

UCh-FC  
B. Ambiental  
4939  
C.1

ESCUELA DE PREGRADO – FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD DE CHILE



**“Estimación de edad y crecimiento de *Cynoscion analis* (Jenyns, 1842)  
(Teleostei; Scianidae), mediante lectura de otolitos**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en medio Ambiente.

**KAREN ANDREA HUNT JAQUE**

Prof. M.Cs. Irma Vila Pinto  
**Directora Seminario de Título**

Handwritten signature of Irma Vila Pinto in blue ink, positioned above a horizontal line.

**Comisión de Evaluación Seminario de Título**

Dr. Mauricio Canals Lambarri  
**Presidente de la Comisión**

Dr. Claudio Veloso Iriarte  
**Evaluador**

Handwritten signature of Mauricio Canals Lambarri in blue ink, positioned above a horizontal line.  
Handwritten signature of Claudio Veloso Iriarte in blue ink, positioned above a horizontal line.

SANTIAGO, abril de 2008



Mi nombre es Karen Hunt Jaque, nací el 15 de Agosto de 1977, en San Antonio. Mis estudios de enseñanza básica y media, los realicé en el Liceo Santa Teresita de Llo-lleo hasta llegar a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, en donde ingresé a la carrera de Biología Ambiental.

Todo mi camino tanto profesional como personal ha sido alcanzado con éxito gracias al apoyo incondicional de mi madre, María Ester Jaque, la mujer más noble, esforzada, dedicada e inteligente que haya conocido, capaz de hacer cualquier sacrificio por su familia: a ti mamá te debo absolutamente todo lo que soy.

Tengo dos hijos, Matías Ignacio y Catalina Paz, que sin duda han sido mi mayor logro y mi hobby preferido, son bastante graciosos e inteligentes, y no es porque sean mis hijos. Mi esposo es el mejor compañero que pudo colocarme la vida, con Claudio tenemos muchos proyectos por realizar y nos apoyamos cada día fortaleciendo nuestra familia.

Actualmente, trabajo en el Instituto de Fomento Pesquero, lugar que me acogió desde la tesis hasta hoy, dedicándome al análisis de edad en otolitos, los mismos que dieron origen a este trabajo.



*A mi madre y mis hijos Matías y Catalina.*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco con especial cariño, por su apoyo tanto en lo académico como en lo personal, a mi tutora y profesora Sra. Irma Vila, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Al Instituto de Fomento Pesquero, por permitir la ejecución de mi proyecto de tesis en sus dependencias. En especial, a los señores Raúl Gili (QEPD), Hernán Miranda y Antonio Aranís, por su entrega incondicional de conocimientos y amistad. A mis amigos y compañeros de trabajo de la sección de Edad y Crecimiento de IFOP Valparaíso y de la Base de IFOP San Antonio; que cada día me motivaron y apoyaron más a concluir esta etapa académica y que hoy constituyen mi segundo hogar. Por la traducción al Sr. Marcelo Nilo.

Tampoco podría olvidar en esta instancia a mis amigos de la Facultad de Ciencias, que sobrevivieron junto a mí cada año de carrera, en lo bueno y en lo adverso, ya que sin ellos muchos días hubiesen sido difíciles de superar.

Y por todo su amor, dedicación y paciencia a Claudio Gabaude, mi marido, que siempre me ha entregado su apoyo para seguir adelante en todos mis proyectos.

A cada uno de ustedes, con todo el cariño de ayer y de siempre, muchas gracias.



