

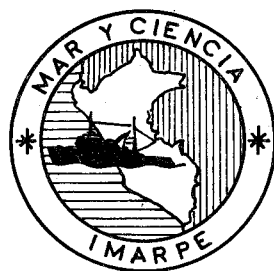
INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME No.22

Validez de la Lectura de Otolitos
para Determinar la Edad de la
Anchoveta (*Engraulis ringens*)

Aurora Chirinos de Vildoso

Esmeralda Chumán D.



CHUCUITO, CALLAO, PERU

MARZO, 1968

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Informe N° 22

VALIDEZ DE LA LECTURA DE OTOLITOS PARA DETERMINAR
LA EDAD DE LA ANCHOVETA (ENGRAULIS RINGENS)*

Aurora Chirinos de Vildoso
Esmeralda Chumán D.

I N D I C E

	<u>Pag. N°</u>
Resumen	
1.- Introducción	5
2.- El método de la lectura de otolitos y antecedentes sobre la edad de las anchovetas	6
3.- Material y Métodos	8
4.- Descripción del otolito de anchoveta	11
5.- Condiciones para la validez del método	14
5.1. - Relación de la longitud otolito-longitud pez	14
5.2. - Formación estacional del borde de los otolitos	18
5.3. - Comparación de la interpretación de edad y crecimiento basada en los otolitos con el método de composición de longitudes	29
6.- Referencias	33

(*) Trabajo presentado al Primer Congreso Nacional de Biología (Julio, 1966).

R E S U M E N

La validez de los métodos usados en determinar la edad y crecimiento de los peces es un problema de primordial importancia en Biología Pesquera. Actualmente la mayoría de investigadores hacen uso de métodos basados en los cambios estacionales que experimentan determinadas estructuras óseas del pez como escamas, otolitos y vértebras.

En este trabajo se ha tratado de solucionar el problema en la anchoveta usando para la determinación de la edad el método de lectura de otolitos.

El material usado ha consistido en 8,000 ejemplares procedentes del Callao, muestreados en 1963 y 1964.

Para el efecto y de acuerdo a los principios básicos del método, se trata de averiguar si existe: 1° una proporcionalidad que se mantiene a través de la vida entre el incremento longitudinal del otolito y el del pez, 2° una periodicidad en la formación de los anillos de los otolitos; y 3° concordancia con las determinaciones de edad logradas por otro método.

Los resultados muestran que:

- 1° Existe un alto grado de asociación entre las longitudes de los otolitos y los tamaños respectivos del cuerpo de las anchovetas, dicha relación está expresada matemáticamente por la ecuación de la línea recta, con los siguientes valores: $Y = 12.03 + 0.57 (X)$, en donde Y representa la longitud del otolito en divisiones del micrómetro ocular (1 división = 43 micras) y X la longitud de la anchoveta en milímetros.
- 2° Las zonas hialinas en los otolitos se forman dos veces al año. Dicha formación periódica se pone de manifiesto tanto en los ejemplares más jóvenes con otolitos de una zona, como en los mayores cuyos otolitos poseen dos y tres zonas de crecimiento.
- 3° Hay bastante concordancia entre las determinaciones de edad logradas por los otolitos y aquellas derivadas de la distribución de frecuencia de longitudes de las anchovetas.

Por lo que concluimos que el método de los otolitos llena los requerimientos para declararlo como válido para la determinación de la edad de la anchoveta.

1.- INTRODUCCION

El conocimiento de la edad y el crecimiento de los peces que son sometidos a explotación, resulta de fundamental importancia práctica para el tratamiento bioestadístico de la dinámica de poblaciones.

Dada la importancia de los aspectos citados, los investigadores que laboran en el campo de la Biología Pesquera han desplegado esfuerzos en desarrollar métodos convenientes al propósito, especialmente para las especies de mayor valor económico.

En el caso de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.), cuya importancia económica es mundialmente reconocida, existen aún muchas lagunas en el conocimiento de su edad y crecimiento que es preciso subsanar, por lo que se consideró la necesidad de buscar un método apropiado que permita estas determinaciones. Sin excluir la posibilidad del empleo de otros elementos del cuerpo del pez, escamas, vértebras, etc.; se han usado para este estudio los otolitos.

El procedimiento usual al iniciar una investigación sobre la edad de un pez determinado es realizar primero estudios preliminares respecto a la validez del método que se pretende aplicar.

El presente trabajo pretende demostrar la validez del método empleado, como una introducción a otro actualmente en preparación sobre el crecimiento de la anchoveta.

Con profunda gratitud reconocemos la guía y coparticipación del Dr. Hermann Einarsson (ya fallecido), Ex-Asesor F.A.O. del Departamento de Biología del Instituto del Mar, especialmente durante la fase exploratoria de esta investigación, quien nos dió además las pautas requeridas para su prosecución. Hacemos también presente nuestro agradecimiento al Sr. Biólogo Rómulo Jordán, Jefe del Departamento de Biología por la revisión del presente manuscrito. Por otra parte este estudio no hubiese sido posible sin la apreciada cooperación de los asistentes técnicos, miembros del personal de IMARPE, que han realizado los muestreos de las anchovetas y montaje de los otolitos.

2.- EL METODO DE LA LECTURA DE OTOLITOS Y ANTECEDENTES SOBRE LA EDAD DE LAS ANCHOVETAS.

Los métodos de mayor garantía para conocer la edad de los peces, son aquellos en que la determinación de ésta se logra de manera directa, como ocurre cuando se emplean las escamas, otolitos, vértebras, etc. que constituyen un índice valioso de características fisiológicas, como es el proceso de crecimiento.

Entre las estructuras más usadas para este propósito están los otolitos, que son concreciones calcáreas contenidas en las cápsulas óticas de los peces, que contribuyen a la percepción de los sonidos y al equilibrio.

En ellos la periodicidad del crecimiento se traduce como diferencias en la constitución de las capas óseas que se yuxtaponen progresivamente en el tiempo y que de acuerdo a la densidad de las mismas, dan la apariencia de zonas alternativamente opacas y hialinas.

Los peces crecen rápidamente en verano y lentamente en invierno, debido a la dependencia entre la temperatura y los procesos metabólicos; esta diferencia en la tasa de crecimiento establece un ritmo periódico que queda reflejado en las partes duras del pez en forma de anillos. Por el número de dichos anillos, generalmente anuales, puede determinarse la edad y por su relación con el tamaño del pez, el crecimiento. En las zonas tropicales sin mayores cambios de temperaturas, en el medio ambiente, dicha determinación es difícil de establecer.

En la aplicación del método de lectura de otolitos se tropiezan con algunas dificultades que limitan el valor de los resultados pues se pueden producir anillos falsos por irregularidades del crecimiento o los lectores pueden hacer interpretaciones erróneas; pese a ello este método ofrece indudables ventajas y si se cumplen determinados requisitos puede comprobarse su validez.

Por analogía con el criterio establecido por Van Oosten (1929) para la validez del método de lectura de escamas, dichos requisitos serían:

a.- Que el incremento anual en la longitud del otolito mantenga una proporción con el incremento anual en la longitud del pez, a través de su vida.

b.- Que los anillos se formen anualmente y al mismo tiempo cada año (o que exista alguna otra relación constante entre su formación y el incremento de tiempo).

Sobre los engraulidos en general las determinaciones de la edad han puesto de manifiesto que son peces de vida más bien corta, su edad máxima varía entre 3 y 6 años para las especies del género Engraulis.

E. australis de Australia y Nueva Zelandia, vive hasta algo más de 4 años, alcanzando una longitud máxima de 15.5 cm. Sus escamas forman anillos invernales. (Blackburn, 1950).

E. encrasicolus, de Europa y Norte de Africa, de acuerdo a Stoianov (1961) vive hasta 4 años, con casi 14 cms. en el Mar Negro. En esta especie se han hecho estudios de edad por método directo de lectura de escamas y otolitos.

E. mordax, la especie de América del Norte, según Clarky Phillips (1952) en California, puede alcanzar hasta 7 años con algo más de 18 cms. Los autores usaron el método de lectura de escamas.

Para la anchoqueta Engraulis ringens existen referencias anteriores, sin resultados definitivos, sobre las determinaciones directas de la edad y crecimiento por la lectura de escamas. También se han efectuado análisis de la edad por medio de la distribución de frecuencias de tamaños.

Barreda (1953) hizo un corto ensayo con escamas, pero sin alcanzar a demostrar la validez del método.

Landa (inédito) encontró que la frecuencia de los "anillos de condición" presentes en las escamas de anchoqueta, hacían a esas estructuras poco valiosas para la determinación de la edad.

Clark (1954) a base de la composición de tamaños de capturas experimentales con redes de tipo "floating trawl" supone que las anchoquetas comprendidas entre 8 a 10 cm. de longitud total tienen un año.

Jordán (1959) analizando la progresión de los modos de longitud, el desarrollo ovárico, la aparición de huevos en las muestras de plancton y de los pe-

ces jóvenes en el contenido estomacal de las aves sugiere que anchovetas de 7.5 a 8.5 de longitud total tienen 4 a 5 meses; de 10 a 12 cms. tendrían un año y de 13 a 14.5 cm. 2 años.

