



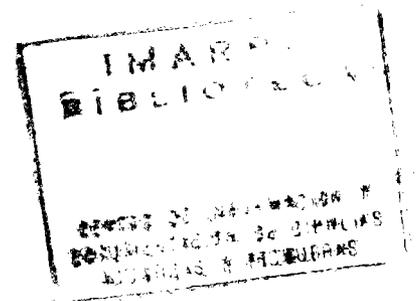
INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

ISSN-0378-7699
VOLUMEN 8 N° 4

EDAD, CRECIMIENTO Y ALGUNOS ASPECTOS
REPRODUCTIVOS Y ALIMENTARIOS DE LA CABALLA
(*Scomber japonicus peruanus*)

Jaime Mendo A.



Publicación N° 20 de PROCOPA
pagada por la Agencia Alemana
de Cooperación Técnica (GTZ)

CALLAO - PERU 1984

C Instituto del Mar del Perú
Esq. Gamarra y Gral. Valle s/n
Teléfono 297630
Apartado postal 22
Callao, PERU

Hecho el depósito de Ley.
Reservados todos los derechos de reproducción total o parcial,
la fotomecánica y los de traducción.

Impreso en el Perú
Servicios de Impresiones de IMARPE
Esq. Gamarra y Gral. Valle s/n
Teléfono 297630
Apartado postal 22
Callao, PERU

Conducción editorial: Dr. Antonio Landa Cannon, Editor Científico

Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. 8, N° 4, 101-156, agosto 1984.

EDAD, CRECIMIENTO Y ALGUNOS ASPECTOS
REPRODUCTIVOS Y ALIMENTARIOS DE LA CABALLA
Scomber japonicus peruanus

por

Jaime Mendo A.

CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	105
ABSTRACT	106
INTRODUCCION	107
MATERIAL Y METODOS	110
<u>METODO DE PETERSEN</u>	112
<u>LECTURA DE ESCAMAS Y OTOLITOS</u>	112
RESULTADOS	114
1. <u>Reproducción</u>	114
1.1 Proporción de sexos	114
1.2 Progresión de los estadios de madurez sexual	114
1.3 Epoca de desove	115
1.4 Longitud media de madurez sexual	116
2. <u>Alimentación</u>	117
2.1 Contenido estomacal	117
2.2 Grado de llenura en relación a la longitud del pez y su variación mensual	118
3. <u>Determinación de la edad y crecimiento</u>	119
3.1 Método de Petersen	119
3.2 Lectura de escamas	120
3.3 Lectura de otolitos	121
3.4 Cálculo de los parámetros de crecimiento K y L_{∞} de la fórmula de von Bertalanffy	123
DISCUSION	125
<u>REPRODUCCION</u>	125
<u>ALIMENTACION</u>	128
<u>EDAD Y CRECIMIENTO</u>	130
AGRADECIMIENTOS	132
BIBLIOGRAFIA	132
TABLAS	137
FIGURAS	144

EDAD, CRECIMIENTO Y ALGUNOS ASPECTOS
REPRODUCTIVOS Y ALIMENTARIOS DE LA CABALLA
Scomber japonicus peruanus

Por: Mendo A., Jaime

Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, PERU

RESUMEN

El presente trabajo comprende el estudio de algunos aspectos de la biología de la caballa (Scomber japonicus peruanus) referidos a la reproducción, alimentación y crecimiento con material procedente de los laboratorios regionales del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en Chimbote y Callao para los años 1976-1978.

Se determinó que el desove de la caballa desembarcada en ambos puertos ocurre con mayor intensidad a fines de primavera y durante el verano; sin embargo, se encontraron individuos maduros o en desove durante todo el año. Las longitudes medias de madurez sexual oscilaron en los años 1977-78 entre 33.4 y 34.2 cm en el material de Chimbote, y entre 32.3 y 33.6 en el del Callao.

La dieta alimentaria de esta especie está compuesta principalmente por zooplancton, peces y fitoplancton. En el año 1976 se observa en el contenido estomacal una mayor incidencia de peces (en su mayoría anchoveta Engraulis ringens) que en los años 1977 y 1978, ligada a una mayor disponibilidad de esta especie. El "coeficiente alimentario" calculado presenta variaciones mensuales relacionado posiblemente con el desove y la disponibilidad de alimento.

La determinación de la edad se llevó a cabo en base a lectura de otolitos de individuos procedentes de la zona de Callao en el año 1978. Se constató la formación de un anillo hialino en invierno y otro en verano ligados posiblemente a la disponibilidad de alimento y al de-

sove respectivamente.

La curva de crecimiento en longitud ajustada para la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy es la siguiente:

$$L_t = 40.57 (1 - e^{-0.40858 (t + 0.04880)})$$

ABSTRACT

The present study deals with some biological aspects of the Peruvian mackerel, Scomber japonicus peruanus, as reproduction, feeding and growth based on material from the Instituto del Mar del Perú (IMARPE) regional laboratories in Chimbote and Callao during the years 1976-1978.

The results indicate that the major spawning activity of the mackerel landed in both ports took place at the end of spring and during summer. However, mature and spawning individuals were found during the rest of the year. In the period 1976-78, the average length of mature individuals ranged from 33.4 - 34.2 cm in Chimbote and 32.3 - 33.6 in Callao.

The diet of this species consists primarily of zooplankton, fish and phytoplankton. The occurrence of fish in the stomachs, particularly of "anchoveta" (Engraulis ringens) was greater in 1976 than in 1977 and 1978, due to increased availability of this species. The "alimentary coefficient" showed monthly variations possibly due to spawning activity and availability of food.

Age was determined by reading otoliths from individuals of the Callao area in 1978. Two hyaline rings were found: one formed in winter and the other in summer, possibly related to availability of food in the first case and spawning activity in the latter.

The length growth curve fitted for the von Bertalanffy growth equation was:

$$L_t = 40.57 (1 - e^{-0.4058 (t + 0.04880)})$$

INTRODUCCION

Una de las más importantes zonas de afloramiento en el mundo se encuentra a lo largo de la costa peruana, dando origen a una alta producción primaria y secundaria que constituye una fuente rica en alimento tanto larval como post larval de algunos peces pelágicos de importancia comercial como Engraulis ringens, Sardinops sagax, Trachurus symmetricus y Scomber japonicus peruanus.

En el año 1971, los desembarques sólo de anchoveta (Engraulis ringens) alcanzaron más de 12 millones de toneladas. Hasta ese entonces la pesquería se dedicaba casi exclusivamente a dicha especie que poseía una gran importancia económica. Después de 1971 las capturas de anchoveta se redujeron enormemente a causa del intenso esfuerzo de pesca ejercido sobre esta especie y de los transtornos ambientales ocasionados por "El Niño" 1972-73 que mermaron la capacidad de renovación del stock (Tsukayama, 1982).

La declinación del stock de anchoveta trajo como consecuencia la explotación de otras especies pelágicas como la caballa (Scomber japonicus peruanus) cuyas capturas en consecuencia aumentaron relativamente (Figura 1). Tsukayama (1982) sostiene que la población de la caballa se ha incrementado a partir de 1972 como consecuencia de la declinación del stock de anchoveta y de los cambios ambientales que propiciaron una ampliación de las áreas de desove y una mayor supervivencia de huevos y larvas. A partir de 1980 podemos observar que las capturas de esta especie han disminuído considerablemente. Esta disminución de las capturas se debe a la baja intensidad de pesca ejercida sobre esta especie ya que ahora su distribución es alejada de

la costa y muy dispersa y no a una sobreexplotación del stock, que ha sido evaluado con métodos electroacústicos en 1.5 millones de toneladas (IMARPE, 1980). El poco conocimiento biológico y poblacional que se tiene de la caballa no permite aún emplear métodos de dinámica de poblaciones para calcular la biomasa de ésta (IMARPE, 1980).

A nivel mundial la especie S. japonicus se colocó en el año 1978 con 2.8 millones de toneladas en el tercer lugar en las capturas por especies después de Theragra chalcogramma (3.9 millones de toneladas) y Mollotus villosus (3.1 millones de toneladas). En los años 1979 y 1980 se ubica en el cuarto y quinto lugar con 2.5 y 2.3 millones de toneladas respectivamente en las capturas por especies.

Los mayores desembarques de S. japonicus a nivel mundial se encuentran en las costas noroeste y sureste del Océano Pacífico correspondiente a las áreas de pesca de la FAO 61 y 87 respectivamente (Figura 2). Japón se ubica con más del 50% de las capturas mundiales de esta especie en el primer lugar de todas las naciones pesqueras (FAO, 1981).

La disminución de las capturas de S. japonicus tanto en la costa peruana como en otras áreas de pesca preocupa e invita a llevar a cabo investigaciones sobre su biología, distribución y comportamiento con el fin de poder aplicar métodos de dinámica de poblaciones en la evaluación de este recurso pesquero.

Aspectos de la biología, distribución y comportamiento de la caballa peruana (S. japonicus peruanus) han sido estudiados anteriormente. Miñano y Castillo (1971) averiguan la longitud de madurez sexual, época de desove, proporción sexual y alimentación de la caballa en el área de Chimbote; ellos concluyen que el 50% de la caballa desova a los 31.5 cm de longitud y que la principal época de desove se encuentra en verano. Como principal componente alimentario se mencionan peces, y en

segundo lugar, zooplancton. Santander y de Castillo (1972, 1979) investigan la distribución de huevos de la caballa en la zona comprendida entre $03^{\circ}57'$ y $21^{\circ}22'S$, encontrando su mayor concentración en el norte ($7^{\circ}10'S$). Posteriormente afirman que el desove de la caballa está asociado con aguas subtropicales superficiales y experimenta considerables incrementos en la distribución del desove y larvas con la penetración de estas aguas (Santander y de Castillo, 1980). IMARPE (1973), bajo un convenio peruano-soviético de colaboración, investigó mediante diferentes cruceros la distribución, composición de las capturas y biología, entre otros, de las principales especies de peces de importancia comercial y concluye que la caballa habita a lo largo de toda la costa y tiene un desove fraccionado en un período prolongado. Su dieta alimentaria está constituida principalmente por zooplancton.

Tsukayama (1982) hace estudios sobre distribución, comportamiento, características biológico-pesqueras y fluctuaciones de los principales recursos pelágicos de la costa peruana. Sobre la caballa menciona que se distribuye a lo largo de toda la costa sobrepasando las 100 millas fuera de la costa, limitada por el frente de penetración de aguas oceánicas y/o por las isotermas que identifican y limitan estas masas de agua. También hace mención de no existir una flota adecuada para su captura ya que están limitadas sólo a la superficie por embarcaciones con redes de cerco, habiéndose observado durante cruceros de IMARPE movimientos verticales significativos de esta especie.

El objetivo del presente trabajo es obtener información sobre algunos aspectos de la biología de la caballa peruana mediante el análisis de las fichas de muestreo biológico provenientes de los desembarques de Chimbote y Callao de los años 1976, 77 y 78. Estos aspectos son: determinación de la edad y crecimiento de la caballa, hasta ahora no

estudiados y por tanto, objetivos primarios de este estudio, algunos aspectos de reproducción, alimentación, que puedan servir para estudios futuros de la biología y dinámica de poblaciones de esta especie pelágica de importancia comercial.

MATERIAL Y METODOS

El material empleado en este trabajo procede de los datos de las fichas de muestreos biológicos llevadas a cabo por el personal del IMARPE durante los años 1976, 77 y 78 en los puertos de Chimbote (9° S) y Callao (12° S) (Figura 3).

El estudio de los aspectos reproductivos sirvieron para determinar la proporción sexual, época de desove y la obtención de la curva de madurez sexual. Para determinar si la proporción sexual difiere significativamente de la relación teórica de 1:1, se efectuó el test del chi cuadrado (Pfanzagl, 1974).

Los estadios de madurez sexual fueron establecidos por observación macroscópica de acuerdo a la escala modificada de Johansen (1919) elaborada para el arenque. Esta escala consta de 8 estadios y es aplicada en IMARPE para otros peces pelágicos como anchoveta, sardina y jurel:

- I : Juvenil. Gonadas muy pequeñas de aspecto filiforme adherida a la columna vertebral de 2-3 mm de ancho. Ovarios color rojo vinoso. Testículos blanquecinos o gris marrón.
- II : Juvenil con gonadas parecidas a la de los individuos más

- avanzados, pero todavía pequeñas de 3-8 mm de ancho aproximadamente. Ovulos visibles sólo con lupa. Ovarios de color rojo claro y testículos rojo grisáceo.
- III : Las gonadas ocupan la mitad de la cavidad visceral de 1 y 2 cm de ancho. Los óvulos pequeños pero visibles a simple vista. Testículos blancos y ovarios amarillentos.
- IV : Gonadas casi tan largas como la cavidad visceral. Ovarios de color naranja con óvulos más gruesos que en estadio III, pero aún opacos, testículos blancos.
- V : Gonadas llenan toda la cavidad visceral. Ovarios de color amarillento con óvulos grandes redondos y algunos transparentes. Testículos blancos. Ovas y semen no fluyen.
- VI : Gonada madura. Ovulos transparentes. Testículos blancos. Ovas y semen fluyen de las gonadas por sí solos.
- VII : Desovada. Gonadas flácidas o gastadas. Ovarios vacíos o con algunos pocos óvulos. Testículos sanguinolentos sin semen o con restos de semen.
- VIII: Gonadas gastadas recobrándose, son más firmes y más grandes que las gonadas en estadio II y de color rojo vinoso. Ovulos visibles a simple vista. Paredes de las gonadas vascularizadas. (Este estadio pasa al estadio III).

