



Universidad Austral de Chile

---

**FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**PROFESOR PATROCINANTE:  
DR. CARLOS MORENO  
INSTITUTO DE ECOLOGIA Y EVOLUCION**

**PROFESOR CO-PATROCINANTE:  
BIÓLOGO MARINO SR. PEDRO S. RUBILAR  
CENTRO DE ESTUDIOS PESQUEROS - UACH**

**“PERIODICIDAD EN LA FORMACIÓN DE LOS ANILLOS EN OTOLITO  
Y ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE  
*Helicolenus lengerichi* (NORMAN, 1937) EN LA X REGION, CHILE”**

Tesis de Grado presentada como  
parte de los requisitos para optar  
al Título de Biólogo Marino.

**GABRIEL TÖRNVALL NAZAL**

**VALDIVIA – CHILE**

**2004**

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
Objetivos generales.....	11
Objetivos específicos: .....	11
<b>MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>12</b>
Área de muestreo y obtención datos. ....	12
Precisión de las lecturas .....	14
Validación de la periodicidad de formación de los anillos .....	17
Estimación de los parámetros de crecimiento.....	19
Comparación del crecimiento entre machos y hembras .....	22
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
Obtención de datos .....	24
Análisis del otolito .....	24
Precisión y exactitud en la interpretación de la edad .....	26
Validación de la periodicidad en la formación de los anillos .....	28
Estimación de parámetros de crecimiento .....	28
Comparación del crecimiento.....	31
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
Precisión y exactitud en la interpretación de la edad .....	34
Validación de la periodicidad en la formación de los anillos .....	35
Estimación de los parámetros de crecimiento y comparación del crecimiento .....	36
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>39</b>

## Agradecimientos

Este estudio no se podría haber realizado sin la ayuda y confianza de Humberto Gonzáles y el apoyo técnico de Claudio Andrés Barrientos Águila y Roberto Licandeo Ramírez.. Sin embargo, se debe considerar que el apoyo técnico sin fondos no sirve de nada y mi madre fue la que financió la carrera y este estudio, además de soportar el eterno período del tesista.

A Pedro Rubilar y Alejandro Zuleta un especial agradecimiento por que fueron de gran apoyo en los momentos críticos de mi formación profesional.

Se podría continuar por varias paginas nombrando personas y como colaboraron en este estudio.

*Esto esta dedicado de todo corazón a mi Familia y amigos.*

## Resumen

En este estudio se analizó la edad y el crecimiento del “Chancharro” (*Helicolenus lengerichi*). La estimación de la edad se llevó a cabo por conteo de las marcas en los cortes transversales de los otolitos a partir de 325 peces (19 - 43 cm) capturados en la zona Centro Sur de Chile. Este método fue validado mediante análisis del borde e incremento marginal, los que muestran una periodicidad en la formación de los anillos traslúcidos y un pico en los incrementos del margen del otolito, en la época de mayor crecimiento del pez, las que corresponden a las estaciones de primavera y verano. Se utilizaron los índices de precisión: Porcentaje de Errores Promedio (*APE*) y Coeficiente de variación (*CV*) para comparar las lecturas, con valores de 2.5 % y 3.5% respectivamente.

Mediante máxima verosimilitud se estimaron los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, los que indican que esta especie es de lento crecimiento  $k$  de 0.135 y la longitud infinita de 36,5 cm. Las estimación de los parámetros de crecimiento, confirman que *H. lengerichi* posee la longevidad típica del género. La prueba de razón de verosimilitud indica que no existirían diferencias significativas en el crecimiento entre machos y hembras.

Las estimación de los parámetros de crecimiento, confirman que *H. lengerichi* posee la longevidad típica del género.

## Abstract

In this study the age and growth of the “Chancharro” (*Helicolenus lengerichi*) was analyzed. The age estimate was made by counting growth rings in otoliths transversal sections from 325 fishes (19 – 43 cm LT), the fishes were captured in South-Central of Chile. This method was validated by edges and marginal increments analysis. These shows a periodicity on the translucent ring formation and a peak on the otolith edge increments in the highest growing season of the fish during spring to summer. Average percentage errors index (IAPE) and coefficient of variation (CV), were performed to compare between lectures, which resulted in values of 2.5% and 3.5% respectively, indicating high precision on aging this species.

The growth parameters of von Bertalanffy equation were estimated by maximum likelihood, which indicates that this is a slow growing species  $k$  of 0.135 and the infinite length of 36.5 cm. The Kimura’s likelihood ration test indicates that there are no significant differences between the male and female growth.

The estimated values of the growth parameters in this study confirm that *H. Lengerichi* has the typical longevity of the genus.

## INTRODUCCIÓN

Estimar la edad permite conocer la estructura demográfica de una población, lo cual es esencial para establecer las transiciones entre edades, que es la base para establecer la dinámica de la población. El conocimiento de la edad es prerequisite para dilucidar los parámetros de la historia de vida como: longevidad, tasas de crecimiento, edad de madurez y mortalidad (Ihssen *et al.*, 1981). Además, la estimación de la edad es la base para aplicar modelos de crecimiento individual, como los de von Bertalanffy y de Gompertz entre otros. También permite aplicar modelos pesqueros más complejos, como por ejemplo; modelos predictivos del tamaño poblacional como los desarrollados por Beverton & Holt (1957).

La edad en peces se registra como bandas de crecimiento, que rompen la uniformidad, en estructuras calcificadas. Estas corresponden a patrones de depositación diarios, estacionales o anuales. Las bandas de densidades anuales o bandas ópticas han sido encontradas en esqueletos de coral, conchas de bivalvos, y dientes de mamíferos, así como, en otolitos de peces. Estos últimos son útiles para los investigadores pesqueros por la exactitud y relativa facilidad de la preparación e interpretación de las bandas de crecimiento (Campana & Thorrold, 2001). Estas bandas se observan con mayor frecuencia en aguas templadas o subtropicales, donde los peces exhiben un patrón de crecimiento estacional, que reflejan sus cambios fisiológicos. Generalmente, el crecimiento es rápido durante los meses cálidos (verano), y lento durante los meses fríos (invierno). Esto incide directamente en la intensidad de depositación del carbonato de calcio en las estructuras duras de los animales; y estas zonas se designan según las diferencias ópticas o propiedades lumínicas de los tejidos calcificados (Casselman, 1982). Lo cual al ser observado bajo luz pueden ser identificadas como zonas translúcidas y opacas, que revelan los cambios de crecimiento asociados a los cambios estacionales (Casselman, *op. cit.*).

Un año de crecimiento entonces, equivale a una zona de invierno más una zona de verano. La terminología utilizada para este tipo de estudios, según Casselman (1982), es ambigua y por lo tanto crea confusiones. Sin embargo, se han publicado varias revisiones sobre este tema, que aclaran estas dudas, como por ejemplo las publicadas por Casselman (1982), Beamish & McFarlane (1982), y Campana (2001). Así, la zona formada en invierno se define usualmente como *annulus*<sup>1</sup>.

Varios métodos han sido desarrollados para facilitar la detección y la interpretación de los patrones usados para estimar la edad (Chilton & Beamish, 1982). Dos de estos métodos son: a) contar el número de anillos observados en el exterior del otolito completo, y b) en una sección del mismo. Las edades estimadas de las secciones son frecuentemente mayores que las estimadas de la superficie del otolito, especialmente en especies longevas de lento crecimiento (Beamish 1979a, 1979b; Bennett *et al.*, 1982).

El proceso de estimación de la edad en peces considera dos fuentes de error que se deben tener presentes: (a) un error de información asociado a la lectura de la estructura que está siendo examinada (Beamish, 1979b). Este tipo de error tiende tanto a sobre como a subestimar la edad y (b) el error de proceso debido al elemento de subjetividad originada con la preparación e interpretación de las estructuras calcificadas, estos pueden variar significativamente entre lectores y laboratorios (Boehlert, 1985). Dada la presencia de estos tipos de errores, Campana (2001), señala que es más adecuado usar el término “estimación de la edad” en vez de “determinación de la edad”. No obstante, aun se requiere validar la periodicidad de la formación de los anillos.

---

<sup>1</sup> Cualquier zona que se forme una vez al año, usualmente la zona de invierno, que marca el fin del crecimiento anual (Casselman, 1982).

De acuerdo a lo descrito por Beamish & McFarlane (1982) validación es la confirmación de la exactitud del método de estimación de la edad, es decir, cuanto se acerca la edad estimada a la edad verdadera del pez. Una distinción clara se debe hacer entre exactitud y precisión, ya que esta última está relacionado con la reproducibilidad de las lecturas y no implica exactitud o validación (Beamish & McFarlane, *op. cit.*). Varios métodos de validación han sido resumidos por Brother (1982), Casselman (1982) y recientemente por Campana (2001). Estos autores dejan claro que un estudio de estimación de la edad debe por obligación validar el método que se utilice para esto.