Saetersdal y Valdivia (1964) analizaron la frecuencia de tamaños de anchovetas presentes en la pesquería, por un sistema de reagrupación selectiva de las muestras, para estudiar el crecimiento y encontraron que las anchovetas alcanzan 9 cm. después de los 6 meses, 12 cm. después de 1 año y 13 a 14 cm. a la edad de año y medio.

3.- MATERIAL Y METODOS

Aunque en el uso de métodos directos para la determinación de la edad de los peces hay una cierta preferencia por el uso de las escamas, en el caso de la anchoveta, en que las muestras proceden de la pesca comercial, dicho método ofrecería serias dificultades, pues por efecto de las manipulaciones, las anchovetas casi siempre llegan descamadas al laboratorio, o con escamas adheridas correspondientes a otros ejemplares, por lo que se determinó experimentar con los otolitos que han mostrado ser convenientes para el caso, en muchas otras especies, y que tienen además la ventaja que se forman en una edad muy temprana de la vida de la anchoveta y por ello cabe esperar que reflejen toda su historia.

Los resultados que se dan en este trabajo se basan en la determinación del número de zonas y cambios estructurales de los otolitos correspondientes a unas 8,000 anchovetas colectadas en el Callao de 1963 a 1964, y para la relación de la longitud otolito-longitud pez se ha usado una muestra de Callao, Agosto 1962, con un total de 88 ejemplares.

T A B L A N° 1

MATERIAL USADO PARA LAS DETERMINACIONES DE EDAD

Meses de 1963 - 1964	N° total de Ejemplares	N° de Peces usados para el estudio de:	
		Composición de Edad y Tasa de Crecim. N° T. S/ileg.	Determinación de la Naturaleza del borde. N° T. S/ileg.(1)
Octubre	350	222	222
Noviembre	600	407	411
Diciembre	499	338	354
1964			
Enero	597	419	419
Febrero	548	-	387
Marzo	598	440	440
Abril	600	389	385
Mayo	600	365	362
Junio	600	387	385
Julio	500	240	240
Agosto	450	228	228
Setiembre	400	233	233
Octubre	600	401	401
Noviembre	500	349	348
Diciembre	500	343	336
T o t a l e s : 7,942		4,761	5,151

(1) Número total de otolitos sin considerar aquellos ilegibles.

Los datos pertinentes a este material se dan en la Tabla N° 1, que incluye una relación pormenorizada de las muestras y ejemplares usados para cada estudio, con excepción de la muestra de Agosto de 1962.

Para fines de determinación de la edad de la anchoqueta y su composición en las capturas, se realizan en el Instituto del Mar, muestreos de la pesca comercial por medio de un procesamiento sistemático de 3 muestras a la semana, a razón de

50 ejemplares por muestra; cada una de ellas procede de una sola embarcación.

Las principales localidades de muestreo son Chimbote, Callao e Ilo y a las muestras se les asigna la procedencia del puerto de desembarque. Posteriormente todas aquellas obtenidas en un mes se consideran en su conjunto, como una sola, representativa del mes, por lo general con 600 ejemplares.

Después de tomar una muestra de la captura, se mide la longitud total de cada espécimen con intervalo de medio centímetro, se determina el sexo y madurez de los productos sexuales y se extraen los otolitos.

Ellos están situados en la cápsula ótica y su extracción se hace por medio de pinzas, una vez descubierta la porción occipital del cráneo.

Los otolitos, como regla, deben ser tomados en fresco, ya que en ejemplares preservados se vuelven muy frágiles y pierden su transparencia.

Los otolitos de anchoveta, para su estudio, no necesitan procesos previos de clarificación, ni pulido y pueden montarse directamente en bálsamo del Canadá. De acuerdo a la técnica seguida, ellos se montan seriados en cartones especialmente diseñados con 50 horadaciones de fondo negro y que representan el número de ejemplares de una muestra.

La observación se realiza con microscopio estereoscópico Reichert de 5 x 4 aumentos; usando luz directa los otolitos presentan una alternancia de anchas zonas blancas opacas y otras oscuras mas finas y estrechas, como anillos, en tanto que con luz transmitida las zonas anchas son oscuras y las estrechas claras y transparentes. En el centro medio del otolito existe un núcleo que puede estar rodeado por una zona opaca, mas pequeña que aquella que consideramos primera zona de crecimiento, que no interviene en el contaje debido a su carácter irregular.

Para eliminar los riesgos de una influencia subjetiva en la interpretación de la estructura de los otolitos, la lectura la hemos efectuado las autoras independientemente. Después de una segunda revisión conjunta se descartan los casos de desacuerdos persistentes; así como aquellos ilegibles en los que no es posible determinación alguna.

Aunque al obtener las muestras se determinó el sexo, en este estudio no

hemos considerado los sexos por separado por lo que quedaría pendiente averiguar si existe algún dimorfismo sexual en las características estudiadas.

Para el propósito de conteo de zonas, el número de ellas fué definido como el total de zonas opacas encontradas, incluyendo la última formada en la cuenta, cuando se estimaba que ella tenía un ancho definitivo. Sin embargo para el propósito de registro estacional del borde, las zonas no se consideraban completas hasta que la zona hialina marginal fuera añadida.

De acuerdo al número de zonas se les clasificó en grupos que hemos denominado grupos de edad, cada uno de los cuales incluyó determinada amplitud de variación en sus características.

La nomenclatura fué como sigue:

Grupo 1.- Otolitos con una zona opaca incompleta* o completamente formada. En una etapa posterior ellos pueden presentar adicionada a la zona opaca una zona o anillo hialino fino u ancho e incluso pueden presentar la formación inicial de una segunda zona opaca.

Grupo 2.- Otolitos con un anillo hialino entre dos zonas opacas que se consideran definitivamente formadas. En sus etapas posteriores añaden un segundo anillo hialino y hasta una tercera zona opaca inicial.

Con analogía de criterio se clasificaron los grupos 3, 4, 5 y 6.

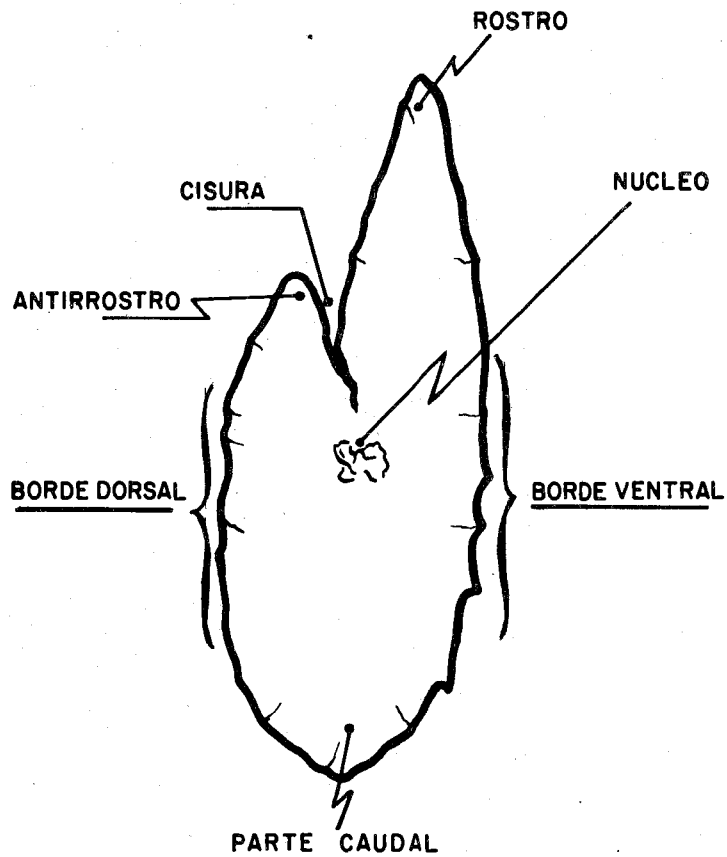
4.- DESCRIPCION DEL OTOLITO DE ANCHOVETA

El otolito sacular de la anchoveta es alargado y de aspecto frágil; convexo por la cara interna y cóncavo por la externa donde son visibles las zonas de crecimiento.

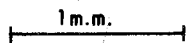
El rostro es saliente y fino, el antirrostro notorio pero corto, cisura angular poco profunda, borde dorsal ligeramente ondulado y algo convexo; el borde ventral casi recto, presenta grandes variaciones pudiendo ser liso, ondulado y mayormente con indentaciones; la parte caudal es redondeada y suele presentar ondulaciones. (Figura 1).

* Realmente éstos deberían denominarse grupo 0, pero los incluimos en el grupo 1 para mayor simplicidad de la clasificación.

FIGURA No 1



Escala aproximada



El tamaño del otolito sacular de la anchoveta varía entre 3.1 y 4.5 mm. en los especímenes adultos.

El tamaño de la primera zona de los otolitos presenta una polimodalidad

que presumimos está ligada a diferentes ápices de la intensidad del desove.