Para la determinación de la época de desove, se aplicaron 2 métodos muy conocidos. Uno basado en el cálculo de la suma de las frecuencias de los estadios V, VI, y VII y el otro en el cálculo de la relación peso de la gonada y peso total del pez; es decir, el índice gonado-somático (IGS). Estos dos métodos se aplicaron tanto para la caballa de Chimbote como de Callao con datos provenientes del año 1978, por tener éste el mayor número de datos (Tabla 1). Las curvas de madurez sexual, es decir, las partes porcentuales de los peces en estadios III a VIII en relación a la longitud del pez, se calcularon y graficaron por años (1976-78).

El contenido estomacal fue clasificado en fitoplancton, zooplancton, ictioplancton, restos de peces y escamas. La Tabla 2 presenta el número de estómagos analizados en Chimbote y Callao en los años 1976-78. Con dichos datos se procedió a determinar el grupo más importante de la dieta alimentaria de la caballa en ambas zonas de pesca; de igual manera se trató de observar la variación estacional de los grupos alimentarios en los diferentes años.

Con el objeto de observar la variación mensual del grado de llenura en forma objetiva se procedió a calcular el coeficiente alimentario (Daza, 1973) con pesos de contenido estomacal de 616 individuos para la caballa de Chimbote en 1978.

Para la determinación de la edad y crecimiento se emplearon varios métodos:

METODO DE PETERSEN

Este es uno de los métodos indirectos más antiguos basado en progresiones modales de las distribuciones de frecuencias de longitudes. Estas fueron obtenidas mensualmente muestreando los desembarques y no de las fichas de muestreo biológico. El seguimiento de los grupos modales se efectuó con datos del año 1978 para Chimbote y Callao.

LECTURA DE ESCAMAS Y OTOLITOS

Las escamas colectadas de 280 caballas de 21 a 39 cm de longitud procedentes del área de pesca de Puerto Chicama, fueron tomadas de la base de la aleta pectoral, del dorso y de detrás del opérculo. Fueron introducidas primeramente en agua y luego en hidróxido de potasio (3%) por unos segundos con el fin de librarlas de restos de piel y grasa. Luego fueron montadas entre dos portaobjetos y observadas con un mi-

croscopio de 25 x 10 aumentos.

Para la determinación de la edad mediante la lectura de otolitos, la validación de este método, se observaron 505 pares de otolitos de individuos entre 20 a 39 cm de longitud provenientes de la zona de pesca del Callao en el período de enero a diciembre de 1978.

Por falta de peces pequeños en las capturas comerciales, se observó una muestra adicional de otolitos de individuos entre 15 a 20 cm de longitud colectados en un crucero realizado por IMARPE en el año 1983.

Con el objeto de facilitar la lectura de los otolitos, se aplicaron varios métodos encontrados en la literatura. Fitch (1951) observa los otolitos de la caballa californiana (Scomber japonicus Houttuyn) sumergidos en agua y encuentra que un 98% de los otolitos pueden ser leídos. Thurow (1959) logra una mejor lectura de otolitos de la anguila del Mar Báltico (Anguila anguila) al depositarlos por unos cuantos segundos en benzoato de metilo. El mismo resultado obtiene Aker (1958) cuando determina la edad de la caballa del Mar del Norte (Scomber scombrus). Koswig (1971) facilita la lectura de otolitos de peces viejos de Sebastes marinus tratándolos con xilol.

Otro método utilizado desde hace pocos años consiste en la obtención de una sección transversal (0.3 - 0.5 mm de grosor) a través del centro del otolito (Figura 16); es utilizado frecuentemente por sus buenos resultados en la lectura de los otolitos de bacalao del Mar Báltico y de otras regiones, fue descrito por Rauck (1975) y Bedford (1977). Los otolitos, de acuerdo a este método, fueron colocados primeramente en polyester y luego cortados con una máquina desarrollada por Rauck (1975). Los cortes pegados en un cartón negro se observaron bajo un microscopio a 50 aumentos.

RESULTADOS

1. Reproducción

1.1 Proporción de sexos

En la Tabla 3 se observa la proporción de sexos de la caballa de Chimbote y Callao en los años 1976-78. De acuerdo al test del chi cuadrado se puede concluir que la caballa de Callao presenta en los años 1977 y 1978 una desviación significativa (al nivel del 95%) de la relación teórica de 1:1. En ambos años las hembras fueron más numerosas que los machos.

La proporción de sexos estacional se estudió sólo para el año 1978 por su mayor número de datos para Chimbote y Callao. La Tabla 4 muestra en otoño sólo para la caballa de Callao un mayor número de hembras que machos. La caballa de Chimbote no presenta ninguna diferencia significativa entre el número de machos y hembras en las diferentes estaciones del año.

La ordenación del número de machos y hembras por grupos de longitudes se llevó a cabo sólo para el año 1978 y se puede observar en la Tabla 5. En Chimbote los machos y hembras presentan según el test una relación de 1:1 hasta una longitud de 36 cm. El grupo de longitud de 37-40 cm presenta a las hembras significativamente más numerosas que los machos. En Callao se observa una desviación de la relación esperada de 1:1 en el grupo de longitud de 33-36 cm favorable para las hembras.

1.2 Progresión de los estadios de madurez sexual

El seguimiento mensual de los estadios de madurez sexual por

medio de las partes porcentuales de éstos como demuestra la Figura 4 (a y b) para Chimbote y Callao respectivamente, no fue posible especialmente en los años 1976 y 1977. En el año 1978 se puede observar que el estadio VII (desovado) se presenta con un porcentaje relativamente alto en los meses de invierno (julio-agosto) en Chimbote y en los meses de otoño (abril-mayo) en Callao. El estadio III se presenta con mayor incidencia de setiembre a noviembre en Chimbote y de agosto a noviembre en Callao; es decir, parte de invierno y primavera en ambas áreas de pesca.

La distribución de los estadios de madurez sexual estacional sólo para el año 1978 se puede observar en las Figuras 5 y 6. En Chimbote se observa que el estadio III se presenta con un mayor porcentaje en primavera y el estadio VIII se hace notar en otoño e invierno. En Callao el cuadro de la distribución de frecuencias de los estadios de madurez sexual es más claro que en Chimbote. El estadio VI (desovante) sobresale con un porcentaje relativamente alto en verano y de igual manera el estadio VIII en otoño. El estadio III se presenta con mayor incidencia tanto en invierno como en primavera por lo que se podría concluir que la caballa de Callao empieza a madurar en estas estaciones para desovar en verano.

1.3 Epoca de desove

La determinación de la época de desove se llevó a cabo analizando las frecuencias mensuales de los estadios de madurez sexual V a VII y calculando el índice gonado-somático (IGS) promedio mensual en base a datos de peso del pez y peso de gonada ($IGS = \frac{WG}{WP}$).

La Figura 7 presenta las distribuciones de los estadios de madurez sexual V-VII. Es difícil determinar la principal época de desove en la caballa de Chimbote y Callao, especialmente en los años 1976 y 77 por la ausencia de material en la mayoría de meses. Analizando el

año 1978, la principal época de desove para la caballa de Chimbote estaría dada por los picos en febrero y julio y para la caballa de Callao durante los meses de diciembre a marzo.

El IGS, promedio mensual se calculó para ambas zonas sólo para el año 1978, año que representó una mayor cantidad de datos con respecto a los años 1976 y 1977. En Chimbote alcanza su más alto valor en marzo (3.6) y baja considerablemente hasta junio-octubre (Figura 8). Para los meses de enero, febrero y diciembre no se dispone de datos de pesos de gonadas. En Callao el IGS alcanza su más alto valor en enero (8.0) y disminuye bruscamente hasta abril. Los valores encontrados del IGS nos indican pues que la principal época de desove de caballa tanto en Chimbote como en Callao se encuentra durante los meses de verano.

1.4 Longitud media de madurez sexual

La construcción de la curva de madurez sexual se hizo en base a las partes porcentuales de los peces cuyas gonadas se encontraban en los estadios de madurez III-VIII. En base a esta curva se determinó la longitud media en la cual el 50% de los peces de la muestra presentaban actividad gonadal.

La Tabla 6 y la Figura 9 (a y b) muestran las longitudes medias de madurez sexual calculadas para la caballa de Chimbote y Callao en los años 1976-78. Ellas oscilan entre 33.4 y 34.2 cm para Chimbote y entre 32.25 y 33.55 cm para Callao, en los tres años analizados.

Cabe mencionar que las caballas de las dos zonas inician su madurez a los 26-28 cm.

2. Alimentación

2.1 Contenido estomacal

La poca cantidad de datos por especies del contenido estomacal permitió únicamente la mención de los grupos alimentarios que se presentaron con mayor frecuencia. El contenido estomacal fue clasificado en fitoplancton, zooplancton, ictioplancton y restos de peces.

El fitoplancton estuvo representado principalmente por diatomeas encontradas en casi todos los estómagos, siendo los géneros más comunes Chaetoceros, Coscinodiscus, Thalassiosira y Skeletonema. Copépodos y eufausidos representaron significativamente al zooplancton. Se registraron huevos y larvas de peces y como restos de peces Engraulis ringens y "otros" que por el proceso de la digestión no fue posible identificarlos.

Además de los grupos alimentarios mencionados arriba, se registraron también como parte del contenido estomacal escamas, mucus y otolitos que no se tomaron en cuenta en el análisis por su alta representatividad (ver Discusión) como en el caso de las escamas o por su poca representatividad como en el caso de otolitos.

En la Tabla 7 y Figura 10 se puede observar el comportamiento de los diferentes grupos alimentarios del contenido estomacal de la caballa de Chimbote y Callao en los años 1976-78. Durante los tres años es el zooplancton el grupo que predomina en la alimentación de la caballa secundado por el fitoplancton. Restos de peces, especialmente E. ringens, juegan un papel muy importante en la dieta alimentaria en los años 1976 y 1978, especialmente en el primer año que incluso supera al fitoplancton.

La distribución de los componentes alimentarios por estaciones del

año se dejó observar sólo en el año 1978 por su mayor número de datos (Tabla 8 y Figura 11). En todas las estaciones del año podemos apreciar la predominancia de zooplancton y fitoplancton. Restos de peces aparecen tanto en verano como en otoño en la zona de Chimbote y en otoño e invierno en Callao.

2.2 Grado de llenura en relación a la longitud del pez y su variación mensual

La diferenciación del grado de llenura de los estómagos en vacío, semivacío, semilleno y lleno es subjetiva, ya que se basa sólo en una estimación visual. Con el objeto de obtener información sobre la relación entre la longitud del pez y el contenido estomacal (independiente del tiempo), se plotearon los pesos de éstos de 616 caballas de la estación Chimbote del año 1978 (21-39 cm de longitud) contra la longitud del pez (LH) (Figura 12). Los pesos promedios del contenido estomacal por cm de longitud se pueden observar en la Tabla 9.

Daan (1973) encontró de esa forma una relación exponencial entre los pesos promedios del contenido estomacal (\bar{W}) y la longitud del pez (L) para el bacalao del Mar del Norte (Gadus morhua):

$$\bar{W} = a L^b$$

Como podemos observar en la Figura 12, la relación entre \bar{W} y L en el caso de la caballa nos da una curva que no es necesariamente exponencial sino casi sigmoidal. Con el fin de acercarla a una curva exponencial no se tomaron en cuenta los peces más grandes (a partir de 37 cm) cuyo número además fue reducido.

La relación encontrada para la caballa de Chimbote del año 1978 fue:

$$W = 8.378 \times 10^{-8} L^{5.32} \quad r^2 = 0.91 \quad n = 616$$

El coeficiente de regresión es significativo al nivel del 95%.

