

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

BOLETIN

VOLUMEN I

NUMERO 5

DINAMICA DE LA PESQUERIA DE LA ANCHOVETA ENGRAULIS RINGENS, EN EL PERU

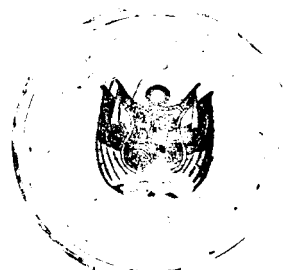
(Versión en castellano . . . pág. 189-264)

DYNAMICS OF THE FISHERY FOR THE ANCHOVETA ENGRAULIS RINGENS, OFF PERU

(English version . . . pág. 265-304)

Por - By

MILNER B. SCHAEFER



CHUCUITO, CALLAO, PERU

1967

E R R A T U M

Pag.	Pfo.	L.	D i c e R e a d s	D e b e d e c i r S h o o l d r e a d
195	1	13-14	como sugerencia ... considerable	"como sugerencia ... considerable"
195	1	27	datos no estan completa	datos no son tan completos
199	4	13-14	y consecuentemente la pesquería está afectado al stock	y en consecuencia reflejan los efectos de la pesquería en el stock
200	3	4-5	alguna duda	algun sesgo
207	2	21	alguna otra estadística alternativa	la otra estadística alternativa
219	3	5	1956 - 66	1965 - 66
228	1	8	conclusión ambigua	conclusión clara
273	1	9	fish the catch	fish in the catch
233	col.	8-9	654 754 1,096 1,756 1,836 1,654	654 709 754 878 1,096 1,096 1,756 1,836 1,846 1,654
301	6	7	Boerema, L. K....	(sec pag. 230)

DINAMICA DE LA PESQUERIA DE LA ANCHOVETA ENGRAULIS RINGENS, EN EL PERU

por

MILNER B. SCHAEFER *

(Figuras 1-24 y Tablas 1-11)

CONTENIDO

	Página
1. Introducción	192
2. Biología y estructura de la población	196
2.1 Estructura de la población	197
2.2 Desove y reclutamiento	197
2.3 Edad, crecimiento y composición por edades de las capturas	198
2.4 Peso promedio del pescado en las capturas	199
2.5 Mortalidad	200
3. Medidas de captura, esfuerzo y abundancia aparente	202
3.1 Registros de captura total	202
3.2 Crecimiento de la flota pesquera	203
3.3 Medida y estandarización del esfuerzo y de la captura, por unidad de esfuerzo	204
3.3.1 Duplicación de las embarcaciones en las estadísticas	207
3.3.2 Efectos de utilizar solamente embarcaciones con más de nueve descargas por mes	208
3.3.3 Corrección por "saturación"	211
3.3.4 Corrección por cambios en los aparejos de pesca	212
3.3.5 Unidades seleccionadas para su uso en este estudio	212
4. Relaciones de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo; estimación del rendimiento promedio máximo sostenido	212
4.1 Estimación del esfuerzo total y de la captura promedio por unidad de esfuerzo por regiones y para todo el litoral	213
4.2 Relaciones entre la abundancia aparente y el esfuerzo; estimación de los rendimientos sostenidos y del rendimiento promedio máximo sostenido	215
4.3 Condición actual de la pesquería en relación al rendimiento máximo sostenido	219
4.4 Relaciones con las poblaciones de aves guaneras	219
5. Análisis de rendimiento por recluta	221
5.1 Stock y reclutamiento	222
5.2 Edad y crecimiento	223
5.3 Tasas de mortalidad	223
5.4 Peso de una camada	225
5.5 Diagrama de isopletras de rendimiento	225
5.6 Modelo simulado de la pesquería	226
6. Literatura citada	230
7. Tablas	233 al 242
8. Figuras	243 al 264

* Institute of Marine Resources, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.

1. INTRODUCCION

Es sabido, desde hace mucho tiempo, que a lo largo de la costa del Perú y del norte de Chile hay una gran cantidad de anchoveta *Engraulis ringens*, que constituye el principal alimento de la gran población de aves guaneras y de los peces depredadores mayores, como se puede ver por ejemplo en la monografía de Hutchinson (1950) o en el sumario sobre la anchoveta de Jordán y Vildoso (1965). Se sabía también desde hace tiempo que la anchoveta sería materia prima apropiada para la producción de harina y aceite de pescado. Así, en 1940 la Compañía Administradora del Guano fue autorizada para la fabricación y venta, por cuenta del Gobierno Peruano, de harina de pescado e importó una planta de reducción en 1941; aparentemente nunca trabajó comercialmente, debido a la falta de una flota pesquera y otros factores, siendo vendida a un particular en 1950 (Compañía Administradora del Guano, 1951).

La utilización de la anchoveta, que es pescada por embarcaciones que en el Perú se llaman "bolicheras", para la producción de harina de pescado, comenzó y creció modestamente al empezar la década de 1950 (Tabla 1). En 1955 los desembarques totales alcanzaron a 59 mil toneladas. De ahí en adelante la pesquería creció con un paso espectacular, alcanzando 1.9 millones de toneladas en 1959, 6.3 millones en 1962 y, los mayores desembarques, 8.9 millones de toneladas en 1964. La flota pesquera fue bastante pequeña al comienzo. No hay datos disponibles que permitan determinar con precisión el número de embarcaciones dedicadas a la pesca de la anchoveta ya que las mismas también eran usadas para la pesca de otras especies, tales como el machete, el bonito y el atún. Sin embargo, de acuerdo a Tilic (1963) en 1953 se habían registrado en el país sólo 49 bolicheras con 959 toneladas de registro bruto en total. En la Tabla I de ese trabajo se muestra el crecimiento de la flota bolichera desde 1953 hasta 1962, ella alcanzó el número de 426 embarcaciones con 15,130 toneladas de registro bruto en 1959; 731 con 33,354 en 1960; y, 846 con 40,923 en 1961. A partir de 1959 y 1960 se dispone de información más detallada respecto a las embarcaciones dedicadas a la pesquería de anchoveta, gracias al mejor sistema estadístico establecido por el Instituto del Mar del Perú, conforme puede verse en la Tabla 1 a discutirse más adelante.

Tanto antes, como durante el desarrollo de la pesquería de anchoveta para la industria de harina de pescado y de aceite, funcionarios de la Compañía del Guano así como varios científicos, expresaron su temor de que tal pesquería podría conducir a consecuencias desastrosas, no sólo para la población de aves guaneras, sino también para la misma población de an-

chovetas. Se sostuvo que la disminución del stock de este pez, del cual depende la alimentación de las aves guaneras, daría por resultado la reducción desastrosa de las poblaciones de aves y consecuentemente de la producción de guano. También se sostuvo, por analogía con otras pesquerías de Norte América y Europa que han sido sobre-explotadas, que el desarrollo de una pesquería industrial conduciría inevitablemente a la sobre-pesca de la población de anchovetas con consecuencias desastrosas. Por ejemplo, Hutchinson (1950) estimó que una cosecha anual de guano de 150,000 toneladas requería por lo menos 1'460,000 toneladas de pescado y probablemente más. Indicó que, en el caso de la sardina de California, esta cantidad era mayor que la que se consideraba prudente para permitir una explotación permanente de ese recurso y sugirió, en consecuencia, que las aves guaneras, en la cúspide de su población, probablemente convierten en guano la cantidad de pescado que permite la permanencia indefinida de todas las partes del ecosistema en cuestión. Dijo: "Parece improbable que pueda constituirse una industria de fertilizantes artificiales altamente desarrollada, basada en una pesquería sin que ésta compita con las aves y sin que disminuya la población de peces hasta un nivel peligrosamente bajo". Antes aún, Murphy (1944) previno en contra del establecimiento de una industria de harina de pescado y en un informe de 1954 se opuso fuertemente a ello.

La conclusión de Hutchinson, y otros, de que la población aviar probablemente estaba utilizando toda la producción de anchoveta disponible depende, por supuesto, de la presunción implícita de que el alimento, representado por la anchoveta, era el factor limitante en el tamaño de la población aviar. La Compañía del Guano, sin embargo, tuvo gran éxito en sus esfuerzos para aumentar la población de aves guaneras, los cuales comenzaron alrededor de 1945 y consistieron no sólo en la protección de las aves en las islas sino también en aumentar el área de reproducción construyendo nuevas áreas protegidas en varias puntas, tal como lo indican, por ejemplo, Jordán y Fuentes (1966) como está documentado por la Compañía Administradora del Guano (1954). Se podría deducir de esto que la población aviar no era controlada por el alimento, sino por el área de reproducción y, consecuentemente, tal población no está utilizando completamente el rendimiento sostenible del recurso anchoveta. La subsiguiente historia de la pesquería que, como se puede ver en la Figura 2 de Jordán y Fuentes, permitió la existencia conjunta de una población bastante grande de aves y una pesquería de buen tamaño, confirma la conclusión de que la población aviar, sin la pesquería, no estuvo utilizando completamente la producción potencial del recurso. Con esto no se afirma, sin embargo, que ningún nivel de utilización de anchoveta por la pesquería no afecte a la población aviar. Ciertamente, como se verá más luego, existe un determinado promedio de producción máxima sostenida para repartirse entre la pesquería y las aves en la proporción que se desee, y que este máximo ha sido ya alcanzado.

La preocupación acerca del adecuado desarrollo, y apropiado control, de la utilización de la población de anchoveta, y también de otros recursos marinos del Perú, presenta un aspecto muy afortunado. Este aspecto es la creación en Noviembre de 1954 del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas integrado por representantes de los Ministerios de Marina, de Agricultura, de Hacienda y de la Sociedad Nacional de Pesquería a nombre de la Industria Pesquera (Compañía Administradora del Guano 1955. p. 13). Al mis-

mo tiempo se creó un Comité Científico Asesor, compuesto por representantes técnicos de las diversas entidades interesadas. Bajo los auspicios del Consejo, la investigación de la biología y ecología de los peces marinos, con especial referencia a la creciente pesquería de anchoveta, fue mejor coordinada y desarrollada entre las distintas reparticiones afines. En 1959 el Consejo organizó un sistema para recolección de los datos estadísticos referente a la captura y el esfuerzo en la pesquería de anchoveta.

En 1960 se estableció el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos mantenido conjuntamente por el Gobierno del Perú y el Fondo Especial de las Naciones Unidas. El Instituto empleó varios científicos extranjeros proporcionados por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas así como personal adicional de técnicos y científicos peruanos. Este Instituto mejoró y desarrolló más aún la recolección de datos estadísticos sobre la captura y el esfuerzo en la pesquería de la anchoveta, estableció un sistema para el muestreo de la captura en cuanto a la composición por tamaños y luego amplió los estudios de la biología y la ecología de esta especie, así como también de otras especies marinas de las aguas peruanas. Según el acuerdo con el Fondo Especial de las Naciones Unidas y la FAO., la Administración del Instituto de Investigación de los Recursos Marinos por ésta terminó en junio de 1964 y pasó a depender del Gobierno Peruano. El Instituto continuó su trabajo con el nombre de Instituto del Mar del Perú y contó con la prorrogada ayuda de algunos expertos y técnicos de la FAO (Instituto del Mar del Perú, 1964, p. 18).

El trabajo del personal del Instituto del Mar del Perú de recolectar los datos referentes a la captura y el esfuerzo, la composición por tamaños de la captura y la información sobre la biología y ecología de la anchoveta, ha hecho posible el control del desarrollo de la industria pesquera con miras a evitar, por un lado, la sobre-explotación de la población de anchoveta y, por otro, detener en forma prematura la explotación de este recurso antes de que realmente sea necesario. Este es uno de los pocos casos en los que se ha recolectado y analizado datos estadísticos y biológicos adecuados durante el desarrollo inicial de una pesquería comercial importante. El Gobierno y la Industria del Perú merecen ser congratulados por su previsión al recolectar información a base de la cual pueden examinarse el estado de la pesquería y así decidir su futuro desarrollo en forma objetiva y científica.

Muchos de los datos colectados por el Instituto (frecuentemente mencionado de ahora en adelante como IMARPE) han sido analizados y publicados en una serie de boletines e informes. En particular, los datos estadísticos sobre captura y esfuerzo han sido examinados por Saetersdal y otros (1965) con el objeto de llegar a una medida adecuada de la captura por unidad de esfuerzo de pesca, que refleje los cambios en la abundancia aparente de la población de anchoveta. Usando los datos de 1959 a 1962, se idearon dos índices de abundancia aparente: (A) la captura mensual media por tonelada de registro bruto de las embarcaciones con más de 9 viajes desembarcados en un puerto dado por mes, corregida por los efectos de cambios en la eficiencia de los aparejos de año a año. (B) el mismo índice pero con un ajuste adicional por un "efecto de saturación".

En Diciembre de 1965 L. K. Boerema y G. Saetersdal, de la FAO, en colaboración con I. Tsukayama, J. E. Valdivia y B. Alegre, del Instituto

del Mar del Perú, publicaron un informe sobre los efectos de la pesquería en el stock de la anchoveta peruana (Boerema y otros, 1965). En este informe se emplearon cuatro diferentes sistemas de medida del esfuerzo de pesca y las correspondientes capturas por unidad de esfuerzo para evaluar la abundancia aparente de la anchoveta (para los años 1959 a 1964). Los diferentes sistemas de medida no son proporcionales, pero todos ellos muestran una declinación en la captura por unidad de esfuerzo en 1963 y 1964 en comparación con los años anteriores. La declinación de la abundancia aparente junto con un aumento concomitante del esfuerzo de pesca y con el hecho de que también se ha observado, a través de los años, un aumento en la proporción de viajes sin captura y una disminución en la media del número total de días de trabajo por embarcación en la mayor parte de los puertos, han servido como sugerencia de que la pesquería podía haber afectado el stock en un grado considerable. Los autores también utilizaron los datos de la composición por tamaños de la captura, junto con los datos de captura y esfuerzo, para estimar la abundancia de cada clase anual de reclutas que entran a la pesquería y la captura total en peso que es tomada de cada clase recluta, y a partir de estos datos estimaron la relación entre la captura por recluta y el esfuerzo de pesca. Concluyeron que "...la pesquería se está llevando a cabo con un esfuerzo muy cercano a lo que teóricamente daría el rendimiento total máximo". Aquí debe explicarse que los autores **no distinguen** entre el promedio máximo del **rendimiento total** y el promedio máximo del **rendimiento por recluta**, porque ellos creen que una disminución en la abundancia de la población, causada por la pesca, no resultará en cambios del tamaño de la clase recluta bajo "circunstancias normales". Su conclusión esencial fue, por consiguiente, que, aunque los datos no es tan completa como pudiera desearse, hay suficiente evidencia que indica que "el esfuerzo de pesca ha alcanzado un nivel tal, que un aumento ulterior del mismo resultará en sólo un aumento pequeño, si hubiera aumento, de la captura total. En otras palabras, el nivel del esfuerzo total de pesca es tal que, con el presente tamaño promedio del pez recluta, el stock de anchovetas está explotado hasta un punto muy cercano a su máxima producción sostenible". Reconocen que si la reducción en la población afecta el reclutamiento, un aumento en el esfuerzo de pesca podría resultar en una disminución, posiblemente grave, de los desembarques totales. Parece, sin embargo, que los autores no consideraron que esta posibilidad era muy probable porque no recomendaron (página 3) ninguna otra medida para limitar el esfuerzo total de pesca a excepción de la limitación de la flota dedicada a la pesquería, aparentemente sobre la base de que un aumento del esfuerzo resultaría solamente en una mayor disminución de la captura por unidad de esfuerzo y no en una disminución de la captura total, de tal modo que la única necesidad de regulación (por limitación de ingreso a la pesquería) era para prevenir la sobrecapitalización de la industria.

En las postrimerías de 1965 comencé un examen independiente de la dinámica de la pesquería de anchoveta a pedido de la Sociedad Nacional de Pesquería y con el completo consentimiento del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Con este objeto no sólo todo el trabajo publicado anteriormente, incluyendo una copia antelada del manuscrito de Boerema y otros (1965), se puso a mi disposición, sino también los datos de los archivos de IMARPE. Estos se complementaron con información adicional de la Sociedad Nacional de Pesquería y otras entidades de la industria.

El objeto de esta publicación es informar acerca de los aspectos importantes del resultado de estas investigaciones, en especial lo que respecta a la estimación del estado de la pesquería, el nivel de rendimiento máximo sostenido y algunos efectos de las posibles medidas de regulación.

Reconocimientos

Particularmente estoy agradecido a mis colegas científicos que han contribuido a este estudio de diversos modos. El Dr. Garth I. Murphy, anteriormente de la Scripps Institution of Oceanography de La Jolla, California, actualmente Profesor de la Universidad de Hawaii, comenzó los estudios detallados compilando los datos y analizándolos preliminarmente en el Perú en el periodo de Agosto 31 a Setiembre 16, 1965 y subsecuentemente participó en los análisis adicionales en nuestro laboratorio. El Sr. Ulises Robles de la Sociedad Nacional de Pesquería ayudó al Dr. Murphy en su trabajo inicial en el Perú y después pasó varios meses en nuestra oficina de La Jolla ayudando en la continuación de los análisis, y luego con la ayuda de su personal en el Perú, proveyendo mayor información y ayudando en la compilación y análisis de datos. La Srta. Isabel Tsukayama del Instituto del Mar del Perú también pasó algunos meses en La Jolla, como becada de la FAO, asistiendo en la compilación y análisis de los datos y subsecuentemente ha ayudado grandemente con la provisión de datos adicionales y análisis. Otros miembros del IMARPE también han contribuido con la más valiosa ayuda en la extracción, tabulación y provisión de datos; particularmente quiero agradecer la ayuda de Isaác Vásquez, J. E. Valdivia y R. Jordán. Alfredo Freyre, Director General del IMARPE, y Jorge Sánchez, Director Técnico, no solamente han alentado mi trabajo, sino que también han dado todas las facilidades del Instituto para ayudarme en mis estudios durante mis visitas al Perú.

El Dr. Anthony Burd, experto de la FAO del Lowestoft (England) Fisheries Research Laboratory, como Asesor del IMARPE, ha proporcionado invaluable consejo y ha permitido que me refiera a los resultados de algunas de sus investigaciones, todavía no publicadas, sobre el crecimiento y las tasas de mortalidad de la anchoveta.

Las presentes investigaciones han sido posibles por la ayuda de la Sociedad Nacional de Pesquería, consistente tanto en ayuda financiera como en las facilidades de sus oficinas y su personal para auxiliar mi trabajo en el Perú, además de datos estadísticos muy útiles. Estoy especialmente agradecido a Carlos Otero Lora, Gerente General de la Sociedad, al proporcionarme toda clase de ayuda posible en estas investigaciones.

2. BIOLOGIA Y ESTRUCTURA DE LA POBLACION

El conocimiento actual de la biología, ecología y estructura de la población de anchoveta, basado en las investigaciones de científicos peruanos y otros en las costas del Perú, y que cubren un buen número de años, ha sido recientemente resumido por Jordán y Vildoso (1965). Información adicional, basada en investigaciones recientes en la costa de Chile, ha sido resumida por Brandhorst (1965). Por consiguiente no revisaré en detalle ni la biología ni la ecología de esta especie. No obstante, a fin de comprender

Boerema y otros (1965) no han tratado de estimar la tasa de mortalidad total ni tampoco las tasas de mortalidad natural y por pesca separadamente, pero han intentado estimar la razón entre la tasa de mortalidad por pesca y la tasa de mortalidad total, razón que ellos llaman "tasa de explotación", y lo han hecho para los años de 1961 a 1964, a base de los peces capturados por unidad de reclutamiento en diferentes años y el correspondiente esfuerzo de pesca. Sus cálculos indican una tasa de explotación promedio de alrededor de 0.67 en 1964. Creo, sin embargo, por varias razones, que no se puede confiar mucho en esta estimación. Primeramente, se notará que los resultados muestran una amplia variación de acuerdo a los pares de años de reclutamiento que se tomen en cada caso como base de los cálculos. En segundo lugar, el índice de reclutamiento empleado es, en gran parte, derivado y muy bien podría tener un error sistemático debido a la variación de la selectividad por tamaño de la pesca, la cual está relacionada con la abundancia como se mencionó arriba. También las fórmulas empleadas dependen de asumir implícitamente que el esfuerzo de pesca se aplica igualmente a todos los grupos de peces de un año y que la tasa de mortalidad por pesca, que es proporcional a tal esfuerzo, también se aplica igualmente a todos los grupos. Este supuesto puede no ser cierto en la medida que exista variación en la disponibilidad de los dos grupos de edad, variación que está relacionada con la abundancia.

Como se notará subsecuentemente, he empleado otro método al tratar de estimar aproximadamente los niveles de la mortalidad natural y por pesca, el cual consiste en variar los parámetros de mortalidad en un modelo simulado de la pesca para la computadora y luego observar cuál de ellos parece corresponder mejor al peso promedio de los peces y a la proporción de peces de los dos grupos de edades en la captura. Sobre esta base he obtenido un valor para el coeficiente de mortalidad natural $M = 1.00$ como el más probable y para el coeficiente de mortalidad por pesca $F = 1.00$ para los tamaños disponibles a un nivel de esfuerzo de pesca correspondiente al que existía alrededor de 1964-65.

Más recientemente, el Dr. Anthony Burd (comunicación personal) ha podido estimar las tasas de mortalidad de los tamaños completamente disponibles basándose en la composición de edades de las capturas de los peces más grandes, composición obtenida con la ayuda de la lectura de los otolitos. El ha podido emplear las marcas de los otolitos, que tienden a formarse dos cada año, junto con los datos de frecuencia de tamaño, para estimar el número de peces en los grupos de edad que son completamente reclutados. Siguiendo la abundancia aparente de los grupos de edades en períodos sucesivos, ha podido estimar las tasas de mortalidad total para cada uno de varios años y luego relacionar éstas con el esfuerzo de pesca. Comparando la tasa de mortalidad total con el esfuerzo de pesca, se puede determinar, a base de la intersección de la línea de regresión, la tasa de mortalidad natural. Los datos deducidos por Burd, de los cuales muy gentilmente me ha proporcionado un gráfico, indican una variabilidad sorprendentemente pequeña alrededor de las líneas de regresión apropiadas. Sus datos indican que la tasa de mortalidad total para Chimbote en 1964-65 fue de alrededor de 2.00 mientras que la tasa de mortalidad natural era aproximadamente de 1.2. Los datos para el Callao indican una tasa de mortalidad total en 1964-65 de alrededor de 1.75 y una tasa de mortalidad natural de cerca de 1.0. Me complace por supuesto que estos estimados de las tasas de mortalidad correspon-

dan con las que yo he utilizado en el análisis de la captura por recluta, que se presentará más adelante en este trabajo.

3. MEDIDAS DE CAPTURA, ESFUERZO Y ABUNDANCIA APARENTE

El examen de la dinámica de una pesquería comercial depende fundamentalmente de tener adecuadas estadísticas para determinar la captura total, el esfuerzo de pesca utilizado para la captura y la abundancia de la población pescable. Esta última puede ser estimada a partir de la captura por unidad de esfuerzo si es que el esfuerzo se mide en unidades apropiadas (que sean comparables de año en año), esto es, si permiten asumir que una unidad de esfuerzo toma, en promedio, una fracción fija de la población pescable.

Ya que la captura total es igual al esfuerzo total multiplicado por la captura por unidad de esfuerzo, si se puede medir dos de estos factores, el tercero puede ser calculado. La captura total (desembarques totales) generalmente es la estadística de más simple obtención de las tres y tal es el caso con la pesquería de la anchoveta. Normalmente es muy difícil obtener directamente los datos sobre el esfuerzo total porque es casi imposible recolectar información sobre las operaciones de cada una de las embarcaciones de la flota. En consecuencia, lo más conveniente es obtener datos sobre la captura, y el correspondiente esfuerzo, de una muestra representativa y de buen tamaño de la flota que además sea comparable, o susceptible de ser comparable, de año a año. De esta muestra se puede estimar la captura por esfuerzo; el esfuerzo total se calcula entonces dividiendo esta captura por esfuerzo entre la captura total.

3.1 Registros de captura total

Los datos de los desembarques totales, tanto para todo el país como para los puertos por separado, han sido recolectados desde que comenzó la pesquería de anchoveta en el Perú. Hasta 1958 los datos fueron compilados por la Dirección de Pesquería del Ministerio de Agricultura y a partir de 1959 han sido obtenidos mediante el sistema estadístico establecido por el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas y continuados por el IMARPE. La serie de desembarques totales para todo el país se dan en la Columna 2 de la Tabla 1. Por lo menos desde 1960, los datos han sido compilados a base de informes de las plantas de reducción de donde el personal de IMARPE obtiene los referentes a los desembarques. Se cree que estos datos son bastante completos. Puede haber, sin embargo, alguna variación con respecto a la exactitud con que estos datos sobre desembarques totales representen las capturas reales, especialmente cuando las diferencias entre desembarques y capturas pueden ser influenciadas por la composición de tamaño de los peces en las capturas. Cuando los peces muy pequeños, la "peladilla", son abundantes en las capturas, puede haber alguna pérdida de materia prima al descargar las embarcaciones, lo cual no ocurre con el pescado más grande. En algunas pesquerías, cuando hay pescado muy chico y de valor inferior al promedio, no es fuera de lo común que los compradores registren cantidades menores que las realmente descargadas; esto posiblemente podría también ocurrir en esta pesquería. Hasta donde yo sepa, estas posibles fuentes de error no han sido evaluadas pero se cree que sean relativamente menores, de modo que los errores en la serie de desembarques totales pro-

el resto de este estudio, es útil revisar algunos aspectos de la estructura de la población y de la biología importantes para el análisis de la dinámica de la pesquería.

2.1 Estructura de la población

Engraulis ringens está presente durante todo el año en las aguas de las Corrientes de Chile y del Perú, desde Perú Septentrional a Chile Central; se presenta estacionalmente aún más al Sur. Según Brandhorst y otros (1965) la población chilena puede ser separada en dos grupos geográficos, uno en la zona Sur entre Coquimbo y Talcahuano y otro en la zona Norte entre Antofagasta y Arica, la separación es a base de cuentas vertebrales.

No está claro si los stocks de anchoveta a lo largo de la costa del Perú y parte de la del Norte de Chile se mezclan suficientemente como para ser tratados como población única, o si deben ser tratados como varias subpoblaciones. Las investigaciones sobre cuentas vertebrales y la composición por tamaño han mostrado un alto grado de homogeneidad a lo largo de la costa. Parece que existe, sin embargo, una tendencia significativa en la variación del número de branquiespinas de Norte a Sur. Estudios recientes todavía no publicados sobre la tasa de crecimiento en Chimbote y Callao, por Anthony Burd, indican que también puede haber algunas diferencias respecto a esta característica.

Es de importancia extrema que la estructura de la población y las migraciones de la anchoveta a lo largo de la costa peruana sean elucidadas lo más pronto posible, y se recomienda insistentemente que con este objeto se comiencen adecuados experimentos de marcación. Mientras tanto, es necesario considerar, para analizar los datos de captura y esfuerzo, tanto la posibilidad de homogeneidad como la de heterogeneidad de los stocks. Por consiguiente, como se verá, los datos se han analizado tanto a base de que la población de anchoveta en el Perú sea una sola unidad, como a base de considerarla compuesta de tres unidades separadas.

2.2 Desove y reclutamiento

La anchoveta desova a lo largo de toda la costa del Perú, a partir de las proximidades de Punta Aguja cerca de los 06°S, hacia el Sur. Algo de desove ocurre durante todo el año. Sin embargo, el período principal de desove comprende seis a ocho meses desde Agosto hasta Febrero o Marzo, con un ápice generalmente entre Agosto y Octubre, lo cual dá por resultado un período principal de reclutamiento de Enero a Marzo. Un ápice secundario de desove en el otoño aparentemente resulta algunas veces en un reclutamiento secundario en la primavera, en Julio-Agosto-Setiembre (Saetersdal y Valdivia 1964).

La clase recluta entra al stock pescable con un tamaño de alrededor de 8 centímetros y una edad de cerca de 5 meses. Sin embargo, como se puede ver en las curvas de tamaño-frecuencia de Saetersdal y Valdivia (1964), Boerema y otros (1965) y Jordán y Vildoso (1965), los peces no están completamente disponibles para la pesquería sino cuando llegan a un tamaño mucho mayor, cerca de los 14 centímetros. De los datos de longitud-abundancia, parece probable también que la selectividad de la pesquería haya esta-

do cambiando de acuerdo a la disminución de la abundancia del pescado. En años recientes, con menor abundancia de población, parece que el esfuerzo de los pescadores dió por resultado una más grande proporción de peces pequeños en comparación a lo que sucedía en los primeros años, tales como 1961 y 1962, cuando el total de la población de anchoveta era mayor.

En vista de esta aparente tendencia en la selectividad por tamaño de la pesquería, es muy difícil estimar con seguridad la abundancia de las diferentes clases anuales. Sin embargo, es evidente que, aunque existen variaciones notables de año a año en el éxito del desove, y del consecuente reclutamiento en la población pescable, las variaciones ocasionadas por el medio ambiente no son grandes. Por lo menos no se han encontrado grandes variaciones en 1961 a 1966, años para los cuales existen datos con que estimar la fuerza de la clase anual aunque sólo aproximadamente. El estimado de la abundancia del reclutamiento que utiliza Boerema y otros (1965), cuyos valores numéricos se dan en la Tabla III de su Anexo, muestra una amplitud total con sólo un factor 2. La clase anual que entró en 1966 fue un tanto mejor que las tabuladas por Boerema y otros, y así la abundancia de esta clase extendería algo la amplitud. Sin embargo, la amplitud de variación observada es probablemente, en parte por lo menos, debida a alguna relación entre la abundancia de la población y el reclutamiento. En todo caso, la amplitud de la variación en la fuerza de las clases anuales hasta ahora observada en la anchoveta peruana es pequeña comparada con las variaciones muy grandes en la fuerza de las clases anuales de especies tales como el arenque del Atlántico Norte, el arenque del Pacífico o la sardina de California, para las que variaciones con un factor de 20 ó más, no están fuera de lo común. La estabilidad relativa en el reclutamiento de *Engraulis ringens* es debida probablemente al hecho de que esta especie desova a lo largo de una gran área y durante un largo período, de manera que las variaciones del medio, entre estaciones, tienen efectos sobre la supervivencia de las crías que tienden a anularse en promedio.

2.3 Edad, crecimiento y composición por edades de las capturas

Las determinaciones de edad y de tasa de crecimiento de esta especie se basan principalmente en el estudio de la progresión continua de grupos modales en las muestras de captura, tal como se describe por Saetersdal y Valdivia (1964) y como están resumidas por Jordán y Vildoso (1965). Después de su entrada en la pesquería cuando tienen un tamaño de cerca de 8 centímetros y una edad alrededor de 5 meses, los peces del grupo modal se distinguen claramente y pueden fácilmente identificarse en las capturas hasta más o menos un año después. Subsecuentemente, la tasa del crecimiento en longitud es tan baja en relación a la dispersión de tamaños alrededor del tamaño modal, que los modos ya no son fácilmente distinguibles. Los modos que corresponden a edades mayores de 18 meses, aproximadamente, pueden, por tanto, consistir en peces de más de un grupo de edad que no pueden ser distinguidos fácilmente. La situación es similar a la que ocurre con la anchoveta tropical, *Cetengraulis mysticetus*, cuyo crecimiento fue estudiado por Howard y Landa (1958). La longitud modal de grupos de más de un año de edad aproximadamente, no podían ser descompuestos fácilmente en grupos por edad, y, por consiguiente, no era evidente si había uno o más grupos de edad en el modo más avanzado. Después se encontró a base de experimentos de marcación por Bayliff (1966) que unos cuantos pe-

ces sobrevivían hasta su tercer año. De las marcas de los otolitos (Boerema y otros, 1965, Figura 7) parece que una pequeña fracción de *Engraulis ringens* también vive hasta edades mayores. No obstante como se hará notar más luego, la tasa de mortalidad total es lo suficientemente alta como para que sólo una fracción insignificante de un grupo de edad persista después de haber estado en la pesquería por más o menos 18 meses; en consecuencia, la incapacidad para distinguir entre las edades mayores no influenciará indebidamente la determinación de la curva de crecimiento a partir de las frecuencias de tamaño.

Saetersdal y Valdivia (1964) han ajustado una curva de crecimiento de Von Bertalanffy a sus datos para esta especie, con las constantes $L_{\infty} = 15$ cm. y $K = 1.7$. Esta curva de crecimiento, en la forma longitud por edad y la correspondiente curva de crecimiento de peso por edad, empleando la relación longitud-peso indicada en la Tabla IV del Anexo de Boerema y otros (1965), se ha usado en algunos de los análisis de este trabajo. Las representaciones gráficas de estas curvas se dan en la Figura 17.

Boerema y otros (1965) separaron las capturas mensuales en clases de edad para lo que usaron una técnica gráfica visual para determinar los límites de tamaño que separan esas clases. Con la ayuda de Isabel Tsukayama, yo también he usado una técnica similar. Sin embargo, descompusimos las curvas de frecuencia en sus componentes de clases por edad valiéndonos de curvas de probabilidad normal obtenidas en papel de probabilidad (Cassie 1950). El examen de la composición de edades de la captura por cualquiera de estos métodos, indica que los peces no sólo crecen muy rápidamente, sino que también sufren una alta tasa de mortalidad, de modo que como se ha anotado más arriba, pocos miembros de una clase anual entrante permanecen en la pesquería después de haber estado en ella por 18 ó 20 meses.

2.4 Peso promedio del pescado en las capturas

La composición de la población y de la captura, por tamaños, depende, desde luego, de la magnitud del reclutamiento de los grupos de edades que constituyen la población, de la tasa de crecimiento de los individuos, y de las tasas de mortalidad natural y por pesca. A un nivel dado de reclutamiento y con una curva de crecimiento fija, los cambios en la composición de tamaño de la población reflejarán cambios de la tasa de mortalidad total y, si la tasa de mortalidad natural es constante, entonces habrán cambios en la tasa de mortalidad por pesca. Con una selectividad por tamaño constante en la pesquería a través de los años, cambios similares serán observados en las capturas. Así, cambios hacia una edad promedio menor en las capturas, junto con una disminución correspondiente en la longitud y el peso promedios, pueden ser tomados como evidencia de un aumento en la tasa de mortalidad por pesca y consecuentemente la pesquería está afectando el stock. Han sido notados cambios en los promedios de longitud y peso de 1961 a 1964, por Jordán y Vildoso (1965, página 28) y por Boerema y otros (1965, página 11), los que fueron atribuidos por estos autores como muy probablemente debidos a efectos del aumento del esfuerzo de pesca total.

El peso promedio de los peces en las capturas, puesto que refleja los efectos combinados del crecimiento y la mortalidad, se usa en una sección posterior de este estudio como un criterio para seleccionar el coeficiente de

mortalidad apropiado en un modelo de la pesquería simulado para la computadora. Por esta razón hemos recalculado el peso promedio del pescado en las capturas de cada año, desde 1962 hasta 1965 en los puertos de Callao y Chimbote. Los cálculos se hicieron aplicando a las distribuciones tamaño-frecuencia de las muestras de captura en cada puerto, para cada mes, la relación longitud-peso publicada por Boerema y otros (1965, página 42). Las frecuencias de tamaño combinadas mensualmente que se han empleado son las mismas publicadas por Boerema y otros Tabla I del Anexo hasta 1964; y, para 1965, consisten en datos similares de los archivos del IMARPE.

El peso medio del pescado en las capturas fue calculado para cada mes y puerto, a partir de la distribución mensual de frecuencia-longitud y de la relación entre longitud-peso. Tal peso promedio fue dividido después por la captura total en peso, a fin de obtener la captura total en números. De la captura total en números, sumada para todo un año en un puerto dado, y de la captura total en peso sumada similarmente, se calculó el peso promedio del pescado en la captura para cada año en gramos. Los resultados son los que siguen:

	Callao	Chimbote
1962	18.06 gr.	18.54 gr.
1963	16.22 "	16.69 "
1964	14.04 "	14.09 "
1965	14.52 "	14.73 "

La razón de haber calculado estos pesos promedios en vez de emplear los pesos promedios correspondientes a clases anuales, tabulados por Boerema y otros en las Tablas V y VI de su Anexo, es que se cree que el método usado por ellos, siguiendo a Saetersdal y Valdivia (1964), introduce alguna duda. Esto es debido a que como se verá en Saetersdal y Valdivia (1965, Sección 3.1), a las muestras de composición por longitud, que representan peces de grupos de tamaño diferentes, se les aplicó una "corrección" para que la contribución de cada grupo se aproxime a la que hubiera tenido en el caso de que el número de peces tomados en cada muestra de las embarcaciones hubiera sido el mismo para todas ellas, lo que en realidad no ha sido así, porque lo que se ha tomado es un volumen aproximadamente constante para cada muestra. Esta "corrección" en realidad introduce un sesgo en el cálculo del peso promedio del pescado en la captura, sesgo que tiende a exagerar la contribución de los peces más grandes. Se notará, por consiguiente, que los promedios que se han dado arriba tienden a ser un tanto menores que los que se dan en la referencia citada.

2.5 Mortalidad

Al seguir la progresión modal de los grupos de edades en su paso a través de la pesquería se constata que así como crecen muy rápidamente, también mueren rápidamente. Sin embargo, debido a la selectividad por tamaño de la pesquería, de acuerdo con la cual los miembros de una clase anual no son completamente reclutados sino hasta una edad relativamente avanzada, la determinación de la mortalidad total por el método clásico de medir la abundancia aparente de los grupos modales a su paso por la pesquería (Hennemuth 1961) no es posible.

blemente no son mayores que los del muestreo, y de otros errores que pueden ocurrir en la estimación de la captura por unidad de esfuerzo.

3.2 Crecimiento de la flota pesquera

Las cifras en varias columnas de la Tabla 1 reflejan el rápido crecimiento de la flota pesquera peruana dedicada a la pesca de la anchoveta desde 1960 hasta 1965. En la Columna 4 de esa Tabla se dá la cantidad de embarcaciones, en cada año, para las cuales el IMARPE tiene estimados del tonelaje bruto de registro, cuyo total se muestra en la Columna 5. En algunos de los años hay embarcaciones cuyos tonelajes no son conocidos y de las que se presume estuvieron dedicadas a la pesca de la anchoveta; la cantidad de estas embarcaciones se dá en la Columna 7, y los totales de ambas categorías en la Columna 8. Las embarcaciones cuyo tonelaje bruto de registro no es conocido pueden no haber estado realmente en la pesquería de anchoveta durante gran parte del año. En cualquier caso, sus capturas constituyen ciertamente una proporción pequeña de los desembarques totales, lo que se puede ver en el hecho de que los desembarques de todas las embarcaciones con tonelaje bruto conocido, que se muestran en la Columna 6, abarca casi el total de todos los desembarques de anchoveta en el Perú desde 1962 hasta 1965. En la última columna de la Tabla se dá el número total de embarcaciones empleadas en la pesquería, al fin de cada año, de acuerdo a Boerema y otros (1965). Se verá que el total de embarcaciones de la flota en 1960-61 dado por esos autores no está de acuerdo con los datos tabulados para mí por la Srta. Tsukayama ni tampoco con las cantidades tabuladas por Saetersdal y otros (1965) para los mismos años (la discrepancia en 1964 se debe seguramente a un error de imprenta en Boerema y otros). Estas discrepancias, me parece, no tienen gran importancia, porque, las embarcaciones con tonelaje bruto de registro conocido constituyen el componente principal de la flota, como ya se mencionó, y contribuyen casi por sí solas al total de las capturas en cada año.