**INTRODUCCION**..... 1

**CAPITULO I**

**OBJETIVOS**.....2

1.1 Objetivo General.....2

1.2 Objetivos Específicos.....2

**CAPITULO II**

**ANTECEDENTES GENERALES**.....3

2.1 Antecedentes biológicos y distribución geográfica de *Cynoscion analis*.....3

2.2 Sinonimia.....5

2.3 Crecimiento en peces.....6

2.4 Determinación de edad y crecimiento.....6

2.5 Descripción del otolito de *Cynoscion analis*.....10

**CAPITULO III**

**MATERIALES Y METODOS**.....11

3.1 Estimar la edad de *Cynoscion analis*, a través del análisis de los otolitos sagitales..... 11

3.1.1 Obtención de las muestras.....11

3.1.2 Descripción del otolito de *Cynoscion analis*.....12



3.1.3 Preparación de otolitos para la lectura.....	13
3.1.3 Precisión en las determinaciones de edad.....	13
3.2 Estimar los parámetros de crecimiento de <i>Cynoscion analis</i> , utilizando el modelo de von Bertalanffy aplicando la talla actual y el retrocálculo.....	15
3.2.1 Estimación de los parámetros de crecimiento.....	15
3.2.1.1 Edad – talla actual.....	15
3.2.1.2 Retrocálculo de longitudes de peces.....	15
3.2.2 Estimación de la función de crecimiento.....	17
3.2.3 Comparación de las curvas de crecimiento.....	17
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
4.1 Estructura de tallas y edades en la muestra.....	18
4.2 Estimación de parámetros de crecimiento en longitud.....	19
4.3 Comparación de las estimaciones de parámetros de crecimiento.....	25
4.3.1 Comparación entre los sexos.....	25
<b>CAPITULO V</b>	
<b>DISCUSION.....</b>	<b>30</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>39</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
<b>Figura 1.</b> Vista lateral de ayanque ( <i>Cynoscion analis</i> ).....	5
<b>Figura 2.</b> Oído interno de los peces .....	10
<b>Figura 3.</b> Otolito de un ayanque .....	12
<b>Figura 4.</b> Estructura de tallas de los ejemplares en la muestra de otolitos para determinar la edad de ayanque de la costa de Arica.....	19
<b>Figura 5.</b> Curvas de crecimiento en longitud para machos y hembras de ayanque, en la costa de Arica, a través de la técnica de edad-talla actual, Chile. (Período 2002-2003).....	23
<b>Figura 6.</b> Curvas de crecimiento en longitud para machos y hembras de Ayanque, a través de la técnica de retrocálculo en la Costa de Arica, Chile. (Período 2002-2003).....	26
<b>Figura 7.</b> Curvas de crecimiento ajustadas para ayanque por distintos autores para las zonas de pesca de Perú y Chile.....	34





## INDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Longitudes promedio (cm), mínimas y máximas observadas por edad para machos y hembras de ayanque, mediante edad actual en la costa de Arica. Período 2002-2003.....	20
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de crecimiento en longitud total del modelo de von Bertalanffy para el ayanque ( <i>Cynoscion analis</i> ) por sexo, para edad-talla actual. Costa de Arica (Periodo 2002-2003).....	21
<b>Tabla 3.</b> Longitudes total promedio(cm) por edad calculadas para el ayanque mediante las ecuaciones de crecimiento ajustadas para machos, hembras y ambos sexos combinados, para la edad-talla actual.....	22
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de crecimiento en longitud total del modelo de von Bertalanffy para el ayanque ( <i>Cynoscion analis</i> ) por sexo, a través de retrocálculo. Costa de Arica (Periodo 2002-2003).....	24
<b>Tabla 5.</b> Longitudes total promedio(cm) por edad calculadas para el ayanque mediante las ecuaciones de crecimiento ajustadas para machos, hembras y ambos sexos combinados, para retrocálculo.....	25
<b>Tabla 6.</b> Valores de la prueba de $T^2$ de Hotelling aplicado para verificar la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras de ayanque, mediante edad-talla actual. ....	27
<b>Tabla 7.</b> Valores de la prueba de $T^2$ de Hotelling aplicado para verificar la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras de ayanque, mediante retrocálculo. ....	28



**Tabla 8.** Comparación entre el crecimiento de machos y hembras de ayanque mediante el análisis de suma de cuadrados residuales.....29

**Tabla 9.** Ajustes de parámetros de crecimiento de ayanque, realizado por diversos autores.....33



## RESUMEN

Conocer los parámetros de crecimiento de las especies comerciales o de consumo humano directo, puede ser esencial para aplicar criterios de políticas de extracción que permitan asegurar la mantención de las densidades poblacionales y de esta forma asegurar la sustentabilidad de un determinado recurso.

En este contexto, se entregan los resultados de un estudio de edad y crecimiento de la especie *Cynoscion analis*, Jenyns 1842 (ayanque), basado en la lectura de anillos anuales de crecimiento en los otolitos sagitales. Se analizaron 359 pares de otolitos saculares, que corresponden a muestras de ejemplares recolectados mensualmente durante 2003, a partir de las capturas realizadas por la flota artesanal con base en el puerto de Arica, Chile.

