UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE PESQUERIA.

Edad y crecimiento de *Mugil cephalus* "lisa" de la Región La Libertad, 2012.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE BIOLOGO PESQUERO

AUTORA: Br. YARHA VANESSA SOLANO RAMIREZ

ASESORA: ZOILA CULQUICHICON MALPICA

TRUJILLO - PERÚ 2014

DEDICATORIA

A Dios, mi motor y mi esperanza, a quien le debo todo, quien me ayuda y me esfuerza cada día para seguir adelante, quien está a mi lado pese a todas las circunstancias, el único fiel.

A mis padres, con mucho amor y gratitud por su esfuerzo, sacrificio y su apoyo incondicional brindado en todo tiempo, por sus palabras de aliento, consejos, paciencia y sobre todo por su gran amor.

A mi querida abuela, Isabel, una persona muy especial a quien quiero mucho y a mis hermanos Suly y Roberto, quienes han estado conmigo siempre, acompañándome en cada paso.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas sus bendiciones, quien me ha ayudado a llegar hasta aquí y quien me guía a toda verdad.

Al Instituto del Mar del Perú (IMARPE-HUANCHACO), por las facilidades otorgadas en la proporción de información, equipos y muestras para la realización de este trabajo de investigación.

Agradezco de una manera muy especial al Blgo. Carlos Goicochea Vigo, por su asesoramiento, paciencia, enseñanza, disponibilidad pese a su limitado tiempo y sobre todo por su amistad para conmigo.

A la Dra. Zoila por su orientación, asesoramiento, formación académica durante los años de estudio y consejos brindados, que fueron de mucha ayuda.

A mis amigos, que con cada palabra estuvieron alentándome y animándome y a todos aquellos que hicieron posible la culminación de este trabajo con éxito.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dr. ORLANDO VELÁSQUEZ BENITES

Rector

Dra. VILMA JULIA MÉNDEZ GIL

Vicerrectora Académica

Dra. Flor Marlene Luna Victoria Mori

Vicerrectora Administrativa

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. JOSE MOSTACERO LEON

Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas

Ms.C. LUIS ANGELO LUJAN BULNES

Director de la Escuela Académico Profesional de Pesquería

Dra. Alina Zafra Trelles

Jefa de Departamento de Pesquería

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado dictaminador:

En cumplimiento con las disposiciones vigentes de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, pongo a vuestra disposición el informe de tesis titulado: Edad y crecimiento de *Mugil cephalus* "lisa" de la Región La Libertad, 2012**.** Siendo uno de los requisitos indispensables para obtener el Título Profesional de Biólogo Pesquero.

Trujillo, Diciembre del 2014

YARHA VANESSA SOLANO RAMIREZ

Bachiller En Ciencias Biológicas

DEL ASESOR

La que suscribe, asesora del informe de Tesis, certifica que ha sido desarrollada de conformidad con los objetivos propuestos y que el informe ha sido revisado y acoge las observaciones y sugerencias alcanzadas por los miembros del jurado.

Por lo tanto, autorizo a la Br. YARHA VANESSA SOLANO RAMIREZ, para continuar con el trámite correspondiente.

DRA. ZOILA CULQUICHICON MALPICA

MIEMBROS DEL JURADO

……..

Dr. Roger Alva Calderón

Presidente

……..

Dra. Bilmia Veneros Urbina

Secretaria

……

Dra. Zoila Culquichicón Malpica

Vocal

INDICE

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO iv

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS iv

PRESENTACIÓN vi

DEL ASESOR vii

MIEMBROS DEL JURADO viii

INDICE ix

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCION 1

MATERIAL Y METODOS 7

RESULTADOS 17

DISCUSION 29

CONCLUSIONES 35

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 36

ANEXOS 42

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la edad y crecimiento de *Mugil cephalus* “lisa”. Los especímenes fueron colectados en los Puertos de la región La Libertad (Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry, Pto. Morín) durante el 2012. La edad fue determinada mediante la lectura e interpretación de los anillos de crecimiento de los otolitos sagita. La muestra estuvo constituida por 358 otolitos (169 correspondieron a machos y 189 a hembras). Se estimaron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy mediante el programa *Table Curve 2D V5.01,* siendo el crecimiento en longitud: $Lt = 48{,}08\ (1-e^{(-0{,}3233*(t-0{,}2284))})$ y el crecimiento en peso: $Wt = 1159{,}37\ (1-e^{(-0{,}3233(t-0{,}2284))})^{2{,}722}$, no encontrándose diferencias significativas entre sexos. Asimismo se elaboró la clave talla-edad. Del análisis se encontraron 5 grupos de edad (2-6), de los cuales predominaron los grupos de 2 y 3 años. El análisis de borde e incremento marginal permitieron comprobar que la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento es anual con un pico máximo en julio.

Palabras clave: *Mugil cephalus*, lisa, edad, crecimiento, otolitos, sagita.

ABSTRACT

The research was conducted to determine the age and growth of *Mugil cephalus* "lisa". The specimens were collected in the ports of the region La Libertad (Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry, Pto. Morín) during 2012. The age was determined by reading and interpretation of the growth rings of sagittal otoliths. The sample consisted of 358 otoliths (169 corresponded to males and 189 females). Growth parameters of von Bertalanffy using Table Curve 2D V5.01 program being estimated: growth in length $Lt = 48{,}08\ (1-e^{(-0{,}3233*(t-0{,}2284))})$, growth weight $Wt = 1159{,}37\ (1-e^{(-0{,}3233(t-0{,}2284))})^{2{,}722}$ no significant differences between sexes. The age-length key was developed. The analysis showed five age groups (2-6), which dominated groups 2 and 3 years were found. The analysis edge and marginal increase allowed checking that the periodicity of formation of annual growth rings is peaking in July.

Keywords: *Mugil cephalus*, lisa, age, growth, otoliths, sagitta.

INTRODUCCION

El área marina frente a la costa peruana presenta características muy particulares a la de otros mares, originadas principalmente por el complejo sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales, asociadas a la variación zonal y temporal de los afloramientos costeros, los mismos que son favorecidos por la intensificación de los vientos alisios del sur (Morón, 2000).

El ecosistema de afloramientos de la costa peruana se caracteriza por su alta variabilidad debido a la ocurrencia de eventos cálidos (El Niño) y eventos fríos (La Niña), que inciden en la intensidad del afloramiento, afectan la dieta, sobrevivencia larval, mortalidad y disponibilidad de los recursos pesqueros. Por tanto las estimaciones mensuales de los principales parámetros biológico-pesqueros constituyen una información valiosa para el conocimiento de la dinámica poblacional de los recursos marinos vivos (González, 2001).

El mar peruano reúne lo mejor de dos mundos naturales: la biodiversidad del mar tropical al norte y la inusual productividad del mar frío al centro y sur. Y es que, pese a su latitud tropical, la corriente marina peruana está conformada por aguas frías (13ºC - 17ºC) cargadas de plancton producto del afloramiento costero, es decir del ascenso de aguas frías y nutrientes del fondo marino, que sustentan la mayor productividad pesquera mundial. La costa norte es muy diferente. La corriente tropical tiene temperaturas superiores a 20 grados que condicionan la existencia de especies totalmente distintas y ecosistemas como los manglares que tienen aquí su límite sur de distribución en el Pacífico oriental (WWF, en línea).

González (2001) también afirma que en la mayoría de los países en desarrollo las pesquerías artesanales constituyen una actividad importante para obtener una de las principales fuentes de proteínas animales y para promover empleo. La pesca artesanal en esos países representa casi la mitad de la captura mundial del pescado para consumo humano directo, pero sólo en los últimos años las organizaciones nacionales e internacionales han empezado a mostrar más interés por ese sector.

Ganoza *et al.* (1996) mencionan que en el litoral peruano, la pesquería artesanal es una actividad de gran importancia, caracterizada por la diversidad de flotas, de especies y de pescadores. La extracción de peces costeros tales como cabinza, lorna, machete, pejerrey y lisa es realizada básicamente por la flota artesanal, para abastecer el consumo humano directo.

Mugil cephalus "lisa" se caracteriza por ser una especie costera que habita en fondos arenosos, areno-fangosos, ríos, lagunas y estuarios. Forma cardúmenes y nada siempre a poca profundidad, por lo que es presa fácil de la pesca. Presenta migraciones, remontando los ríos y retirándose hacia el mar a una distancia variable del litoral para desovar (IMARPE, 2008). Asimismo presenta gran adaptabilidad para vivir y alimentarse en medios turbios y salobres, siendo un excelente filtrador de plancton y materiales orgánicos, considerándose entre las especies aptas para cultivos acuícolas (Gonzales, 2001). Esta especie se distribuye desde Bahía de San Francisco (EE.UU) a Valdivia (Chile) e Islas Galápagos. También se le encuentra presente en las aguas costeras de los Océanos Atlántico e

Índico. Es una especie de amplia distribución que se localiza entre los 42°N y 42°S (Chirichigno y Cornejo, 2001).

La determinación de la edad y crecimiento en los peces es un paso fundamental en la elucidación de la biología de las especies y para una adecuada ordenación pesquera. Los parámetros determinados a partir de la edad (mortalidad, crecimiento, etc.) son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizados con el análisis de pesquerías. De los estudios de edad pueden ser determinados otros datos básicos, como: la estructura de edad de la población, edad de primera madurez, frecuencia de freza, las respuestas individuales y poblacionales frente a cambios en el hábitat, éxito del reclutamiento, etc. Además los datos de edad y crecimiento permiten determinar los cambios en la población causados por las tasas de explotación (FAO, 1992).

La edad puede determinarse por medio de uno o varios de los siguientes métodos: análisis de frecuencias de tallas, siguiendo la progresión a lo largo del tiempo de las modas identificables en las clases de talla; estima directa, por mediciones directas de la tasa de crecimiento de algunos ejemplares y extrapolación al total de la población. La estima directa puede llevarse a cabo por seguimiento de crecimiento de peces de edad conocida mantenidos en cautividad; método anatómico, enumeración de las marcas rítmicas de crecimiento formadas en los tejidos duros, tales como escamas, otolitos, vértebras, espinas y huesos urohiales. En cada caso, el método a aplicar dependerá de las características de la población estudiada y de los datos disponibles, así como del costo y de los medios técnicos. Estos métodos anatómicos permiten determinar con relativa facilidad la

edad y crecimiento, sin embargo tanto en el caso de estudios con anillos como con incrementos, la periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento no puede darse por supuesta, debe ser determinada para una de las clases de edad de la población a estudiar (FAO, 1992).

Tresierra y Culquichicón (1993) mencionan que los otolitos están compuestos principalmente de cristales en forma de aguja de carbonato de calcio irradiándose hacia afuera en tres dimensiones, desde el núcleo y pasando a través de una red de material orgánico. El número corto de estos y su individualidad en los teleósteos, hacen que sean de suma utilidad para determinar la edad, utilizándose generalmente para ello, las **sagitas** que son denominados comúnmente como otolitos. Debido a que las larvas de peces deben estar capacitadas para orientarse por sí mismas en relación a su ambiente inmediatamente después de la eclosión, es probable que el inicio del otolito esté ya presente en el pez en este tiempo. Otolitos bien formados son observados en postlarvas de peces de 15-20 mm de longitud total, y la formación de lo que eventualmente será visto como el núcleo del otolito está muy favorablemente en camino de este estadio.