Se puede ver en esta Tabla que el número de embarcaciones ocupadas en la pesquería ha aumentado muy rápidamente junto con el incremento en el total de desembarques. Tanto el número de embarcaciones (con tonelajes brutos conocidos), como el total de desembarques, aumentó con un factor de cerca de 2.4 de 1960 a 1965. Sin embargo, el aumento en el número de embarcaciones por sí mismo no refleja adecuadamente el aumento en el poder de pesca de la flota, porque al mismo tiempo que el número de embarcaciones es mayor su tamaño promedio es incrementado.

Una representación un tanto más adecuada del cambio de la flota pesquera dedicada a la anchoveta, incluyendo los cambios en su composición por tamaño, se obtiene tabulando el número de embarcaciones-meses, por categoría de tamaños de embarcaciones, aplicado a la pesquería por cada año. Tal representación se dá en la Figura 1. En esta figura se muestran, por clase de tamaño de embarcación, en categorías de 5 en 5 pies, los números de embarcaciones con uno o más días de operación en un mes calendario, sumados para todo el año, para cada año desde 1960 hasta 1965. Estos datos se refieren a la muestra de la flota pesquera para la cual se dispone de datos colectados y tabulados por el IMARPE a base de los informes de las compañías. Estos datos no incluyen, desde luego, todas las embarcaciones en operación pero sí una gran proporción de ellas, como puede verse en la

Columna 3 de la Tabla 1, en la cual se dá los desembarques totales comprendidos en las muestras de captura-esfuerzo empleadas en los análisis de este estudio, incluyendo la Figura 1.

Puede verse en la Figura 1 que de 1960 a 1965 no hubo solamente un gran aumento en el número total de embarcaciones-mes dedicado a la pesquería de anchoveta, sino que también hubo, al mismo tiempo, un pronunciado cambio de embarcaciones pequeñas a embarcaciones mayores.

3.3 Medida y estandarización del esfuerzo y de la captura por unidad de esfuerzo.

Si vamos a usar la captura por unidad de esfuerzo como una medida de la abundancia de la población de anchoveta, tal como el pescador la encuentra, en términos que sean comparables de año en año, y también para calcular el esfuerzo de pesca en unidades que sean similarmente comparables de año a año, debemos emplear alguna unidad de esfuerzo de tal naturaleza que los cambios en los tamaños de las embarcaciones en la flota o los cambios en la duración de sus operaciones la afecten lo menos posible. La mejor estadística de esfuerzo que responda a estos propósitos sería el día de trabajo en la zona de pesca, corregido por los efectos de los cambios en el tamaño de las embarcaciones y tal vez otros cambios en la eficiencia. Esto requiere, desde luego, registros detallados de las operaciones diarias de una muestra suficientemente grande y representativa de la flota pesquera. Para la pesquería del atún en el Pacífico Oriental, donde muchos de los capitanes de barco llevan detallados libros de bitácora de sus operaciones, ha sido posible usar el día de pesca de un barco de tamaño standard (Shimada y Schaefer 1956; Schaefer 1957), convirtiendo a esta categoría standard, por medio del empleo de los factores de eficiencia, los datos de las embarcaciones de distinto tamaño. En el caso de la pesquería de anchoveta del Perú, como en el de otras en diferentes partes del mundo donde las embarcaciones retornan al puerto cada día, la mayoría de los capitanes no llevan registros detallados de sus operaciones. Algunas compañías de pesca han llevado registros de las operaciones individuales de sus embarcaciones en la pesquería de la anchoveta. En algunos casos han llevado registros de cada uno de los viajes individuales, tanto de aquéllos que tuvieron éxito e hicieron alguna captura como de los que no hicieron capturas. En otros casos, sólo los viajes en que se hizo alguna captura fueron individualmente registrados. No obstante, el porcentaje de la flota para la cual existen estos registros detallados es pequeño, y el grupo de embarcaciones que llevan tales registros podría no ser representativo. De todos modos, Boerema y otros (1965) emplearon el número de días de trabajo multiplicado por la capacidad promedio de la embarcación como una de sus medidas del esfuerzo de pesca. El número de días de trabajo (número de viajes) en cada mes calendario, para todo el país, se estimó de la información disponible sobre el número total de viajes con captura (número de desembarques) y de la estimación del porcentaje de días de salida sin captura en cada mes calendario; esta última estimación fue basada en una cantidad mucho menor de datos y sólo para puertos seleccionados. A fin de ajustar el número total de días de trabajo a los cambios en composición de tamaño de la flota, el número total de días de trabajo de cada año fue multiplicado por la capacidad promedio de las embarcaciones en el mismo año. Los datos también se multiplicaron por factores anuales para tomar en cuenta los cambios en la eficiencia debidos al uso de redes más grandes y de "macacos".

Ya que los datos para calcular el número total de días de trabajo son escasos, y pueden muy bien no ser representativos, prefiero no usar esta estadística, porque creo que la captura-por-mes-embarcación, adecuadamente corregida por los cambios en la composición de tamaño de la flota, para lo cual hay datos disponibles que abarcan una gran proporción del total de desembarques (Columna 3 de la Tabla 1), es probablemente más representativa y comparable de año a año.

Como se ha indicado anteriormente, es necesario corregir las estadísticas de captura por esfuerzo, o las de esfuerzo, por las variaciones en el tamaño de las embarcaciones si es que van a ser comparables de año a año, ya que existen cambios en la composición de tamaño de la flota pesquera. Hay dos maneras de encarar este problema.

Uno de los métodos es el empleo de alguna característica de las embarcaciones que sea proporcional al poder de pesca. Saetersdal y otros (1965) han propuesto el uso del tonelaje bruto de registro (GRT) como una medida relativa del poder de pesca de embarcaciones de diferentes tamaños. Mostraron que, para varios grupos de meses de pesca "buena" y de pesca "pobre", de 1959 a 1963, la captura-por-embarcación-por-mes es aparentemente casi proporcional al tonelaje bruto de registro en relación con los tamaños de embarcaciones entonces empleadas en la pesca. Parece, sin embargo, en algunas de sus cifras, que la captura mensual por embarcación de los barcos más grandes, tiende a desviarse negativamente de una estricta proporcionalidad con el tonelaje bruto de registro. Más aún, en algunas otras pesquerías se ha encontrado que, en una suficiente amplitud de tamaños de embarcaciones, el poder de pesca de las embarcaciones más grandes deja de ser directamente proporcional a la capacidad, o al tonelaje bruto de registro. Se consideró conveniente, entonces, examinar si el poder de pesca permanece proporcional al tonelaje bruto de registro para las embarcaciones de mayor tamaño empleadas por la pesquería en los últimos años. También se consideró conveniente sentar una base para la evaluación continua de este asunto en el futuro y, además, proporcionar un método alternativo para medir el esfuerzo de pesca en el caso que la proporcionalidad del poder de pesca con el tonelaje bruto de registro no pudiera ser obtenido.

El otro método para corregir por cambios en el poder de pesca relacionados con el tamaño de la embarcación, consiste en calcular la eficiencia de embarcaciones de varias categorías de tamaño en relación a la eficiencia de embarcaciones de un tamaño escogido arbitrariamente como standard esto se hace comparando las capturas de embarcaciones de diferentes categorías de tamaño que pescan en las mismas áreas en el mismo período (Shimada y Schaefer 1965). La base del cálculo de tales "factores de eficiencia" para la flota de bolicheras es la comparación de la captura promedio mensual por embarcación pertenecientes a diferentes grupos de tamaño que hacen sus desembarques en el mismo mes calendario y en el mismo puerto. Con el fin de hacer esta comparación, las embarcaciones que descargaron en más de un puerto durante el mismo mes calendario fueron eliminadas (ver la discusión sobre "duplicación" más adelante). Las embarcaciones, en cada año, se separaron en categorías de tamaño en intervalos de cinco pies de longitud en cada puerto en el que la cantidad de data disponible pareció adecuada para hacer tal comparación. Los siguientes puertos y años fueron empleados:

1960	Chimbote y Callao
1961	Chimbote, Callao e Ilo
1962	Chimbote, Callao e Ilo
1963	Chimbote, Callao, Tambo de Mora e Ilo
1964	Chimbote, Callao, Tambo de Mora e Ilo
1965	Chimbote, Callao, Tambo de Mora e Ilo

En cada puerto se calculó, para cada mes calendario, la razón de la captura media por embarcación, de cada clase de tamaño, en relación con la captura media por embarcación de aquellas de la clase standard (65-69 pies). La media geométrica de estas razones mensuales fue calculada en cada puerto, y la media geométrica de estas razones promedios para los puertos individuales, se calculó como la estimación combinada del factor de eficiencia de la clase de tamaño dada para el año en cuestión. Estas estimaciones combinadas de los factores anuales de eficiencia, junto con el número de embarcaciones-mes en los que están basados, se dan en la Tabla 2. También se dá, en la parte baja de la Tabla, las medias geométricas de los factores anuales de eficiencia, las cuales pueden ser consideradas como las mejores estimaciones de los factores promedio de eficiencia cuando se reúnen los datos de todos los puertos y todos los años.

En la Tabla 3 se muestra, para cada clase de tamaño en cada año, el tonelaje bruto de registro medio de las embarcaciones empleadas en el cálculo de los factores de eficiencia. En la parte baja de esta Tabla también se muestra el tonelaje bruto de registro medio tabulado para cada año y ponderado por el número de embarcaciones-mes correspondientes a la clase de tamaño y año (Tabla 2).

A fin de examinar la relación entre el valor del tonelaje bruto de registro y el de los factores de eficiencia éstos se han comparado, para cada año, el uno contra el otro en la Figura 2. En la Figura 3 se ha hecho igualmente una comparación similar de los datos reunidos de todos los años que aparecen como "promedios" en la parte baja de las Tablas 2 y 3. El valor anómalo de 0.402 que aparece como el factor de eficiencia para la clase de 70-74 pies de longitud en 1961 ha sido omitido en la Figura 2 y en los análisis que siguen. Se justifica esta eliminación porque tal valor está muy alejado de la distribución de los otros valores y porque se basa solamente en 12 embarcaciones-mes en un sólo puerto (Chimbote).

Se ajustaron las líneas de regresión del factor de eficiencia sobre el tonelaje, por el método de los cuadrados mínimos, para cada año y para el promedio de 1960 a 1965. Ellas se indican con trazos continuos de las Figuras 2 y 3. Los coeficientes de regresión (b) y sus errores standard (s_b) se dan en las Columnas 2 y 3 de la Tabla 4. También se dá el factor de estimación combinado del error standard del coeficiente de regresión para un solo año ($s_b = .00128$). Una prueba de significación estadística indicó que, al nivel de 5% de probabilidad, ninguna de las intersecciones de las líneas ajustadas difiere significativamente de 0. En consecuencia, también se han ajustado líneas de regresión por el método de los cuadrados mínimos que llenen la condición de pasar por el origen. Estas líneas están con trazos punteados en las Figuras 2 y 3. Los coeficientes de regresión (b') que corresponden a estas líneas se indican también en la Tabla 4. Ninguno de los coeficientes de regresión (b') para años individuales difiere significativamente, al

bruto de registro, se empleó solamente aquellas embarcaciones con 10 o más desembarques (viajes con éxito) en un puerto y mes dados.

Boerema y otros (1965) también emplearon la captura mensual por tonelaje bruto de registro para embarcaciones con más de 9 viajes por mes, considerando las correcciones por saturación siguiendo a Saetersdal y otros (1965) y sin considerarlas. La razón para usar solamente embarcaciones con 10 ó más viajes por mes es expuesta por Saetersdal y otros como sigue:

“Para que el promedio mensual tenga significado debe incluir solamente las embarcaciones que operaron regularmente en el puerto durante el mes. Sin embargo, nuestros datos abarcaron un número bastante grande de embarcaciones que por razones de cambios entre puertos, falta de tripulación o por razón de reparaciones hicieron solamente unos cuantos viajes en el transcurso de un mes. Si tales embarcaciones fueran incluidas la media mensual sería grandemente influenciada, ya que el total de embarcaciones es generalmente pequeño. Embarcaciones con 9 desembarques y menos fueron, desde luego, excluidas en el supuesto de que la operación “normal” durante más o menos un mes completo resultaría en por lo menos 9 viajes con captura”.*

Hay razón para poner en duda la presunción de que todos los barcos, operando normalmente durante un mes, realizarán por lo menos 10 viajes positivos especialmente si la abundancia de la población de anchovetas disminuye. Más aún si la porción de embarcaciones en completa operación que hacen 10 ó más viajes positivos por mes declina cuando la abundancia del stock de anchovetas también declina, esta corrección de los datos podría introducir un serio error, tan serio que el cambio en el índice de abundancia sería más pequeño que el cambio en la abundancia de la población. Por otra parte, al incluir todas las embarcaciones que tuvieron descargas en un mes, se incluye, por supuesto, algunas embarcaciones que en realidad no estuvieron realmente en completa operación durante el mes. Sin embargo, estas embarcaciones tenderían a constituir más o menos el mismo porcentaje de la flota cada año, y, en cualquier caso, la porción de la flota en esta situación estaría mucho menos correlacionada con la abundancia de la población de peces que la porción de la flota que realiza 10 ó más viajes con éxito.

Considerando algunas publicaciones, se podría presumir que la proporción de embarcaciones realmente en operación completa durante algunos meses pero con menos de 10 viajes puede ser bastante significativo, particularmente en los años recientes. Por ejemplo, en la Tabla 3 de Boerema y otros (1965) se ha tabulado para cada año desde 1961 hasta 1964 el número estimado de viajes positivos por embarcación para todo el año. Estos llegan sólo a 92 en 1963 y 89 en 1964. Así, aún si algunas o todas las embarcaciones no operasen “normalmente” todo el año, solamente 9 meses de operación

*) La versión transcrita es una traducción del texto inglés en Saetersdal y otros (1965), página 92. La versión castellana original, página 40 del mismo trabajo, es ligeramente diferente en el uso de las palabras. Pero mientras la versión inglesa dice por lo menos 9 viajes con captura, la versión castellana dice por lo menos 10 viajes con captura. (Nota del Traductor).

por año permitirían un número promedio mensual de viajes por embarcación de solamente alrededor de 10, de modo que una porción considerable ha debido estar por debajo del promedio. También puede verse en la misma Tabla que el porcentaje de viajes sin captura ha aumentado considerablemente de 1961 a 1964. De igual modo en la Figura de la página 29 de la Memoria Anual del Instituto del Mar del Perú (1966) puede verse que los grandes cambios en el porcentaje de viajes sin captura están inversamente correlacionados con la abundancia aparente de la anchoveta en diferentes puertos. Así, una disminución en la abundancia de la anchoveta puede muy bien ser la causa de una disminución en la proporción de embarcaciones que hayan hecho por lo menos 10 viajes. En consecuencia la selección de los datos siguiendo el método de Saetersdal y otros o de Boerema y otros, puede introducir considerables errores.

En la Tabla 5 se presenta información adicional sobre este asunto, en ella se dá el número promedio de descargas mensuales por embarcación (después de haberse eliminado la duplicación en diferentes puertos) para la totalidad del país separadamente por meses desde Enero 1960 hasta Mayo 1966, junto con los promedios anuales. Para cada mes en cada año se estima el promedio dividiendo el número total de desembarques registrados entre el número de embarcaciones que efectuaron las descargas. Los promedios anuales se calcularon sumando el número total de viajes en el año y dividiendo la suma por el total de las embarcaciones-mes, de modo que resultan promedios ponderados por el número de embarcaciones registradas en los datos de cada mes. Los datos de esta Tabla son un sub-producto de una serie de operaciones de computadora efectuadas para mí por la Sociedad Nacional de Pesquería, con el fin de examinar la captura por esfuerzo por medio de la estandarización y del uso de factores de eficiencia. Puede verse de inmediato que el número promedio de viajes en muchos meses, particularmente en los últimos años, no está muy por encima del valor al nivel del cual los autores mencionados eliminaron los datos de captura y esfuerzo para el cálculo de la abundancia aparente; y, en muchos meses, el promedio está muy por debajo de este nivel. También se puede ver que el número promedio de viajes tendió a disminuir en algunos de los últimos años con relación a los años anteriores. Así, parece muy probable que la selección de los datos al utilizar solamente las embarcaciones con más éxito, las que tienen por lo menos 10 desembarques en un mes, introducirá considerable error en la estimación de la captura por unidad de esfuerzo, en tal forma que la declinación de la captura por unidad de esfuerzo de todas las embarcaciones que realmente estuvieron completamente ocupadas en la pesquería sería sub-estimada.

Para los desembarques de los puertos de Chimbote y Callao, en cada uno de los meses desde Enero de 1960 hasta Febrero de 1966, se ha comparado la captura por embarcación-tonelada-mes, computada a base de todas las embarcaciones, con la captura por embarcación-tonelada-mes computada solamente para aquellas embarcaciones con más de 9 desembarques, tal como se presenta en la Figura 5. En esta Figura se muestra la relación entre las dos estadísticas para cada mes y también se dá la línea de exacta equivalencia. Puede verse que las desviaciones de los puntos con respecto a la línea son mayores para el Callao que para Chimbote, y que tal vez hay cierta tendencia a que las desviaciones sean mayores en los años más recientes.

nivel de probabilidad del 5%, del coeficiente de regresión de todos los datos reunidos (.01024) cuando la prueba se basa en el error standard que resulta de reunir los errores de las regresiones para un año individual, $s_b = .00128$.

De este análisis se puede concluir que, en el rango de tamaño de embarcaciones empleadas en los años que estamos estudiando, los factores de eficiencia de varias clases de tamaño son directamente proporcionales al tonelaje bruto de registro, y que el factor de proporcionalidad no difiere significativamente en los seis años. Por consiguiente, para el cálculo del esfuerzo o de la captura por esfuerzo en unidades standard, el uso del tonelaje bruto de registro por mes (más adelante también llamado por conveniencia embarcación-tonelada-mes) será tan justificable como el uso de una clase de tamaño standard y de los correspondientes factores de eficiencia. Por conveniencia, he escogido el uso del tonelaje bruto de registro por mes (embarcación-tonelada-mes) ya que ésta es la estadística básica empleada por Saetersdal y otros (1965). Puede notarse en las Figuras 2 y 3 que los factores de eficiencia de las clases más grandes de tamaño, tienen cierta tendencia a desviarse negativamente de las líneas de regresión tanto en cada año como en el promedio de todos los años. Además, como se indicó previamente, en algunas otras pesquerías se ha encontrado que, eventualmente si el tamaño de las embarcaciones está aumentando, llega un momento en que su eficiencia no permanece proporcional al tonelaje de la embarcación. Es por tanto conveniente que se continúe examinando esta relación de año a año, de modo que, si en la pesquería de la anchoveta la relación proporcional deja de existir, pueda ser empleada alguna otra estadística, alternativa, basada en factores de eficiencia, para el cálculo de captura por esfuerzo.

3.3.1 Duplicación de embarcaciones en las estadísticas.

Al trabajar con las tabulaciones de datos del IMARPE, los mismos que utilizaron Saetersdal y otros (1965), y Boerema y otros (1965) en sus análisis, se descubrió que cuando una embarcación había descargado en más de un puerto en el transcurso de un mes calendario había sido considerada como una embarcación distinta en cada uno de los puertos. Así, una embarcación que en estas circunstancias tuviere un éxito igual o mejor que el éxito promedio, parecería en las estadísticas como dos embarcaciones, cada una de ellas con éxito inferior al real. Esta duplicación al contar las embarcaciones puede introducir un error importante en los datos si es que existe cualquier tendencia secular en las características de operación de la flota, que haga cambiar el porcentaje de embarcaciones que descargan en más de un puerto. Se pudiera esperar que el número de duplicaciones pudiera aumentar conforme aumenta el tamaño promedio de las embarcaciones ya que con él también aumenta la capacidad para operar en un ámbito más grande. También, cuando el pescado es menos abundante, puede haber una tendencia de las embarcaciones a extender la amplitud de sus operaciones a fin de aumentar su éxito, lo cual de nuevo tendería a aumentar las duplicaciones. Más aún, al aumentar el número de puertos de desembarque en la costa, es presumible que las duplicaciones aumenten y que éstas sean mayores en aquellas porciones de la costa donde los puertos de desembarque se encuentran más juntos.

Con el fin de ayudarme a examinar los efectos de las duplicaciones, el IMARPE tuvo la fineza de retabular todos sus datos desde 1960 hasta 1966

considerando cada embarcación sólo una vez, sin tener en cuenta el número de puertos en los que hizo desembarques durante dicho mes, eliminando así las duplicaciones. En los análisis de esta sección, así como en análisis subsecuentes, una embarcación con descargas en más de un puerto se considera asociada a aquel puerto en el que realizó la mayor parte de sus operaciones en un mes determinado.

En la Figura 4 se dan los datos de meses individuales de varios años comparados para cada uno de los cuatro puertos, Chimbote, Callao, Supe y Tambo de Mora, a fin de permitir el examen de los efectos de las duplicaciones en la captura-por-embarcación-tonelada-mes. Para cada mes desde Enero de 1960 hasta Mayo de 1966 en los que se dispone de ambas estadísticas para un puerto dado, se ha representado como abscisa el promedio de toneladas por embarcación-tonelada-mes con duplicación de embarcaciones como fue originalmente calculado por IMARPE; como ordenada se da, para el mes correspondiente, el promedio de toneladas por embarcación-tonelada-mes después de haber sido eliminadas las duplicaciones en la forma indicada anteriormente. También se ha representado en cada uno de los cuatro gráficos la línea que corresponde a la exacta equivalencia de los dos factores. Se vé en estos gráficos de inmediato que hay ciertas diferencias geográficas y temporales en el grado en que los efectos de la duplicación disminuyen el promedio de la captura-por-embarcación-tonelada-mes. Hay marcadas diferencias en los efectos observados en diferentes puertos; los menos pronunciados son los que se notan en Chimbote los cuales también muestran la menor variabilidad de año a año, mientras que los efectos en Supe y Tambo de Mora son los más grandes. Existe también, como era de esperarse, la tendencia general mostrada por los años más recientes a desviarse en mayor grado que los primeros años de la línea de equivalencia. Esto, desde luego es así porque, como ya se ha visto, en años recientes la flota se compone de embarcaciones más grandes que tienen de por sí mayor movilidad, y también porque ha habido un aumento en el número de plantas de reducción y por consiguiente un aumento en las oportunidades para desembarcar en un puerto o en otro. En vista de estas tendencias temporales y geográficas en la ocurrencia de la duplicación, las cuales pueden viciar las series de tiempo de los datos de captura por unidad de esfuerzo, he decidido el empleo de la captura-embarcación-tonelada-mes sin duplicaciones y, cuando una embarcación desembarca en más de un puerto en el transcurso de un mes dado, he decidido atribuir su captura y esfuerzo durante ese mes al puerto donde hizo la mayoría de sus desembarques.

3.3.2 Efectos de utilizar solamente embarcaciones con más de nueve descargas por mes.

Saetersdal y otros (1965) calcularon y presentaron en la Figura 4 de su estudio la captura-por-embarcación-por-mes de varias categorías de tamaño de embarcaciones para los meses de 1959 a mediados de 1963 en los puertos de Chimbote y Callao. También calcularon, para un número de puertos y para el mismo período, dos índices de abundancia aparente. Uno de éstos es la captura mensual-por-tonelaje bruto de registro, corregido por el estimado del incremento anual en la eficiencia de los aparejos de pesca debido al uso de redes más grandes y de macacos. El otro es el mismo índice pero con una corrección adicional por los probables efectos de "saturación". En ambos casos, para calcular la captura promedio mensual por tonelaje

Para fines de este análisis, lo más conveniente es tratar los datos no por año calendario, sino por año de pesca, el cual se extiende desde el 1o. de Septiembre de un año dado hasta el 31 de Agosto del siguiente año. Esto corresponde al ciclo natural de la pesquería, ya que el punto bajo de la disponibilidad, durante la estación de desove de la anchoveta, ocurre en Agosto y Septiembre.

Ya que, como se hizo notar en la introducción de este trabajo, no sabemos si la anchoveta en la costa del Perú constituye una sola población o no, la cual podría ser tratada como una unidad para los efectos de la dinámica de la pesquería, los datos se han repartido y se han tratado separadamente de acuerdo a las tres regiones empleadas por el IMARPE, las cuales corresponden a divisiones naturales de la pesquería, pero también estos datos se han agregado y tratado en conjunto para todo el país.

La región del norte, con su puerto principal Chimbote, incluye los puertos entre Chicama al norte y Casma al sur. El principal puerto en la región central es Callao, pero incluye un buen número de puertos desde Huarvey al norte y Pisco al Sur. La región del sur, para la cual el principal puerto de desembarque es Ilo, incluye los puertos desde Atico hasta Ilo.

4.1 Estimación del esfuerzo total y de la captura promedio por unidad de esfuerzo por regiones y para todo el litoral.

Las estadísticas disponibles son, para cada año, el total de los desembarques por puertos y por meses y un estimado de la captura por embarcación-tonelada-mes, también para cada mes y puerto con algunas muy pocas excepciones; este estimado es hecho a base de una muestra grande de la flota.

A fin de combinar los datos para toda una región y año, y luego para reunir los datos de todas las regiones, se siguió el siguiente procedimiento: Para cada puerto y para cada mes calendario, se calculó el esfuerzo total correspondiente en embarcación-tonelada-mes, a base del registro de captura total y de la estimación de la captura por embarcación-tonelada-mes. Los valores mensuales de captura total y los correspondientes valores estimados de esfuerzo fueron entonces sumados separadamente para todo el año, de Septiembre a Agosto. Un ejemplo de este tipo de cálculo se da en la Tabla 6 para el puerto de Chimbote en el año 1963-64. La captura total y el esfuerzo estimado de todos los puertos para los que se disponía de tal estimado fueron luego sumados dentro de una región. Dividiendo entonces la suma de la captura entre la suma del esfuerzo estimado se obtiene la media ponderada de la captura por unidad de esfuerzo para la región y el año. Ejemplo de este cálculo para 1963-64 se da en la Tabla 7. En unos pocos casos no se dispuso de los datos de captura por esfuerzo de todos los meses en todos los puertos; se verá en la Tabla 7, por ejemplo, que una parte muy pequeña de los desembarques en las regiones Central y del Sur para 1963-64 no estuvieron cubiertos por los correspondientes estimados de captura por esfuerzo. En estos casos, la captura por unidad de esfuerzo se estimó a base del agregado de los meses y puertos para los que existía datos disponibles, y el esfuerzo para toda la región se calculó de los desembarques totales de la región y del valor de la captura por esfuerzo de este modo estimado. Como un ejemplo, se puede ver en la Tabla 7 que en la región del Sur en 1963-64

hubieron 3,510 toneladas desembarcadas para las cuales no se obtuvo una estimación directa de la captura por esfuerzo (para Atico en Noviembre) Así, el esfuerzo total de 100,569 embarcaciones-toneladas-meses se calculó de la estimación agregada de la captura por esfuerzo de 7.09 toneladas por embarcación-tonelada-mes y del total regional de 713,031 toneladas desembarcadas. Los puertos y meses para los cuales no se dispuso de datos de abundancia constituyeron una porción insignificante de la captura regional en cada caso tal como sucedió con el ejemplo dado.

Como puede verse en la Tabla 7, para estimar la media ponderada de la captura por esfuerzo para todo el país, a base de los datos agregados de todas las regiones, se suma el total de las capturas de todas las regiones así como también el esfuerzo total estimado de todas ellas y se divide una suma por la otra.

Para el año pesquero 1965-66, los datos para calcular la captura por esfuerzo cubrieron solamente el período de Septiembre a Mayo porque la pesquería se cerró durante Junio, Julio y Agosto de tal año. Ya que existe una secuencia estacional regular en la abundancia aparente de los stocks de anchoveta, de tal naturaleza que la pesca es relativamente pobre durante los meses de Junio, Julio y Agosto, un estimado que omita los datos de estos meses tiende a sobreestimar la abundancia en comparación con los estimados para años en los cuales se dispuso de datos para todo el año. La estimación agregada de la captura por embarcación-tonelada-mes, para cada región y para todo el país como una unidad, se calculó en 1965-66 a base de los datos de Septiembre a Mayo solamente. Este estimado fue entonces corregido a fin de hacerlo comparable con los estimados para otros años en los que la pesquería estuvo operando todo el año, la corrección se hizo así: Se obtuvo dos estimados para cada uno de los otros años, para cada región y para todo el país, uno de ellos basado en los datos de todo el año y el otro basado en los datos de Septiembre a Mayo solamente. Se calculó luego, para cada región y para los datos agregados de todo el país, la razón de la suma de los cinco estimados anuales de Septiembre a Agosto a la suma de los otros cinco estimados de Septiembre a Mayo. Estas razones promedios fueron las siguientes:

Zona del Norte	0.890
Zona Central	0.893
Zona del Sur	0.865
Todo el país	0.892

Los estimados para 1965-66, basados en los datos de Septiembre a Mayo solamente, se multiplicaron para cada región y para el país como un todo, por los factores de corrección que anteceden a fin de convertirlos en estimados comparables con los de los otros años que están basados en los datos para todo el año. En cada caso, el estimado corregido fue dividido entre la captura total a fin de obtener el estimado corregido de esfuerzo total.

La captura por embarcación-tonelada-mes, estimada en esta forma para cada año y cada región y para todo el país se ha tabulado en la Columna 3 de la Tabla 8. En la Columna 2 de dicha Tabla se dan las capturas totales para cada año y cada región y para todo el país, mientras que en la Columna 4 se ha tabulado los valores de los esfuerzos totales correspondientes.

Es de suficiente interés como para mencionarlo, que las desviaciones alrededor de la línea parecen ser de un valor casi constante a cualquier nivel de captura por embarcación-tonelada-mes, en vez de ser proporcionales a la misma. No puedo explicar este fenómeno, pero él significa, por supuesto, que la razón de la captura por unidad de esfuerzo con embarcaciones de más de 9 desembarques en el mes a la captura por unidad de esfuerzo con todas las embarcaciones aumentará, en general, conforme la captura por unidad de esfuerzo disminuya, tal como se supuso que podría ser el caso. Esta tendencia se ve tal vez mejor en la Figura 6 donde se registra la razón de la captura por unidad de esfuerzo de embarcaciones con más de 9 desembarques por mes con la captura por unidad de esfuerzo de todas las embarcaciones, para los puertos de Chimbote y Callao. Se ha registrado tanto las razones para los meses, separadamente, como las que resultan de tomar promedios móviles de doce meses para facilitar la visualización de la tendencia. Puede verse de inmediato que la tendencia de la razón es a aumentar desde 1963, lo cual se destaca mucho más para el Callao.

A base de las consideraciones que anteceden, se concluye que el uso exclusivo de embarcaciones con 10 ó más desembarques por mes para el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo introduciría un error notable, especialmente en los períodos en que la abundancia de la anchoveta es baja, tal como ha ocurrido en los recientes años de la serie. El uso de todas las embarcaciones con descargas en un puerto dado probablemente resulta en una estimación casi completamente libre de error y comparable de año a año.

3.3.3 Corrección por "saturación".

Saetersdal y otros (1965), al calcular uno de sus índices de abundancia, aplicaron una corrección a la estimación de captura por tonelaje mensual de registro bruto por lo que ellos llaman "fenómeno de saturación". Se supone que esta corrección se aplica al hecho de que cuando una embarcación está llena, o casi llena, no estará ejerciendo ningún esfuerzo de pesca aunque permanezca en el mar. Boerema y otros (1965) también aplicaron este ajuste por el efecto de saturación en una de sus estimaciones de la captura por unidad de esfuerzo.

Dudo bastante que esta corrección, calculada según Saetersdal y otros (1965), y aplicada a todas las embarcaciones en todos los años, sea capaz de mejorar la estimación, o de viciarla, porque en primer lugar, la definición de Saetersdal y otros (página 98) de que una embarcación sea considerada saturada cuando haya cogido tres cuartas partes de toda su capacidad, parece ser un criterio no verificable. Más serio es, sin embargo, el hecho de que la relación entre captura por unidad de esfuerzo y ocurrencia de saturación haya sido basada en los datos de 1959 a 1962 y aplicable solamente a las embarcaciones con capacidades entre 60 y 100 toneladas, que en ese tiempo formaban la mayor parte de la flota. Los autores hicieron notar que la relación no ocurría para embarcaciones muy grandes o muy chicas. Como para embarcaciones de más de 55 pies de longitud, la capacidad es igual, aproximadamente, a 1.5 veces el tonelaje bruto de registro, tal como puede ser deducido de la Tabla 8 de Tilic (1963), y refiriéndose a las Tablas 2 y 3 del presente trabajo, puede verse que desde 1962 una proporción grande y creciente de la flota pesquera está constituida por embarcaciones de más

de 100 toneladas de capacidad. De modo que la aplicación de la corrección derivada por Saetersdal y otros (1965) para el fenómeno de la saturación, aún si fuera válida para los tamaños de embarcación y el período de tiempo para la que fuera derivada, podría introducir error si se aplicase a los datos de los más recientes años. No se justifica pues, la aplicación de esta corrección en el presente estudio.

3.3.4 Corrección por cambios en los aparejos de pesca.

Boerema y otros (1965) tabularon factores de corrección anuales para ser aplicados a la captura por unidad de esfuerzo, para compensar los aumentos en la eficiencia de embarcaciones del mismo tamaño, debidos a la introducción de redes más grandes y de macacos. La estimación de los factores de corrección fueron derivados por Saetersdal y otros (1965).

No dispongo de suficiente base para juzgar acerca de la precisión de estos factores de corrección, ni tampoco para saber si ellos responden completamente a los cambios de la eficiencia de la flota que no estén conectados con el tamaño. No obstante es posible que esta corrección sea conveniente. Por tanto, para el estudio, en este trabajo, de la relación entre captura, captura por unidad de esfuerzo, y esfuerzo, he empleado la captura por unidad de esfuerzo con y sin la corrección por eficiencia, por razones de comparación.

3.3.5 Unidades seleccionadas para su uso en este estudio.

A base de las consideraciones, que anteceden, para el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo de pesca, se ha escogido la captura mensual por tonelaje bruto de registro (llamada por conveniencia la captura por embarcación-tonelada-mes) como la más adecuada para reflejar la abundancia del stock pescable de anchovetas. Para su cálculo se ha empleado todas las embarcaciones con descargas en un mes dado, eliminando la duplicación de embarcaciones, y atribuyendo las estadísticas de captura y de esfuerzo de una embarcación dada a aquel puerto en el que realizó la mayor parte de sus descargas. No se ha aplicado ninguna corrección por "saturación". La estadística se ha calculado tanto con la corrección por cambios en la eficiencia del aparejo, publicadas por Boerema y otros (1965), como sin ella.

4. RELACIONES DE CAPTURA, ESFUERZO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO; ESTIMACION DEL RENDIMIENTO PROMEDIO MAXIMO SOSTENIDO

En esta sección emplearé la captura por embarcación-tonelada-mes para estimar el promedio de la abundancia aparente, por años, de los stocks de anchoveta a lo largo de la costa del Perú, y también para calcular el esfuerzo total a base de la estimación de la captura por unidad de esfuerzo y de los datos sobre la captura total. También se examinarán las relaciones entre el esfuerzo de pesca y la abundancia de la población, y, con la ayuda de teorías previamente desarrolladas, se estimará la relación entre el esfuerzo de pesca y el rendimiento promedio sostenido, en especial, con el rendimiento promedio máximo sostenido.

En la Tabla 8 también se dan las estimaciones de la captura por esfuerzo y del esfuerzo total corregidas por los cambios en la eficiencia de las embarcaciones debido a los cambios en el aparejo; las correcciones aplicadas fueron discutidas anteriormente. Ellas se basan en los factores de Boerema y otros (1965) que aparecen en la página 7 de su estudio al final del tercer párrafo contando desde abajo. Puesto que las estimaciones de estos autores para el aumento en porcentaje de la eficiencia se basan en años calendarios y nuestros datos incluyen porciones de cada dos años calendarios, he interpolado entre los valores de Boerema y otros para obtener estimados aplicables a mis datos. El valor para 1965-66 también ha sido obtenido por extrapolación de las series de estos autores. Así, a fin de obtener las estimaciones de esfuerzo corregidas por cambios en la eficiencia de las embarcaciones debidos a cambios en los aparejos, que se dan en la última columna de la Tabla 8, los números de la Columna 4 se multiplicaron por los siguientes factores:

1960—61	.....	1.033
1961—62	.....	1.075
1962—63	.....	1.120
1963—64	.....	1.145
1964—65	.....	1.170
1965—66	.....	1.195

El estimado de captura por embarcación-tonelada-mes que se da en la penúltima columna de la Tabla 8 fue calculada dividiendo la captura total por el esfuerzo corregido dado en la última columna.

4.2 Relaciones entre la abundancia aparente y el esfuerzo; estimación de los rendimientos sostenidos y del rendimiento promedio máximo sostenido.

Se puede examinar la relación entre el esfuerzo de pesca, medido en embarcaciones-toneladas-mes, y la abundancia de la población de anchovetas, medida en toneladas por embarcación-tonelada-mes, comparando uno contra la otra. En las Figuras 7, 8, 9 y 10, se presenta el esfuerzo en las abscisas y la captura por unidad de esfuerzo en las ordenadas, como puntos llenos, para las regiones Norte, Centro y Sur y, para todas las regiones juntas, respectivamente. Para estos gráficos se usan los datos de las Columnas 3 y 4 de la Tabla 8, en las cuales no se ha hecho la corrección por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones.

Si la captura por unidad de esfuerzo es proporcional a la biomasa de la población pescable, y si la tasa de crecimiento de la población puede ser aproximada por la logística de Verhulst-Pearl, la relación de equilibrio entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo será una línea recta (Schaefer 1954; Schaefer y Beverton 1963). Los datos actuales de las Figuras 7 a 10 han sido ajustados por el método de los cuadrados mínimos a una regresión lineal de captura por esfuerzo sobre esfuerzo, la cual, en cada caso, se muestra con la línea llena indicada por 1. La captura total se obtiene, desde luego, multiplicando la captura por esfuerzo por el esfuerzo en el punto deseado. De este modo, si se compara la captura total contra el esfuerzo, se obtiene una parábola para cada una de las líneas de regresión de estas figuras. Estas parábolas no se han dibujado en este trabajo.

Sin embargo, los valores de la captura total también se pueden exponer en un gráfico de esfuerzo contra captura por esfuerzo, por medio de líneas de igual captura total (que aparecen como hipérbolas equiláteras). Esto se muestra en las Figuras 15 y 16 pero con otros fines.

La base teórica para emplear una relación lineal, como una aproximación razonable, a la relación de equilibrio entre la abundancia de la población y el esfuerzo de pesca ha sido expuesta por Schaefer (1954) y una aplicación de tal relación a la pesquería del atún fue descrita en detalle por Schaefer (1957). Modelos como éste, así como sus relaciones con otros modelos basados en medidas de las estadísticas vitales elementales han sido discutidos más ampliamente en Schaefer y Beverton (1963). Por consiguiente la teoría no se discutirá en detalle aquí. No obstante, puede verse en los diferentes gráficos que la relación observada puede ser aproximada bastante bien a una línea recta en el rango de observaciones disponibles. Así, parecería que la teoría basada en la logística de Verhulst-Pearl como ley de crecimiento de la población es apropiada para el análisis de la pesquería de anchoveta.