Las longitudes totales de los ejemplares fluctuaron entre 23 a 39cm en machos y 23,5 a 48,5cm en hembras. Con el fin de determinar algunas variables de crecimiento se aplicó el modelo de von Bertalanffy, utilizándose los datos de longitud y peso. Los parámetros de crecimiento fueron estimados empleando en forma separada las longitudes y pesos actuales como los retrocalculados a las distintas edades. La comparación de los parámetros de crecimiento de ambos sexos mostró la existencia de diferencias significativas entre ellos, por lo cual el crecimiento en longitud y en peso debe ser expresado en forma independiente según sexo, por las siguientes ecuaciones:

### Edad actual

$$\text{Machos} : \quad Lt = 39,62 [ 1 - e^{-(0,167 + 2,153)} ]$$

$$\text{Hembras} : \quad Lt = 53,02 [ 1 - e^{-(0,097 + 2,685)} ]$$

### Retrocálculo

$$\text{Machos} : \quad Lt = 38,75 [ 1 - e^{-(0,167 + 1,904)} ]$$

$$\text{Hembras} : \quad Lt = 53,02 [ 1 - e^{-(0,095 + 2,436)} ]$$

## ABSTRACT

The knowledge of growth parameters from commercial or direct human consumption species, it can be essential to apply approaches of political extraction to make that allow to assure preserved the population densities and this way to assure the sustainability of a certain recourse.

In this context, surrender the results of age study and growth of the specie *Cynoscion analis*, Jenyns 1842 (ayque), based on the reading of annual rings of growth in the sagital otholiths. 359 couples of sacular otholiths were analyzed correspond to samples of monthly collects throughout 2003, starting from the catches carried out by the handmade fleet establishment in the Arica's port, Chile.

The total length of specimen fluctuated among 23 at 39cm in males and 23.5 at 48.5cm in females. With the purpose of determining some growth parameters, the von Bertalanffy pattern was applied, being used the data of lengths and ages. The growth parameters were estimates using in separate form the longitude as well as the retro calculated parameters at different ages. The comparison of the parameters of growth for both sexes showed the existence of significant differences among the, reason why the growth in lenght should be independent as it is stated on the following equations:

### Current age

$$\text{Males} \quad : \quad Lt = 39.62 [1 - e^{-(0.167 + 2.153)}]$$

$$\text{Females} \quad : \quad Lt = 53.02 [1 - e^{-(0.097 + 2.685)}]$$

### Retro calculate

$$\text{Males} \quad : \quad Lt = 38.75 [1 - e^{-(0.167 + 1.904)}]$$

$$\text{Females} \quad : \quad Lt = 53.02 [1 - e^{-(0.095 + 2.436)}]$$

**ESTIMACIÓN DE LA EDAD Y CRECIMIENTO DEL AYANQUE  
(*Cynoscion analis*, Jenyns, 1842) EN LA PROVINCIA DE ARICA, MEDIANTE LA  
LECTURA DE OTOLITOS.**

**INTRODUCCIÓN**

La fauna demersal constituye una de los principales componentes en la pesca para el consumo humano directo tanto en el Perú como en el norte de Chile. El ayanque, (*Cynoscion analis*, Jenyns), es una especie característica de aguas relativamente cálidas, subtropicales someras y tropicales, principalmente en fondos arenosos y/o fangosos. *Cynoscion analis* se distribuye desde Santa Elena en Ecuador hasta Coquimbo en Chile (Fuente: Servicio Nacional de Pesca). Debido a su distribución costera, esta especie es explotada por una flota arrastrera comercial y por embarcaciones pequeñas (botes bolicheros y balsas) que constituyen la pesca artesanal.

En Chile, la pesca de esta especie se desarrolla principalmente en la Región de Arica y Parinacota, asociada principalmente a las capturas realizadas por la flota artesanal y cuyas zonas pesca se encuentran principalmente en áreas limítrofes con el Perú. Al igual que en Chile, en ese país el ayanque constituye un importante aporte a los desembarques artesanales.

La importancia que tiene la dinámica de poblaciones en el ejercicio de estrategias para la administración de un recurso ha sido demostrada en muchos estudios principalmente en las especies que tienen importancia comercial como la anchoveta, y la sardina. Sin embargo, en el caso de especies de la pesquería artesanal probablemente debido a que su aporte en divisas al país es poco significativo y a las dificultades que ofrece la implementación adecuada de un programa para el estudio de dicha pesquería, se han llevado a cabo pocos estudios biológicos asociados a la dinámica poblacional de la especie explotada, entre ellos la relación de tallas y edades respectivas (Mendo *et al*, 1988).