El Análisis de incremento marginal es uno de los métodos de validación de la periodicidad de la formación del incremento anual más populares, esto Campana (2001) 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 (crecimiento) 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. Por convención, las zonas translucidas son contadas para el proceso de determinación de la edad (Pearson, 1996).

Muchas especies de peces de las costas chilenas permanecen desconocidas y particularmente sólo los peces que sustentan las principales pesquerías han recibido atención en relación a los estudios de edad y crecimiento. *Helicolenus lengerichi* (Norman, 1937) que pertenece a la familia Scorpaenidae y es la única especie de éste género descrita para la costa de Perú, Chile y Argentina (Chirichigno, 1974). Es una especie común en las capturas incidentales de otras pesquerías en nuestro país. En los enfoques de manejo pesquero propiciados por el Acuerdo de Pesca responsable de Naciones Unidas (FAO, 1995) se considera para poder

mantener la diversidad marina, que el manejo de las especies objetivo principales, consideren métodos que no generen extinción de las especies capturas incidentalmente, conocidas como “by-catch”. Para lograr este objetivo en el futuro se necesitará información sobre la historia de vida de las especies del “by-catch”, particularmente sus aspectos demográficos que permitan determinar los efectos de su captura incidental.

*H. lengerichi* es conocido en las costas chilenas como “Chancharro”, y a pesar de ser una especie comercialmente explotada en pequeña escala en la zona centro y sur del país, su conocimiento se limita a trabajos referentes a su alimentación (Bahamondes, 1953; Chong *et al.*, 1974), análisis morfométrico, características de coloración (Kotlyar, 1988), y un estudio biométrico, merístico y de descripción del otolito (Chong *et al.*, 1976).

En la X Región es capturado como fauna acompañante de la pesquería de las rayas espinuda y volantín (*Dipturus trachyderma* y *Dipturus chilensis*) y del congrio dorado (*Genypterus blacodes*) mediante espineles a 150 y 400 m de profundidad.

Consecuentemente dado el poco conocimiento de los procesos de crecimiento individual de *H. lengerichi*, se hace necesario un estudio del crecimiento individual de la especie, para proveer la base para futuras evaluaciones de la población y la aplicación de modelos de manejo que permitan mantener sus poblaciones en el mar.

## **Hipótesis**

Este estudio de edad y crecimiento se hace bajo la hipótesis de que las marcas observables en los otolitos tienen una frecuencia anual y este patrón es coincidente con la estacionalidad de su formación tanto en machos como hembras.

## **Objetivos generales**

- Analizar el patrón de crecimiento y la formación de anillos de *H. lengerichi* en la X región Norte, a partir de muestras obtenidas desde la captura comercial.

## **Objetivos específicos:**

- Estimar parámetros de crecimiento para la población que habita en el área de estudio.
- Validar los criterios de asignación de edades en *H. lengerichi* mediante el método de análisis de incremento marginal y análisis de borde.
- Comparar el crecimiento entre machos y hembras

## MATERIALES Y MÉTODO

### Área de muestreo y obtención datos.

Los ejemplares muestreados se obtuvieron de la pesquería artesanal de raya volantín (*Dipturus chilensis*, Guichenot, 1848), en el área de pesca indicada en la figura 1, dicha zona que abraza la X región Norte ( $39^{\circ}00'S - 73^{\circ}48'W / 39^{\circ}70'S - 74^{\circ}05'W$ ) y el período de muestreo fue desde julio 2002 hasta septiembre del 2003.

En primera instancia se estipuló obtener un mínimo de 30 animales mensuales durante un año, lo que permite utilizar la metodología existente para validar el método de estimación de la edad. Sin embargo, en el transcurso del muestreo se debió optar por muestrear todos los peces que estuvieran en condiciones de utilizarse para estos estudios.

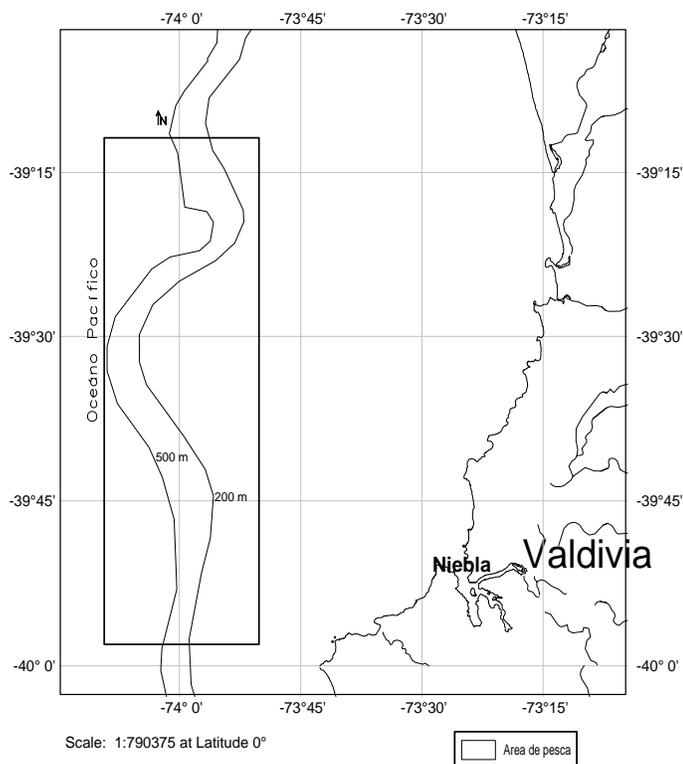


Figura 1. Área de muestreo comprendida durante el período de muestreo.

Los animales muestreados se clasificaron según sexo y se les midió la longitud total, peso total. Además se le extrajo el otolito realizando cortes del sáculo ótico con tijera de disección a través de los arcos branquiales. Los huesos se extrajeron cuidadosamente con pinzas debido a su fragilidad.

Una vez extraído el otolito se examinó su superficie y se midió longitud total y radio con ocular graduado bajo lupa (LEICA H26). Previa hidratación de éste, después de examinarlos se almacenaron secos en bolsas de papel debidamente rotuladas. Como los otolitos son cuerpos acelulares con una proporción pequeña de materia orgánica, el riesgo de descomposición es mínimo (Morales-Nin, 1992).

La estimación de la edad en peces a partir de sus tejidos calcificados es una conducta de interpretación sistemática (usualmente por su apariencia óptica) del otolito completo o de una sección de este. Se comienza desde el origen (core) y se continua examinando todas las regiones hasta el borde de la estructura (Casselman, 1982).

Para la estimación de la edad, se utilizó el otolito seccionado transversalmente (Fig. 2), el que fue incluso en resina epóxica. Este procedimiento se efectúa con una sierra de corte lento (ISOMET-BUEHLER) facilitada por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Esta sierra posee dos discos de corte diamantados de 10 cm de diámetro y 0.3 mm de espesor.

Se seccionaron láminas de 0.26 mm de espesor que fueron fotografiadas digitalmente con una cámara Nikon coolpix 4500 y medidas bajo luz transmitida. Las mediciones se realizaron con un analizador de imágenes digitales debidamente calibrado. Gracias al uso de este tipo de imágenes, los datos no fueron manipulados ni tergiversados y se exportan a una planilla de cálculo y se trabajan directamente en un PC.

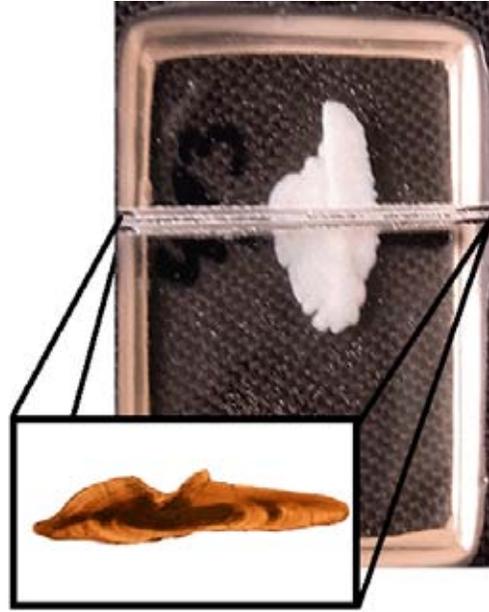


Figura 2. Otolito incluido en resina y corte transversal bajo luz.

### **Precisión de las lecturas**

Las muestras serán leídas dos veces con el fin de verificar la precisión de las lecturas. Según Campana (2001) precisión se define como la reproducibilidad de medidas repetidas en una estructura, tanto si estas lecturas son o no exactas.