Si se asume que la línea ajustada a los datos de captura por esfuerzo y esfuerzo representa la relación de equilibrio promedio para una región, o para todo el país, esta línea puede entonces emplearse para estimar la captura promedio sostenido a cualquier nivel de esfuerzo (la parábola a que se hizo referencia anteriormente), y también para estimar el rendimiento promedio máximo sostenido (que resultará ser el máximo de la parábola). El rendimiento promedio máximo sostenido (C_{max}) estimado de esta forma a base de las líneas ajustadas a los datos, aparece en cada gráfico, y estos valores calculados también aparecen en la columna de la izquierda en la parte más alta de la Tabla 9. (Nótese que (C_{max}) puede ser calculada rápidamente, valiéndose de las líneas de los gráficos, multiplicando entre sí la mitad de los valores de las intersecciones con las abscisas y ordenadas).

La estimación de promedios de rendimiento **sostenido**, por medio de las líneas ajustadas a los datos actuales en la forma descrita, presume que la abundancia de la población observada cada año es la que representa un equilibrio con el esfuerzo de pesca observado. Esta presunción no es completamente válida. Ciertamente, he mostrado en otra parte (Schaefer 1954) que durante los períodos cuando el esfuerzo de pesca está creciendo (y la abundancia disminuyendo) los puntos observados caerán, en promedio, por encima de la verdadera línea de equilibrio, y al contrario cuando el esfuerzo esté disminuyendo. Esto se debe, por supuesto, a que la captura anual actual presenta, en promedio, la captura sostenida a un promedio de abundancia dado más la cantidad en la cual la población ha disminuido durante el año. Así, puesto que en la pesquería de anchoveta del Perú el esfuerzo ha aumentado en los años considerados, las líneas calculadas en esta forma pueden tener la tendencia a **sobreestimar** el rendimiento sostenido. Sin embargo, ya que los miembros de una clase anual están presentes en la pesquería sólo por un tiempo corto, la desviación respecto al equilibrio no debe ser muy grande. De todos modos, es conveniente aplicar una corrección apropiada a fin de estimar mejor la línea de condiciones de equilibrio, Schaefer (1954) produjo un método para estimar la proporción, de la captura observada, que es debida a la reducción del stock a la vista de un año dado, pero este método no es satisfactorio para los datos de la anchoveta porque la serie de datos disponibles, solamente seis puntos, no es suficientemente

larga para aplicarlo. Se ha empleado, por consiguiente, un método alternativo para estimar crudamente los valores de equilibrio del esfuerzo que corresponde a la captura por esfuerzo observado en un año dado. El método consiste en promediar los esfuerzos de pesca de dos años sucesivos y aplicar el esfuerzo promedio a la captura por esfuerzo observada en el último de los dos años. La razón de este procedimiento es que los miembros de una clase anual dada tienen una representación considerable en la pesquería durante cada uno de los dos años. El procedimiento es similar al empleado por Gulland (1961) quien promedió el esfuerzo de pesca sobre un período equivalente al tiempo promedio que los miembros de una clase anual están expuestos al esfuerzo de pesca, cuando trató de estimar las relaciones entre el esfuerzo y el rendimiento de equilibrio para ciertos stocks de peces cerca de Islandia. En cada una de las Figuras del 7 al 10 los puntos del equilibrio estimado, calculados en esta forma, se dan como pequeños círculos, y la correspondiente regresión por el método de los cuadrados mínimos, como las líneas interrumpidas indicadas con un número 2 en cada uno de los gráficos. Los estimados del rendimiento promedio máximo sostenido que corresponde a estas regresiones aparece también en cada uno de los gráficos, así como en la columna de la derecha en la parte superior de la Tabla 9.

De estos resultados se vé, en cada caso, que la suma de los estimados regionales y que el estimado para los datos agregados de todo el país son bastante similares. Las líneas ajustadas a los datos actuales indicarían que el rendimiento promedio máximo sostenido es alrededor de 8.2 a 8.3 millones de toneladas por año. Si se usa los estimados derivados de la línea de equilibrio a su vez estimadas, parece que el rendimiento promedio máximo sostenido es alrededor de 7.7 millones de toneladas por año.

En los análisis que anteceden, no se han hecho correcciones por los cambios en eficiencia de las embarcaciones del mismo tamaño debidos a los cambios en aparejos. Como se explicó anteriormente, en la Tabla 8 se han tabulado los estimados de esfuerzo y de captura por esfuerzo corregidos de acuerdo a los factores que Boerema y otros (1965) indicaron para los cambios temporales en la eficiencia de los barcos debidos a los cambios en sus aparejos. En las Figuras 11, 12, 13 y 14 se han comparado los valores corregidos de la Tabla 8, los puntos llenos, y se han ajustado líneas de regresión exactamente en la misma forma que se hizo previamente para los datos no corregidos. Estas regresiones aparecen en las figuras como las líneas llenas numeradas con un 3. En forma similar, se ha calculado también para esta serie de datos los valores de equilibrio estimado, promediando el esfuerzo de dos años consecutivos y comparando el promedio con la captura por esfuerzo del último de los años. Las líneas de regresión correspondientes a estos valores estimados de equilibrio aparecen en las Figuras como líneas interrumpidas indicadas con el número 4. Para cada región y para todo el país, y para cada una de las líneas de regresión, se ha estimado la correspondiente captura máxima promedio de equilibrio estimado (C_{max}) que aparece tanto en las Figuras como en la parte baja de la Tabla 9.

En estas Figuras y en la Tabla 9 se puede ver que la aplicación de los factores de corrección por aumento de eficiencia de las embarcaciones causa sólo una pequeña diferencia en los estimados del rendimiento máximo sostenido, ya sea que se consideren las regiones individualmente o que se considere los datos agregados para toda la pesquería. Si se usa los puntos

actuales, corregidos por aumento de eficiencia, se obtiene un estimado del rendimiento promedio máximo sostenido de cerca de 8.1 a 8.2 millones de toneladas por año, mientras que los valores obtenidos de las líneas de equilibrio estimado son de 7.5 ó 7.6 millones de toneladas por año.

Creo que las Figuras 15 y 16 dan la explicación de por qué los estimados de rendimiento máximo sostenido cambien muy poco cuando se aplica los factores de corrección por el aumento de eficiencia. En la Figura 15 se han registrado, de los datos agregados de todas las regiones, los valores observados de esfuerzo y de captura por esfuerzo, para cada año, tanto los corregidos como los no corregidos por efecto de aumento de eficiencia, así como las correspondientes líneas de regresión calculadas por el método de los cuadrados mínimos. Estos valores son los mismos que aparecieron como "actuales", y sus correspondientes líneas de regresión, en las Figuras 10 y 14, y que han sido registradas de nuevo aquí para su comparación. En este gráfico también se han comparado líneas de captura total igual, las que, siendo el producto del esfuerzo por la captura por unidad de esfuerzo, aparecen como hipérbolas equiláteras. Los valores de las isopletas de captura total representadas por las hipérbolas comparadas se dan en la parte superior del gráfico. Se puede, en un gráfico de esta clase, leer los valores del esfuerzo, captura por esfuerzo y captura total correspondientes a los puntos comparados y a las líneas ajustadas. La aplicación de una corrección por eficiencia de las embarcaciones, corrección que cambia el esfuerzo para la misma captura total, ocasiona que el punto correspondiente a un año determinado se mueva a lo largo de la hipérbola equilátera, tal como puede ser verificado mirando el gráfico. En el punto de rendimiento máximo sostenido, la línea de regresión de toneladas por embarcación-mes sobre embarcación tonelada-mes es tangente a la isopleta del rendimiento correspondiente al máximo, y, por consiguiente, en la vecindad del rendimiento máximo sostenido, los puntos se moverán casi paralelamente a la línea de regresión, y así su tendencia será a no cambiarla. Ya que las mayores correcciones por eficiencia de embarcaciones se aplican a los años más recientes, y ya que en tales años la pesquería ha estado muy cerca del indicado rendimiento máximo, las líneas de regresión, resultan en consecuencia, muy poco modificadas por la aplicación de factores de corrección por eficiencia de los aparejos.

En la Figura 16 se presenta la misma clase de comparación para los puntos de equilibrio estimado y para sus correspondientes líneas de regresión. Nuevamente, puede notarse que estos son los puntos, y las correspondientes líneas, que fueron denominadas como "equilibrio estimado" en las Figuras 10 y 14. Se puede ver también nuevamente que, puesto que la pesquería ha estado cerca de la cosecha máxima promedio durante los años más recientes, la aplicación de la corrección por eficiencia de los aparejos no cambia mayormente la posición de las líneas de regresión, y de este modo sólo ocasiona una pequeña diferencia en el estimado del rendimiento promedio máximo sostenido.

La totalidad de estos análisis ha sido hecha, por supuesto, a base de datos para seis años de pesca solamente. Mientras que los resultados corresponden bastante bien con la teoría, y en consecuencia son dignos de alguna confianza, la serie de años es realmente muy corta. Ciertamente que debe hacerse análisis adicionales conforme se acumulen datos por más años.

4.3 Condición actual de la pesquería en relación al rendimiento máximo sostenido.

De lo que antecede, parece que el rendimiento promedio máximo sostenido a lo largo de la costa del Perú está en las cercanías de los 7.5 millones de toneladas por año. También parece que, para la pesquería como una unidad, tanto en 1964-65 como en 1965-66 ésta se ha mantenido en una condición muy cercana a la que corresponde al rendimiento promedio máximo sostenido, sin que haya sido subexplotada ni tampoco sobreexplotada. Sin embargo, también parece que, si las regiones pueden ser tratadas propiamente como unidades pesqueras separadas, la intensidad de la pesca llegó al óptimo en 1963-64, en la región central, y que en 1965-66 sobrepasó probablemente en una pequeña cantidad tal óptimo. Los datos no son suficientemente precisos como para avanzar en esta última conclusión con mucha certeza.

Se hace notar que la intensidad de la pesquería durante 1965-66 fue limitada a un nivel cercano al que corresponde al rendimiento máximo sostenido sólo por la imposición de un límite de captura, lo que dió como resultado una estación de veda de tres meses. Así, es evidente que el poder de pesca disponible de la flota es (o por lo menos fue en 1956-66) mayor que el que se requiere para generar el esfuerzo de pesca correspondiente al rendimiento promedio máximo sostenido, de modo que la regulación de la pesquería es necesaria. El que la captura actual de 8 millones de toneladas, ligeramente mayor que nuestro estimado del promedio del rendimiento máximo sostenido de alrededor de 7.5 millones de toneladas no resultó en la sobreexplotación de los stocks es atribuible al hecho que, como se hace notar en otra parte, la clase anual que ingresó en 1966 fue aparentemente mejor que el promedio, y también a la disminución de la población de aves guaneras en el verano de 1965-66 (véase más adelante) que compiten con la pesca. Debe recordarse que de año a año habrá desviaciones alrededor de la condición media, que requerirán también ajustes de año a año en la regulación de la pesquería.

Es afortunado que los análisis por regiones separadas, así como aquellos para los datos agregados de todas las regiones, den substancialmente los mismos resultados, y que, aparentemente, las poblaciones de anchovetas de cada región, si en realidad pueden ser consideradas como poblaciones separadas, han sido explotadas con la misma intensidad relativa. Si en realidad éstas fueran unidades pesqueras separadas, no se puede esperar que siempre continúe esta situación afortunada. Si son stocks separados, deben ser regulados separadamente. Por otro lado, si las anchovetas de la costa del Perú constituyen una sola unidad de población, la reglamentación de toda la pesquería como una unidad es suficiente. Se debe poner de nuevo énfasis en la gran importancia de obtener mayor información, por medio de experimentos de marcación, para determinar el alcance de la migración y el grado de mezcla, así como su rapidez, entre las anchovetas de las diferentes regiones. Esto proporcionará una base más firme para el análisis de la dinámica de la pesquería, y una pauta para el mejoramiento de la reglamentación.

4.4 Relaciones con las poblaciones de aves guaneras.

Puede verse en la Figura 2 del Informe N° 10 del IMARPE (Jordán y Fuentes, 1966) que durante el período en que se basa el análisis que antecede, la población de aves guaneras permaneció regularmente constante alrededor

de los 16 millones de aves. De acuerdo con este mismo informe, algo así como del 80 al 85% de esta población consiste en guanayes cada uno de los cuales consume alrededor de 430 gramos de pescado por día. Tal como Jordán y Fuentes lo indican, y como es bastante evidente de una revisión de la literatura (especialmente de la monografía de Hutchinson 1950) hay una variación bastante amplia en las estimaciones de la tasa de consumo de pescado por las aves guaneras. Ciertamente que sería conveniente determinar esta tasa, así como también la tasa de conversión de pescado a guano, con mucha mayor precisión de lo que se ha hecho hasta ahora. No obstante, la estimación de Jordán y Fuentes de 430 gramos por día parece razonable, y es intermedia entre las otras estimaciones publicadas. Esta tasa indicaría que, durante el período para el cual se ha hecho nuestro análisis de la dinámica de la pesquería de la anchoveta, la población aviar consumió aproximadamente 2.5 millones de toneladas de anchoveta por año. Así, **para estimar el rendimiento promedio máximo sostenido de anchoveta disponible para el hombre y para las aves guaneras, es necesario añadir al estimado previo de 7.5 millones de toneladas la cantidad de 2.5 millones de toneladas que fueron usadas por las aves, lo que hace un total estimado de 10 millones de toneladas métricas.** Parece entonces que, en promedio, la cosecha máxima continuada de anchovetas en las aguas peruanas es de 10 millones de toneladas para ser repartidas entre el hombre y las aves guaneras.

Como es bien conocido y ha sido documentado en el Informe N° 10, la población aviar sufrió una mortalidad catastrófica durante 1965, siendo reducida a 4 millones de aves o menos, a comienzos de 1966. Esta mortalidad catastrófica fue aparentemente causada por el fenómeno de "El Niño", similar a la de 1957-59 que también redujo la población de aves a un nivel muy bajo, estimado por Jordán y Fuentes en cerca de 6 millones de aves.

Puesto que la población aviar fue muy baja a fines de 1965 y, al mismo tiempo hubo un reclutamiento bastante bueno de la nueva clase anual, es de interés especular acerca de cuál podría ser la conexión, si es que existe, entre estos dos hechos. La cuestión es si el reclutamiento aparentemente muy bueno con que se benefició el stock pescable, se debió a condiciones oceanográficas favorables para la supervivencia de huevos y larvas de anchoveta, en estadios anteriores a aquéllos en los que son disponibles a la pesquería o a las aves guaneras, o si el aumento del reclutamiento a los tamaños comerciales puede ser debido, por lo menos en una gran parte, a la falta de aves que se alimentan de peces muy pequeños durante su estación normal de anidación. Desgraciadamente, hasta donde me ha sido posible averiguar, no existen datos sobre la composición por tamaños de las anchovetas consumidas por las aves guaneras en diferentes estaciones del año. Urge que, como parte de las investigaciones corrientes, se preste más atención para dilucidar en detalle los aspectos cualitativos y cuantitativos de la depredación de las aves sobre la población de anchovetas.

El asunto acerca de la proporción de la estimada cosecha media anual sostenida de anchovetas, 10 millones de toneladas métricas, que debe ser destinada a la captura directa por el hombre, y la que debe ser dejada para el uso de las aves guaneras, ha sido el objeto de grandes controversias, que es necesario resolver. Yo creo que esto puede hacerse solamente con la ayuda de análisis objetivos sobre costos y beneficios en los que se consideren todos los factores importantes, tanto económicos como sociales. Ciertamente,

todo el mundo puede estar de acuerdo en que, por lo menos, lo primordial es mantener las poblaciones de aves a un nivel suficiente para prevenir su extinción, ya que es de extrema importancia mantener este material genético para ser usado por la humanidad en el futuro. Sin embargo, basándose en la historia de las poblaciones de aves, parte de la cual ha sido recapitulada por Jordán y Fuentes (1966), y la cual también es detalladamente discutida por Hutchinson (1950), se puede afirmar con cierta certeza que, con estos fines, lo que se requiere es mucho menos que 16 millones de aves. Un estimado burdo, simplemente basado en la población de aves que existió en los comienzos del siglo veinte y que aparentemente fue más que suficiente para mantener las varias especies, sería de cerca de 3 millones. No obstante, se requiere de cuidadosos estudios ecológicos para determinar exactamente cuál es el mínimo, y también, en caso de que se decidiera simplemente mantener las especies, y reducir considerablemente la producción de guano para favorecer los otros usos de la anchoveta, se requerirían tales estudios para determinar con precisión qué islas debieran ser reservadas con tal objeto.

Si se acepta, como un grueso estimado, que 3 millones de aves es lo que se necesita para atender a la preservación de las especies, esta cantidad, a la tasa de alimentación dada por Jordán y Fuentes, requeriría solamente alrededor de medio millón de toneladas de anchovetas para su sostenimiento. Esto dejaría, en promedio, unos 9.5 millones de toneladas métricas como el rendimiento máximo sostenido para la pesquería, rendimiento que se obtendría a un nivel de abundancia como el que existía en 1964-65 ó 1965-66. En otras palabras, el esfuerzo ejercido por las aves guaneras se substituiría por esfuerzo de pesca adicional, manteniendo la abundancia de la población de anchoveta al mismo nivel.

Importa repetir que, debido a factores variables del ambiente, habrá fluctuaciones anuales en el reclutamiento para los stocks de anchoveta, y, probablemente, también en la disponibilidad de peces para la captura. Esta es la razón de parte de la variación de los puntos de las Figuras 7 a 14 a lo largo de las líneas de regresión. También es la razón por la que la cosecha sostenida de un año cualquiera será algo diferente del promedio. Puesto que esencialmente la pesquería se lleva a cabo a base de solamente 18 meses de la vida de cada clase anual, las variaciones en la fuerza de la clase anual pueden dar como resultado que el rendimiento máximo sostenido se desvíe en cualquier año del valor medio a largo plazo. En la práctica entonces, un sistema de reglamentación tiene que tener cierta flexibilidad, de modo que la cosecha pueda ser aumentada o disminuída de acuerdo a la fuerza de la clase anual entrante.

5. ANALISIS DEL RENDIMIENTO POR RECLUTA

El tipo de análisis de datos de captura y de esfuerzo que antecede es útil para obtener estimados de las relaciones promedios entre el esfuerzo de pesca, la captura por unidad de esfuerzo y la captura total, así como también para arribar a estimaciones de la cosecha máxima promedio sostenida, dadas las condiciones imperantes de la pesca. En el término "condiciones imperantes de la pesca" se incluye la selectividad de la pesquería por el tamaño y la distribución estacional del esfuerzo. A fin de examinar los posibles efectos de cambios en las condiciones imperantes de la pesquería, como son, cambios en la longitud mínima en las capturas, o los efectos de diferen-

tes estaciones de veda, es también aconsejable abordar el problema en una forma más detallada. Esto se consigue reuniendo orgánicamente estimados de la tasa de crecimiento, de las tasas de mortalidad natural y por pesca y, de ser posible, estimados de la relación entre el tamaño del stock desovante y el reclutamiento resultante. Pero esta tarea requiere información bastante detallada acerca de las estadísticas vitales de la anchoveta, de las que por ahora sólo se posee parámetros muy crudamente estimados. De todos modos, hay algunos aspectos de la pesquería, y los posibles efectos resultantes de ciertas medidas reglamentarias, tales como la veda en un período escogido, que probablemente pueden ser examinados con provecho aún a base de nuestra pobre información sobre las estadísticas vitales de la anchoveta peruana.

No obstante, resulta de meridiana evidencia que uno de los requisitos más importantes de un programa continuado de investigaciones sobre la población de anchoveta en el Perú, es la obtención de estimados más precisos de las estadísticas vitales, especialmente de las tasas de mortalidad.

5.1 Stock y reclutamiento

Entre las diferentes estadísticas vitales que se requieren para examinar la dinámica de una población explotada, por método sintético, la más difícil de obtener es la correspondiente a la relación entre el stock desovante y el reclutamiento para la población comercial explotable que resulta de dicho stock. Para algunos propósitos, se puede eludir esta dificultad examinando el rendimiento por recluta. Esto es lo que se hará más luego en esta sección. Exámenes de esta clase pueden indicar, **dado cierto reclutamiento**, los efectos de las diferentes modalidades de pesca en la cosecha y en el stock desovante que resultan, **por unidad de reclutamiento**. Es de interés, sin embargo, recordar que **hay una importante diferencia entre la captura por recluta y la captura total, a menos que el reclutamiento sea, en promedio, constante a todos los niveles de población y las correspondientes intensidades de pesca**. A veces esta distinción no se establece claramente. Como ya ha sido notado, Boerema y otros (1965) consideraron la captura por recluta y la captura total como equivalentes en la anchoveta peruana. Creo que es muy probable que tal hipótesis es incorrecta. **Asumir que tal hipótesis es correcta puede ser económicamente muy peligroso, porque, si en realidad hay una disminución del reclutamiento para altos niveles de intensidad de pesca, puede ocurrir una caída desastrosa en la captura total aunque la captura por recluta permanezca casi constante.**

El hecho que, dentro del rango de valores de abundancia aparente comprendido por la información disponible, existe aparentemente una relación lineal entre el esfuerzo de la pesca y la abundancia de los stocks de anchoveta implica (si no tenemos inconveniente en asumir que las tasas de mortalidad natural y las tasas de crecimiento específicas para cada edad son constantes) una relación entre el stock y el reclutamiento que depende de la densidad del primero, tal como se ha mostrado, por ejemplo, por Schaefer y Beverton (1963) y Schaefer (1967); de acuerdo con esta relación, el reclutamiento **aumentará** cuando la población disminuye, hasta un cierto nivel, y luego disminuirá.

5.2 Edad y crecimiento.

Entre las estadísticas vitales requeridas, probablemente la que mejor determinada está para la anchoveta es la tasa de crecimiento, la que, como se anotó anteriormente, fue esclarecida por Saetersdal y Valdivia (1964) por medio de un análisis de las progresiones modales. He usado los parámetros de la función de von Bertalanffy, junto con un tamaño inicial de 8 centímetros en Enero, para construir la curva de longitud-edad de la Figura 17. Luego he empleado la relación longitud-peso que Boerema y otros (1965) dan en la Tabla IV de su Anexo, para construir la curva-peso-edad que también se muestra en la Figura 17.

El uso de la función de von Bertalanffy no da cuenta de las variaciones estacionales en el crecimiento, pero lo acepto porque los incrementos mensuales de crecimiento proporcionados por Saetersdal y Valdivia (1964, Figura 13) son tan irregulares que no merecen confianza, y, además, no van más allá de Noviembre del primer año de la pesquería.

Como se mencionó anteriormente, investigaciones no publicadas de Anthony Burd indican que las curvas de crecimiento para Chimbote y Callao pueden ser algo diferentes. El Dr. Burd me comunicó también que de su investigación resulta que el tamaño asintótico L_{∞} , debiera tal vez ser mayor que el de 15 centímetros que indican Saetersdal y Valdivia. Si estas conclusiones resultan correctas, se requerirá calcular de nuevo parte del análisis que sigue. De todas maneras, un cambio en los parámetros de crecimiento no debe cambiar la naturaleza general de mis conclusiones, aunque producirá, por supuesto, cambios de detalle. Se harán cálculos adicionales cuando se disponga de curvas de crecimiento mejoradas.

5.3 Tasas de mortalidad

Las otras estadísticas vitales que deben ser estimadas son las tasas de mortalidad natural y por pesca. Para algunos fines estas últimas deben ser estimadas como una función del esfuerzo de pesca. La hipótesis más simple que por lo general es considerada como una buena aproximación a la realidad, ya que se aplica bastante bien a los tamaños comerciales de los peces, es que la tasa de mortalidad natural es constante para todas las edades del pez después que éste ha entrado a la pesquería; en cuanto a la mortalidad por pesca, la hipótesis más simple es que ésta es directamente proporcional al esfuerzo de pesca.

Se puede emplear varios métodos para estimar la tasa de mortalidad total y descomponerla en tasas de mortalidad natural y por pesca. Todos ellos son de difícil aplicación a esta pesquería porque, como se dijo anteriormente, los peces no están totalmente disponibles para la pesquería sino cuando han alcanzado una longitud de cerca de 14 centímetros, para éste entonces ya han estado en la pesquería un año; pero un año es una gran parte del tiempo total durante el cual una clase anual forma una parte importante de la captura.

Como se discutió ya en la página 201, Boerema y otros (1965) no trataron de estimar las tasas de mortalidad, pero en cambio trataron de calcular la razón de la mortalidad de pesca a la mortalidad total, razón que ellos

llaman "tasa de explotación" (E). Al nivel del esfuerzo de pesca que existía en 1964, estimaron que la tasa de explotación era de cerca de 0.67, lo cual indicaría que la tasa de mortalidad por pesca es alrededor de dos veces la tasa de mortalidad natural. Yo dudo mucho de la validez de este resultado, porque difícilmente se concibe que la tasa instantánea de mortalidad natural de la anchoveta, sobre una base anual, sea menor que aproximadamente 1.0; este mínimo estaría respaldado por consideraciones referentes a la composición de tamaños de la población durante los primeros años en que existía un esfuerzo de pesca bajo, así como también por las tasas de mortalidad natural que afectan otras poblaciones de anchovetas, tales como las de las costas de California. La especie del género *Eugraulis* de California, que, de acuerdo a los resultados de Clark y Phillips (1952) crece un tanto más lentamente que la especie peruana, parece que tiene una tasa instantánea anual de mortalidad natural de cerca de 1.1, calculada a base de la tasa aparente de supervivencia a partir de la edad en la que quedan completamente disponibles a la pesquería de California; esta edad a su vez está basada en los datos de composición de edades publicados en los California Fish Bulletins 101 y 106 (todo esto presume que Clark y Phillips han interpretado la edad correctamente; si la tasa de crecimiento fuera mayor, la tasa de mortalidad natural debería ser aún más alta). La pesquería de la especie californiana ha sido tan ligera que la tasa de mortalidad total puede tomarse como una razonable aproximación de la tasa de mortalidad natural.

Con una tasa de mortalidad natural de 1.0, la tasa de mortalidad por pesca tendrá que ser de 2.0, dando una tasa de mortalidad total de 3.0, a fin de alcanzar el valor de E indicado por Boerema y otros. Cuando tal tasa es usada en un modelo de simulación por computadora, que será discutido más luego, en la cual se ha introducido una selectividad de pesca tal, que los peces no están totalmente disponibles para la pesquería sino cuando han alcanzado una longitud de 14 centímetros, se obtiene un valor decididamente muy bajo para el peso promedio de los peces en la captura, comparado con los pesos observados en 1964 ó 1965, y también dá muy pocos peces de una clase anual capturados durante su segundo año en la pesquería. A fin de obtener una base que permita examinar este último efecto, se ha separado, para Callao y Chimbote, como se mencionó en la página 200, las curvas de frecuencia de longitud en sus componentes de clases anuales, para cada mes, usando una variación un tanto más objetiva del método empleado por Boerema y otros (1965). A partir de las capturas reales de cada clase anual a su paso por la pesquería, es posible determinar qué proporción de ellas fue cogida durante el primer año y qué proporción durante el segundo año de su paso por la pesquería; estas proporciones se pueden comparar con los resultados del modelo de simulación por computadora que se discute más luego.

Después que independientemente llegué a formarme la opinión de que un coeficiente de mortalidad natural de 1.0 parecería el más razonable para la anchoveta peruana, junto con un coeficiente de mortalidad por pesca de alrededor de 1.0 para 1964-65, el Dr. Anthony Burd acabó su estudio (todavía no publicado) sobre las tasas de mortalidad de las anchovetas con tamaños totalmente disponibles para la pesquería, basados en la composición de edades deducidas de la lectura de otolitos, como se menciona en la página 201. Los estimados de las tasas de mortalidad natural y por pesca alcanzados por él, para 1964-65 son substancialmente similares a los míos, como ya se hizo notar.

5.4 Peso de una camada

Dentro de una clase anual, los miembros con una longitud de 8 cm. en Enero crecerán subsecuentemente en longitud y también en peso, de acuerdo con las curvas de la Figura 17. Al mismo tiempo, en ausencia de una pesquería, se irán muriendo con una tasa que se presume es constante. Puesto que la tasa de aumento en peso es alta al comienzo pero después disminuye, existirá una edad por debajo de la cual el peso de una camada aumentará más rápidamente, por crecimiento, que lo que disminuye por mortalidad natural; por encima de tal edad, la camada perderá peso por mortalidad natural más rápidamente que lo que gana por crecimiento. El cálculo de la edad y del tamaño a los cuales ocurre esta transición puede ser de algún interés, porque éste es el punto en el que se obtendría la captura máxima por recluta si es que no se pescase ningún pez hasta tal edad y si es que entonces todos ellos fuesen cogidos de inmediato.

En la Tabla 10 se muestra las longitudes que alcanzarían los peces de 8 cm., que entren al stock en Enero, en los meses subsiguientes de acuerdo con la curva de crecimiento de von Bertalanffy de la Figura 17. También se muestra el peso de la camada, en gramos por 1,000 reclutas en Enero, para cada mes, si se consideran tasas de mortalidad anual de 1.0 y 1.5 (las correspondientes tasas mensuales de mortalidad son 0.0833 y 0.1250, respectivamente). El peso máximo de la camada a la tasa de mortalidad natural más baja se alcanzaría en Setiembre, mientras que el máximo peso se alcanzaría en Julio con la tasa más alta; las correspondientes longitudes serían 12.8 y 12 centímetros, respectivamente.

Si fuese posible la captura inmediata de todos los miembros de una clase anual, los tamaños arriba indicados serían los mejores a fin de obtener el rendimiento máximo por recluta. Sin embargo, como esto requeriría un esfuerzo de pesca infinitamente grande, éste es un resultado que no se puede obtener en la práctica de una pesquería como la que nos ocupa.

5.5 Diagramas de isopletras de rendimiento

Otro método clásico de abordar la relación entre el tamaño a la primera captura, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta, es el cálculo de diagramas de isopletras de rendimiento. Para una tasa de mortalidad natural supuesta, y con una curva de crecimiento dada, se calcula, para varias tasas de mortalidad por pesca, y para varias edades de primera captura, el rendimiento por recluta obtenido mediante la pesca sostenida de la clase anual, desde su edad inicial hasta que deja la pesquería. Esto corresponde, desde luego, al modelo "simple" de Beverton y Holt (1957, página 310). He hecho los cálculos para la anchoveta peruana, empleando las constantes de crecimiento de von Bertalanffy ya indicadas, considerando las tasas de mortalidad natural de 0.08 y 0.12 por mes, y tomando como la edad máxima de permanencia en la pesquería, 27 meses.

Las tasas mensuales de mortalidad natural que se usan en estos cálculos, son similares pero no exactamente las mismas que las tasas anuales de 1.0 y 1.5 porque el programa del computador estaba ya escrito, para otra finalidad, en tal forma que sólo podía aceptar tasas de hasta dos cifras decimales. Ya que la discrepancia es bien pequeña, no valía la pena hacer una revisión del programa solamente por este motivo. Para cada uno de los valores de mortalidad por pesca y edad (o tamaño) a la primera captura,

que aparecen como puntos en las Figuras 18 y 19, se calculó el rendimiento por recluta en gramos. A partir de estos valores se interpoló y se dibujó las isopleas de rendimiento por recluta. Las tasas de mortalidad por pesca se han puesto como abscisas y en términos de tasas instantáneas mensuales. Las tasas anuales correspondientes pueden obtenerse multiplicando las tasas mensuales por 12. En las ordenadas de estos gráficos se indica la edad y el tamaño mínimos de los peces a la primera captura. Se asume en estos cálculos que la tasa de mortalidad por pesca es constante desde la edad de la primera captura hasta la edad máxima de 27 meses.

Al presente, la longitud mínima a la primera captura es alrededor de 8 cm., pero la mortalidad por pesca no es constante de ese tamaño en adelante. Como se ha dicho anteriormente, es fácil ver en los gráficos de la composición de tamaños, de Boerema y otros, por ejemplo, que los peces no están completamente disponibles, es decir, que la tasa de mortalidad por pesca se mantiene en aumento, hasta un tamaño de cerca de 14 cm. Hay razones para creer, como ya se ha mencionado, que la tasa promedio de mortalidad por pesca, después que el pez está completamente disponible, es de cerca de 1.0 por año (0.083 por mes).

Según la Figura 19, parece que si la tasa anual de mortalidad natural alcanza el alto valor de 1.5 (0.12 por mes) el rendimiento por recluta no puede ser aumentado si se aumenta la edad de la primera captura, es decir, si se atrasa la captura hasta después de Enero que es el mes de entrada a la pesquería, a menos que después se incremente grandemente la intensidad de pesca. Si la tasa anual de mortalidad natural es de cerca de 1.0 (0.083 por mes) lo que, como se ha anotado arriba, parece más de acuerdo con la realidad, en la Figura 18 se puede ver que podría obtenerse una pequeña ganancia en el rendimiento por recluta, sin un gran aumento en la intensidad del esfuerzo de pesca, si se atrasa la captura hasta cuando el pescado haya alcanzado el tamaño de más o menos 10 centímetros. La practicabilidad de imponer límites de tamaño durante la primera parte del año, cuando la mayor parte del reclutamiento se está llevando a cabo, sin declarar una estación de veda, parece ser una cuestión abierta para el debate.

5.6 Modelo simulado de la pesquería

Los intentos de examinar la cuestión del rendimiento por recluta que anteceden son muy simples, y en el caso de la pesquería de la anchoveta son sólo de utilidad limitada, porque la longevidad del pez es muy corta, por las variaciones de disponibilidad durante el año, y por las mismas variaciones relacionadas con el tamaño del pescado. He tratado, por consiguiente, de desarrollar un modelo un tanto más cercano a la realidad, que tome en consideración tales factores; el intento consiste en simular la pesquería en un computador digital. Lo que se ha hecho es comenzar con 1,000 reclutas en Enero con una edad y un tamaño iniciales de 5 meses y 8.0 cm., respectivamente, y seguirlos a través de la pesquería simulada hasta que tengan la edad de 26 meses en Octubre del 2do. año, tiempo en el cual se considera que el número de los que todavía quedan es insignificante. Se asume que el pescado está completamente disponible para la pesquería cuando alcanza la longitud de 14 cm. y más, lo que ocurre en Marzo del segundo año de vida. Entre los 7.5 y los 14 cm. la disponibilidad fraccional (factor de disponibilidad) supuestamente aumenta en forma lineal desde 0 hasta 1.00. Se

supone que la variación mensual en la disponibilidad sigue una modalidad estacional regular, la que fue estimada a base de los valores mensuales relativos de captura por tonelada bruta de registro promediados para los años 1962 a 1964 para el Callao. Por supuesto, los factores mensuales de disponibilidad hacen un promedio anual de 1.0 (para peces que están por encima del tamaño de reclutamiento completo). El producto de los factores de disponibilidad por tamaño y disponibilidad por mes es el factor combinado de disponibilidad para cada mes calendario y edad. Este factor, multiplicado por la tasa promedio que supuestamente rige la mortalidad de pesca para los peces totalmente reclutados, dá la tasa de mortalidad por pesca para una edad y mes calendario dados. Las cifras tabuladas para Callao en la Tabla 11 tal vez hagan todo esto más claro. En esta Tabla se han enumerado los factores estacionales de disponibilidad, los de disponibilidad por tamaño, y los factores combinados resultantes para cada mes y edad. Este factor combinado de disponibilidad (r_t) se multiplica por la tasa promedio de mortalidad de pesca asumida para los peces totalmente reclutados a fin de obtener la tasa de mortalidad por pesca para una edad y mes particulares. Por ejemplo, si se escoge la tasa anual de mortalidad por pesca de 1.0 (que corresponde a 0.0833 por mes) este último valor es multiplicado por el de r_t para dar la tasa de mortalidad de pesca para cada mes conforme el pez pasa por la pesquería. La tasa de mortalidad natural es su- puesta constante.

El programa de la computadora es tal que, si se pone en ella la lista de las edades-peso (esto es, los valores numéricos del peso en cada mes de edad según la curva de von Bertalanffy y de la Figura 17), así como también las listas de r_t , de las tasas supuestas de mortalidad natural y del promedio de la tasa de mortalidad de pesca correspondiente a los peces completamente reclutados, la máquina computará los números y pesos de los peces capturados en cada mes, así como los números y pesos totales para todo el tiempo que dura la camada en la pesquería; también calculará el número de supervivientes en cada mes. Con estos datos puede fácilmente calcularse, también, el peso promedio de los peces en la captura y el peso de los supervivientes en cada mes. El programa ha sido preparado de tal forma que se pueda establecer estaciones de veda, durante las cuales la mortalidad por pesca es cero mientras que la mortalidad natural supuesta continúa; las vedas pueden ser establecidas en cualquier mes o serie de meses.

Variadas tasas supuestas de mortalidad natural y por pesca han sido usadas en este modelo de simulación de la pesquería. Comparando los resultados de pruebas de simulación en las que no intervenía una estación de veda con datos similares de la pesquería real, se puede escoger las tasas de mortalidad que al parecer se acercan más a la realidad. Como ya se ha explicado en otra parte, para hacer esto, he comparado el peso promedio del pez en la captura, dado por la computadora, con el que resulta de la pesquería real durante 1964/65. También comparé el número relativo de peces capturados de una camada durante su primer y segundo año en la pesquería, según el resultado de la computadora, con los resultantes de la pesquería real. Estos últimos se computaron a base de las muestras de tamaño-frecuencia que fueron descompuestas, con la ayuda del papel de probabilidad, en clases de edad, como se ha descrito en otra parte de este trabajo. De estas comparaciones resulta que una tasa de mortalidad natural de 1.5 combinada con una tasa de mortalidad por pesca de 1.0 ó de 1.5 parece muy

alta y que también una tasa de mortalidad por pesca de 1.5 combinada con una tasa de mortalidad natural de 1.0 parece igualmente muy alta. Resultó por otra parte que la combinación de tasas de mortalidad natural y por pesca de 1.0 para cada año, para peces totalmente reclutados, se aproxima moderadamente a los resultados de la pesquería en 1963-4 ó 1964-5. Este tipo de comparación de los resultados de un modelo de simulación, cuando se varían los parámetros, con las correspondientes características de la pesquería real no conduce necesariamente a una conclusión ambigua. Tengo mucho gusto, por consiguiente, como ya lo dije, que el análisis de los datos de composición de edades, basadas en lecturas de otolitos, del Dr. Anthony Burd, constituya una confirmación independiente de la aproximada realidad de las tasas asumidas.

Ya se ha dicho que con este modelo de simulación es posible simular también estaciones de veda, en cualquier mes o serie de meses, a fin de observar sus efectos en el rendimiento por recluta así como también en la biomasa de la población en la estación de desove. En este programa, durante el mes o meses de veda la mortalidad por pesca que sufre la camada es cero tanto en su primer año en la pesquería como en el segundo. De este modo no sólo se simula el ahorro en rendimiento por recluta al permitir el crecimiento de los peces pequeños, sino también las pérdidas en el mismo rendimiento por recluta al no permitir la captura de los peces más viejos. Al mismo tiempo, se puede obtener el peso de los peces en el stock que resulta del reclutamiento de 1,000 peces en Enero de cada año y bajo las condiciones reinantes en la pesquería; tal peso se refiere al de los peces en el stock en cualquier momento deseado. Los pesos del stock a comienzos de Agosto y a comienzos de Octubre se han escogido como los que reflejan el potencial de desove, porque se cree que la estación principal de desove ocurre en Agosto y Setiembre y porque la fecundidad es burdamente proporcional al peso de los peces.

En la Figura 20 se muestra los resultados de las simulaciones tal como fueron obtenidos por la computadora, usando para tales cálculos la disponibilidad según la modalidad estacional del Callao (Tabla 11), una tasa promedio de mortalidad de pesca de 1.0 por año para los peces completamente reclutados y una tasa anual de mortalidad natural de 1.0. En este gráfico se ha mostrado la captura total proveniente de una camada, en gramos por 1,000 reclutas, con las siguientes combinaciones de veda: ninguna veda, un mes de veda, Enero o Febrero, etc., hasta Setiembre, dos meses consecutivos de veda, desde Enero-Febrero, hasta Agosto-Setiembre, tres meses consecutivos de veda en similar forma. También se muestra, para cada caso el peso de los supervivientes al comienzo de Agosto y comienzo de Octubre, como una medida del stock en la estación de desove.