En este trabajo se enfatiza el estudio de la edad y el crecimiento de esta especie demersal, aspectos que entregan la base para hacer cálculos que permiten conocer el crecimiento, mortalidad, reclutamiento y otros parámetros fundamentales en el estudio de la dinámica de sus poblaciones.

La edad de muchas especies ícticas puede determinarse a partir de las discontinuidades que ocurren en sus estructuras esqueléticas, que se deben a cambios en el ambiente en que vive el pez, como la temperatura o a otros en su fisiología como el desove, (FAO, 1962). En el caso particular de este estudio, las estructuras que se utilizarán con este fin son los otolitos, específicamente, el sagitta .

Este tipo de información permite analizar aspectos básicos poblacionales, tendientes a lograr un manejo adecuado de los recursos y así evitar el colapso de estas pesquerías, más aún, si éstos son una alternativa real a las capturas habituales del sector pesquero artesanal en la región de Arica.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la dinámica de crecimiento de la especie demersal *Cynoscion analis* (ayanque), en la costa de la decimoquinta Región de Chile.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estimar la edad de *Cynoscion analis*, a través del análisis de los otolitos sagitales.
2. Estimar los parámetros de crecimiento de *Cynoscion analis*, utilizando el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, aplicando la talla actual y el retrocálculo.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1 ANTECEDENTES BIOLÓGICOS Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Cynoscion analis*

El ayanque (Fig. 1), presenta una mandíbula inferior que se proyecta más allá de la superior. No tiene poros o barbillas en el mentón. El margen del preopérculo no tiene aberraciones. Los dientes están ubicados en varias hileras sobre las mandíbulas, con uno o dos caninos bien desarrollados en el extremo de la mandíbula superior. El cuerpo es de color plateado con tonos azul gris en su parte superior. El interior de la boca es de color amarillo naranja y tiene una aleta caudal con emarginaciones no muy pronunciadas. Una de sus características importantes para distinguirlo dentro del género *Cynoscion*, es el número de radios blandos que posee la aleta anal (15) y el número de radios de la primera aleta dorsal (9) (Mendo y Vélez, 1986).

Entre los estudios biológico-pesqueros relacionados con esta especie, se ha determinado que machos y hembras no muestran diferencias en la distribución de sus longitudes y no presentan dimorfismo sexual, además tienen una composición por longitudes con distribución casi normal y con valores del factor de condición que indican un ciclo anual definido, siendo más altos durante los meses de invierno y los más bajos en el verano. También han determinado un patrón definido para la época de desove, a través del cálculo del índice gonadosomático (IGS), mostrando a los meses de primavera como la época de madurez (incremento en los valores de IGS) y los de verano como la época cuando ocurre el desove (decremento de los valores de IGS), y señalando que las estaciones de otoño y de invierno serían las épocas de recuperación y madurez inicial (con valores bajos de IGS), (Mendo *et al*, 1988).

También se han reportados estudios sobre la talla de primera madurez sexual del ayanque, determinándola en 22,5 y 23,0cm de longitud para hembras y machos, respectivamente (López y Caramantín, 1999). Los análisis histológicos realizados han mostrado que el ayanque se caracteriza por presentar un patrón de desarrollo gonadal del tipo asincrónico con desoves parciales, es decir, se identifican oocitos en diferentes

estados de desarrollo gonadal y sólo un grupo o fracción madurará y será liberada para la fecundación externa, y pueden ser reemplazadas por oocitos nuevos. Por ende la fecundidad es indeterminada estacionalmente y la fecundidad parcial es la única medida válida del número de huevos que será liberado en una tanda de desove. A su vez, los análisis macro y microscópicos de madurez sexual han sido concordantes respecto al período reproductivo, centrándolo principalmente en primavera, y verano y otoño con mayor incidencia de desoves, (Cubillo, 2002).