Los otolitos típicos de anchoqueta presentan el núcleo opaco, aún cuando algunos tienen núcleos hialinos, existiendo condiciones intermedias. También se presentan variantes en cuanto a diferencias de textura, forma y tamaño del otolito, tamaño y distribución de las zonas de crecimiento y apariencia de las zonas hialinas.

Existen también formas aberrantes, unos donde se ha perdido la estructura normal del otolito, siendo reemplazada por una estructura cristalina, translúcida, aunque cuando el otolito conserve su forma; otros en que la estructura es normal en parte; pero que la porción cristalina le causa una distorsión de la forma normal.

Los exámenes de los otolitos condujeron a establecer el siguiente criterio para determinar zonas o anillos hialinos. Un anillo hialino es una banda concéntrica, con el margen del otolito, más o menos translúcida, que bordea a una zona opaca de formación anterior. Se observan más claramente en los extremos, especialmente en el extremo anterior. El anillo se considera una zona más bien que una línea, aquellos que son adventicios se reúnen con otro anillo en algún punto.

Aunque los tres primeros anillos están relativamente bastante definidos, los subsecuentes lo son menos, así su grado de confianza es comparativamente menor.

Una circunstancia que contribuye a dificultar la determinación de las zonas es que se produce con frecuencia en el núcleo o en las zonas concéntricas posteriores una deposición de mayor material opaco que produciendo una impresión del sobrecrecimiento imposibilita apreciar el tamaño correcto del núcleo o de otra zona.

Los otolitos de los ejemplares más grandes son progresivamente más difíciles de leer, las variaciones del porcentaje de otolitos ilegibles se muestran en la Tabla N° 2 para Callao 1963 - 64. Estos datos ilustran por sí mismos de la dificultad de la lectura.

T A B L A N° 2

FRECUENCIA Y PORCENTAJE DE OTOLITOS ILEGIBLES

Meses de 1963 - 1964	N° total de Ejemplares .	Número de Ejemplares Ilegibles	
		Frecuencia	Porcentaje
<u>1963</u>			
Octubre	350	130	37.14
Noviembre	600	193	32.17
Diciembre	499	161	32.26
<u>1964</u>			
Enero	597	178	29.86
Febrero	548	161	29.36
Marzo	598	158	26.42
Abril	600	211	35.17
Mayo	600	235	39.17
Junio	600	213	35.50
Julio	500	260	52.00
Agosto	450	222	49.33
Setiembre	400	167	41.75
Octubre	600	199	33.16
Noviembre	500	151	30.20
Diciembre	500	157	31.20

5.- CONDICIONES PARA LA VALIDEZ DEL METODO

5.1 Relación longitud otolito-longitud pez.

De acuerdo a lo antedicho es necesario conocer la variación de la longitud del otolito con respecto a la longitud total de la anchoveta, es decir el grado de dependencia entre estas dos características, para determinar el ritmo de crecimiento del otolito en función del crecimiento longitudinal del pez.

En este trabajo para fines de demostración se seleccionó una muestra extra obtenida en Agosto de 1962 procedente del Callao, consistente en 88 otolitos correspondientes a igual número de ejemplares.

Las longitudes de los otolitos se midieron en líneas del micrómetro ocular; según el aumento óptimo usado (5×4); a cada división del micrómetro ocular le correspondió un valor de 43 micras. Las longitudes de las anchovetas se midieron en milímetros.

La amplitud de las variables fué de 111 a 156 mm. para las longitudes del cuerpo y 72 a 104 divisiones del micrómetro ocular (3.1 a 4.5 mm.) para los otolitos.

De acuerdo a la tendencia puesta de manifiesto por los datos, en un ploteo previo, se determinó las relaciones citadas por el método de Lee (1920), quien asume que la relación matemática entre la longitud del cuerpo y la de la estructura usada para la determinación de la edad, está expresada por la ecuación de la línea recta, es decir $Y = a + bX$, en donde Y representa la longitud del otolito variable dependiente y X la longitud del pez, variable independiente. El principio de esta dependencia lineal indica una proporcionalidad entre las características o variables estudiadas.

Por otra parte nos pareció conveniente establecer no solo b_{yx} , coeficiente de regresión que expresa como varía el promedio de longitud del otolito al variar la longitud total de anchoqueta en una unidad de su medida, sino también b_{xy} que indica la regresión inversa, X sobre Y, por el sentido práctico que implica.

Ello ha sido posible puesto que las medidas de X é Y fueron tomadas de una muestra al azar, dando a cada observación su valor individual, sin escoger niveles y en consecuencia las medidas de las dos características representan a las distribuciones de X e Y de la población bivariada normal muestreada.

Los valores encontrados de la regresión lineal han sido:

$$b_{yx} = 0.57, \quad t = 14.62 \text{ con } P \leq 0.001$$

La ecuación de regresión de la muestra de Y sobre X es

$$Y = 12.03 + 0.57 (X)$$

que describe la regresión de longitud del otolito para anchovetas comprendidas

entre 111 a 156 mm.

Por otra parte para la regresión de X sobre Y

$$b_{xy} = 1.25 \quad , \quad t: 14.53 \text{ con } P \leq 0.001$$

Con su correspondiente línea de regresión expresada en la fórmula

$$X = 24.96 + 1.25 (Y).$$

Que indica las variantes de tamaños de las anchovetas, cuando se modifican las longitudes de sus otolitos, para las dimensiones comprendidas entre 72 y 104 divisiones del micrómetro ocular.

FIGURA No. 2

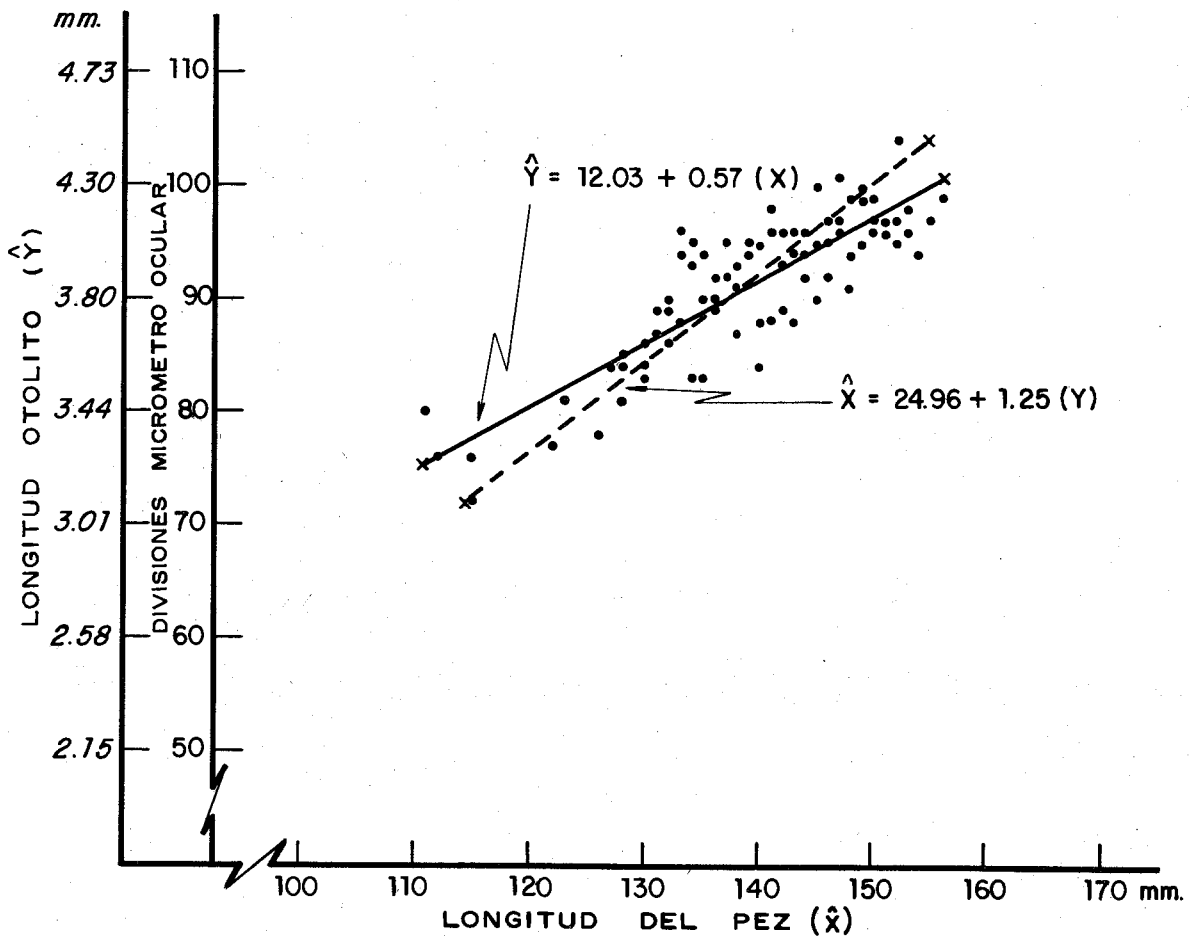


Gráfico de puntos y línea de regresión de longitud total del otolito (Y) sobre longitud cuerpo anchoveta (X) y de X sobre Y

CALLAO, Agosto 1962... Número de ejemplares 88

T A B L A N° 3
Información sobre la Regresión

Datos de la muestra:

N° de Ejemplares = 88

Fecha: Agosto de 1962

Longitud de cuerpo:

Amplitud de Variación = (111-156 mm.)

