmente a una situación cambiante mientras que la principal relación de interés es la que existe entre el esfuerzo de pesca y el promedio anual de captura que se obtendría si dicho esfuerzo se mantuviera a lo largo de un período de años. La captura por unidad de esfuerzo observada en un año cualquiera dependerá de la abundancia inicial de las clases anuales presentes en la pesquería al tiempo del reclutamiento, del esfuerzo de pesca en estos peces durante su vida en la pesquería, y también de su crecimiento y mortalidad natural. Aún para un pez de corta vida tal como la anchoveta, existen individuos que pueden sobrevivir en la pesquería hasta más de 18 meses. Así, los peces más viejos presentes, digamos en Mayo de 1967, han sido expuestos a la pesca desde

Diciembre de 1965, de modo que su abundancia está directamente relacionada con el esfuerzo de pesca a lo largo de todo este período. También presentes en Mayo de 1967 hay peces que fueron reclutados sólo en Abril de 1967, y cuya supervivencia está relacionada sólo a la pesca durante dos meses. En promedio, por consiguiente, la supervivencia desde el reclutamiento de los peces presentes en la pesquería está relacionada al esfuerzo de pesca a lo largo de su permanencia promedio en la pesquería, es decir, de alrededor de 6-9 meses en el caso de la anchoveta. Cuando se considera la captura promedio por unidad de esfuerzo a lo largo de un período tal como un año la situación es más compleja. Así la abundancia de peces en, digamos, Setiembre de 1966 puede estar relacionada al esfuerzo durante el período contando a partir de hasta 18 meses antes, i.e. Abril de 1965 hasta Agosto de 1966, mientras que la abundancia en Agosto de 1967 está relacionada a la pesca desde Mayo de 1966 hasta Julio 1967. Esto es, la abundancia durante el año de Setiembre 1966 a Agosto 1967 está tan íntimamente relacionada con la pesca en el año anterior (1965-66) como con la pesca en el año 1966-67. Así, es preferible plotear la captura por unidad de esfuerzo para 1966-67 contra el esfuerzo promedio de los dos años, las "líneas de equilibrio estimado" de Schaefer.

Este procedimiento que relaciona la captura por unidad de esfuerzo con el esfuerzo a lo largo de un período igual al promedio de vida en la pesquería, no toma en cuenta directamente los cambios en el reclutamiento, y por consiguiente es en cierto modo comparable con los modelos simples de rendimiento por recluta de Beverton y Holt. Por ejemplo, los peces presentes, digamos en Noviembre 1967; los cuales fueron reclutados a la pesquería digamos en Abril 1967 y provenientes del desove de Agosto de 1966. La abundancia de estos desovantes de 1966 fue afectada por el esfuerzo de pesca durante los previos 18 meses, es decir, desde Febrero de 1965, de modo que aún considerando los efectos del stock adulto en el reclutamiento a través de una generación significa que la captura por unidad de esfuerzo en la temporada 1967/68 es directamente afectada por la pesca en la temporada 1964/65.

2. LA DINAMICA DE POBLACION DE LA ANCHOVETA

La dinámica de población de la anchoveta ha sido examinada por varios autores, especialmente, Boerema *et al.* (1965) y Schaefer (1967). Estos autores han examinado los datos disponibles muy cuidadosamente y estudios detallados se continúan en el Instituto del Mar. En el tiempo disponible para preparar el presente informe no se consideró que valiese la pena tratar de hacer una re-evaluación básica de los datos, pero en cambio sí tratar de resolver algunas de las diferencias de método y usar algunos de los datos de la estación de pesca más reciente (1966-67).

Como se indica en la sección precedente, el modelo lineal de Schaefer captura/esfuerzo puede ser considerado como un caso especial del modelo general analítico (por ejemplo, el de Beverton y Holt), en el cual se asume una relación especial entre el stock y el reclutamiento. El método en este

informe ha sido por consiguiente primero estimar las relaciones entre el rendimiento por recluta y el esfuerzo de pesca, y luego examinar la evidencia respecto a la relación entre el stock y el reclutamiento, y por ende determinar las probables formas de la relación entre el rendimiento total (en toneladas) y el esfuerzo de pesca.

2.1 El rendimiento por recluta

El cálculo del rendimiento por recluta usando los estimados de los parámetros del crecimiento, mortalidad por pesca y natural, y la magnitud del reclutamiento, es bien conocido (por ejemplo, Guland 1954). El modelo más simple, con una edad de reclutamiento simple y claramente delimitada, por debajo de la cual la pesca es cero, y por encima de la cual la mortalidad por pesca es constante para todas las edades, probablemente no es suficientemente preciso para la anchoveta debido a la naturaleza del patrón de reclutamiento. Como ya ha sido descrito (por ejemplo Boerema *et al.* 1965), el reclutamiento ocurre efectivamente en dos etapas —hay un reclutamiento parcial, a un tamaño bien pequeño— 8-10 cm. al comienzo del año, pero el reclutamiento completo, así como las capturas mayores provenientes de una clase anual, ocurre hacia el fin del año, alrededor de Octubre. Estos sucesos se ilustran en las figuras 1 y 2. La Figura 1 da la cantidad media, en números, cogida por unidad de esfuerzo de 5 grupos de tamaño (peces de 8.5 cm. o menos; 9-10 cm.; 11-12 cm.; 13-14 cm. y 15 cm. o más) para cada mes desde Marzo de 1961 hasta Junio de 1967 (con exclusión de algunos meses en los cuales no hubo pesca y por consiguiente no hubieron muestras). La figura muestra una clara progresión de tamaños —que comienza con los peces pequeños que aparecen primero en Diciembre y que aumentan en abundancia hasta alcanzar su máximo en Febrero. El tamaño al cual este máximo ocurre aumenta entonces constantemente durante el año para alcanzar su máximo en Octubre-Diciembre, cuando la siguiente clase anual comienza a ser reclutada.

La abundancia aparente, tal como es medida por la captura por unidad de esfuerzo, no encaja muy bien con este patrón. En la época en que se esperaría los mayores números —Junio-Setiembre— con una clase anual completamente reclutada y la clase anual vieja todavía presente en número considerable, la abundancia aparente es de hecho la más baja. Esto se muestra más claramente en la Figura 2 que da para cada grupo de longitud la captura promedio por unidad de esfuerzo en cada mes. Los dos tamaños más pequeños tienen una cúspide en la época principal de reclutamiento —Enero a Marzo— y son raros o están ausentes durante el resto del año. El tamaño siguiente (11-12 cm.) tiene una cúspide tres meses después, pero mientras uno esperaría que las capturas del tamaño siguiente (13-14 cm.) aumenten de Mayo en adelante, conforme las capturas de los peces más pequeños disminuyen, en realidad la cúspide de las capturas no ocurre hasta Noviembre. Esto indudablemente se debe, como ha sido sugerido por anteriores autores, a la conducta de los peces durante el invierno (Junio a Setiembre), el cual incluye la principal estación de desove, comportamiento

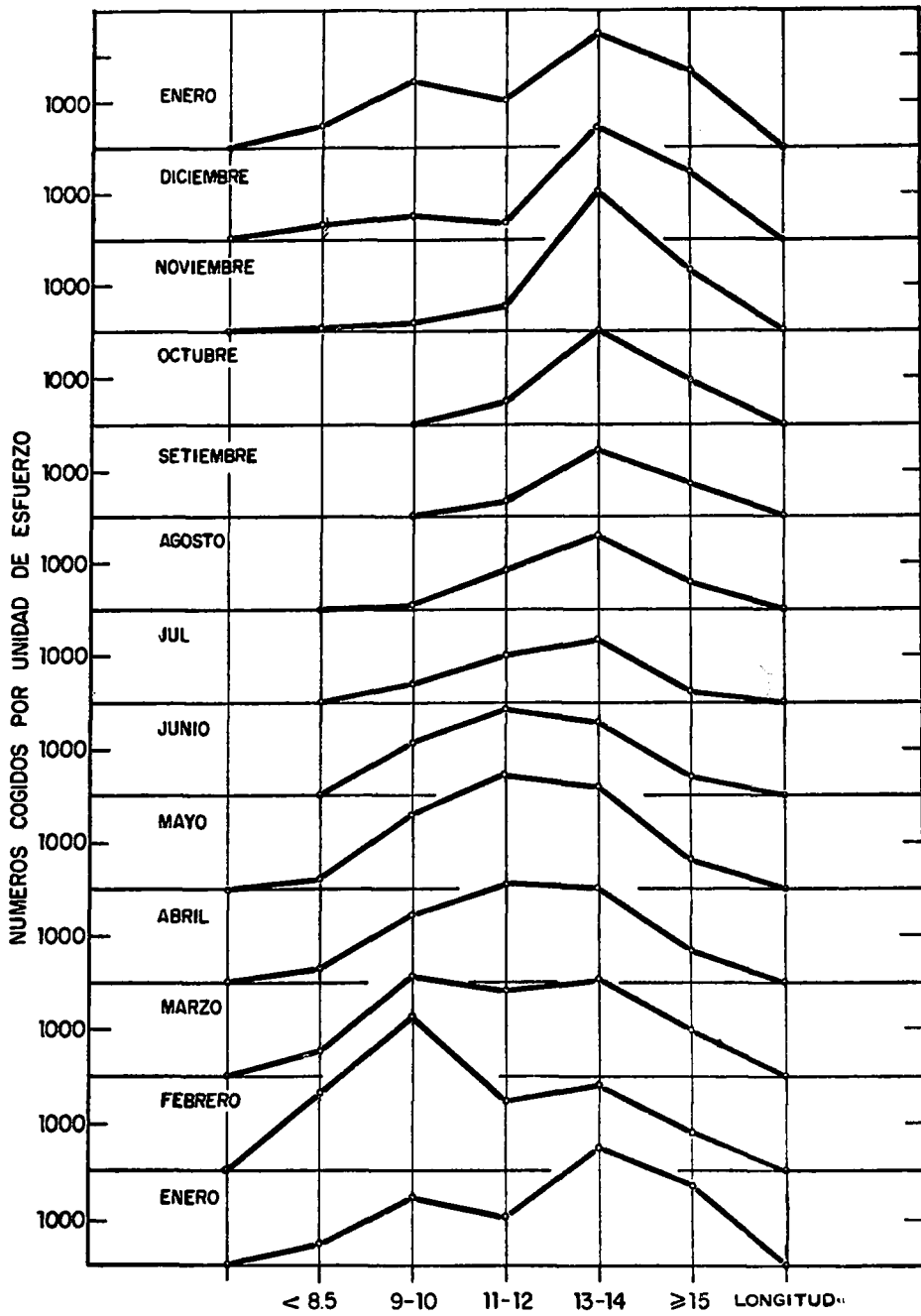


Figura 1. Composición de promedio mensual de longitudes de las capturas de anchoveta (números cogidos por unidad de esfuerzo).