Las investigaciones más recientes han utilizado otolitos para la determinación de edad, Ibañez y Gallardo (1996) en el estudio de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en la laguna de Tamiahua (Veracruz) reportan que durante cada año se deposita una banda de crecimiento lento, permitiendo que la estimación de la edad basada en el número de bandas de los otolitos sea válida para ambas

especies de mugílidos. Además identificaron cinco y seis grupos de edad, respectivamente a través del análisis del anillo de crecimiento en los otolitos.

En el estudio de juveniles *Mugil curema* en el estero "El Conchalito" (México) realizado por López (2000), se encuentra que estos que se incorporan al estero presentan altas tasas de crecimiento y durante su estadía (70 días en promedio), la tasa de crecimiento disminuye pero aumenta la supervivencia.

Un análisis de la microquímica en los otolitos de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en aguas costeras mexicanas muestra que ambas especies permanecen la mayor parte de sus vidas en aguas salobres de salinidad variable y que pasan un periodo corto en aguas marinas, además se valida la determinación de la edad con la deposición del anillo anual (Ibañez *et al*. ,2012).

Una nueva aplicación del análisis de las estructuras de crecimiento en los otolitos fue desarrollado por Panella (1971), quien demostró que las capas concéntricas observadas a nivel microscópico eran formadas diariamente. Los incrementos de crecimiento diario ofrecen un campo de estudio de altas posibilidades y aplicaciones. Actualmente se sabe que existe la formación de incrementos diarios de crecimientos en otolitos de larvas de peces de agua dulce y marinos, especies con distribución desde los polos a zonas tropicales (Stevenson y Campana, 1992). López (2000) menciona que el análisis de esos incrementos ha demostrado su utilidad en la determinación de la edad, identificación de periodos de estrés, evaluación del crecimiento individual y estimación de la fecha de nacimiento de las larvas de peces.

En el presente trabajo se utilizaron otolitos de *Mugil cephalus* para interpretar sus anillos de crecimiento y determinar la edad de los individuos colectados durante el 2012 en la Región La Libertad. Asimismo se estimaron los parámetros de crecimiento en longitud y peso y se elaboraron las curvas respectivas, se elaboró la clave talla-edad y se determinó el incremento marginal.

MATERIAL Y METODOS

Muestreo biológico

El material biológico de *Mugil cephalus* “lisa” procede de las capturas realizadas frente a las caletas de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry y Pto. Morín (Región La Libertad) durante el año 2012 como parte del seguimiento de la pesquería demersal y costera del Laboratorio Costero de Huanchaco (IMARPE).

En el laboratorio se realizaron muestreos biométricos y biológicos donde se registró la longitud total en cm (LT) utilizando un ictiómetro de aluminio graduado hasta 60cm, el peso total (PT) y peso eviscerado (PE) en gramos utilizando una balanza de 0.01gr de sensibilidad marca *Kern*, además de la identificación del sexo. Los muestreos se realizaron quincenalmente.

Colecta de los otolitos

Utilizando una tijera quirúrgica se hizo un corte en la parte ventral de la cabeza del pez para separar las branquias y exponer la cámara ótica, después de hacer una incisión en la zona central de dicha cámara, ésta se partió utilizando los dedos y la tijera como palanca para exponer los otolitos y extraerlos con una pinza de punta fina (Fig.1).

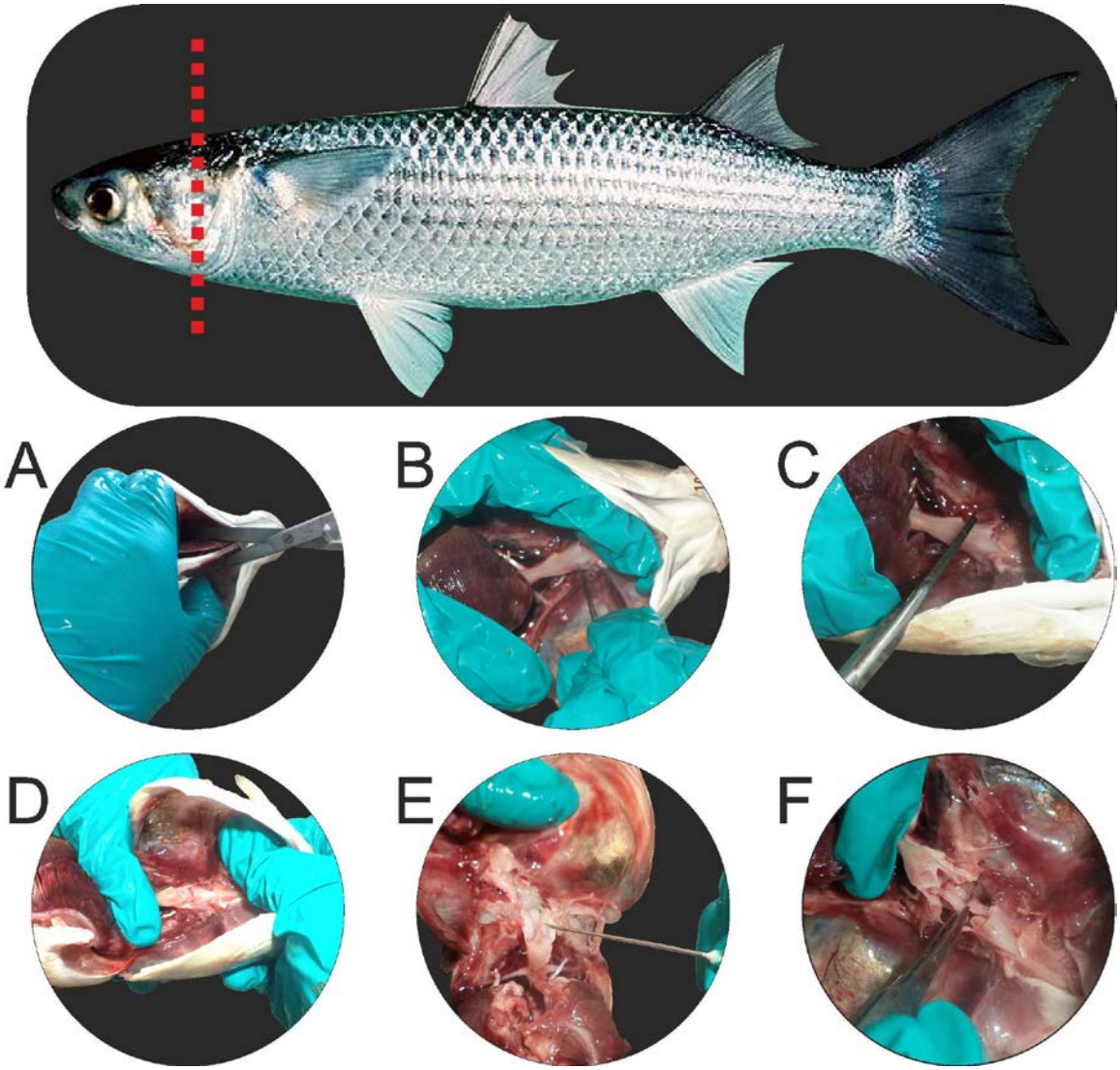


Figura.1: A. Corte de las branquias B. Exposición de la cámara ótica C. Corte de la cámara ótica D. Rotura de la cámara E. Otolitos expuestos F. Extracción de los otolitos

Limpieza

Una vez extraídos los otolitos (sagitas), fueron lavados con agua de caño y limpiados con un paño húmedo para quitar el tejido conjuntivo que los cubría.

Conservación

Los otolitos fueron conservados secos en cartones otoliteros debidamente rotulados.

Selección de la muestra

La muestra total de otolitos de lisa colectada durante el año 2012 fue de 915pares. De los cuales se utilizó una submuestra de 358 seleccionados al azar (dos individuos por intervalo de talla, por sexo y mes de colección) y estratificados a la talla, de los cuales 169 correspondieron a machos y 189 a hembras. El rango de tallas varió entre los 23 y 42 cm en hembras y 24 y 39cm en machos.

Lectura y medida de los anillos

Para su lectura, estos fueron limpiados una vez más con agua y detergente haciendo uso de un cepillo dental, frotándolos y enjuagándolos, para evitar impurezas en la estructura, asimismo fueron sumergidos unos minutos en alcohol, para mejorar la visión de los anillos. De la misma forma la observación se realizó estando los otolitos sumergidos en alcohol dentro de una placa petri con fondo negro utilizando luz reflejada,siendo las zonas opacas de color lechoso y las hialinas de color oscuro (Fig.7).

Las observaciones fueron realizadas con un estereoscopio marca LEICA con cámara digital y analizador de imágenes, con un aumento de 10x (Fig.2).

Figura.2: Analizador de análisis utilizado para la observación de otolitos de lisa.

Se midieron los anillos de crecimiento a partir del núcleo al borde externo del anillo por la cara externa de la zona posterior (Fig.3). Asimismo se registró el tipo de borde del otolito (hialino u opaco) que ayudó a inferir la edad del pez.

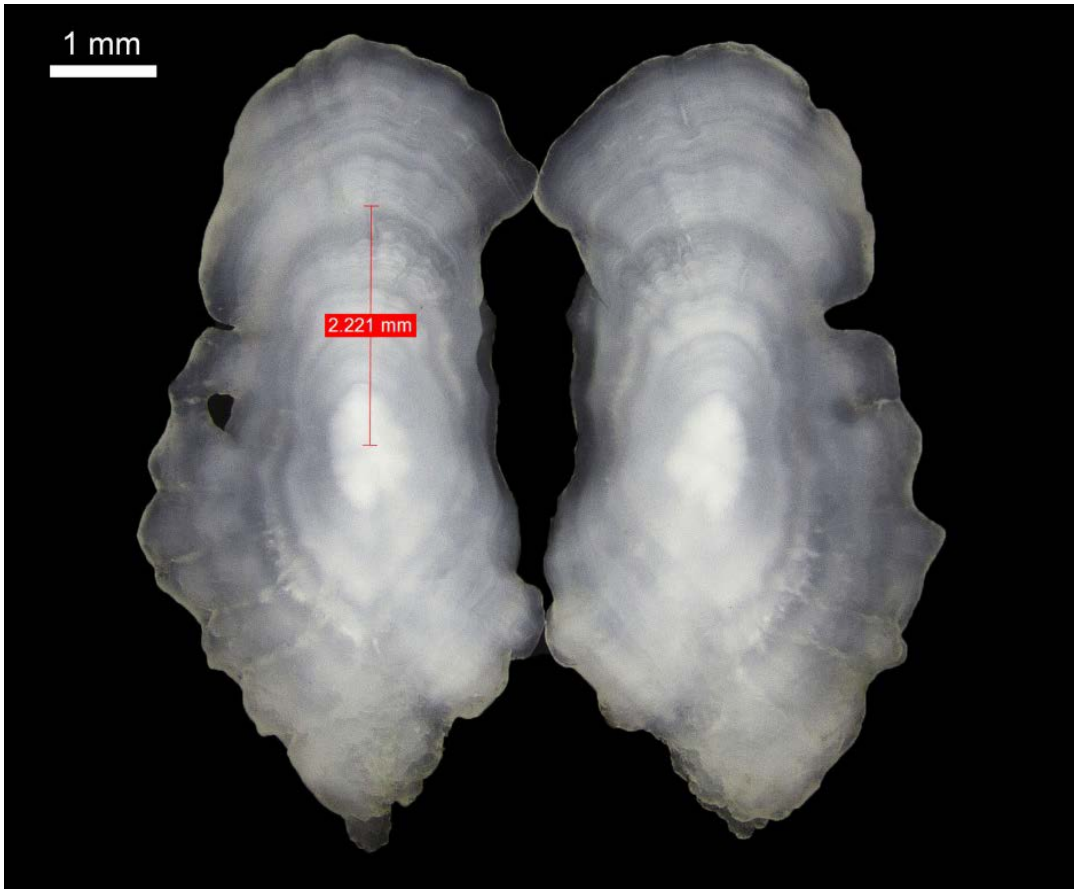


Figura3: Medición de los anillos de crecimiento.