Puede verse que no hay ninguna estación de veda que, a estos valores de mortalidad natural y por pesca, dé por resultado un aumento de la captura por recluta. No obstante, para algunas estaciones de veda, una disminución moderada de la captura por recluta va acompañada de un aumento quizá grande en el peso del stock desovante. Así, si lo que se quiere es aumentar la cantidad de desovantes unas estaciones de veda son más ventajosas que otras. La veda impuesta en 1966 (Junio, Julio y Agosto), como se puede ver, proporcionó un stock desovante mayor que sin ninguna veda, pero el efecto fue acompañado de cierta declinación en el rendimiento por recluta. Pa-

recería, sin embargo, que tal vez una veda más temprana, especialmente Abril-Mayo o Mayo-Junio, más corta en duración entonces, pudiera ser mejor, pues proporcionaría una captura por recluta casi tan grande y quizá un stock desovante mayor. Una cuestión que está abierta a la discusión es si un aumento en el stock desovante aumentaría el reclutamiento a los actuales niveles de población, los que parecen corresponder bastante bien con el punto de rendimiento máximo sostenido bajo la modalidad corriente de la pesquería, tal como se ha visto anteriormente. En consecuencia, hasta que se disponga de mayor información sobre la relación entre stock y reclutamiento, la cuestión de incrementar el stock desovante no debe ser sobreestimado en relación a otros objetivos, aunque debe tenerse en consideración seriamente.

Basándose en esta figura también se puede considerar otro efecto de escoger una época de veda entre las posibles. Parece que una veda al comienzo del año, Enero-Febrero o Febrero-Marzo, a las tasas supuestas de mortalidad, resultaría en un rendimiento por recluta (en peso de pescado crudo) aproximadamente igual al que resulta con una veda en Junio, Julio y Agosto, aunque habría alguna disminución en el stock desovante. Pero, una veda durante el comienzo del año reduciría la captura de peladilla, la que tiene un factor bajo de conversión a harina de pescado; esto resultaría en un mayor valor de producto a obtenerse con el mismo esfuerzo de pesca y la misma captura.

También he hecho trabajar la computadora con la simulación de otras tasas de mortalidad de pesca, tanto mucho más bajas como mucho más altas que las que, se cree, ocurren corrientemente. En las Figuras 21, 22, 23 y 24 se presentan los resultados obtenidos por la computadora al trabajar con los valores simulados de F igual a 0.4, 0.7, 1.3 y 1.6, respectivamente. Del examen de estos resultados, se puede enumerar ciertas generalizaciones:

En cualquier caso no hay una estación de veda que resulte en un incremento de la captura por recluta. Sin embargo, la disminución en la captura por recluta causada por la imposición de una estación de veda se hace más pequeña conforme la intensidad de pesca aumente.

Una veda en Abril-Mayo o Mayo-Junio producirá, en cada caso, un aumento del stock desovante mayor que el que se produciría con una veda en Junio, Julio y Agosto, pero con alguna disminución en la captura por recluta. La disminución en la captura por recluta se hace menor, y el aumento del stock desovante se hace mayor, conforme la mortalidad por pesca aumenta.

Conforme aumenta la tasa de mortalidad por pesca, el efecto relativo de cualquier estación de veda sobre el aumento del stock desovante aumenta.

El efecto de una veda al comienzo del año, Enero-Febrero o Febrero-Marzo, cambia sistemáticamente de acuerdo al aumento de la tasa de mortalidad por pesca. Con tasas de mortalidad por pesca más bajas, una veda en cualquiera de estos grupos de dos meses resulta en un ligero aumento en la captura por recluta con un cambio muy pequeño en el stock desovante promedio del que se obtendría con la veda en Junio, Julio y Agosto. Con tasas de mortalidad por pesca mayores que 1.0 (esto es con $F = 1.3$ y

$F = 1.6$) una veda durante cualquiera de estos dos grupos de meses resultaría en algún aumento real en la captura por recluta, aunque acompañado por una disminución, de algún significado, en la magnitud del stock desovante durante la estación de desove.

También se han calculado en la computadora las simulaciones basadas en la modalidad estacional de la disponibilidad según los datos mensuales de captura por tonelaje bruto de registro para Chimbote. Los resultados que no se presentan aquí, fueron similares a los que más arriba se ha discutido y que fueron basados en los datos para Callao.

Para el futuro, espero incorporar al modelo de simulación los valores de rendimiento de harina de pescado por unidad de peso de materia cruda, para diferentes tamaños de pescado; de modo que el rendimiento por recluta pueda ser computado en términos del producto en vez de términos de la materia prima. Esto debe resultar en un mejoramiento de la base necesaria para considerar los pro y los contra que tienen incumbencia en la selección de estaciones de veda, tanto por el Gobierno como por la Industria.

6. LITERATURA CITADA — LITERATURE CITED

- Bayliff, W. H. 1966. Population dynamics of the anchoveta *Cetengraulis mysticetus*, in the Gulf of Panama, as determined by tagging experiments. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 11, N° 4, (Inglés & Español), pp. 173-352.
- Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Min. Agr. Fish and Food (U. K.), Fish. Investig., Ser. II, Vol. 19, 533 pp.
- Boerema, L. K., G. Saetersdal, I. Tsukayama, J. E. Valdivia & B. Alegre. 1965. Report on the effects of fishing on the Peruvian stock of anchovy. FAO Fisheries Technical paper N° 55 (Distribución restringida) FTb/T55, 44 pp.
- Brandhorst, Wilhelm. 1965. Die chilenische Fischerei und ihre weiteren Entwicklungsaussichten. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 43, Hft. 1, pp. 148-187.
- Brandhorst, W., M. Carreño & O. Rojas. 1965. El número de vértebras de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns y otras especies de la superfamilia Clupeoidae en aguas chilenas. Inst. Fomento Pesq., Bol. Cient., N° 1, pp. 1-9.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size-frequency distributions. Australian Jour. Mar. & Fishwater Res., Vol. 5, N° 3, pp. 512-522.
- Compañía Administradora del Guano. 1951. 42ª Memoria del Directorio correspondiente al ejercicio 1950. Lima, Perú, 1951, 77 pp.

- Compañía Administradora del Guano. 1955. 46ª Memoria del Directorio correspondiente al ejercicio 1954. Lima, Perú, 1955.
- Clark F. N. & J. B. Phillips. 1952. The northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California fishery. Calif. Fish and Game, Vol. 38, Nº 2, pp. 189-207.
- Gulland, J. A. 1961. Fishing and the stocks of fish at Iceland. Min. Agr. Fish and Food (U.K.), Fish Investig., Ser. II, Vol. 23, Nº 4, pp. 1-32.
- Hennemuth, R. C. 1961. Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1954-1959. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 6, Nº 1, (Inglés & Español) pp. 1-51.
- Howard, G. V. & A. Landa. 1958. A study of the age, growth, sexual maturity and spawning of the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) in the Gulf of Panamá. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, Nº 9, (Inglés & Español), pp. 389-467).
- Hutchinson, G. E. 1950. The biogeochemistry of vertebrate excretion. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., Vol. 96, 554, pp. .
- Instituto del Mar del Perú. 1966. Memoria Anual 1965. Ministerio de Marina, Callao, Perú, 83 pp.
- Instituto del Mar del Perú. 1965. Memoria Anual 1964. Ministerio de Marina, Callao, Perú, 1965, 72 pp.
- Jordán, R. & Fuentes. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Inst. Mar. Perú, Informe Nº 10, 31 pp.
- Jordán, R. & A. Chirinos de Vildoso. 1965. La anchoveta (*Engraulis ringens* J.). Conocimiento actual sobre su biología, ecología y pesquería. Inst. Mar. Perú, Informe Nº 6, 52 pp.
- Murphy, Robert C. 1944. More about Peruvian fisheries. Geogr. Rev., Vol. 34, pp. 141-142.
- Murphy, Robert C. 1954. El guano y la pesca de anchoveta. Informe Oficial al Supremo Gobierno, Cía. Adm. Guano, pp. 1-39.
- Saetersdal, G., I. Tsukayama & B. Alegre. 1965. Fluctuaciones en la abundancia aparente del stock de anchoveta en 1959-1962. Inst. Mar. Perú, Boletín, Vol. 1, Nº 2, (Español & Inglés) pp. 33-104.
- Saetersdal, G. & J. E. Valdivia. 1964. A study of growth, size and recruitment of the anchovy (*Engraulis ringens* J.) based on length frequency data. Inst. Investig. Recursos Marinos, Boletín, Vol. 1, Nº 4 (Español & Inglés), pp. 85-136.

- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 1, N^o 2, pp. 25-56.
- Schaefer, M. B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 2, N^o 6, (Inglés & Español), pp. 245-285.
- Schaefer, M. B. 1967. Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population of the Eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 12, N^o 3, (Inglés & Español), **in press**.
- Schaefer, M. B. & R. J. H. Beverton. 1963. Fishery dynamics — their analysis and interpretation. In "The Seas", M. N. Hill, Ed., Vol. 2, pp. 464-483. Interscience, N. Y. and London, 1963.
- Shimada, B. M. & M. B. Schaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 1, N^o 7, (Inglés & Español), pp. 350-469.
- Tilic, I. 1963. Información estadística sobre embarcaciones utilizadas en la pesca industrial en el Perú 1953-62. *Inst. Investig. Recursos Marinos, Informes N^o 8*, 36 pp.

Tabla 1.—Datos sobre el crecimiento de la pesquería de anchoveta y datos del muestreo para captura-esfuerzo
Table 1.—Data concerning the growth of the fishery for anchoveta, and sampling for catch-effort data

		Flota pesquera de anchoveta						
Año	Desembarques Totales (1000 TM)	Desembarques en las mues- tras de cap- tura-esfuer- zo (1000TM)	GRT conocido		GRT no conocido		Número total	
			Número	GRT total	Desembar- ques (1000 TM)	Número	(1)	(2)
Anchoveta Fishing Fleet								
Year	Total landings (1000 tons)	Landings in catch-effort samples (1000 tons)	GRT Known		GRT Unknown		Total Number	
			Number	Total GRT	Landings (1000 tons)	Number	(1)	(2)
1951	7							
1952	16							
1953	37							
1954	43							
1955	59							
1956	119							
1957	326							
1958	737							
1959	1,909							
1960	2,944	2,693	653	32,998		1	654	
1961	4,580	3,904	754	41,187			754	709
1962	6,275	6,094	921	55,852	5,979	175	1,096	878
1963	6,423	5,746	1,413	100,439	5,942	343	1,756	1,096
1964	8,864	7,615	1,640	128,735	8,390	196	1,836	1,756
1965	7,233	6,833	1,549	127,700	6,892	105	1,654	1,846

(1) Origen: Tabulaciones del IMARPE (1960, 1961 - I. Tsukayama; 1962-1965 - I. Vásquez).

(2) Origen: Boerema y otros (1965).

(1) From tabulations of IMARPE (1960, 1961 — I. Tsukayama; 1962-1965 — I. Vásquez).

(2) Boerema, et. al (1965).

Tabla 2. Factores de eficiencia relativa, por años, de bolicheras de varias clases de tamaño, respecto a una clase "standard" (65-69 pies de longitud)

Table 2. Efficiency factors of various size-classes of bolicheras, relative to a "standard" class (65-69 feet length), by years.

Año Year	Clase de tamaño (longitud en pies) Size class (length in feet)										
	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	90-94
1960	0.372 (256)*	0.298 (370)	0.382 (526)	0.736 (845)	0.915 (862)	1.059 (1504)	1.000 (104)	1.310 (11)	1.178 (89)	1.191 (27)	
1961	0.293 (112)	0.311 (230)	0.354 (390)	0.722 (853)	0.702 (1035)	1.040 (2457)	1.000 (404)	0.402 (12)	1.061 (123)	1.184 (30)	
1962		0.232 (211)	0.235 (408)	0.465 (872)	0.581 (1066)	0.770 (2804)	1.000 (1414)	1.086 (155)	1.012 (207)	1.190 (33)	
1963		0.170 (94)	0.227 (197)	0.284 (633)	0.410 (866)	0.622 (2930)	1.000 (3776)	1.002 (389)	0.992 (345)	0.842 (29)	1.353 (58)
1964			0.112 (47)	0.235 (303)	0.415 (513)	0.620 (2445)	1.000 (5388)	1.104 (689)	1.281 (443)	1.457 (176)	2.005 (74)
1965			0.248 (37)	0.287 (131)	0.365 (294)	0.717 (1841)	1.000 (5075)	1.030 (834)	1.300 (494)	1.656 (268)	1.269 (74)
Media geométrica Geometric mean	0.348	0.273	0.308	0.531	0.606	0.784	1.000	1.051	1.174	1.477	1.557

* Los números entre paréntesis corresponden a las embarcaciones-meses en las que se basan los cálculos.

* Numbers in parenthesis are vessel-months on which calculations are based.

Tabla 3. Promedio del tonelaje de registro bruto de las embarcaciones correspondientes a las clases de tamaño, de la Tabla 2, por clase de tamaño y año.

Table 3. Mean gross-registered-tonnage of vessels, corresponding to vessel size-classes in Table 2, by size-class and year.

Año Year	Clase de tamaño (longitud en pies) Size class (length in feet)										
	35—39	40—44	45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—79	80—84	90—94
1960	21.4	27.7	32.0	42.3	49.4	64.1	69.1	84.0	115.2	135.8	
1961	22.0	28.0	31.0	42.1	49.6	63.9	70.4	70.6	111.5	133.1	
1962		27.9	32.3	41.9	49.2	63.8	74.1	83.2	111.8	131.8	
1963		28.4	32.5	43.0	49.5	67.1	77.9	86.7	105.9	118.9	181.2
1964			34.4	43.4	49.4	68.8	81.8	94.7	118.0	140.5	181.3
1965			31.0	43.2	49.9	69.9	83.4	99.3	109.9	146.1	173.7
Weighted mean * Media ponderada	21.6	27.9	31.9	42.4	49.4	66.2	80.4	94.0	111.8	140.9	178.5

* Ponderado por el número de embarcación-meses (véase Tabla 2).

* Weighted by number of vessel-months (see Table 2)

Tabla 4. Regresiones del factor de eficiencia en el tamaño de la embarcación (G.R.T.)

Table 4. Regressions of efficiency factor on vessel size (G.R.T.)

Año	Coefficientes de regresión b	Error standard s_b	Coefficiente de regresión b'
Year	Regression Coefficients b	Standard Error s_b	Regression Coefficients b'
1960	.00829	.00189	.01199
1961	.00806	.00164	.01104
1962	.00942	.00156	.01042
1963	.00784	.00033	.00851
1964	.01256	.00080	.01063
1965	.00948	.00168	.00970
Promedio "Average"	.00887	.00064	.01024
Agregado s_b pooled, $s_b = .00128$			

Tabla 5. Número promedio de descargas por embarcación por mes, en todo el país.

Table 5. Average number of landings per boat per month, whole country.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Jan.	19.6	17.1	15.7	16.3	14.4	13.6	16.8
Feb.	17.4	15.2	14.1	5.8*	11.3	9.9	13.6
Mar.	18.2	14.1	15.4	13.6	13.3	14.9	13.8
Apr.	10.3	15.2	16.0	13.9	11.9	11.3	13.6
May.	8.8	16.9	18.0	14.5	10.4	11.4	13.5
Jun.	13.3	12.4	12.7	9.9	9.1	8.7	
Jul.	9.4	11.0	12.0	6.1	8.6	—	
Aug.	11.6	11.5	11.2	6.7	6.4	—	
Sep.	12.7	12.4	11.7	7.1	6.9	4.6	
Oct.	14.1	15.8	14.0	7.7	11.0	6.1	
Nov.	15.6	18.1	17.3	10.2	12.0	11.4	
Dec.	16.6	17.6	15.6	12.4	13.1	14.9	
Promedio anual Yearly Average	13.9	* 15.0	14.6	10.5	10.9	10.8	

* Strike curtailed fishing.

*Pesca disminuída por huelga.

Tabla 6. Cálculo del esfuerzo total y de la media anual de la captura por esfuerzo, Chimbote, 1963-64.

Table 6. Calculation of total effort and annual mean catch-per-effort, Chimbote 1963-64.

Mes	Año	Captura por esfuerzo (toneladas por embarcación-tonelada-mes)	Captura total (toneladas métricas)	Esfuerzo (embarcación-tonelada-mes)
Month	Year	Catch-per-effort (tons-per-boat-ton-month)	Total catch (tons)	Effort (boat-ton-months)
Sep.	1963	3.4	75,035	22,069
Oct.	1963	4.5	85,354	18,968
Nov.	1963	6.8	133,005	19,560
Dec.	1963	11.2	265,065	23,666
Jan.	1964	11.3	258,675	22,892
Feb.	1964	7.0	161,678	23,097
Mar.	1964	13.2	328,514	24,887
Apr.	1964	13.2	327,385	24,801
May.	1964	8.1	220,531	27,226
Jun.	1964	6.6	183,599	27,818
Jul.	1964	6.1	211,217	34,626
Aug.	1964	4.4	168,289	38,248
Totals			2,418,347	307,858

Media ponderada de la
captura por esfuerzo 7.86

Weighted mean
catch-per-effort 7.86

Tabla 7. Cálculo del esfuerzo total y de la media anual de la captura por esfuerzo por regiones y para los datos agregados de todo el país, 1963-64.

Table 7. Calculation of total effort and annual mean catch-per-effort, by regions and for the pooled data of the whole country, 1963-64.

Puerto	Captura total (tons. métricas)	Esfuerzo (embarcación-tonelada-mes)	Media ponderada de la captura por esfuerzo (tonelada por embarcación tonelada-mes)
Port	Total catch (tons)	Effort (boat-ton-months)	Weighted Mean catch-per-effort (tons-per-boat-ton-month)
Región Norte - Northern Region			
Chimbote	2,418,347	307,858	
Samanco	122,209	19,039	
Casma	161,989	23,864	
Totals - Totals	2,702,545	350,761	7.70
Región Central - Central Region			
Huarmey	314,353	39,325	
Supe	910,379	132,809	
Huacho & Vegueta	541,974	99,239	
Chancay	535,330	108,809	
Callao	1,676,116	284,494	
Pucusana	41,696	6,324	
Tambo de Mora	447,219	61,603	
Pisco	99,564	14,496	
Totals	4,566,631	747,099	6.11
Región Sur - Southern Region			
Atico & La Planchada	74,327	20,728	
Mollendo	108,509	18,957	
Ilo	526,685	60,350	
Totals	709,521	100,035	7.09
Total Regional - Regional Total			
Pooled	713,031	100,569	
(from regional totals)	8,005,842	1,202,601	6.66

Tabla 8. Captura total, y estimado de la captura por esfuerzo y del esfuerzo total, por regiones y para todo el país, 1960-61 a 1965-66.

Table 8. Total catch and estimates of catch-per-unit-effort and total effort, by regions and for the whole country, 1960-61 through 1965-66.

Año	(1)	(1)	(2)	Esfuerzo (embarcación tonelada-mes)
	Captura total (tons. métricas)	Captura por embarcación (toneladas métricas)	Captura por embarcación (toneladas métricas)	
Year	(1)	(1)	(2)	(2)
	Total Catch (tons)	Catch-per-boat-ton-month (tons)	Effort (boat-ton months)	Catch-per-boat-ton-month (tons)
Región del Norte - Northern Region				
1960-61	1,114,565	9.74	114,470	9.43
1961-62	1,827,062	12.78	142,970	11.89
1962-63	2,245,907	9.94	225,946	8.87
1963-64	2,702,545	7.70	350,761	6.73
1964-65	2,965,745	8.50	348,953	7.26
1965-66	2,703,272	7.32	369,299	6.13
Región Central - Central Region				
1960-61	2,680,647	10.31	260,005	9.98
1961-62	3,457,321	11.13	310,631	10.35
1962-63	4,235,795	8.55	495,415	7.63
1963-64	4,590,266	6.11	751,271	5.34
1964-65	4,394,072	7.14	615,416	6.10
1965-66	4,564,169	6.96	655,771	5.82
Región del Sur - Southern Region				
1960-61	139,082	11.52	12,071	11.15
1961-62	217,205	13.21	16,441	12.29
1962-63	424,980	11.30	37,609	10.09
1963-64	713,031	7.09	100,569	6.19
1964-65	676,816	6.86	98,661	5.86
1965-66	823,767	8.06	102,204	6.74
Todo el país - Whole Country				
1960-61	3,934,294	10.18	386,546	9.85
1961-62	5,501,588	11.70	470,042	10.69
1962-63	6,906,682	9.10	758,970	8.13
1963-64	8,005,842	6.66	1,202,601	5.81
1964-65	8,036,633	7.56	1,063,030	6.46
1965-66	8,091,208	7.20	1,123,779	6.03

(1) Sin corrección por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones debidos a los cambios en los aparejos.

(1) No correction for temporal changes in vessel efficiency due to change in gear.

(2) Con corrección por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones debidos a los cambios en los aparejos.

(2) With correction for temporal change in vessel efficiency due to change in gear.

Tabla 9. Estimados de la captura promedio máxima sostenible (Cmax), en millones de toneladas, basados en los datos para los años de pesca 1960-61 a 1965-66.

Table 9. Estimates of maximum sustainable average catch (Cmax), in millions of tons, based on data for fishing years 1960-61 through 1965-66.

A. A partir de los datos de captura por unidad de esfuerzo sin corrección por cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones.

A. From data of catch-per-unit-effort uncorrected for temporal changes in vessel efficiency

Región	De las líneas ajustadas a los datos actuales (1)	De las líneas de equilibrio estimado (2)
Region	From lines fitted to actual data (1)	From lines of estimated equilibrium (2)
Norte — North	2.96	2.63
Central — Central	4.59	4.34
Sur — South	0.75	0.69
TOTALES - TOTALS	8.30	7.66
Agregado — Pooled	8.16	7.71

B. A partir de los datos de captura por unidad de esfuerzo corregidos por cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones.

B. From data of catch-per-unit-effort corrected for temporal changes in vessel efficiency

Región	De las líneas ajustadas a los datos actuales (3)	De las líneas de equilibrio estimado (4)
Region	From lines fitted to actual data (3)	From lines of estimated equilibrium (4)
Norte — North	2.85	2.59
Central — Central	4.59	4.33
Sur — South	0.74	0.68
TOTALES — TOTALS	8.18	7.60
Agregado — Pooled	8.05	7.49

Tabla 10. Peso calculado en gramos, a varias edades, de una camada (1000 peces) que entra al stock en Enero con 8.0 cm., en ausencia de pesquería.

Table 10. Calculated weigth (in grams) of cohort (1000 fish) entering at 8.0 cm. in January, at various subsequent ages, in the absence of fishery.

Mes	Edad en meses	Longitud cm.	M = 1.0/año = 0.0833/mes	M = 1.5/año = 0.1250/mes
Month	Age in Months	Length cm.	M = 1.0/yr = 0.0833/mo	M = 1.5/yr = 0.1250/mo
Jan	5	8.0	3000	3000
Feb	6	8.9	3956	3794
Mar	7	9.7	4868	4478
Apr	8	10.4	5647	4983
May	9	11.0	6235	5277
June	10	11.6	6693	5433
July	11	12.0	7038	5480
Aug	12	12.4	7230	5398
Sept	13	12.8	7268	5206
Oct	14	13.0	7207	4951
Nov	15	13.3	7088	4670
Dec	16	13.5	6882	4349
Jan	17	13.7	6664	4039
Feb	18	13.9	6385	3712
Mar	19	14.0	6062	3380
Apr	20	14.2	5735	3067
May	21	14.3	5409	2774
June	22	14.4	5098	2508
July	23	14.5	4780	2256
Aug	24	14.5	4480	2028
Sept	25	14.6	4170	1810
Oct	26	14.6	3880	1616

Tabla 11. Factores de disponibilidad usados para la Región Central (Callao) en una pesquería simulada en la computadora.

Table 11. Availability factors used for Central region (Callao) in computer simulation of fishery.

Mes	r'_t	a	r_t
Month	r'_t	a	r_t
Jan	1.610	.077	0.124
Feb	0.757	0.215	0.163
Mar	1.171	0.338	0.396
April	1.254	0.446	0.559
May	1.610	0.538	0.866
June	0.920	0.615	0.566
July	0.632	0.692	0.437
Aug	0.486	0.754	0.366
Sept	0.486	0.800	0.389
Oct	0.810	0.846	0.686
Nov	1.191	0.892	1.063
Dec	1.071	0.923	0.988
Jan	1.610	0.954	1.536
Feb	0.757	0.984	0.745
Mar	1.171	1.000	1.171
April	1.254	1.000	1.254
May	1.610	1.000	1.610
June	0.920	1.000	0.920
July	0.632	1.000	0.632
Aug	0.486	1.000	0.486
Sept	0.486	1.000	0.486
Oct	0.810	1.000	0.810

r'_t = factor de disponibilidad estacional
 a = factor de disponibilidad por tamaño
 r_t = factor combinado de disponibilidad
 r'_t = seasonal availability factor
 a = size availability factor
 r_t = combined availability factor

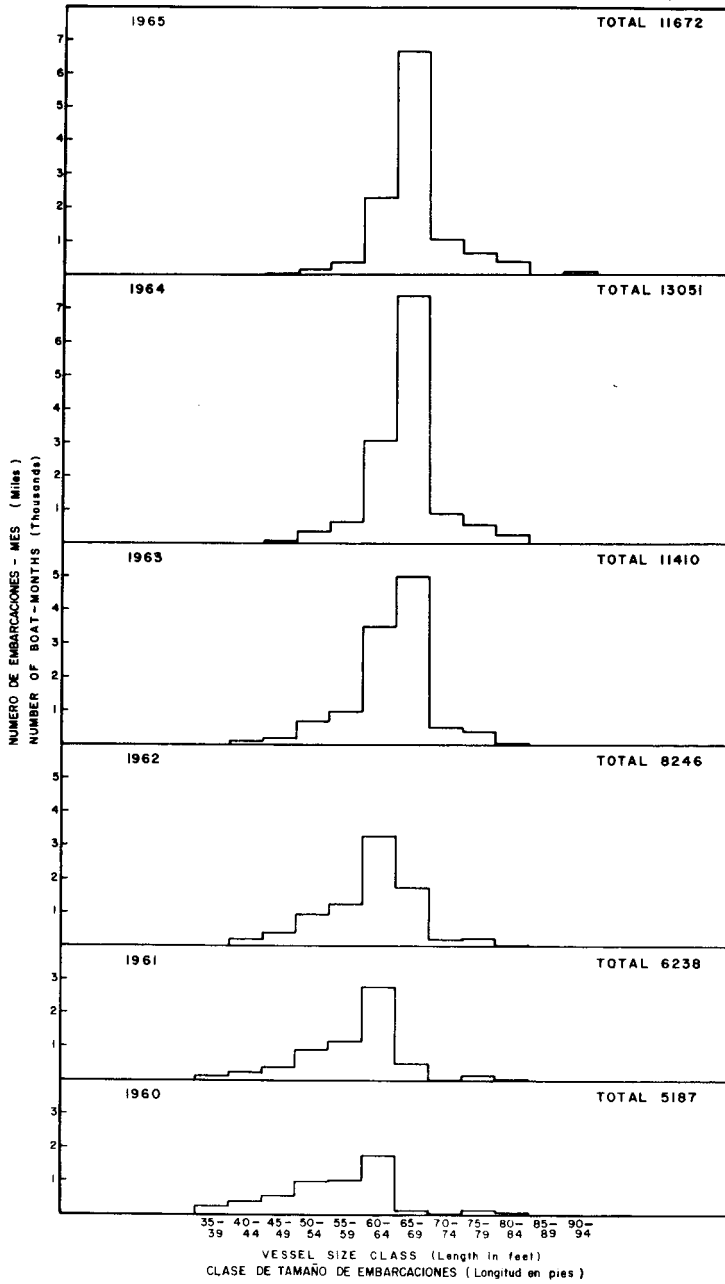


Figura 1. Número de embarcaciones, por clase de tamaño de las embarcaciones, registrado en cada año, de 1960 a 1965.

Figure 1. Number of vessel-months, by size classes of vessels, recorded each year, 1960-1965.

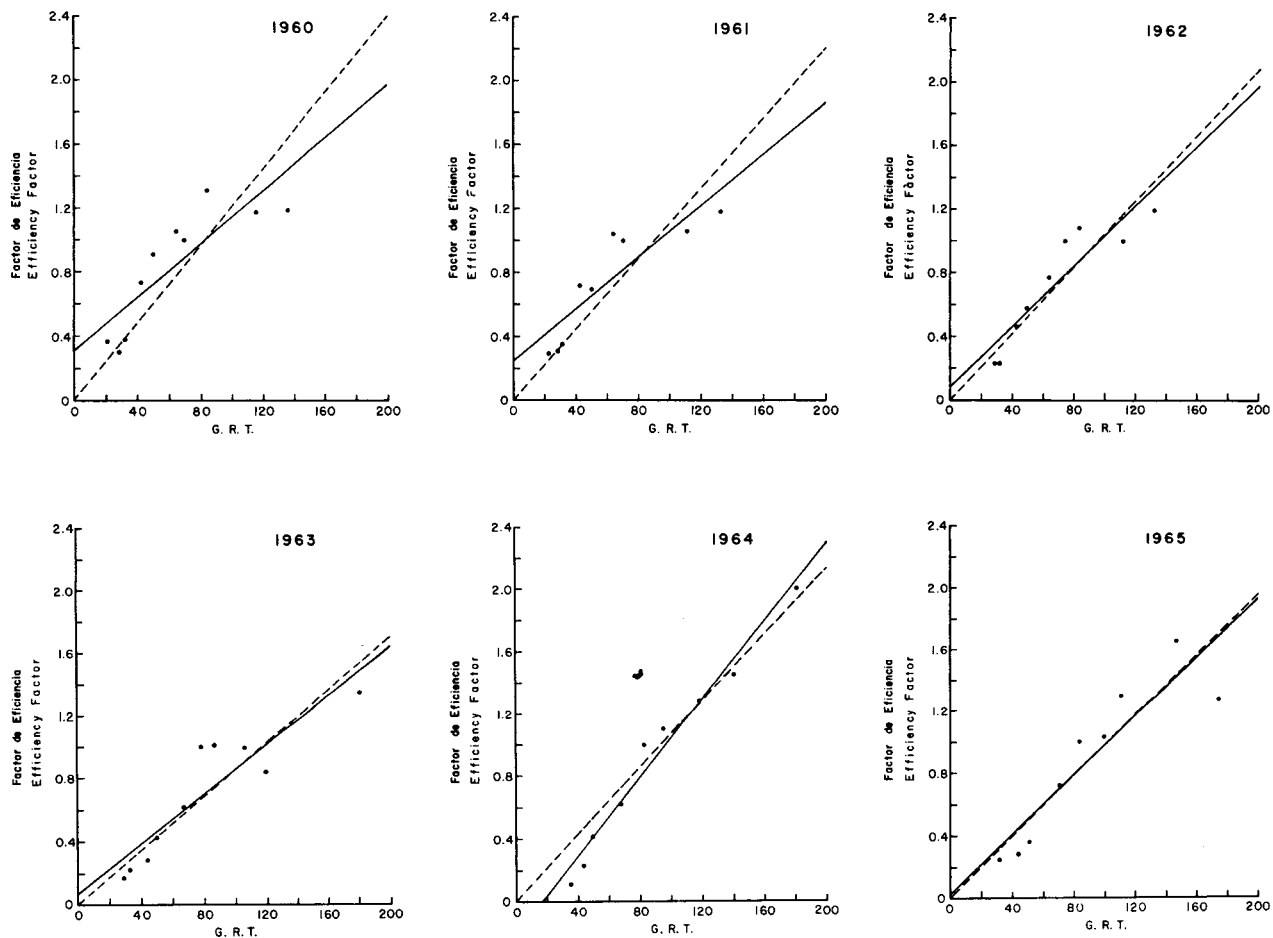


Figura 2. Relaciones entre los factores de eficiencia y el tonelaje de registro bruto de bolicheras de diferentes clases de tamaño, por años, 1960-1965.

Figure 2. Relationships between efficiency factors and gross-registered tonnage of bolicheras of different size-classes, by years, 1960-1965.

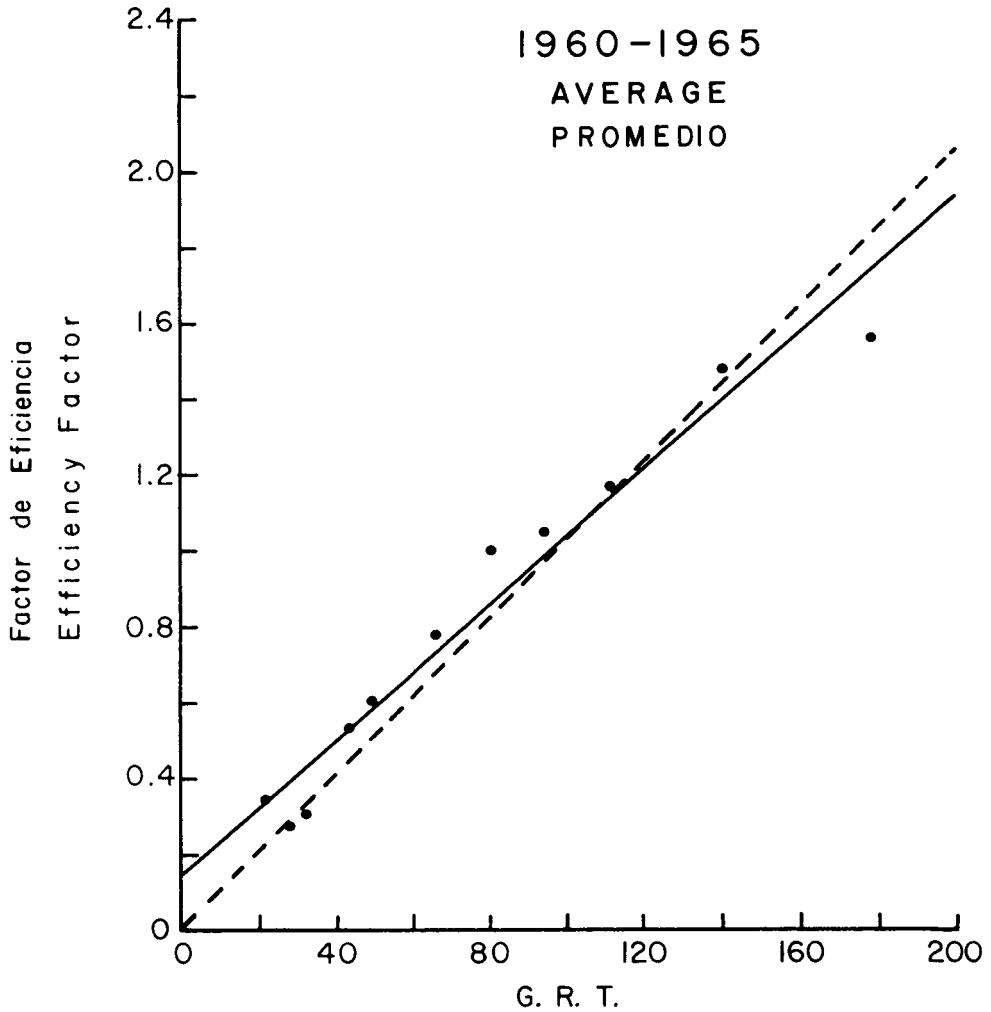


Figura 3. Relación entre los factores de eficiencia y el tonelaje de registro bruto de bolicheras de diferentes clases de tamaño promedio para 1960-1965.

Figure 3. Relationship between efficiency factors and gross-registered-tonnage of bolicheras of different size-classes, 1960-1965 average.

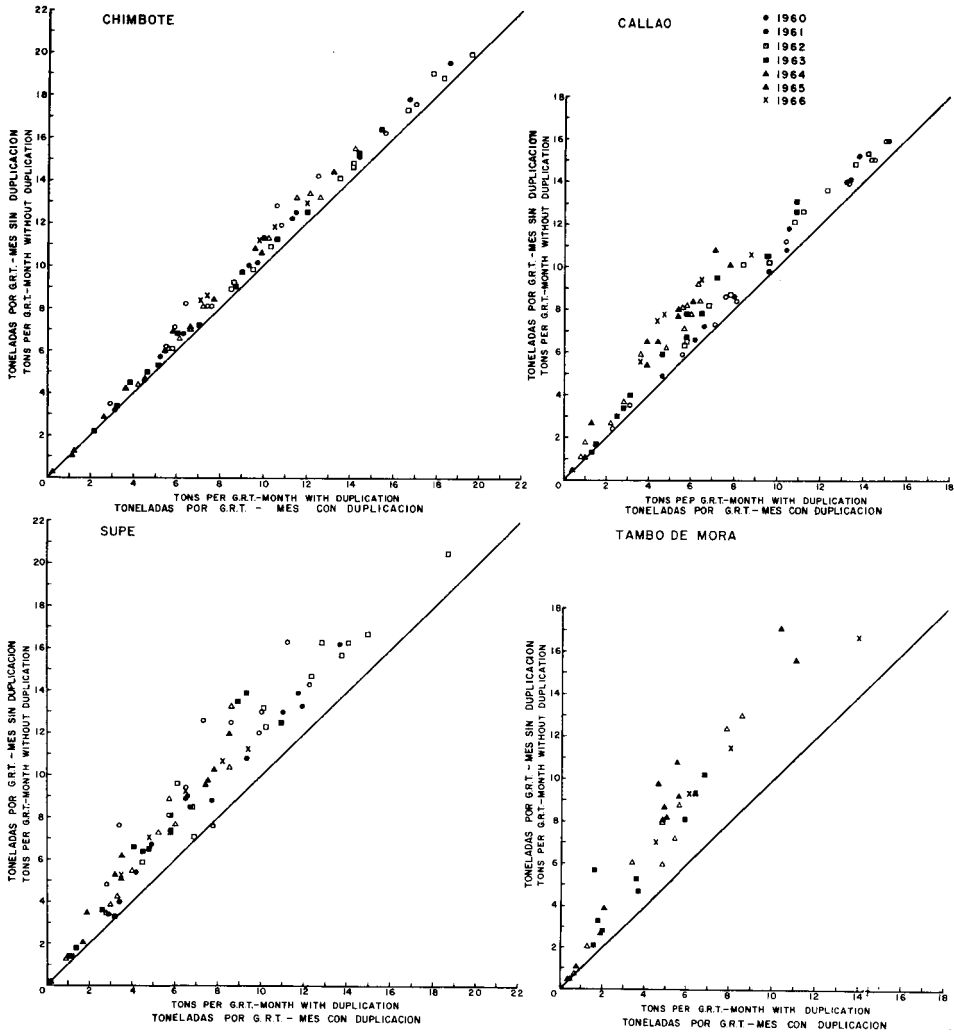


Figura 4. Efecto de la duplicación de embarcaciones en los estimados de la captura por unidad de esfuerzo, para varios puertos y años.

Figure 4. Effect of duplication in counting of vessels on estimates of catch-per-unit-of-effort, for various ports and years.