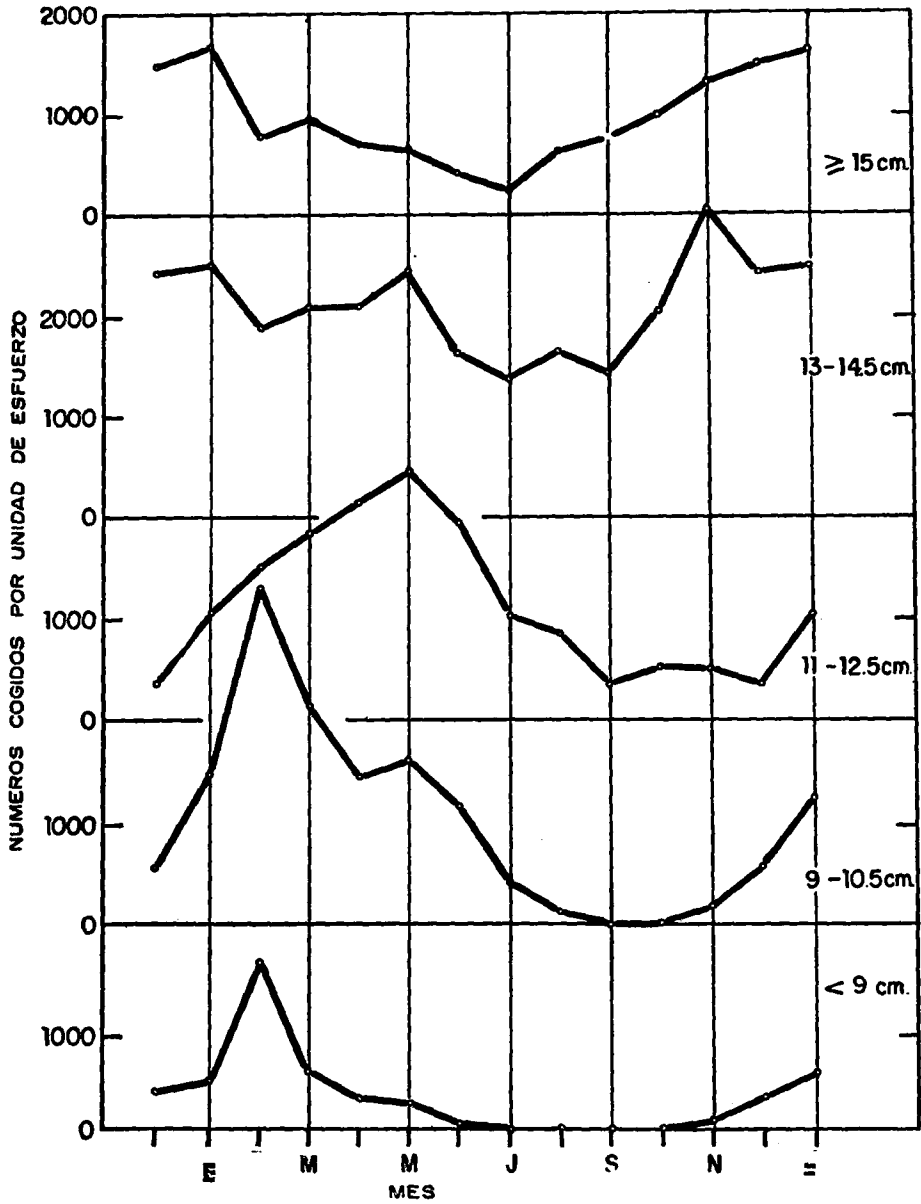


Figura 2. Cambios en la abundancia aparente de diferentes grupos de anchoveta según el tamaño durante el año (números cogidos por unidad de esfuerzo).

que hace a los peces menos disponibles para la captura. Schaefer (1967, Tabla 2) ha estimado factores de disponibilidad mensual, como la razón del peso cogido por unidad de esfuerzo, en cada mes, a la captura anual por unidad de esfuerzo. Estos estimados tendrán un sesgo en la medida de la variación estacional real de la abundancia, ya que la verdadera disponibilidad puede ser expresada como la razón observada de la captura por unidad de esfuerzo a la abundancia. Así, en Junio-Setiembre, cuando, como se ha sugerido arriba, los peces son probablemente muy abundantes, la disponibilidad puede ser sobre-estimada, mientras que en Diciembre, antes que se reclute la siguiente clase anual, la abundancia es baja, y la disponibilidad es probablemente sub-estimada. Sin embargo, las cifras de Schaefer dan una razonable descripción del patrón estacional de disponibilidad, las cuales usó él entonces en un programa de computadora para estimar las capturas por mil reclutas para cada mes durante su vida en la pesquería, y de aquí estimar el rendimiento total por recluta. Se puede ver de hecho que el factor de disponibilidad usado por él, si se tiene en cuenta el reclutamiento, puede ser muy aproximado por un reclutamiento en dos etapas en el cual el pescado resulta disponible en un 50% en Enero (a más o menos 8 cm.), y completamente disponible en Noviembre (a más o menos 13 cm.). Esto es, si el coeficiente de mortalidad por pesca es 1.2 para los peces completamente reclutados, se asume que es cero para los menores de 10 cm. y 0.6 para peces de 10 a 13 cm. En ausencia de las facilidades de una computadora, el rendimiento para cualquier mortalidad por pesca dada, puede ser rápidamente calculado con las tablas de rendimiento de Beverton y Holt (1964).

Saetersdal et al. (1964) han indicado que el crecimiento de la anchoveta puede ser descrito por una curva de von Bertalanffy con $L_{\infty} = 15$ cm., $K = 1.7$. Estudios posteriores en el Instituto del Mar indican que la curva de Gompertz tal vez se ajustaría mejor a los datos observados. Tal curva es menos fácil de manejar matemáticamente para la computación de rendimientos, y es dudoso si el uso de la curva ligeramente menos ajustada de Bertalanffy ocasionaría una diferencia significativa en las curvas de rendimiento por recluta. Los tamaños a 50% del reclutamiento y al reclutamiento completo son, respectivamente, alrededor de 8 y 13 cm. En el análisis que sigue se usarán los valores de $c = lc/L_{\infty}$ igual a $8/15$ ($= 0.533$) y $13/15$ ($= 0.867$), o, usando valores reales de las tablas, 0.52 y 0.86 respectivamente.

2.2 Tasas de mortalidad

Los estimados de mortalidad total (Z) y su división entre mortalidad causada por pesca (F) y mortalidad por otras causas —mortalidad natural (M)— son mucho menos seguros. Ciertamente que la mortalidad total es bien alta ya que la Figura 1 sugiere que aún en Febrero, cuando la clase anual entrante está parcialmente reclutada, estos reclutas son mucho más abundantes en las capturas que los supervivientes de la clase anual anterior. A base de la razón de las capturas de peces en su primer y segundo años

en la pesquería, calculada de acuerdo a su simulación para la computadora y de acuerdo a los datos de la pesquería, Schaefer concluyó que valores de mortalidad total de 2.0 ($F = 1.0$, $M = 1.0$) se ajustaban muy bien a los datos, mientras que un valor de $Z = 2.5$ ($F = 1.5$; $M = 1.0$ ó $F = 1.0$, $M = 1.5$) implicaba menor cantidad de peces viejos que los que fueron observados. El método es probablemente muy sensitivo para el patrón de reclutamiento asumido. Schaefer dá a entender que este método también proporciona una estimación de la división entre la mortalidad por pesca y la mortalidad natural, pero es dudoso si tal estimación sería de confianza ya que la proporción de peces viejos en el stock (si no en las capturas) depende completamente de las tasas totales de muerte y no de las causas de muerte separadas. Este valor de 2.0 para el coeficiente anual de mortalidad total es el mismo que el encontrado por A. C. Burd (citado por Schaefer) a base de muestras de otolitos en Chimbote para 1964/65 y un poco mayor que el valor de 1.75 encontrado por él en Callao.

La separación de esta mortalidad total en aquella que es debida a la pesca y en la que se debe a otras causas (mortalidad natural) más convenientemente expresada en términos de la tasa de explotación, $E = F/(F + M)$, no es fácil pero puede ser intentada de varias maneras que exigen diferentes clases de datos. Algunos de estos métodos (por ejemplo, por marcaciones, o por estimación directa de la abundancia del stock a base de reconocimientos cuantitativos de huevos y larvas) podrían ser usados en el futuro para la anchoveta, pero el trabajo no ha sido todavía hecho. Los métodos cuantitativos de estimación que pueden ser aplicados a los datos actuales, dependen de los cambios en la abundancia del stock (por ejemplo, medida como captura por unidad de esfuerzo) o en su composición, a consecuencia de cambios en el esfuerzo de pesca total.

La abundancia de la población en números es inversamente proporcional al coeficiente de mortalidad total, i.e.

$$\bar{N} = \frac{b}{F + M} \quad \text{donde } b \text{ es una constante}$$

Por consiguiente, si \bar{N}_0 es la abundancia de la población cuando la pesca es cero, $\bar{N}_0 = b/M$, y

$$\frac{\bar{N}}{\bar{N}_0} = \frac{M}{F + M} = 1 - \frac{F}{F + M} = 1 - E$$

También, si n , n_0 son las capturas en números, por unidad de esfuerzo,

$$\text{podemos escribir} \quad \frac{n}{n_0} = 1 - E$$

Así E puede ser directamente estimado a base de la declinación en los números cogidos por unidad de esfuerzo. La Figura 7 muestra que el peso cogido por unidad de esfuerzo es ahora más o menos la mitad de lo que fue cuando la pesca comenzó. También ha habido una disminución en el peso promedio de cada pez, de modo que la disminución en los números cogidos por unidad de esfuerzo es menor que la disminución en peso; por consiguiente

$$1 - E = \frac{n}{n_0} > 0.5$$

$$\text{o } E < 0.5$$

En realidad la disminución en el peso promedio no ha sido muy grande—los datos en Boerema *et al.* (1965), Tabla V, sugieren una disminución de alrededor del 20%—de modo que la estimación de E dado por la disminución en la captura por unidad de esfuerzo no es muy por debajo de 0.5, tal vez alrededor de un 20% menos, es decir, alrededor de 0.4.

Los cambios en la composición del stock o de la captura (por edad o por tamaño) se relacionan mejor con los cambios en el esfuerzo de pesca a través de la estimación de tasas de mortalidad y usando la relación $Z = M + qf$, donde f es el esfuerzo de pesca total. Esto ha sido hecho por A. C. Burd, según cita de Schaefer (1967). Usando composiciones de edades determinadas de los otolitos, los estimados obtenidos fueron:

$$\text{Para Chimbote} \quad Z = 2.0, \quad F = 0.8, \quad E = 0.40$$

$$\text{Para Callao} \quad Z = 1.75, \quad F = 0.75, \quad E = 0.43$$

Otro método fue desarrollado por Boerema *et al.* (1965). Este hacía uso de la relación entre los números de una clase anual cogida durante su vida al esfuerzo de pesca durante la misma

$$\frac{C}{R} = \frac{F}{F + M}$$

donde C = números cogidos, R = números de peces en la clase anual al tiempo de reclutamiento. El número absoluto de reclutas no es conocido, pero si la fuerza de la clase anual puede ser medida por medio de algún índice, R', i.e. la captura media por unidad de esfuerzo (en números) durante los tres meses de la mayor abundancia aparente, puede ser escrito

$$\frac{C}{R'} = \frac{1}{k} \cdot \frac{F}{F + M} \quad \text{donde } k \text{ es una constante} = R'/R.$$

De esta relación, si para dos clases anuales se dispone de datos sobre nú-

meros cogidos y sobre esfuerzo de pesca y se ha obtenido índices de reclutamiento, es cuestión de simple aritmética calcular la razón de $F:M:F + M$.

Alternativamente, se puede escribir

$$\frac{R'}{C} = k \frac{F + M}{F} = k + \frac{kM}{F}$$

o poniendo $F = qf$, donde $f =$ esfuerzo

$$\frac{R'}{C} = k + \frac{kM}{q} \times \frac{1}{f}$$

Esta relación puede ser ahora muy fácilmente estudiada gráficamente, especialmente si se dispone de datos para varias clases anuales, planteando, para cada clase anual R'/C contra $1/f$. El ploteo debe dar una línea recta con intersección en el eje R'/C igual a k .