Con ésto el factor a de la relación $W = a L^b$ es el mismo para todas las longitudes de peces de la muestra y permite observar el grado de llenura diario mensual o estacional de un pez (Worthmann, 1982). Este coeficiente es llamado coeficiente alimentario o grado de llenura promedio ϕ :

$$\phi = \frac{\bar{W}}{L^b}$$

El coeficiente alimentario promedio para el total de peces de la caballa de Chimbote en el año 1978 fue

$$\phi = 8.378 \times 10^{-8} \quad s = \pm 0.187 \times 10^{-8}$$

Ya que este coeficiente de alimentación para todo el espectro de longitudes de una especie es constante, se calculó por meses del año sólo para peces adultos (28-39 cm). La Figura 13 y la Tabla 10 muestran la variación mensual de ϕ . El presenta un valor máximo en octubre (9.60) y dos valores mínimos en abril (9.13) y junio (9.24).

3. Determinación de la edad y crecimiento

3.1 Método de Petersen

Petersen (1892, cit. de Gaschütz, 1980) basado en que las longitudes de individuos de una determinada edad se diferencian más o menos claramente de las longitudes de individuos más jóvenes o más viejos, atribuye edades aproximadas a los diferentes picos de una simple distribución de frecuencias de longitudes. Este método sólo puede usarse con especies que tienen una estación limitada de reproducción. El modo menor se identifica lo antes posible después del desove; éstos serían los peces del grupo 0 y los siguientes modos

corresponderían al grupo 1, 2, etc.

En el caso de la caballa, la distribución de frecuencias por longitudes mensual, tanto para Chimbote como para Callao (Figura 14 y 15), presenta sólo un modo en la mayoría de meses y en algunos casos de dos a tres modos. Por lo tanto, la progresión de los grupos modales para la determinación de la edad de la caballa no fue posible.

3.2 Lectura de escamas

En general, las caballas presentan muy pocas escamas. Aker (1961) concluye que la determinación de la edad de la caballa del Mar del Norte (Scomber scombrus) mediante la lectura de escamas es difícil e insegura. Fitch (1951) descarta el uso de escamas para la determinación de la edad de la caballa de California (Scomber japonicus Houttuyn) por el escaso número que ésta presenta después de su captura.

De igual manera en el caso de la caballa peruana, se constató la escasez de las escamas al momento de su recolección. Se supone que en el momento de la captura, las caballas por la gran movilidad y velocidad con que se desplazan, rozan fuertemente entre ellas y con las redes, lo que origina la pérdida de sus escamas. Por otro lado, la pérdida de escamas de la caballa en circunstancias ajenas a la captura originaría la formación de escamas regenerativas que no sirven para el estudio de la edad y crecimiento.

El número de anillos y el tamaño de las escamas no se correlaciona en la mayoría de los casos con el tamaño del pez, llegándose a constatar incluso escamas de tamaño muy diferentes en un mismo pez. Esto hace suponer que se trataban en su mayor parte de escamas regenerativas. Los resultados obtenidos en base a la lectura de escamas se descartaron por lo arriba expuesto.

3.3 Lectura de otolitos

Los otolitos (sagittae) de la caballa se caracterizan por ser una forma casi rectangular. Sólo en la cara externa cóncava se observa el núcleo casi céntrico y en la parte superior, los anillos que se prolongan en muchos casos hasta la parte inferior. La cara interna convexa presenta a lo largo un surco profundo y en algunos casos en su parte anterior se observan anillos (Figura 16).

La identificación de anillos anuales en los otolitos de un pez es uno de los problemas fundamentales en la determinación de la edad. En el caso de peces de aguas templadas, la definición de un anillo anual se hace fácil por la marcada variación de las épocas de crecimiento rápido y lento que originan la formación de anillos opacos y anillos hialinos respectivamente. El anillo opaco se forma por el abundante almacenamiento de carbonato de calcio (CaCO_3) que representa cerca del 90 a 95% del peso del otolito de la caballa de California (Scomber japonicus Houttuyn) según Fitch (1951). Por otro lado, el anillo hialino se forma por un escaso almacenamiento de CaCO_3 en el otolito. El mayor almacenamiento de CaCO_3 se relaciona con la intensidad del metabolismo del pez el cual está supeditado a factores internos (desove) o externos (disponibilidad de alimento, temperatura, etc.).

En peces de aguas tropicales y algunas veces subtropicales, la identificación de un anillo anual se hace más difícil por la poca variación estacional, llegándose a constatar inclusive la formación de bandas mensuales y bimensuales, posiblemente relacionadas a la influencia lunar (Panella, 1974).

Con el objeto de adjudicar una escala anual a la disposición de los anillos, se optó por observar el ritmo de formación de éstos. La Figura 17 y Tabla 11 muestran la incidencia porcentual de los anillos hialinos durante los meses de enero a diciembre del año 1978. En és-

tas se pueden apreciar dos picos, uno en agosto (98.8%) y otro en enero (87.5%). Es decir, uno en invierno y otro en verano. De acuerdo a ésto se definió un anillo anual como el conjunto de un anillo opaco más un anillo hialino fácil de distinguir. A partir del segundo anillo opaco se observó la presencia de un anillo hialino tenue ubicado dentro de dicho anillo opaco.

La inmersión de los otolitos en alcohol para una mejor visualización de los anillos anuales dio buenos resultados. Sin embargo, cabe mencionar que la inmersión de los otolitos en otros líquidos como benzoato de metilo y xilol facilitan de igual forma la lectura, pero por su toxicidad especialmente del primero, no se emplearon. La lectura de los otolitos se llevó a cabo con un estereoscopio a 16 aumentos sobre un fondo negro y con luz dirigida desde arriba.

La identificación del primer anillo anual fue muy difícil en muchos casos por la presencia de gran cantidad de bandas densas opacas que rodeaban al núcleo que dificultaban la identificación del foco o núcleo. En este caso se tomó en cuenta el decremento consecutivo de estos anillos que a simple vista presentaban y que normalmente deben presentar.

El escaso número de otolitos de peces pequeños no permitió la observación clara del primer anillo anual; sin embargo, en las observaciones de la muestra adicional (Figura 18a) se identificaron anillos opacos separados por zonas hialinas. Estos, sin embargo, no se observaron claramente en otolitos de peces más grandes en los que las zonas hialinas mencionadas anteriormente son difíciles de identificar (Figuras 18b, c, d). Estos anillos no se contaron como anillos anuales por no presentar a simple vista un decremento marcado en anchura con respecto al anillo anterior.

A manera de comparación, se observaron las secciones transversales del centro de algunos otolitos (Figura 19). En ellos se puede apreciar con mayor claridad los grupos o "paquetes" de anillos opacos separados por 2 zonas hialinas, una tenue y otra más marcada que la anterior que separa estos paquetes correspondientes a un anillo anual. Como mencionamos anteriormente, el primer grupo de anillos pegados al núcleo no presentan zonas hialinas, pero a partir del segundo anillo, éstas se presentan en número de 1 ó más. Cabe mencionar que aquí el decremento de anillo a anillo no se presenta ya que la formación de estos anillos se ve afectada por la forma que presenta el otolito en la parte del núcleo.

De la muestra de otolitos empleados en la lectura, aproximadamente el 80% fueron legibles.

El resultado de la lectura de otolitos en forma directa se puede observar en la Tabla 12. En base a estos datos, se calcularon las longitudes promedias por años (ver Tabla 13).

3.4 Cálculo de los parámetros de crecimiento K y L_{∞} de la fórmula de von Bertalanffy.

Von Bertalanffy (1951) define el crecimiento como el resultado de dos procesos antagónicos: el anabolismo y el catabolismo:

$$\frac{dw}{dt} = HW^n - kW^m$$

en donde $\frac{dw}{dt}$ es la tasa de crecimiento, W el peso del animal y H y k son los coeficientes del anabolismo y catabolismo respectivamente.

Los exponentes los define como $n = 2/3$ y $m = 1$. El exponente $2/3$ se presenta sólo en organismos de crecimiento isométrico.

De acuerdo a Beverton y Holt (1957), la fórmula de crecimiento de von

Bertalanffy tiene la forma de:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_o)}) \quad \text{para el crecimiento en longitud; y:}$$

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_o')}) \quad \text{para el crecimiento en peso.}$$

L_t y W_t son la longitud y el peso al tiempo t respectivamente, L_∞ y W_∞ son la longitud y peso asintóticos, K una constante de crecimiento y t_o la llamada edad prenatal, es la edad teórica del pez cuando la longitud o peso es cero.

El cálculo de K y L_∞ se llevó a cabo de acuerdo al Ford-Walford-Plot (Walford, 1946) en base a los datos de longitud-edad obtenidos mediante la lectura de anillos anuales en otolitos. De acuerdo a Walford (1946):

$$L_{t+1} = a L_t + b$$

De donde : $a = -1/n$ y $L_\infty = \frac{b}{1-a}$; t minúscula subcero se estima de acuerdo a la fórmula derivada de la ecuación de von Bertalanffy (Gulland, 1971)

$$t_o = t + \frac{1}{K} \ln \left(\frac{L_\infty - L_t}{L_\infty} \right) \quad \text{para cada edad.}$$

El t_o final corresponde al promedio de todos los obtenidos para cada edad.

$$\bar{t}_o = \frac{\sum t_o}{n}$$

El cálculo de los parámetros de crecimiento de la fórmula de von Bertalanffy se llevó a cabo con los datos de longitud-edad obtenidos mediante la lectura de otolitos y arrojó la siguiente ecuación para la caballa del área de Callao.

$$L_t = 40.6 (1 - e^{-0.40858 (t + 0.04880)})$$

para el crecimiento en longitud.

La Figura 20 muestra la curva de crecimiento en longitud de acuerdo a la fórmula de von Bertalanffy para la caballa de Callao.

Los parámetros de la ecuación de crecimiento en peso no fueron calculados debido a que la relación longitud-peso se restringía sólo a peces adultos (28-40 cm de longitud). Datos de longitud y peso de peces pequeños (<28 cm) estuvieron poco representados en la muestra.

Las longitudes medias observadas y calculadas mediante esta ecuación se pueden observar en la Tabla 14.

DISCUSION

Uno de los principales problemas de este estudio fue el escaso material de que se dispuso especialmente de los años 1976 y 1977; no obstante, se trató de llevar a cabo las investigaciones necesarias a fin de cumplir con los objetivos trazados en este estudio.

REPRODUCCION

El hecho de que la proporción sexual difiera de la relación teórica 1:1 sólo para la caballa del área del Callao podría estar ligado a posibles migraciones de este pez. Comparando la proporción sexual obtenida por Miñano y Castillo (1971) para la caballa de Chimbote, Chávez (1973) para la caballa de Paita y las obtenidas en este estu-

dio para la caballa de Callao en las diferentes estaciones del año (Tabla 15), podemos notar que en las tres áreas de pesca la caballa presenta una diferencia significativa en otoño entre el número de machos y hembras, siendo el número de hembras mayor que de los machos en el área de Callao y lo contrario en las zonas de Paita y Chimbote. Es por lo tanto importante llevar a cabo experimentos de marcaje con la caballa peruana con el fin de verificar la supuesta migración de ésta.

La catalogación macroscópica de los 8 estadios de madurez sexual de acuerdo a las escalas de Johansen (1911) y Maier (1908; cit. de Thurow, 1970) puede originar muchas veces dificultades y confusiones. Por ejemplo, el estadio VI se caracteriza por la completa hidratación de los huevos, lo que hace que en este estadio se dé el mayor peso promedio en comparación con los otros estadios; sin embargo, el estadio VI también comprende animales ya desovando los cuales contribuirán a rebajar el peso promedio individual propio del estadio, especialmente si predominan en las muestras. Esto parece suceder en el caso de la caballa estudiada (Tabla 16), probablemente porque la pesca habitual para consumo humano es durante la tarde y noche (Inf. de pers. IMARPE) en horas precisamente cuando ocurre el desove. Santander et al. (en prensa) concluye que el desove tanto de la anchoveta como de la sardina empieza a las 18 horas y se prolonga hasta las 02 horas de la mañana. Por otro lado, el predominio de individuos en desove puede ser resultado de un desove forzado causado por el stress y por la presión de las redes al momento de captura.

Por el tipo de aplicación que tiene la catalogación de los diferentes estadios de madurez sexual en las pesquerías tales como son talla o edad a primera madurez sexual y época de desove, sería recomendable modificar las escalas antes mencionadas o en su defecto aplicar la escala de Buckmann y Kändler (cit. de Thurow, 1970) que evita muchas

dificultades en la catalogación de los diferentes estadios y ofrece una mayor maniobrabilidad en su aplicación. Esta escala consta sólo 4 estadios de madurez sexual:

- I Juvenil
- II Madurante
- III Desovante, y
- IV Desovado

La determinación de la época principal de desove de la caballa del área de Chimbote en el año 1978 mediante el análisis porcentual de los estadios V y VII dio como resultado un no acostumbrado pico en el mes de junio (Figura 7). Este tipo es producto en primer lugar del reducido número de caballas muestreadas en dicho mes (25) y además del estadio de madurez VII en que se encontraba la mayoría de ellos, dando lugar de esta manera un alto porcentaje. Este estadio, como observamos anteriormente, presenta un peso promedio menor que los estadios V y VI ausentes en dicho mes por lo que el índice gonado-somático presenta un valor relativamente bajo. En la determinación de la época de desove de la caballa del área de Callao, coinciden los dos métodos usados en sus resultados, señalando el verano como la época principal de desove.