El análisis del contenido estomacal de *Cynoscion analis* indica una alimentación principalmente en base de peces, siendo la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842; la anchoveta blanca *Anchoa nasus* Kner and Steindachner, 1867; la sardina española *Sardinops sagax musica* Girard, 1954 y el género *Larimus*, Cuvier y Valenciennes 1830; los que se encuentran con mayor frecuencia. La anchoveta indica ser la especie con los más altos porcentajes (Mendo, 1987) y también se ha encontrado al roncacho *Sciena deliciosa* Tschudi, 1844; en menor proporción. (Caramantín y Lopéz, 1999), indicaron que la dieta del ayanque estaba compuesta de peces en un 79,2%, de detritos, escamas y otolitos en un 9,4%, zooplancton con un 7,5%, crustáceos en un 3,1% principalmente *Emerita analoga* Stimpson, 1857 y langostino colorado *Pleuroncodes monodon* Milne Edwards, 1837, ictioplancton en un 0,7% y de restos no identificados un 0,2%. También, se han encontrado cefalópodos, larvas y huevos de peces no identificados, poliquetos y equinodermos con porcentajes menores al 6% (Mendo, 1987). Todo esto sugiere que ***Cynoscion analis*** sería un generalista.

En cuanto a su distribución geográfica, *Cynoscion analis* se encuentra entre Santa Elena, Ecuador (2°12'S) hasta Coquimbo, Chile (18°30'S).

## SINONIMIA

Actualmente, la especie de nombre científico válido *Cynoscion analis*, presenta los siguientes nombres comunes:

- Ayanque (Español)
- Cachema (Español)
- Acoupa du Pérou (FAO/Francés)
- Corvinata ayanque (FAO/Español)
- Peruvian weakfish (FAO/Inglés)

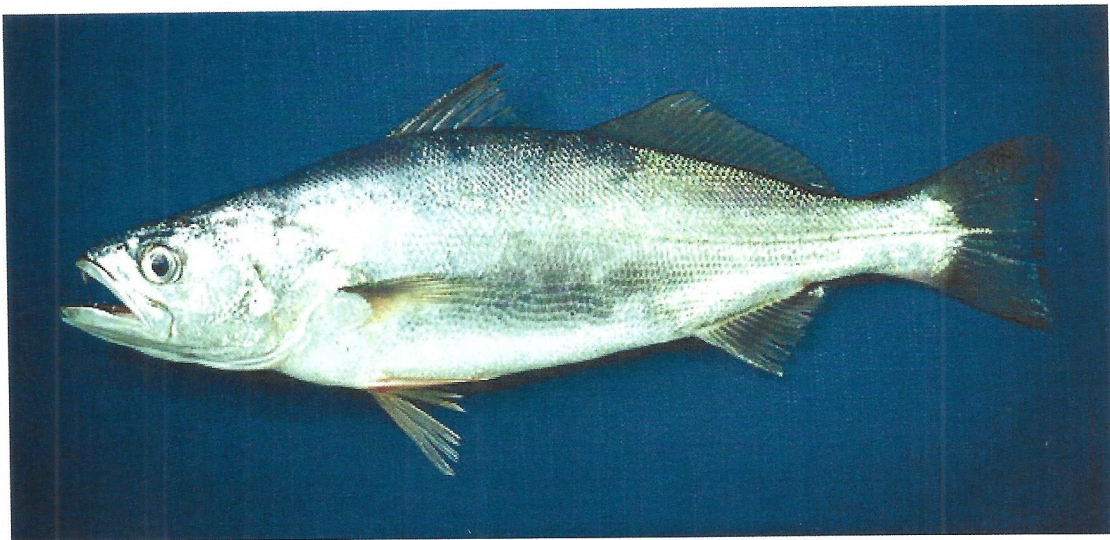


Fig. 1. Vista lateral de ayanque (*Cynoscion analis*)



### **2.3 CRECIMIENTO EN PECES**

El crecimiento es el aumento en el tamaño de un organismo (Rounsefell y Everhart, 1960). El patrón de crecimiento que tienen los peces es de carácter indefinido, es decir, si existe suficiente alimento disponible, no cesan su crecimiento una vez alcanzada la madurez sexual.

Si se observan los aumentos de la longitud a través de intervalos de tiempo sucesivos, se obtiene la tasa de crecimiento, en el caso de los peces la curva que mejor se adapta es la curva en S o sigmoidea, observándose que el pez comienza a aumentar en tamaño a través del tiempo, pero a diferencia de los animales endotermos (crecimiento finito), aún cuando llega a la vejez continúa creciendo con extrema lentitud.

La tasa de crecimiento es directamente afectada por factores térmicos, genéticos o de disponibilidad de alimento, entre otros. En el caso de la temperatura, existen diferencias en la tasa de crecimiento en peces que presentan una amplia distribución latitudinal, los cuales alcanzan la madurez sexual a distintas edades sólo por el hecho de encontrarse en aguas de hemisferios distintos, también se ven afectados al encontrarse en estaciones del año diferentes, ya que influye tanto en el metabolismo como en el consumo de alimento. En cuanto al factor genético, el crecimiento va a disminuir después de alcanzar la madurez sexual luego de haber invertido material nutriente en forma periódica en la formación de los productos sexuales.