Promedio: 139.15

Longitud otolito:

Amplitud de Variación = (72-104)

Promedio: 91.35

	Fórmulas usadas	Regresión de Y sobre X	Regresión de X sobre Y
1.- Coeficiente de Regresión	$b = \frac{xy}{x^2}$	$b_{yx} = 0.57$	$b_{xy} = 1.25$
2.- Intercepción de Y.	$a = \bar{Y} + b (-\bar{X})$	$a_{yx} = 12.03$	$a_{xy} = 24.96$
3.- Ecuación de regresión de las muestras.	$Y = a + bX$	$Y = 12.03 + 0.57 (X)$	$X = 24.96 + 1.25 (Y)$
4.- Desviación media al cuadrado de regresión	$S_{yx}^2 = \frac{dyx^2}{n-2}$	$S_{yx}^2 = 13.07$	$S_{xy}^2 = 28.56$
5.- Desviación standard de muestras de la regresión	$S_{yx} = S_{yx}^2$	$S_{yx} = 3.61$	$S_{xy} = 5.34$
6.- Desviación standard del coeficiente de regresión	$S_b = \frac{S_{xy}}{x^2}$	$S_{b_{yx}} = 0.039$	$S_{b_{xy}} = 0.086$
7.- Prueba de significación t =	$t = \frac{b}{S_b}$	$t = 14.62$	$t = 14.53$
Valor de correlación	$r = \sqrt{\frac{b_{xy}}{b_{yx}}}$	$r = 0.84$	

Todos los datos principales del cálculo se dan en la Tabla N° 3 y las líneas correspondientes están trazadas en la figura N° 2. A través de estos resultados se puede apreciar que una línea recta, señalada en la Figura N° 2 por una flecha, fija satisfactoriamente los datos de incremento de los otolitos, los que pueden considerarse proporcionales para las longitudes analizadas. La bondad del ajuste de las líneas y las pruebas de significación para b_{yx} y b_{xy} mostrada a través de las sumas de cuadrados, de t , así como el valor de r (coeficiente correlación) = 0.84 indican claramente el alto grado de asociación o concomitancia entre las características consideradas, longitud otolito y longitud total del cuerpo de la anchoveta.

De acuerdo a los valores encontrados en las relaciones estudiadas, la historia del crecimiento de la anchoveta puede ser calculada por medio de sus otolitos.

Por ende de acuerdo a la fórmula de la proporcionalidad, si se poseen los datos del número de anillos y de las longitudes de un ejemplar y su otolito, pueden calcularse las longitudes de cuerpo que alcanzó en las etapas previas de su vida, señaladas por los anillos precedentes.

Un estudio crítico de las longitudes intermedias calculadas revelan que algunos errores pueden estar presentes en estos cálculos, errores inherentes a diferencias individuales locales o temporales en la tasa de crecimiento de los otolitos o de los ejemplares que pueden lógicamente afectar la precisión de las longitudes calculadas. De hecho cabe esperar este tipo de diferencias en la anchoveta, pues, en un trabajo anterior Chirinos de Vildoso y Chumán (1966) estudiaron las variaciones en el crecimiento de la anchoveta peruana por medio de las medidas de los otolitos, en Callao y Chimbote (1961-1962) encontrando diferencias en la tasa de crecimiento de los ejemplares dentro de las localidades y también en el tiempo.

5.2 Formación estacional del borde de los otolitos.

Como ya se ha expresado, es necesario determinar si los cambios de naturaleza del borde en los otolitos son estacionales, si los anillos hialinos que se forman están vinculados al crecimiento y no son el reflejo de variantes

metabólicas de otro orden. Cumplidos estos requisitos y determinada la época de formación del anillo, sería posible asignar la edad a los ejemplares presentes en la pesquería.

Como un primer paso se trazó hipotéticamente la evolución de un tipo patrón de otolito; ello se hizo escogiendo en las muestras aquellos otolitos atribuibles al grupo modal de una nueva clase recluta o de "desove" determinada por la distribución de tallas de los ejemplares y mes a mes se observó los cambios de los otolitos en aquellos ejemplares que presumiáramos corresponden a la misma clase. Con ello esperábamos encontrar evidencias del transcurrir de la edad pues lógicamente los peces correspondientes a una misma clase de edad tienen características de crecimiento en común que deben aparecer como incrementos u otras modificaciones estructurales, en los otolitos.

Los dibujos seriados que se presentan en la Figura N° 3 son esquemas de otolitos representantes de las tallas modales de los ejemplares, atribuidos a una sola clase anual, seguida en su evolución desde fines del año 1963 hasta inicios de 1965 en la localidad del Callao.

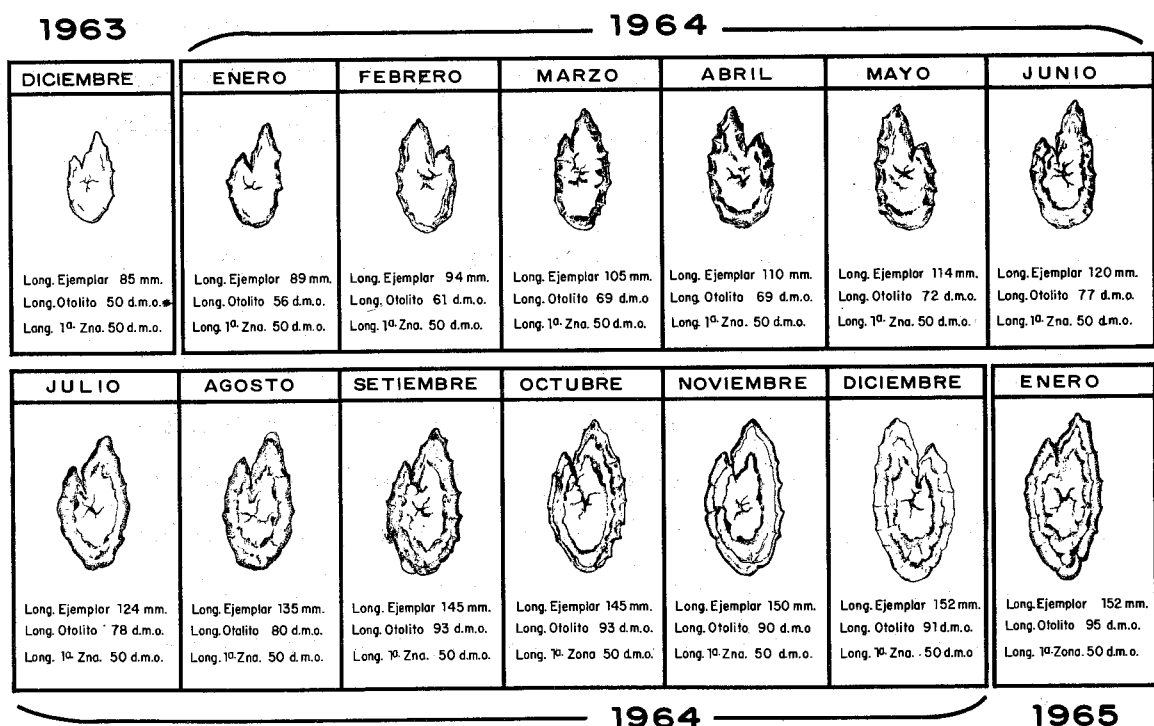


FIGURA No. 3.- Evolucion mensual de los Otolitos o medida que anaden zonas. CALLAO, Enero 1963, Enero-Diciembre 1964 y Enero 1965.

*d.m.o. = divisiones micrómetro ocular.

Como resultado previo de la apreciación objetiva de esta evolución, podemos decir que aparentemente la formación de las zonas o anillos es binual.

Como un pronunciamiento a este respecto sólo podía hacerse con un mayor número de muestras, se inspeccionó las colecciones mensuales del Callao, realizadas entre Octubre de 1963 y Diciembre de 1964 que incluyen 5,151 peces.

Para determinar la variación de la naturaleza del borde de los otolitos, se empleó el sistema seguido por Dannevig (1933) en el bacalao Gadus callarias, cuya nomenclatura es como sigue:

o = zona opaca estrecha al margen que puede ser limitada a los extremos
O = zona opaca ancha al margen
h = zona hialina estrecha al margen
H = zona hialina ancha al margen.