Quemado

Se procedió a realizar el quemado de aquellos otolitos ilegibles; para esto se utilizó un mechero con alcohol. El otolito fue expuesto a la llama sobre un cuchillo, retirándose cuando se puso de color café tostado (Fig.4, 5). La ventaja de este método es que permite identificar el núcleo del otolito y descartar los anillos falsos, clarificando el verdadero anillo anual (Fig.6).

Figura4, 5: Quemado del otolito de lisa.

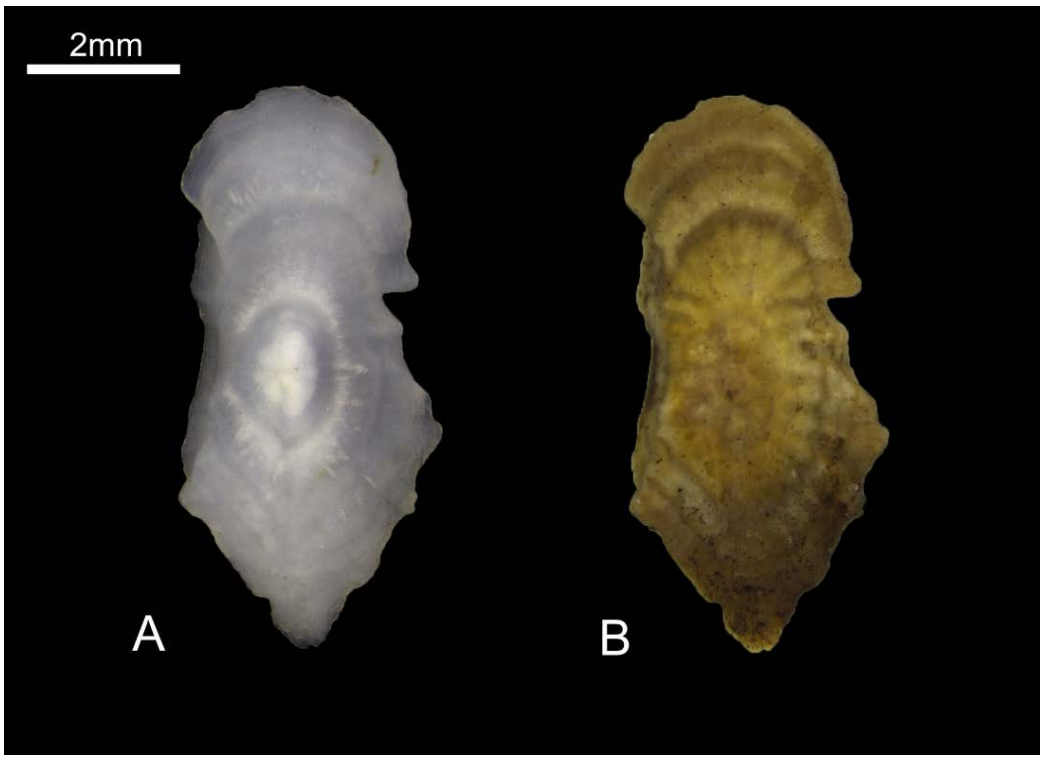


Figura6: A=Otolito antes de ser quemado, B=Otolito después de ser sometido al proceso de quemado. Lisa de 3años de edad de 31cm de longitud total.10x.

Patrón de formación de los anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento tienen una formación periódica y se caracterizan por estar bien marcados y presentar un grosor y distancia al núcleo bien definido, esto es de acuerdo al individuo. Los anillos de crecimiento están compuestos por una zona opaca y una hialina equivalente a un año de vida. En algunos casos se presentó el primer anillo bien marcado cerca al núcleo, pero fue descartado por que a través de análisis de microincrementos correspondía a una formación de un anillo semestral (Goicochea, comunicación personal, Anexo1).

Tratamiento de datos / análisis

Para determinar diferencias en el crecimiento entre hembras y machos, se realizó un Test estadístico para pendientes (Sokal y Rohlf 1990) de la siguiente manera:

1. Planteamiento de las hipótesis:

   H_o : $a_1 = a_2$; $b_1 = b_2$

   H_1 : $a_1 \neq a_2$; $b_1 \neq b_2$

2. Nivel de significancia: 0,05

3. GL = n1 + n2 - 4

4. Fórmula t calculado:

$$t_{cal} = \frac{(b_1 - b_2)}{S * (b_1 - b_2)}$$

Dónde:

- t es el valor observado
- $(b_1 – b_2)$ las pendientes de las regresiones de las muestras 1 y 2
- S es la desviación estándar.

5. $t_{tabla} = 1{,}96$

6. Decisión:

$t_{cal} \leq t_{tabla}$: Se acepta H_0

$t_{cal} \geq t_{tabla}$: Se acepta H_1

Con la interpretación de los anillos de crecimiento y el tipo de borde se asignó el grupo de edad y se elaboró la clave talla-edad para machos y hembras, haciendo una sumatoria de los ejemplares de cada estrato:

$$Nx = \Sigma P_{l(x)} N_l$$

Dónde:

- Nx es el número de ejemplares en el grupo de edad x
- Nl es el número total de ejemplares en el intervalo de longitud
- Pl es la proporción de ejemplares en el intervalo de longitud para la edad x

Para caracterizar el crecimiento del pez en función a la edad, se aplicó el modelo de von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1997):

$$Lt = L\infty \, (1-e^{(-k*(t-t_0))}) \qquad (1)$$

Dónde:

- L_∞ es la longitud asintótica
- K es la tasa a la cual LT se acerca a su asíntota
- LT es la longitud total del pez en el tiempo t
- t_o es la edad hipotética a la longitud 0

Para estimar los parámetros de crecimiento se hizo uso de uso del programa *Table Curve 2D V5.01* para lo cual se tomaron como datos de entrada la edad y la longitud del pez.

Para estimar el crecimiento en peso en relación a la edad se procedió de la siguiente manera:

Se halló la relación longitud del pez con el peso total del pez (Csirke, 1980):

$$Wt = q^* (Lt)^b \qquad (2)$$

Dónde:

- q es llamado factor de condición y
- b es la variable que se utiliza cuando el pez no tiene un crecimiento isométrico

Luego se obtuvo el peso infinito o asintótico que está dado por:

$$W_\infty = q^*L\infty^b \qquad (3)$$

Después se utilizó la ecuación de von Bertalanffy basada en peso:

$$Wt = W_{\infty} (1-e^{(-k(t-t_0))})^b \qquad (4)$$

Dónde:

- Wt es el peso total del pez en el tiempo t
- K y t_o fueron obtenidas de la ecuación 1

Para obtener la fecha de nacimiento se realizó un análisis del índice gonadosomático mensual de la muestra total durante el 2012 y se determinó el pico de desove.

Por último para calcular el incremento marginal (IM) de la estructura dura seleccionada, se utilizó la siguiente relación:

$$IM = Rn/Rn-1 \qquad (5)$$

Dónde:

- Rn es la distancia (mm) desde el borde del último anillo hasta el borde de la estructura y,
- Rn-1 es la distancia (mm) desde el borde del penúltimo anillo hasta el borde de la estructura.

RESULTADOS

Descripción del otolito

El otolito sagita es de forma alargada y presenta el extremo anterior aguzado y el posterior romo. En la figura 7 se presenta una fotografía de la cara externa del otolito de lisa en donde se puede distinguir la cara externa, cóncava, en donde se observa el núcleo, el borde anterior llamado también *rostrum*, el borde posterior conocido como *cauda*, el borde dorsal curvo y, el borde ventral irregularmente lobulado.

Los otolitos de lisa son grandes y relativamente gruesos, lo que dificulta regularmente la identificación de las bandas de crecimiento rápido y lento. Así mismo, conforme el pez envejece los otolitos aumentan de grosor y se curvan. En el borde posterior se forman mayor número de bandas que en el anterior. En sentido transversal crece más rápido el lado dorsal que el ventral, por lo que el núcleo es excéntrico en cada plano del otolito, lo cual se acentúa conforme el pez envejece y alcanza la madurez sexual.

Se distinguió una zona que se ve opaca con un mayor contenido de carbonato de calcio y una zona traslucida. Estas zonas están distribuidas concéntricamente alrededor del núcleo.