Otra definición dada por Sokal & Rohlf, (1969) establece que la exactitud es la cercanía de un dato medido o computado a su verdadero valor; mientras que precisión es la cercanía entre medidas repetidas del mismo objeto.

Medir la precisión es una valiosa forma de determinar la edad de una estructura en particular, de evaluar la reproducibilidad de estimación individuales de la edad, o de comparación del nivel de habilidad un lector con otro u otros (Campana, 2001). El mismo autor

señala que hay dos medidas estadísticas robustas ampliamente usadas para medir la precisión de las lecturas: el porcentaje de error promedio (*APE*) y el coeficiente de variación (*CV*).

Sin embargo existen otros métodos que pueden ser utilizados como el porcentaje de coincidencia, análisis que ayuda en la toma de decisión por ser intuitivo (Hoening *et al.*, 1995).

A continuación se describen los índices de precisión más usados y recomendados. Estos índices se basan en el supuesto que la ocurrencia de varios grupos de edad son contados en términos de presión relativa, así se como se logra la independencia del índice de precisión con la edad del pez y se puede calcular un índice para todo grupos de edad (Hoening *et. al.*, 1995).

Beamish & Fournier (1981) recomendaron usar el *APE*, el cual se define como:

$$1) \quad APE_j = 100\% * \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j}$$

donde  $X_{ij}$  es la  $i$ -ésima estimación de edad del  $j$ -ésimo pez,  $X_j$  es el promedio de edad estimado del  $j$ -ésimo pez, y  $R$  es el número de veces que a cada pez se le asignó la edad. Cuando el  $APE_j$  se promedia para el total de la muestra se calcula el *IAPE* (índice *APE*)

Chang (1982) concuerda que el *APE* es sustancialmente mejor que otros métodos, los que no serán tratados en este estudio, pero sugiere que la desviación estándar debía ser sustituida por la desviación absoluta de la edad promedio. La ecuación resultante produce una estimación del *CV*, expresado como una proporción de la desviación sobre la media y puede ser definida como:

$$2) \quad CV_j = 100\% * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_i|}{R-1}}}{X_j}$$

donde  $CV_j$  es la precisión de edad estimada para el  $j$ -ésimo pez. Como con la ecuación para  $APE$ , puede ser promediada a lo largo de todas las muestras para producir un  $CV$  promedio para el total de la población muestreada.

Tanto la ecuación 1 como la 2 pueden ser promediadas a través de los peces para producir un promedio total de  $APE$  y  $CV$ , que permite tener una idea sobre la presión con la que se estimó la edad.

No hay *a priori* un valor de precisión que pueda ser designado como nivel objetivo para estudios de edad, dado que la precisión es influenciada tanto por la especie y naturaleza de la estructura que se estudia, como por el lector (Campana, 2001) que interpreta esta.

Basado en la revisión de la literatura Campana (2001) establece que la mayoría de los estudios son llevados a cabo con un  $CV$  menor a 7.6%, y un  $APE$  correspondiente de 5.5%.

La crítica a los métodos anteriores es que al promediarse en un único valor enmascaran la variabilidad entre las diferentes edades, por lo tanto ocultan la precisión entre las observaciones. Existe una gran variedad de test estadísticos y técnicas graficas (gráficos sesgoedad) para monitorear las diferencias sistemáticas (sesgo) en las estimaciones de edad. Los procedimientos gráficos no pueden igualar el rigor de las pruebas estadísticas, pero pueden proveer una herramienta más flexible y de mayor significado interpretativo para detectar y cuantificar sesgo, ya que muestran claramente sub- o sobreestimaciones, aún si el error de asignación está restringido a peces jóvenes o longevos. (Campana, 2001).

Campana *et al.* (1995) proponen el uso de gráficos sesgo-edad, ellos son más sensibles que los procedimientos paramétricos y no paramétricos, principalmente cuando el sesgo varía con la edad, tal es el caso cuando edades tempranas y medias son asignadas sin sesgo, mientras que en peces más longevos son subestimados. Además, este tipo de gráficos es sensible a sesgos lineales y no lineales.

### **Validación de la periodicidad de formación de los anillos**

Una vez que se calcula la precisión de las lecturas se le debe asignar una característica temporal. Para esto, se debe validar la edad absoluta o la periodicidad de la formación de los anillos. En este estudio se utiliza el análisis de incremento marginal conocido como *AIM* o *MIA* y el análisis de borde, ambas ampliamente utilizadas en estudios de edad y crecimiento.

Se midió el radio del otolito ( $R_o$ ) y a cada uno de los anillos, además se midió el radio del último ( $r_n$ ) y el penúltimo anillo (Fig. 3) para hacer el análisis de incremento marginal (*AIM*).

Para corroborar el *AIM* se analizó el tipo borde, los que se diferencian entre opaco y translúcido. Según Casselman (1982) en estos términos es implícito que el tipo de luz utilizado es transmitida.

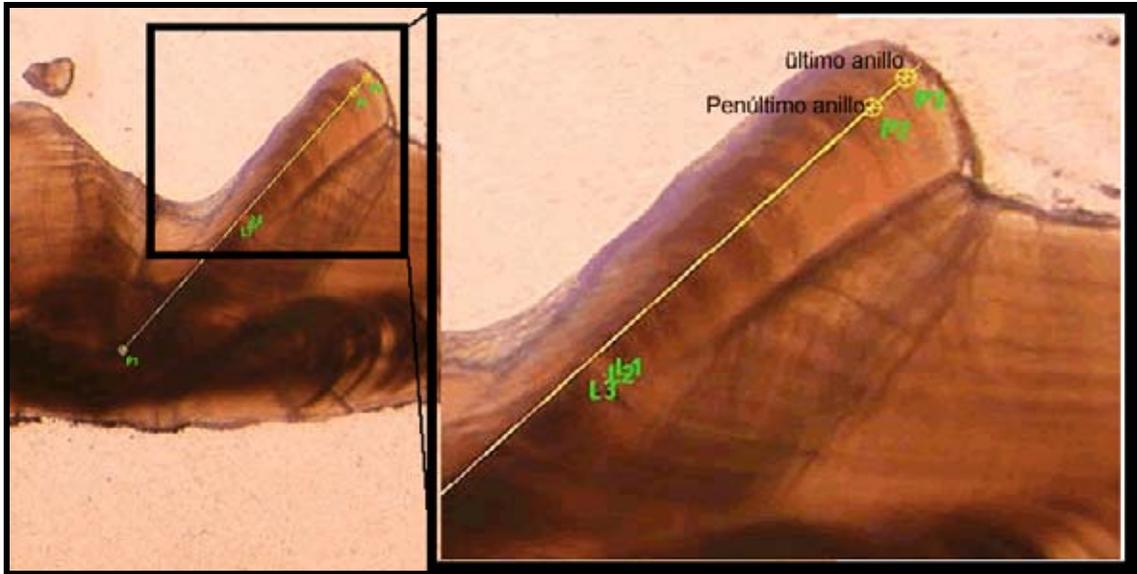


Figura 3. Análisis del incremento marginal y de borde. En esta fotografía se puede ver claramente que el tipo de borde corresponde a translúcido.

En el análisis de borde, se identifica el tipo de borde y se calcula la frecuencia relativa de cada uno de estos por mes.

*AIM* consiste en una medida relativa del incremento del material opaco en el borde del otolito con respecto a la zona de crecimiento anterior del mismo. Esta medida se representa por la siguiente expresión (Aguayo & Gili, 1984):

$$3) \quad AIM = \frac{R_0 - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

donde:  $R_0$  es el radio del otolito,  $r_n$  es el radio hasta el último anillo y  $r_{n-1}$  es el radio hasta el penúltimo anillo.

Según Campana (2001) el análisis de incremento es diferenciado del análisis del tipo de borde algunas veces, pero cuando son usados como métodos de validación tienen propiedades similares. El incremento marginal es calculado como proporcional al incremento total del radio del otolito. Cuando se grafica en función del período de tiempo, el incremento promedio debería describir un ciclo sinusoidal.

### **Estimación de los parámetros de crecimiento**

La estimación los parámetros de crecimiento en longitud se realizará con edades actuales, y se utilizará el modelo de crecimiento descrito por von Bertalanffy (Beverton & Holt, 1957), cuya formulación es la siguiente:

$$4) \quad L_{est} = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

donde  $L_{est}$  es la longitud estimada del pez a la edad  $t$ ;  $L_{\infty}$  es la longitud máxima asintótica promedio,  $k$  es el coeficiente de Brody o la tasa de crecimiento que determina la rapidez con que se alcanza la  $L_{\infty}$ , y  $t_0$  es la edad teórica a la longitud cero del pez ( $t_0$  arregla la posición de la curva a lo largo del eje X, y puede afectar la pendiente de la curva (Haddon, 2001)).