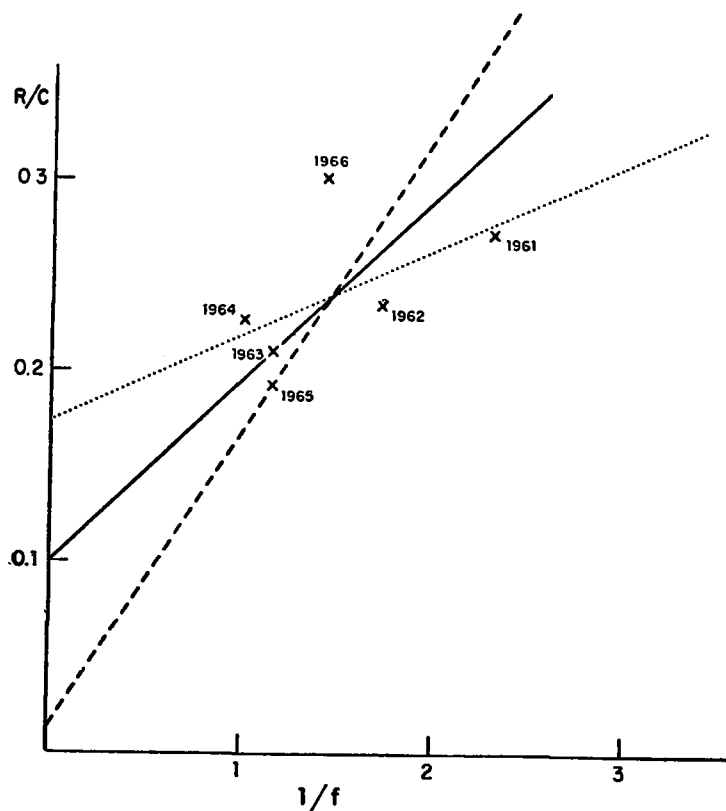


Figura 3. Estimación de la tasa de explotación. Ploteo del recíproco del número cogido por unidad de reclutamiento contra el recíproco del esfuerzo.

Estos datos para las clases anuales reclutadas a la pesquería de 1961 a 1966 están ploteadas en la Figura 3. Los puntos aparecen bastante dispersos pero hay una definida sugerencia de relación, aunque estadísticamente no es significativa ($r = 0.53$ $P > 0.1$). Ya que los estimados de las cantidades (R/C y $1/f$) están probablemente sujetos a error, el uso de cualquiera de las líneas de regresión simples R/C sobre $1/f$ ó $1/f$ sobre R/C podría conducir a error. Estas líneas de regresión se muestran en la figura, pero la línea que probablemente describe la relación en la mejor forma es su bisectriz, la cual también se muestra en la figura. Esta bisectriz tiene una intersección de alrededor de 0.1 ($= k$). De aquí el valor de E para cualquier clase anual puede ser determinada de inmediato, ya que

$$E = \frac{C}{R} = \frac{C}{R'} \times k$$

Esto da los siguientes estimados:

Año de reclutamiento	1961	1962	1963	1964	1965	1966
E	0.37	0.43	0.48	0.44	0.52	0.33

El valor medio para las clases reclutas de 1963-65 que fueron pescadas durante un período de esfuerzo más bien constante (alrededor de 1'300,000 embarcaciones standard-tonelada-mes) desde la temporada de 1963/64 a la de 1965/66 es 0.48. Comparados con los estimados obtenidos por Boerema *et al.* (1965) por medio de métodos similares pero algebraicos y usando datos ligeramente diferentes, los estimados arriba dan valores un tanto más altos de E para las clase recluta de 1961 y 1962 y más bajos para las de 1963 y 1964. Puesto que su método se basaba en la comparación de pares de clases reclutas, sus resultados no son completamente consistentes —el aumento de E entre las clases de 1961-62 y las de 1963-64— es mayor que el aumento en esfuerzo, de modo que sus estimados para las últimas clases (0.6-0.7) son probablemente muy altos. Sin embargo, la media de sus estimados para las cuatro clases reclutas de 1961 a 1964 es 0.47 y no difiere mucho de la media de 0.43 de los presentes estimados para las mismas clases.

Una medida tosca de la tasa probable de explotación puede obtenerse también comparando la mortalidad total con un valor probable de la mortalidad natural, deducido de otras consideraciones. Schaefer sugirió que es improbable que la mortalidad natural de la anchoveta peruana sea muy diferente a la de su similar especie californiana, que es 1.1. También Beverton (1963) sugiere que la razón de M al coeficiente K en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, no varía mucho dentro de un grupo de especies y tiene un valor de alrededor de 1.6 para los engráulidos. Este daría un valor de $M = M/K \times K = 1.6 \times 1.7 = 2.7$. Este valor es decididamente muy alto pero sugiere que gran parte de la mortalidad total presente de alrededor de 2.0 podría ser debida a causas naturales. Para resumir, podemos sugerir que

estas varias estimaciones de la tasa de explotación, y de la división entre mortalidad por pesca y mortalidad natural concuerdan razonablemente. La tasa de explotación es probablemente un poco menor de 0.5, con la división probable de la presente tasa de mortalidad de 2.0 en $F = 0.7$ a 1.0 y $M = 1.0$ a 1.3.

Estos estimados de crecimiento y mortalidad pueden ahora usarse para computar el rendimiento por recluta. Como se mencionó anteriormente esto se hizo usando las tablas de rendimiento de Beverton y Holt (1964), asumiendo un patrón de reclutamiento de dos etapas —siendo la mortalidad por pesca la mitad del valor completo para peces entre 8 y 13 cm., i.e. para $c = 0.52$ y 0.86.

Las tablas se dan para valores de M/K de 0.5 y 0.75; un valor de M/K de 0.75 se usó en los cálculos presentes por ser el valor tabulado más cercano al valor probable. En realidad la forma general de las curvas de captura/esfuerzo no son afectadas grandemente por cambios pequeños en M/K . El resultado de estos cálculos, en términos de captura por recluta planteada contra la mortalidad por pesca (medida como la razón F/M) están ploteados en la Figura 4.

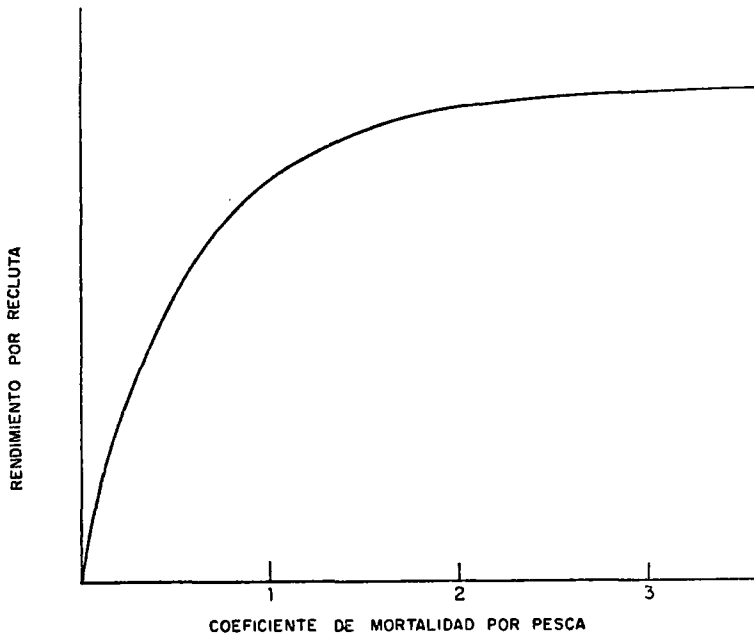


Figura 4. Relación entre el rendimiento por recluta y el coeficiente de mortalidad por pesca.

2.3 Stock y reclutamiento

En cualquier pesquería un conocimiento de la relación entre el stock y el reclutamiento es básico para una evaluación precisa de los efectos en el stock y en las capturas de los cambios en el esfuerzo total de pesca. Implícita o explícitamente dos hipótesis han sido adelantadas para la anchoveta, una que el reclutamiento es independiente del stock a lo largo del rango de tamaños de stock que es probable encontrar en la práctica; la otra que el reclutamiento promedio varía de acuerdo al stock adulto precisamente en forma tal que el resultado es una relación lineal entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo (el modelo de Schaefer). Al presente la única forma de probar la validez de esta o cualquier otra hipótesis, es ver la bondad de su ajuste con la relación observada entre el stock y el reclutamiento subsecuente.

Tanto el stock como el reclutamiento pueden medirse de varias maneras, para el stock como un todo, o si es que se cree que hay stocks separados en diferentes áreas los que conservan su identidad de generación a generación para áreas separadas. Un ploteo de parejas de estimaciones de stock y reclutamiento se muestra en la Figura 5, en la cual la media de los índices del reclutamiento para Callao y Chimbote derivada por el Instituto del Mar, se ha ploteado contra el stock adulto. Este último ha sido medido como la captura por unidad de esfuerzo para toda la costa en el año calendario

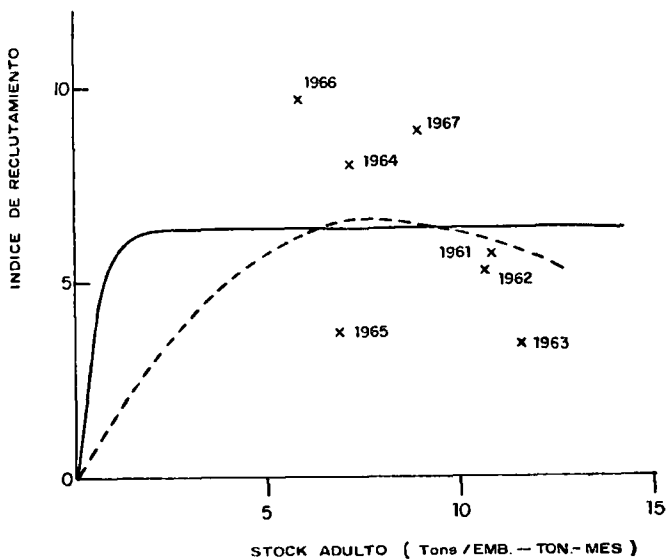


Figura 5. Relación observada entre el stock adulto y el subsecuente reclutamiento (las fechas indican los años de reclutamiento), muestra también las dos relaciones teóricas discutidas en el texto.

Tabla 1. Indices mensuales de abundancia de la anchoveta peruana.