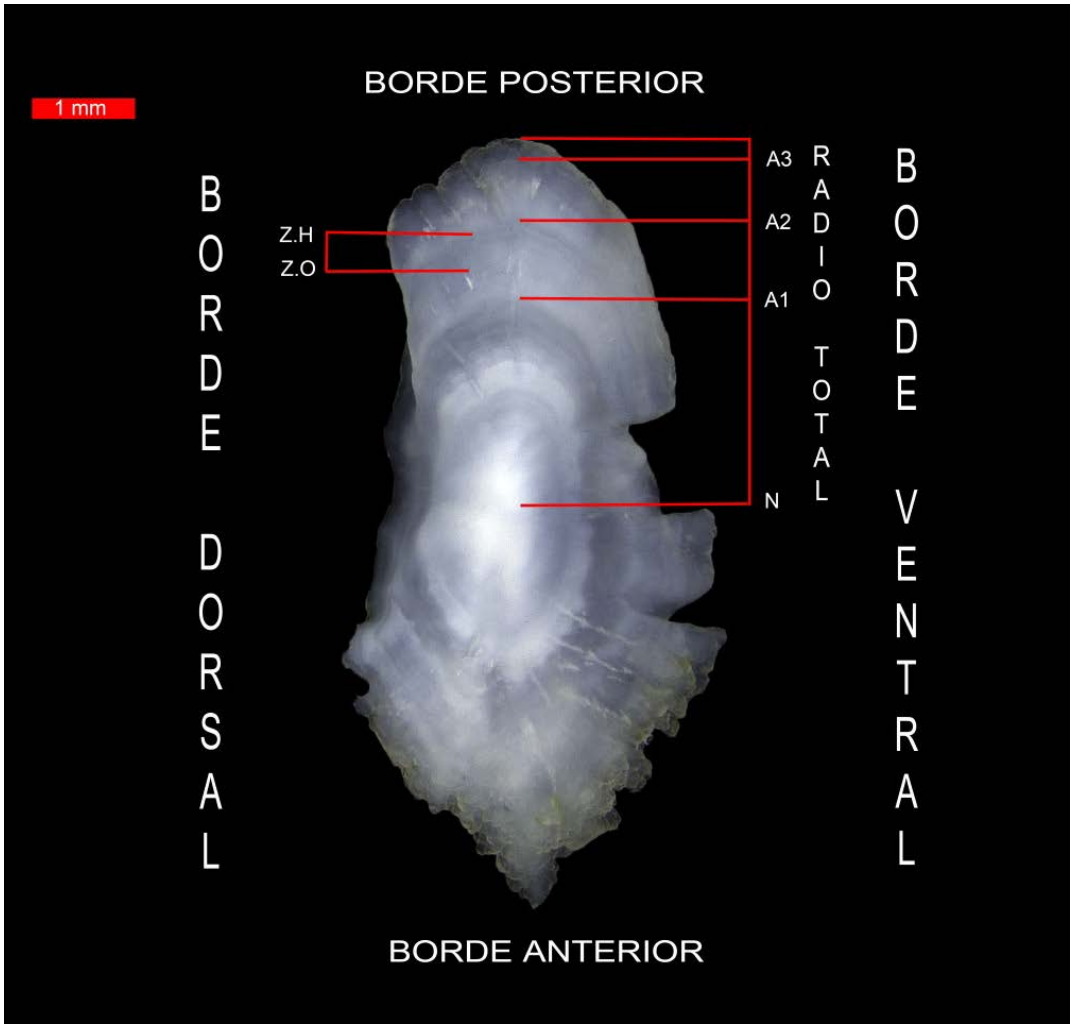


Figura 7: Cara externa del otolito sagita de *Mugil cephalus* “lisa” de 32cm de longitud total hembra. A1, A2, A3=Anillos de crecimiento, N=Núcleo del otolito, Z.O=Zona opaca, Z.H=Zona hialina.

Comparación de pendientes

El valor de t calculado fue de 0,895 y el t teórico es de 1,96 entonces:

$$t_{calc} \leq t_{tabla} \text{ : Se acepta } H_0$$

<u>Conclusión:</u> Con un 95% de confianza se concluye que no existe diferencia significativa en el crecimiento de machos y hembras.

Relación longitud - peso

Se observó que la tendencia de la nube de puntos se ajustó a un modelo de regresión potencial, con un coeficiente de determinación alto (92%) mostrando una relación directamente proporcional entre la longitud y el peso. La relación peso-longitud para los organismos de lisa fue: $P = 0.030L^{2.72}$, presentando un desarrollo tipo alométrico negativo, ya que el valor de "b" es menor de 3 (Fig8).

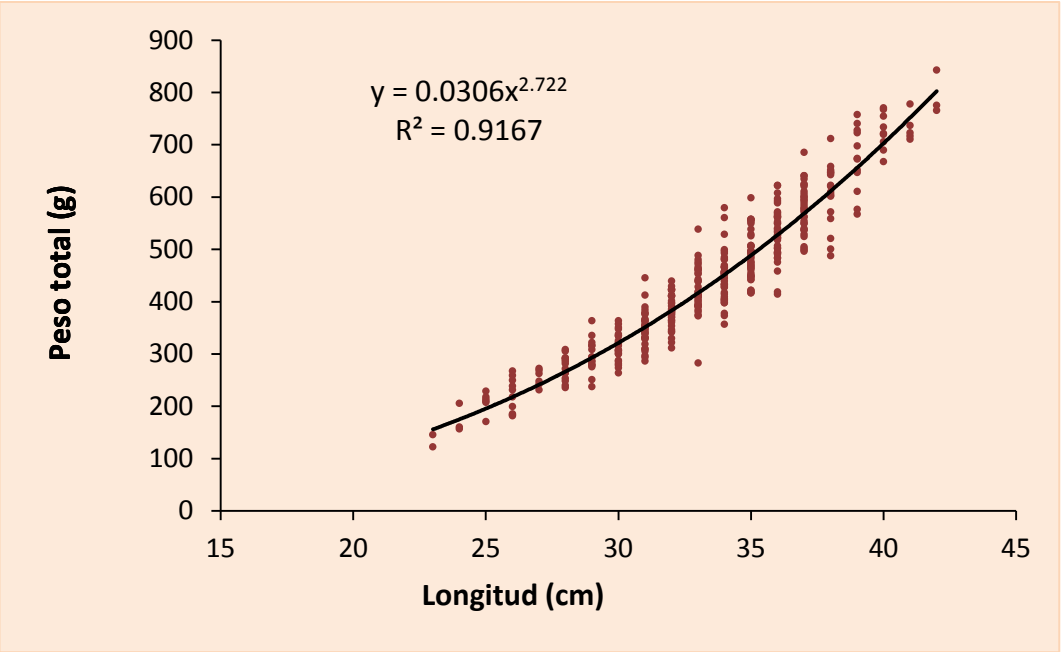


Figura 8: Relación peso-longitud de *Mugil cephalus* "lisa" durante el año 2012, La Libertad.

Crecimiento en longitud

El crecimiento en longitud de von Bertalanffy queda conformado de la siguiente manera: $Lt = 48{,}08\ (1-e^{(-0{,}3233*(t-0{,}2284))})$. De los parámetros de crecimiento obtenidos se calcularon los valores teóricos de longitud – edad, donde se puede

observar que los individuos de un año de edad llegan a tener 15.76cm de LT y los más longevos de 7años de edad 43.44cm (tabla1, figura9).

Tabla 1: Longitudes teóricas para los siete primeros años de *Mugil cephalus* “lisa”

Edad (años)	Longitud (cm)
0	3.422
1	15.761
2	24.691
3	31.154
4	35.832
5	39.217
6	41.668
7	43.441

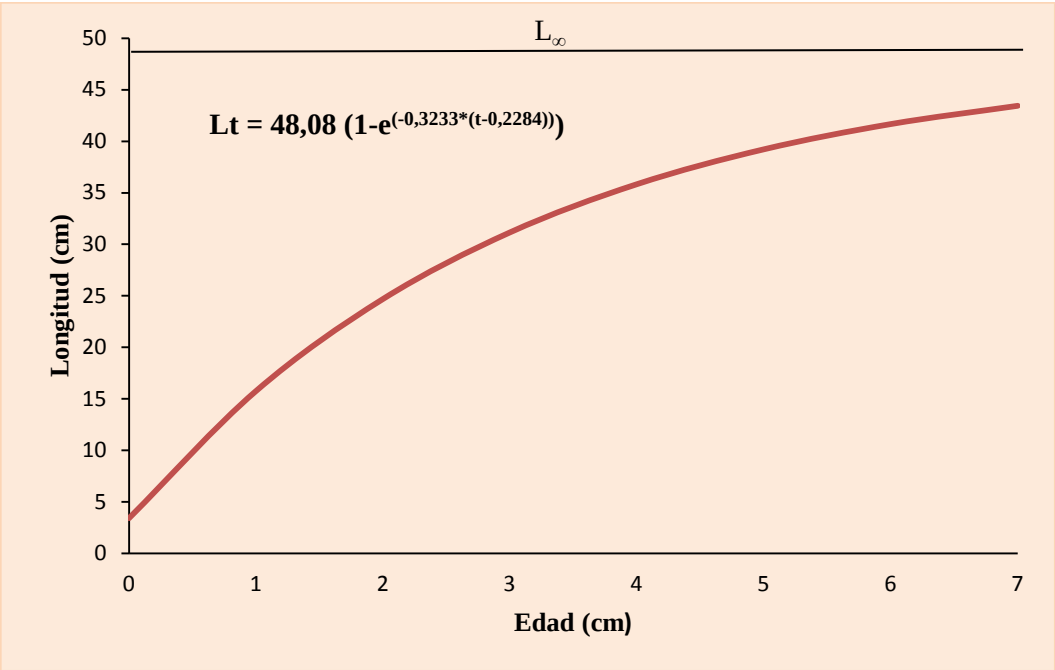


Figura 9: Curva de crecimiento en longitud de *Mugil cephalus* “lisa” durante el año 2012, La Libertad.

A continuación se muestra algunos estudios de edad y crecimiento de *Mugil cephalus* que fueron hechos por otros investigadores en diferentes latitudes del océano pacífico (tabla 2)

Tabla 2: Constantes de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *Mugil Cephalus* en este estudio y otros lugares.

Autores	**Localidad**	**Método**	**Sexo**	**L_∞(cm)**	**k**	**t_o**
Arrieta *et al*.,2010	Callao-Perú 1996	Otolitos	Ambos	47,9	0.34	-0.07
		Otolitos	M	46,3	0.35	-0.06
		Otolitos	H	52,9	0.28	-0.15
Ibañez y Gallardo,1996	Tamiahua, México	Otolitos	F	62,2	0.11	-2.67
		Otolitos	M	60,3	0.11	-2.98
		Otolitos	Ambos	64,2	0.09	-2.85
Canales, 1983	Callao-Perú 1979	Escamas	M	50.4	0.37	-0.19
		Escamas	H	56.7	0.27	-0.07
		Escamas	Ambos	52.1	0.33	-0.06
Este estudio	La Libertad Perú,2012	Otolitos	Ambos	48.08	0.32	-0.23

Crecimiento en peso

La fórmula que expresa el crecimiento en peso de los individuos quedó expresada de la siguiente forma: $Wt = 1159{,}3788\ (1-e^{(-0{,}3233(t-0{,}2284))})^{2{,}722}$. De los parámetros de crecimiento obtenidos se calcularon los valores teóricos de peso – edad, donde se puede observar que los individuos de un año de edad llegan a pesar 55.66gr. y los más longevos de 7años de edad 879.23 (tabla3, figura10).