Los parámetros del modelo de crecimiento en longitud ( $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$ ) pueden ser estimados con mínimos cuadrados no lineales (ecuación 6) o por estimadores de máxima verosimilitud (ecuación 7).

$$6) \quad SSQ = \sum_t (L_i - L_{est})^2$$

donde  $L_i$  es la longitud observada y  $L_{est}$  se definió en la ecuación anterior.

Cuando los errores tienen distribución normal, el estimador de máxima verosimilitud es también el estimador de mínimos cuadrados (Kimura, 1980; Aubone & Wöhler, 2000). A pesar de que los valores de los estimadores son iguales en la circunstancia ante mencionada, el método de máxima verosimilitud permite la comparación estadística de los parámetros estimados del modelo de crecimiento (Haddon, 2001).

En los modelos no lineales como el de von Bertalanffy, tanto las estimaciones por mínimos cuadrados como por máxima verosimilitud son obtenidos iterativamente por método numéricos de búsqueda ya que la solución analítica no se puede encontrar.

La ecuación general de máxima verosimilitud para la estimación de los parámetros de crecimiento de la ecuación 4 es:

$$7) \quad L(L_1, \dots, L_n | L_\infty, k, t_0, \sigma) = \prod_{i=1}^n pdf(L_i | L_\infty, k, t_0, \sigma)$$

La cual se lee: la verosimilitud de los parámetros ( $L_\infty, k, t_0, \sigma$ ) dado las observaciones ( $L_1, \dots, L_n$ ) es el producto de la función de densidad de probabilidades (*pdf*) para la  $n$  observación de  $L_i$  dado los parámetros. Este método requiere que se especifique la distribución de densidad de probabilidades de los residuales (Haddon, 2001).

Los residuales se obtienen de la diferencia entre las longitudes observadas ( $L_i$ ) y las estimadas del modelo de crecimiento ( $L_{est}$ ).

$$8) \quad e_i = L_i - L_{est}$$

donde  $e_i$  son los residuales para cada observación  $L_i$  y estos pueden tener cualquier tipo de distribución (Pearson, Normal, Binomial, etc.).

Se comenzará del supuesto de que los residuales están distribuidos normalmente (ecuación 9), por lo que para la estimación de los parámetros del modelo de crecimiento se utilizará máxima verosimilitud con *pdf* normal (ecuación 10).

La densidad de probabilidad que define una distribución normal es:

$$9) \quad L\{L_i | L_{est}, \sigma\} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-(L_i - L_{est})^2}{2\sigma^2}\right)}$$

donde  $L\{L_i | L_{est}, \sigma\}$  es la verosimilitud de cualquier observación individual  $L_i$ , dado la media  $L_{est}$  y  $\sigma$  la desviación estándar.

Aplicando logaritmo natural a la ecuación 7 queda la función de máxima verosimilitud para ser maximizada:

$$10) \quad LL\{L_1, \dots, L_n | L_{\infty}, k, t_o, \sigma\} = \sum_{i=1}^n Ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{-(L_i - L_{est})^2}{2\sigma^2}\right)\right)$$

La estimación por máxima verosimilitud y mínimos cuadrados ha sido ampliamente estudiada y discutida (Kimura, 1980; Hilborn & Mangel, 1997; Aubone & Wöhler, 2000;

Haddon, 2001) por lo que en este trabajo se presentan las formulas generales de ambas metodologías.

Para confirmar la suposición inicial se utilizará un método gráfico (q-q plot) que ayuda a ver si la distribución de los residuales se acerca a una distribución determinada, y en base a esto elegir el tipo de análisis estadísticos a utilizar (paramétricos o no paramétricos).

### **Comparación del crecimiento entre machos y hembras**

Kimura (1980) propone comparar curvas de crecimiento utilizando la prueba de razón de verosimilitud. Este se aplica para comparar cualquier tipo de ecuación no lineal ajustada a los datos, esto se puede realizar siempre que los residuales usados sean aditivos y estén normalmente distribuidos. La prueba calcula un estadístico que es comparado con la distribución  $\chi^2$ , con grados de libertad igual al número de restricciones (N-1). La prueba esta basada en la siguiente ecuación:

$$11) \chi_k^2 = -N * Ln \left( \frac{RRS_{\Omega}}{RRS_{\omega}} \right)$$

donde  $k$  es el grado de libertad igual al número de restricciones colocadas sobre el ajuste,  $N$  es el total de número de observaciones desde ambas curvas,  $RRS_{\Omega}$  es la suma cuadrática de residuales totales obtenidos desde ambas curvas por ajustes separados, y  $RRS_{\omega}$  es la suma de cuadrados residuales totales obtenidos desde el ajuste de curvas con una hipotética restricción (ej.  $L_{\infty}$  son iguales,  $k$  son iguales, etc). El aspecto interesante de esta metodología es que permite

descubrir cual de los parámetros es el más importante para explicar la diferencia entre las curvas, si es que existe.

Para complementar este ultimo punto, se midió la distancia del core a cada anillo. A partir de este dato se puede observar el comportamiento del incremento del otolito a lo largo de toda la vida de los peces.

El incremento se debe calcular como incremento relativo, el cual se expresa:

$$12) \quad I = \frac{R_{i+1} - R_i}{R_i}$$

donde  $I$  es el incremento  $R_{i+1}$  es el radio del otolito a la edad  $i+1$ ,  $R_i$  es el radio a la edad  $i$

## **RESULTADOS**

### **Obtención de datos**

Se midió la longitud total y peso total se llevó a cabo en 325 animales, de los cuales 189 (58.2%) fueron hembras y 136 (41.9%) machos. El rango de tallas encontrado para los peces muestreados fluctuó entre los 19 - 43 cm de longitud total y 159 – 1259 gr de peso total.

### **Análisis del otolito**

De un total de 325 muestras, se pueden examinar 271 (83.4%) otolitos. Al analizar las muestras bajo luz transmitida se distinguió una zona que se ve opaca, ya que un mayor contenido de carbonato de calcio dificulta el paso de la luz, y una zona translúcida, donde la luz pasa con mayor facilidad ya que predomina el material de la matriz proteica por sobre el carbonato de calcio. Estas zonas están distribuidas concéntricamente alrededor del core o núcleo. En la figura 4 se pueden distinguir las zonas antes mencionadas.

Para establecer un punto de partida del conteo de los anillos, se utilizó la primera marca que mostrara alto contraste y una continuidad alrededor del core, ya que los anillos fuera del área cercana al core se pueden distinguir claramente (Fig. 4).