(a) Toneladas desembarcadas por unidad de esfuerzo. Las cifras entre paréntesis son estimadas a partir de los porcentajes promedios mensuales para el año, tal como se dan en la Tabla 1b.													
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1960	15.4	15.9	15.3	9.9	8.4	12.0	5.7	6.4	7.9	8.6	11.9	13.0	10.87
1961	13.0	11.6	9.1	11.6	11.8	8.8	6.0	5.8	6.8	11.3	16.1	16.5	10.70
1962	11.9	11.7	11.3	13.9	14.7	9.2	7.8	6.2	8.7	11.7	16.5	16.2	11.65
1963	14.3	7.1	10.7	10.7	11.5	5.9	2.6	2.4	3.0	4.1	5.7	7.9	7.16
1964	11.4	8.0	9.7	8.1	6.2	5.1	3.7	2.6	2.1	7.3	9.6	8.9	6.89
1965	9.9	8.2	11.0	7.1	6.3	4.0	(2.8)	(2.6)	1.0	2.1	5.2	10.4	5.88
1966	12.2	9.3	10.1	8.8	8.6	(7.8)	(4.9)	(4.4)	6.7	7.7	(11.4)	15.6	8.96
1967	12.2	8.2	14.2	9.4	8.2								
Promedio	13.20	10.86	11.22	10.84	10.52	8.20	5.16	4.68	5.70	8.60	11.96	12.50	9.45
(b) Capturas mensuales por unidad de esfuerzo, expresadas como porcentaje del promedio de la captura por unidad de esfuerzo durante los mismos meses del período 1960-64.													
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1960	117	146	136	91	80	146	110	137	139	100	99	104	115
1961	98	107	81	107	112	107	116	124	119	131	135	132	113
1962	90	108	101	128	140	112	151	132	153	136	138	130	123
1963	108	65	95	99	109	72	50	51	53	48	48	63	76
1964	86	74	86	75	59	62	72	56	37	85	80	71	73
1965	75	76	98	66	60	49	16	()	18	24	43	83	55
1966	92	86	90	81	82	—	—	—	118	90	—	125	95
1967	92	76	127	87	78	34							

anterior. Se ha hecho un ajuste por la falta de pesca en algunos meses en los años recientes. La captura por unidad de esfuerzo en cada mes fue calculada como un porcentaje de la captura por unidad de esfuerzo en tal mes en los años de 1960 a 1964, y estimando después la captura por unidad de esfuerzo en los meses que no hubo pesca a partir del promedio de estos porcentajes para el año considerado. La captura por unidad de esfuerzo anual se estima entonces como la media de las capturas por unidad de esfuerzo mensuales. Los datos relevantes se exponen en la Tabla 1. Podría usarse otros estimados del stock adulto; en particular, la captura por unidad de esfuerzo durante la principal estación de desove podría ser mejor, pero en años recientes este período ha coincidido muy a menudo con la estación de veda así que no se dispone de datos sobre la captura por unidad de esfuerzo.

En la Figura 5 también se da las líneas correspondientes a las dos hipótesis en consideración. Los puntos observados se ajustan a cualquiera de estas líneas más o menos con la misma exactitud, de modo que hasta ahora las observaciones no permiten rechazar una u otra ni ambas de las dos hipótesis, ni preferir ninguna de ellas. La línea recta que mejor se ajusta a los puntos observados tiene en realidad una gradiente negativa, aunque no significativo estadísticamente sugiriendo que, a lo largo de la presente amplitud de magnitudes de stock, la disminución del stock adulto resulte en un reclutamiento mayor. Esto no es imposible en principio, tanto las anchovetas adultas como las juveniles se alimentan de lo mismo —principalmente fitoplancton— de modo que podría haber competencia entre ambas.

En el presente análisis esta última posibilidad no será examinada en mayor detalle, y el análisis del efecto de cambios en el esfuerzo de pesca, etc., será considerado en términos de las dos hipótesis ya adelantadas. Estas hipótesis no representan las únicas posibilidades, ni aún los extremos de la amplitud, y la posibilidad de relaciones más extremas —del reclutamiento disminuyendo con la disminución del stock adulto en una forma más brusca aún que en el modelo de Schaefer, o en realidad aumentando con disminuciones moderadas del stock— deben ser tenidas en cuenta cuando se considere la conveniencia de posibles medidas regulatorias. La primera de las hipótesis extremas mencionadas, en la cual una reducción drástica en el reclutamiento seguiría a una reducción del tamaño del stock, es particularmente importante cuando se considera los riesgos inherentes al dejar que el esfuerzo total de pesca aumente más allá del presente nivel.

2.4 Relación entre la captura total y el esfuerzo

Usando estas relaciones entre el stock y el reclutamiento determinadas por las dos hipótesis, —la de reclutamiento constante o la del modelo de Schaefer— las curvas de rendimiento por recluta de la Figura 4 pueden ser convertidas en rendimientos totales, asumiendo que la captura es 8.05 millones de toneladas por $F = 1.0$. Estos rendimientos se han ploteado en la Figura 6. Para esta figura el coeficiente de mortalidad por pesca también ha sido convertido a términos concretos (miles de toneladas standard-mes)

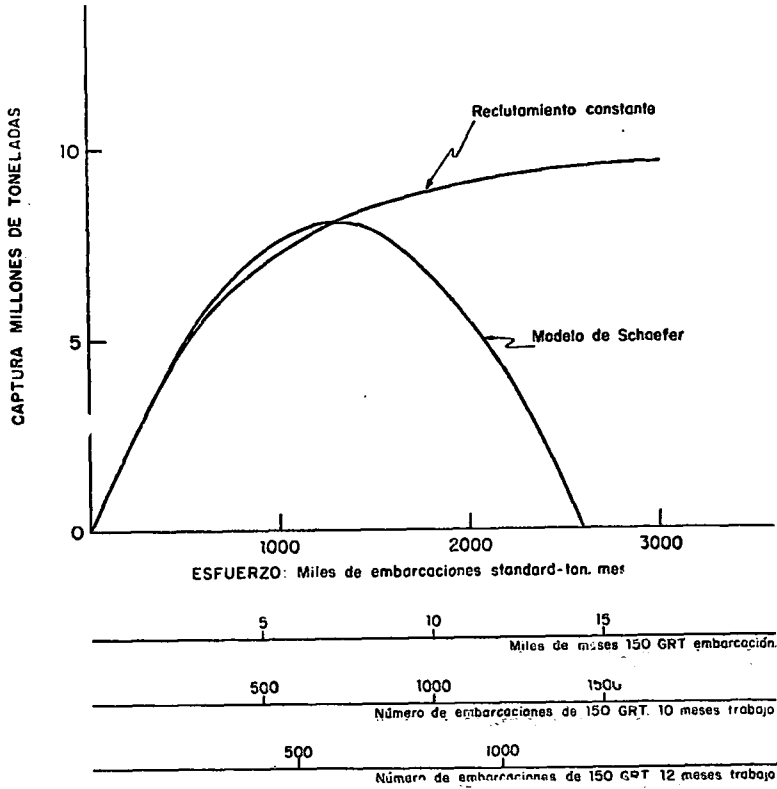


Figura 6. Relación entre la captura promedio y el esfuerzo total de pesca, para dos hipótesis acerca de la relación stock/reclutamiento.

asumiendo que $E = 0.5$, $F = 1.0$ a 1'300,000 embarcaciones standard-toneladas-mes. En la Figura 7 se han planteado las correspondientes curvas de captura por unidad de esfuerzo. En la Figura 7 también se han planteado los puntos para las estaciones desde 1960/61. Estos ploteos se ajustan igualmente bien a las líneas correspondientes a las dos hipótesis, haciendo ver que los estimados de las tasas de mortalidad, etc., ofrecen una buena explicación de la disminución observada en la captura por unidad de esfuerzo desde el comienzo de la pesquería, y también que hasta ahora los datos no permiten rechazar ninguna de las hipótesis respecto a la relación entre el stock y el reclutamiento, ni tampoco distinguir entre ellas.

También se muestra en la escala de esfuerzo los equivalentes a esfuerzos expresados en meses de pesca de una embarcación de 150 GRT, con la presente eficiencia, y en el número de barcos de este tipo, asumiendo 10 ó 12 meses de operación por año. Se verá que el máximo en la curva de reclutamiento variable de Schaefer corresponde a un poco por encima de 600 embarcaciones operando 12 meses cada año.

Por último, en las Figuras 8 y 9 se dan los rendimientos marginales y los esfuerzos marginales según la idea de Gulland (en prensa). El rendimiento marginal es la adición neta al rendimiento total alcanzado al añadir una unidad más de esfuerzo al total. La eficiencia marginal es la razón de esta *captura marginal* obtenida de una unidad extra de esfuerzo a la *captura media* por unidad de esfuerzo, expresada como porcentaje.

Estas relaciones, que representan la amplitud de posibilidades existentes a la luz de la mejor evidencia científica disponible, pueden ser usadas al considerar qué reglamentaciones deben ser aplicadas, si es que se debe aplicar reglamentaciones, a la industria de la anchoveta.

2.5 Aves

Cualquier discusión extensiva de la pesquería de anchoveta peruana debe incluir alguna discusión de la interacción entre las aves guaneras y la pesquería. Hay dos problemas importantes e interrelacionados: uno desde el punto de vista de la industria de harina de pescado —si una reducción en la población aviar permitiría un aumento en la captura de anchoveta; y el otro desde el punto de vista de la industria del guano— si la pesquería, reduciendo la cantidad de alimento disponible, tiene algún efecto adverso en la población de aves.

Las aves están incluidas entre los principales depredadores de la anchoveta, consumiendo cuando son normalmente abundantes probablemente alrededor de 2.5 millones de toneladas (Jordán y Fuentes, 1966). Esta cantidad, es sin embargo, sólo una parte de las muertes naturales de la anchoveta. Si la mortalidad natural y por pesca son más o menos iguales, ($E = 0.5$) la muerte natural de peces de tamaño comercial debe ser aproximadamente igual a la captura, i.e. 8 millones de toneladas. A esto debe añadirse la muerte natural de los peces de tamaño menor que el comercial, lo cual probablemente elevará el total de muertes naturales hasta por lo menos 10 millones y posiblemente 15 millones de toneladas. Así la predación de las aves es responsable probablemente por no más de un cuarto a un sexto de todas las muertes naturales.

No es claro del todo hasta qué punto las muertes debidas a las aves y las debidas a la pesca pueden ser consideradas como intercambiables, independientemente de otras causas posibles de muerte. Muy poco se conoce con respecto a los detalles de la predación de las anchovetas por las aves, pero hay evidencia proveniente de otros peces que los peces comidos por las aves incluye una proporción mucho más grande de peces enfermos o parasitados que la que ocurre en las capturas comerciales. En un stock de peces de tal naturaleza la reducción de predación aviar aumentaría el número de muertes causadas por enfermedad o por parásitos y podría reducir la captura potencial por el pescador.

En el otro extremo es posible, si es que las aves cogen peces más pequeños que los cogidos por la pesca comercial, en una época cuando el

aumento de la biomasa total de una clase anual debido al crecimiento individual de los peces es mayor que la pérdida debida a la mortalidad natural (incluyendo a la causada por las aves), entonces una reducción de la predación aviar, digamos de 2 millones de toneladas, podría resultar en un aumento de la cantidad de peces disponible para el pescador considerablemente mayor de 2 millones de toneladas.

De igual modo, las conclusiones referentes al efecto de la pesquería en la población aviar dependen igualmente en forma crítica de las asunciones precisas que se hagan respecto a la ecología y a la dinámica de las poblaciones aviarias.

Parece probable que el factor determinante en la abundancia de las aves es la disponibilidad de sitio para anidar más bien que la cantidad de alimento, si este es el caso, la pesquería tendría poco efecto sobre la abundancia de las aves. También tendrá pequeño efecto si la predación aviar se ejerce principalmente sobre peces pequeños cuya abundancia no es afectada directamente por la pesquería a menos que una reducción del stock adulto ocasione una reducción en el reclutamiento.

3. REGLAMENTACION Y ADMINISTRACION

3.1 General

Generalmente los objetivos finales de la reglamentación pesquera son el mantenimiento de un alto nivel de captura y el conseguir que ésta sea realizada con el menor costo posible. Estos objetivos son incompatibles si ambos son llevados a su máxima expresión, pues alcanzar la máxima captura posible requeriría un esfuerzo enteramente antieconómico al incrementar la captura desde, digamos un 95% del máximo a un 99% del mismo. En el mismo sentido, la mayor captura por unidad de esfuerzo, es decir, la mayor ganancia para cada embarcación, se obtiene cuando tanto el esfuerzo total de pesca como la captura total son muy pequeños; cualquier aumento substancial en la captura va acompañado inevitablemente por una disminución de la captura por unidad de esfuerzo. En la práctica, sin embargo, se pueden combinar los objetivos de alcanzar una alta captura —aunque no exactamente la más alta posible— y de mantener los costos bajos, siempre que los conceptos de alta captura y bajo costo no sean muy severos.