El cálculo de la longitud media de madurez sexual fue ejecutado anteriormente por Miñano y Castillo (1971) para la caballa de la zona de Chimbote, y por Chávez (1973) para la caballa de la zona de Paita. Los primeros autores la determinan aplicando las partes porcentuales del estadio de madurez VI según la escala modificada de Johansen y obtienen una longitud media de 31.5 cm llamada "longitud a primera madurez sexual", mientras que Chávez (1973) aplicando las partes porcentuales de los estadios de madurez sexual VI a VII obtiene una longitud media de 37.5 cm y la llama "talla de madurez sexual". Esta diferencia entre ambas longitudes medias de madurez sexual de 6 cm no

es efecto de los diferentes estadíos aplicados por los autores en la construcción de la curva de madurez sexual. Si observamos la Figura 21 podemos ver que aplicando las partes porcentuales de los estadíos de madurez VI, V-VII y III-VIII en la construcción de la curva, se obtienen longitudes medias que difieren como máximo en 1 cm. Estas diferencias según la prueba del chi cuadrado no son significativas; es decir, que la aplicación de un determinado método u otro para la obtención de la longitud media de madurez sexual no es importante si se tiene una muestra más o menos numerosa y representativa de la población, aunque biológicamente es conveniente tomar los estadíos de madurez III-VIII.

La obtención de una mayor o menor longitud media de madurez sexual depende del espectro o rango de longitudes que se utiliza en la construcción de la curva de madurez sexual. Una comparación de las longitudes medias y espectros de longitudes obtenidas por los autores anteriormente mencionados y en este estudio, muestra la Tabla 17. En ésta se puede observar relativamente una alta longitud media de madurez en las muestras que presentan una mayor amplitud en el rango como por ejemplo en el caso de la caballa de Paita. Cabe mencionar que Miñano y Castillo (1971) obtuvieron un rango de longitudes de 19.5 a 44.5, siendo los peces viejos o grandes poco representativos, por lo que no se las incluyó en el cálculo de la longitud media de madurez sexual.

ALIMENTACION

El estudio sobre los principales componentes de la dieta alimentaria de la caballa peruana y de otras regiones geográficas (Miñano y de Castillo, 1971; Chávez, 1976; Ojeda y Jaksio, 1979; Weiss, 1974; Kramer, 1969) coinciden en los resultados, en que el zooplancton y los

peces son muy importantes en la dieta alimentaria de la caballa. Sin embargo, cabe mencionar que la caballa del noreste de Africa (Scomber colias) se alimenta también de organismos bentónicos como tunicados, langostinos y otros (Weiss, 1974). Esto ratifica lo escrito por Kramer (1969) quien afirma que la caballa es un pez omnívoro.

La disponibilidad de los diferentes grupos alimentarios juega un papel muy importante en la alimentación de la caballa. La Figura 10 nos muestra la distribución de los diferentes grupos alimentarios por años. En el año 1976 la incidencia de peces es mayor que en 1977 y 1978 a consecuencia de la mayor disponibilidad de peces especialmente de Engraulis ringens, cuyas capturas alcanzaron 3.8 millones de toneladas en 1976 y 0.8 y 1.1 millones de toneladas en 1977 y 1978, respectivamente.

Aún cuando el fitoplancton presenta una relativamente alta y casi constante parte porcentual, su presencia en los estómagos merece discutirla. El alto requerimiento de oxígeno de la caballa conduce a ésta a tener una mayor ventilación de las branquias que es lograda por el pez abriendo la boca para dejar pasar una corriente constante de agua por los filamentos branquiales (Lagler et al., 1977; Bond, 1979; Marshall, 1965); de esta forma, el fitoplancton sería filtrado y luego tragado para llegar al estómago. Además el número de branquiespinas en la caballa peruana (de 14 a 24 según Ojeda y Jaksio, 1979) resulta relativamente bajo en comparación con el de un pez filtrador como E. ringens que alcanza de 80 a 88 (Tsukayama, 1966).

Asimismo, la presencia de escamas en los estómagos podría explicarse en base a lo dicho anteriormente. En el tiempo de la captura, por la actividad que poseen, las caballas rozan fuertemente entre ellas, lo que origina la pérdida de sus escamas que van a ser ingeridas fácilmente por ellas mismas. Más aún cuando se las captura mezcladas con

otras especies que poseen muchas escamas como la sardina.

El coeficiente alimentario presenta variaciones a través del año (Figura 13) que tienen que ver posiblemente con el ciclo de maduración sexual y la disponibilidad de alimento. Sin embargo, se observa a partir de julio un incremento de éste, alcanzando su más alto valor en octubre. Cabe mencionar que en este mes se presenta el mayor número de individuos en el estadio de madurez III, los cuales almacenan reservas para el próximo desove.

EDAD Y CRECIMIENTO

En la determinación de la edad de la caballa mediante la lectura de otolitos, se presentaron dificultades especialmente por el escaso material en otolitos de peces tanto pequeños (<20 cm) como grandes (> 38 cm) y por la naturaleza misma del otolito que hace la lectura en muchos casos difícil.

La identificación del primer anillo anual fue difícil por la cantidad de anillos opacos que presentaban los otolitos disponibles de peces menores de 20 cm de longitud (Figura 18). La formación de estos anillos opacos separados visiblemente por anillos hialinos posiblemente esté relacionada a cambios bióticos y abióticos acompañados de migraciones verticales y horizontales.

La periodicidad en la formación de los anillos hialinos (Figura 17) está ligada probablemente a la baja disponibilidad de alimento en los meses de invierno y al desove en verano. Mallicoate y Parrish (1981) concluyen que tanto la anchoveta del norte (Engraulis mordax), la macarela caballa (Trachurus symmetricus) y la macarela (Scomber japonicus) de las costas de California presentan una considerable variación

estacional en las relaciones entre edad y peso posiblemente relacionadas al desove y alimentación.

Cabe mencionar que la falta de otolitos de peces menores de 20 cm de longitud puede provocar una subestimación de la longitud promedio al primer año calculada con la fórmula de von Bertalanffy, y en consecuencia, una ligera subestimación o sobreestimación del parámetro de crecimiento K de dicha fórmula. Igualmente, una subestimación de L_{∞} no se descarta en este estudio por la falta de otolitos de peces en edades mayores de 6 años. Por esto, es importante recomendar para estudios futuros de edad y crecimiento de la caballa la utilización de un mayor número de otolitos de los peces más jóvenes y de los más viejos. Sería importante llevar a cabo experimentos de marcación para ratificar la determinación de la edad mediante la lectura de otolitos.

El número de grupos de edad encontrados en este estudio de la caballa de la zona centro del Perú no difiere del encontrado para la misma especie de la zona central de Chile por Aguayo et al. (1982) (Tabla 18). Sin embargo, las longitudes promedios por edad sólo coinciden en su primer año.

La causa de las diferentes longitudes promedios para cada edad encontradas en este estudio y por Aguayo et al. (1982) se debe posiblemente a la diferente interpretación dada a los anillos anuales antes que a una diferencia sustancial del crecimiento de la misma especie de diferentes zonas.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto del Mar del Perú por el material puesto a disposición, y al Proyecto de Cooperación Peruano Alemán por su apoyo económico que hicieron posible la presente publicación.

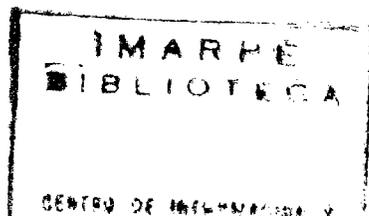
BIBLIOGRAFIA

- AGUAYO, M., H. STEFFENS y U. WITTERSHEIM. 1982. Determinación de edad y crecimiento de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) en la zona comprendida entre Africa y Coquimbo. Santiago, Chile. IFOP. 82 p.
- AKER, E. 1958. Untersuchungen über die Biologie der Makrele (*Scomber scombrus* L.) in der Nordsee. Bert.Dt.Wiss.Komm.Meeresforsch. 16(H.2):105-128.
- BEDFORD, B. 1977. Further development of the technique of preparing thin sections of otoliths set in black polyester resin. ICES, CM/1977. F. 24, 6 S.
- BERTALANFFY, V.L. 1951. Theoretische Biologie-Zweiter Band. Stoffwechsel, Wachstum. A. Francke Verlag, Bern. 418 S.
- BEVERTON, R.J.H. und S.J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish population. Fish.Invest.London Serv. II(19):1-533.
- BON, C. 1979. Circulation, respiration and the gas bladder. S. 347-347. in Bon, C.E. Biology of Fishes; edited by Saunders College Publishing, Philadelphia.

- CHAVEZ, D. 1976. Algunos aspectos biológicos de la "caballa" (Scomber japonicus peruanus J. y H.) en el área de Paíta y su relación con el factor de condición. Tesis Univ.Nac. San Marcos. Lima, Perú.
- DAAN, N. 1973. A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod, Gadus morhua. Nath.J.Sea. 6(4):479-517.
- FAO. 1981. Anuario estadístico de pesca, capturas y desembarques. N° 50, p. 1-86.
- FITCH, J.E. 1951. Age composition of the southern California catch of Pacific mackerel 1930-1940 through 1950-1951. Calif. Dept.Fish and Game Fish Bull. N° 83, p. 1-73.
- GASCHUTZ, G., D. PAULY and N. DAVID. 1980. A versatile BASIC program for fitting weight and seasonally oscillating length growth data. ICES CM. 1980/D. 6 Statistics Cttee. 14 S.
- GULLAND, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Parte I: Análisis de poblaciones de peces. FAO. FRs/M4.
- IMARPE. 1973. Tercer crucero del Barco de Exploración Científica "Profesor Mesiatsev" (VNIRO). Informe Especial Inst.Mar Perú-Callao N° IM-129.
- 1973. Resumen de los trabajos científicos pesqueros de la segunda expedición del BEC "Profesor Mesiatsev" en las aguas adyacentes a la costa del Perú. Informe Especial Inst.Mar Perú-Callao N° IM-145.
- 1980. Informe de evaluación de los recursos pesqueros anchoveta, sardina, caballa y jurel a julio 1980. Informe Inst.Mar Perú-Callao N° 78.
- JOHANSEN, A.C. 1919. On the large spring spawning sea herring (Clupea harengus L.) in the North West European water. Medd. Komm. Havundersogølg:kbh., Fiskeri 5, 8.

- KOSSWIG, K. 1970. Zur altersbestimmung am Rotbarsch (Sebastes marinus L. und S. mentella travin). Bert.Dt.Wiss.Komm.Meeresforsch. N.F. Bd. 21.
- KRAMER, D. 1969. Synopsis of the biological data on the Pacific mackerel, Scomber japonicus Houttuyn (northeast Pacific). Fish Synopsis N° 40, p. 1-18.
- LAGLER, K.F., J.E. BARDACH, R.R. MILLER and D.R.M. PASSINO. 1977. Ichthyology. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, 506 S.
- MALLICOATE, P.I. and R. PARRISH. 1981. Seasonal growth patterns of California anchovy and mackerels. CALCOFI Rep. Vol. XXII.
- MARSHALL, N.B. 1965. Sauerstoffversorgung, Nahrung und Wachstum. S. 121-166. in: Das leben der Fische I; edited by Rencontre Lausanne.
- MIÑANO, J. y J. CASTILLO. 1971. Primeros resultados de la investigación biológico-pesquera de la "caballa" Scomber japonicus peruanus J. y H. Serie Informes Especiales Inst.Mar Perú-Callao N° IM-84, p. 1-16.
- OJEDA, F.P. y F. JAKSIO. 1979. Utilización diferencial de recursos alimenticios por dos poblaciones simpátricas de Scomber japonicus peruanus y Sarda sarda chiliensis en el norte de Chile. Medio Ambiente N° 4(1):19-23. Univ. Católica de Chile.
- PANELLA, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. in: The Ageing of Fish; edited by T.B. Banegal, p. 28-39. Union Brothers, Surrey.
- PFANZAGL, J. 1974. Allgemeine Methodenlehre der Statistik II. Sammlung Göschen Band 7047; edited by Walter de Gruyter, Berlin.
- RAUCK, G. 1975. A new technique of sawing otoliths. ICES CM 1975 F: 23, Dem.Fish Cttee., 5 S.