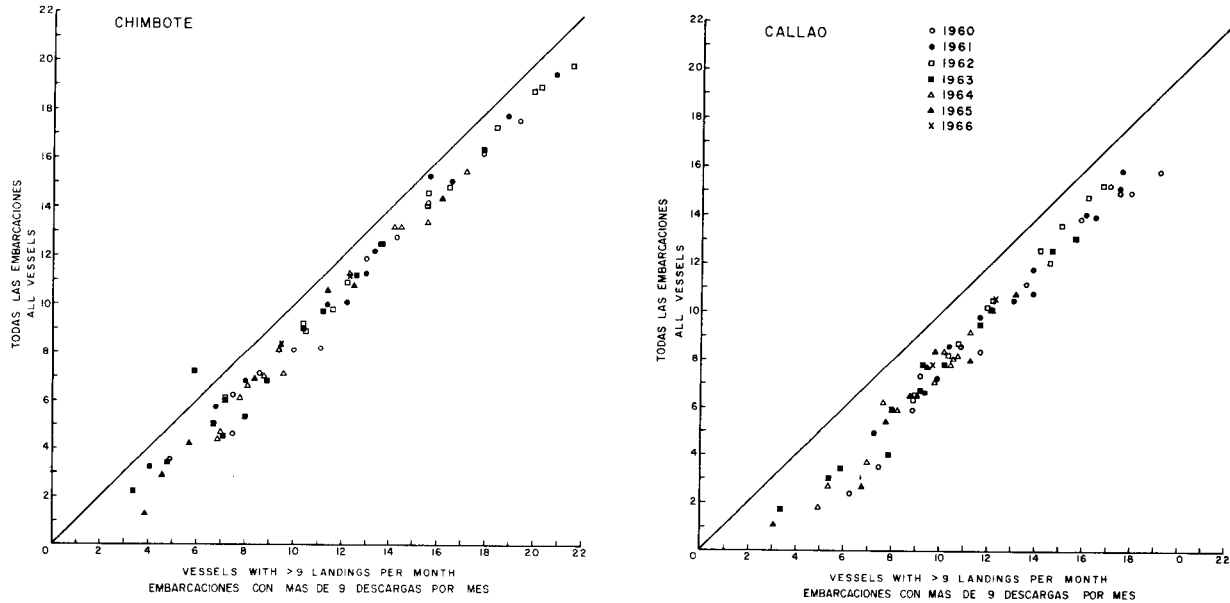


Figura 5. Relación entre el promedio de la captura por embarcación-tonelada-mes, en toneladas, calculado con embarcaciones con más de 9 descargas por mes, y el calculado con todas las embarcaciones, para los puertos de Chimbote y Callao, de 1960 a 1966.

Figure 5. Relationship between average catch-per-boat-ton-month, in tons, calculated for all vessels, at the ports of Chimbote and Callao, calculated for vessels making over 9 landings per month, and 1960-1966.

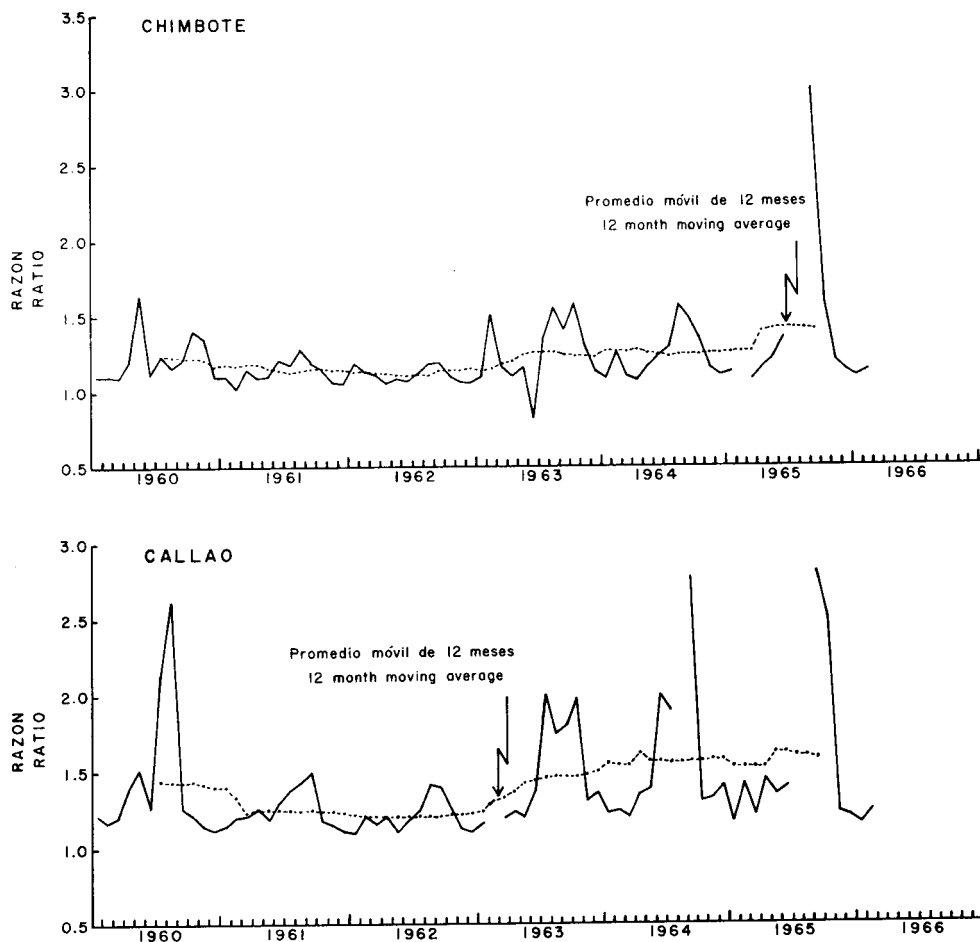


Figura 6. Razón de la captura por embarcación-tonelada-mes de embarcaciones con más de 9 descargas por mes a la captura por embarcación-tonelada-mes de todas las embarcaciones, para Chimbote y Callao, 1960-1966.

Figure 6. Ratio of catch-per-boat-ton-month by vessels making over 9 landings per month to catch-per-boat-ton-month by all vessels at Chimbote and Callao, 1960-1966.

REGION DEL NORTE
NORTHERN REGION

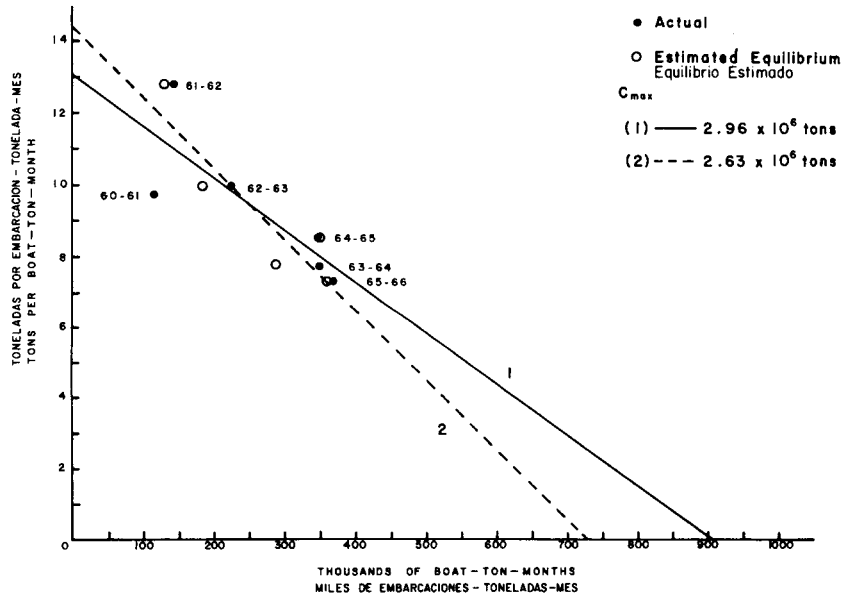


Figura 7. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos no corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región del Norte.

Figure 7. Relationship between fishing effort and apparent abundance, based on data not corrected for temporal changes in vessel efficiency, Northern Region.

REGION CENTRAL
CENTRAL REGION

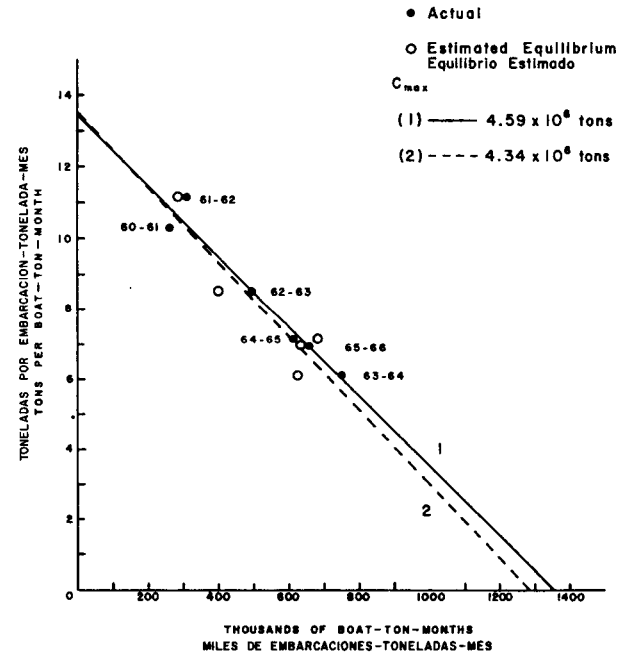


Figura 8. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos no corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región Central.

Figure 8. Relationship between fishing effort and apparent abundance, based on data not corrected for temporal changes in vessel efficiency, Central Region.

REGION DEL SUR
SOUTHERN REGION

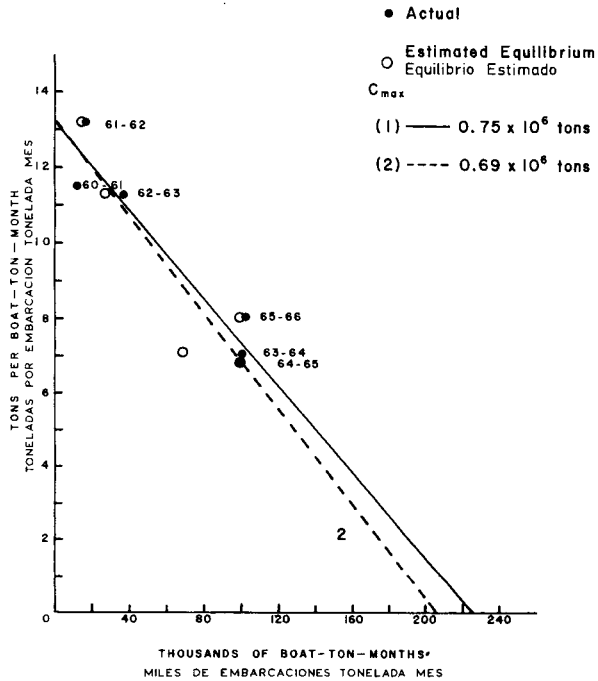


Figura 9. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos no corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región del Sur.

Figure 9. Relationship between fishing effort and apparent abundance, based on data not corrected for temporal changes in vessel efficiency, Southern Region.

POOLED—ALL REGIONS
AGREGADO DE TODAS LAS REGIONES

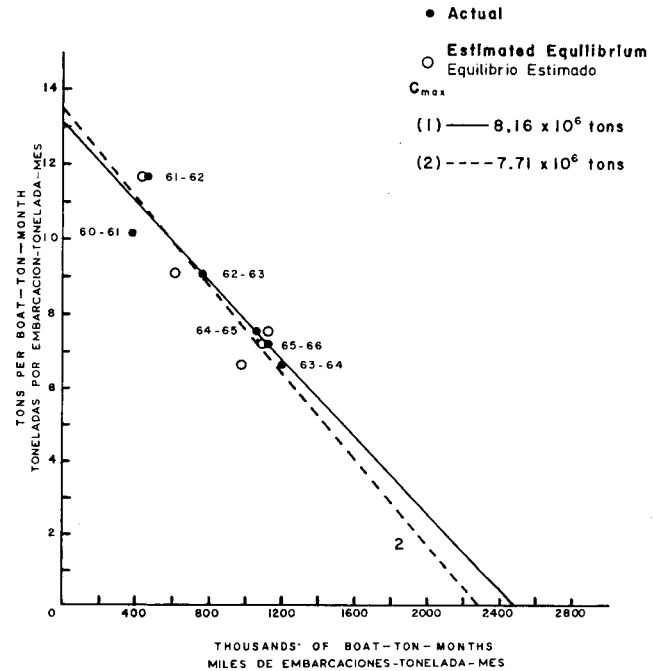


Figura 10. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos no corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, todas las regiones agregadas.

Figure 10. Relationship between fishing effort and apparent abundance, based on data not corrected for temporal changes in vessel efficiency, all Regions pooled.

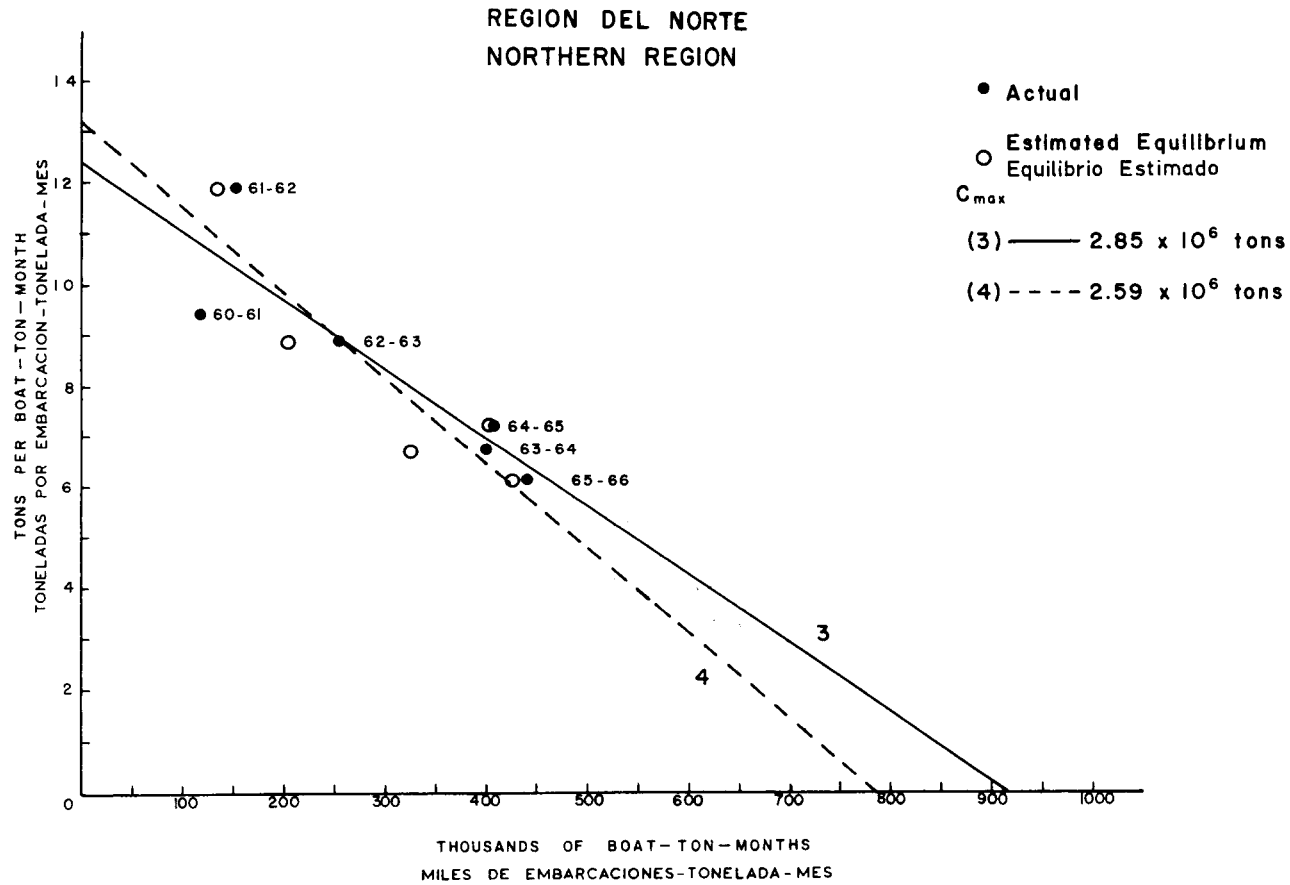


Figura 11. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región del Norte.

Figure 11. Relationship between fishing effort and apparent abundance based on data corrected for temporal changes in vessel efficiency, Northern Region.

REGION CENTRAL

CENTRAL REGION

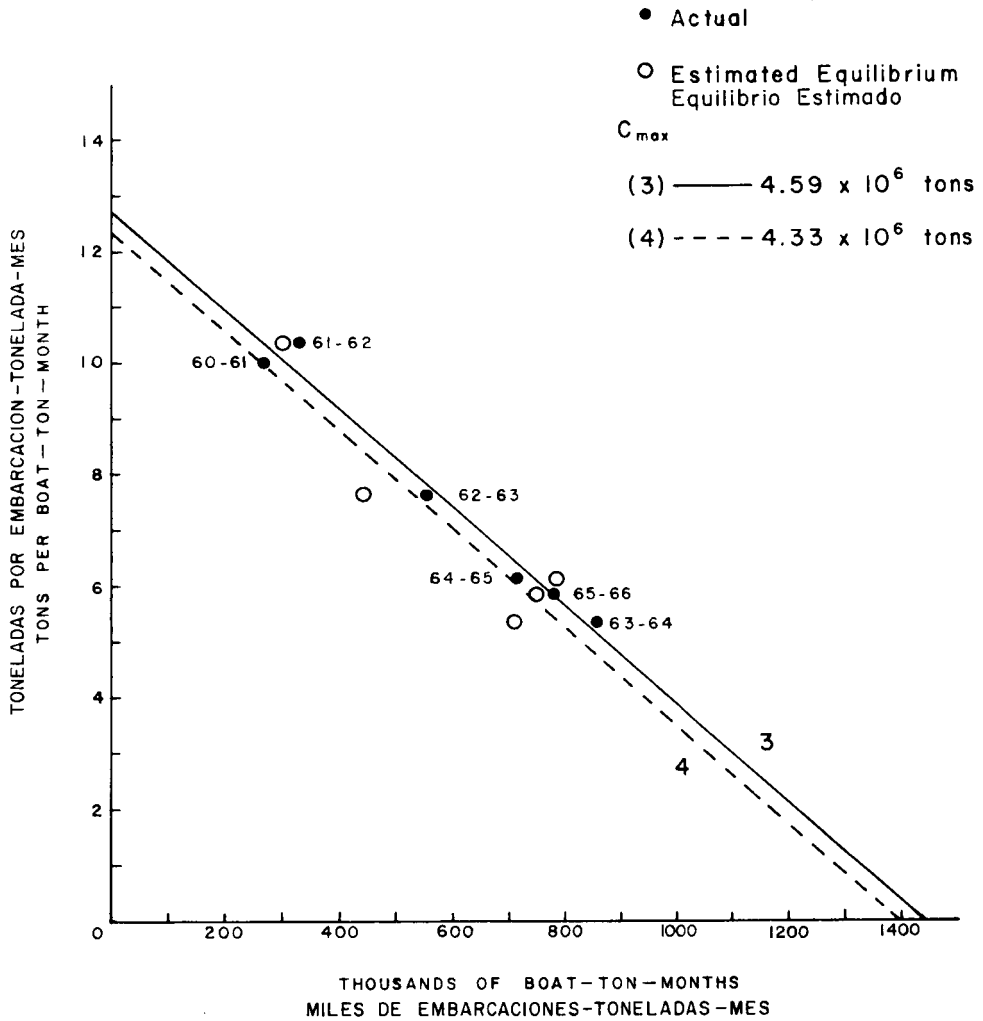


Figura 12. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región Central.

Figure 12. Relationship between fishing effort and apparent abundance based on data corrected for temporal changes in vessel efficiency, Central Region.

REGION DEL SUR
SOUTHERN REGION

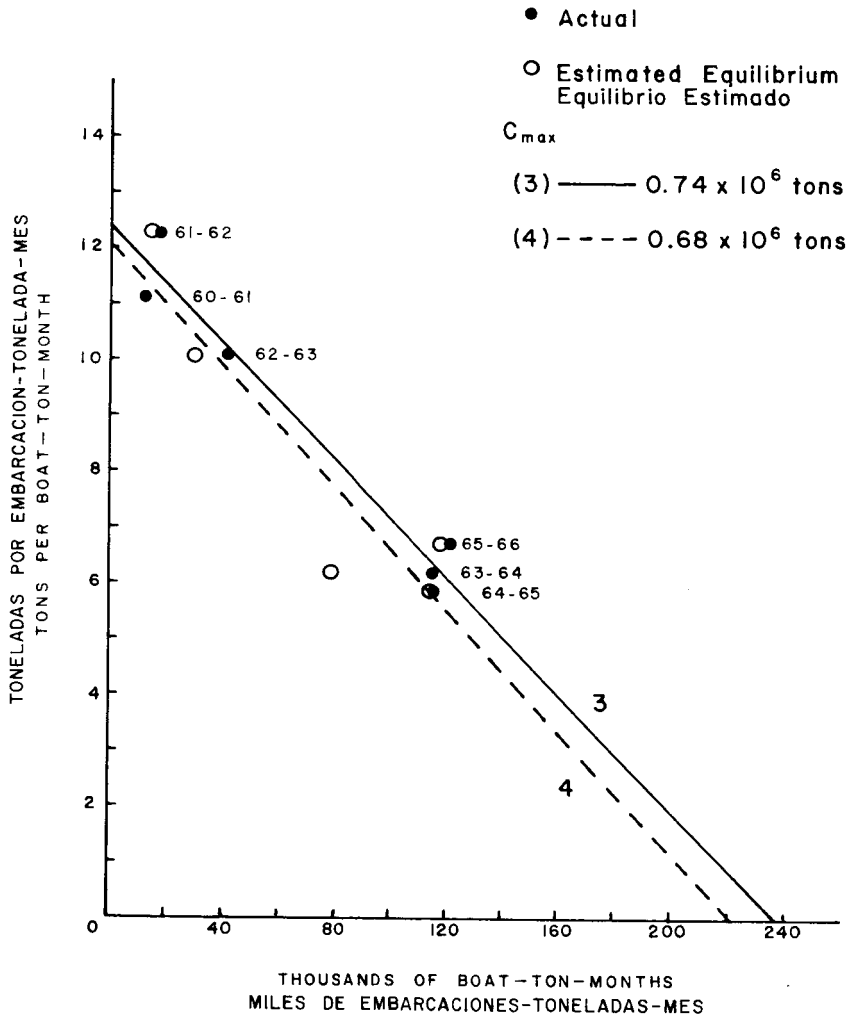


Figura 13. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, Región del Sur.

Figure 13. Relationship between fishing effort and apparent abundance based on data corrected for temporal changes in vessel efficiency, Southern Region.

AGREGADO DE TODAS LAS REGIONES
 POOLED—ALL REGIONS

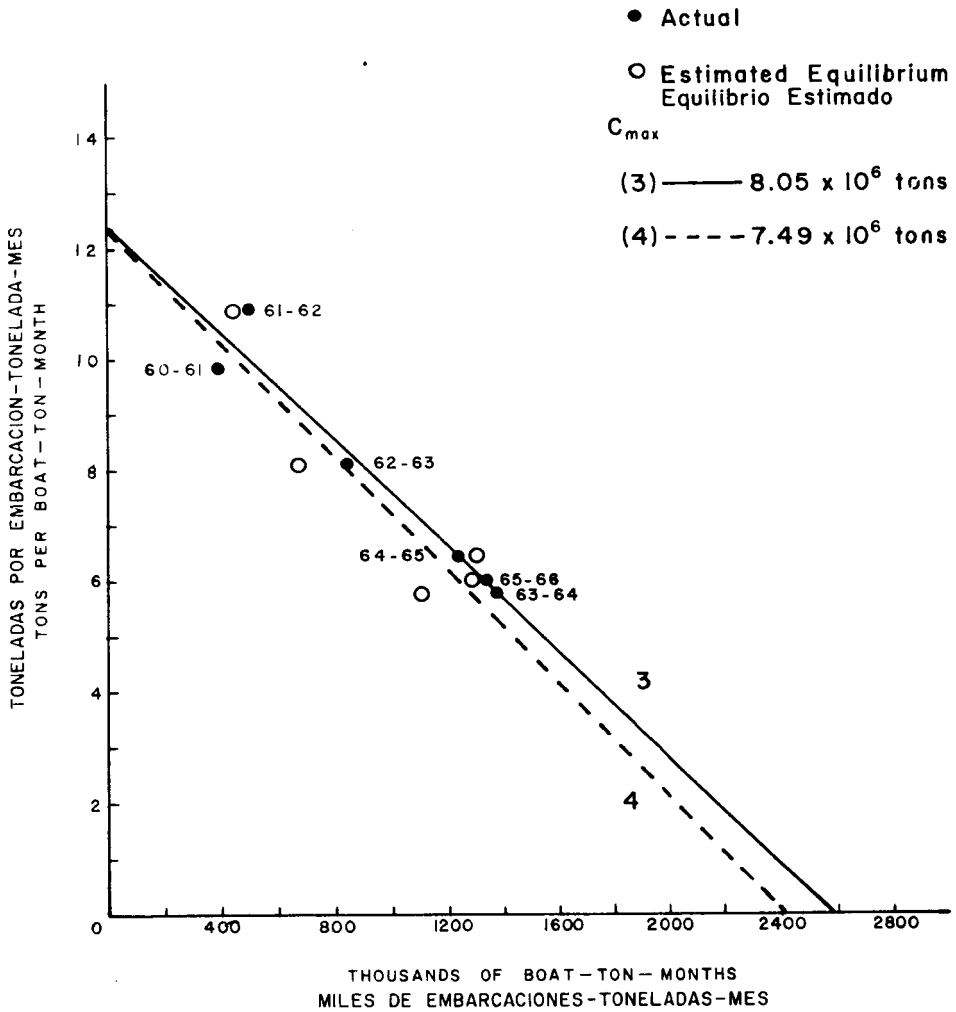


Figura 14. Relación entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, basada en los datos corregidos por los cambios temporales en la eficiencia de las embarcaciones, todas las regiones agregadas.

Figure 14. Relationship between fishing effort and apparent abundance based on data corrected for temporal changes in vessel efficiency, all Regions pooled.

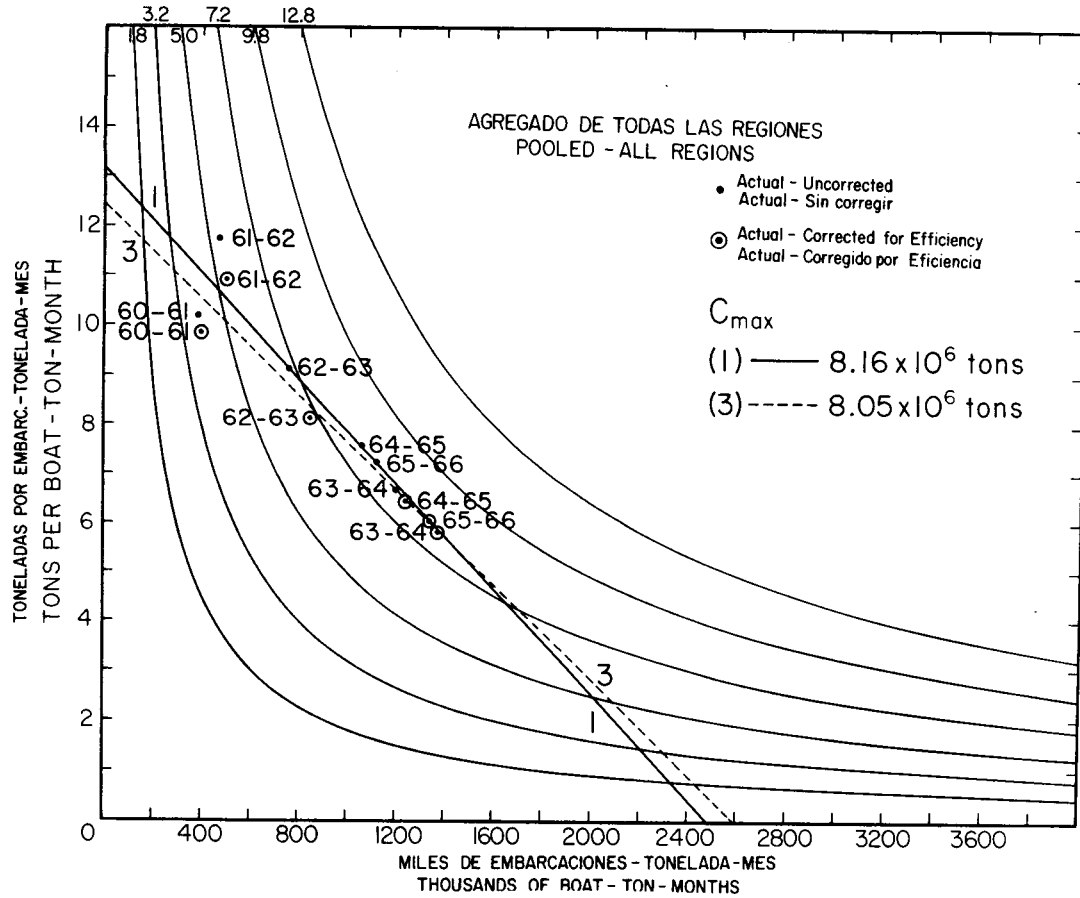


Figura 15 Efectos de la corrección por la eficiencia de las embarcaciones en la relación entre el esfuerzo y la abundancia aparente, observaciones actuales.
Figure 15. Effects of correction for vessel efficiency on relationship of effort and apparent

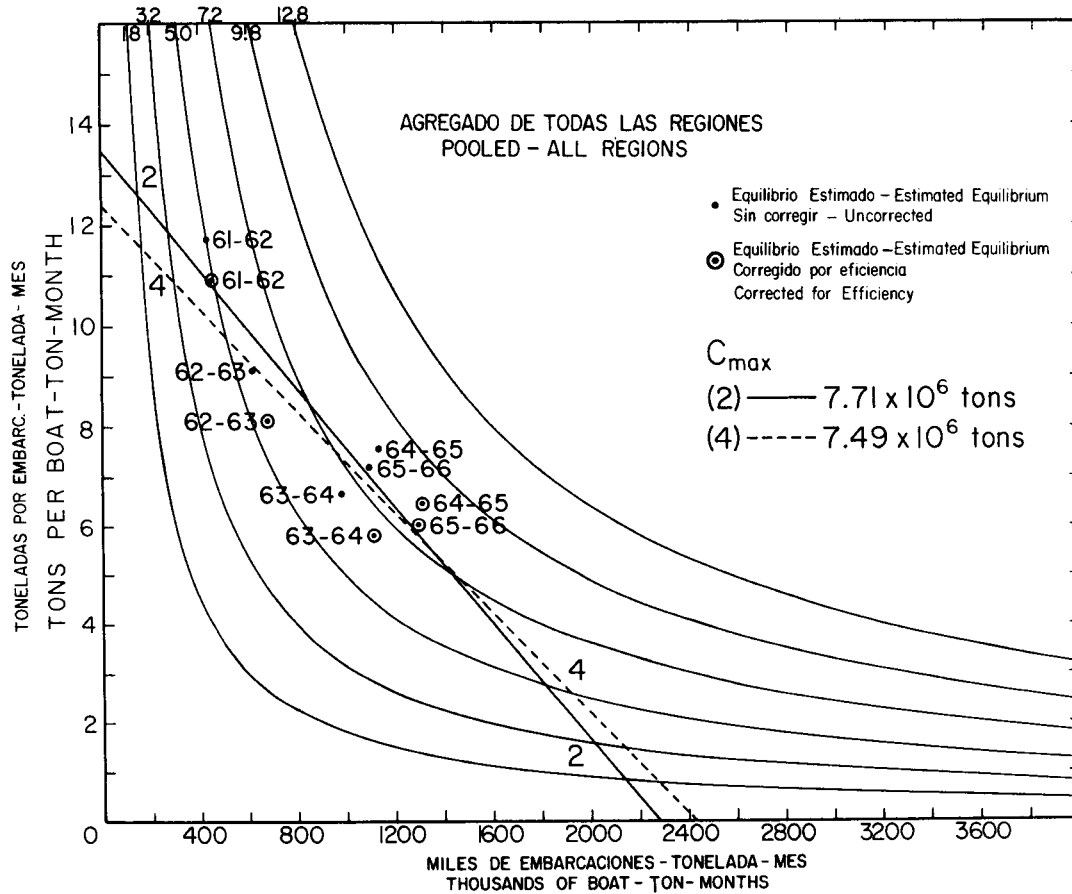


Figura 16. Efectos de la corrección por la eficiencia de las embarcaciones en la relación entre el esfuerzo y la abundancia aparente, puntos de equilibrio estimado.

Figure 16. Effect of correction for vessel efficiency on relationship of effort and apparent abundance, points of estimated equilibrium.

CURVAS DE VON BERTALANFFY PARA EL CRECIMIENTO DE LA ANCHOVETA PERUANA
 PERU ANCHOVETA - VON BERTALANFFY GROWTH CURVE

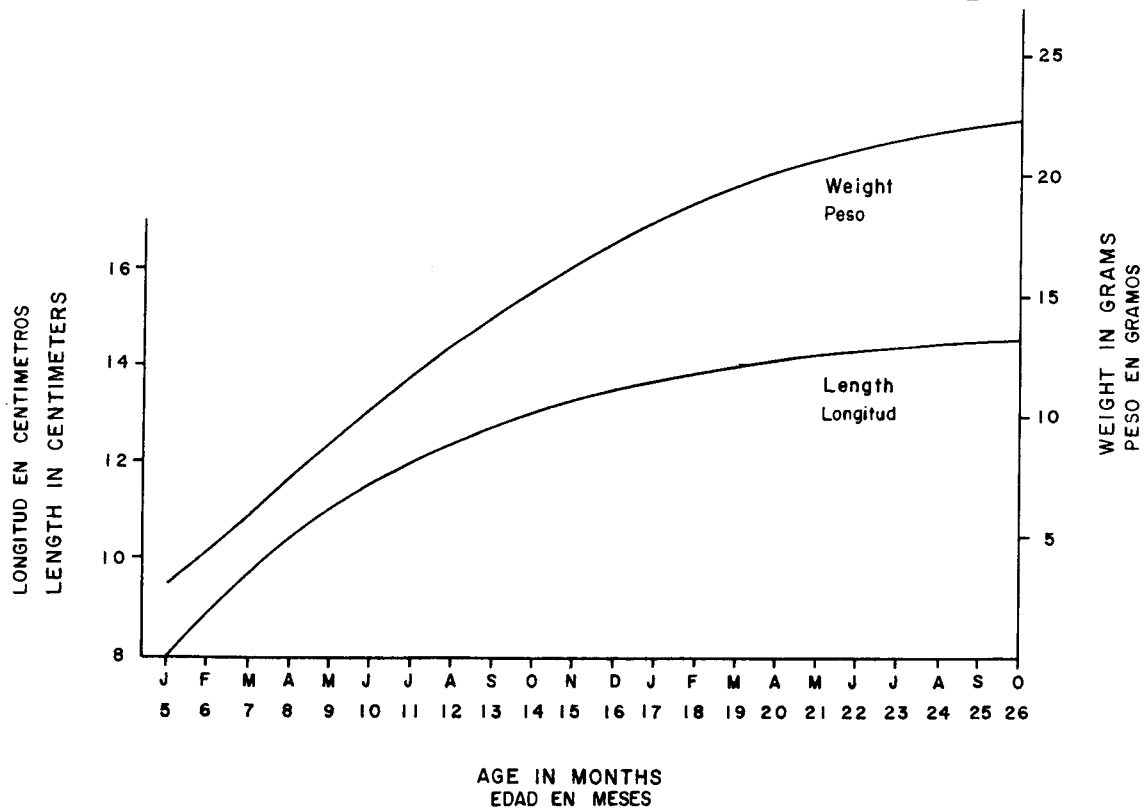


Figura 17. Curvas de von Bertalanffy para el crecimiento de la anchoveta peruana.

Figure 17. Peru anchoveta — von Bertalanffy growth curves.

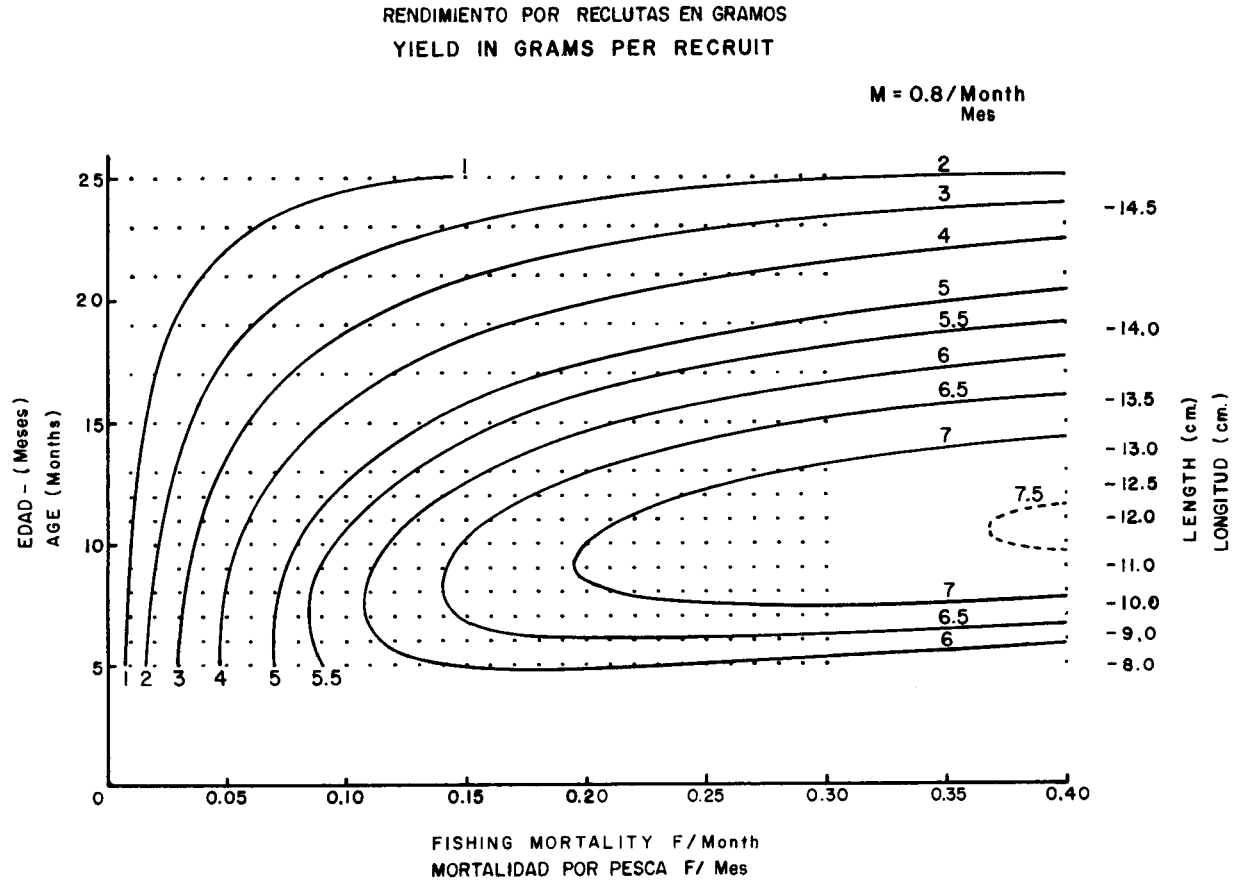


Figura 18. Diagrama de isopletas de rendimiento para $M = 0.08$ por mes.
Figure 18. Yield isopleth diagram for $M = 0.08$ per month.