### **2.4 DETERMINACIÓN DE EDAD Y CRECIMIENTO**

El conocer la edad y crecimiento de una especie íctica resulta de gran interés biológico (Cordiviola, 1974), puesto que los datos sobre edad en conjunto con las mediciones de longitud y peso, pueden dar información sobre la composición del stock, edad de madurez, período de vida, mortalidad, crecimiento y producción (Tesch, 1968), a la vez que es muy útil para un manejo adecuado de recursos pesqueros ya que estos

parámetros son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizadas en el análisis de pesquerías (FAO, 1992).

En este concepto, las investigaciones sobre edad y crecimiento tienen diversas aplicaciones prácticas:

- a) Conocer el tiempo que tarda una especie en alcanzar una determinada longitud (y peso); la edad en que una especie alcanza el tamaño capturable, o sea la longitud adecuada en la que pueda ser extraído de las aguas sin perjudicar demasiado el desarrollo de la población.
- b) Establecer la edad en que una especie alcanza su madurez sexual, es decir, el tiempo que tarda un pez en criarse hasta alcanzar su estado adulto, lo que resulta de fundamental importancia en relación al tamaño de captura.
- c) Conocer la edad alcanzada por una especie en un ambiente dado, que puede ayudar a detectar problemas ambientales. (FAO, 1992)
- d) Comparar la tasa o velocidad de crecimiento de una especie en diferentes cuerpos de agua puede (parcialmente) ayudar a identificar condiciones ambientales favorables o no, e indicar las normas a seguir para una futura acción en materia pesquera.
- e) Al intentar el mejoramiento de un ambiente, los resultados obtenidos podrían medirse por los cambios producidos en el crecimiento de sus peces.
- f) Los estudios sobre edad y crecimiento de peces en un ambiente durante varios años consecutivos mostrarán, además de las fluctuaciones anuales, aquellas que se produzcan en períodos de tiempo mayores. Este aspecto resulta útil para la adecuada interpretación de las desviaciones que puedan presentar muestreos aislados que integran un promedio regional, (Cordiviola, 1974).

Así como aplicaciones, existen diferentes métodos de determinación de edad que pueden utilizarse y se agrupan en dos categorías:

- 1) Mediciones directas: poseen la ventaja de ser muy exactos, pero, en general, son de difícil aplicación por razones prácticas.
  - i. Cría de ejemplares en ambientes artificiales, lo que puede proporcionar una idea segura del crecimiento operado anualmente o en períodos de tiempo exactamente definidos. Este método está condicionado al hábitat artificial, el que puede ser más o menos favorable que el medio natural, (FAO, 1992)
  - ii. Marcación de peces de edad conocida y posterior recaptura de los mismos. Una vez que los peces marcados han sido recuperados, no es posible que exista la menor duda respecto a la edad del ejemplar, comparado con los datos anteriores. El valor de este procedimiento radica en que sirve de validación para otros métodos indirectos, (FAO, 1992)
  
- 2) Técnicas estadísticas: son sólo aproximativos, pero son los de más fácil aplicación.
  - i. Análisis de frecuencia de longitud, este método se basa en el hecho que dentro de una población, las longitudes de los peces de la misma edad tienden a presentar una distribución normal. En general, este procedimiento es aceptado para la determinación de los dos primeros a cuatro años de edad, pero es algo impreciso para distinguir grupos de edad mayor a causa de que la interferencia (proximidad o superposición) entre los distintos grupos de edad puede ser muy grande, (FAO, 1992)

- ii. Interpretación de marcas anuales en estructuras duras tales como escamas, otolitos, vértebras, espinas y huesos urohiales (Cordivola, 1974). Es el método más aceptado para la determinación de edad en peces. Se basa en el hecho de que la distinta tasa de crecimiento durante ciertos períodos del año quedan grabadas en tales elementos, dando origen a anillos de crecimiento. Los otolitos, han sido usados frecuentemente para la determinación de la edad en peces carentes de escamas o en aquellos que si las tienen no pueden interpretarse de una manera fidedigna, así como también para servir de contraste a las lecturas efectuadas en otras estructuras.