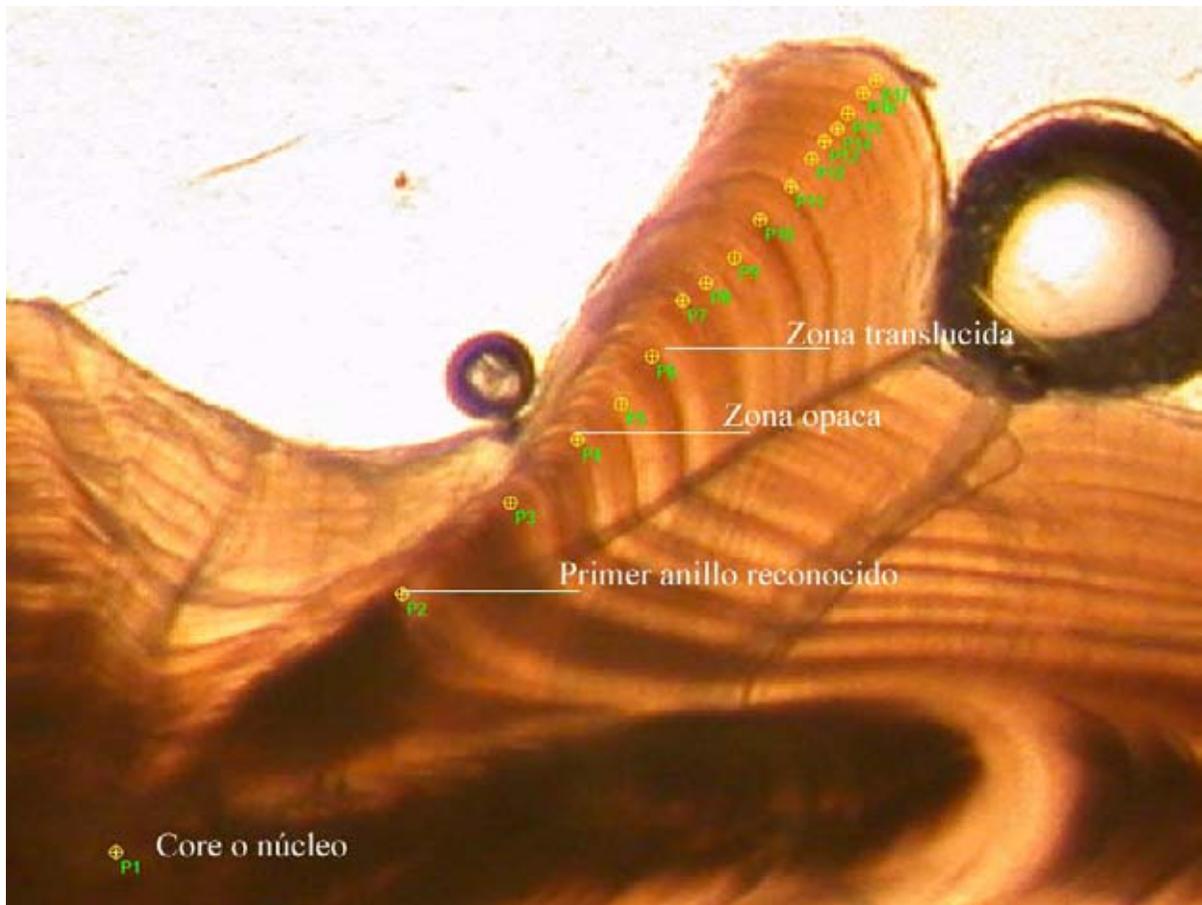


Figura 4. Corte transversal de otolito sagitta de *H. lengerichi*. Se observa el área de lectura en la que se pueden reconocer las zonas opacas y translúcidas.

### **Distribución de edades de la muestra**

La distribución de frecuencia por edad muestra un rango entre 5 – 33 años y una marcada tendencia a la captura de individuos entre los 11 y 15 años (Fig. 5).

El rango de edades leído en machos y hembras es similar. En hembras el rango fue de 5 a 32 años (Fig. 5(a)) y en machos 7 a 32 años (Fig. 5(b)).

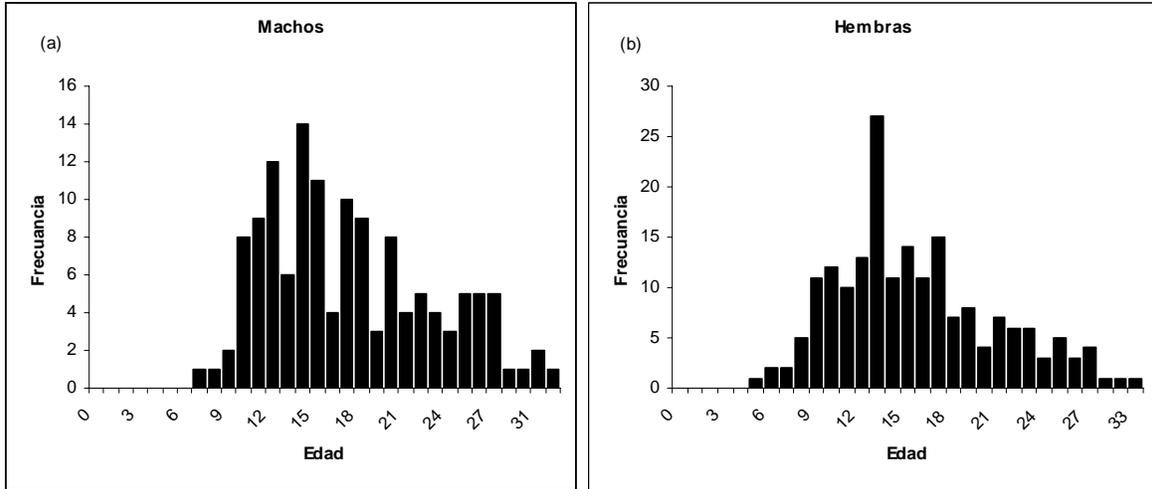


Figura 5. Distribución de frecuencia de las muestras con respecto a edad para (a) machos y (b) hembras de *H. lengerichi*.

### Precisión y exactitud en la interpretación de la edad

Los índices de precisión *APE* (Beamish & Fourier, 1981) y el *CV* (Chang, 1982) descritos por estos autores son métodos para evaluar la consistencia de la estimación de la edad a través de las muestras. Ambos autores sugieren que estos índices son apropiados tanto para comparar métodos de asignación de edad como para comparar entre lectores (Hoening *et al.*, 1995).

Los índices de precisión *APE* y *CV* utilizando la totalidad de las muestras se obtuvo un rango de variación de *APE* entre 0% y 8.3% y un *IAPE* de 2.5%. Mientras que el *CV* fue 3.5%.

Tabla 1. Índices de precisión calculados a partir de las lecturas realizadas en secciones de otolito de *H. lengerichi*.

Índices de precisión		
	n	%
APE	326	2.50
CV	326	3.54

Una forma de visualizar la variación a lo largo de las lecturas es mediante el gráfico sesgo-edad que se ve a continuación. Este complementa los resultados de los índices de precisión.

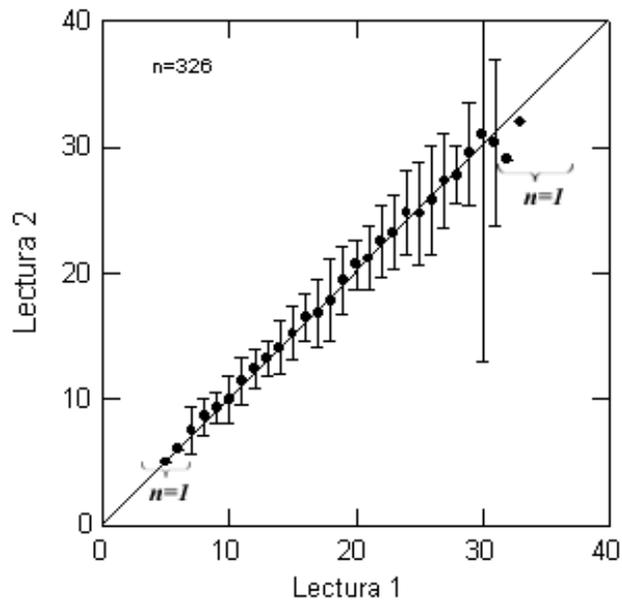


Figura 6. Gráfica sesgo-edad de los pares de lecturas para *H. lengerichi*. La barra de errores representa el intervalo de confianza al 95% respecto al promedio de la lectura 2 para todos los peces asignados por la lectura 1. La línea diagonal indica la relación esperada (equivalencia 1:1).

Los animales de mayor edad son más difíciles de leer que los animales jóvenes. En general la lectura 1 y 2 no varían significativamente. Esto se representa con una diagonal que la línea 1:1 la que es atravesada por los intervalos de confianza (95%) (Fig. 6).

## Validación de la periodicidad en la formación de los anillos

A pesar de que el análisis de incremento marginal es recomendado para animales de crecimiento rápido, también se puede realizar en animales más longevos pero considerando estrechos rangos de edades (Campana, 2001). En este estudio el rango utilizado fue desde 5 a 16 años. Este rango muestra un patrón estacional en los incrementos, como se ve en la figura 7B.

El análisis del tipo de borde (Fig. 7A), muestra que la distribución de frecuencia de anillos translúcidos fue mayor en las estaciones de primavera-verano. Esto abarca todo el rango de edades muestreado y confirma un patrón estacional del crecimiento de *H. lengerichi*.

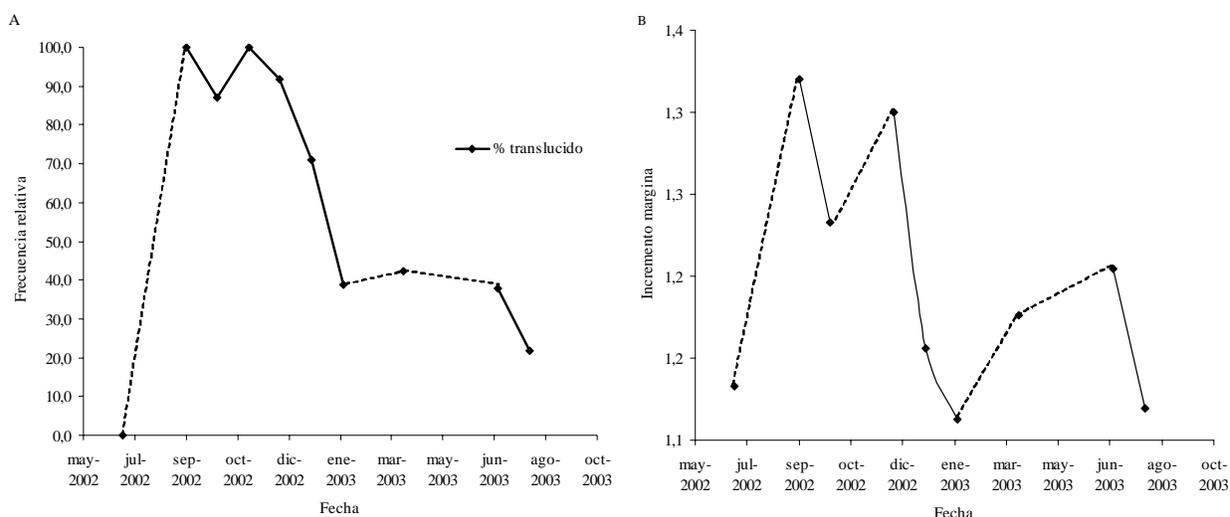


Figura 7. Resultados del análisis de tipo de borde (A) e incremento marginal (B).