Por consiguiente, los efectos de cualquier medida de reglamentación o administración deberían ser consideradas desde ambos puntos de vista — cómo afectará la medida al stock, y por consiguiente a las capturas futuras, y cómo afectará a los costos de operación. Hay efectos a corto y a largo plazo con respecto a ambos aspectos. Así para cualquier stock una reducción del esfuerzo causará una caída inmediata de la captura, pero si es que el stock ha estado intensamente pescado esta caída sería seguida por una recuperación conforme los peces que de otro modo hubiesen sido cogidos cuando pequeños y que ahora crecen hasta un tamaño mayor, y posible-

mente por un aumento ulterior si el aumentado stock de adultos producirá un reclutamiento mayor. Así la captura se recuperará hasta un nivel que puede ser más alto que el original. La situación es similar en cuanto a los efectos sobre los costos. Por ejemplo, si el número de embarcaciones de la flota es muy alto de tal modo que más o menos la misma captura podría obtenerse con menor cantidad de embarcaciones, una restricción en la construcción de nuevas embarcaciones mantendría de inmediato los costos bajos pero una restricción de esta naturaleza puede quitar aliciente al desarrollo de embarcaciones más eficientes y así, a largo plazo, puede tender a elevar los costos más de lo que se hubiesen elevado sin reglamentación.

En lo que respecta a los stocks, las medidas regulatorias son de dos tipos; las que controlan el esfuerzo total sobre los peces de todos los tamaños representados en la captura (estrictamente medidas que controlan el coeficiente de mortalidad por pesca) y las que controlan la composición de la captura, por ejemplo, las que otorgan protección especial a los peces pequeños. Para la pesquería de la anchoveta la única medida práctica para proteger especialmente a los peces pequeños sería una estación de veda durante parte o todo el período (Enero-Mayo) en el que los peces pequeños son especialmente abundantes en la captura. Esta medida se discute más adelante al tratar de la cuestión general de vedas. Medidas usadas en otras pesquerías —tamaño mínimo para los peces capturados, control del tamaño de la malla, etc.— no parecen ser aplicables a la pesquería de anchoveta. Así, aparte de una posible veda durante el período en que los peces pequeños son abundantes, cualquier reglamentación de la pesquería de anchoveta debe consistir en alguna forma de control del esfuerzo de pesca.

3.2 Control del esfuerzo

La base biológica de cualquier control del esfuerzo de pesca es la curva que relaciona la captura promedio al esfuerzo de pesca en el supuesto que este último se mantiene uniforme por un período de tiempo comparable al tiempo de vida del pez.

La sección previa mostró que en substancia se alcanza la misma conclusión respecto a la relación entre captura y esfuerzo de pesca, por lo menos hasta niveles cercanos al nivel del esfuerzo actual, usando diferentes métodos de análisis de la dinámica de la población de anchoveta. Existe una duda mayor acerca del efecto de aumentar en forma substancial el esfuerzo de pesca más allá del presente nivel cuando es incierto el efecto que causara en el reclutamiento promedio del stock adulto reducido.

La Figura 6 muestra dos de las posibles relaciones entre captura y esfuerzo; una basada en la asunción de que el reclutamiento se reduciría en la medida necesaria para establecer una relación lineal entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo (todas las áreas combinadas, esfuerzo corregido por efecto de eficiencia) y la otra basada en que el reclutamiento promedio no cambiará. Estas curvas pueden considerarse como típicos ejemplos de la posible situación presente, los cuales pueden usarse para examinar los efectos de cambios en el esfuerzo de pesca.

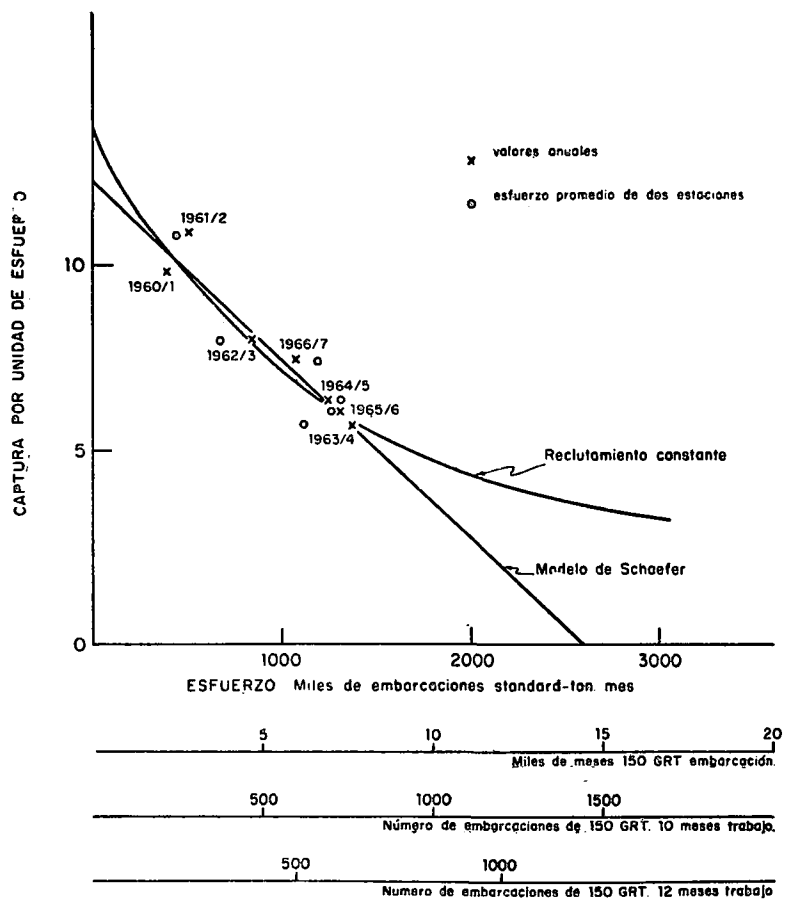


Figura 7. Relación entre el promedio de la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo total de pesca.

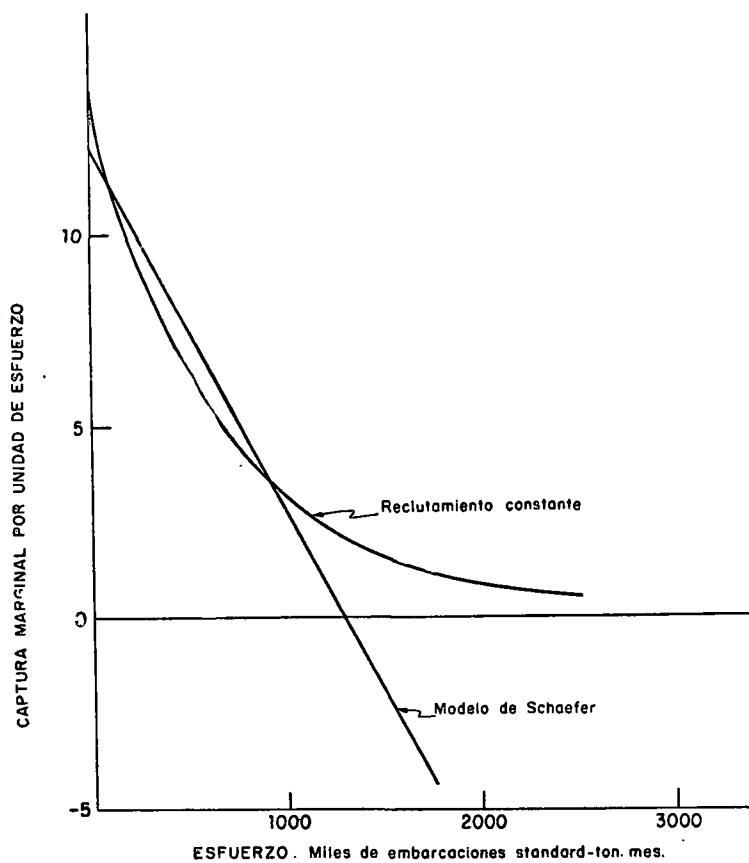


Figura 8. Relación entre la captura marginal (la ganancia neta de la captura total cuando se añade una unidad al esfuerzo total) y el esfuerzo total.

Además de la captura total y del esfuerzo total, hay otros dos factores de gran importancia práctica; la captura promedio por unidad de esfuerzo (es decir la ganancia individual de cada embarcación) y el aumento de la captura total obtenido añadiendo una unidad de esfuerzo (es decir, la ganancia marginal proveniente del esfuerzo extra). Estos factores se muestran en las figuras 7 y 8.

Lo primero que se desprende de las figuras es que para el modelo simple de Schaefer a niveles de esfuerzo total mayores que 1300 miles de embarcación-toneladas-mes la captura marginal es negativa —la adición de más embarcaciones resulta en una reducción de la captura total. Para la otra curva aumentar el esfuerzo más allá del presente aumentará la captura, pero solamente en forma pausada. Particularmente relevante para el problema de la administración de la pesquería son las capturas marginales a un nivel de esfuerzo inferior al presente. Así a 1000 miles de embarcaciones standard mes las dos curvas dan resultados muy similares.

La captura actual por embarcación standard-tonelada-mes es 7.3 a 7.6 toneladas, es decir, una embarcación de 100 toneladas con la eficiencia actual —alrededor de 20% sobre el standard— cogerá en promedio 900 toneladas de pescado durante un mes de operaciones. Sin embargo, el rendimiento marginal es solamente de 3.0 a 3.2 toneladas; esto es, el efecto de añadir una embarcación de 100 toneladas a la flota durante un mes reducirá la abundancia del stock en tal forma que las capturas de las otras embarcaciones disminuirán en total cerca de 550 toneladas ocasionando un aumento en la captura total de alrededor de 350 toneladas solamente. Al considerar las ventajas, para la industria en globo, de aumentar el esfuerzo más allá de digamos 1000 miles de embarcaciones-toneladas-mes, son estas 350 toneladas añadidas a la captura total las que deberían balancearse contra el costo de operación de una embarcación de 100 toneladas por un mes, y no las 900 toneladas que la embarcación cogerá de hecho.

El efecto de un aumento de esfuerzo sobre las tasas de captura también puede ser expresado como la razón del aumento real en el rendimiento sostenido que resulta de un aumento de esfuerzo al aumento esperado, calculado a base de la captura por unidad de esfuerzo observada. Por ejemplo, en el caso anterior, al nivel de 1000 miles de embarcaciones standard-mes, la eficiencia marginal es aproximadamente 350 dividido por 900, ó alrededor del 40%. Las curvas de la relación entre la eficiencia marginal y el total del esfuerzo de pesca se dan en la Figura 9, para dos de las posibles relaciones entre captura y esfuerzo —asumiendo el reclutamiento como constante y asumiendo la relación entre el stock y el reclutamiento que da la relación lineal de Schaefer entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo. Como se indicó anteriormente, para valores de esfuerzo total menores de 1000 miles de toneladas-mes, las curvas no difieren mucho; a 1000 miles de toneladas-mes, las estimaciones de la eficiencia marginal son alrededor de de 40 y 45 por ciento. A valores más altos, las eficiencias previstas por el modelo de Schaefer disminuyen muy rápidamente conforme la captura máxima es alcanzada. La relación precisa entre el stock y el reclutamiento y

por ende la relación entre la captura, la eficiencia y el esfuerzo no es conocida todavía pero probablemente la curva de la Figura 9 para un reclutamiento constante, puede ser considerada como indicadora del límite superior a la eficiencia marginal.