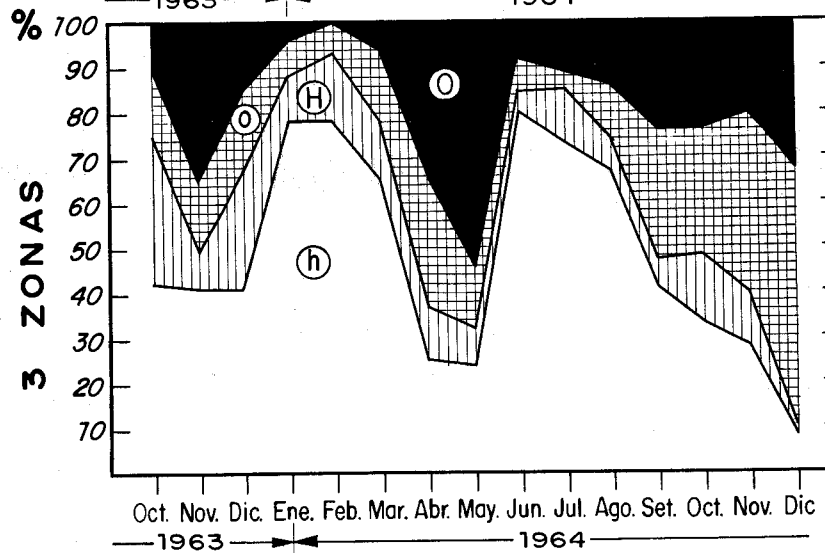
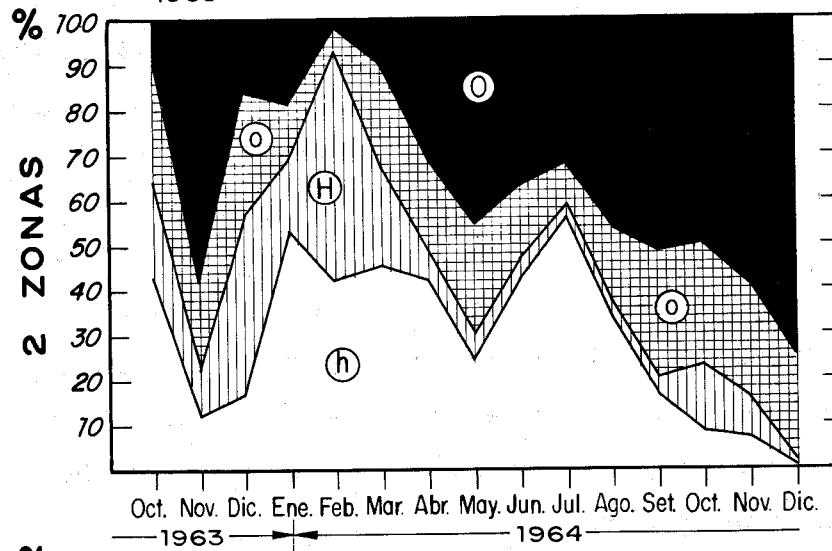
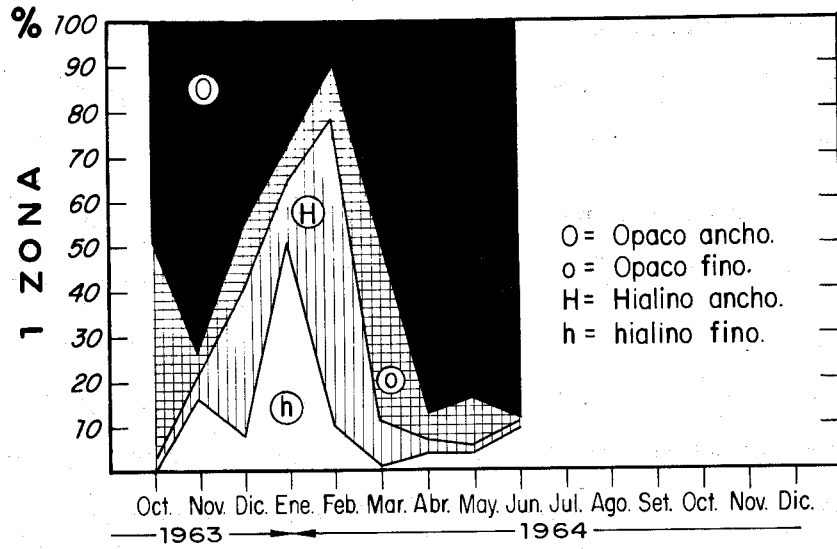
Aunque el sistema es aparentemente sencillo, en el caso de la anchoveta exige determinadas asunciones en la interpretación del material, así un otolito con un fino borde opaco de formación posterior al último anillo hialino se anotaría como o aún cuando este borde opaco esté rodeado de otro hialino mas o menos ancho, si se conceptúa que el opaco tiene aún marcada diferencia con el ancho característico de la banda opaca correspondiente a la posición que ocupa; pero lógicamente el criterio se uniformiza a través de la experiencia.

En el material observado el número de zonas de los otolitos varió de 0 hasta un máximo de 6 .

Como hemos hecho referencia en páginas anteriores, el grupo 0 se incluyó dentro del 1 para mayor simplicidad de la clasificación; los grupos entre 4 y 6 zonas fueron relativamente escasos y en ellos la interpretación de los cambios estructurales se haría sumamente compleja, por estas razones fueron descartados. En cambio los ejemplares con otolitos de 1 a 3 zonas se mantuvieron en la pesquería con marcada constancia y elevado porcentaje numérico.

Por ello, para los fines del análisis comparativo, el material se dividió en tres grupos de edad, es decir, en otolitos con 1, 2, y 3 zonas, como se aprecia en la figura N° 4 .

FIGURA No. 4



Distribución mensual de porcentajes de la naturaleza de los otolitos de "anchoveta"; por grupos de edad.

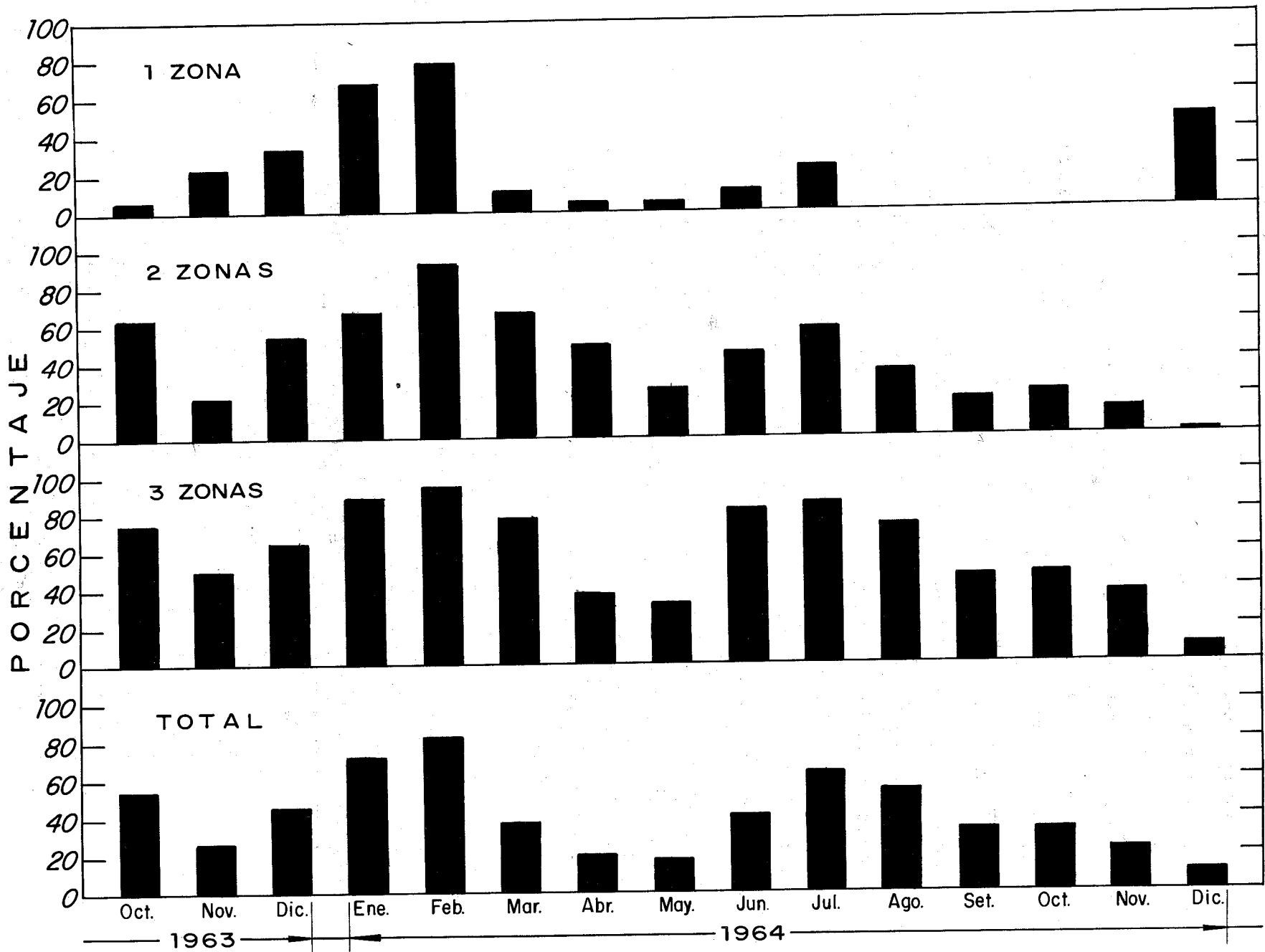
En cada uno de estos grupos el número de otolitos con márgenes hialinos, alcanzó su máximo en Enero - Febrero y Julio -Agosto, es decir, en Verano é Invierno.