En cada caso, el método elegido dependerá de las características de la población estudiada y de los datos disponibles, así como del costo y medios técnicos; y además se recomienda debido a la incertidumbre relativa a cualquier método, utilizar dos técnicas independientes que confirmen los resultados obtenidos, siendo por ejemplo, el uso del análisis de frecuencias de tallas y la interpretación simultánea de marcas de crecimiento la validación con mejores resultados, (FAO, 1992). Dentro de los métodos mencionados, el más utilizado para la determinación de edad es la interpretación y conteo de zonas de crecimiento que aparecen en las partes duras de los peces, estas formaciones que se producen una vez al año, son llamadas: marcas del año, marcas anuales, anillos anuales o annuli, (Tesch, 1968).

Los otolitos son cuerpos acelulares policristalinos compuestos de material inorgánico principalmente de carbonato de calcio en la forma de aragonita (zona hialina) depositados en una materia orgánica (zona opaca) es una fibra colágena llamada otolina de alto peso molecular (Luque y Ramirez, 1999). Los cristales de carbonato de calcio se depositan en una matriz orgánica, esta aposición es cíclica en función de los ritmos internos del calcio y de la síntesis de aminoácidos (FAO, 1992) con la formación de incrementos de crecimiento que se presentan al microscopio como anillos anuales constituidos por zonas translúcidas o hialinas, alternadas con bandas opacas.

El otolito crece a partir de un núcleo central llamado primordium, el núcleo carece generalmente de anillos y los cristales de aragonita crece desde él hacia el exterior del otolito, (Luque y Ramirez, 1999). La formación de estos anillos, en los tejidos calcificados de los peces óseos es causada en parte, por los cambios estacionales del medio. Se forman durante períodos alternados de crecimiento más rápido y más lento (o de ningún crecimiento), reflejando también las influencias internas como el desove o problemas relacionados con la alimentación, etc. (FAO, 1992; Gunderson, 1997).

El primer anillo bien marcado se deposita a un determinado tiempo entre la eclosión del huevo y el comienzo de la alimentación activa de la larva, (Luque y Ramirez, 1999).

Existen tres pares de otolitos, ubicados en las cápsulas óticas de los peces a cada lado del laberinto mebranoso del oído interno. Este laberinto consiste de tres canales semicirculares, que corresponden al utrículo: que aloja al otolito Lapillus; el sáculo: que aloja al sagitta y la lagena: con el asteriscos. Los sagittae son los otolitos más grandes, (Cubillos, 2005).

La terminología aplicada se basa en la recomendada en el 2º Otolith Symposium celebrado en Bergen (junio 1998). Los anillos hialinos se denominan translúcidos por su densidad óptica, la zona central del otolito formada durante las primeras semanas de vida se denomina core y nucleus es la parte central del otolito formada antes del primer anillo anual hialino (*annulus*).

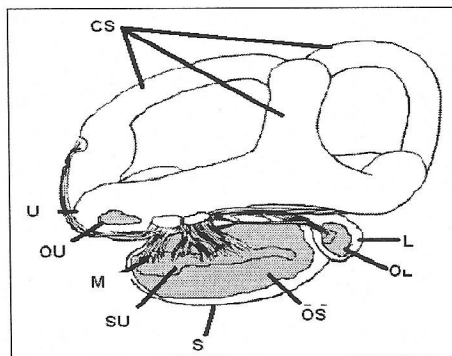


Fig. 5. Oído interno de los peces. CS= canales semicirculares, U= utrículo, OU= otolito utricular o Lapillus, M= mácula, SU= sulcus, S= sáculo, OS= otolito sacular o Sagitta, L= lagena, OL= otolito lagena o Asteriscos. Modificado de De Platt y Popper, 1981.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Estimar la edad de *Cynoscion analis*, a través del análisis de los otolitos sagitales.**

##### **3.1.1 Obtención de las muestras**

Los otolitos sagitales que se utilizaron en este estudio provinieron de muestreos realizados por personal de IFOP durante los años 2002 y 2003, desde la región de Arica. En ella, se llevó a cabo un estudio biológico-pesquero de la pesquería del ayanque, solicitado por el Gobierno Regional de Tarapacá y financiado a través del fondo FNDR; tendiente a generar información válida para la administración y sustentación de la actividad pesquero-artesanal, desarrollada en torno a este recurso en la región de Arica.