- SANTANDER, H. y O.S. DE CASTILLO. 1972. Distribución de huevos y larvas de "caballa", Scomber japonicus peruanus, en la costa peruana. Serie Informes Especiales Inst.Mar Perú-Callao N° IM-103.
- 1980. Algunos indicadores biológicos de ictioplancton. Seminario Taller sobre Plancton del Pacífico Sud-oriental IMARPE, Callao.
- SANTANDER, H., J. ALHEIT y P.E. SMITH. En prensa. Estimation of the spawning biomass of the central and northern stock of Peruvian anchovy, Engraulis ringens by the use of the "Egg Production Method" in 1981.
- SANTANDER, H., P.E. SMITH y J. ALHEIT. En prensa. Producción de huevos por la sardina, Sardinops sagax sagax frente a las áreas Norte y Central del Perú.
- THUROW, F. 1959. Über Fangertrage und Wachstum des Aales in der westlichen Ostsee. Z.Fisch. N.F. 8.
- 1962. Über Qualitätsschwankungen und die Bedeutung der Fettspeicherung beim Ostseelachs (Salmo salar L.). Arch. f. Fischereiwiss. 8 Jg. 1961, H. 1/2.
- 1970. Über die Fortpflanzung des Dorsches Gadus morhua (L) in der Kieler Bucht. Ber.Dt.Wiss.Komm.Meeresforsch N° 21, 170-192 S.
- TSUKAYAMA, I. 1966. El número de branquiespinas como carácter diferencial de subpoblaciones de anchoveta (E. ringens)J.) en las costas del Perú. Memoria del Primer Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental. p. 139-145. Univ.Nac. Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- 1982. Recursos pelágicos y sus pesquerías en Perú. X Reunión de COCIC. Seminario Regional Sobre Recursos Pelágicos y sus Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Guayaquil, Ecuador.
- WALFORD, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol.Bull. 90(2):141-147.



WEISS, R. 1974. Feeding behaviour and formation of fish concentrations in the club mackerel (Scomber colias) in the north-west African fishing grounds. ICES, CM 1974/J:15. Pelagic Fish Cttee.

WORTSMANN, H. 1982. Aspekte der Biologie zweier Sciaenidenarten der pescadas Plagioscion squamosissimus (Beckel) und Plagioscion monti (Soares) in verschiedenen Gewässertypen Zentralamazoniens. Diss.Inst. für Meereskunde, Kiel.

Tabla 1. Número de caballas muestreadas en los laboratorios de Chimbote y Callao en los años 1976/78.

PUERTO	AÑO		
	1976	1977	1978
Chimbote	476	211	1136
Callao	304	375	1280

Tabla 2. Número de estómagos de caballa analizados por años y puertos.

PUERTO	AÑO		
	1976	1977	1978
Chimbote	476	211	624
Callao	304	373	700

Tabla 3. Proporción sexual de la caballa y su significancia por zonas y años.

CHIMBOTE					
AÑO	TOTAL	N		PROPORCION	SIGNIFICANCIA
		♂♂	♀♀		
1976	476	217	259	1:1.19	no
1977	211	114	97	1.17:1	no
1978	668	317	351	1:1.10	no

CALLAO					
AÑO	TOTAL	N		PROPORCION	SIGNIFICANCIA
		♂♂	♀♀		
1976	302	152	150	1.01:1	no
1977	374	162	212	1:1.3	95%
1978	838	372	466	1:1.25	95%

Tabla 4. Proporción sexual de la caballa y su significancia por estaciones del año y zonas en el año 1978.

CHIMBOTE					
ESTACION	TOTAL	N		PROPORCION	SIGNIFICANCIA
		♂♂	♀♀		
VERANO	101	53	48	1.1:1	no
OTOÑO	245	103	142	1:1.4	no
INVIERNO	171	88	83	1:1	no
PRIMAVERA	151	73	78	1:1.07	no

CALLAO					
ESTACION	TOTAL	N		PROPORCION	SIGNIFICANCIA
		♂♂	♀♀		
VERANO	113	47	66	1:1.4	no
OTOÑO	297	119	178	1:1.5	95%
INVIERNO	265	134	131	1.02:1	no
PRIMAVERA	163	72	91	1:1.27	no

Tabla 5. Proporción sexual de la caballa y su significancia por grupos de longitud y zonas en el año 1978.

CHIMBOTE							
RANGO LONG. (cm)	TOTAL	N				PROPORC.	SIGNIFIC.
		♂♂	♀♀	♂♂	♀♀		
23 - 24	5	3	2	60	40	1.5:1	no
25 - 28	41	20	21	48.8	51.2	1:1.05	no
29 - 32	174	92	82	52.9	47.1	1.1:1	no
33 - 36	339	160	179	47.2	52.8	1:1.1	no
37 - 40	109	42	67	38.5	61.5	1:1.6	95%

CALLAO							
RANGO LONG. (cm)	TOTAL	N				PROPORC.	SIGNIFIC.
		♂♂	♀♀	♂♂	♀♀		
20 - 24	21	8	13	38.1	61.9	1:1.6	no
25 - 28	91	41	50	45.0	55.0	1:1.2	no
29 - 32	316	149	167	47.2	52.8	1:1.1	no
33 - 36	366	157	209	42.9	57.1	1:1.33	95%
37 - 39	44	17	27	38.6	61.4	1:1.6	no

Tabla 6. Longitud media de madurez de la caballa de las diferentes zonas en los años 1976 - 1978.

ZONA	LONGITUD MEDIA (cm)			
	AÑO	1976	1977	1978
CHIMBOTE		34.2	33.4	33.5
CALLAO		33.55	32.8	32.25

Tabla 7. Ocurrencia de los principales grupos alimentarios de la caballa de Chimbote y Callao, 1976-1978.

CHIMBOTE											
AÑO	TOTAL	FITOPLANCTON		ZOOPLANCTON		ICTIOPLANCTON		RESTOS DE PECES			
		n	%	n	%	n	%	E. ringens		Otros	
								n	%	n	%
1976	608	168	27.6	209	34.4	53	8.7	178	29.3	-	-
1977	346	148	42.8	161	46.5	8	2.3	3	0.9	26	7.5
1978	1046	399	38.1	440	42.0	74	7.0	121	11.6	12	1.1

CALLAO											
AÑO	TOTAL	FITOPLANCTON		ZOOPLANCTON		ICTIOPLANCTON		RESTOS DE PECES			
		n	%	n	%	n	%	E. ringens		Otros	
								n	%	n	%
1976	246	63	25.6	97	39.4	-	-	78	31.7	8	3.3
1977	335	93	27.8	239	71.3	-	-	-	-	3	0.9
1978	768	226	29.4	446	58.0	15	2.0	62	8.1	19	2.5

Tabla 8. Ocurrencia de los principales grupos alimentarios de la caballa de Chimbote y Callao por estaciones del año, 1978.

CHIMBOTE											
ESTAC. ANUAL	TOTAL	FITOPLANCTON		ZOOPLANCTON		ICTIOPLANCTON		RESTOS DE PECES			
		n	%	n	%	n	%	E. ringens		Otros	
								N	%	n	%
VERANO	130	34	26.1	53	40.7	-	-	38	29.2	5	3.8
OTOÑO	335	116	34.6	110	32.8	20	6.0	80	23.8	9	2.7
INVIERNO	245	114	46.5	114	46.5	14	5.7	3	1.2	-	-
PRIMAV.	217	110	46.5	116	53.5	-	-	-	-	-	-

CALLAO											
ESTAC. ANUAL	TOTAL	FITOPLANCTON		ZOOPLANCTON		ICTIOPLANCTON		RESTOS DE PECES			
		n	%	n	%	n	%	E. ringens		Otros	
								n	%	n	%
VERANO	123	40	32.5	82	66.6	-	-	-	-	1	0.8
OTOÑO	364	132	36.3	178	48.9	1	0.3	41	11.3	12	3.3
INVIERNO	249	64	25.7	143	57.4	16	6.4	21	8.4	5	2.0
PRIMAV.	105	23	23.8	79	75.2	-	-	-	-	1	1.0

Tabla 9. Peso promedio del contenido estomacal de la caballa según su longitud, Chimbote 1978.

LONGITUD (cm)	N° DE INDIVIDUOS	PESO PROMEDIO DEL CONTENIDO ESTOMACAL (g)	$\phi = \frac{W}{L^3} \times 10^8$
21	2	2.15	19.9
22	1	1.00	7.23
23	4	1.16	7.03
24	2	1.30	5.90
25	1	1.7	6.22
26	3	1.53	4.55
27	9	2.22	5.40
28	18	3.56	7.13
29	24	5.45	9.06
30	28	6.45	8.96
31	39	7.80	9.10
32	67	10.13	9.98
33	74	13.00	10.80
34	79	14.20	10.10
35	82	16.50	10.00
36	80	16.80	8.80
37	68	19.04	8.60
38	29	20.15	7.96
39	6	20.48	8.08

Tabla 10. Variación mensual del coeficiente alimentario (ϕ) de la caballa en Chimbote en el año 1978.

MES	N° DE INDIVIDUOS	ϕ X 10 ⁸
Enero	-	-
Febrero	24	9.25
Marzo	75	0.43
Abril	80	9.13
Mayo	149	9.45
Junio	22	9.24
Julio	50	9.36
Agosto	50	9.42
Setiembre	50	9.56
Octubre	126	9.60
Noviembre	25	9.32
Diciembre	-	-

Tabla 12. Resultados de la lectura de otolitos de la caballa de la zona de Callao, muestreados en 1978.

LONG. HORQ. (cm)	EDAD (años)					
	1	2	3	4	5	6
20		1				
21		2				
22		5				
23		6				
24		4				
25		2	4			
26		2	7			
27			16			
28			18			
29			26			
30			25	4		
31			17	17		
32			7	28		
33				43	4	
34				31	18	
35				18	28	2
36				2	29	3
37					5	17
38						8
39						3
N	-	22	120	143	84	33
\bar{L}	-	23.09	28.94	33.00	35.15	37.21
CV	-	6.6	6.0	4.0	2.8	2.54

Tabla 11. Ocurrencia de anillos hialinos y opacos en otolitos de caballa de Callao, por meses en el año 1978.

MES	N° DE PARES DE OTOLITOS	ANILLO OPACO		ANILLO HIALINO	
		n	%	n	%
Enero	24	3	12.5	21	87.5
Febrero	10	4	40.0	6	60.0
Marzo	58	24	41.0	34	59.0
Abril	75	41	54.6	34	45.4
Mayo	42	28	66.6	14	34.4
Junio	82	25	30.48	57	69.5
Julio	19	2	10.5	17	89.5
Agosto	45	1	2.2	44	98.8
Setiembre	44	30	68.8	14	31.2
Octubre	70	51	72.9	19	27.1
Noviembre	19	14	73.68	5	26.42
Diciembre	25	21	84.0	4	16.0

Tabla 13. Longitudes (horquilla) promedios observados para las diferentes edades en caballa.

EDAD (años)	LONG. HORQ. (cm)
1	-
2	23.09
3	28.98
4	33.00
5	35.15
6	37.21

Tabla 14. Longitudes medias observadas y calculadas para las diferentes edades de la caballa.

EDAD (años)	LONGITUD HORQUILLA (cm)	
	OBSERVADA	CALCULADA
1	-	14.2
2	23.09	23.0
3	28.98	28.89
4	33.00	32.81
5	35.15	35.41
6	37.21	37.14

Tabla 15. Proporción sexual de la caballa por estaciones del año según varios autores.

ZONA DE PESCA ESTACIONES DEL AÑO	PAITA 1969 ¹			CHIMBOTE 1969 ²			CALLAO 1978 ³		
	N		SIGN.	N		SIGN.	N		SIGN.
	♂	♀		♂	♀		♂	♀	
VERANO	143	125	no	156	132	no	47	66	no
OTOÑO	301	114	95%	171	126	95%	119	178	95%
INVIERNO	295	134	no	121	145	no	134	131	no
PRIMAVERA	297	136	no	132	136	no	71	90	no

1 Chávez (1973)

2 Este estudio en base a datos de Miñano y Castillo (1971)

3 En el presente estudio.

Tabla 16. Pesos promedios de las gonadas ($\sigma^7 + \text{♀}$) en cada estadio de madurez sexual de la caballa de Chimbote y Callao.

ESTADIO DE MADUREZ	CHIMBOTE		CALLAO	
	N° DE INDIV.	PESO PROMEDIO g	N° DE INDIV.	PESO PROMEDIO g
	I	1	0.2	-
II	37	1.59	35	0.38
III	254	5.88	191	2.86
IV	63	21.56	41	10.47
V	5	30.88	14	43.2
VI	14	13.13	57	33.3
VII	76	6.43	59	12.36
VIII	88	3.51	276	3.73

Tabla 17. Longitudes medias de madurez de la caballa y los rangos de longitud de los peces muestreados según varios autores.