## Estimación de parámetros de crecimiento

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy muestra un buen ajuste del modelo a los datos de longitud a la edad (Fig. 8), y los parámetros de crecimiento de *H. lengerichi* pueden ser estimados sin diferenciar sexo.

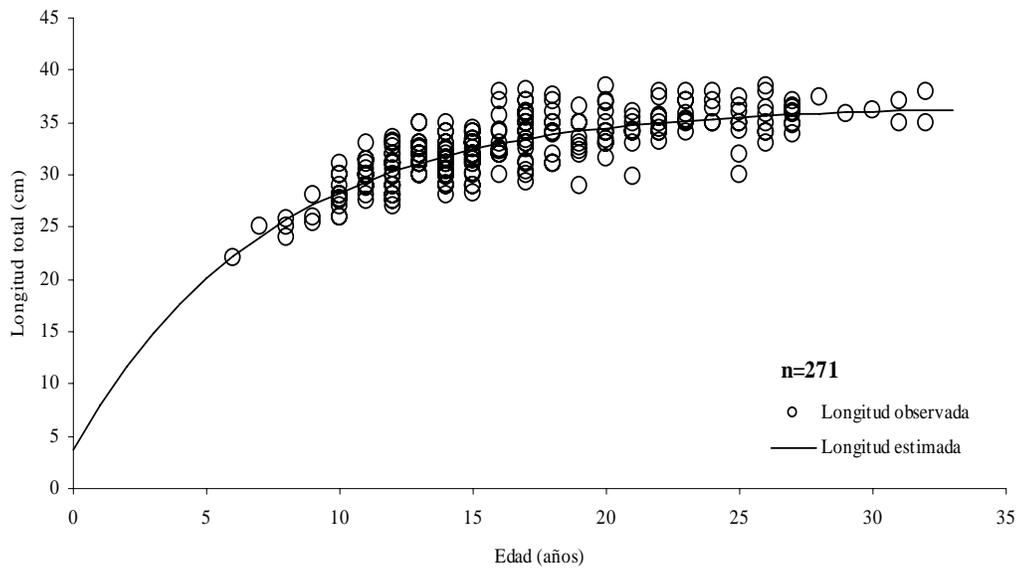


Figura 8 Curva de crecimiento de *H. legerichi* sin diferenciar sexos.

Los residuales en torno a la curva estimada presentan una distribución normal, así lo confirman el test de normalidad kolmogorov-smirnov, Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ ) y el análisis gráfico q-q plot (Fig. 8).

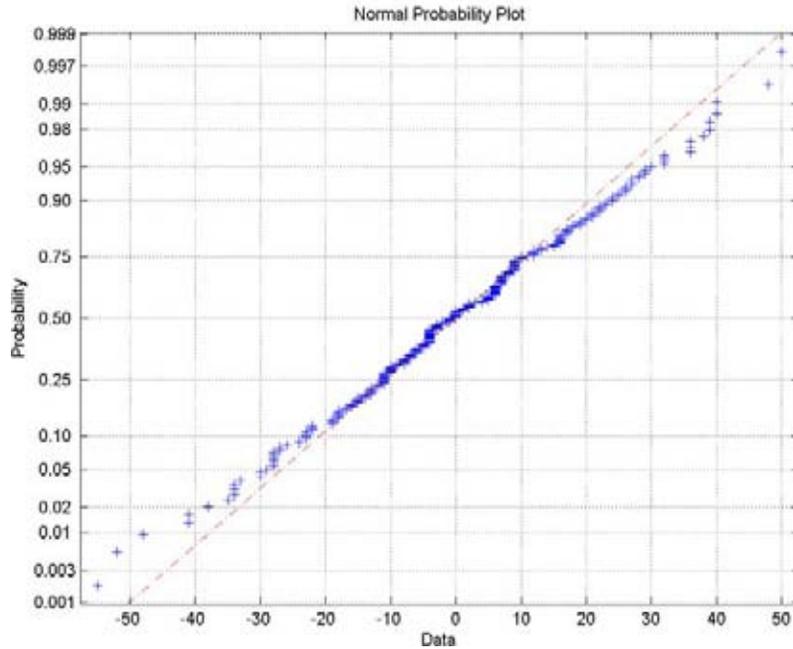


Figura 9. Gráfico q-q, muestra la distribución de probabilidades de los residuales, comparados con una distribución normal teórica (línea roja punteada).

Al definir el tipo de distribución de los residuales, se puede estimar los parámetros de crecimiento por máxima verosimilitud y de los intervalos de confianza correspondientes, estos se entrega en la Tabla 2.

Tabla 2 Los parámetros de crecimiento de *H. lengerichi* para ambos sexos estimados a partir de datos agrupados. Los intervalos de confianza están estimados al 95%.

edades actuales		<b>n 271</b>			
		LC inf	Media	LC sup	D.S.
ambos sexos	$L_{\infty}$	35,9	36,6	37,5	4,641
	k	0,111	0,135	0,163	0,016
	$t_0$	-2,912	-0,983	0,523	1,093

## Comparación del crecimiento

La prueba de razón de verosimilitud de Kimura (1980) indicó que no existe diferencias entre las curvas de crecimiento estimadas tanto para machos como hembras ( $p = 0.106$ ). Una comparación gráfica de la estimación por separado tanto de macho como de hembras se muestra en la figura 10, la que no muestra diferencias en el crecimiento de ambos sexos.

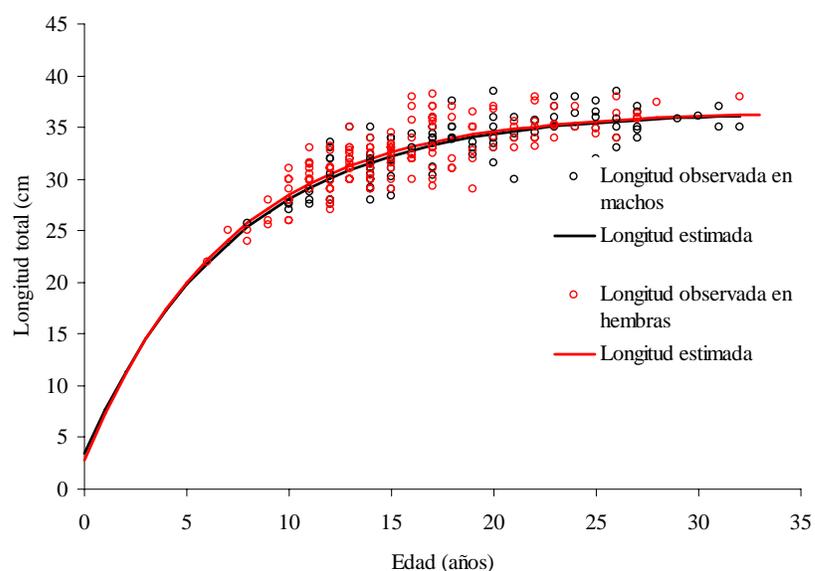


Figura 10. Curvas de crecimiento estimadas a partir de la longitud observada para machos y hembras.

Los incrementos promedios relativos (Fig. 11) de los otolitos a cada edad medidos no presentan diferencias significativas entre sexos. Sin embargo, en los años 1, 2 y 3 se observan incrementos promedios del otolito menores en hembras que en machos.