El número de otolitos con márgenes opacos llegó a su máximo durante los meses de Mayo - Junio y Noviembre - Diciembre, es decir, en Otoño y Primavera.

Todos estos grupos independientemente del número de zonas muestran la misma alternancia en las características del borde como si reaccionaran si multáneamente y de manera igual a un factor causal común.

El cambio estacional de la naturaleza del borde de los otolitos, en las muestras, es claro e inequívoco y no deja lugar a dudas de la formación bi - anual de las zonas de los otolitos de anchoveta en el Callao.

Por cuanto puede resultar dificultoso seguir la secuencia con los 4 tipos de bordes establecidos, se ha simplificado la presentación de los datos, considerando sólo los bordes hialinos (h y H) conjuntamente en la Fig. N° 5, en ella se ha seguido igualmente el criterio de separar los otolitos por el número de zonas y también se presenta en la parte inferior de dicho gráfico, el conjunto del material.



Distribución mensual de los anillos hialinos por grupos de edad. Oct-Nov. 1963. Enero-Diciembre 1964 (Determinación de la estación en que se forman los anillos hialinos.)

La inspección de esta figura muestra más claramente la tendencia general ya anotada. Como una consecuencia puede deducirse que cada grupo de edad, ejemplares con igual número de zonas en sus otolitos, persiste sólo seis meses, criterio que debe tenerse en cuenta en el futuro para la identificación de las clases de edad. Sin embargo el grupo 1 abarca 9 meses porque también incluye en su etapa inicial a tres meses que corresponden al grupo 0 constituido por los peces más jóvenes que aparecen en la pesquería cuando la primera zona de los otolitos está parcialmente formada.

De acuerdo a todo lo expresado y si suponemos que las anchovetas ingresan a la pesquería alrededor de los 6 meses, podemos estimar que las ejemplares con otolitos de 0 a 5 zonas que componen la pesca comercial, estarán alrededor de los 6 meses y los 3 años de edad respectivamente. Dicha extensión de vida corta está en concordancia con lo conocido en otras anchovetas del género Engraulis.

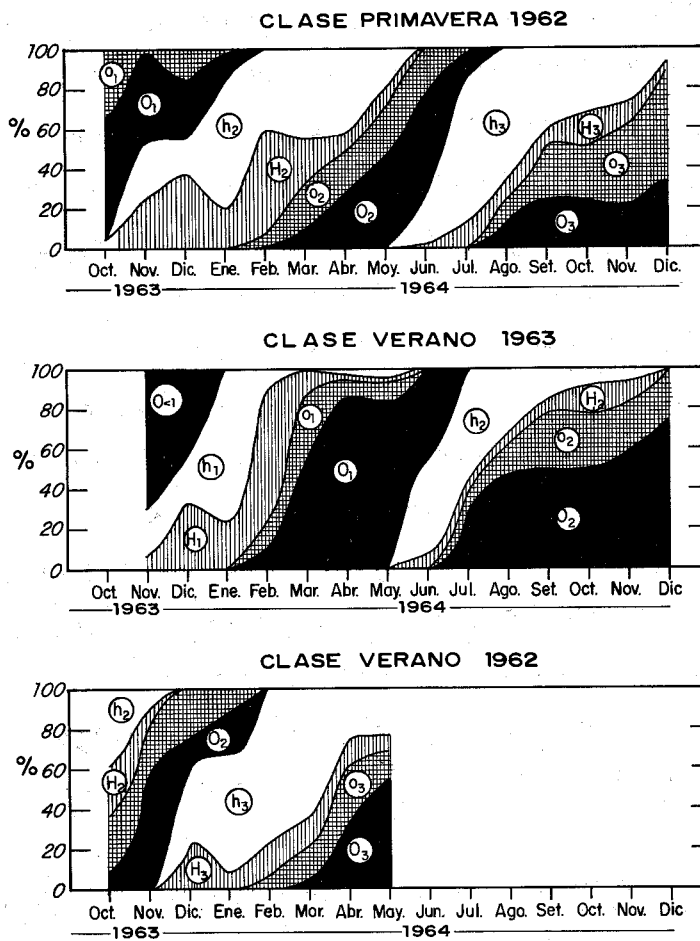
La composición percentilica promedio para Callao 1964 de los grupos de edad definidos por el número de zonas fué: Grupo 1 : 12.70%; Grupo 2 : 39.02%; Grupo 3: 39.41 %; Grupo 4: 7.99% y Grupo 5: 0.88%, lo que indicaría la fuerte dependencia de la pesquería de los grupos jóvenes . (Tabla N° 4).

T A B L A N ° 4
Composición de la Edad en Callao 1964

MESES	GRUPOS DE EDAD										TOTAL (des. Ileg.)
	1		2		3		4		5		
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	
Enero	63	15.03	178	42.48	162	38.66	14	3.34	2	0.48	419
Febrero	226	58.40	104	26.87	51	13.18	4	1.03	2	0.52	387
Marzo	105	23.86	237	53.86	84	19.09	13	2.95	1	0.23	440
1er. Trim.	394		519		297		31		5		
Abril	52	8.23	280	71.98	51	13.11	23	5.91	3	0.77	389
Mayo	27	7.40	209	57.26	95	26.03	32	8.77	2	0.54	365
Junio	16	4.13	221	57.11	137	35.40	11	2.84	2	0.52	387
2do. Trim.	75		710		283		66		7		
Julio	3	1.25	100	41.66	117	48.75	19	7.92	1	0.42	240
Agosto	-	-	41	17.98	149	63.35	30	13.16	8	3.51	228
Setiembre	-	-	39	16.74	143	61.37	45	19.31	6	2.58	233
3er. Trim.	3		180		409		94		15		
Octubre	-	-	88	21.94	240	59.85	66	16.46	7	1.75	401
Noviembre	-	-	83	23.78	229	65.61	36	10.32	1	0.29	349
Diciembre	59	17.15	52	15.12	190	55.23	41	11.92	2	0.58	344
4to. Trim.	59		223		659		143		10		
TOTAL	531	12.70	1632	39.02	1648	39.41	334	7.99	37	0.88	4182

Como una aplicación de los resultados obtenidos, en cuanto a cambio estacional de la naturaleza del borde, hemos intentado la identificación de las clases de edad presentes en la pesquería en el período correspondiente al material examinado, las mismas que se presentan en la Figura N° 6.

FIGURA No.6



Distribución de porcentajes de la naturaleza del borde de los otolitos de anchoveta. Callao, Octubre-Diciembre 1963 y Enero-Dic 1964

La asignación de cada clase se ha hecho teniendo en cuenta una posible relación con los ciclos de desove y los cambios periódicos observados en las características marginales de los otolitos; curvas suavizadas unen los porcentajes de distribución correspondientes al mismo tipo de borde. La inclinación de las curvas muestran el alto grado de simultaneidad en la formación de las zonas en la población y el área delimitada por las curvas dan idea del tiempo aproximado que transcurre para la formación total de cada zona o anillo.

5.2.1. Significado biológico del anillo hialino

Al hablar de los principios en que radica el método de usar las es estructuras esqueléticas para la determinación de la edad de los pe- ces, hemos dicho por una parte que, en forma general, las marcas o anillos son el reflejo de diferente tasa de crecimiento o del me- tabolismo durante ciertos períodos del año y por otra, que los pe- ces disminuyen en su crecimiento en otoño y mas aún en invierno, lo que nos lleva a admitir como consecuencia que los anillos hia- linos o ceses de crecimiento, se producen principalmente en invier no. Esto en cuanto a fenómeno general, pero, ¿Cómo se desarrolla este proceso en la anchoveta?

De acuerdo a nuestros registros de la naturaleza del borde de los otolitos hemos demostrado que la formación de los anillos es esta- cional y se produce dos veces al año; pero ¿cuál es su significa- do? ¿qué reflejan estos anillos? ¿indican cese de crecimiento, o se conectan a otros factores inherentes a la anchoveta o a su am- biente?

Saetersdal y Valdivia (1964) han mostrado que el crecimiento de la anchoveta disminuye hacia mediados del año, incrementándose en la primavera.

Podría suponerse entonces que un anillo hialino, el que se forma en Julio-Agosto, estuviese asociado o fuese coincidente con el ce se de crecimiento. Si esto es correcto, éste sería un verdadero a- nillo invernal que se formaría como consecuencia de una disminu- ción estacional en la tasa de crecimiento.

Que este anillo no puede ser marca de desove, quedaría demostrado por su presencia en Julio-Agosto, época que corresponde a pre desove y desove de la anchoveta, si el anillo fuese de desove su formación ocurriría posteriormente.