ZONA	AÑO	RANGO DE LONG. (cm)	LONG. MEDIA DE MADUREZ (cm)
Paita ¹	1969	26 - 48	37.3
Chimbote ²	1969	27 - 35.5	31.5
"	3 1976	28 - 40	34.6
"	4 1977	28 - 40	33.4
"	5 1978	27 - 40	33.5
Callao ⁶	1976	27 - 41	33.6
"	7 1977	25 - 38	32.8
"	8 1978	25 - 39	32.2

- 1 Chávez (1973)
 2 Miñano y Castillo (1971)
 3 - 8 El presente estudio.

Tabla 18. Longitudes promedio a diferentes edades calculadas para Scomber japonicus peruanus (Aguayo et al., 1982) - 1
Scomber japonicus peruanus (Mendo, 1983) - 2

EDAD (años)	LONG. MEDIA (cm)		TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTA (cm)	
	1	2	1	2
1	15.3	14.15	15.3	14.15
2	19.5	23.00	4.4	8.85
3	23.3	28.89	3.7	5.89
4	26.5	32.81	3.2	3.92
5	29.2	35.41	2.7	2.60
6	31.5	37.14	2.3	1.73
7	33.5	38.29	2.0	1.15

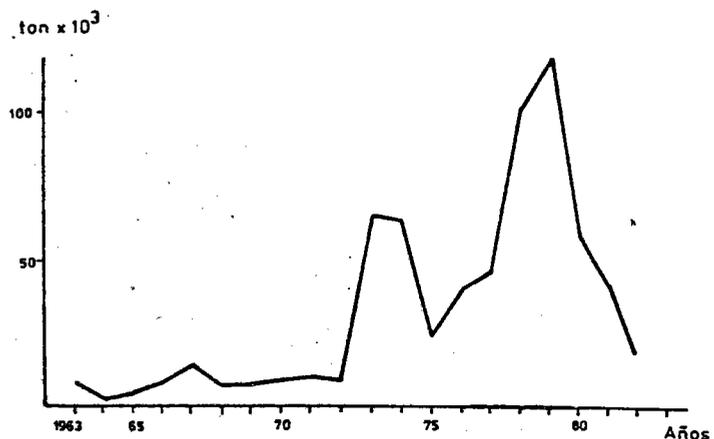


Figura 1. Desembarques de caballa (Scomber japonicus peruanus) en la costa peruana durante los años 1963-82.

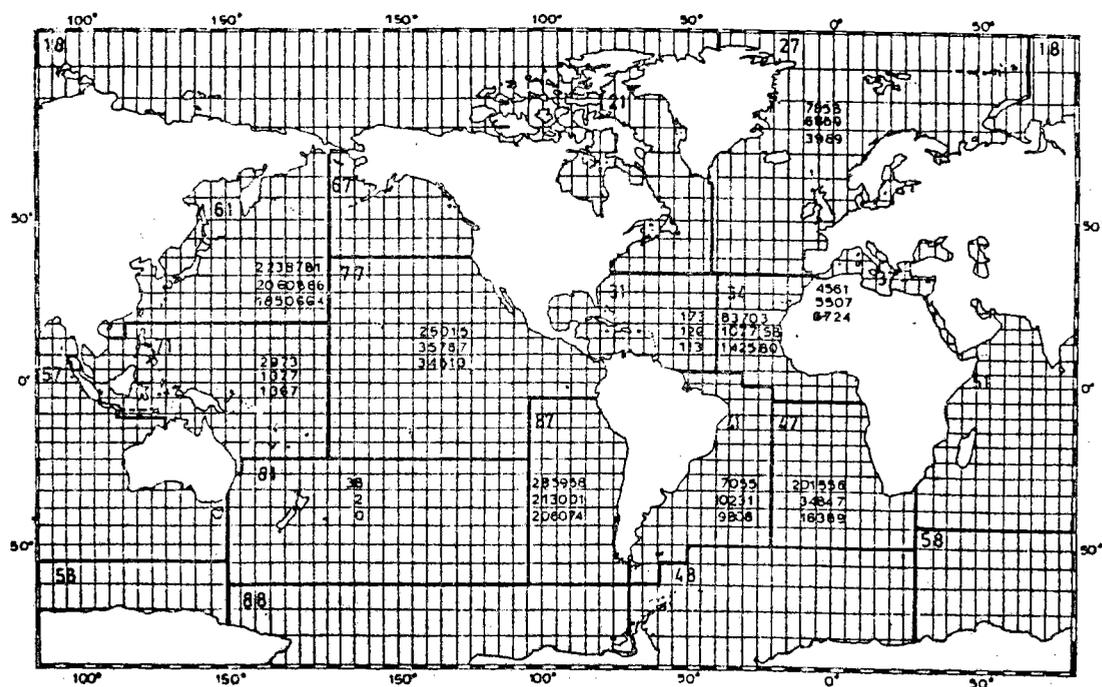


Figura 2. Desembarque mundial de caballa por áreas de pesca de la FAO durante los años 1978, 79 y 80.

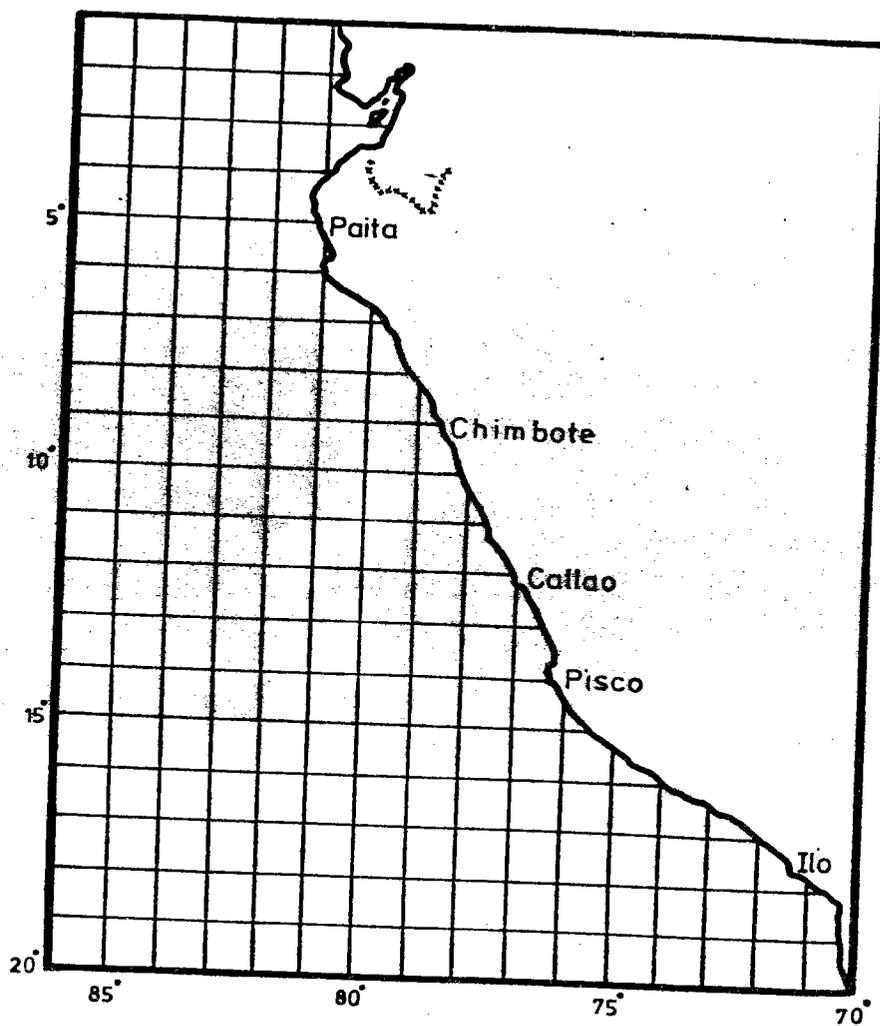


Figura 3. Laboratorios costeros de IMARPE a lo largo de la costa peruana.

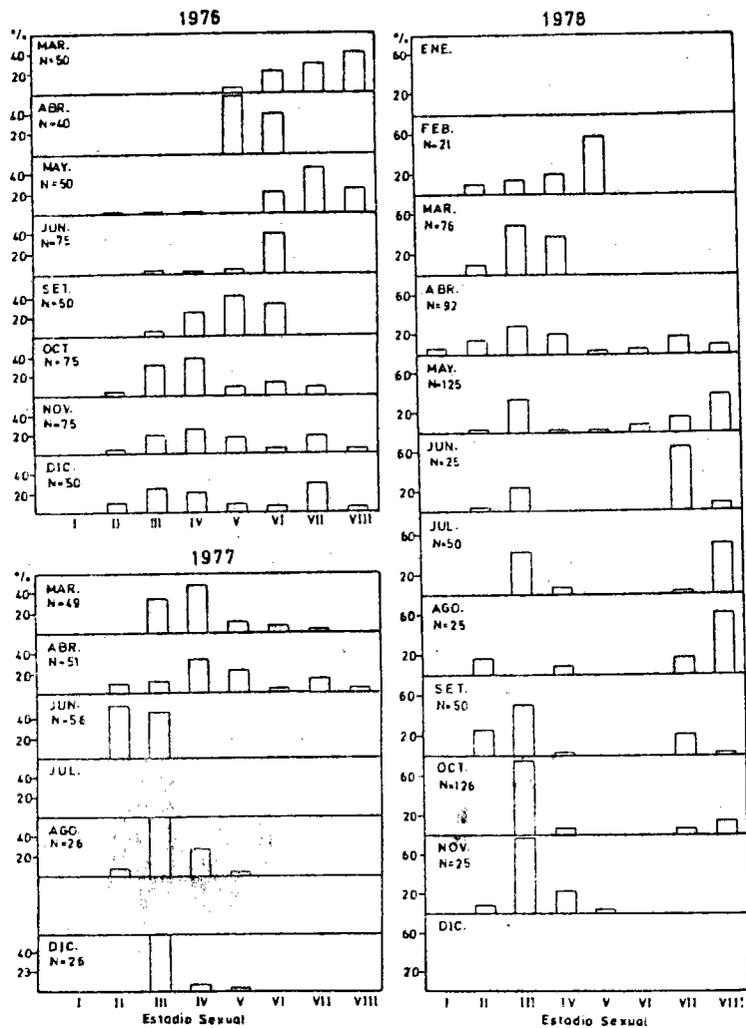


Figura 4a. Distribución de los estadios de madurez sexual por meses para la caballa de Chimbote en los años 1976-78.

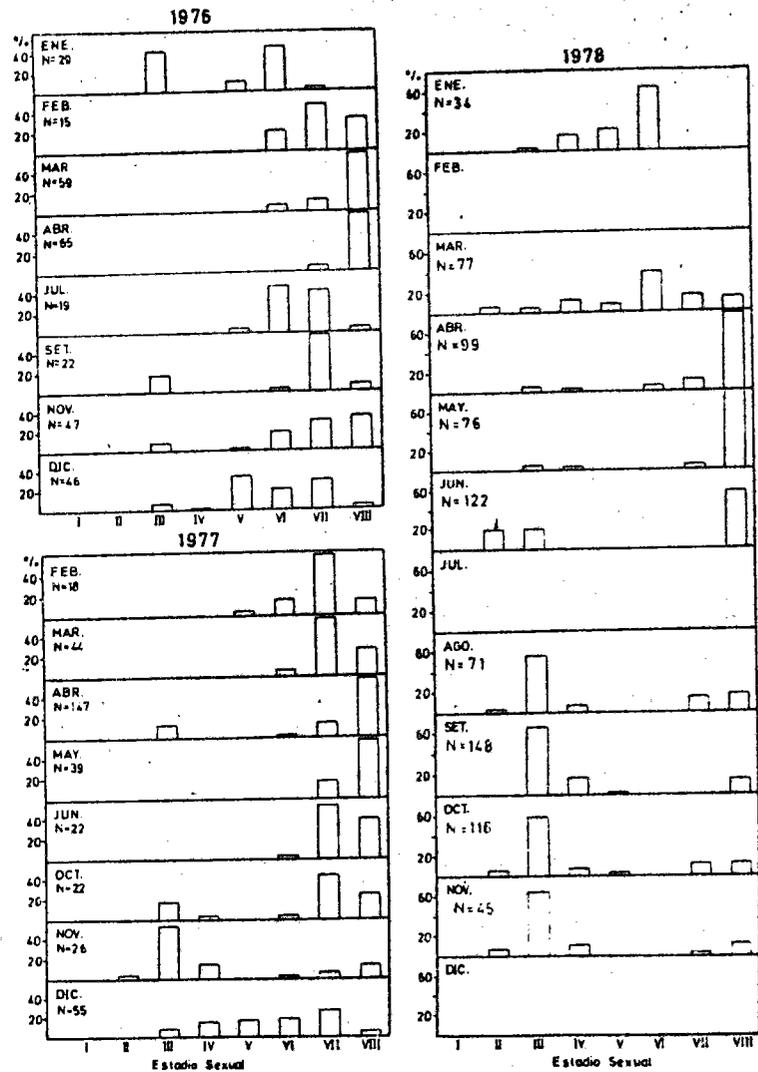


Figura 4b. Distribución de los estadios de madurez sexual por meses para la caballa de Callao en los años 1976-78.