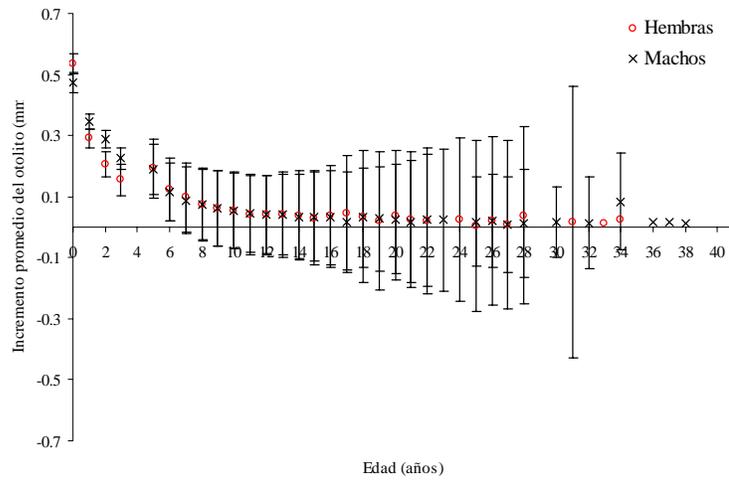


Figura 11. Incremento relativo promedio anual del otolito para machos y hembras. Las barras representan la desviación estándar.

## DISCUSIÓN

### Interpretación

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 (Bergstad, 1995). En general la reproducibilidad y legibilidad de la lectura decrece mientras más longevo es el pez sin importar la estructura ósea que se utilice (Bergstad *et al.*, 1998; Allain, 1999).

En peces longevos es recomendado utilizar secciones en vez del otolito completo. Casselman (1982) señala que se produciría una subestimación de la edad al utilizar otolitos completos para la asignación de edad.

En el área que rodea inmediatamente el core no se logró observar con claridad anillos de crecimiento. Esta zona se presenta más oscura que la zona adyacente, donde los anillos se observan con mayor nitidez. De tal manera, es probable que se haya subestimando debido a la dificultad de asignar edad en el área que rodea el core. Esta diferencia podría deberse a cambios en la historia de vida durante la etapa de juvenil. Furlani (1997) analizó larvas pelágicas de *Helicolenus percooides* encontrando que los cambios en la historia de vida se reflejan en diferencias ópticas en el otolito.

El número máximo de anillos identificados fue de 33 años que correspondió a un pez 38 cm de longitud total. En el hemisferio Norte se han encontrado especímenes de *H. dactylopterus* cuya edad máxima observada, a partir de secciones, varía entre los 30 (White *et al.*, 1998) y 43 años (Kelly *et al.*, 1999; Allain, 1999), y Nueva Zelanda se encontró *H. percooides* de 42 años (Paul & Francis, 2001; Whitell & Wankowski, 1988).

## **Precisión y exactitud en la interpretación de la edad**

Se realizaron 3 lecturas diferidas por un mismo lector, de las cuales la primera fue de entrenamiento, no siendo utilizada en la estimación de los parámetros. Al utilizar un solo lector es probable cierto grado de subjetividad debido a que no existe punto de comparación entre lecturas. Puede que exista un error sistemático a través de las lecturas que este único lector no identifique. En la actualidad es muy común encontrar trabajos donde la interpretación de una misma estructura es realizada por dos laboratorios (Campana, 2001), lográndose una completa independencia entre lecturas y lectores. Es por esto que en este tipo de estudios se recomienda la participación de un segundo lector.

Según los índices de precisión *IAPE* y *CV* las lecturas son precisas, sin embargo, el gráfico sesgo-edad muestra que los ejemplares longevos presentan una mayor variabilidad con respecto a la estimación de la edad, al contrario de lo que sucede en los individuos más jóvenes donde la talla y edad están más correlacionados (Campana, 2001).

En este estudio se obtuvo una rango precisión de 0% a 8% (*APE*) entre las lecturas, mientras que el *IAPE* fue de 2.5%, lo cual se considera aceptable en estudios basados en otolitos. Sin embargo, que este estudio sea preciso no implica que sea exacto, es decir, los índices de precisión no son una herramienta que permita saber que tanto nos acercamos a la edad verdadera del pez. (Campana, 2001)

## **Validación de la periodicidad en la formación de los anillos**

La interpretación de los anillos de crecimiento provee una estimación de la edad osteológica como la define Casselman (1982); sin embargo esta no puede ser asociada con una edad cronológica directamente. Es importante saber la relación que existe entre la edad osteológica y la cronológica. Por consiguiente la interpretación de la edad junto con la validación, son las partes más importantes de los estudios de edad y crecimiento (Campana, 2001).

Los métodos de validación confirman la frecuencia de la formación de incrementos en las estructuras duras y corroboran la correcta interpretación del lector. Sin embargo, no hay garantía de que la misma interpretación sea alcanzada por otro lector, incluso examinando la misma estructura. En otras palabras, la validación de la edad analiza procesos biológicos y no asume errores de interpretación (Campana, 2001).

Los métodos de validación utilizados en este estudio son aproximaciones válidas y de bajo costo que permiten llegar a conclusiones consistentes, siempre que sean bien utilizados. Tanto el uso del análisis de incremento marginal y el análisis de borde son afectada por la variabilidad de la refracción de la luz y por la reflexión de la luz en la curvatura de la superficie del borde que dificultan la interpretación de este. Además, se pudo observar que el incremento marginal no se forma al mismo tiempo alrededor del otolito (Campana, 2001).

El análisis de borde en este estudio se considero más robusto que el *AIM* ya que valida la periodicidad en la formación de los anillos utilizando todo el rango de edades observadas. En cambio, el incremento marginal mostró ser edad-específico, ya que sólo fue posible validar el rango entre los 5 y 16 años. Campana (2001), recomienda que la validación mediante

incremento marginal sea aplicada a estrechos rangos de edad, por lo que se hace necesario en un futuro validar la edad absoluta y no solo la periodicidad en la formación de los incrementos.

El análisis de borde y el incremento marginal, demuestran que la formación de los anillos fue anual, tal como se plantea en la hipótesis. Los resultados muestran un pico de borde translucidos entre primavera y verano, esto coinciden con otros estudios realizados una especie del mismo género (*H. dactylopterus*) (Massutí *et al.*, 2000; Person, 1996; White *et al.*, 1998) en el hemisferio norte y otros peces de profundidad de estas latitudes (Aguayo & Chong, 1990; Rubilar *et al.*, 1999).

### **Estimación de los parámetros de crecimiento y comparación del crecimiento**

Los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy pueden ser estimados por dos métodos de búsqueda ampliamente utilizados; mediante mínimos cuadrados o por máxima verosimilitud. El primero es una búsqueda que minimiza la suma de los mínimos cuadrados de la diferencia entre los datos observados y los predichos. Este método de búsqueda no requiere que se conozca la distribución de los residuales (Haddon, 2001). En cambio, al utilizar máxima verosimilitud se debe hacer una suposición *a priori* del tipo de distribución de los residuales, si la distribución es normal, la estimación puede hacerse mediante máxima verosimilitud o mínimos cuadrados, los parámetros resultantes son muy parecidos, si no iguales (Haddon, *op. cit.*).

La estimación de los parámetros de crecimiento en especies que son capturados incidentalmente es problemática, ya que es difícil obtener periódicamente un número de muestras predeterminado, pero sin duda los costos de un trabajo de este tipo son bajos, lo que es muy importante para poder realizar un estudio. Esto se ve agravado al saber que la mayor

parte de la información sobre peces de profundidad proviene de las pesquerías y los estudios biológicos deben adaptarse a esta situación. Esto quiere decir que nuestro conocimiento se va limitando a las áreas en las que las flotas realizan su actividad y por lo tanto, poco es lo que se sabe de los patrones de distribución natural de estos peces (Koslow *et al.*, 2000).

Existen muy pocos estudios de crecimiento en *Helicolenus*. Kelly *et al.* (1999), Massuti *et al.* (2000) y White *et al.* (1998) encontraron que *H. dactylopterus* presenta un  $L_{\infty}$  que varía entre de 27 y 37 cm y  $k$  de 0.06 y 0.16 para machos y hembras. En *H. percoides* se estimó un  $L_{\infty}$  de 42 - 38 cm, y un  $k$  de 0.12 - 0.13, para machos y hembras respectivamente (Paul & Francis, 2001; Withel & Wankowski, 1988). Los resultados de este trabajo confirman que *H. lengerichi* posee la longevidad típica del género. Las edades encontradas para el género variaron entre 30 y 43 años, y los parámetros de crecimiento estimados fueron  $L_{\infty}$  de 37 cm y  $k$  de 0.14.

Los trabajos mencionados anteriormente encontraron que, en peces adultos, los machos alcanzan mayor longitud que las hembras, esto Massuti *et al.* (2000) señaló que se debería a aspectos reproductivos. No obstante, en este estudio no se encontró dimorfismo sexual en los parámetros de crecimiento. Según Love & Jonson (1998); Mason (1998), esta es una característica típica del género *Sebastes*, uno de los tres representantes de la familia Scorpaenidae.