Tabla 3: Pesos teóricos para los siete primeros años de *Mugil cephalus* “lisa”

Edad (años)	Peso (gr)
0	0.8716
1	55.6638
2	188.899
3	355.702
4	520.543
5	665.555
6	784.9268
7	879.227

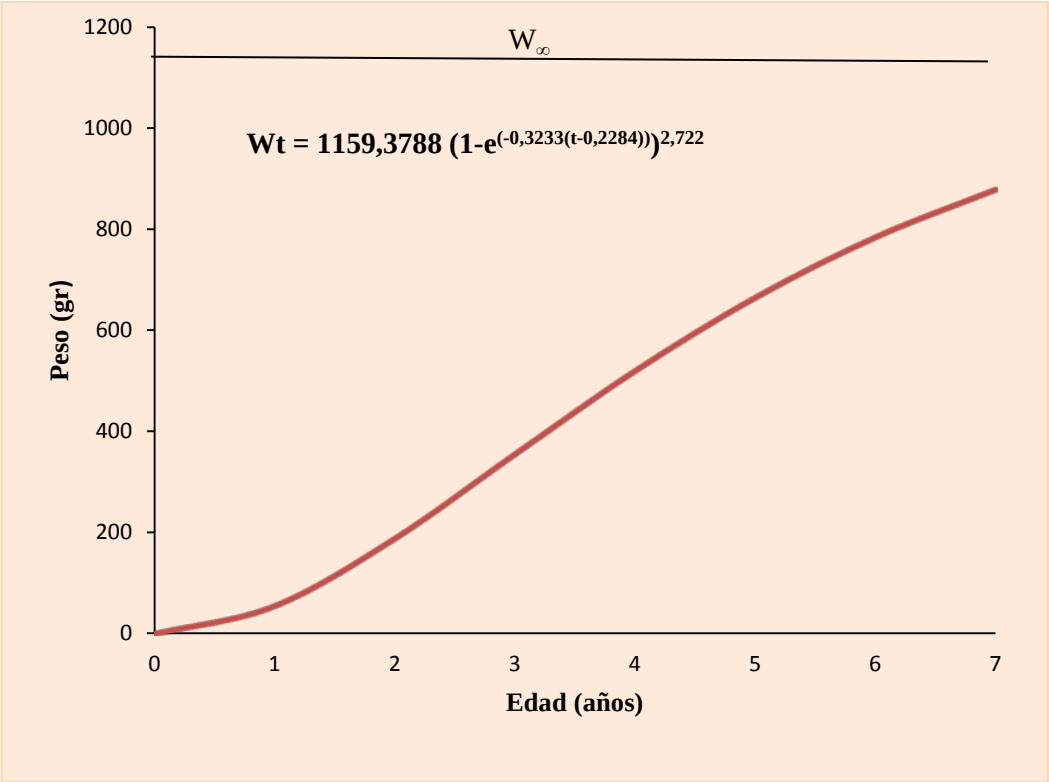


Figura10: Curva de crecimiento en peso de *Mugil cephalus* “lisa” durante el año 2012, La Libertad.

Relación longitud del pez (cm)-radio total del otolito (mm)

Como otra forma de observar el crecimiento de los otolitos, se relacionó su radio con la longitud total del pez, visualizándose en la figura 11 una relación directa y positiva de crecimiento para machos y hembras.

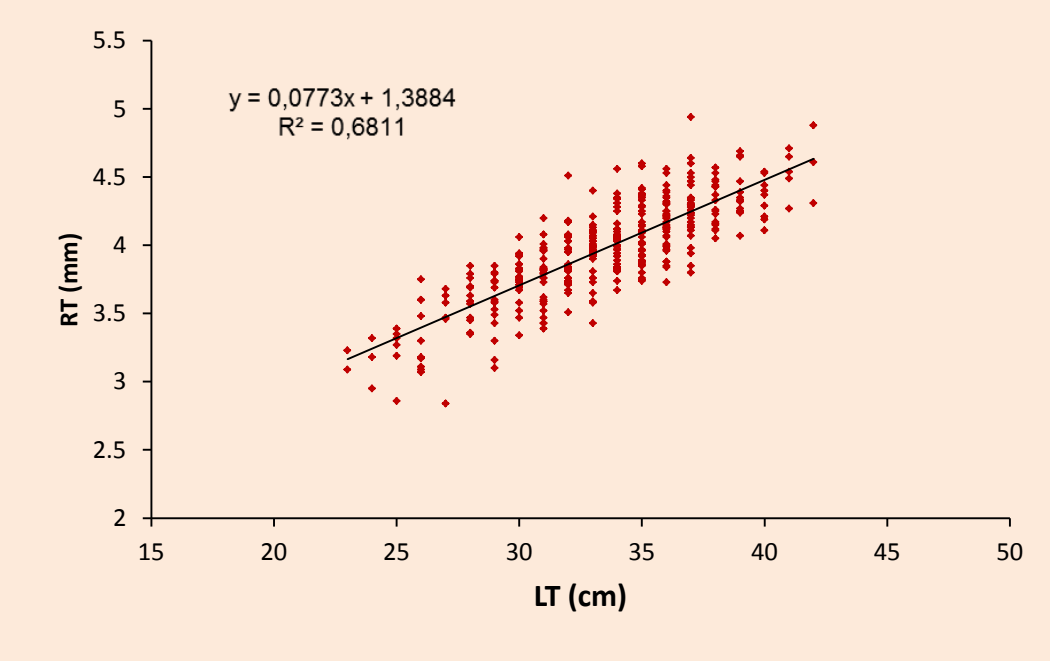


Figura11: Relación entre la longitud total del pez (cm) y el radio total del otolito (mm) de *Mugil cephalus* "lisa", durante el 2012, La Libertad.

Medida de las marcas de los otolitos

Se muestran los otolitos de individuos con tres anillos de crecimiento (los más representativos). Las marcas medidas de cada anillo (r_n) se relacionaron con cada la longitud (R) de su respectivo otolito (Figura 12).

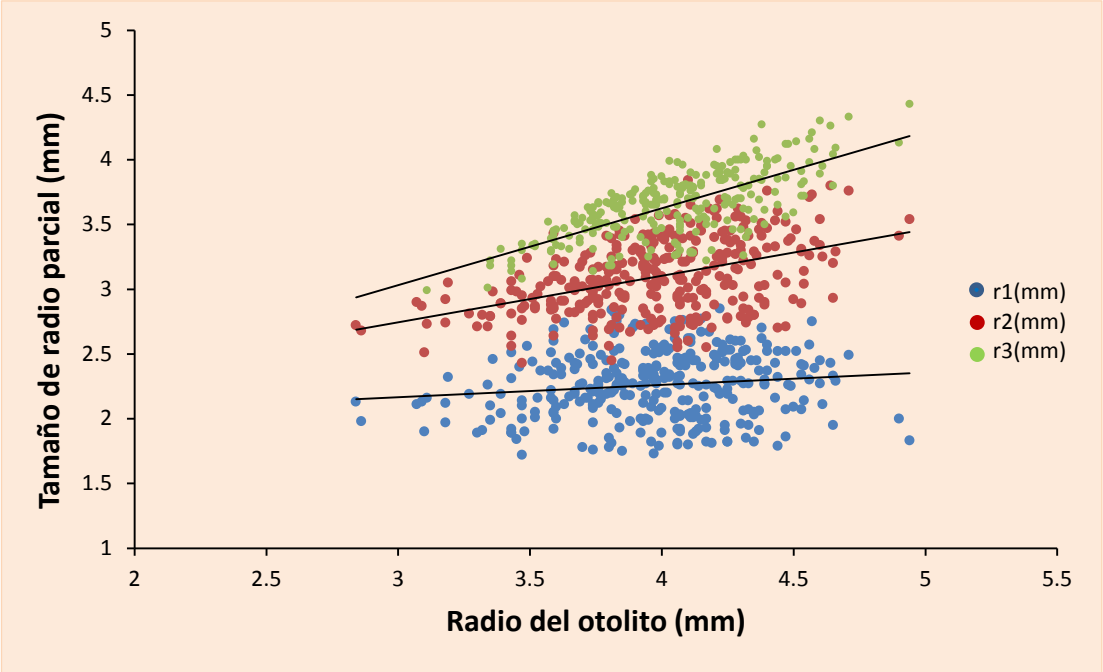


Figura 12: Relación entre el radio total de los otolitos y el tamaño de los radios parciales de los anillos de *Mugil cephalus* "lisa", durante el 2012, La Libertad.

Distribución de los grupos de edad

A fin de visualizar los grupos de edad se graficó la longitud de los individuos versus la frecuencia por grupo de edad (Fig.13). Los grupos de edad para el total de individuos (machos y hembras) de lisa presentaron una distribución normal. Se puede observar que existieron grupos predominantes para el año 2012, habiendo una mayor disponibilidad del grupo de edad 3 y 4 y otros secundarios correspondientes a los grupos 5 y 6.

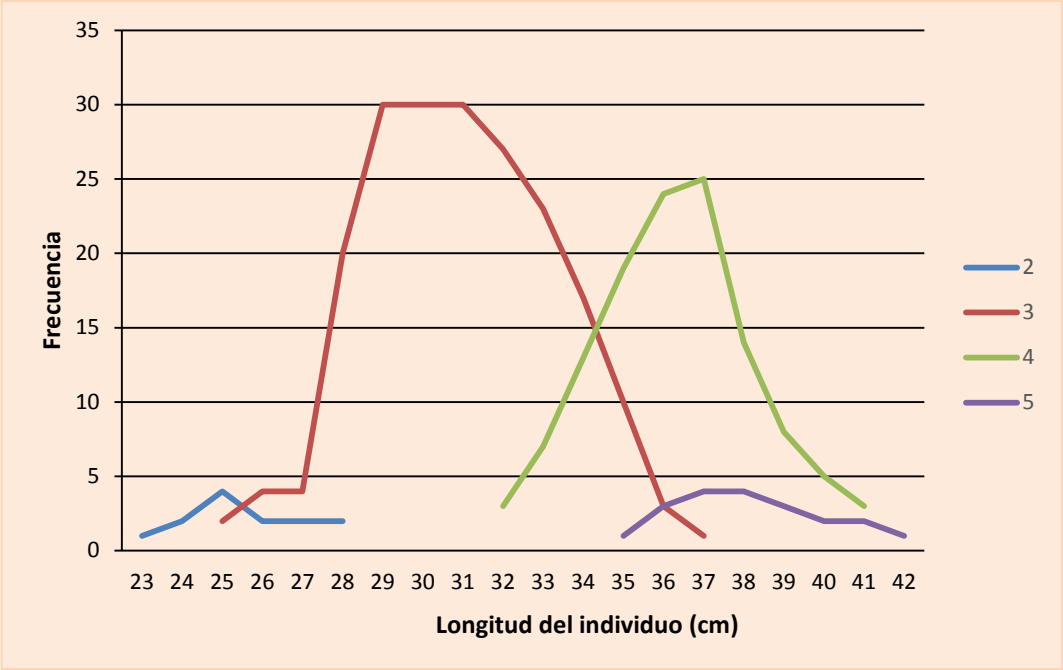


Figura 13: Distribución de los grupos de edad obtenidos en este estudio

Clave talla – edad

Con los resultados de la interpretación de los anillos de crecimiento de los otolitos y la asignación de la edad se elaboró la clave talla edad para el total de individuos, teniendo en cuenta que el crecimiento de hembras y machos no presentó diferencias estadísticas (Tabla4).

El grupo de edad menos representativo correspondió a los de 6años de edad y los que tuvieron mayor porcentaje fueron los de 3 años (Tabla4).

Tabla 4.- Clave talla – edad para machos y hembras, *Mugil cephalus* “lisa”, La Libertad, 2012

	Edad (años)					
Longitud (cm)	2	3	4	5	6	Total
23	1					1
24	2					2
25	4	2				6
26	2	4				6
27	2	4				6
28	2	20				22
29		30				30
30		30				30
31		30				30
32		27	3			30
33		23	7			30
34		17	13			30
35		10	19	1		30
36		3	24	3		30
37		1	25	4		30
38			14	4		18
39			8	3		11
40			5	2	1	8
41			3	2		5
42				1	2	3
Total	13	201	121	20	3	358
L.M	25.6	30.9	36.3	38.2	41.3	
%	3.6	56.1	33.8	5.59	0.84	

Tabla 5.- Comparación de las longitudes medias (cm) de *Mugil cephalus* “lisa”.