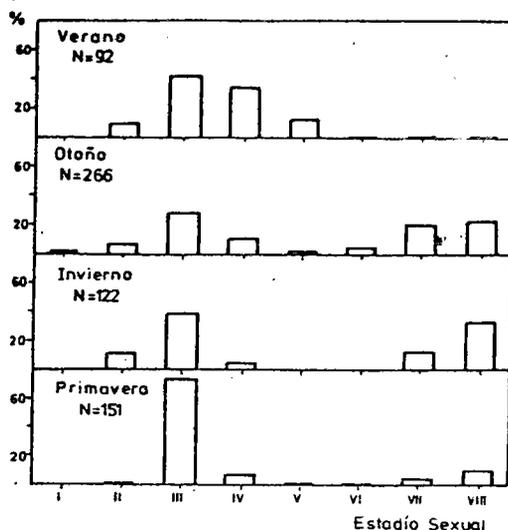


Figura 5. Distribución de los estadios de madurez sexual por estaciones del año para la caballa de Chimbote, 1978.

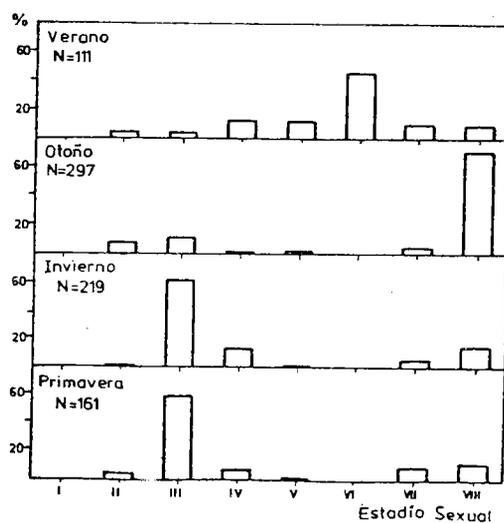


Figura 6. Distribución de los estadios de madurez sexual por estaciones del año para la caballa de Callao, 1978.

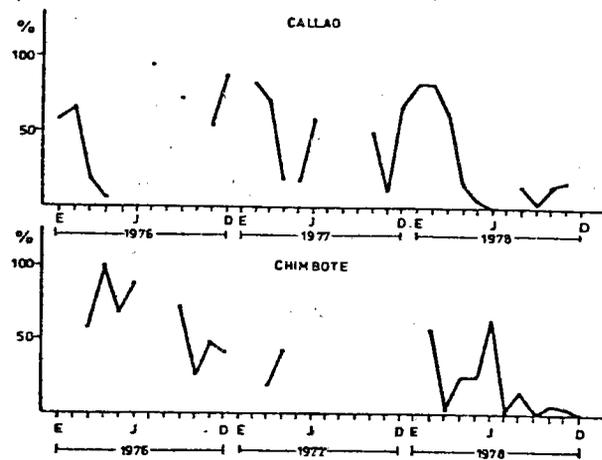


Figura 7. Distribución de los estadios de madurez sexual V-VII para la caballa de Callao y Chimbote en los años 1976-78.

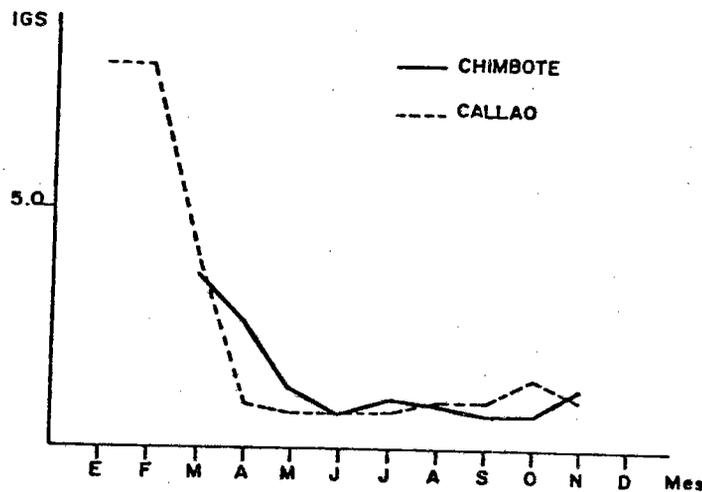


Figura 8. Variación mensual del índice gonado-somático (IGS) de la caballa de Chimbote y Callao en el año 1978.

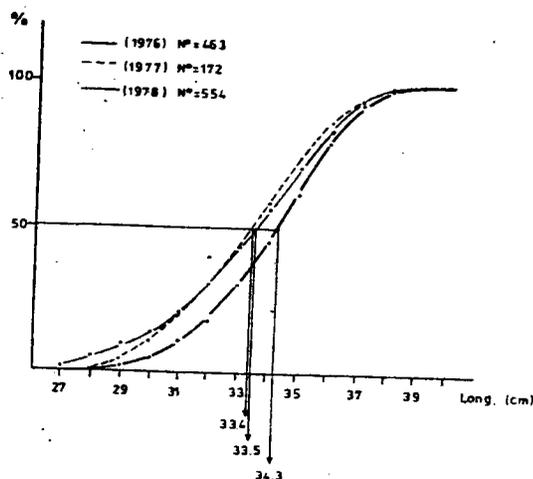


Figura 9a. Curvas de madurez sexual para la caballa de Chimbote en los años 1976-78.

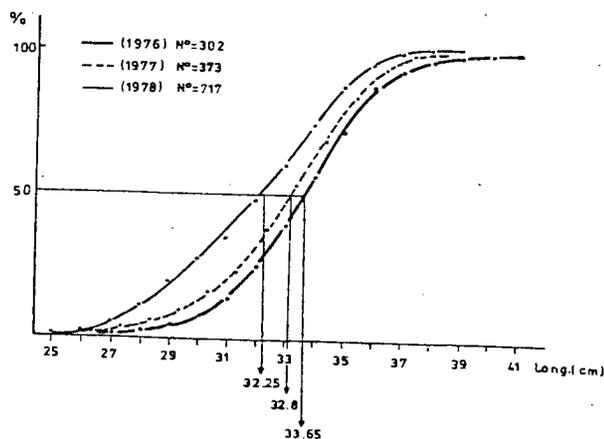


Figura 9b. Curvas de madurez sexual para la caballa de Callao en los años 1976-78.

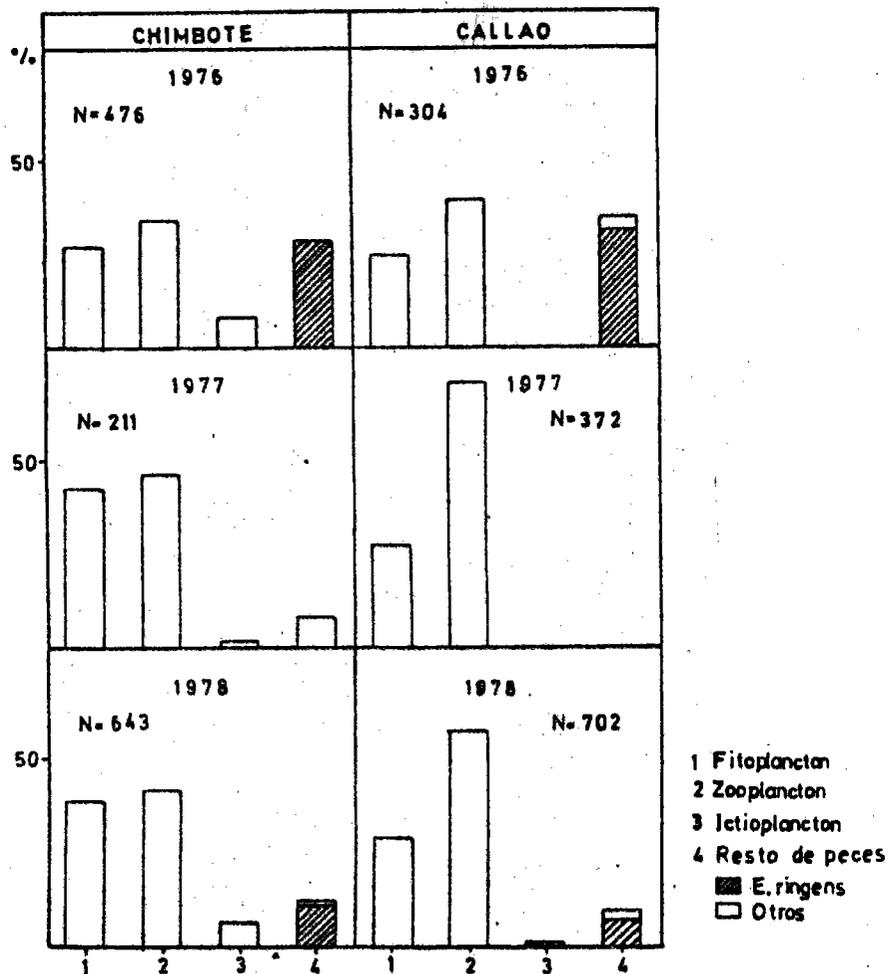


Figura 10. Incidencia de los diferentes grupos alimentarios en los estómagos de la caballa de Chimbote y Callao en los años 1976-78.

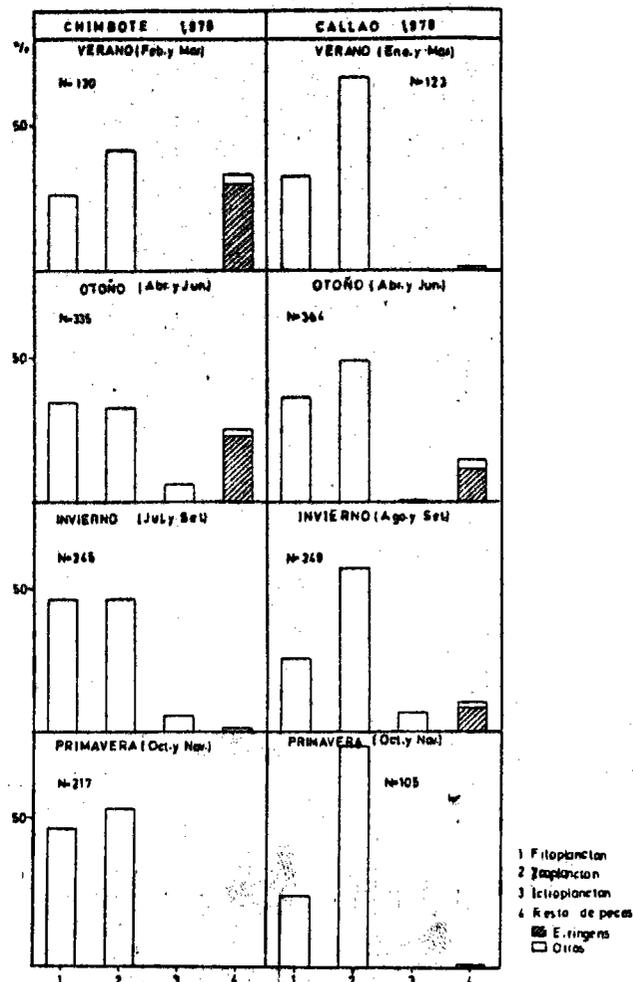


Figura 11. Incidencia de los diferentes grupos alimentarios por estaciones del año encontrados en los estómagos de la caballa de Chimbote y Callao en el año 1978.