En las tallas máximas, utilizadas en la estimación de los parámetros de crecimiento, no se observó diferencias entre sexos. El macho de mayor tamaño registrado fue de 39 cm y la hembra de 38 cm, ambos valores se coinciden con el  $L_{\infty}$  estimado, que alcanza 37 cm esto. Sin embargo, se encontró especímenes de mayor tamaño a los que no se le pudo analizar el otolito, y la longitud registrada fue de 41 cm para ambos sexos.

Si bien en este trabajo se analizó la edad y el crecimiento en longitud por primera vez en esta especie en Sudamérica, los aspectos reproductivos no fueron abordados lo cual debería

ser examinado en estudios posteriores. Sin embargo, el modo reproductivo en *Helicolenus* varía desde ovoviparia, característica de *H. dactylopterus dactylopterus*, a viviparia en *H. percooides* (Wourms, 1991).

El  $k$  estimado en este trabajo indica, según Musick (1999), que *H. lengerichi* es una especie de baja productividad, además de ser endémica de Sudamérica, factores considerados de riesgo para la explotación pesquera de cualquier especie y deben ser considerados si en un futuro se explota este recurso a mayor escala que en la actualidad.

## LITERATURA CITADA

- Aguayo, M. & J. Chong. 1990. Determinación de edad y estimación de los parámetros de crecimiento del congrio dorado, *Genypterus blacodes* (Schneider, 1801) (Osteichthyes, Ophidiidae) en el Pacífico Sur Oriental. *Biol. Pesq.* 19:55-67.
- Aguayo, M & R. Gili. 1984. Edad y crecimiento de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg, 1907). *Invest. Pesq.* 31: 47-57.
- Allain, V. 1999. Ecologie, biologie et exploitation des populations de poissons profonds de l'Atlantique du nord-est. Thèse, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 376 p. In: Allain V. & Lorance P., 2000. Age estimation and growth of some deep-sea fish from the Northeast Atlantic ocean. *Cybium.* 24 (3): 7-16
- Aubone, A. & Wöhler, O. 2000. Aplicación del método de máxima verosimilitud a la estimación de parámetros y comparación de curvas de crecimiento de von Bertanaffy. INIDEP. Inf. Tec. 37p
- Bahamonde, N. 1953. Alimentación del Chancharro *Helicolenus lengerichi*. *Inves. Zool. Chile.* 1(10): 8-9.
- Beamish, R.J. 1979a. Differences in the age of Pacific hake (*Merluccius productus*) using the whole otoliths and sections of otoliths. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 141-151.
- Beamish, R.J. 1979b. New information of the longevity of Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 1395-1400.
- Beamish, R.J. & Fournier, D.A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.
- Beamish, R. & G. McFarlane. 1982. Validation of age determination estimates: the forgotten requirement. In: Prince, E., L. Pulos. 1982. Poceeding of the international workshop

- on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, Billfishes, and sharks. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, *National Marine Fisheries Service*, NOAA. Miami, Florida. 29-33.
- Bennett, J. T., Boehlert, G. W. & Turekian, K. K. 1982. Confirmation of longevity in *Sebastes diploproa* (Pisces: Scorpaenidae) from Pb-210/Ra-226 measurements in otoliths. *Marine Biology*. 71: 209–215.
- 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.
- Bergstad, O., J. Magnusson, N. Hareide & J. Reinert. 1998. Intercalibration of age readings of ling (*Molva molva* L.) blue ling (*Molva dipterygia* Pennant, 1784) and tusk (*Brosme brosme* L.). *ICES J. Mar. Sci.*55:309-318.
- Beverton, R. & S. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Population. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest (Ser. 2) 19:533 p.
- Boehlert, G. W. 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. *Fishery Bulletin*. 83: 103–117.
- Campana, S. E., M. C. Annand & J. McMillan. 1995. Graphical and statistical methods for determinations the consistency of age determination. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 131-138.
- Campana, S. E. & Thorrold, S. R. 2001. Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58: 30–38.
- Campana, S. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J Fish Biol.* 59: 197–242.

- Casselman, J. 1982. Age and growth assessment of fish from their calcified structures-  
Techniques and tools. In: Prince, E., L. Pulos. 1982. Proceeding of the international  
workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, Billfishes, and  
sharks. Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, *National Marine Fisheries  
Service, NOAA*. Miami, Florida. 1-17.
- Chang, W.Y. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination.  
*Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210.
- Chilton, D., R. J. Beamish. 1982 Age determination methods for fish by the Groundfish  
program at the Pacific Biological station. *Can. Spec. Publ. Fish. Aqua. Sci.* 60, 102p.
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Informe N° 44, Callao.
- Chong, J., D. López, & R. Ahumada. 1974. Algunos alcances sobre la alimentación del  
chancharro (*Helicolenus lengerichi* Norman, 1937) en el sur de Chile. *Bol. Soc. Biol.  
de Concepción*. XLVIII: 147-154.
- Chong, J., D. López & G. Toledo. 1976. Análisis biométrico, merístico y descripción del otolito  
de *H. lengerichi*. *Breviarios Antar.* 1(1): 1-9.
- Furlani, D. 1997. Development and ecology of ocean perch larvae, *Helicolenus percoides*  
(Richardson, 1842) (Pisces:Scorpaenidae), from southern Australian waters, with  
notes on the larvae of other sympatric scorpaenid genera. *Mar. Freshwater Res.* 48:  
311–20.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC.  
Boca Raton, Florida. 406 pp.
- Hilborn, R. and M. Mangel. 1997. The Ecological Detective: confronting models with data.  
Princeton University Press, Princeton, N.J. 315 pps.

- Hoenig, J. M., Morgan, M. J. & Brown, C. A. 1995. Analysing differences between two age determination methods by tests of symmetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 52: 364–368.
- Ihssen P., H. E. Booke, J. Casselman, J. McGlade, N. Payne & F. Utter. 1981. Stock identification: materials and methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38(12): 1838-1855.
- Kelly, C. J., Connolly, P. L. & Bracken, J. J. 1999. Age estimation, growth, maturity, and distribution of the bluemouth rockfish *Helicolenus d. dactylopterus* (Delaroché 1809) from the Rockall Trough. – *ICES Journal of Marine Science*. 56: 61–74.
- Kimura D. K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. US National Marine Fisheries Service. *Fisheries Bulletin*. 77(4):765-776.
- Koslow, J. A., Boehlert, G. W., Gordon, J. D. M., Haedrich, R. L., Lorange, P., and Parin, N. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 548–557.
- Kotlyar, A. 1988. Information on morphometrics and features of coloration of *Helicolenus lengerichi* Norman (Scorpaenidae). *Voprosy Ikhtiologii*. 2:325-329.
- Love, M & K. Johnson. 1998. Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. *Fish. Bull.* 87:100–109.
- Mason, J. 1998. Declining rockfish lengths in the monterey bay, california, recreational fishery, 1959–94. *Marine Fisheries Review*. 60(3): 15-28.
- Massutí, E., B. Morale-Nin & J. Morata. 2000. Age and growth of blue-mouth, *Helicolenus dactylopterus* (Osteichthyes: Scorpaenidae), in the western Mediterranean. *Fisheries Research*. 46:165-176.
- Musick, J. 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries*. 24(12): 6-12.

- Morales-Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO, Documento Técnico de Pesca. N° 322. 58 p.
- Person, D. 1996. Timing of hyaline-zone formation as related to sex, location, and year of capture in otoliths of the widow rockfish, *Sebastes entomelas*. *Fishery Bulletin*. 94:190-197.
- Paul, L. & M.P. Francis. 2001. Estimates of age, growth, and mortality parameters of sea perch (*Helicolenus percooides*) off the east coast of the South Island, New Zealand. National Institute of Water and Atmospheric Research. Ministry of Fisheries Research Project SPE2000/01. 35 pp.
- Rubilar, P.S., C.A. Moreno & A.R. Zuleta. 1999. Edad y crecimiento de *Dissostichus eleginoides* (Pisces: Notheniidae) en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S). *Revista Chilena de Historia Natural*. 72:285-296.
- Sokal, R. & Rohlf, F.J. 1969. Biometry. W.H. Freeman and Company. San Francisco, USA.
- White, D.B., D.M. Wyanski & Sedberry, G.R. 1998. Age, growth, and reproductive biology of the blackbelly rosefish from the Carolinas, USA. *Journal of Fish Biology*. 53(6): 1274–1291.
- Withel, A.F. & J.W. Wankowski. 1988. Estimates of age and growth of ocean perch, *Helicolenus percooides* Richardson, in south-eastern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 39(4): 441–457.
- Wourms, J. 1991. Reproduction and development of *Sebaste* in the context of the evolution of piscine viviparity. *Environmental Biology of Fishes*. 30: 111-126.