RENDIMIENTO POR RECLUTAS EN GRAMOS
YIELD IN GRAMS PER RECRUIT

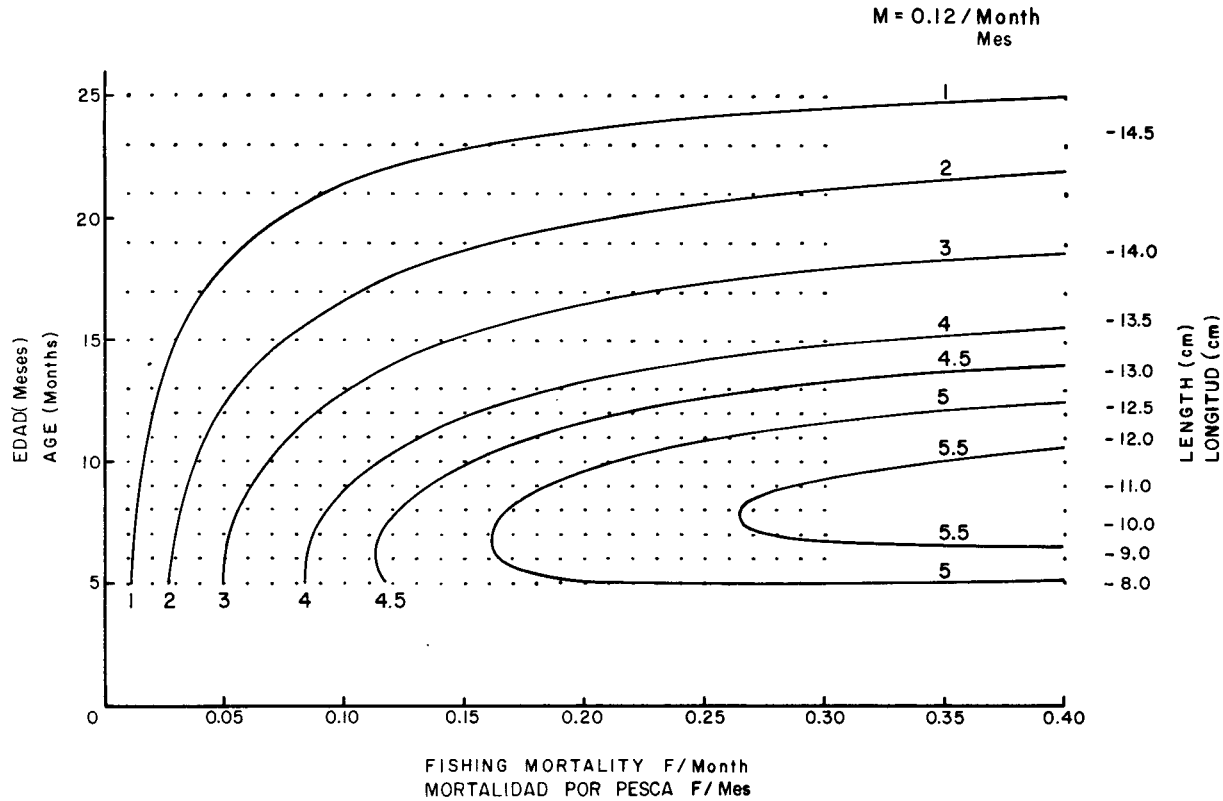


Figura 19. Diagrama de isopletas de rendimiento para $M = 0.12$ por mes.
Figure 19. Yield isopleth diagram for $M = 0.12$ per month.

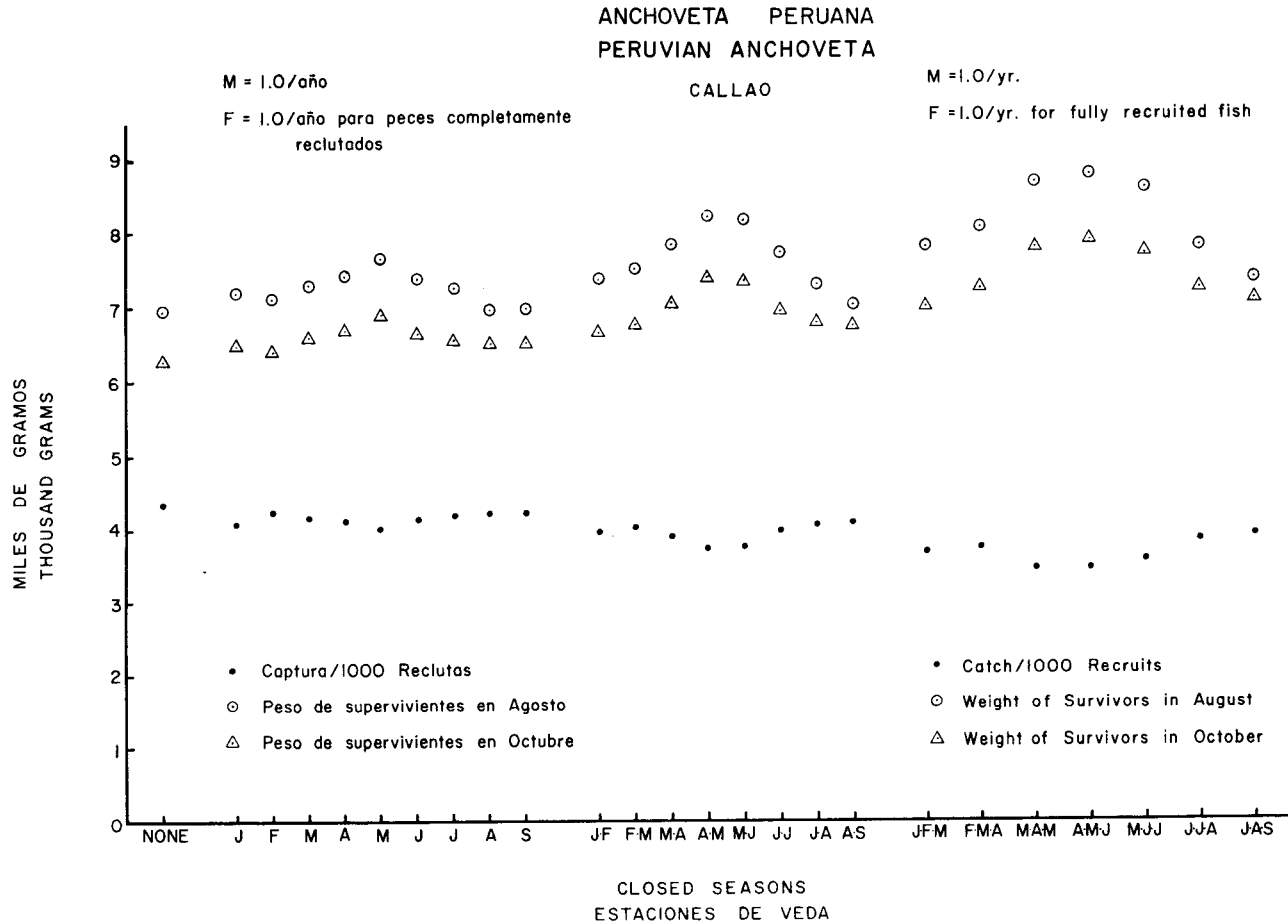


Figura 20. Resultados de la simulación en la computadora, modelo de disponibilidad estacional para Callao, M = 1.0 por año, F = 1.0 por año.

Figure 20. Results of computer simulation, Callao seasonal availability pattern, M = 1.0 per year, F = 1.0 per year.

ANCHOVETA PERUANA
PERUVIAN ANCHOVETA

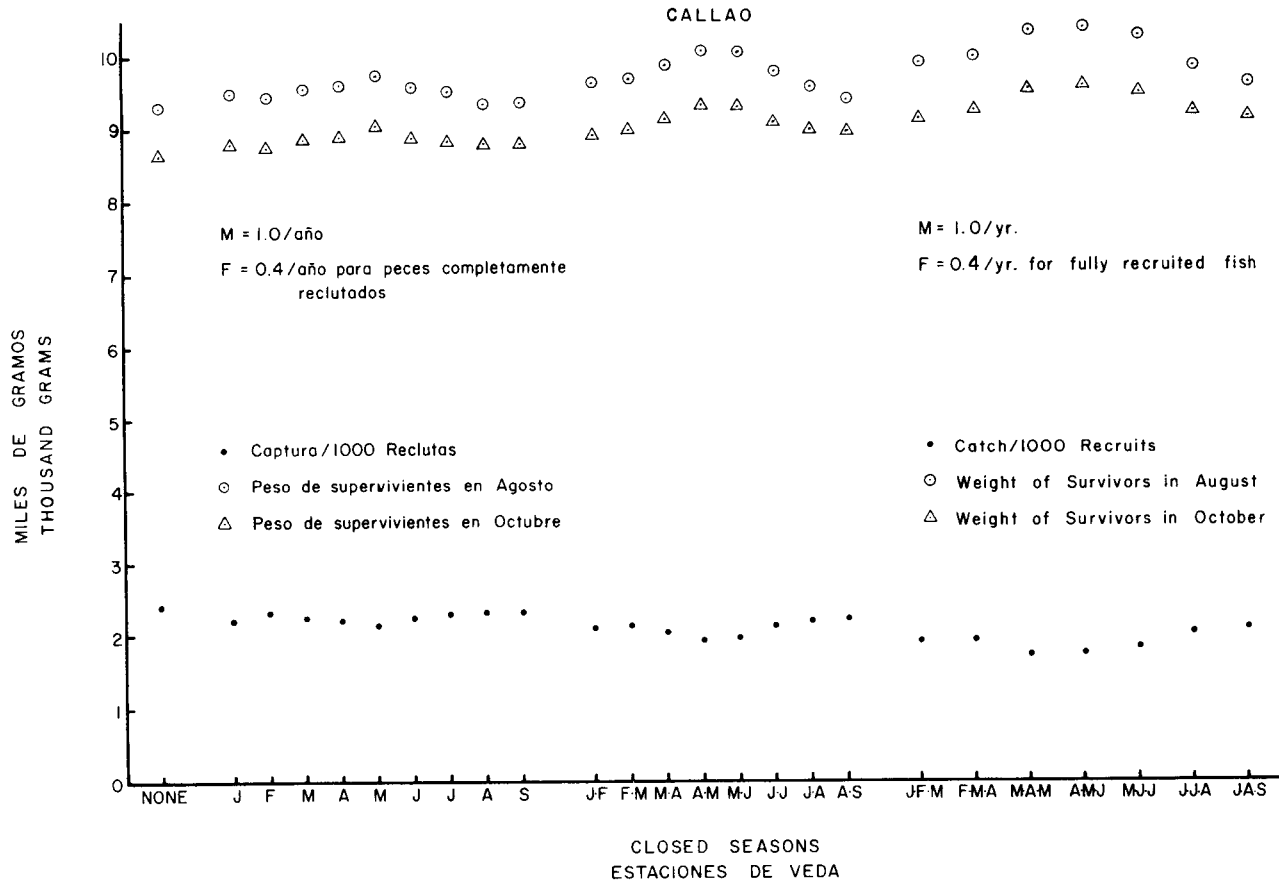


Figura 21. Resultados de la simulación en la computadora, modelo de disponibilidad estacional para Callao, $M = 1.0$ por año, $F = 0.4$ por año.

Figure 21. Results of computer simulation, Callao seasonal availability pattern, $M = 1.0$ per year, $F = 0.4$ per year.

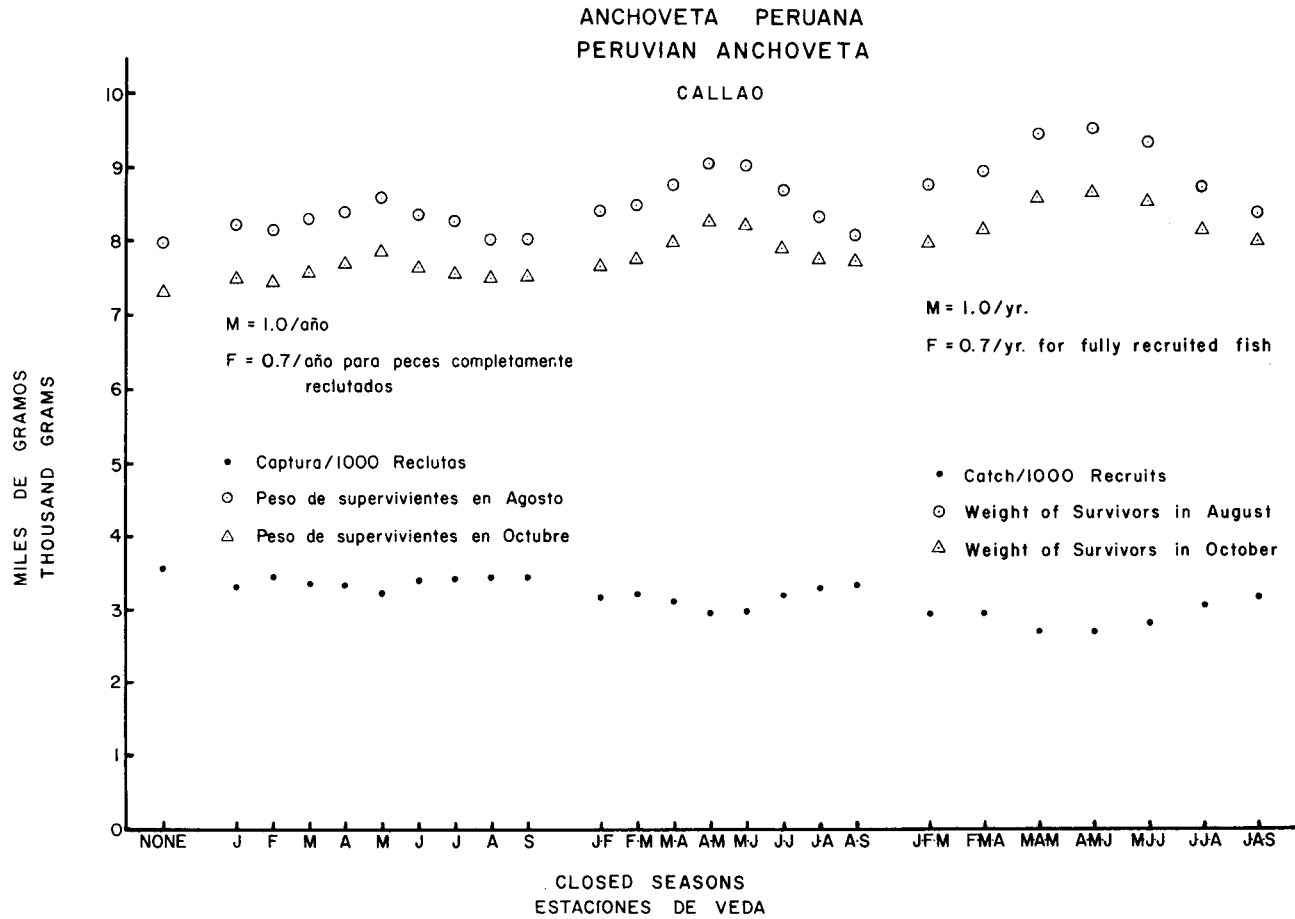


Figura 22. Resultados de la simulación en la computadora, modelo de disponibilidad estacional para Callao, $M = 1.0$ por año, $F = 0.7$ por año.

Figure 22. Results of computer simulation, Callao seasonal availability pattern, $M = 1.0$ per year, $F = 0.7$ per year.

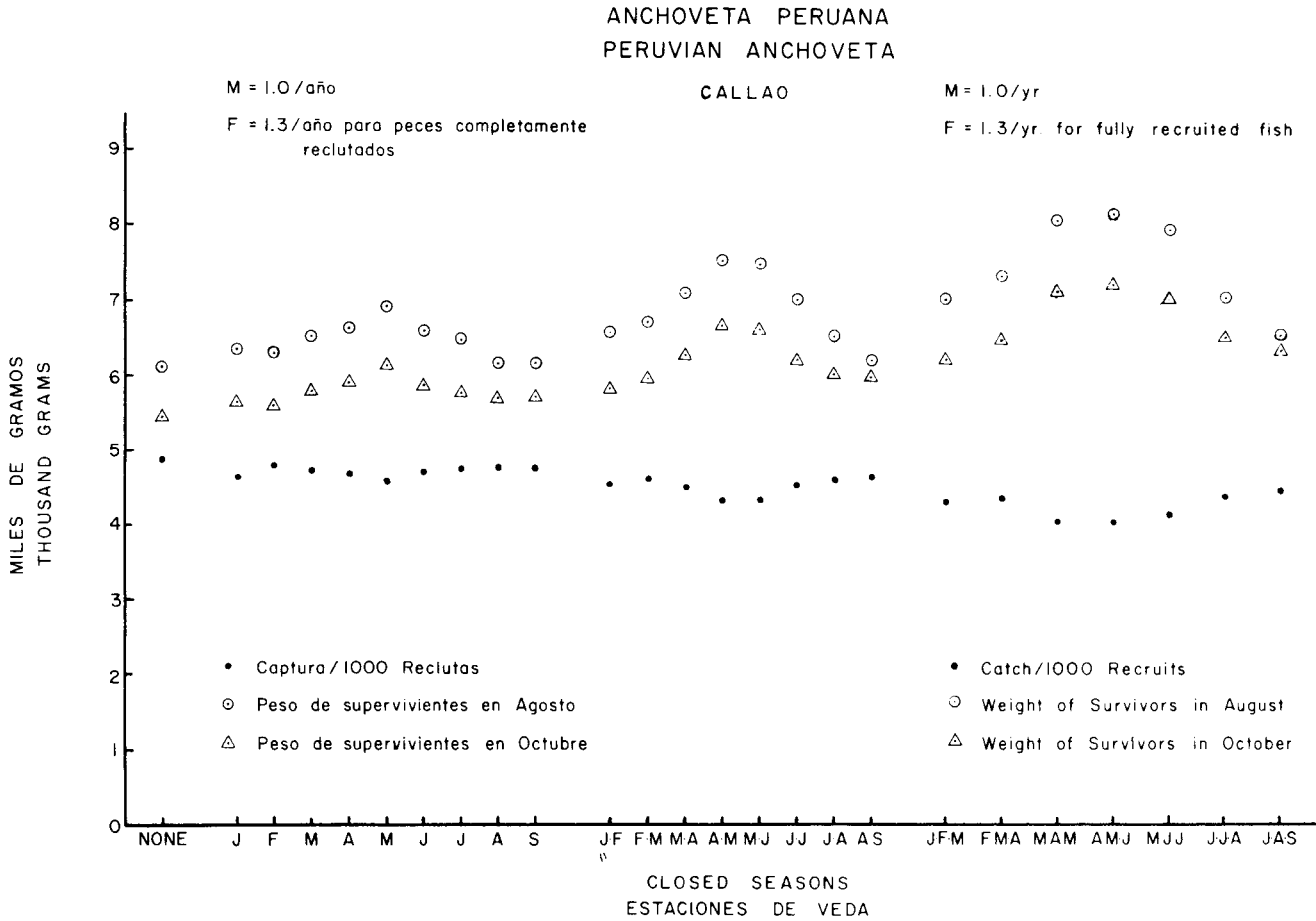


Figura 23. Resultados de la simulación en la computadora, modelo de disponibilidad estacional para Callao, M = 1.0 por año, F = 1.3 por año.

Figure 23. Results of computer simulation, Callao seasonal availability pattern, M = 1.0 per year, F = 1.3 per year.

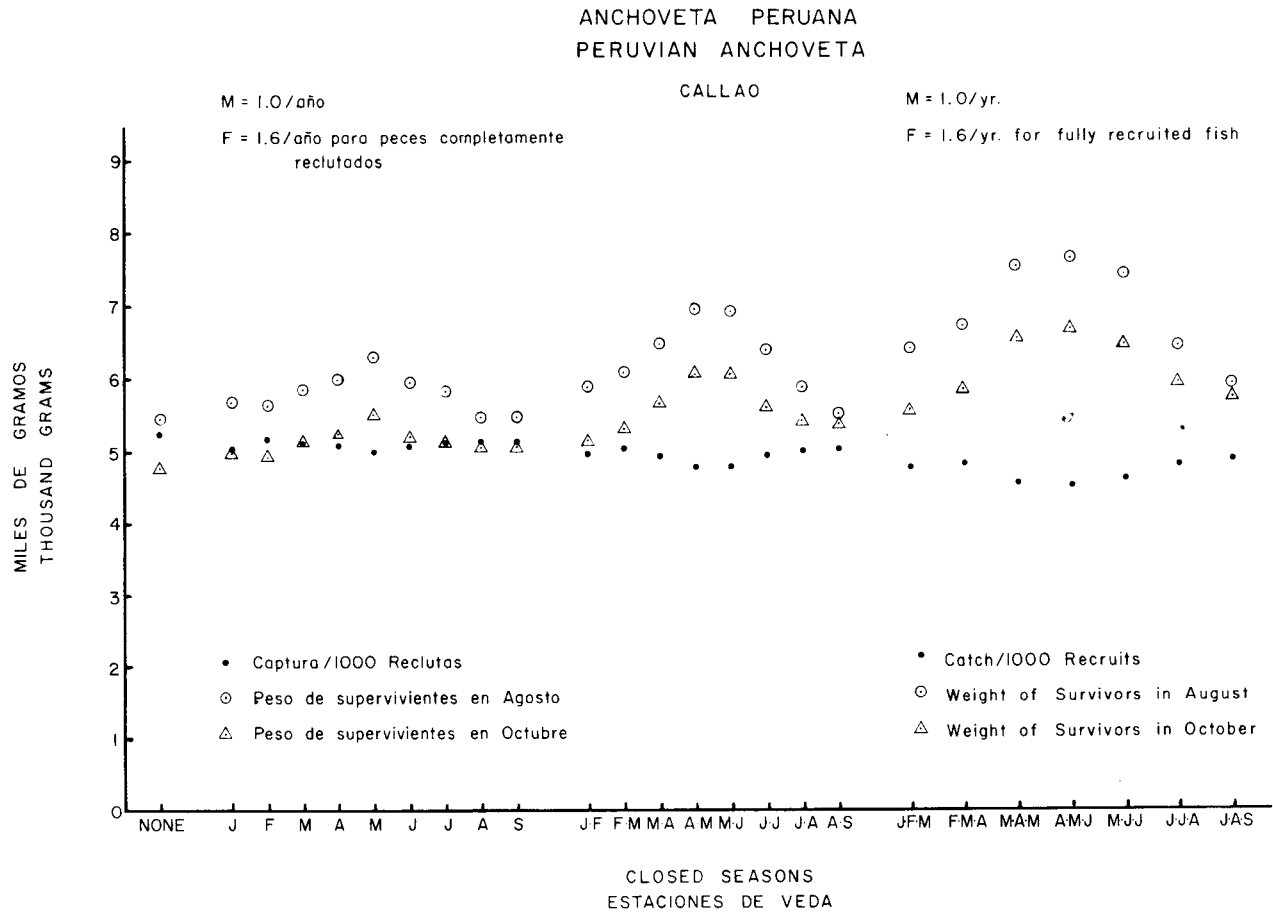


Figura 24. Resultados de la simulación en la computadora, modelo de disponibilidad estacional para Callao, M = 1.0 por año, F = 1.6 por año.

Figure 24. Results of computer simulation, Callao seasonal availability pattern, M = 1.0, per year, F = 1.6 per year.

DYNAMICS OF THE FISHERY FOR THE ANCHOVETA ENGRAULIS RINGENS, OFF PERU

by

MILNER B. SCHAEFER *

(Figures 1-24 and Tables 1-11)

CONTENTS

	Page
1. Introduction.....	266
2. Population Structure and Biology.....	270
2.1 Population structure.....	270
2.2 Spawning and recruitment.....	272
2.3 Age, growth and age-composition of catch.....	272
2.4 Average weight of fish in the catch.....	273
2.5 Mortality.....	274
3. Measurements of catch, effort, and apparent abundance.....	275
3.1 Records of total catch.....	275
3.2 Growth of the fishing fleet.....	276
3.3 Measurement and standardization of effort and catch-per-unit-of-effort.....	277
3.3.1 Duplication of vessels in the statistics.....	280
3.3.2 Effects of using only vessels making over nine, landings per month.....	281
3.3.3 Correction for "saturation".....	284
3.3.4 Correction for changes in fishing gear.....	284
3.3.5 Units selected for use in this study.....	285
4. Relationships of catch, effort and catch-unit-of-effort; estimation of average maximum sustainable yield.....	285
4.1 Estimation of total effort and average catch-per-unit-of-effort by regions and for the whole country.....	285
4.2 Relationships between apparent abundance and effort; estimation of sustainable yields and of average maximum sustainable yield.....	287
4.3 Current condition of the fishery in relation to the maximum sustainable yield.....	291
4.4 Relationships with the population of guano birds.....	291
5. Yield-per-recruit analyses.....	293
5.1 Stock and recruitment.....	294
5.2 Age and growth.....	294
5.3 Mortality rates.....	295
5.4 Weight of cohort.....	296
5.5 Yield-isopleth diagrams.....	297
5.6 Fishery simulation model.....	298
6. Literature cited.....	301
7. Tables.....	233 al 242
8. Figures.....	243 al 264

* Institute of Marine Resources, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.

1. INTRODUCTION

It has long been known that there is, along the coast of Perú and northern Chile, a very large quantity of the anchoveta, *Engraulis ringens*, which forms the principal food for the large population of guano birds, and of the larger predatory fishes, as may be seen, for example, from the monograph by Hutchinson (1950) or the summary of knowledge concerning the anchoveta by Jordán and Vildoso (1965). It has also long been recognized that the anchoveta would be suitable raw material for the manufacture of fish meal and oil. Indeed, the Compañía Administradora del Guano was authorized as early as 1940 to undertake the manufacture and sale of fish meal, for the account of the Peruvian Government, and it purchased and imported a reduction plant in 1941; due, to lack of a fishing fleet, and other factors, it was apparently never operated commercially (Compañía Administradora del Guano, 1951), and was sold in 1950 to a private operator.

The utilization, for fish meal, of anchoveta, which are caught by purse seine vessels known in Peru as "bolicheras", commenced in the early 1950's, and grew modestly at first (Table 1). By 1955, total landings had reached 59 thousand tons. Thereafter, the rate of growth of the fishery was quite spectacular, reaching 1.9 million tons by 1959, 6.3 million tons by 1962, and peak landings of 8.9 million tons in 1964. The fishing fleet was quite small at the beginning. Data are not available for determining the precise number of vessels which were engaged in the fishery for anchoveta, since bolicheras were engaged in the fishery both for anchoveta and for other species, such as machete, bonito, and tuna. However, according to Tilic (1963) there were in the year 1953 registered in the country only 49 bolicheras, with a total gross registered tonnage of 959 tons. The growth of the bolichera fleet from 1953 through 1962 is shown in Table I of his paper, which indicates that the fleet of bolicheras had reached 426 vessels with a gross registered tonnage of 15,130 by 1959, 731 vessels with a gross tonnage of 33,354 by 1960, and 846 vessels with a gross tonnage of 40,923 by 1961. Commencing in 1959 and 1960 there is available more detailed information respecting vessels actually engaged in the anchoveta fishery, due to the improved statistical system established by the Instituto del Mar del Peru, and such data are also shown in Table 1, which will be discussed in more detail subsequently.

Prior to, and during, the development of the fishery for anchovetas for the manufacture of fish meal and oil, fears that this would lead to disastrous consequences, both to the population of guano birds and to the population of anchovetas, were expressed by officials of the Guano Company and by several scientists. It was argued that diminution of the stock of this fish species, upon which the guano birds depend for food, would result in the disastrous reduction of the bird populations, and consequently in the production of guano. It was also argued, by analogy with some other fisheries in North America and Europe that had been overfished, that the development of an industrial fishery would inevitably result in the overfishing of the population of anchovetas with disastrous consequences. Hutchinson (1950), for example, estimated that to produce an annual crop of guano of 150,000 tons would require at least 1,460,000 tons of fish, and probably more. He noted that this amount is more than was considered a safe yield, permitting permanent exploitation, of the California sardine, and suggested, in con-

sequence, that at its height the guano population probably converts as much fish into guano as is consistent with an indefinite persistence of all parts of the ecosystem concerned. He said "It seems unlikely that any fishery intended to furnish a highly developed artificial fertilizer industry could be set up without competing with the birds and without depleting the fish population to a dangerously low level". R. C. Murphy (1944) had earlier warned against a policy of establishing a fish meal industry, and in a report in 1954 took a very strong position against it.

The conclusion of Hutchinson, and others, that the bird population was probably harvesting the full available crop of anchoveta depends, of course, on the implicit assumption that food, as represented by the anchoveta, was the limiting factor on the magnitude of the bird population. However, the Compañía del Guano had great success with its efforts to expand the guano bird population, commencing about 1945, not only by protecting the birds on the islands, but also by increasing the breeding area by constructing protected breeding areas on various points, as pointed out by Jordán and Fuentes (1966) and as documented, for example, by the Compañía Administradora del Guano (1954). From this it would appear that the control on the bird population was **not** food but breeding area, and, consequently, the bird population was not fully utilizing the sustainable yield of the anchoveta resource. The subsequent history of the fishery, which, as may be seen from Figure 2 of Jordán and Fuentes, permitted the existence of a fairly large population of birds along with a sizeable fishery, confirms the conclusion that the bird population, in the absence of fishing, was not harvesting the full potential yield of the resources. This is not to say, however, that at some level of harvesting of anchoveta by the fishery it will not affect the bird population. Indeed, as we will see subsequently, there is a certain average maximum sustainable yield to be shared between the fishery and the birds in such portion as may be desired, and that this level of yield has now been reached.

The concern about the proper development, and control, of utilization of the anchoveta population, and other marine resources along the coast of Peru, had one very fortunate aspect. This was the creation in November 1954 of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas consisting of representatives of the Ministry of the Navy, the Ministry of Agriculture, the Ministry of Hacienda, and the Sociedad Nacional de Pesquería on behalf of the commercial fishing industry (Compañía Administradora del Guano 1955, p. 13). There was at the same time created a scientific advisory committee to the Consejo consisting of technical representatives from the several agencies concerned. Under the auspices of the Consejo, research on the biology and ecology of marine fish, and specially with reference to the developing fishery for anchoveta, was better coordinated among the various agencies, and was expanded. In 1959, the Consejo organized a system for collecting statistical data concerning the catch and effort in the anchoveta fishery.

In 1960, there was established the Instituto de Investigación de los Recursos Marinos, with joint support from the Government of Peru and the Special Fund of the United Nations, that employed several foreign scientists provided by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and additional Peruvian scientific and technical personnel. This

Instituto further improved and developed the collection of statistical data concerning catch and effort in the anchoveta fishery, established a system of sampling of the catch for size-composition, and further augmented the studies of the biology and ecology of this species, as well as other marine species of Peruvian waters. Under the agreement with the Special Fund of the United Nations and the FAO, the FAO administration of the Instituto de Investigación de los Recursos Marinos ended in June 1964, and the administration was taken over by the Peruvian Government. The Instituto continued its work, but under a different name, the Instituto del Mar del Perú, with the continued assistance of some technical experts from the FAO. (Instituto del Mar del Perú, 1964, p. 18).

The work of the staff of the Instituto del Mar del Perú in collecting data concerning catch and effort, size composition of the catches, and information concerning the biology and ecology of the anchoveta, has made it possible to monitor the development of the industrial fishery, with a view to, on the one hand, insuring against the overexploitation of the anchoveta population, and, on the other hand, insuring against premature curtailment of the exploitation of the anchoveta resource before such curtailment is actually needed. This is one of the few instances when adequate statistical and biological data have been collected and analyzed during the early development of an important commercial fishery. The government and industry of Peru are to be congratulated on their foresight in collecting information upon which the status of the fishery may be examined, and decisions concerning its further development made, on an objective, scientific basis.

Much of the data collected by the Instituto (frequently referred to hereafter as IMARPE) has been analyzed and published in a series of Boletins and Informes. The statistical data on catch and effort, in particular, have been examined by Saetersdal, et al. (1965) with a view to devising a suitable measure of catch-per-unit-of-fishing-effort to reflect changes in the apparent abundance of the anchoveta population, using data collected from 1959 through 1962. They devised two indices of apparent abundance: (A) the mean monthly catch per gross registered ton of vessels, employing only those vessels which land more than 9 trips in a given port each month, and adjusted for effects of changes between years in efficiency of gear. (B) the same index, but with and additional adjustment for an "effect of saturation".

In December 1965, L. K. Boerema and G. Saetersdal, of the FAO, in collaboration with I. Tsukayama, J. E. Valdivia and B. Alegre, of the Instituto del Mar del Perú, published a report on the effects of fishing on the Peruvian stock of anchovy (Boerema, et al., 1965). In this report, there were employed four different measures of fishing effort, and corresponding catch-per-unit-of-effort, for assessing apparent abundance of the anchoveta (for the years 1959 through 1964). The different measures are not proportional, but all show a decline in catch-per-unit-of-effort in 1963 and 1964 compared with the previous years. The decline in apparent abundance, with a concomitant increase in fishing effort, and the fact that there was also observed, over the series of years, an increasing share of trips without catch, and a decrease in mean total number of working days per vessel in most ports, were taken to "suggest that the fishing might have affected the stock to a notable degree". The authors also employed data on the size composition of

the catch, together with catch and effort data, to estimate the abundance of each year-class of recruits entering the fishery, and the total catch, by weight, taken from each recruit-class, and from these data estimated the relationship between catch per recruit and fishing effort. They concluded that "...the fishery is being conducted with an effort that nearly corresponds to that which will theoretically give the maximum total yield". It must be explained here that the authors **do not distinguish between the maximum average total yield and the maximum average yield-per-recruit**, because they believe that a decrease in the abundance of the fish population caused by fishing will not result in any change in the magnitude of the recruit-classes under "normal circumstances". Their essential conclusion was, therefore, that, although the data are not as complete as one would like, there is sufficient evidence to indicate that "the fishing effort has reached such a level that further increase of the effort will result in only a small increase in total catch, if any. In other words, the level of the total fishing effort is such that, with the present average recruit size of the fish, the anchovy stock is exploited to about its maximum sustainable yield". They do recognize that if the reduction in population affects the recruitment, increased fishing effort could result in a decrease, possibly severe, in the total landings. Apparently, however, the authors did not consider this possibility to be very likely, because they recommend (page 3) against any measures to limit the total fishing effort other than a limitation on the fleet permitted to engage in the fishery, apparently on the basis that increased effort will result only in a further decrease in catch-per-unit-of-effort and not in any decrease in total catch, so that the sole need for regulation (by limitation of entry into the fishery) is to prevent overcapitalization of the industry.

Late in 1965, I commenced an independent examination of the dynamics of the anchoveta fishery, pursuant to a request from the Sociedad Nacional de Pesquería, with the full concurrence of the Instituto del Mar del Perú (IMARPE). For the purpose of this examination, not only all of the previously published work, including an advance manuscript copy of the paper by Boerema, et al. (1965), were made available, but also the data in the archives of IMARPE. These were supplemented by additional information from the Sociedad Nacional de Pesquería, and other entities in the industry.

It is the purpose of this paper to report on important aspects of the results of these investigations, particularly with respect to the estimation of the condition of the fishery, the level of maximum sustainable yield, and some effects of possible management measures.

Acknowledgements

I am particularly indebted to my scientific colleagues who have assisted in numerous ways in this study. Dr. Garth I. Murphy, formerly at the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, presently Professor at the University of Hawaii, initiated the detailed studies by compilation of data and preliminary analysis thereof in Peru during the period August 31 to September 16, 1965, and participated in additional analyses at our headquarters laboratory subsequently. Mr. Ulises Robles of the Sociedad Nacional de Pesquería assisted Dr. Murphy in his initial work in Peru, subsequently spent several months at our La Jolla headquarters assisting with further analyses, and has continued, with the help of his staff in Peru, to provide further

information and to assist with compilation and analysis of data. Miss Isabella Tsukayama of the staff of the Instituto del Mar del Perú also spent several months in La Jolla, in the course of a scholarship from the FAO, assisting with the compilation and analysis of data, has very greatly assisted subsequently with provision of additional information and analyses. Other members of the staff of IMARPE have also been of the greatest assistance in the extraction, tabulation, and provision of data; I wish particularly to acknowledge the help of Isaac Vásquez, J. E. Valdivia and R. Jordán. Alfredo Freyre, Director General of IMARPE, and Jorge Sánchez, Technical Director, have not only greatly encouraged my work, but have also provided the full facilities of the Instituto to assist with my studies during my visits to Peru.

Dr. Anthony Burd, FAO fisheries expert from the Lowestoft (England) Fisheries Research Laboratory, serving as an advisor to IMARPE, has provided invaluable advice, and has permitted me to refer to the results of some of his own, as yet unpublished, research on growth and mortality rates of the anchoveta.

These investigations were made possible by the support of the Sociedad Nacional de Pesquería, which supplied financial support, as well as the facilities of its office and staff to assist with my work in Peru, in addition, to supplying useful statistical data. I am especially indebted to Carlos Otero Lora, General Manager of the Sociedad, for providing me with every possible assistance in these investigations.

2. POPULATION STRUCTURE AND BIOLOGY

The present knowledge of the population structure, biology and ecology of the anchoveta, based on the investigations by Peruvian and other scientists in the waters off Peru, over a good many years, has recently been summarized by Jordán and Vildoso (1965). Additional information, based on recent investigations off Chile, has been summarized by Brandhorst (1965). I shall not, therefore, review the biology and ecology of this species in detail. However, it is useful for understanding of the remainder of this paper to review some aspects of population structure and biology important to the analysis of the dynamics of the fishery.

2.1 Population structure

Engraulis ringens occurs throughout the year, in the waters of the Chile and Peru Currents, from Northern Peru to Central Chile; it occurs seasonally even further south. According to Brandhorst, et al. (1965) the population off Chile can be separated into two geographical groups, a southern zone between Coquimbo and Talcahuano, and a northern zone from Antofagasta to Arica, on the basis of vertebral counts.

It is not clear whether the stocks of anchoveta along the coast of Peru, and extending into northern Chile, intermix sufficiently to be treated as a unit population, or whether they should be treated as several subpopulations. Investigations of vertebral numbers, and of size composition, have shown a high degree of homogeneity along the coast. There seems, however, to be a significant trend from north to south in number of gillrakers. Recent,

unpublished, studies of growth rates at Chimbote and at Callao by Anthony Burd indicate that there may also be some differences in this characteristic.

It is extremely important that the population structure and migrations of the anchoveta along the Peruvian coast be elucidated at the earliest possible date, and it is strongly recommended that adequate tagging experiments be undertaken for this purpose. Meanwhile, it is necessary to consider, in the analysis of the catch and effort data, both the possibility of homogeneity and the possibility of heterogeneity of stocks. As will be seen, the data have, therefore, been analyzed both on the basis of considering the entire anchoveta population off Peru as a single unit, and on the basis of considering it as composed of three separate units.

2.2 Spawning and recruitment

The anchoveta spawns along the entire coast of Peru, southerly from the vicinity of Punta Aguja near 6°S. Some spawning takes place during the entire year. However, the principal period of spawning encompasses six to eight months from August through February or March, with the spawning peak usually between August and October, which results in the major period of recruitment in January through March. A secondary minor spawning peak in the autumn apparently sometimes results in a secondary recruitment in the spring, in July-August-September (Saetersdal and Valdivia 1964).