Este ciclo de crecimiento podría estar ligado a las variaciones de la temperatura de las aguas superficiales en el área de la costa o a las variaciones en la producción de fitoplancton (el cual constituye el alimento principal de la anchoveta).

FIGURA No. 7

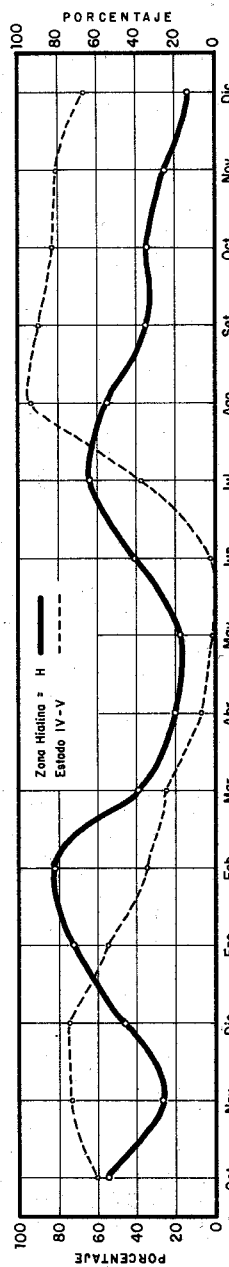
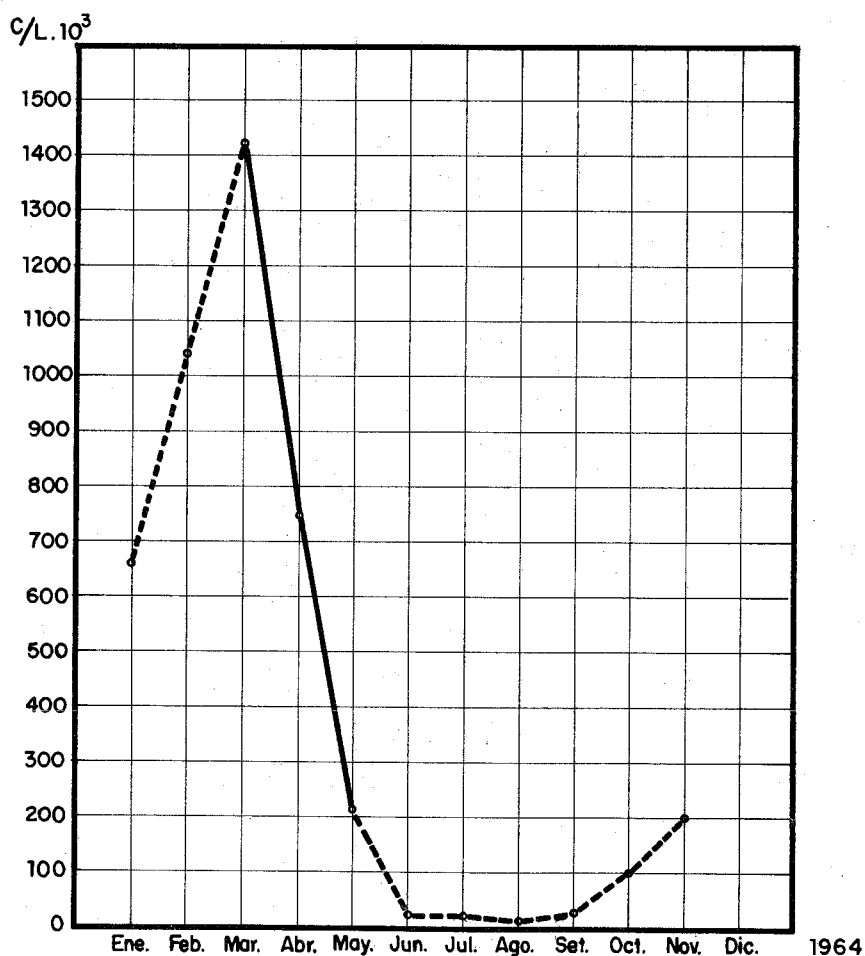


GRAFICO COMPARATIVO DE LA FORMACION DEL ANILLO HIALINO Y LA MADUREZ SEXUAL (ESTADO IV - V) CALLAO 1963 - 1964

El anillo que se produce en el verano puede ser una consecuencia del desove (Fig.7) en el cual el crecimiento podría continuar por corresponder a una época donde las mayores temperaturas tienden a elevar el metabolismo y por la abundancia de fitoplancton* (Fig. N° 8) que ocurre en esos meses no sería extraño que pueda producirse un rápido crecimiento en longitud del pez, aún a través del período de desove, pues ya se ha constatado que ocurre en las anchovetas y sardinas de California (Miller 1955), sin embargo cabe preguntarse, si este anillo o marca de verano, fuera de desove, ¿por qué se produce en los especímenes jóvenes inmaduros? Una posibilidad es que obedecería a un ritmo en el metabolismo vinculado al desarrollo gonadal.

FIGURA No. 8



FITOPLANCTON - LINEA SAN LORENZO NIVEL 10 MTS.

*Datos y gráfico proporcionados por la Sección de Fitoplancton (IMARPE)

5.3. Comparación de la interpretación de la edad y crecimiento basada en los otolitos con el método de composición de longitudes.

Aunque es conocido que los métodos de lectura directa, como el de otolitos ofrecen resultados más precisos y de mayor garantía, sobre la determinación de la edad de los peces, que el de composición de longitudes que sólo es aplicable a los peces jóvenes, es conveniente examinar la concordancia entre los dos métodos. Saetersdal y Valdivia (1964) por medio de la composición de longitudes de la anchoveta, basada en compilaciones de muestras mensuales y en agrupaciones selectivas por tamaños modales, han podido separar grupos juveniles, que muestran evidencias de cambios regulares del tamaño modal con el tiempo, de los otros grupos modales de peces adultos, mayores de 14 cm., probablemente de edad heterogénea según estos autores. Dicho sistema lo aplican para separar las clases de reclutas (todos los peces que tienen el origen común en un período de desove) y medir el reclutamiento, ya sea en base de la abundancia modal del grupo de peces jóvenes durante los meses en que por primera vez entraron a la pesquería o por la abundancia total del grupo, usando un límite probable de tamaño superior en cada mes, para separar a los nuevos reclutas de los del año anterior.

Este último método ha sido seguido en el trabajo de Boerema et al (1967) y los límites de tamaño escogidos para identificar los grupos de reclutamiento se dan en la tabla II del anexo del mismo trabajo.

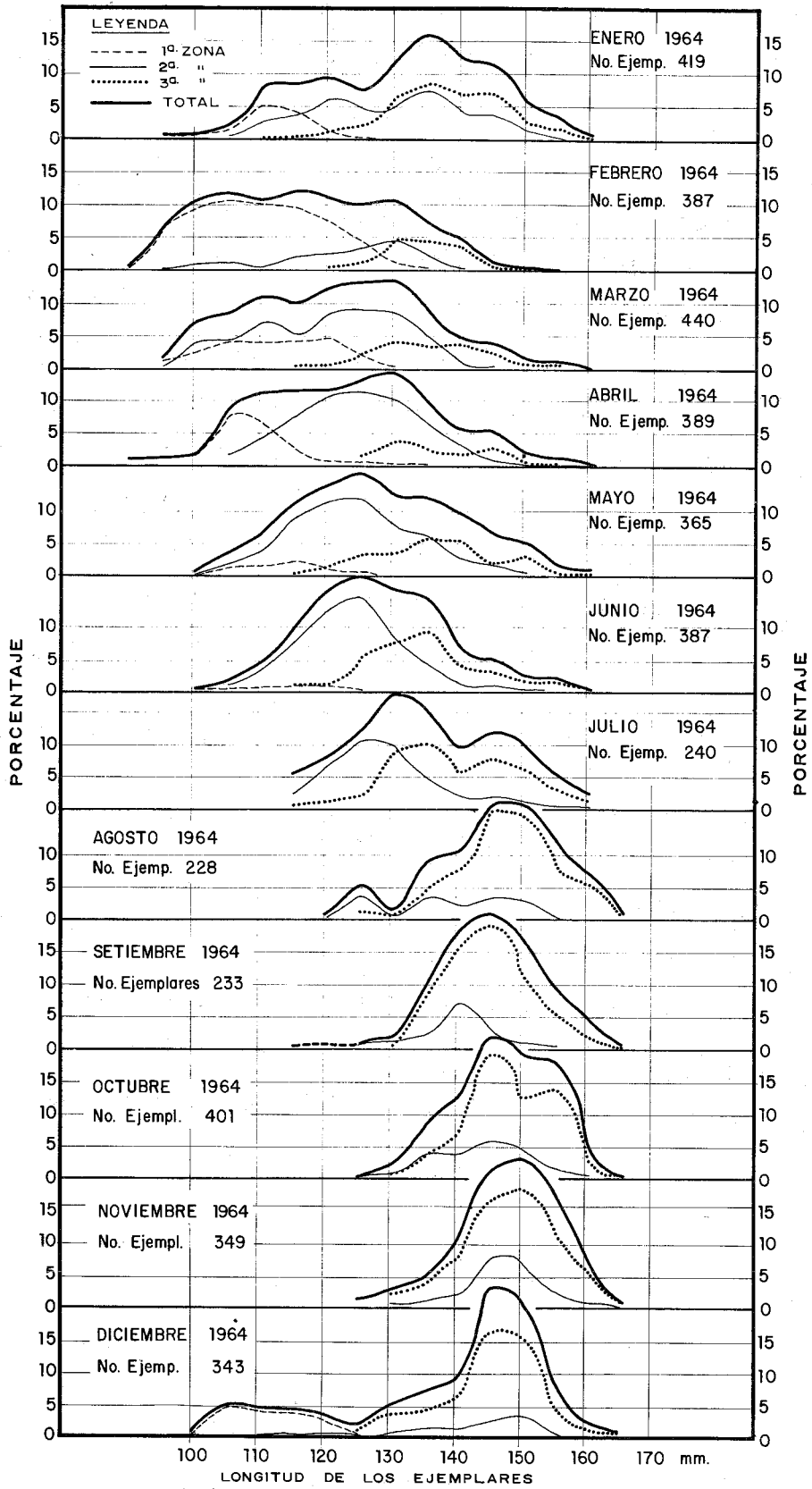


FIG. No. 9.- Distribucion de longitudes de las muestras comparada con el numero de zonas en los otolitos. CALLAO 1964.