	L.M (cm)				
Lisa-Callao (Arrieta *et al*, 2010)	23.8	30.8	35.9	39	42.4
Este estudio	25.6	30.9	36.3	38.2	41.3

Incremento marginal

Una forma de poder determinar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en los otolitos es a través del incremento marginal. El menor valor de IM correspondió al mes de marzo, lo que sugiere que el anillo de crecimiento empieza a formarse en este mes, terminando su formación en el mes de julio. Asimismo se presenta un segundo pico de desove en verano coincidente con los valores de incremento marginal que también se presentan en verano (Fig.14, 15).

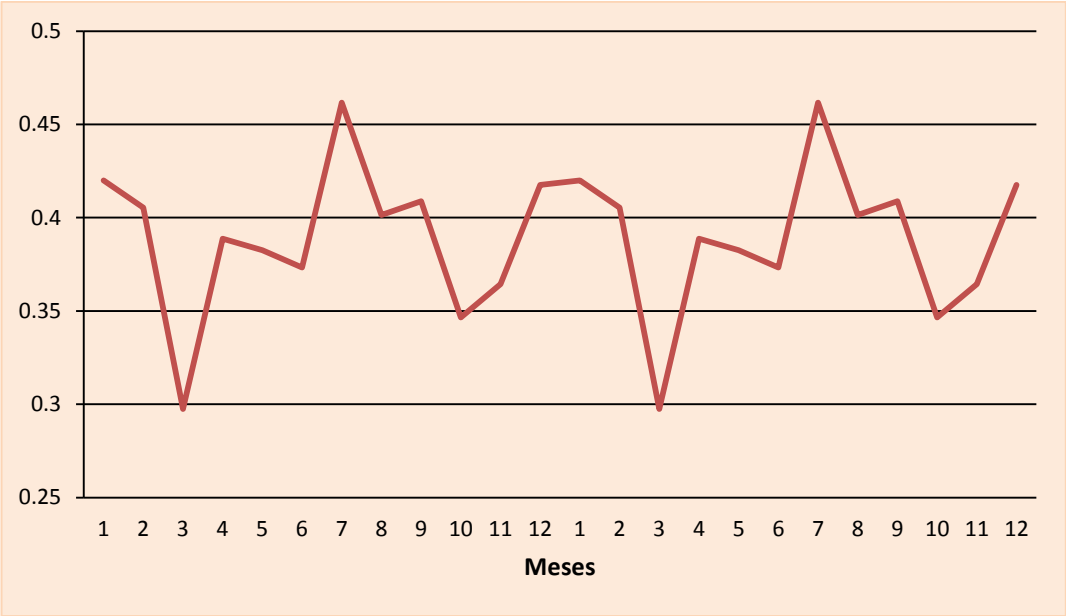


Figura14: Variación mensual del incremento marginal de los otolitos de *Mugil cephalus* “lisa” durante el año 2012, La Libertad.

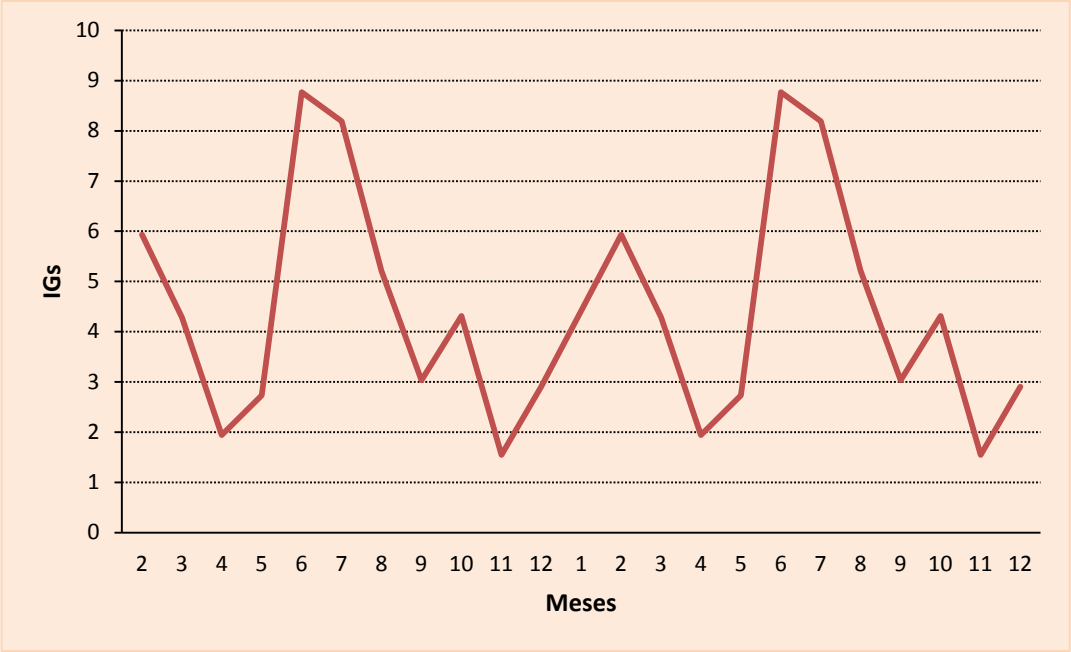


Figura15: Índice gonadosomático de *Mugil cephalus* “lisa” durante el año 2012, La Libertad.

DISCUSIÓN

La interpretación de los anillos de crecimiento de los otolitos es un método común para la determinación de la edad de los peces, que se basa principalmente en la formación anual de una anillo opaco y uno hialino. Para determinar la edad de un pez es necesario validar la frecuencia de los anillos y ésta generalmente se realiza estudiando el desarrollo del borde del otolito a lo largo de un año, evolución del incremento marginal, etc. (Arrieta *et al.*, 2010a)

Según Brothers *et al*., (1976) los principios básicos para el uso de partes duras como los otolitos de peces para la determinación la edad son dos: a) un patrón reconocible en el otolito, si se le mira, sea directamente con luz normal o después de haberlos preparado por algún método como quemado o teñido; b) una escala regular de tiempo puede ser asignada a los patrones visibles; esta escala de tiempo no necesariamente debe ser anual.

La estimación de la edad a partir de otolitos es considerada más confiable que la realizada a partir de escamas, aunque se utilice la misma técnica de lectura. En general la reproducibilidad y legibilidad de la lectura decrece mientras más longevo es el pez sin importar la estructura ósea que se utilice (Bergstand, 1995).

En el presente estudio se determinó que el crecimiento de ambos sexos de *Mugil cephalus* “lisa” no presentó deferencias estadísticas por lo que no existe diferencia entre las dos pendientes empleadas para describir el crecimiento entre machos y hembras, coincidiendo con lo reportado para *Mugil curema* “lisa” en la costa de Michoacán (Meléndez y Romero, 2010). Lo mismo se da en pintadilla (Mostacero *et al.*, 2012), en contraste con el estudio de anguila (Goicochea *et al*.,

2012) en donde se determinó que existía diferencia significativa entre machos y hembras.

En la relación L-P el valor de la pendiente indica que el tipo de crecimiento fue alométrico negativo (b=2.72), ya que difiere de 3, es decir presenta un crecimiento desproporcionado entre peso y longitud. Esta condición biológica muestra un acelerado crecimiento en longitud, el cual puede variar entre las especies y estar relacionado con el tamaño de la muestra, época del año, alimentación, estado de madurez, factores ambientales y con el rápido crecimiento de las primeras etapas de vida (Tresierra y Culquichicón, 1993). Resultados similares han sido encontrados en lisas del Callao con un valor de b=2.77 (Arrieta *et al.,* 2010a), en *Mugil curema* "lisa" con un valor de b=2.91 ya antes mencionado, así como para otras especies como: cachema en el mar de Paita con un valor de b=2.86 (Arrieta *et al.,* 2010b) y para lorna en el mar del Callao un valor de b=2,89 (Arrieta *et al.,* 2010c), para ambos sexos.

En cuanto a los parámetros de crecimiento, en los valores encontrados comparados con otros estudios (Tabla 2), se observa que varían debido a la amplia distribución de la especie. Con respecto al trabajo de Canales (1983), quien utilizó escamas para las determinaciones de la edad, se halló que existe diferencia en el crecimiento de los individuos en 1979. Una explicación de los diferentes valores hallados en los parámetros de crecimientos de debe, posiblemente a los criterios utilizados por los investigadores en las estimaciones de la edad y los parámetros de crecimiento. A pesar de tratarse de la misma especie los valores de la relación longitud - peso son variables a través de los años, sin duda, debido a los factores de alimentación, condiciones ambientales, etc. (Arrieta *et al.,* 2010a). A su vez,

Gulland (1971), señaló que el coeficiente de crecimiento (K), de la ecuación de von Bertalanffy, guarda cierta proporcionalidad con la mortalidad natural de la población, es decir, un pez que alcanza la longitud asintótica rápido (K elevado), es probable que tenga una mortalidad natural elevada, mientras que un pez que crece lentamente (K bajo), es posible que tenga una baja mortalidad natural.

En la curva de crecimiento en longitud y peso, se evidenció un crecimiento rápido en los dos primeros años de vida, el cual se hace más lento después del segundo año, hasta que alcanzan su longitud máxima, donde la pendiente se hace prácticamente asintótica. Se observó que la curva de crecimiento en peso se comporta de manera sigmoidea. (Csirke, 1980) indica que esto tiene que ver con el hecho de que en las primeras etapas de vida, el pez utiliza parte de la energía para el desarrollo gonadal.

El valor del coeficiente de determinación para la relación entre la longitud del pez y el radio del otolito no fue elevado (r^2=0.7) sin embargo supera el valor crítico, por lo que es posible determinar la edad y crecimiento de lisa a través de los anillos de crecimiento de los otolitos al igual que en otras especies, como en lorna cuyo r^2=0.88, demostrando que los otolitos son útiles para determinar la edad *de Sciaena deliciosa* "lorna" por presentar anillos de crecimiento y periodicidad en su formación (Arrieta *et al.*2010c), encontrándose lo mimo para anguila cuyo r^2=0.93 (Goicochea *et al*., 2012) y pintadilla (Mostacero *et al*., 2012).

En la figura 12 se muestran los otolitos con 3 anillos de crecimiento. En ella se puede advertir que las marcas guardan una similitud de formación, ya que

los grupos de anillos de cada otolito presentan una distancia acorde a cada etapa de crecimiento, la misma que disminuye conforme se van formando las siguientes marcas. Lo observado en esta figura hace suponer que el crecimiento de marca y marca es similar en todos los grupos de otolitos, tal como ocurre en otras especies: Sardina (Samamé, 1997), pintadilla (Mostacero *et al.*, 2012) en donde se encontraron otolitos con 4 marcas cuyas distancias van disminuyendo cuando el pez alcanza mayores edades, del mismo modo para cachema (Arrieta *et al.*2010b).