La eficiencia marginal es importante cuando se considera el efecto económico de algunas formas de regulación del esfuerzo de pesca. Considérese la cuestión de una veda, la cual tiene el efecto inmediato de reducir el esfuerzo. Si un esfuerzo reducido resulta a largo plazo en un aumento de captura, no hay duda de que la veda es conveniente —aunque puede haber métodos económicamente más eficientes de reducir el esfuerzo. Más corrientemente la veda causará una disminución, tal vez muy pequeña, en la captura promedio. Económicamente, sin embargo, tal disminución en la captura puede ser aceptable, y por consiguiente, la veda es conveniente si esta disminución es menor que la disminución en costos obtenida durante la veda. La estación de veda eliminará solamente los costos de operación

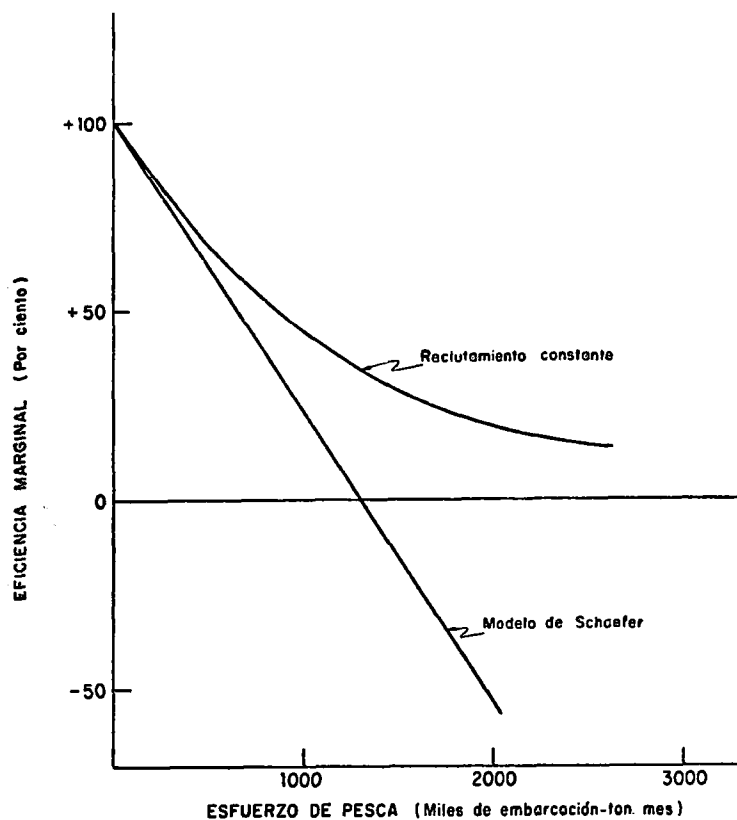


Figura 9. Relación entre la eficiencia marginal y el esfuerzo total.

(combustible, etc.) pero no los costos fijos (depreciación, etc.) y puede calcularse el por ciento de estos costos de operación sobre el costo total. Así, pasando por alto las variaciones estacionales en las tasas de captura, etc., y asumiendo que el valor de la captura total es aproximadamente igual a los costos totales, si la eficiencia marginal, definida anteriormente, es menor que el por ciento de los costos de operación sobre el costo total, entonces la disminución en la captura es menor que la disminución en costos, y la veda, desde el punto de vista económico, es conveniente. Desde luego que un análisis económico completo debería tomar en consideración otros factores ignorados en el presente simple análisis económico, v.g. que la reducción en el valor de la captura puede ser menor que la reducción en la cantidad cogida. Estos factores probablemente tenderán a aumentar los atractivos de una veda. Pero, por el contrario, consideraciones de orden social pueden hacer que una larga veda no sea deseable.

3.3 La necesidad de regulación de la pesquería de la anchoveta peruana

Esta necesidad debe ser determinada por las relaciones entre la cantidad de pesca y la captura total, la captura por unidad de esfuerzo y la captura marginal (o eficiencia marginal), que se muestran en las Figuras 6 y 9, y también por la probable actividad pesquera en ausencia de todo control. El esfuerzo total registrado en el período 1966/67 fue de 876,262 toneladas-mes, o, aplicando una corrección por la ausencia de pesca durante sábados y domingos a partir de Marzo, 760,000 toneladas-mes, o sea si además, se aplica un factor de 1.20 para corregir por el aumento en eficiencia, 912,000 toneladas-mes standard. Se puede hacer correcciones adicionales para tomar en cuenta el hecho que este esfuerzo no estuvo uniformemente distribuido en el año, pero fue ejercido principalmente en los meses en que la pesca fue buena, hecho que aumentaría el efecto en el stock. Como se puede ver en las figuras, un esfuerzo de 912,000 toneladas-mes es uno para el cual, para las dos asunciones consideradas, la captura total está todavía en aumento y la captura por unidad de esfuerzo y la captura marginal no son extremadamente bajas. Esto es, el esfuerzo de 1966/67 no debe ser considerado como obviamente demasiado grande. Sin embargo, el esfuerzo fue mantenido a este nivel debido a ciertos factores —veda, una huelga en Noviembre-Diciembre y una suspensión de la pesca en sábados y domingos a partir de Marzo. Fue por consiguiente mucho menor que el esfuerzo potencial alcanzable con la flota disponible.

El esfuerzo potencial en 1967/68, en ausencia de reglamentaciones puede ser previsto a partir del valor aproximado de 135,000 toneladas-mes que es el tamaño de la flota observado al comienzo de 1967, como de $135,000 \times 12 = 1,620,000$ toneladas-mes, o multiplicando por 1.20 por el aumento de eficiencia, 1,944,000 toneladas-mes standard. A este nivel de esfuerzo, como lo muestran varias figuras, es bastante cierto, según las curvas para reclutamiento constante, que se puede obtener un aumento adicional, pequeño de la captura y que la captura por unidad de esfuerzo y la captura marginal serán bien bajas. La captura marginal, en términos de la captura adicional producida al aumentar una unidad de esfuerzo es solamente 1.0 toneladas

por embarcación-toneladas-mes, o alrededor de 2,000 toneladas por embarcación de 150 GRT operando durante un año completo. También es muy posible, como lo muestra el otro juego de curvas, que la pesca podría reducir tanto el reclutamiento como para producir, después de unas cuantas generaciones una disminución apreciable de la captura total. Lo más deseable es por consiguiente que no se permita que el esfuerzo de pesca alcance el nivel potencial que podría alcanzar la flota presente si operase sin ninguna restricción.

Una reducción de esfuerzo puede conseguirse de diversas maneras. Indudablemente la mejor manera, como se ha señalado en informes anteriores, es reducir el tamaño presente de la flota. Las ventajas potenciales pueden ser deducidas del hecho que durante el período 1966/67 hubieron solamente alrededor de 170 días en los cuales la flota pudo operar, es decir, menos de medio año. Los períodos en los que se permitió la pesca fueron, a juzgar por el promedio en otros años, períodos con una captura por unidad de esfuerzo más bien alta comparada con la de períodos no permitidos. También en 1966/67 gran parte del mantenimiento de las embarcaciones se llevó a cabo durante la veda, y si la pesca hubiese sido irrestricta, este mantenimiento hubiese significado alguna pérdida de tiempo de pesca potencial. Tomando en cuenta estos dos factores, es probable que las restricciones redujeron el tiempo potencial efectivo de pesca del último período en algo menos de la mitad, es decir, que tal vez fue 55% de lo que hubiese sido en ausencia de restricciones. Esto es que el mismo esfuerzo total de pesca de 1966/67 hubiese podido obtenerse con una flota irrestricta igual en tamaño al 55% de la actual que hubiese pescado durante todo el año. La captura por embarcación hubiese sido entonces $1/0.55$, ó cerca de 1.8 veces mayor que la de 1966/67.

Este y otros cálculos en el presente informe, se basan en la asunción que una reducción en el tamaño de la flota podría ser efectuada reduciendo el número de embarcaciones sin alterar la fuerza promedio o eficiencia individual de cada una.

En realidad, cualquier reducción numérica de la flota, sería y debería ser efectuada retirando las embarcaciones menos eficientes. Así una reducción en la flota a un nivel tal que el esfuerzo de 1966/67 pudiese ser efectuado por la flota pescando durante todo el año implicaría reducir el número de embarcaciones en más de un 45% —tal vez en un 60%— y resultaría en un aumento de la captura promedio por embarcación de más de 80% —tal vez del 150%. Sin embargo, debe notarse que aquellas embarcaciones que continuasen en operación tendrían ya una captura individual mayor que el promedio y que el aumento para ellas sería solamente del 80% calculado anteriormente.

La mayor parte de los otros métodos de restringir el esfuerzo total, incluyendo los usados en el período 1966/67 —vedas, ya sean estas predefinidas o puestas en efecto cuando la captura total alcanza a cierto nivel (i.e., cuotas de captura) o la suspensión de la pesca en sábados y

domingos— no permiten que los costos totales se reduzcan en proporción a la reducción de la actividad pesquera. Por consiguiente no pueden ser recomendados como alternativas permanentes del método de reducir el tamaño de la flota; esta reducción más cierto control sobre la entrada a la pesquería ofrece el único método a largo plazo, de asegurar una pesquería propiamente administrada. Este objetivo no puede ser alcanzado en la presente estación de 1967/1968 y probablemente tampoco en el futuro cercano. Por esta razón se necesita algún otro control —vedas, cuotas, etc.— que se discuten en detalle en la sección siguiente.

3.4 Vedas

El principal efecto de una veda es reducir la mortalidad por pesca, en una proporción igual a la proporción de la captura total anual que normalmente sería tomada durante el período de veda. Si, por ejemplo, las tasas de pesca son constantes durante todo el año, una veda de un mes reducirá la mortalidad por pesca en un doceavo y tendrá el mismo efecto que cualquier otra medida que reduzca el esfuerzo total en la misma cantidad, es decir, una reducción en el número de embarcaciones de la flota de un doceavo.

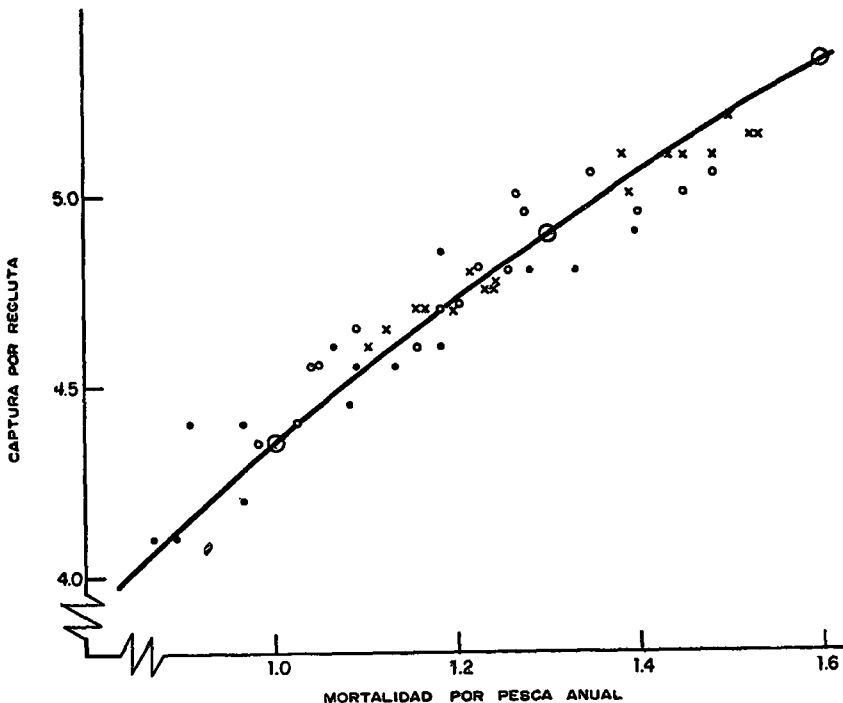


Figura 10. Efecto de las vedas sobre las capturas de anchoveta, medido como reducción de la mortalidad anual por pesca.