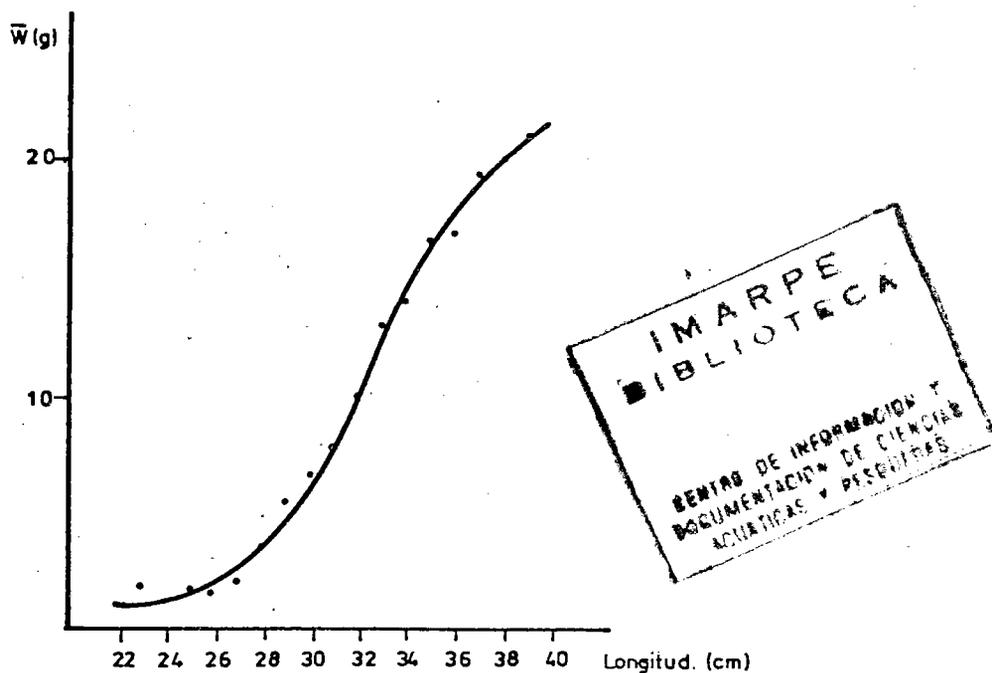


Figura 12. Relación entre el peso promedio del contenido estomacal y la longitud de la caballa de Chimbote en el año 1978.

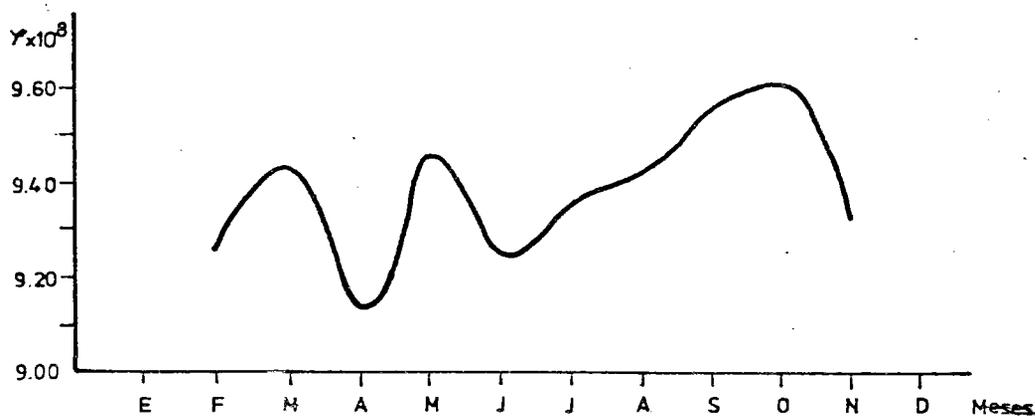


Figura 13. Variación mensual del coeficiente alimentario (ϕ) para la caballa de Chimbote (28-39 cm de longitud), 1978.

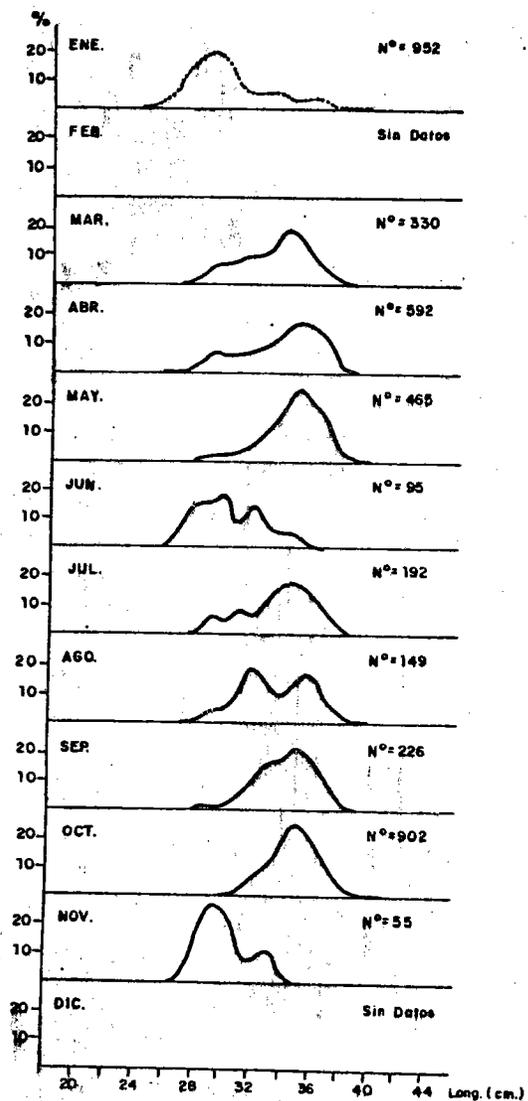


Figura 14. Composición por tamaños de la caballa de Chimbote en el año 1978.

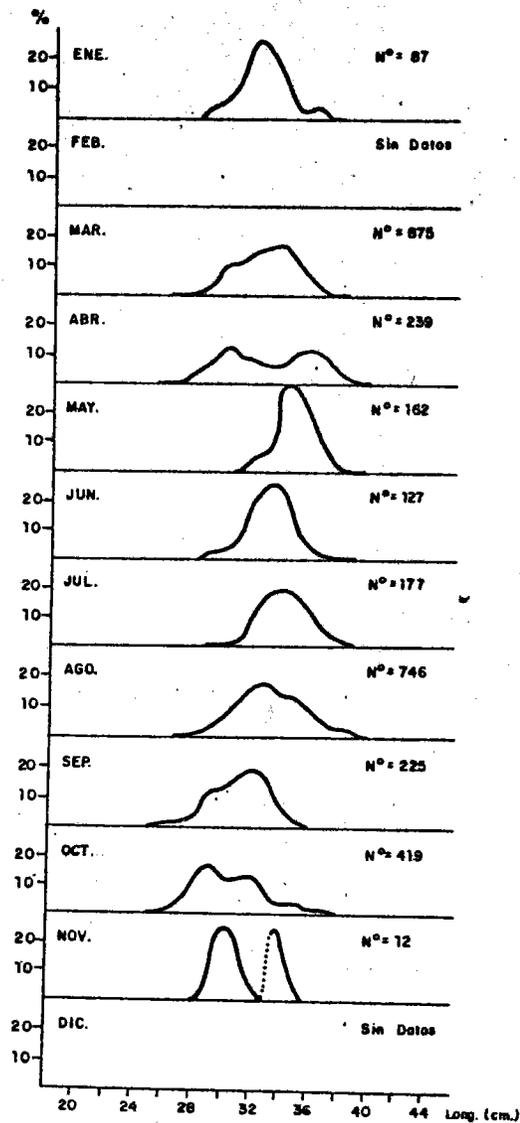


Figura 15. Composición por tamaños de la caballa de Callao en el año 1978.

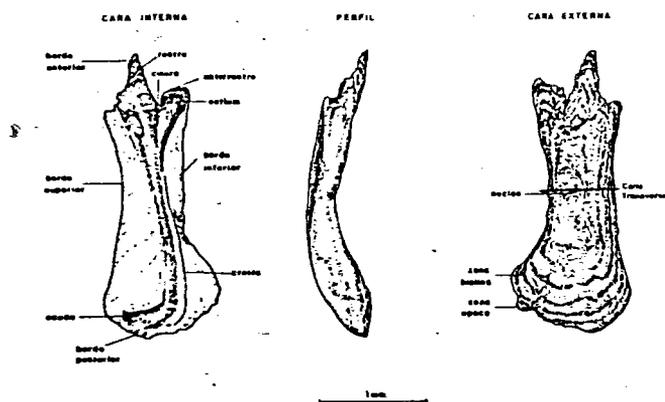


Figura 16. Vista general del otolito izquierdo de Scomber japonicus peruanus (tomado de Aguayo et al., 1982).

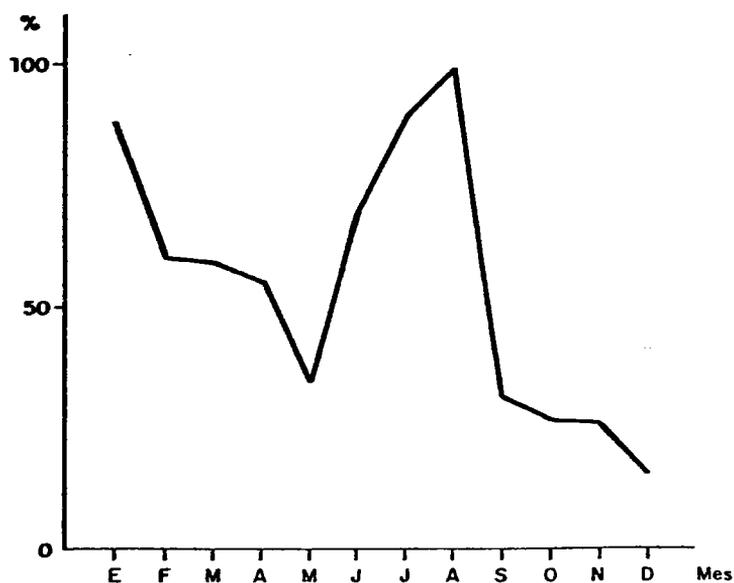


Figura 17. Formación de los anillos hialinos en otolitos de caballa de Callao en el año 1978.

Figura 18. Vista de la cara externa de otolitos de caballa:



a) ejemplar de 16 cm de longitud (edad 1 + años).



b) ejemplar de 23 cm de longitud (edad 2. + años).



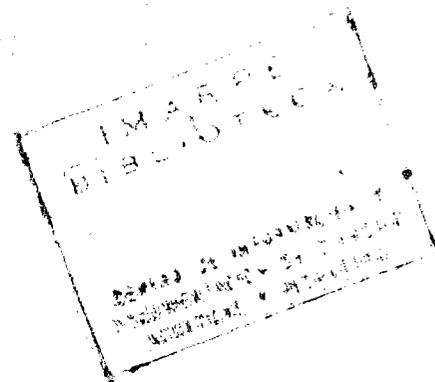
c) ejemplar de 29 cm de longitud (edad 3 + años).



d) ejemplar de 35 cm de longitud (edad 5 + años).



Figura 19. Corte transversal de un otolito de caballa de 33 cm de longitud (edad 4 + años).



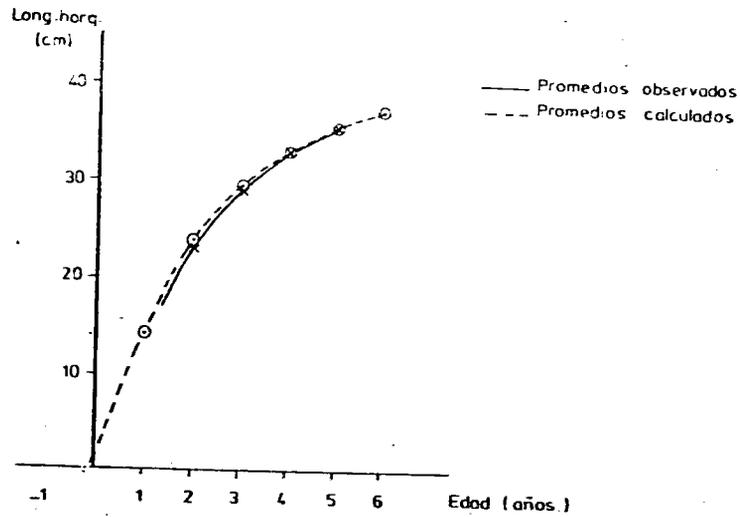


Figura 20. Curvas de crecimiento en longitud de acuerdo a los promedios observados y calculados con la fórmula de von Bertalanffy para la caballa de Callao, 1978.

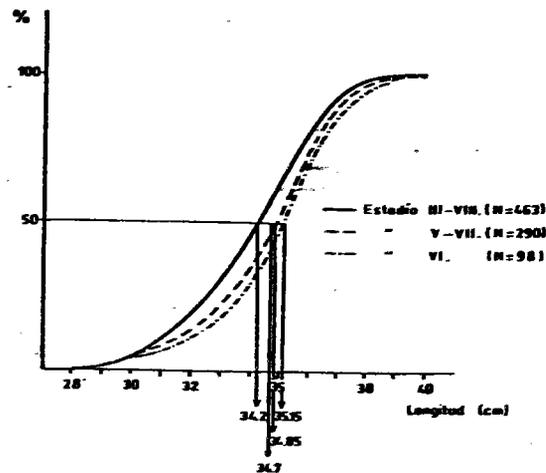


Figura 21. Curvas de madurez sexual obtenidas mediante métodos diferentes.