The recruit-class enters the catchable stock at a size of about 8 centimeters at an age of about 5 months. However, as may be seen from the size-frequency curves of Saetersdal and Valdivia (1964), Boerema et al., (1965) and Jordán and Vildoso (1965), the fish are not fully available to the fishery until a much more advanced size, in the neighborhood of 14 centimeters. It appears probable, also, from the length-abundance data that the selectivity of the fishery may have been changing as the abundance of the fish has decreased. In recent years, at lower population abundances, the fishermen seem to be concentrating a greater share of their efforts on the capture of the smaller fish than they did in earlier years, such as 1961 and 1962, when the total anchoveta population was larger.

In view of this apparent trend in the size-selectivity of the fishery, it is very difficult to make reliable estimates of the abundance of different year classes. However, it is evident that, although there are notable variations from year to year in success of spawning, and consequent recruitment to the fishable population, the environmentally induced variations are not large. At least, large variations have not been encountered during the years 1961 through 1966 for which data for estimating year-class strength, even approximately, are available. The estimator of recruit abundance employed by Boerema et al. (1965), numerical values of which are given in their Annex Table III, exhibits a total range of only a factor of 2. The year-class entering in 1966 was rather better than those tabulated by Boerema et al. and its abundance will extend the range somewhat. However, the observed range of variation is probably in part, at least, due to relationship between population abundance and recruitment. In any event, the range of variation of year-class strength so far observed in the Peruvian anchoveta is small in comparison with the very large variations in year-class strength of such species as the North Atlantic herring, the Pacific herring, or the California sardine, where variations of year-class strength by a factor of 20, or more, are not

uncommon. The relative stability in recruitment in *Engraulis ringens* is probably due to the fact that it spawns over a very large area, and over a long time period, so that the effects of environmental variations, within seasons, on infant survival tend to be averaged out.

2.3 Age, growth and age-composition of catch

Determinations of age and rate of growth of this species have been based primarily on the following of progressions in catch-samples of modal groups, as described by Saetersdal and Valdivia (1964) and summarized by Jordán and Vildoso (1965). After entry into the fishery at a size of about 8 centimeters, at an age of about 5 months, the fish of the modal group appear quite clearly, and can be readily followed in the catches for about a year thereafter. Beyond that, the rate of growth in length is sufficiently slow in relation to the dispersion of sizes about the modal size, that modes are not readily distinguishable. Modes corresponding to ages beyond about 18 months may, therefore, consist of fish of more than one age group that cannot be readily distinguished. The situation is similar to that of the tropical anchoveta, *Catengraulis mysticetus*, the growth of which was studied by Howard and Landa (1958). The length-mode of groups beyond about a year of age could not be readily decomposed into age groups, and it was, therefore, not evident whether or not more than one age group was present in the advanced mode. It was subsequently found from tagging experiments by Bayliff (1966) that a few of the fish survived into their third year. From marks on otoliths (Boerema et al. 1965, Figure 7), it would appear that a small fraction of *Engraulis ringens* also live to older ages. However, as will be noted subsequently, the total mortality rate is sufficiently high that a negligible fraction of an age-group is left after it has been in the fishery for about 18 months, in consequence of which the inability to distinguish between the older ages will not unduly influence the determination of the growth curve from size frequencies.

Saetersdal and Valdivia (1964) have fitted a von Bertalanffy growth curve to their data for this species, with the constants $L_{\infty} = 15$ cm. and $K = 1.7$. This growth curve, for length against age, and the corresponding growth curve of weight against age, employing the length-weight relationship indicated in Annex Table IV of Boerema et al. (1965), has been used in some of the analyses of this paper. Graphical representations of these curves are shown in Figure 17.

Boerema et al. (1965) have segregated the catches, by months, into age-classes, employing a visual graphical technique for setting size-limits separating the age classes. I have also employed, with the assistance of Isabella Tsukayama, a similar technique. However, we decomposed the composite frequency curves into their age class components with the assistance of normal probability curves obtained by employing probability paper (Cassie 1950). Examination of the age composition of the catches by either of these methods indicates that the fish not only grow very rapidly, but also suffer a high mortality rate so that, as noted above, after some 18 or 20 months in the fishery few members of an entering year-class remain.

2.4 Average weight of fish in the catch

The size composition of the population, and of the catch, depends, of course, on the magnitude of the recruitment of the age-groups constituting the population, the rate of growth of the individuals, and the rates of natural and fishing mortality. For a given level of recruitment, and with a fixed growth curve, changes in the size composition of the population will reflect changes in the mortality rate and, if the natural mortality rate is constant, will then reflect changes in fishing mortality rate. With a constant size-selectivity of the fishery over time, similar changes will be observed in the catches. Thus, shifts to an average younger age of fish the catch, with a corresponding decrease in average length and in average weight, may be taken as evidence of an increase in fishing mortality rate, and thus of effect of the fishery on the stock. Changes in average length and weight from 1961 through 1964 have noted by Jordán and Vildoso (1965, page 28) and by Boerema, et al. (1965, page 11) and attributed by these authors as being most probably due to the effect of the increase in total fishing effort.

The average weight of the fish in the catch, since it reflects the combined effects of growth and mortality, has been employed in a later section of this paper as one criterion for selection of appropriate mortality coefficient in a computer simulation model of the fishery. For this reason, we have recalculated the average weight of the fish in the catch for each year, 1962 through 1965 for the ports of Callao and Chimbote. The calculations were made by applying to the size frequency distributions of the samples of the catch at each port, for each month, the length-weight relationship published by Boerema, et al. (1965, page 42). The monthly combined size frequencies employed are the same as those published by Boerema, et al. in their Annex Table I through 1964, and consist of similar data from the archives of IMARPE for 1965.

From the monthly length-frequency distribution, and the length-weight relationship, was calculated the mean weight of fish in the catch for the month and port. This was then divided into the total catch, by weight, to give the total catch by numbers. From the total catch by numbers summed for the given port over the whole year, and the total catch in weight similarly summed for the port over the whole year, the average weight of fish in the catch, in grams, was calculated for each year. The results are as follows:

	Callao	Chimbote
1962	18.06 grams	18.54 grams
1963	16.22 „	16.69 „
1964	14.04 „	14.09 „
1965	14.52 „	14.73 „

The reason for recalculating these average weights, rather than employing the average weights of fish by year-classes tabulated by Boerema et al.,

in their Annex Tables V and VI, is that the method of calculation employed in that paper, following Saetersdal and Valdivia (1964) is believed to introduce some bias. This is because, as will be seen from Saetersdal and Valdivia (1965, Section 3.1) a "correction" was applied to the length-composition samples representing different size-groups of fish to approximate what their contribution to the total sample would have been had equal numbers of fish been taken in each sample from the fishing vessels, rather than the approximately constant volume in each sample which was actually taken. This "correction" actually introduces a bias into the calculation of the average weight of the fish in the catch, tending to over-emphasize the contribution of the larger fish. It will be noted, therefore, that the averages given above tend to be somewhat lower than those in the reference cited.

2.5 Mortality

Following the modal progressions of age groups as they pass through the fishery reveals that they are growing very rapidly, and at the same time dying rapidly. However, because of the size-selectivity of the fishery, according to which the members of a year-class are not fully recruited until a relatively advanced age, determination of the total mortality by the classical method of measurements of apparent abundance of modal groups as they pass through the fishery (Hennemuth 1961) is not possible.

Boerema et al. (1965) have not attempted to estimate total mortality rate, nor natural and fishing mortality rates separately, but have tried to estimate the ratio of fishing mortality rate to total mortality rate, which they call "exploitation rate", for years 1961 through 1964, on the basis of the numbers caught per unit of recruitment in different years and the corresponding fishing effort. Their calculations indicate an average exploitation rate of about 0.67 in 1964. However, I do not believe that great reliance can be placed on this estimate, for several reasons. Firstly, it will be noted that there is a very wide variation of results depending on which particular pairs of recruitment years are used as the basis of the calculations. Secondly, the recruitment index employed is highly derived, and could very well have a systematic error due to variation in size selectivity of the fishery, connected with abundance, as mentioned above. Also, the formulae employed depend upon the implicit assumption that there is a certain fishing mortality rate, proportional to fishing effort, which applies to the totality of the fish in each year. To the extent that there is variation in the availability of the two age-groups of fish, connected with abundance, this assumption may be violated.

As will be noted subsequently, I have employed another method of attempting to estimate approximately the levels of natural and fishing mortality, by varying the mortality parameters in a computer-simulation model of the fishery and observing which seem to best correspond to the average weight of fish, and to the proportion of fish of the two age groups, in the catch. On this basis, I arrived at a value of natural mortality coefficient $M = 1.00$ as being the most likely, and a fishing mortality coefficient of $F = 1.00$, for the fully available sizes at a level of fishing effort corresponding to that in about 1964-65.

More recently, Dr. Anthony Burd (personal communication) has been able to estimate total mortality rates of fully available sizes on the basis of the age composition of the catches of the larger fish, derived with the aid of the otolith readings. He has been able to employ the marks on the otoliths, which tend to be formed two each year, together with the size-frequency data, to estimate the numbers of fish in the age-groups which are fully recruited into the fishery. By following the apparent abundance of age-groups in successive time-periods, he has been able to estimate total mortality rates, in each of several years, and to relate these to fishing effort. By plotting total mortality rate against fishing effort, one may determine, from the intercept of the regression line, the rate of natural mortality. The data derived by Burd, for which he has very kindly supplied me a copy of the graph, show surprisingly little variability about the appropriate regression lines. His data indicate that the total mortality rate at Chimbote in 1964/65 was about 2.00, and the natural mortality rate is about 1.2. Data for Callao indicate a total mortality rate in 1964/65 of about 1.75, and a natural mortality rate of about 1.0. I am, of course, pleased that these estimates of mortality rates correspond moderately closely to those that I have employed in the catch-per-recruit analysis to be reported on later in this paper.

3. MEASUREMENTS OF CATCH, EFFORT AND APPARENT ABUNDANCE

The examination of the dynamics of a commercial fishery depends fundamentally on having adequate statistics for determining the total catch, the fishing effort put into making the catch, and the abundance of the fishable population. The latter can be estimated from the catch-per-unit-of-effort, if the effort is measured in suitable units (that are comparable from year to year), that is, if a unit effort can be assumed to capture, on the average, a fixed fraction of the catchable population.

Since total catch is equal to total effort multiplied by catch-per-unit-of-effort, if we can measure two of these factors, we can calculate the third. Obtaining records of the total catch (total landings) of the fishery is usually the simplest of the three, and this is also the case in the anchoveta fishery. It is normally very difficult directly to obtain data on total effort, because it is almost impossible to gather complete records on the operation of every vessel in the fleet. Consequently, it is most convenient to obtain data on the catch and corresponding effort expended for a sizeable, representative sample of the fleet that is comparable, or can be made comparable, from year to year. From this, one may estimate the catch-per-effort, and by dividing it into total catch the total effort is calculated.

3.1 Records of total catch

Records of total landings, both for the whole country and for individual ports, have been collected for the anchoveta fishery of Peru since its inception. Records through 1958 were compiled by the Department of Fisheries in the Ministry of Agriculture, and since 1959 have been obtained through the statistical system established by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas and continued by IMARPE. The series of total landings for the entire country is given in Column 2 of Table 1. The data, since 1960 at least, are compiled from reports from individual reduction plants, the records of landings being obtained from them by employees of IMARPE. It is believed

that these data are quite complete. There may, however, be some variation in how completely these figures of total landings represent actual catches, especially when the difference may be influenced by the size composition of the catches. When very small fish, known as "peladilla", are abundant in the catches, there may be some loss of material in unloading the vessels, which does not occur with larger fish. In some fisheries, also, it is not unknown for fish purchasers to record a smaller quantity of fish than were actually unloaded when there are involved very small fish of lower value than average; this might possibly occur in this fishery also. So far as I know these possible sources of error have not been calibrated, but they are believed to be relatively minor, so that the errors in the series of total landings are probably not larger than sampling, and other, errors which may occur in the estimation of catch-per-unit-of-effort.

3.2 Growth of the fishing fleet

The figures in several of the columns of Table 1 reflect the rapid growth of the Peruvian fishing fleet engaged in the anchoveta fishery, from 1960 through 1965. In Column 4 of that Table are shown the number of vessels, each year, for which the IMARPE has estimates of the gross registered tonnage, the total of which is shown in Column 5. For some years there are vessels which are presumed to have been engaged in the anchoveta fishery, but for which the gross registered tonnage is not known; the numbers of these are shown in Column 7, and the total numbers in both categories are shown in Column 8. The vessels for which the gross registered tonnage is not known may not all have actually been engaged in the anchoveta fishery during much of the year. In any case, their catches are certainly a minor portion of the total landings, as may be seen from the fact that the landings of those vessels for which the gross registered tonnages are known, shown in Column 6, account for nearly all of the total landings of anchoveta in Peru, for each of the years 1962 through 1965. In the last column of the Table is shown the total number of vessels engaged in the fishery, at the end of each year, reported in Boerema et al. (1965). It will be seen that the total numbers of vessels in the fleet in 1960-61, as reported by these authors do not agree with the data tabulated for me by Miss Tsukayama, nor with the numbers tabulated by Saetersdal et al. (1965) for those years (the discrepancy in 1964 is probably a misprint in Boerema et al.). These discrepancies are, I believe, of no great importance here, however, because the vessels for which the gross registered tonnages are known, as mentioned above, are the principal component of the anchoveta fishing fleet, making most of the total catch each year.

It may be seen from this Table that the number of vessels engaged in the fishery has increased very rapidly along with the increase in total landings. Both the number of vessels (for which the gross registered tonnage is known) and the total landings increased by a factor of about 2.4 from 1960 through 1965. However, the increase in number of vessels does not, by itself, adequately reflect the increase in the fishing power of the fleet, because at the same time the number of vessels has been increasing, their average size has also been increasing.

A somewhat more adequate representation of the change in the fishing fleet applied to the anchoveta fishery, including change in its size-

composition, is a tabulation of the number of vessel-months, by size categories of vessels, applied to the anchoveta fishery each year. Such a representation is shown in Figure 1. In this Figure are shown, by vessel size-classes, by length-categories of 5 feet, the numbers of vessels operating for one or more days in a calendar month, summed for the entire year, for each year 1960 through 1965. These data are for the sample of the fishing fleet for which data are available through the reports collected and tabulated by IMARPE. They do not, of course, include all vessels operating, but they do include a very large share of them, as may be seen from Column 3 of Table 1, where we show the total landings involved in the catch-effort samples which are employed in the analyses of this paper, including Figure 1.

It may be seen from Figure 1 that from 1960 through 1965 there was not only a large increase in the total number of vessel-months applied to the fishery for anchoveta, but also that there has been, at the same time, a pronounced shift from smaller vessels to larger ones.

3.3 Measurement and standardization of effort and catch-per-unit-of-effort

If we are to use the catch-per-unit-of-effort as a measurement of the abundance of the anchoveta population, as encountered by the fishermen, in terms that are comparable from year to year, and also to calculate the fishing effort in units that are similarly comparable from year to year, we must employ some unit of effort which will be affected as little as possible by changes in the sizes of vessels in the fishing fleet, or changes in the duration of their operations. For these purposes the best effort statistic would be the actual operating day on the fishing grounds, corrected for effects of changes of size of vessels, and perhaps other changes in efficiency. This requires, of course, detailed records of the individual daily operations of a sufficiently large and representative sample of the fishing fleet. For the tuna fishery of the Eastern Pacific, for example, where a great many of the vessel captains keep detailed log books of their operations, it has been possible to use the day of fishing of a vessel of standard size (Shimada and Schaefer 1956; Schaefer 1957), the data from vessels of various size categories being converted to the standard by the employment of efficiency factors. In the case of the anchoveta fishery of Peru, as in the case of fisheries elsewhere in the world where the vessels usually return to port each day, most fishing captains do not keep detailed records of their operations. Some fishing companies have kept records of the operations of their individual vessels in the anchoveta fishery. In some cases they have kept records of each individual trip, both those that were successful in making some catch and those that resulted in no catch. In other cases, only those trips where a catch was made were individually recorded. However, the percentage of the fleet for which such detailed daily records are available is small, and the group of vessels for which such records are kept may not be representative. Nevertheless, Boerema et al. (1965), as one of their statistics of fishing effort, employed the number of working days times the average vessel capacity. Number of working days (trips) in each calendar month, for the whole country, was estimated from available information on total number of successful trips (number of landings) and estimates, based on a much lesser amount of data, from selected ports, on percentage of days spent at sea without catch in each calendar month. To adjust for changes in

size-composition of the fleet, the total number of working days each year was multiplied by the average capacity per boat in each year. The data were also multiplied by annual factors to take account of changes in efficiency due to use of larger nets and power blocks.

Since the data on which to calculate the total number of working days are sparse, and may very well not be representative, I have chosen not to use this statistic, because I believe that the catch-per-boat-month, suitably adjusted for changes in size-composition of the fleet, for which data are available for a very large share of the total landings (Column 3 of Table 1), are more likely to be representative and comparable from year to year.

It is necessary, as noted above, to correct the statistics of catch-per-effort, or of effort, for variations in vessel size if they are to be properly comparable from year to year in the face of changes in the size-composition of the fishing fleet. There are two ways of approaching this problem.

One method is to employ some characteristic of the fishing vessels which is proportional to the fishing power. Saetersdal, et al. (1965) have proposed employing the gross registered tonnage (GRT) as a measurement of relative fishing power of vessels of different sizes. They have shown that, for various groups of "high" and "poor" fishing months, during the years 1959 through 1963, the catch-per-boat-per-month is apparently very nearly proportional to the gross registered tonnage, over the range of vessel sizes then engaged in the fishery. In some of their figures, however, there seems to be a tendency for the catch-per-boat-per-month of the largest vessels to deviate, on the low side, from strict proportionality with gross registered tonnage. Further, in some other fisheries it has been found that, over a sufficiently large range of vessel sizes, the fishing power does not continue to be directly proportional to the capacity, or the gross registered tonnage, at larger vessel sizes. It was believed desirable, therefore, to examine whether, with the larger vessel sizes employed in the anchoveta fishery in later years, the fishing power remains proportional to gross registered tonnage, and also to provide a basis of continuously assessing this matter in the future, as well as an alternative method of measuring fishing effort in the event that the proportionality of fishing power to gross registered tonnage ceases to obtain.

The alternative method of correcting for changes of fishing power related to vessel size is to calculate the efficiency of various size-categories of vessels, relative to a size arbitrarily chosen as a standard, by comparing the catches of vessels of different size-categories when fishing in the same areas of the ocean during the same time periods (Shimada and Schaefer 1956). The basis of such a calculation of "efficiency factors" for the fleet of bolicheras is the comparison of the average catch-per-boat of vessels of different size-groups, making their landings during the same calendar month and at the same port. For purpose of this comparison, vessels which landed at more than one port during the same calendar month were eliminated (see discussion of "duplication" below). The vessels, each year, were separated into size categories, by five-foot intervals of length, for each port at which the amount of data available was believed to be adequate for such comparisons. The following ports were employed in the several years:

1960	Chimbote and Callao
1961	Chimbote, Callao and Ilo
1962	Chimbote, Callao and Ilo
1963	Chimbote, Callao, Tambo de Mora and Ilo
1964	Chimbote, Callao, Tambo de Mora and Ilo
1965	Chimbote, Callao, Tambo de Mora and Ilo

For each port, for each calendar month, there was calculated the ratio of the mean catch-per-boat of the vessels within each size-class to the mean catch-per-boat of the vessels within the standard class (65-69 foot). The geometric mean of these monthly ratios was calculated for each port, and the geometric mean of these average ratios for individual ports was calculated as the combined estimate of the efficiency factor for the given year and size class. These combined estimates of annual efficiency factors, together with the number of vessel-months upon which each is based, are shown in Table 2. At the bottom of this Table there is also shown for each size-class the geometric mean of the annual efficiency factors, which may be regarded as the best estimates of the average efficiency factors pooling the data from all ports and years.

In Table 3 there is shown, for each size-class for each year, the mean gross registered tonnage of the vessels employed for the calculation of the efficiency factors. At the bottom of this Table is also shown the mean of the gross registered tonnages tabulated for each year weighted by the number of vessel-months corresponding to the size class and year (Table 2).

To examine the relationships between gross registered tonnage and efficiency factors, they have been plotted against each other, for each year, in Figure 2. In Figure 3 are also plotted the pooled data for all years, from the "averages" appearing at the bottoms of Tables 2 and 3. The aberrant value of 0.402 appearing as the efficiency factor for the 70-74 foot size-class in 1961 has been omitted in Figure 2, and in the following analyses. Its elimination is justified because it falls far outside the distribution of the other values, and because it is based on only 12 vessel-months from a single port (Chimbote).

Least-squares linear regressions of efficiency factor on gross registered tonnage were fitted to the data for each year and for the 1960-1965 average. They are shown as the solid lines on Figures 2 and 3. The regression coefficients (b) and their standard errors (s_b) are given in Columns 2 and 3 of Table 4. There is also shown the pooled estimator of the standard error of the regression coefficient for and individual year ($s_b = .00128$). A statistical test of significance indicated that the intercepts of none of the least-squares regression lines differed significantly from 0, at the 5% probability level. Consequently, least-squares regression lines were also fitted, under the condition that they should pass through the origin. These are shown as the broken lines in Figures 2 and 3. The regression coefficients (b') corres-

ponding to these lines are indicated also in Table 4. None of the regression coefficients (b') for individual years differs significantly, at the 5% probability level, from the regression coefficient for the pooled data (.01024), the test being made on the basis of the pooled standard error of regressions for an individual year, $s_b = .00128$.

From the foregoing analysis, it may be concluded that, over the range of vessel sizes employed in the fishery during the years in question, the efficiency factors of various vessel size-classes are directly proportional to the gross registered tonnage, and that the factor of proportionality does not differ significantly among the six years. Therefore, for calculating effort or catch-per-effort in standard units, the use of the gross-registered-ton-month (later also called for convenience the "boat-ton-month") will be just as satisfactory as the use of the vessel-month corrected to a standard vessel size by the employment of the efficiency factors. I have chosen, for convenience, to employ the gross-registered-ton-month (boat-ton-month), since it is the basic statistic employed by Saetersdal et al. (1965). It may be noted that there does appear on Figures 2 and 3, some tendency for the efficiency factor of the largest size-class of vessels in each year, and in the average for all years, to deviate negatively from the regression lines. Also, as noted previously, in some other fisheries it has been found that eventually, as vessel size increases, the efficiency does not remain proportional to the vessel tonnage. It is, therefore, desirable that the relationship continue to be examined each year, so that if in the anchoveta fishery the relationship ceases to hold, the alternative statistic for catch-per-effort, based on efficiency factors, may be employed.

3.3.1 Duplication of vessels in the statistics.

In working with the tabulations in the archives of IMARPE, which were the same data utilized by Saetersdal et al. (1965), and by Boerema et al. (1965) in their analyses, it was discovered that when a vessel had landed in more than one port during a given calendar month it had been counted as a separate vessel at each of these ports. Thus, such a vessel, experiencing average, or better than average, success of fishing, but landing its catches at two different ports, would appear in the statistics as two vessels, each with poorer fishing success. This duplication of counting of vessels can impart an important bias to the data if there are any time-trends in the operational characteristics of the fleet, such that the percentage of the fleet landing at more than one port tends to change. One would expect that the number of duplications might well increase as vessels become larger, on the average, and thus have greater capability for operating over a larger range. Also, when fish are less abundant, there may be a tendency for vessels to extend their range of operations in search of improved success of fishing, which would again tend to lead to increased duplications. Further, as number of ports of landing along the coast increases, so that the distances between them are less, one would again expect the duplications to increase, and for the duplications to be larger in those portions of the coast where ports of landing are closest together.

In order to help me to examine the effects of duplications, the IMARPE kindly retabulated all of the data for the years 1960 through 1966, eliminating the duplications by counting each vessel only once, regardless of the

number of ports at which it landed catches during a given month. In the analysis in this section, and in subsequent analyses, a vessel that landed at more than one port is associated with that port where it made the largest share of its landings during a given month.

In Figure 4 the data for individual months for each of the several years are plotted for each of the four ports Chimbote, Callao, Supe, and Tambo de Mora, to enable examination of the effect of the occurrence of duplications on the catch-per-boat-ton-month. For each month from January 1960 through May 1966, for which both statistics are available for the given port, there is plotted on the axis of abscissae the average tons-per-boat-ton-month, with duplication of vessels, as originally calculated by IMARPE; on the axis of ordinates there is shown for the corresponding month the average tons-per-boat-ton-month, after elimination of the duplications, as indicated above. There are also plotted on each of the four graphs the line corresponding to exact equivalence of the two measures. Certain geographical and temporal differences in the effects of duplication in decreasing the average catch-per-boat-month are immediately evident from these graphs. There are marked differences in the effect at different ports; the effect is least pronounced, and there is also the least variation from year to year, at Chimbote, whereas at Supe and Tambo de Mora the effect is quite large. There is also a general tendency, as might be expected, for the deviations from the line of the equivalence to be larger in the more recent years than in earlier years. This, of course, is to be expected because, as we have already seen, the fleet in recent years is composed of larger vessels, which have greater inherent mobility, and also because there has been an increase in the numbers of reduction plants and consequently in opportunities for mobility between ports. In view of these temporal and geographical trends in the occurrence of duplication, that could bias the time series of data on catch-per-unit-effort, I have elected to employ the catch-per-boat-month without duplications, and, when a vessel lands at more than one port during a given month, attributing its catch and effort during that month to the port where it landed the largest share of its catch.

3.3.2 Effects of using only vessels making over nine landings per month.

Saetersdal, et al. (1965) calculated and presented for the ports of Chimbote and Callao, in Figure 4 of their paper, the catch-per-boat-per-month for various size categories of vessels for months beginning in 1959 through mid-1963. They have also calculated for a number of ports, over the same time period, two indices of apparent abundance. One of these is the catch-per-gross-registered-ton-month, corrected for estimated annual increases in efficiency of fishing gear due to the use of larger nets and power blocks. The other is the same index, but with an additional correction for the presumed effects of "saturation" In both cases, in calculating the average catch-per-gross-registered-ton-month, there were employed only those vessels at a given port which made ten or more landings (successful trips) in a given month.

Boerema, et al. (1965) also employed the catch-per-gross-registered-ton-month for vessels with more than nine trips per month, both with and without the corrections for vessel saturation, following Saetersdal et al. (1965).

The reason given for using only vessels that had made ten or more trips per month is presented by Saetersdal, et al. as follows.

"To be meaningful the monthly average should include only vessels that have operated regularly in the port throughout the month. Our data comprised, however, quite a large number of vessels which for reasons of shifts between ports, lack of crew or due to repairs have made only a few fishing trips in the course of the month. If such vessels were included the monthly means would be greatly influenced, since the total number of vessels are often small. Vessels with 9 landings and less were therefore excluded on the assumption that "normal" operation during more or less the whole of a month would result in at least 9 [sic] trips with catch"

There is reason to doubt the assumption that all vessels in normal operation during a month will make at least ten successful trips, especially as the abundance of the population of anchovetas declines. Furthermore, if the share of vessels in full operation making ten or more successful trips per month declines when the abundance of the anchoveta stock declines, this editing of the data could impose a serious bias, such that the change in the index of abundance would be smaller than the change in the abundance of the fish population. On the other hand, by including all vessels making any landings in a month one does, of course, include some vessels which were not actually in full operation during the month. However, this should tend to be more or less the same percentage of the fleet each year and, in any case, the share of the fleet in this status should be very much less strongly correlated with the abundance of the fish population than the share of the fleet making ten or more successful trips.

One might suspect that a considerable share of vessels actually fully operational during some months, but making less than ten trips, may be substantial, particularly in the more recent years, from considering some of the materials already published. For example, in Table 3 of Boerema, et al. (1965) there is tabulated for each year from 1961 through 1964 the estimated number of successful trips per boat for the whole year. These amount to only 92 in 1963 and 89 in 1964. Thus, even if some or all of the vessels do not "normally" operate all year, only 9 months of operation per year would allow a mean number of trips per boat per month of only about 10, so that a considerable share must have been below that average. It may also be seen from the same Table that the percentage of trips resulting in zero catches has considerably increased from 1961 through 1964. Likewise in the Figure on page 29 of Instituto del Mar del Perú (1966) it may be seen that large changes in the percentage of unsuccessful trips is highly inversely correlated with the apparent abundance of the anchoveta at several ports.

Thus, a decrease in abundance of anchoveta may very well cause a decrease in the share of vessels making at least ten trips. Consequently the editing of the data following Saetersdal, et al., or Boerema, et al., could produce considerable bias.

Additional information on this matter is shown in Table 5, wherein is shown the average number of landings per boat per month (duplications at

different ports having been eliminated) for the whole country for individual months from January 1960 through May 1966, along with yearly averages. For each month in each year, the average is estimated by dividing the total number of recorded landings by the number of vessels making those landings. The yearly averages were calculated by adding up the total number of trips for the year and dividing by the total number of vessel-months, thus they are averages weighted for the number of vessels recorded for each month. (The data for this table were generated as a by-product of computer runs made for me by the Sociedad Nacional de Pesquería in examining the catch-per-effort by means of standardization employing efficiency factors). It may readily be seen that the average number of trips in many months, particularly in recent years, is not much above the value at which the authors above mentioned have eliminated the catch and effort data for the calculation of apparent abundance, and, in many months, the average is well below it. It may also be seen that the average number of trips has tended to decrease in some recent years relative to the early years. Thus, it appears highly probable that editing of the data to utilize only the more successful vessels, making at least ten landings in a given month, will introduce considerable bias into the estimated catch-per-unit-of-effort, such that declines in the catch-per-unit-of-effort of all vessels actually fully engaged in the fishery would be underestimated.

For landings at the ports of Chimbote and Callao, for individual months from January 1960 through February 1966, there have been compared the catch-per-boat-ton-month computed for all vessels, and the catch-per-boat-ton-month computed for only those vessels making more than nine landings in the given month, as shown in Figure 5. On this Figure, for each month, the relationship between the two statistics is shown, and there is also shown the line of exact equivalence. It may be seen that the deviations of the points from the line are greater at Callao than at Chimbote, and that there is perhaps some tendency for the deviations to be larger in the more recent years.

Interestingly enough, the deviation from the line appears to be of very nearly constant magnitude at all levels of catch-per-boat-ton-month, rather than being proportional to the catch-per-boat-ton-month. I have no explanation for this phenomenon, but it means, of course, that the ratio of the catch-per-unit-of-effort of vessels with more than nine landings per month to the catch-per-unit-of-effort of all vessels will in general increase as the catch-per-unit-of-effort decreases, as we suspected might be the case. This trend is perhaps better indicated in Figure 6, where there is plotted the ratio of the catch-per-unit-effort of vessels with more than nine landings per month to the catch-per-unit-of-effort of all vessels, for the ports of Chimbote and Callao. There are plotted both the ratios for the individual months, and the twelve month moving average from which one may more easily visualize the trend. It may readily be seen that the trend of the ratio is upward since 1963, and that it is most marked at Callao.

On the basis of the foregoing considerations, it is concluded that employing only vessels making ten or more landings per month for the calculation of catch-per-unit-effort will introduce a considerable bias, especially in the periods of lowered anchoveta abundance, such as have occurred in the recent years of the series. Employment of all vessels landing at a given

port is more likely to produce an estimate more nearly unbiased and comparable from year to year.

3.3.3 Correction for "saturation"

Saetersdal, et al. (1965), in calculating one of their indices of abundance, applied a correction to the estimated catch-per-gross-registered-ton-month for what they call the "phenomenon of saturation". This is supposed to correct for the fact that when a vessel is full, or nearly full, it will not be exerting any fishing effort even though it is at sea. Boerema, et al. (1965) also applied this adjustment for effect of vessel saturation in one of their estimates of catch-per-unit-of-effort..

I have considerable doubt that this correction, as calculated by Saetersdal, et al. (1965), applied to the data of all vessels for all years, is as likely to improve the estimate as it is to bias it. In the first place, the definition of Saetersdal, et al. (page 98) of when a vessel is saturated was arbitrarily taken as when the vessel has caught three-fourths of its full capacity. I doubt very much whether this is a verifiable criterion. More serious, however, is the fact that the relationship between catch-per-unit-of-effort and frequency of occurrence of saturation was based on data for years 1959 through 1962, and was applicable only to vessels of capacities between 60 and 100 tons which at that time composed the major part of the fleet. The authors noted that the relationship did not continue to hold for very small or very large vessels. Noting that for vessels over 55 feet in length, the capacity is equal, approximately, to 1.5 times the gross-registered-tonnage, as may be derived from Table 8 of Tilic (1963), and referring to Tables 2 and 3 of this paper, it may be seen that since 1962 a large, and increasing, share of the fishing fleet consists of vessels larger than 100 tons capacity. Thus, the application of the correction derived by Saetersdal, et al. (1965) for the phenomenon of saturation, even if it were valid for the sizes of vessels and the time period for which it was derived, could introduce error if applied to the data of more recent years. The application of this correction for saturation is not warranted in the present study.

3.3.4 Correction for changes in fishing gear.

Boerema, et al. (1965) have tabulated annual correction factors to be applied to the catch-per-unit-of-effort to account for increases in efficiency of vessels of the same sizes due to the introduction of larger nets and of power blocks. The estimated correction factors were derived by Saetersdal, et al. (1965).

I have no basis of judging how precise these correction factors may be, nor whether they fully take account of changes in efficiency of the fleet unconnected with vessel size. However, this correction may possibly be desirable. Therefore, in the subsequent study in this paper of the relationships among catch, catch-per-unit-of-effort, and effort I have employed the catch-per-unit-of-effort both with and without this correction for efficiency, for comparative purposes.

3.3.5 Units selected for use in this study.

On the basis of the foregoing considerations, there has been chosen as the most suitable unit for the calculation of the catch-per-unit-of-fishing-effort, to reflect the abundance of the catchable stock of anchovetas, the catch-per-gross-registered-ton-month (called for convenience the catch-per-boat-ton-month), employing all vessels landing during a given month, duplication of counting of vessels having been eliminated, and the statistics of catch and effort for a given vessel in a given month attributed to that port where it made the majority of its landings. No correction for "saturation" is applied. The statistic is calculated both with and without the correction for changes in gear efficiency published by Boerema, et al. (1965).

4. RELATIONSHIPS OF CATCH, EFFORT AND CATCH-PER-UNIT-OF-EFFORT; ESTIMATION OF MAXIMUM SUSTAINABLE AVERAGE YIELD

In this section, I will employ the catch-per-boat-ton-month to estimate the average apparent abundance of the anchoveta stocks along the coast of Peru, by years, and also to calculate the total effort from the estimated catch-per-unit-of-effort and the data on the total catch. There will also be examined the relationships between fishing effort and abundance of the population, and with the aid of some previously developed theory, there will be estimated the relationships between fishing effort and average sustainable yield, and, especially, the average maximum sustainable yield.

For purpose of this analysis, it is most convenient to treat the data not by the calendar year but by the fishing year, extending from 1 September of a given year through 31 August of the following year. This corresponds to the natural cycle of the fishery, the low point of availability, during the spawning season of the anchoveta, being in August and September.

Since, as noted in the introduction to this paper, we do not know whether the anchovetas along the coast of Peru constitute a single population, which may be treated as a unit with respect to the dynamics of the fishery, the data have been treated separately for each of three regions, corresponding to natural divisions of the fishery, employed by IMARPE, as well as for the pooled data of the entire country.

The Northern Region, for which the principal port is Chimbote, includes ports from Chicama on the north to Casma on the south. The principal port in the Central Region is Callao, but it includes a number of ports from Huarmey in the north to Pisco in the south. The Southern Region, for which the principal port of landing is Ilo, includes ports from Atico to Ilo.

4.1 Estimation of total effort and average catch-per-unit-effort by regions and for the whole country

The available statistics, each year, are the total landings by ports, by months, and an estimate of the catch-per-boat-ton-month for each month for each of the ports, with few exceptions, from a large sample of the fleet. To combine the data for an entire region and year, and to pool the data for all regions, the following procedure was followed: For each port, for each calendar month, from the record of total catch and the estimate of catch-

per-boat-ton-month the corresponding total effort in boat-ton-months was calculated. The monthly values of total catch and monthly values of estimated effort were then each summed for the entire year, September through August. An example of this sort of calculation is given in Table 6 for the port of Chimbote for the year 1963-64. The total catch and total estimated effort, for all ports for which such estimates were available were then summed within a region. By dividing the sum of the catch by the sum of the estimated effort, one then obtains the weighted mean catch-per-unit-of-effort for the region for the year. An example of these calculations for 1963-64 is given in Table 7. In a few cases catch-per-effort data were not available from all months at all ports; it will be seen from Table 7, for example, that a very small part of the landings in both the Central Region and Southern Region in 1963-64 were not covered by corresponding catch-per-effort estimates. In these cases, the catch-per-unit-of-effort was estimated from the aggregate of the months and ports for which data were available, and the effort for the entire region was calculated from the total landings within the region and the value of the catch-per-effort thus estimated. As an example, it may be seen from Table 7, that in the Southern Region in 1963-64 there were 3,510 tons of landing for which no corresponding estimate of catch-per-effort was directly obtained (at Atico in November). Thus, the total effort of 100,569 boat-ton-months was calculated from the pooled estimate of catch-per-effort of 7.09 tons-per-boat-ton-month and the regional total landings of 713,031 tons. The ports and months for which abundance data were unavailable contributed a very negligible portion of the regional catch, in each case, as in the example given.

To estimate the weighted mean catch-per-effort for the whole country from the pooled data of all regions, as may be seen from Table 7, we sum the total catches from all regions and sum the total estimated effort from all regions and divide one by the other.

For the fishing year 1965-66, data for calculating catch-per-effort covered the period only from September through May, because the fishery was closed during June, July, and August of that year. Since there is a regular seasonal pattern in the apparent abundance of the anchoveta stocks, such that the fishing is relatively poor during June, July, and August, an estimate omitting data from those months tends to overestimate the abundance in comparison with estimates based on years when data are available from the entire year. The pooled estimate of catch-per-boat-ton-month, for each region and for the country as a whole, was calculated for 1965-66 for the data from September through May only. This estimate was then corrected to be comparable with the estimates for the other years, based on the fishery throughout the whole year, as follows. For each of the other years two pooled estimates of catch-per-unit-of-effort for each region and for the entire fishery were calculated, one based on data for the whole year and the other based on the data of September through May only. There was then calculated for each region, and for the pooled data of the entire country, the ratio of the sum of the five yearly estimates based on September through August to the sum of the five yearly estimates based on the data of September through May only. These average ratios were as follows:

Northern Zone	0.890
Central Zone	0.893

Southern Zone	0.865
Entire Country	0.892

The estimates for 1965-66, based on data from September through May only, were multiplied, for each region and for the country as a whole, by the foregoing correction factors to convert them to estimates of apparent abundance, comparable with those of other years, based on data for the whole year. The corrected estimate was then divided into the total catch, in each case, to provide the corrected estimate of total effort.

The catch-per-boat-ton-month, thus estimated, for each year for each region and for the whole country are tabulated in Column 3 of Table 8. In Column 2 of that Table are shown the total catches for each year for each region and for the whole country, while in Column 4 are tabulated the corresponding values of total effort.

Estimates of catch-per-effort and of total effort, after the application of corrections for temporal changes in vessel efficiency due to changes in gear, discussed above, are also shown in Table 8. These corrections were based on the factors given by Boerema, et al. (1965), on page 7 of their paper, at the end of the third-from-last paragraph. Since their estimates of percentage increase in efficiency are based on calendar years, and our data include portions of each of two calendar years, I have interpolated between the values of Boerema, et al. for these purposes. The value for 1965-66 has also been obtained by extrapolation of their series. Thus, to obtain the estimates of effort, corrected for changes in vessel efficiency due to changes in gear, given in the last column of Table 8, the numbers in Column 4 were multiplied by the following factors:

1960-61	1.033
1961-62	1.075
1962-63	1.120
1963-64	1.145
1964-65	1.170
1965-66	1.195

The estimate of catch-per-boat-ton-month, given in the next-to-last column of Table 8, was calculated by dividing the total catch by the corrected effort, given in the last column.