Esto puede verse claramente en la Figura 10, la cual proviene de los datos, presentados por Schaefer (1967), de los resultados del cálculo por computadora sobre el efecto de diferentes vedas. Los datos leídos de sus figuras han sido replotados de modo que expresen el rendimiento por recluta directamente en términos de la mortalidad por pesca total durante el año. Esta última fue determinada restando de la mortalidad anual la mortalidad esperada durante la veda tal como se deriva de la variación estacional de la disponibilidad dada por Schaefer en su Tabla II. En la figura también se muestra (como círculos grandes) el rendimiento obtenido de diferentes niveles de mortalidad por pesca mantenidos a través del año, sin ninguna veda. Los efectos de uno, dos o tres meses de veda se indican separadamente con cruces, círculos abiertos y círculos cerrados respectivamente. Todos los puntos caen sobre la misma curva con una pequeña dispersión indicando que el efecto de una veda es principalmente determinado por la reducción que causa en la mortalidad por pesca.

El efecto de las vedas sobre la abundancia del stock desovante, el cual puede o no ser importante, es ligeramente más complejo. Es claro que el efecto de una veda inmediatamente después de una estación de desove será pequeño en la siguiente estación de desove. Contrariamente, una veda inmediatamente antes de la estación de desove tendrá un efecto mayor. Esto se muestra en la Tabla 2. Ella da el stock desovante real (medido de acuerdo a la abundancia de peces al comienzo de Agosto) y el stock desovante que se esperaría de la reducción de esfuerzo para los diferentes períodos de veda examinados por Schaefer. Se verá que, como se sugirió anteriormente, una veda en Junio y Julio da stocks desovantes bastante mayores que los esperados. La mayor diferencia entre stock desovante real y esperado ocurre para esfuerzos de pesca elevados, y tres meses de veda en Mayo-Julio, o Abril-Junio, donde la diferencia es cerca del 10%. Por consiguiente, si el mantenimiento del stock desovante es importante y se tiene una veda en mente, es conveniente que esta sea inmediatamente antes de la estación de desove, digamos Mayo-Julio. Posiblemente una veda durante la estación de desove tenga un efecto menor ya que algunos de los peces cogidos habrán desovado ya y no habrá diferencia al desove total si estos peces son cogidos o no. Como el tiempo de desove varía de año en año, se presenta la dificultad práctica de que el tiempo más adecuado para la veda no puede ser previsto.

Otra veda que podría tener algún efecto beneficioso además de reducir la mortalidad es aquella durante el período cuando los peces pequeños son particularmente abundantes. Cálculos del peso cogido por recluta muestran que, al presente nivel de pesca, no habría un gran aumento en peso total cogido si se cambia el tamaño mínimo en el que los peces son cogidos por primera vez. Sin embargo, el rendimiento de harina de pescado por unidad de peso de peces pequeños es menor que el rendimiento por peces grandes, en parte porque apreciables cantidades de peces pequeños se pierden durante la descarga de las embarcaciones. Esta diferencia en valor puede ser considerada como del 50%, es decir, una tonelada de peces pequeños vale sólo como 50% de una tonelada de peces grandes. Este valor, para peces entre 8 y 11 cm., puede ser aplicado al cálculo del peso de una camada de 1000

Tabla 2. Efecto de las vedas sobre el stock desovante, tal como es dado por Schaefer (1967) para $F = 1.3$, y el efecto esperado del cambio en la mortalidad anual por pesca.

(a) Veda de un mes									
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S
Captura por recluta	4.6	4.8	4.7	4.7	4.6	4.7	4.75	4.75	4.75
Stock desovante: calculado	6.4	6.3	6.6	6.7	6.9	6.7	6.6	6.2	6.2
Esperado como efecto del cambio	6.6	6.3	6.4	6.4	6.6	6.4	6.3	6.3	6.3
Diferencia	-0.2	0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	-0.1	-0.1

(b) Veda de dos meses									
Meses	E-F	F-M	M-A	A-M	M-J	J-J	J-A	A-S	
Captura por recluta	4.55	4.65	4.55	4.35	4.4	4.6	4.7	4.7	
Stock desovante: calculado	6.6	6.8	7.2	7.6	7.6	7.1	6.7	6.3	
Esperado como efecto del cambio	6.7	6.5	6.7	6.9	6.8	6.6	6.4	6.4	
Diferencia	-0.1	0.3	0.7	0.7	0.8	0.5	0.3	-0.1	

(c) Veda de tres meses							
Meses	E-M	F-A	M-M	A-J	M-J	J-A	J-S
Captura por recluta	4.4	4.4	4.1	4.1	4.2	4.45	4.45
Stock desovante: calculado	7.1	7.4	8.1	8.2	8.0	7.2	6.7
Esperado como efecto del cambio	6.8	6.8	7.3	7.3	7.1	6.8	6.6
Diferencia	0.3	0.6	0.8	0.9	0.9	0.4	0.1

peces durante su vida en ausencia de pesquería presentado por Schaefer en su Tabla 10. Este ajuste que reduce el peso real de la camada en un 50% cuando son menores de 11 cm., resulta en un aumento más marcado en el valor total entre 8 y 13 cm. y particularmente entre 8 y 11 cm. que el aumento en peso total. (Tabla 3).

Tabla 3. Peso total estimado (grs.) de una camada de 1000 peces en ausencia de pesca con el peso del pescado pequeño ajustado al peso equivalente de peces grandes que dan el mismo rendimiento de harina.

Mes	Edad (meses)	Longitud (cm.)	P e s o	
			Real	Equivalente
Enero	5	8.0	3000	1500
Abril	8	10.4	5647	2824
Julio	11	12.0	7038	7038
Octubre	14	13.0	7107	7207
Enero	17	13.7	6664	6664

Un estimado mejor de los efectos de una veda a comienzos del año podría hacerse por adecuados cálculos de computadora. Estas estimaciones, por lo menos en la forma sugerida por Schaefer dan un límite superior para el efecto de tal veda ya que los cálculos se basan en la asunción que el reclutamiento ocurre precisamente al comienzo de Enero, a la longitud de 8 cm. Una veda en Enero protegería entonces a los peces de 8.0 a 8.9 cm., en Febrero de 8.9 a 9.7 cm., etc. En realidad, el periodo de reclutamiento es prolongado —peces menores de 8 cm. están presentes en números considerables de Diciembre a Abril— de modo que una veda en un mes no puede proteger peces de un tamaño determinado. Para tomar en cuenta esto puede usarse un modelo más complejo, pero no parece probable que este tipo de reglamentación pueda ser tan efectivo como otros tipos de reglamentación —por ejemplo, control del tamaño, de la malla de las arrastreras— que se puede aplicar en algunas otras pesquerías para dar una protección más específica a los peces pequeños.

Otro método de expresar los efectos de una veda durante la estación de la peladilla (peces pequeños) es a través del uso del concepto de la eficiencia marginal. Considérese el efecto de una veda en Febrero, cuando la captura hubiera sido de 1'000,000 de toneladas. Si la eficiencia marginal es, digamos, 25%, entonces el aumento real de la captura total es 250,000 toneladas, es decir que la pesca en Febrero reduce el stock de meses posteriores de tal

modo que la captura en esos meses se reduce en 750,000 toneladas. El millón de toneladas en Febrero es sin embargo equivalente en producción de harina a menos de 1'000,000 de toneladas de pescado capturado en otras épocas del año. En plena estación de la peladilla, el rendimiento cae probablemente de cerca de 5:1 a tal vez 8:1, es decir, 1'000,000 de toneladas de pescado en la estación de la peladilla produce solamente 125,000 toneladas de harina, lo mismo que 625,000 toneladas de pescado grande. Por consiguiente, si Febrero es el apogeo de la estación de peladilla, la pesca durante el mes causaría (para los valores usados aquí) una pérdida en producción de harina igual a $750,000 - 625,000 = 125,000$ toneladas. En consecuencia, una veda en Febrero aumentaría el rendimiento total en esta cantidad. En forma más general se puede decir que si la eficiencia marginal es menor que la caída en por ciento del rendimiento de harina por tonelada de pescado, entonces una veda durante la estación de peladilla dará un aumento en la captura total. Más aún, la diferencia entre la eficiencia marginal y la caída en los rendimientos de harina puede ser usada como una medida de la cantidad en que el rendimiento de harina será aumentado.

Además, de los dos períodos posibles que podrían ser escogidos por razones biológicas —dentro del período Enero-Marzo para proteger a los peces pequeños, o justo antes del desove, digamos en el período entre Mayo y Agosto para producir un stock mayor— consideraciones económicas sugerirían escoger una veda cuando las tasas de captura son las más bajas, es decir, Julio-Setiembre. Esto es porque durante este período una reducción dada del esfuerzo total requeriría una veda de duración mayor (y de aquí presumiblemente una reducción mayor en por lo menos los costos de operación), que durante otras épocas del año. Por ejemplo, usando los factores de disponibilidad dados por Schaefer, una veda durante dos meses en Julio y Agosto tiene casi exactamente el mismo efecto que una veda en Marzo (una reducción en esfuerzo total efectivo anual de $0.632 + 0.846 = 1.118$ veces el esfuerzo medio mensual, para una veda en Julio y Agosto, y 1,171 veces el esfuerzo medio mensual en Marzo). La reducción en los costos para una veda de dos meses sería presumiblemente el doble que la reducción para una veda de un mes.

La suspensión de la pesca en sábados y domingos no tiene ventajas biológicas especiales. Sin embargo, es conveniente, fácil de ponerse en efecto y tiene definidas ventajas sociales.

3.5 Cuotas de captura

Mientras que la imposición de una cuota de captura total tiene sobre las operaciones de la flota un efecto muy semejante al de una veda predeterminedada —excepto que la fecha del comienzo de la veda puede no ser conocida con mucha anticipación— algunas de los aspectos científicos son ligeramente diferentes. Si no hubiese otros cambios anuales en la abundancia de los stocks que aquellos debidos a la pesca, no habría problema. Sin embargo, en la anchoveta, como en otros peces, hay considerables variaciones

en la abundancia de diferentes clases anuales— por ejemplo la clase anual que entró a la pesquería al comienzo de 1967, desovada en el invierno de 1966, parece haber sido particularmente fuerte. Cuando en la pesquería existe una clase anual de gran abundancia, un esfuerzo total a un nivel dado dará capturas excepcionalmente altas, o el esfuerzo necesario para conseguir una captura total dada será extraordinariamente bajo. Los ajustes necesarios al esfuerzo total o a la captura total, o a ambos, para compensar tales variaciones de la intensidad de la clase anual, dependerán del tipo de relación entre la captura y el esfuerzo total y particularmente de la relación entre el stock y el reclutamiento.