En la Fig. N° 9 se ha graficado mensualmente la distribución de longitudes de cada grupo de edad, identificado por el número de zonas encontrados en los otolitos, así como la correspondiente al conjunto de ejemplares muestreados para dicha identificación en Callao durante 1964.

Para facilitar la comprensión sólo se ha graficado la distribución de los tres primeros grupos; pero en las tablas N° 4 y 5 aparecen respectivamente la composición mensual de todos los grupos presentes en las muestras y la distribución del número de zonas y longitud pez en 1964.

T A B L A N° 5
DISTRIBUCION TAMAÑO/GRUPO DE EDAD

Grupos de Edad :	1		2		3		4		5	
Longitud por m m.	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
85										
90	3	0.56	3	0.18						
95	32	6.03	8	0.49						
100	57	10.73	28	1.72	1	0.06				
105	98	18.45	67	4.10						
110	107	20.15	115	7.05	1	0.06				
115	105	19.77	163	9.99	11	0.67				
120	79	14.88	227	13.91	22	1.33				
125	36	6.78	259	15.87	76	4.61	3	0.90		
130	10	1.88	219	13.42	167	10.13	4	1.20	1	2.70
135	3	0.56	185	11.39	224	13.59	18	5.39	1	2.70
140	1	0.20	117	7.17	242	14.68	41	12.27	4	10.81
145			118	7.23	372	22.57	79	23.65	8	21.62
150			84	5.15	287	17.42	95	28.44	8	21.62
155			28	1.71	174	10.56	64	19.16	12	32.43
160			10	0.61	61	3.70	27	8.08	3	8.11
165			1	0.06	10	0.60	3	0.90		
170										
175										
TOTAL	531	99.99	1632	99.99	1648	99.98	334	99.99	37	99.99
\bar{X}	111		127		142		148		149.00	
% del Total	531 = 12.70		1632 = 39.02		1648 = 39.41		334 = 7.99		37 = 0.88	
							TOTAL = 4,182			

Se supone que los distintos grupos encontrados en la distribución de longitudes de las muestras mensuales en la figura sean producidos por los diferentes grupos de edad. El grupo de peces pequeños presentes en Enero corresponde a los reclutas de 1964, que aparecen en la captura de esa época.

En la Tabla II de Boerema et al (1967) vemos que la clase recluta 1964 se identifica entre Enero y Setiembre, con límites de tamaño que fluctúan entre 12.5 y 14.5 cm. con valores mensuales sucesivos de 12.5, 12.5, 13.5, 14.0, 14.0, 14.0, 14.5, 14.5, 14.5 cms., límites de tamaño que en lo general son bastante aproximados a los que se observan en la distribución mensual de longitudes del conjunto muestreado para estudios de edad. En la Fig. 9 apreciamos que el grupo 1 de otolitos con una zona, equivalente a la clase recluta 1964 sigue mensualmente en forma bastante estrecha los valores anotados en la Tabla II mencionada, hasta el mes de Mayo, desde Junio hasta Setiembre los valores de tamaño anotados se corresponden con los del grupo 2, (Fig. N°9) lo que estaría de acuerdo con nuestros resultados en 5.2, que la adición de una zona se produce aproximadamente en Junio, o sea que el grupo 1 pasaría a ser grupo 2 en esa época. La confrontación no puede ir más allá, ya que después de Setiembre, el grupo 2 declina.

Lo que se interpretaría como que en este material el agrupamiento en la distribución de longitudes está en concordancia con el número de zonas encontradas en los otolitos especialmente en los grupos más jóvenes.

Las excepciones a esta regla, pueden ser fácilmente explicadas, por el hecho que en una población de peces hay una cierta dispersión en la época de formación de las zonas.

Por otra parte se aprecia que el conjunto de peces mayores que 14 cms., que Saetersdal y Valdivia (1964) engloban como adultos de edad heterogénea, comprendería de acuerdo a nuestras distribuciones una pequeña porción de peces del grupo 2 (edad aproximada 1 1/2 año), una gran mayoría de peces del grupo 3 (edad aproximada 2 años) y una pequeña parte de los grupos de 4 y 5 (edad aproximada 2 1/2 a 3 años) (tablas

4 y 5). En una inspección general de la Tabla N° 5 se puede observar el amplio rango de tamaños que comprende cada grupo de edad, dispersión muy explicable por el amplio período de desove que caracteriza a la anchoveta. El valor promedio de tamaño encontrado en 1964 para el grupo 1 fué algo mas de 11 cms. y el grupo 2 estuvo cercano a 13 cms. Dichos valores están bastante próximos a los dados por Saetersdal y Valdivia.

Todas las constataciones citadas pueden interpretarse como un argumento a favor de la validez del método de la lectura de otolitos para determinación de la edad de la anchoveta; pero los resultados deben ser consolidados. Un trabajo más elaborado sobre el modelo de crecimiento de la anchoveta, actualmente en preparación, dará más luz sobre los valores definitivos en este último aspecto.

6.- REFERENCIAS.

- Barreda, M. 1953.- Un método científico para estudiar la edad y crecimiento de los peces. Bol. Cient. Cia. Adm. Guano, 1(1) : 51-62
- Blackburn, M. 1950.- A biological study of the anchovy *Engraulis australis* (White), in Australian Waters, Aust. Jour. Mar. and. Fresch. Res., 1(1) : 3-84.
- Boerema, L.K. et al. 1967.- Informe sobre los efectos de la pesca en el recurso peruano de anchoveta. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, 1 (4) : 133-188.
- Clark, F. y J. B. Phillips. 1952.- The northern anchovy (*Engraulis mordax mordax*) in the California Fishery. Calif. Fish and Game, 38(2) : 189-207.
- 1954.- Biología de la anchoveta. Bol. Cient. Cia. Adm. Guano, 1(2) : 98-132 (Traducido por Enrique Avila).
- Chirinos de Vildoso, A. y E. Chumán. 1966.- Variaciones en el crecimiento de la anchoveta estudiada por medio de la medida de sus otolitos. Ter. Sem. Latinamer. O. Pacif. Oriental pp. 145-150 U.N.M. S.M. Lima, Perú.
- Dannevig, A. 1933.- On the age and growth of the Cod (*Gadus callarias* L.) from the Norwegian Skagerrack coasts. Rep. Norw. Fish and

- Mar. Inv., 4(1) .
- Jordán, R. 1959.- Observaciones sobre la biología de la anchoveta. (*Engraulis ringens* J.) de la zona pesquera de Huacho, Bol. Cia. Adm. Guano, 35(11) : 1-22.
- Landa, A. (manuscrito).- Datos sobre la migración, madurez, variaciones merísticas y determinación de edad de la Anchoveta Peruana en Chimbote 1951-1953.
- Lee, R. 1920.- A review of the methods of age and growth determinations in fishes by means of scales. Eng. Min. Agric. and Fish; Fishery Invest. , Ser. 2, 4(2) : 1-32.
- Miller, D. 1955.- Studies relating to the validity of the scale method for age determination of the northern anchovy (*Engraulis mordax*) Calif. Fish and Game, Fish Bull. , 101: 7-36
- Saetersdal, G. y J. Valdivia 1964.- Un estudio del crecimiento, tamaño y reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) Bol. Inst. Invest. Recur. Mar., Callao, 1(4) : 85-136 .
- Stoianov, L. 1961.- Etat du stock de l'anchois de la Mer Noire, pêché devant le littoral bulgare pendant le période 1952-1960, Izv. nauch-izsled. Inst. Rib. Varna, (1): 1-58.
- Van Oosten, J. 1929.- Life history of the lake herring (*Leucibhthys ardeti* Le Sueur) of Lake Huron as revealed by its scales, with a critique of the scale method, U.S. Bur. Fish., Bull., 44: 265-428.