4.2 Relationships between apparent abundance and effort; estimation of sustainable yields and of average maximum sustainable yield

We may examine the relationship between fishing effort, in boat-ton-months, and abundance of the anchoveta population, as measured by the tons-per-boat-ton-month, by plotting one against the other. In Figures 7, 8, 9 and 10 there are shown for the Northern Region, Central Region, South-

ern Region and the pooled data of all regions, respectively, as solid dots. the fishing effort as abscissae and the catch-per-unit-of-effort as ordinates. These graphs employ the data of Columns 3 and 4 of Table 8, where there is no correction for temporal changes in vessel efficiency.

If the catch-per-unit-of-effort is proportional to the biomass of the catchable population, and the rate of growth of the population can be approximated by the Verhulst-Pearl logistic, the equilibrium relationship between the catch-per-unit-of-effort and effort will be a straight line (Schaefer 1954; Schaefer and Beverton 1963). To the actual observed data in Figures 7 through 10, have been fitted least-squares linear regressions of catch-per-effort on effort, which appear as the solid lines labeled 1. Total catch is, of course, obtained by multiplying the catch-per-effort by effort at any point. Thus, corresponding to each of the regression lines of these figures is a parabola, if one plots total catch against effort. These parabolas have not been drawn in this paper. However, values of total catch may also be exhibited on a graph of effort versus catch-per-effort, by lines of equal total catch (that appear as equilateral hyperbolae). This has been done, in another connection, below in Figures 15 and 16.

The theoretical basis for employing a linear relationship as a reasonable approximation to the equilibrium relationship between population abundance and fishing effort was developed by Schaefer (1954) and an application to the tuna fishery is described in detail in Schaefer (1957). Such models, and their relationships to others based on measurements of elemental vital statistics are further discussed in Schaefer and Beverton (1963). The theory will not, therefore, be discussed in detail here. However, it may be seen from the several graphs that the observed relationship is fairly well approximated by a straight line, over the range of observations available. Thus, it would appear that the theory based on the Verhulst-Pearl logistic population growth law is appropriate for the analysis of the anchoveta fishery.

If one assumes that the line fitted to the data of catch-per-effort and effort represents the average equilibrium relationship for a region, or the whole country, it may also be employed to estimate the average sustainable catch at any value of effort (the parabola referred to above), and also the maximum sustainable average yield (which will be the maximum of the parabola). The maximum sustainable average yield (C_{max}) thus estimated from the lines fitted to the data appears on each graph, and these calculated values also appear in the left hand column at the top of Table 9. (Note that C_{max} may be quickly calculated from the lines on the graphs by multiplying one-half the value of the intercept on the axis of ordinates by one-half of the value of the intercept on the axis of abscissa).

The employment of the lines fitted to the actual data, as described above, to estimate average sustainable yields, involves the assumption that the abundance of the population observed each year is that which represents an equilibrium with the observed fishing effort. This assumption is not completely valid. Indeed, I have shown elsewhere (Schaefer 1954) that during periods when fishing effort is increasing (and abundance is decreasing) the observed points will, on the average, fall above the true line of equilibrium, and conversely when the fishing effort is decreasing. This is, of course,

because the actual catch represents, on the average, the sustainable catch at a given observed average abundance plus the amount by which the population is reduced during the year. Thus, since the anchoveta fishery of Peru has been generally increasing in effort over the series of years, the lines calculated in this fashion may tend to overestimate the sustainable yield. However, since the members of a yearclass are present such a short time in the fishery, the deviation from equilibrium should not be very large. Nevertheless, it is desirable to apply an appropriate correction better to estimate the line of equilibrium conditions. Schaefer (1954) devised a method of estimating the share of the observed catch due to reduction of the standing stock in a given year, but this method cannot be satisfactorily applied to the data of the anchoveta fishery because the series of data available, only six points, is not long enough to apply it. An alternative method of crudely estimating the equilibrium values of effort corresponding to the observed catch-per-effort in a given year has, therefore, been employed; this consists of averaging the fishing effort over two successive years and applying that average effort to the observed catch-per-effort in the latter year. The reason for doing this is that the members of a given year-class are substantially represented in the fishery during each of two years. This is similar to the procedure employed by Gulland (1961) where he averaged the fishing effort over a period equivalent to that to which the members of a year-class were exposed during their average duration in the fishery, in attempting to estimate relations between the fishing effort and equilibrium yield for a number of fish stocks near Iceland. On each of the Figures 7 through 10, points of estimated equilibrium thus calculated appear as open dots, and the corresponding least-squares regression of catch-per-effort on effort appears as a broken line which is labeled 2 on each graph. The estimates of maximum sustainable average yield corresponding to these regressions appear also on each of the graphs, and in the right hand column in the upper part of Table 9.

From these results it may be seen that, in each case, the sum of the estimates for the individual regions and the estimate from the pooled data of the whole country are quite similar. The lines fitted to the actual data would indicate that the maximum sustainable average yield is about 8.2 to 8.3 million tons per year. Employing the estimates derived from the estimated lines of equilibrium, it appears that the maximum sustainable average yield is about 7.7 million tons per year.

In the foregoing analyses, there have been made no corrections for changes in efficiency of vessels of the same size over the series of years, due to changes in gear. As explained above, the estimates of effort and catch-per-effort have also been calculated, and tabulated in Table 8, employing the corrections indicated by Boerema, et al. (1965) for temporal changes in the efficiency of vessels due to changes in their fishing gear. In Figures 11, 12, 13 and 14 have been plotted the corrected values from Table 8, as solid dots, and regression lines have been fitted in exactly the same way as had been done previously for the data not corrected for changes in vessel efficiency. These appear in the figures as the solid lines labeled 3. Likewise, for these series of data there have also been calculated the estimated equilibrium values, by averaging the effort over two successive years to plot against the catch-per-effort of the latter year. The regression lines corresponding to these estimated equilibrium values appear on the figures as the broken lines labeled 4. For each region, and for the country as a

whole, for each of the regression lines, there has also been estimated the corresponding estimated average maximum equilibrium catch (C_{max}), which appear on the figures and also appear in the bottom part of Table 9.

It may be seen from these Figures, and from Table 9, that the application of the correction factors for vessel efficiency makes only a small difference in the estimates of maximum sustainable yield, either for the regions individually, or for the pooled data of the entire fishery. If one uses the actual points, with these corrections for vessel efficiency, there is obtained an estimate of maximum sustainable average harvest of about 8.1 or 8.2 million tons per year, while the value obtained from the lines of estimated equilibrium is 7.5 or 7.6 million tons per year.

The reason why the correction for gear efficiency for this series of years changes the estimates of maximum sustainable yield very little is, I believe, revealed in Figures 15 and 16. In Figure 15 have been plotted, from the pooled data of all regions, the observed values of effort and catch-per-effort, for each year, both uncorrected and corrected for vessel efficiency, together with the corresponding least-squares regression lines. These are, of course, the same points which appeared as "actual", and the corresponding regression line., on Figures 10 and 14, and which have been replotted here for comparison. Also plotted on this graph are lines of equal total catch, which, being the product of effort and catch-per-unit-of-effort, appear as equilateral hyperbolae. The values of isopleths of total catch represented by the plotted hyperbolae are shown at the top of the graph. One may, on such a graph, thus read for the plotted points and fitted lines values of effort, catch-per-effort and total catch. Application of a correction for vessel efficiency, which changes the effort with the same total catch, causes a point for a given year to move along an equilateral hyperbola, as may be verified by looking at the graph. At the point of maximum sustainable yield, the regression line of tons-per-boat-month on boat-ton-months is tangent to the isopleth of yield corresponding to the maximum, and, therefore, in the vicinity of the maximum sustainable yield, points will move nearly parallel to the regression line, and thus will tend not to change it. Since the largest corrections for vessel efficiency have been in the most recent years, and since in recent years the fishery has been very near to the indicated maximum yield, the regression lines, in consequence, are very little changed by the application of the correction factors for gear efficiency.

The same kind of plot is made on Figure 16 for the points of estimated equilibrium, and the corresponding regression lines. Again, it may be noted that these are the points, and corresponding lines, which were designated "estimated equilibrium" on Figures 10 and 14. Again, it will be seen that, since the fishery has been near to the maximum average total harvest, during the most recent years, the application of the correction for gear efficiency does not greatly change the position of the regression line, and thus makes only very slight difference in the estimate of the average maximum sustainable yield.

All of these analyses have, of course, been based on data from only six fishing years. While the results correspond quite well with theory, and consequently engender some confidence, this is actually a very short series

of data for such a purpose. Additional analysis should certainly be made as more years' data accumulate.

4.3 Current condition of the fishery in relation to the maximum sustainable yield

From the foregoing, it appears that the average maximum sustainable yield of the fishery along the coast of Peru is in the vicinity of 7.5 million tons per year. It also appears that, for the fishery as a whole, in both 1964-65 and 1965-66 the fishery was maintained in a condition very close to that corresponding to the average maximum sustainable yield, neither being, underfished nor overfished. However, it does appear that, if the regions can properly be treated as separate unit fisheries, the intensity of fishing increased to above the optimum in 1963-64 in the Central Region, and in 1965-66 was probably a little above the optimum. The data are not sufficiently precise to advance this latter conclusion with much assurance.

It is noted that the intensity of fishery during 1965-66 was curtailed to a level near that corresponding to maximum sustainable yield only by imposing a catch-limit on the fishery, resulting in a three-month closed season. Thus, it is evident that the available fishing power of the fleet is (or at least was in 1965-66) greater than that required to generate the fishing effort corresponding to the average maximum sustainable yield, so that management of the fishery is required. That the actual catch of 8 million tons, slightly larger than our estimate of average maximum sustainable yield of about 7.5 million tons, did not result in overfishing of the stocks is attributable to the fact that, as noted elsewhere, the incoming year-class in 1966 was apparently rather better than average, and to a decrease in the summer of 1965-66 in the population of guano birds (see below) that compete with the fishery. It must be remembered that there will be year-to-year deviations about the average condition, requiring adjustments from year to year in the actual management of the fishery.

It is fortunate that the analyses by individual regions and the analysis for the pooled data of all regions give substantially the same results, and that, apparently, the anchoveta populations in the separate regions, if indeed they may be regarded as separate populations, are being exploited to approximately the same relative degree. If, however, in fact these are separate unit fisheries, one cannot rely upon continuing always to be so fortunate in the future. If there are separate stocks, they should be managed individually. On the other hand, if the anchovetas off the coast of Peru constitute a single unit population, management of the entire fishery as a unit is sufficient. One must again emphasize the very great importance of obtaining more information, through tagging experiments, to determine the extent of migration and the degree of intermixing, and its rapidity, among the anchoveta of the several regions, to provide a more firm basis for the analysis of the fishery dynamics, and as a basis for improved management.

4.4 Relationships with the population of guano birds

It may be seen from Figure 2 of Informe N^o 10 of IMARPE (Jordán and Fuentes 1966) that the population of guano birds during the period on which the foregoing analysis is based remained fairly steady at about 16 million birds. According to this same report, some 80 to 85% of the bird

population consists of guanay, each of which consumes about 430 grams of fish per day. As Jordán and Fuentes indicate, and as is quite evident from a perusal of the literature (especially the monograph of Hutchinson 1950) there is a fairly wide variety of estimates of the rate of consumption of fish by guano birds. It would certainly be desirable to determine this, and also the conversion rate of fish to guano, with a great deal more precision than has yet been done. However, the estimate of Jordán and Fuentes of 430 grams per bird per day seems reasonable, and is intermediate among the several published estimates. It would indicate that, during the period for which our analysis of the dynamics of the anchoveta fishery has been made, the bird population was consuming approximately 2.5 million tons per year of anchoveta. Thus, to estimate the maximum sustainable average yield of anchoveta available jointly to men and guano birds, one needs to add to the previous estimate of 7.5 million tons the quantity 2.5 million tons which were going to the birds, which yields an estimate of 10 million metric tons in total. It thus appears that, on the average, the continuing maximum harvest of anchovetas from the waters off Peru is 10 million tons, to be shared between men and guano birds.

As is well known, and has been documented in Informe N^o 10, the bird population suffered catastrophic mortality during 1965, and by early 1966 was reduced to 4 million birds, or less. This catastrophic mortality was apparently caused by the "El Niño" condition, similar to that in 1957-59, that also reduced the bird population to a very low level, estimated by Jordán and Fuentes as being in the vicinity of 6 million birds.

Since the bird population was very low in the latter part of 1965 and, at the same time, there has apparently been rather good recruitment of anchovetas of the new year-class into the population, it is interesting to speculate on what might be the connection, if any, between the two. The question arises whether the apparently quite good recruitment to the catchable stock was due to favorable oceanographic conditions for survival of the anchoveta's eggs and larvae, at stages before they were available either to the guano birds or to the fishery, or whether the increased recruitment into the stock of commercial sizes might be due, at least in large part, to the lack of birds preying on the very small fish during the normal breeding season for the birds. Unfortunately, data on the size composition of anchovetas eaten by guano birds in different seasons of the year do not, so far as I have been able to ascertain, exist. It is urged that as part of the continuing investigations more attention be paid to elucidating the details of qualitative and quantitative aspects of predation of birds on the anchoveta population.

The question of what share of the sustainable average harvest of anchovetas, estimated at 10 million metric tons per year, should be allocated to direct capture by men and what share should be allocated to consumption by guano birds, has been the subject of great controversy, which needs to be resolved. I believe this can only be done through objective cost-benefit analyses taking into account all of the important economic and social factors. Certainly, as a minimum, everyone can agree that it is a priority matter to maintain sufficient populations of each of the bird species to prevent their being driven to extinction, because it is of overriding importance to maintain this genetic material for future use of humanity. However, on the basis of the past history of the bird populations, some of which has been re-

capitulated by Jordán and Fuentes (1966), and which is also discussed in great detail by Hutchinson (1950), one can assert with some certainty that, for this purpose, there is required a good deal less than 16 million birds. A crude estimate, based simply on the bird population which existed in the early 1900's and which was apparently ample to maintain the various species, is about 3 million. However, there are certainly required careful ecological studies to determine just what is the minimum, and also, if it is decided simply to maintain the species, and greatly reduce the guano production in favor of other uses of the anchoveta, to determine just which islands should be set aside as preserves for this purpose.

If one can take, as a very rough estimate, 3 million birds as being the amount which needs to be maintained for preservation of the species, these, at the rate of feeding used by Jordán and Fuentes, would require only about half a million tons of anchovetas for sustenance. This would leave, on the average, some 9.5 million metric tons as the maximum sustainable yield for the fishery, and it would be attained at a population abundance about the same as existed in 1964-65 or 1965-66. In other words, one would substitute additional fishing effort by men for fishing effort exerted by guano birds, maintaining the abundance of the anchoveta population at the same level.

It is important again to emphasize that there are year-to-year fluctuations, due to variable environmental factors, in the recruitment to the anchoveta stocks, and also probably in the availability of the fish to capture. This is the reason for part of the variation of the points in the Figures 7 through 14 about the regression lines. It is also the reason why sustainable harvest during any particular year will be expected to deviate somewhat from the average. Since the fishery is pursued essentially on the anchovetas only during a period of about 18 months for each year-class, variations in year-class strength can result in deviations of the sustainable maximum yield in any year from its long-term value. Thus, in practice, a system of regulation needs to have a certain degree of flexibility, so that the harvest may be adjusted upward or downward depending on strength of the incoming year-class.

5. YIELD-PER-RECRUIT ANALYSES

The preceding sort of analysis of the catch and effort data is a useful means of arriving at estimates of the average relationships among fishing effort, catch-per-unit-of-effort, and total catch, and of estimating the maximum sustainable average harvest, under the existing pattern of fishing.

In the term "pattern of fishing" is included the size selectivity of the fishery, and the seasonal distribution of fishing effort. In order to examine possible effects of changes in the fishing pattern, such as changes in the minimum size of capture, or effects of various possible closed seasons, it is desirable also to approach the problem on a more detailed basis, synthesizing estimates of growth rate; mortality rates, both due to natural factors and fishing; and, if possible, the relationship between size of spawning stock and resulting recruitment. However, this approach requires rather detailed information about the vital statistics of the anchoveta, for which only very crude estimates of some parameters are presently available. Nevertheless, some aspects of the fishery, and possible effects of choice of management

measures, such as choice of closed season, can probably be usefully examined even on the basis of our present meager information concerning the vital statistics of the Peruvian anchoveta.

However, it has become quite evident that one of the very important requirements of a continuing program of research on the anchoveta population off Peru is to obtain more reliable estimates of the vital statistics, and most especially of mortality rates.

5.1 Stock and recruitment

The most difficult to obtain, of the various vital statistics that are required for examination of the dynamics of an exploited population on the basis of synthesis of such vital statistics, is the relationship between spawning stock and resulting recruitment into the commercially exploitable population. For many purposes, one can bypass this difficulty by examining the yield-per-recruit. This is what I will also do later in this section. Such analyses can indicate, given a certain recruitment, the effects of various patterns of fishing on the resulting harvest and on the resulting contribution to the spawning stock per unit recruitment. It is important, however, to remember that there is an important difference between catch-per-recruit and total catch, unless the recruitment is, on the average, constant at all levels of population and corresponding fishing intensities. This distinction is sometimes not clearly made. As we have already noted, Boerema, et al. (1965) treated the catch-per-recruit and the total catch in the fishery for the Peruvian anchoveta as being equivalent. I believe that such a hypothesis is very likely to be incorrect. To assume that it is correct can be economically extremely dangerous, because, if there actually is a decrease of recruitment at higher fishing intensities, there can be a disastrous drop in total catch although the catch-per-recruit remains nearly constant.

The fact that, over the range of values of apparent abundance for which information is available, there is apparently a linear relationship between effort and abundance of the anchoveta stock implies (if we are willing to assume that natural mortality and age-specific growth rates are constant) a density-dependent relationship of stock and recruitment, as has been shown, for example, by Schaefer and Beverton (1963) and Schaefer (1967), according to which recruitment will increase as population decreases, up to a certain point, and then decrease.

5.2 Age and growth

Of the various vital statistics required, probably the best determined for the anchoveta is the rate of growth, which, as described earlier, has been elucidated by analysis of modal progressions by Saetersdal and Valdivia (1964). I have used the parameters of their von Bertalanffy growth function, together with an initial length of 8 centimeters in January, to construct the length-age curve in Figure 17. I have then employed the length-weight relationship given in Annex Table IV of Boerema et al. (1965) for the construction of the weight-age curve also shown in Figure 17.

Use of the von Bertalanffy function does not take into account seasonal variations in growth, but I have used it because the monthly growth

increments reported in Saetersdal and Valdivia (1964, Figure 13) seem so irregular as to be unreliable, and also do not extend beyond November of the first year in the fishery.

As mentioned earlier, unpublished research by Anthony Burd indicates that the growth curves may be somewhat different for Chimbote and Callao. He has also advised me that his research indicates that the asymptotic size, L_{∞} , should perhaps be larger than the 15 centimeters indicated by Saetersdal and Valdivia. If these conclusions turn out to be correct, there will be required some recalculation of the following analyses. However, the indicated change in the growth parameters should not change the general nature of my conclusions, although there will, of course, be some changes in detail. Additional calculations are intended to be made when the improved growth curves are available.

5.3 Mortality rates

The other vital statistics that have to be estimated are the natural mortality rate and the fishing mortality rate. The latter requires, for some purposes, to be estimated as a function of fishing effort. The simplest hypothesis, which usually applies well enough to commercial sizes of fish to be a good approximation to reality, and probably also applies to the Peruvian anchoveta, is that the natural mortality rate is constant at all ages after the fish enter the commercial fishery, and that the fishing mortality is directly proportional to the fishing effort.

Various methods may be employed to estimate total mortality rate, and to decompose it into fishing mortality rate and natural mortality rate. All of these are difficult to apply to this fishery, because, as we have noted earlier, the fish are not fully available to the fishery until a length of about 14 centimeters, at which time they have already passed a year in the fishery, which is a large share of the span of time during which a year-class contributes significantly to the catch.

As I have already discussed on page 274, Boerema, et al. (1965) did not attempt to estimate individual mortality rates, but did attempt to calculate the ratio of fishing mortality to total mortality, which they call "exploitation rate" (E). At the level of fishing effort obtaining in 1964, they estimate that the exploitation rate is about 0.67, which would indicate that the fishing mortality rate is about twice the natural mortality rate. I very much doubt the validity of this result, because it is hardly conceivable that the instantaneous natural mortality rate of the anchoveta, on an annual basis, could be less than about 1.0, based on the size-composition of the population during the early years of low fishing effort, and also based on natural mortality rates of other anchovy populations, such as the population off California. The species of *Engraulis* off California, which according to the results of Clark and Phillips (1952) grows somewhat more slowly and lives somewhat longer than the Peruvian species, appears to have an annual instantaneous mortality rate of about 1.1, calculated from the apparent survival rate after the age of full availability in the California fishery, based on the age-composition data published in California Fish Bulletins 101 and 106 (this is assuming that Clark and Phillips' interpretation of age is correct; if the growth rate were faster, the natural mortality rate would be even higher).

The fishery on the species off California has been so light that the total mortality rate can be taken as a reasonable approximation to the natural mortality rate.

With a natural mortality rate of 1.0, the fishing mortality rate would have to be 2.0, giving a total mortality rate of 3.0, in order to attain the value of E indicated by Boerema, et al. Even with the selectivity of the fishery employed in the computer-simulation model, which will be discussed below, whereby the fish are not fully available to the fishery until the length of 14 centimeters, such a total mortality rate gives altogether too low a value of average weight of fish in the catch, in comparison with observed average weight in 1964 or 1965, and also much too few fish in the catch from a year-class during its second year in the fishery. To provide a basis for examining this latter effect, the size-frequency curves for both Callao and Chimbote have been, as mentioned on page, 273, separated into year-classes; for each month, employing probability paper, as a somewhat more objective variation of the method employed by Boerema, et al. (1965). From the actual catches of individual year classes as they pass through the fishery, it is thus possible to determine the share caught during the first and second years in the fishery, for comparison with the results of the computer-simulation model discussed below.

After I had arrived independently at an opinion that a natural mortality coefficient of 1.0 appeared to be the most reasonable for the Peruvian anchoveta, along with a fishing mortality coefficient of about 1.0, in 1964/65, Dr. Anthony Burd completed his study (as yet unpublished) of mortality rates of the fully available sizes of anchoveta on the basis of the age composition derived with the aid of otolith readings, mentioned on page 275. From this, as already noted, he arrived at estimates of natural mortality rate and of total mortality rate in 1964/65 substantially similar to mine.

5.4 Weight of Cohort

The members of a years-class of length 8 cm. in January will subsequently grow in length, and in weight, in accordance with the curves of Figure 17. At the same time, in the absence of a fishery, they will be dying, it is assumed, at a constant rate. Since the rate of increase in weight is at first fast and then decreases, there will be some age below which a cohort will be gaining weight by growth faster than it is being lost by natural mortality, and above which it will be losing weight by natural mortality faster than it is gaining it by growth. Calculation of the age, and size, at which this transition occurs is of some interest, because it is the point at which the maximum catch-per-recruit would be obtained if no fish were caught until that age and then all of the fish were harvested immediately.

In Table 10 we show the lengths attained in subsequent months, by fish entering the stock at 8 cm. in January, in accordance with the von Bertalanffy growth curve of Figure 17. There is also shown the weight of the cohort, in grams per 1,000 recruits in January, at each month, with annual mortality rates of 1.0 and 1.5 (the corresponding monthly mortality rates are 0.0833 and 0.1250, respectively). The maximum weight of cohort at the lower natural mortality rate is attained in September, while at the higher natural

mortality rate it is attained in July, the corresponding lengths being 12.8 centimeters and 12 centimeters, respectively.

If it were possible to harvest all members of a year-class immediately, these would be the best sizes in order to obtain the maximum yield-per-recruit. However, since this would require infinite fishing effort, it is not practical of accomplishment in a fishery such as this one.

5.5 Yield-isopleth diagrams

Another classical way of approaching the estimation of the relationship between size at first capture, fishing effort, and yield-per-recruit is through the calculation of yield-isopleth diagrams. For an assumed rate of natural mortality, and with the growth curve given, one calculates, for various rates of fishing mortality, and for various ages at first capture, the yield-per-recruit obtained by fishing steadily on the year-class from the initial age through the remainder of its life in the fishery. This, of course, corresponds to the "simple" model of Beverton and Holt (1957, page 310). For the Peru anchoveta, I have made calculations, employing the von Bertalanffy growth constants indicated earlier, natural mortality rates of 0.08 per month and 0.12 per month, and taking the maximum age in the fishery as 27 months.

Monthly natural mortality rates, which are similar to, but not exactly the same as, annual natural mortality rates of 1.0 and 1.5 were used in these calculations, because the computer program had already been written for another purpose and accepts natural mortality rates to only 2 decimal places. It did not seem worthwhile to make a revision in the program for this purpose, since the discrepancy is very minor. The yield, in grams per recruit, was calculated for each set of values of fishing mortality and initial age (or size) at first capture for which points appear on Figures 18 and 19. From these values, isopleths for yield-per-recruit were interpolated and drawn, as indicated. Fishing mortality rates, along the axis of abscissae, are in terms of instantaneous fishing mortality rate per month. Corresponding annual rates can be obtained by multiplying by 12. On these graphs, on the axis of ordinates is indicated the minimum age, and size, at first capture. In these calculations it is assumed that the fishing mortality rate is constant from the age at first capture onward until the maximum age at 27 months.

The present minimum length at first capture is about 8 cm., but the fishing mortality is **not constant from that size onward**. As mentioned above, it is easy to see from the size composition graphs in Boerema, et al. (1965), for example, that the fish are not fully available, or in other words the fishing mortality rate is increasing, up to a size of about 14 centimeters. There is reason to believe, as has already been mentioned, that the average fishing mortality rate, after full availability is probably in the vicinity of 1.0 per year (0.083 per month).

It appears from Figure 19 that if the annual natural mortality rate is as high as 1.5 per year (0.12 per month) the yield-per-recruit cannot be increased by increasing the age at first capture, and consequently by delaying capture until later in the year after entry in January, without also a very large increase in fishing intensity. If the annual natural mortality rate is in the vicinity of 1.0 per year (0.08 per month), which as indicated above

seems to be more nearly realistic, (Figure 18) some small gain in yield-per-recruit might be attained, without a large increase in fishing intensity, by delaying capture until a size of about 10 centimeters. Whether it is practical to impose size limits during the early part of the year, when the major part of the recruitment is taking place, without closing the season at that time, seems to be a moot question.

5.6 Fishery simulation model

The foregoing simple approaches to the examination of the yield-per-recruit, in the case of the anchoveta fishery, are of limited utility, because of the very short longevity, variations in availability throughout the year, and variations in availability connected with fish size. I have, therefore, attempted to develop a somewhat more nearly realistic model, taking into account these factors, by simulating the fishery on a digital computer. What is done is to start with 1,000 recruits in January, at an initial age of 5 months, at length 8.0 cm., and to follow them through the simulated fishery through the age of 26 months in October of the 2nd year, by which time it is assumed that the numbers remaining are negligible. The fish are assumed to be fully available to the fishery at a length of 14 cm. and above, which occurs in March of the second year of life. Between 7.5 and 14 cm. the fractional availability (availability factor) is assumed to increase linearly from 0 to 1.00. The monthly variation of availability is assumed to follow a regular seasonal pattern, and was estimated from the relative monthly values of catch-per-gross-registered-ton, averaged over the years 1962 through 1964 for Callao. The monthly availability factors, of course, average for the year to 1.0 (for fish that are above the size of full recruitment). Multiplication of the availability factor due to size, and the availability factor due to season, gives a combined availability factor for each calendar month and age. This, multiplied by whatever average fishing mortality rate is assumed for fully recruited fish, gives the fishing mortality rate for the given calendar month and age. The figures tabulated in Table 11, for Callao, will perhaps make this clear. In this Table are listed the seasonal availability factors, the size availability factors, and the resultant combined availability factor for each month and age. This combined availability factor (r_t) is multiplied by the assumed average fishing mortality rate for fully recruited fish to obtain the fishing mortality rate for the particular month and age. For example, if we choose a fishing mortality rate of 1.0 per year (this corresponds to 0.0833 per month), that is multiplied by the values of r_t to give the fishing mortality rate for each month as the fish pass through the fishery. The natural mortality rate is assumed to be constant.

The computer is programmed so that one can put into it the weight-at-age schedule (that is the numerical values of weight at each month of age from the von Bertalanffy curve in Figure 17, the schedule of r_t , the assumed values of natural mortality rate and of average fishing mortality rate for fully recruited fish, and it will compute the numbers and weight of the fish captured each month, and the total of these for the duration of the cohort in the fishery, and will also calculate the number of survivors at each month. From these one can easily compute, also, the average weight of the fish in the catch, and the weight of the survivors at any month. The program has also been prepared so that one may establish closed seasons,

during which the fishing mortality is zero, while the assumed natural mortality continues, for any desired month or set of months.

Simulations have been run for a variety of assumed natural and fishing mortality rates. On the basis of comparison of the results of these simulation trials, with no closed season, with comparable data from the actual fishery, one may choose the mortality rates that seem to be most realistic. As already explained elsewhere, to do this, I compared the average weight of fish in the catch, from the computer simulations, and from the actual fishery during 1964/65. I also compared the relative numbers of fish of a cohort-class captured, during their first and second years in the fishery, from the computer run, and in the real fishery. The latter was computed from the size-frequency samples decomposed, with the aid of probability paper, into age classes, as described elsewhere in this paper. From these comparisons, a natural mortality rate of 1.5 combined with a fishing mortality rate of either 1.0 or 1.5 seemed to be too high, and also a fishing mortality rate of 1.5 combined with a natural mortality rate of 1.0 appeared to be too high. It appeared that the runs with a natural mortality rate of about 1.0 per year and a fishing mortality rate of about 1.0 per year, for fully recruited fish, approximated moderately well the results of the fishery in 1963-4 or 1964-5. This sort of comparison of the results of varying the parameters of a simulation model with corresponding characteristics of the actual fishery does not necessarily give an unambiguous answer. I am very glad, therefore, as noted elsewhere in this paper, to have an independent confirmation of the approximate reality of the rates assumed, from the analysis of the age composition data, with the aid of otolith readings, recently completed by Dr. Anthony Burd.

As noted above, it is possible, with this simulation model, to impose closed seasons in any month or in any set of months one chooses, in order to observe the effects thereof on the yield-per-recruit, and also on the biomass of the population at the spawning season. By this program, during the closed calendar month or months, the fishing mortality on a cohort is zero during the selected period, both during its first year in the fishery and during its second year in the fishery. Thus, one simulates the effect of the saving in yield-per-recruit by permitting the small fish to grow, as well as the losses in yield-per-recruit by failure to capture the older fish. At the same time, one can obtain the weight of the fish in the stock at any time, resulting from a recruitment of 1,000 fish in January each year, under the stipulated conditions of the fishery. The weight of the stock at the beginning of August and at the beginning of October have been chosen to reflect the spawning potential, because the main spawning season is believed to be in August and September, and the fecundity is roughly proportional to the weight of the fish.

In Figure 20 are shown the results of the computer simulation runs, using the seasonal availability pattern for Callao (Table 11), with an average fishing mortality rate of 1.0 per year for fully recruited fish and a natural mortality rate of 1.0 per year. Shown on this graph are the total catch from a cohort, in grams per 1,000 recruits, with no closed season, with each monthly closed season from January through September, each 2-month closed season from January through September, and each 3-month closed season from January through September. There are also shown in each case, the weight of survivors at the beginning of August and the beginning of October, as a measure of the stock at spawning season.

It may be seen that there is no closed season that will increase the catch-per-recruit at these values of fishing and natural mortality. However, for some closed seasons, a moderate decrease in catch-per-recruit is accompanied by a rather large increase in the weight of the spawning stock. Thus, if it desirable to increase the quantity of spawning, some closed seasons are superior to others. The closed season imposed during 1966 (June, July and August) may be seen to provide a larger spawning stock, but with some decrease in yield-per-recruit, than no closed season at all. It would, however, also appear that perhaps a closed season, even shorter in duration, earlier in the year, especially April-May or May-June would be superior, in providing nearly as large a catch-per-recruit and a rather larger spawning stock. Whether, at current levels of population, which seem to correspond fairly closely with the point of maximum sustainable yield under the present fishing pattern, as we have seen earlier, an increase in spawning stock would increase the recruitment is a moot question. Therefore, until more information on the stock-recruitment relationship is available, the matter of increasing the spawning stock should, while being fully taken into consideration, not be given undue weight in comparison with other objectives.

Another effect of possible alternative closed seasons may also be considered on the basis of this Figure. It appears that a closed season in the early part of the year, January-February or February-March, at the assumed rates of mortality, would result in a yield-per-recruit (in weight of raw fish) approximately equal to that which results with a closed season in June, July and August, although there would be some decrease in the spawning stock. However, a closed season during the early part of the year would reduce the catch of peladilla that have a low conversion factor of fish to fish meal; this could result in a greater value of product for the same fishing effort and catch.

I have also run the computer simulation model with other fishing mortality rates, both much lower and much higher than those believed currently to obtain. In Figures 21, 22, 23 and 24 the results are presented for the computer simulation runs with F equal to 0.4, 0.7, 1.3 and 1.6, respectively. From the examination of these results certain generalizations may be stated:

In all cases there is no closed season that will increase the catch-per-recruit. However, the decrease in the catch-per-recruit by the imposition of closed seasons becomes smaller as the fishing intensity increases.

A closed season in April-May or May-June will, in all cases, increase the spawning stock above that which would obtain with a closed season in June, July and August, but with some decrease in the catch-per-recruit. The decrease in catch-per-recruit becomes smaller, and the increase in the spawning stock becomes larger, as the fishing mortality rate increases.

As fishing mortality rate increases, the relative effect of any closed season on increasing the spawning stock increases.

The effect of a closed season early in the year, January-February or February-March, changes systematically with increasing fishing mortality rate. At the lowest fishing mortality rates, a closed season in either of these sets of two months results in a slight increase in catch-per-recruit with very

little change in the average spawning stock over what would obtain with a closed season in June, July and August. At fishing mortality rates higher than 1.0 (that is at $F = 1.3$ and $F = 1.6$) a closed season during either of these sets of two months would result in some actual increase in catch-per-recruit, although accompanied by a significant decrease in the magnitude of the spawning stock during the spawning season.

Computer-simulation calculations have also been made using the seasonal availability pattern based on monthly catch-per-gross-registered-ton at Chimbote. The results, which are not presented here, are similar to those discussed above, using the data for Callao.

I expect in the future to incorporate into the computer simulation model the value of fish of different sizes, in terms of their yield of fish meal per unit weight of raw material, so that the yield-per-recruit may be computed in terms of product rather than in terms of raw material. This should supply an improved basis for considering the trade-offs involved in selecting closed seasons for consideration by the government and the industry.

6. LITERATURE CITED — LITERATURA CITADA

- Bayliff, W. H. 1966. Population dynamics of the anchoveta *Cetengraulis mysticetus*, in the Gulf of Panama, as determined by tagging experiments. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 11, Nº 4, (Inglés & Español), pp. 173-352.
- Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Min. Agr. Fish and Food (U. K.), Fish. Investig., Ser. II, Vol. 19, 533 pp.
- Boerema, L. K., G. Saetersdal, I. Tsukayama, J. E. Valdivia & B. Alegre. Report on the effects of fishing on the Peruvian stock of anchovy. Fisheries Technical paper Nº 55 (Distribución restringida) FTb/ , 44 pp.
- Brandhorst, Wilhelm. 1965. Die chilenische Fischerei und ihre weiteren Entwicklungsaussichten. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 43, Hft. 1, pp. 148-187.
- Brandhorst, W., M. Carreño & O. Rojas. 1965. El número de vértebras de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns y otras especies de la superfamilia Clupeoidae en aguas chilenas. Inst. Fomento Pesq., Bol. Cient., Nº 1, pp. 1-9.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size-frequency distributions. Australian Jour. Mar. & Fishwater Res., Vol. 5, Nº 3, pp. 512-522.
- Compañía Administradora del Guano. 1951. 42ª Memoria del Directorio correspondiente al ejercicio 1950. Lima, Perú, 1951, 77 pp.

- Compañía Administradora del Guano. 1955. 46ª Memoria del Directorio correspondiente al ejercicio 1954. Lima, Perú, 1955.
- Clark F. N. & J. B. Phillips. 1952. The northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California fishery. Calif. Fish and Game, Vol. 38, Nº 2, pp. 189-207.
- Gulland, J. A. 1961. Fishing and the stocks of fish at Iceland. Min. Agr. Fish and Food (U.K.), Fish Investig., Ser. II, Vol. 23, Nº 4, pp. 1-32.
- Hennemuth, R. C. 1961. Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1954-1959. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 6, Nº 1, (Inglés & Español) pp. 1-51.
- Howard, G. V. & A. Landa. 1958. A study of the age, growth, sexual maturity and spawning of the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) in the Gulf of Panamá. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, Nº 9, (Inglés & Español), pp. 389-467).
- Hutchinson, G. E. 1950. The biogeochemistry of vertebrate excretion. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., Vol. 96, 554, pp. .
- Instituto del Mar del Perú. 1966. Memoria Anual 1965. Ministerio de Marina, Callao, Perú, 83 pp.
- Instituto del Mar del Perú. 1965. Memoria Anual 1964. Ministerio de Marina, Callao, Perú, 1965, 72 pp.
- Jordán, R. & Fuentes. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Inst. Mar. Perú, Informe Nº 10, 31 pp.
- Jordán, R. & A. Chirinos de Vildoso. 1965. La anchoveta (*Engraulis ringens* J.). Conocimiento actual sobre su biología, ecología y pesquería. Inst. Mar. Perú, Informe Nº 6, 52 pp.
- Murphy, Robert C. 1944. More about Peruvian fisheries. Geogr. Rev., Vol. 34, pp. 141-142.
- Murphy, Robert C. 1954. El guano y la pesca de anchoveta. Informe Oficial al Supremo Gobierno, Cia. Adm. Guano, pp. 1-39.
- Saetersdal, G., I. Tsukayama & B. Alegre. 1965. Fluctuaciones en la abundancia aparente del stock de anchoveta en 1959-1962. Inst. Mar. Perú, Boletín, Vol. 1, Nº 2, (Español & Inglés) pp. 33-104.
- Saetersdal, G. & J. E. Valdivia. 1964. A study of growth, size and recruitment of the anchovy (*Engraulis ringens* J.) based on length frequency data. Inst. Investig. Recursos Marinos, Boletín, Vol. 1, Nº 4 (Español & Inglés), pp. 85-136.

- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 1, N° 2, pp. 25-56.
- Schaefer, M. B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 2, N° 6, (Inglés & Español), pp. 245-285.
- Schaefer, M. B. 1967. Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population of the Eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 12, N° 3, (Inglés & Español), **in press**.
- Schaefer, M. B. & R. J. H. Beverton. 1963. Fishery dynamics — their analysis and interpretation. In "The Seas", M. N. Hill, Ed., Vol. 2, pp. 464-483. Interscience, N. Y. and London, 1963.
- Shimada, B. M. & M. B. Schaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, Vol. 1, N° 7, (Inglés & Español), pp. 350-469.
- Tilic, I. 1963. Información estadística sobre embarcaciones utilizadas en la pesca industrial en el Perú 1953-62. *Inst. Investig. Recursos Marinos, Informes N° 8*, 36 pp.