Un rendimiento óptimo por recluta se obtiene aproximadamente al mismo nivel de esfuerzo independientemente de la fuerza de la clase anual de modo que, si el reclutamiento promedio no es afectado por cambios en el stock desovante dentro de la amplitud de población probable, entonces el esfuerzo deberá ser mantenido constante, y la captura total quedará sujeta a cambios de acuerdo con la fuerza de la clase anual. Si el reclutamiento depende de la abundancia del stock hasta tal punto que el mantenimiento del stock desovante a un nivel de abundancia correcto es importante para el éxito futuro de la pesquería, entonces tanto la captura como el esfuerzo deberían ser ajustados de acuerdo a la fuerza de las clases anuales presentes. Esto es porque, para conseguir la misma abundancia de desovantes a partir de una clase anual débil (digamos la mitad del promedio), comparada con una clase fuerte, se requiere que una mayor proporción de ella superviva hasta el desove, es decir, que el esfuerzo debe ser reducido. Este esfuerzo reducido causaría una reducción en la captura por recluta, y de ahí una reducción en la captura total mayor que en la fuerza de la clase anual. En caso extremo una sucesión de clases anuales muy pobres requerirá que el esfuerzo de pesca sea completamente suspendido por un período para asegurar un desove suficiente como para producir un reclutamiento adecuado. Contrariamente, si una clase anual fuerte entra a la pesquería, podría ser pescada con mayor intensidad de la usual y produciría un incremento de la captura total mayor que el proporcional al incremento de la fuerza de la clase anual.

Podemos por consiguiente concluir que cuando el esfuerzo de pesca puede ser directamente controlado, por ejemplo, mediante una veda que puede ser establecida de acuerdo al tamaño de la flota, una cuota para la captura total no es la forma más conveniente de reglamentación. Una cuota de captura requiere en cada período un ajuste que tome en cuenta la fuerza de la clase anual entrante, la cual no siempre se puede medir fácilmente. Con un control directo del esfuerzo, la captura realmente obtenida se ajusta automáticamente al nivel propio de la fuerza de la clase anual presente. La excepción se presenta cuando es importante mantener el tamaño del stock desovante y cuando una o más clases anuales pobres entran en la pesquería. Entonces, puede ser deseable, para los intereses de la industria a largo plazo, reducir el esfuerzo de pesca, y por ende reducir las capturas a un nivel muy bajo.

3.6 Reglamentación para la estación 1967/68

Una suspensión de la pesca en sábados y domingos estaba ya en efecto cuando se preparó el presente informe, y por consiguiente se asumió que en momentos cuando es en general deseable restringir la pesca, no habrá cambios de reglamentación que tiendan a aumentar el esfuerzo, es decir, que se continuará sin operaciones de pesca en esos días. Esto reduce el potencial anual de esfuerzo en 2/7, ó sea, a más o menos 1'400,000 toneladas-mes-standard.

A este nivel de esfuerzo la eficiencia marginal es, para el modelo de reclutamiento constante, 30%. Casi con certeza esta es menor que la caída en rendimiento de harina por tonelada de pescado durante la estación de la peladilla. Por consiguiente, una veda durante esta estación conduciría casi con certeza a un aumento de la producción de harina de pescado y es así definitivamente recomendada. La extensión y la ocasión de esta veda deberá ser ajustada para que cubra el período cuando los rendimientos de harina son bajos. Esta ocasión no puede ser prevista de antemano y la veda tendrá que ser introducida rápidamente una vez que los peces pequeños comienzan a aparecer en proporción considerable en las capturas. Asumiendo que la veda dure un mes, la reducción de esfuerzo será de alrededor del 10% (ya que las tasas de captura en la estación de la peladilla están por encima del promedio anual), o sea hasta cerca de 1'250,000 toneladas-mes-standard.

Este nivel de esfuerzo es menor que el que proporciona la captura máxima aún para la curva de reclutamiento dependiente de la densidad (Schaefer), de modo que cualquier reducción adicional de esfuerzo resultará en alguna reducción de la captura. La cuestión es si una reducción adicional del esfuerzo es deseable desde el punto de vista no biológico, por ejemplo, si la reducción en captura es menor que la posible reducción en costos que resultaría de reducir el esfuerzo. El método más promisor de obtener tal limitación adicional del esfuerzo, con la presente flota, sería una veda en el invierno, Julio, Agosto y Setiembre. Las tasas de captura durante este período son bajas y las operaciones de pesca durante todo este período de 3 meses, darían, usando los factores de disponibilidad de Schaefer, solamente una captura igual a 1.6 ($0.48 + 0.48 + 0.63$) veces la captura promedio mensual, es decir, cerca de 1.0 a 1.5 millones de toneladas. Las eficiencias marginales a tal nivel de esfuerzo son alrededor de 35% (para el modelo de reclutamiento constante) o menos del 10% (para el modelo de Schaefer). Esto es, que la pesca durante los tres meses Julio-Setiembre produciría a lo más un aumento neto de la captura total de $1.5 \times 35 = 0.525$ millones de toneladas, y probablemente mucho menos. Más que científica es una cuestión económica el determinar si vale la pena pescar por tres meses para producir este aumento real comparativamente pequeño de la captura total —o igualmente si se considera parte del período para una parte proporcional de esta captura. En consecuencia, no se hace aquí recomendaciones respecto a la veda durante el invierno.

3.7 Reglamentaciones para la estación 1968/69 y sucesivas

Es de esperarse que para la estación 1968/69 y especialmente para estaciones futuras, habrá una reducción significativa en el tamaño de la flota. Por consiguiente, el mantenimiento del esfuerzo de pesca total anual a un nivel deseado (cualquiera que pueda ser este), requerirá menores restricciones en la actividad de pesca por embarcación, es decir, estaciones de veda más cortas, o permitir la pesca durante sábados y domingos o ambos. Parece probable que cualquiera que sea el nivel de esfuerzo alcanzado, la eficiencia marginal será más baja que la caída en el rendimiento de harina durante el período de la peladilla, y la veda durante esta estación debería ser mantenida.

El grado de aflojamiento de las restricciones dependerá de la reducción de la flota —mientras más rápido se reduzca la flota, más pronto será posible, para las embarcaciones que queden, su operación a eficiencia completa, es decir, su operación durante todos los días que físicamente puedan hacerlo excepto durante la estación de peladilla.

Un aspecto de esto se refiere a las clases anuales que se recluten a la pesquería en 1968 y subsecuentes años. La fuerza de estas clases anuales es desde luego desconocida al presente, pero es muy posible que las de uno o más años sean muy pobres. Mientras que la relación entre el stock desovante y el subsecuente reclutamiento no es conocida, existe un riesgo definido en que el no reducir el esfuerzo sobre clases anuales muy pobres (y por ende reducir las capturas más aún, que proporcionalmente a la disminución del reclutamiento) conducirá a que las clases anuales sucesivas sean aún más pobres con graves consecuencias para la industria. Este es un asunto sobre el cual no existe certeza científica y la preferencia con respecto a la reglamentación debe ser una cuestión de balancear el deseo de pescar cuanto sea posible, especialmente en una estación en que la captura es de todos modos baja, contra la posibilidad de que ésto pueda conducir a capturas más bajas aún en años posteriores. Desde el punto de vista biológico, no se pueden hacer recomendaciones definidas respecto a esta preferencia.

4. RESUMEN — ABSTRACT

Se trata en general del problema de estudiar la dinámica de la población de un pez pelágico de vida breve, la anchoveta, incluyendo también el problema de obtener una medida correcta del esfuerzo pesquero.

Los datos disponibles indican que, en la anchoveta de mayor tamaño, la pesca es una causa de mortalidad casi tan importante como todas las otras juntas. Por lo tanto, un aumento en la mortalidad por pesca no aumentará mucho el rendimiento, por recluta. No se conoce aún el efecto de un stock adulto reducido sobre el reclutamiento subsiguiente. Se examinan dos hipótesis en relación con esto: la primera, que un incremento de la pesca muy por encima del nivel actual causará un gran descenso en la captura

total; la segunda, que un incremento de la pesca aumentará levemente la captura total, pero causará un notable descenso en la captura por unidad de esfuerzo.

Se examinan algunas medidas posibles para la regulación de la pesquería. Los mejores resultados se obtendrían, a la larga, limitando el volumen de la flota a la mitad aproximadamente del número actual de embarcaciones. Para la temporada de 1967/8 no se encuentra motivo para modificar la veda actual de sábados y domingos; una veda de temporada durante el período que abundan los peces pequeños, con bajo rendimiento de harina, no alteraría mucho el peso anual desembarcado, pero incrementaría la producción de harina, y una veda en invierno, cuando las capturas son escasas, reduciría los costos sin afectar en mucho o en poco la captura anual total.

Some general discussion is given of the problem of studying the population dynamics of a short-lived pelagic fish such as the anchoveta, including the problem of obtaining a correct measure of the fishing effort.

The available data shows that for the larger anchoveta fishing is almost as important a cause of death as all other causes together. Therefore further increases in fishing mortality will not increase the yield per recruit very much. The effect on subsequent recruitment of reducing the adult stock is not known. Two hypotheses concerning this are examined; on one, increased fishing much beyond the present level will cause a great decrease in total catch; on the other, increased fishing will slightly increase the total catch, but cause an appreciable decrease in catch per unit effort.

Possible measures for regulating the fishery are examined. The best results in the long run would be to limit the size of the fleet to around half the present number of boats. For the 1967/8 season there seems no reason to change the present closure on Saturdays and Sundays; a closed season during the time when small fish with low yield of meal are abundant will not alter the annual weight landed much but should increase the production of meal, and a closed season in the winter, when catches are low, should reduce costs without affecting the total annual landings much, if at all.

5. REFERENCIAS

BEVERTON, R. J. H. 1962. Long-term dynamics of certain North Sea fish populations. In *The exploitation of natural animal populations*, edited by E. D. Le Cren and M. W. Holdgate, Oxford, Blackwell Scientific Publications, pp. 242-59.

——— 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer* 154:44-67.

- BEVERTON, R. J. H. y S. J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Invest., Lond.* (2), 19:533 p.
- 1964. Tables of yield functions for fishery assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (38): 49 p.
- BOEREMA, L. K., *et al.*, 1965. Report on the effects of fishing on the Peruvian stock of anchovy. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (55): 44 p.
- GARROD, D. J. 1966. Stock and recruitment data for Arcto-Norwegian cod. ICES Gadoid fish committee 1966. Paper G. 8 (mimeo).
- GULLAND, J. A. 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fish. Invest., Lond.*, 20 (5): 40 p.
- 1961. Fishing and the stocks of fish at Iceland. *Fishery Invest., Lond.* (2), 23 (4): 1-32.
- 1964. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Fish. Tech. Paper* 40.
- (En prensa). The concept of the marginal yield from exploited fish stocks. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 32 (2).
- HERRINGTON, W. C. 1948. Limiting factors for fish populations. Some theories and an example. *Bull. Bingham oceanogr. Coll.*, 11 (4): 229-83.
- JORDÁN, R. y H. FUENTES. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. *Inf. Inst. Mar. Perú, Callao*, (10): 31 p.
- MURPHY, G. L. 1966. Population biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). *Proc. Calif. Acad. Sci.* 34 (1): 1-84.
- RICKER, W. E. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, (119): 300 p.
- SAETERSDAL, G. y J. E. VALDIVIA. 1964. A study of growth, size and recruitment of the anchovy (*Engraulis ringens J.*) based on length frequency data. *Bol. Inst. Mar. Perú, Callao* 1 (4): 136 p.
- SAETERSDAL, G., *et al.* 1965. Fluctuaciones en la abundancia aparente del stock de anchoveta en 1959-1962. *Bol. Inst. Mar. Perú, Callao*, 1 (2): 25-56.

- SCHAEFER, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. inter-Am. trop. Tuna Commn*, 1 (2) 25-56.
- 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bull. inter-Am. trop. Tuna Commn*, 2 (6) : 245-85.
- 1967. Dynamics of the fishery for the anchoveta *Engraulis ringens*, off Peru. *Bol. Inst. Mar. Perú, Callao*, 1 (5) : 191-303.
-