El recuento de los anillos de crecimiento en otolitos permitió establecer 5 grupos de edad (2-6) (Anexo 2); siendo el grupo de edad menos representativo el que correspondió a los de 6 años de edad y los que tuvieron mayor porcentaje fueron los de 3 años con una longitud máxima observada de 42cm para los 358 otolitos analizados. De la misma forma Ibañez y Gallardo (1996) a través de este método obtuvieron 5 grupos de edad (2-6), siendo el más representativo el grupo de edad 3 (con 59 ejemplares-25%) y el menor el grupo de edad 6 (33 ejemplares-14%) para un total de 232 individuos, presentando una longitud máxima observada de 41cm para la misma especie. Resultado que contrasta con Arrieta *et al*. (2010a), quienes encontraron 6 grupos de edad (1-6) para lisa, pero con longitudes medias muy similares a las de este estudio (Tabla 5). Canales (1983), encuentra que las poblaciones de lisa en el área del Callao, están constituidas por cuatro clases anuales, no llegando alcanzar tallas superiores a 46cm.

Samamé (1997) indica que una manera de apreciar el crecimiento de los otolitos es mediante medidas seriadas mensuales de los mismos. En ellos se observa la aparición de un incremento marginal que se amplía desde su inicio hasta la formación de un nuevo anillo. Según Campana (2001) el análisis del

incremento marginal es uno de los métodos de validación de la periodicidad de la formación del incremento anual más populares, esto lo atribuye a su modesto requerimiento de muestras y a su bajo costo, atributos que lo hacen atractivo para un estudio con bajo presupuesto. Este método consiste en validar el incremento periódico formado en un ciclo anual, y está basado en el supuesto que la zona translúcida se forme una vez al año, por lo tanto, debería haber un claro patrón del incremento periódico en el borde del otolito durante un ciclo anual. Este análisis es apropiado solo si toda la población deposita la zona hialina al mismo tiempo.

El periodo de mayor incidencia de la formación del anillo de crecimiento es en julio, por lo que se deduce que se presenta una formación anual coincidente con el periodo de maduración gonadal. En los resultados se pudo obtener dos picos de desove, uno primario (invierno) y uno secundario (verano), lo que da la impresión errónea de que se trataría de dos anillos anuales, sin embargo se trata de dos cohortes en el mismo año biológico. Gonzales (2001), indica que en Huacho la época de mayor actividad sexual de lisa ocurre en verano de cada año, sin embargo Gómez *et al*., (1995) determinaron que los valores de IGS para Paita, Callao, Pisco e Ilo sugieren un patrón que presenta los meses de primavera como la época de desove y los de verano como la época cuando ocurrido el desove decrecen los valores de IGS.

Cabe resaltar que en las observaciones de los otolitos de lisa se notó la presencia de anillos semestrales (Anexo 3), estos fueron observados también en otolitos de merluza en el 2008 (Goicochea *et al.*, 2010). Los autores mencionan que la periodicidad de formación de los anillos semestrales parece estar dirigida por un reloj interno y que son independientes de la estación del año (temperatura)

y que tampoco los procesos fisiológicos como el desove pueden explicar los anillos semestrales en la merluza peruana, porque ocurren incluso a los 180 días de nacidos cuando la especie no alcanza su madurez. Johnson y Belk (2004) proponen una posibilidad de formación de anillos, que estos son una secuencia de procesos circanuales que estarían bajo un control fisiológico endógeno. Esta idea se apoya en el hecho de que la formación de los anillos diarios que, aunque pueden ser modificados por factores exógenos, principalmente ocurren como proceso circadiano.

En este estudio pudo observarse también la presencia de anillos dobles y triples (Anexo 3) considerándose como una sola marca, esto puede asumirse principalmente a variaciones en las condiciones ambientales, lo cual se refleja en los otolitos a través de una respuesta genética (Com.pe. Goicochea). Esta característica se ha observado también en bonito *Euthynnus alletteratus* (Alcaraz, 2012).

También se observaron anillos falsos, aquellos que no seguían el patrón de formación o que no se extendían a lo largo del otolito; estos fueron eliminados cuando se quemó el otolito. Tresierra y Culquichicon (1993) mencionan que estos anillos son productos de cambios en la tasa de crecimiento por efectos de la reproducción, variaciones en la cantidad de alimento disponible, variaciones extremas de condiciones climáticas, etc.

CONCLUSIONES

Existe una relación lineal (r^2=0.7) entre la longitud del pez y el radio del otolito, por lo que es posible determinar la edad y crecimiento de *Mugil cephalus* “lisa” a través de la interpretación de los anillos de crecimiento de los otolitos.

Se determinó que el crecimiento de ambos sexos de *Mugil cephalus* “lisa” no presentó diferencias estadísticas.

Los parámetros de crecimiento en longitud fueron:

Total (♂ + ♀) $Lt = 48{,}08\ (1-e^{(-0{,}3233*(t-0{,}2284))})$.

Los parámetros de crecimiento en peso fueron los siguientes:

Total (♂ + ♀) $Wt = 1159{,}3788\ (1-e^{(-0{,}3233(t-0{,}2284))})^{2{,}722}$

La población de la zona de la Libertad estuvo constituida por 5 grupos de edad (2 al 6).

La periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en los otolitos es anual, con un pico máximo en julio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcaraz, Z., 2012 Edad, Crecimiento y Mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México. Tesis para obtener el grado académico de: Maestra en Ecología y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Instituto de ciencias marinas y pesquerías. 62pp.

Arrieta, S.; C. Goicochea; P. Moquillaza y J.Mostacero.2010a. Edad y crecimiento de la lisa *Mugil cephalus* Linnaeus, en el mar del Callao (12ºS), Perú.1996. Instituto del mar del Perú. Informe 37(3-4).

Arrieta, S.; C.Goicochea; P. Moquillaza y J.Mostacero.2010b. Edad y crecimiento de la cachema, Cynoscion analis (Jenyns), en el mar de Paita (5ºS), Perú.1979. Instituto del mar del Perú. Informe 37(3-4): 59-64[1].

Arrieta, S.; C. Goicochea; P. Moquillaza y J.Mostacero.2010c. Edad y crecimiento de la lorna Sciaena deliciosa (Tschudi), en el mar del Callao (12ºS), Perú.1979. Instituto del mar del Perú. Informe 37(3-4): 65-70[2].

Brothers, E., C. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. Fishery Bulletin: Vol. 74, N° 1.

Bergstad, O.A., 1995. Age determination of deep-water fishes: experiences, status and challenges for the future. *In:* Deep-water fisheries of the North Atlantic oceanic slope (A.G. Hopper ed.), pp. 267-283. Netherlands: Kluwer

Academic Publishers. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-015-8414-2_10#page-1

Campana, 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology (2001) 59, 197–242.

Canales, C.1983. Determinación de la edad y crecimiento de la "liza" *Mugil cephalus* Linaneus, capturados en el area del Callao entre 1979-1980. Tesis para optar el título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.81pp.

Chirichigno, N., Cornejo RM.2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Pub esp. Inst Mar Perú.314pp.

Csirke, J., 1980. [En línea] Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Doc. Téc. Pesca, (192):82 p. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/003/t0169s/T0169S00.htm#TOC

Ganoza, F.,Y. Hooker y M.Segura.1996. Evaluación del uso del chinchorro mecanizado en las zonas de Lomas-Mollendo. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 35: 49-71.

Goicochea, C.; J. Mostacero y P. Mosquillaza. 2012. Edad y crecimiento de *Ophichthus remiger* (Valenciennes) en el norte del mar peruano, 2004. Inf. Inst. Mar Perú, 39/ Nros. 1-2.

Goicochea, C.; C. Wosnitza; J. Mostacero y P. Mosquillaza. 2010. Edad y crecimiento en otolitos de la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg. Inf Inst Mar Perú. Vol.37 (3-4).

Gómez, E.,Paredes F. y A. Chipollini.1995. Aspectos biológicos pesqueros de la lisa *Mugil cephalus* L. en el litoral peruano. Instituto del mar de Perú. Inf.N°108.

González, A.2001.Contribución al conocimiento pesquero y biológico de cinco peces costeros de importancia comercial en el Perú: Cabinza, Lisa, Lorna, Machete y Pejerrey. Periodo 1996-2000. . Inf. Prog. Inst. Mar Perú Nº136(Callao).

Gulland, 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO

Ibañez, A.; C. Chang; C. Hsu; C Wang; Y. Iizuka, y W.Tzeng.2012. Diversidad ambiental de las historias migratorias de los mugílidos *Mugil cephalus* y *M. curema* en aguas costeras mexicanas analizadas mediante la proporción Sr:Ca en otolitos. Ciencias Marinas 38(1A): 73:87.

Ibañez, L.y M.Gallardo, 1996. Determinación de la edad de Lisa *Mugil cephalus* L. y La Lebrancha *Mugil curema* V. (Pises: Mugilidae) en la Laguna de

Tamiahua, Veracruz. Ciencias Marinas 22(3):329-245.Universidad Autónoma de Baja California. México.

Instituto del Mar del Perú, 2008. [En línea] “Lisa” *Mugil cephalus*. Disponible en:http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_detalle=00000000000000000312.

Johnson JB, Belk MC.2004. Temperate Utah chub form valid otolith anuli in the absense of fluctuating water temperature. Journal of fish biology 65:293-298.

López, J.2000. Edad, crecimiento y fechas de nacimiento de juveniles de lisa *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) en el Estero el Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.

Meléndez, C. y A. Romero, 2010. Evaluación biológico pesquera de la lisa *Mugil curema*, en la costa de Michoacán. Vol. 18, núm. 1. Ciencia Pesquera.

Morón, O. 2000. [En línea] Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú, 19(1-2): 179:204.Disponible en:http://www.imarpe.gob.pe/paita/publicaciones/caract_del_amb_marino.pdf.

Mostacero, J., Goicochea, C. y P. Mosquillaza. 2012. Edad y crecimiento de *Cheilodactylus Variegatus* Valenciennes en el Callao, 2005. Inf Inst Mar Perú, 39/ Nros. 1-2.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1992. FAO. Documento técnico de pesca. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos.58pp. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/006/t0529s/T0529S00.htm

Pannella, G.1971. [En línea]Fish otolihts: daily growth layers and periodical patterns. Sciencie, New York: 1124-1127. Disponible en: http://www.sciencemag.org/content/173/4002/1124.full.pdf.

Tesierra, A.& Z.Culquichicon. 1993. Biología pesquera. La Libertad, Trujillo, Perú.

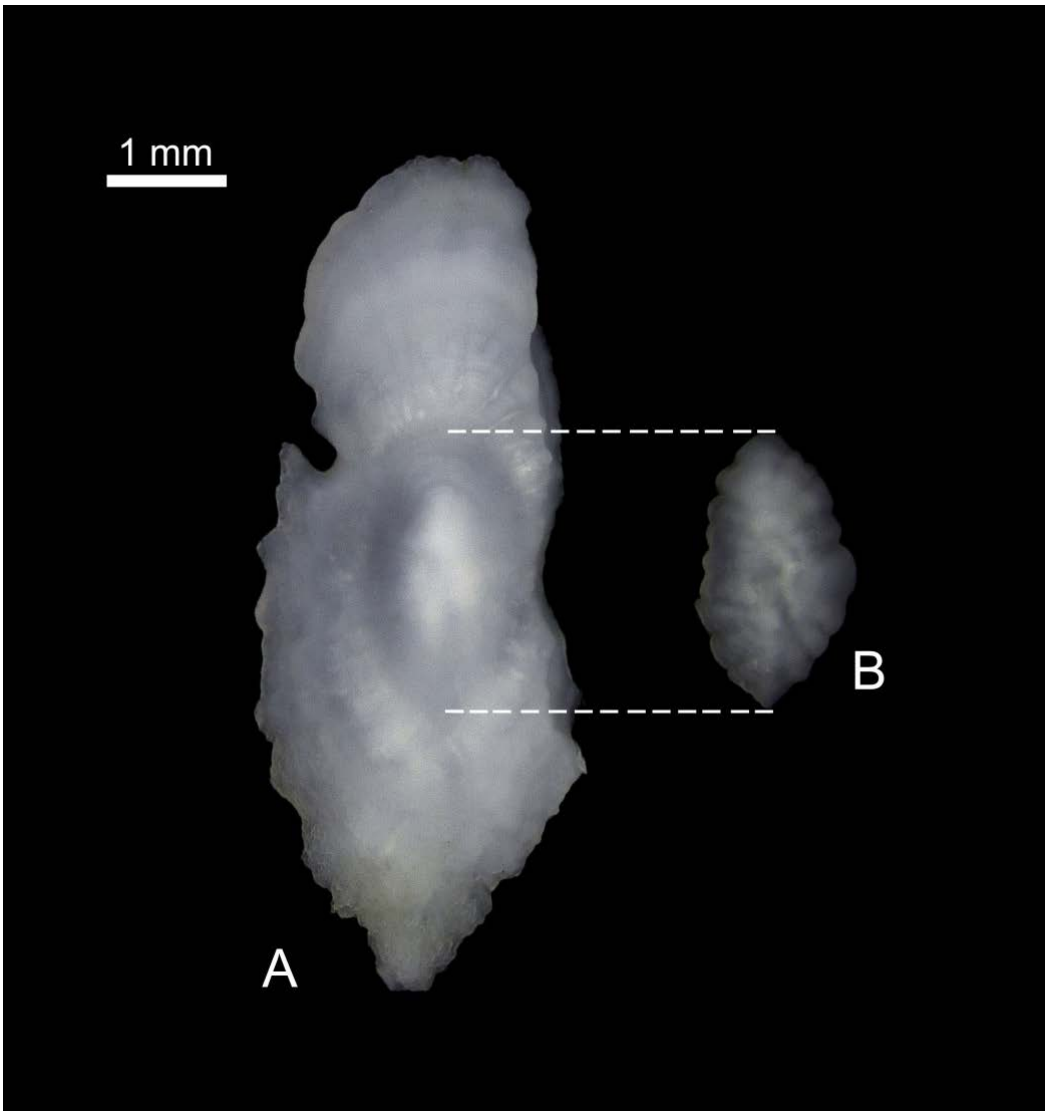
Samamé, M. 1997. Determinación de la edad y crecimiento de la *sardina Sardinops sagax sagax*.Callao, Perú Bol.Inst.Mar Perú, Vol.3 (3), pp.95-112.

Sokal R, Rohlf F. 1990: Biometría principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Madrid. 832pp.

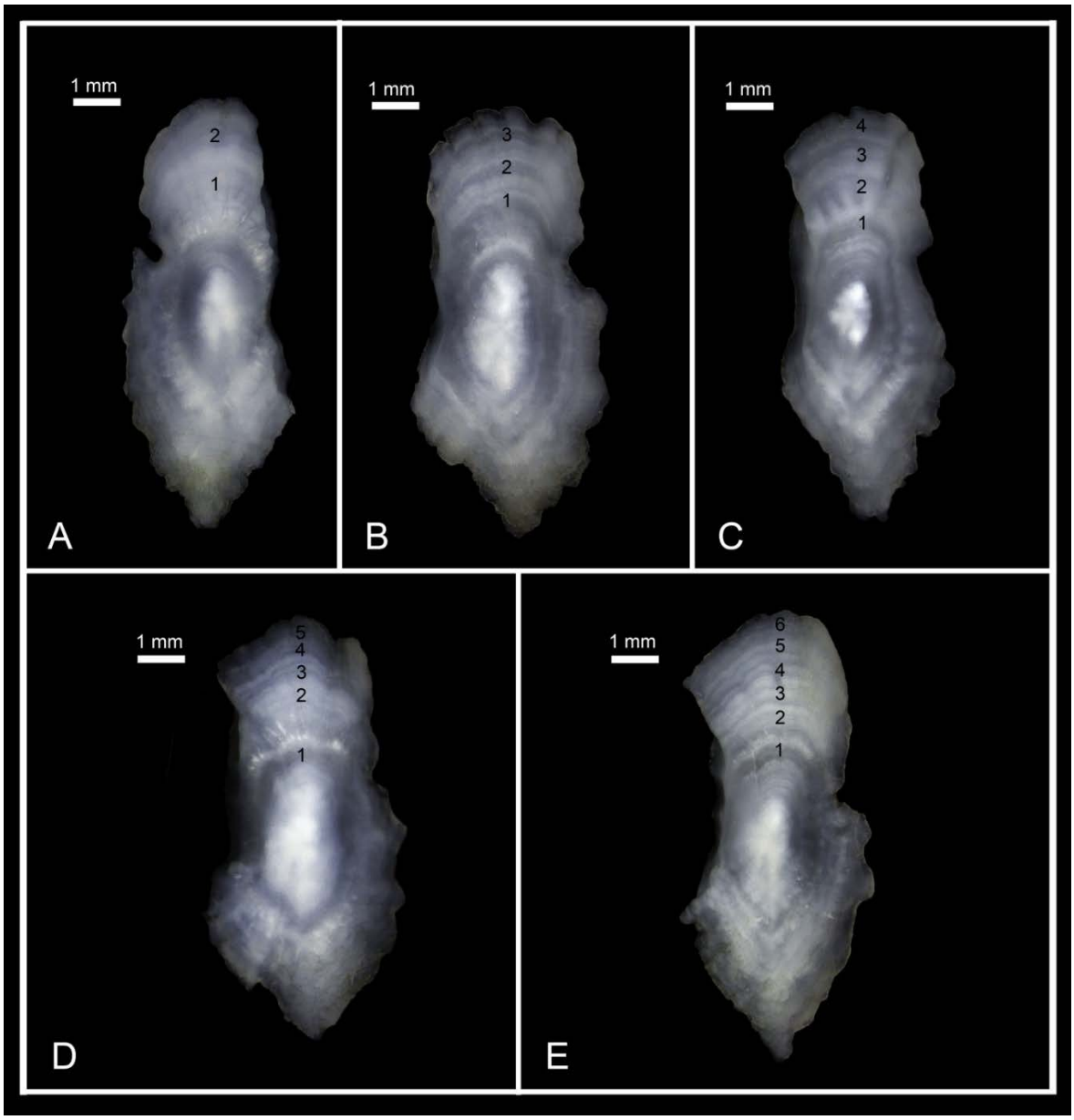
Stevenson, D y S. Campana [ed.]1992. [En línea] Otolith microstructure examination and analysis. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117:126. Disponible en: http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/141734.pdf

WWF Perú. [En línea] Conservando el mar más productivo del mundo. Disponible en: http://peru.panda.org/nuestro_trabajo/en_peru/mar_peruano/)

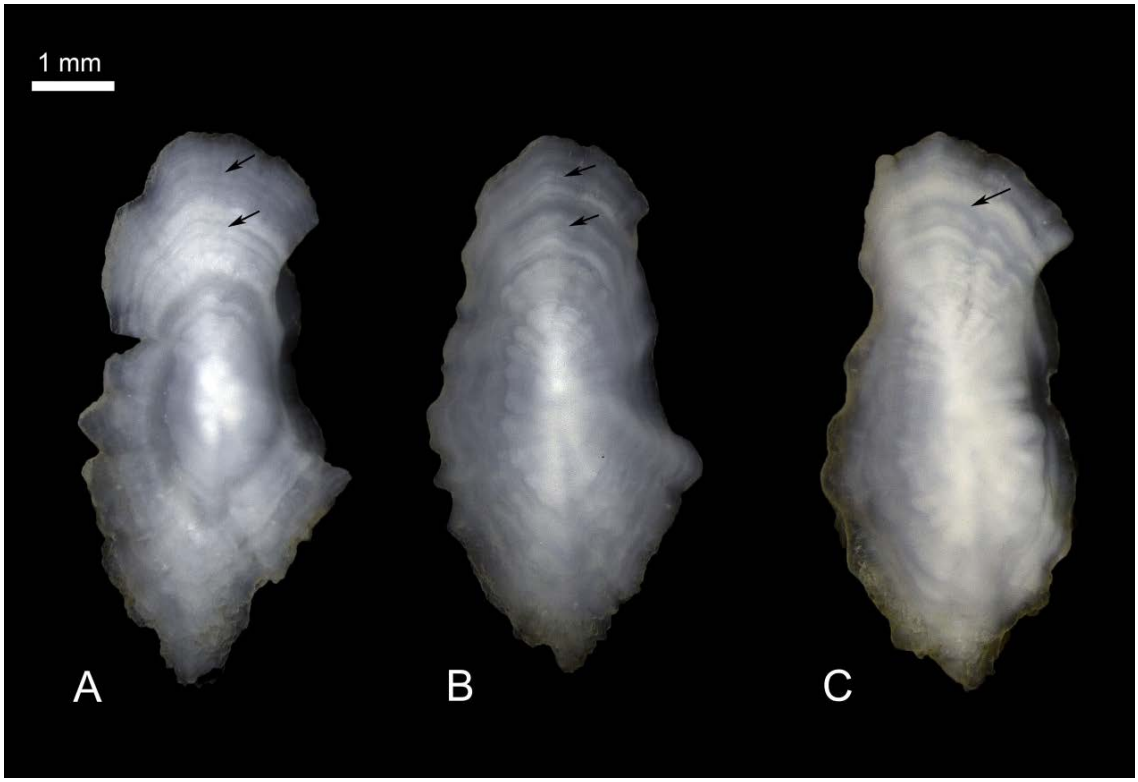
ANEXOS



Anexo 1: Demostración del anillo semestral, validación del primer anillo de crecimiento anual. (A) Otolito de *Mugil cephalus* “lisa” de dos años de edad. LT=31cm. (B) Otolito de lisa juvenil de 117 días, encontrado en el estómago de lorna. LT =8cm. 10x



Anexo 2. Otolitos del pez, *Mugil cephalus* “lisa”, edades encontradas en este estudio: (A) Grupo de edad 2+: LT=31cm.10x. (B) Grupo de edad 3+: LT=28cm.10x. (C) Grupo de edad4+: LT=37cm.10x. (D) Grupo de edad 5+: L=34cm.10x. Grupo de edad 6+: LT=39cm.10x.



Anexo 3: (A) Anillos dobles (B) Anillos semestrales (C) Anillo triple