Para el análisis de la información, a los ejemplares se les midió la longitud total (cm), el peso (grs), el estado de madurez, se determinó el sexo y se les extrajeron los otolitos. Para la determinación de edad se utilizó el otolito sagitta, que se encuentra en la cavidad del sáculo y es el que posee el tamaño mayor de los tres otolitos en muchas especies, aunque no debe diferenciarse sólo por su tamaño, (Fig. 2). Por otra parte, al determinar la edad debe utilizarse siempre el mismo tipo de otolito, ya que el inicio de la formación de los incrementos (zona de crecimiento) no es simultánea en los tres pares de otolitos, (FAO, 1992). Éstos se almacenaron en sobres de papel debidamente identificados para su posterior análisis en el laboratorio.

El diseño de muestreo para la obtención de información de la distribución de longitud total, edad y los parámetros de crecimiento, corresponden a un muestreo aleatorio simple.

Una vez en el laboratorio los otolitos obtenidos fueron sub-muestreados, mediante un método aleatorio dirigido a obtener proporcionalmente los otolitos de acuerdo a la distribución de frecuencia de longitud del pez. Se cuidó de representar en su totalidad la amplitud de la distribución de tallas.

## 1.2 Descripción del otolito de *Cynoscion analis*

Sus otolitos son alargados antero-posteriormente, aplanados y ligeramente cóncavos en su parte externa y convexa en su parte interna. Son de forma casi rectangular y la parte posterior termina en punta especialmente en peces adultos. La cara externa permite una mejor visualización del núcleo y de las zonas hialinas y opacas. Una zona opaca densa rodea el núcleo y las zonas hialinas anchas se presentan entre las zonas opacas. Sin embargo, anillos hialinos tenues pueden ser observados dentro de las zonas opacas lechosas junto con anillos opacos angostos que se hacen presentes con frecuencia dentro de las zonas hialinas (Mendo, 1987). (Fig.2).

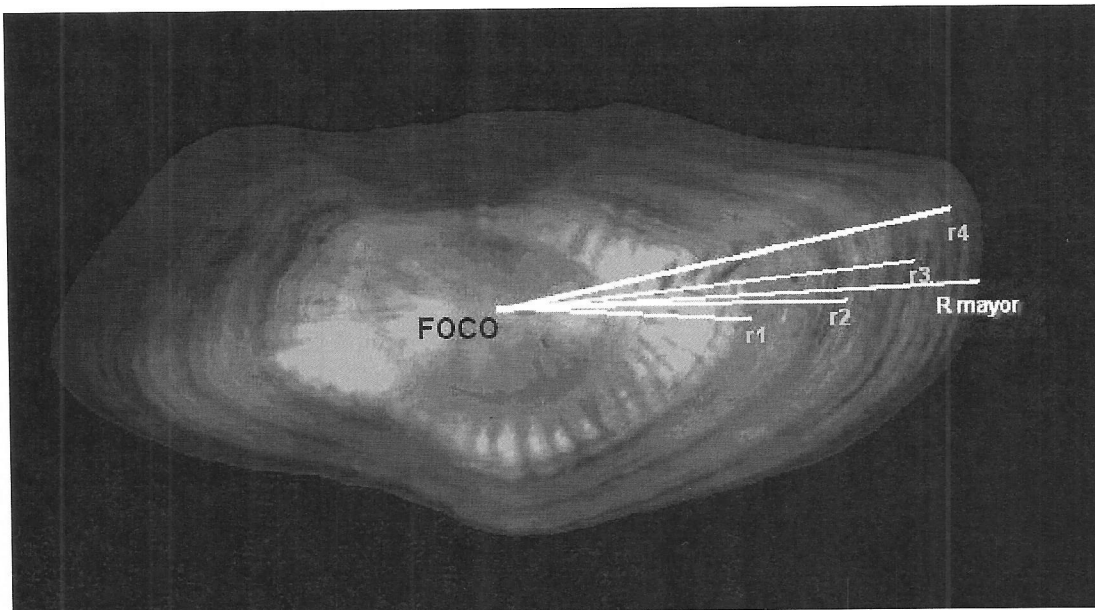


Fig. 2. Otolito de un ayanque de 27cm y 4 años de edad. Indicando el foco, el radio mayor 5,7mm,  $r_1$ : 2,9mm,  $r_2$ : 4,1mm,  $r_3$ :5,0mm y  $r_4$ :5,5mm, y borde opaco

### **3.1.3 Preparación de otolitos para la lectura.**

Los otolitos, previo a la lectura, fueron sometidos a un proceso de hidratación en agua por 24 horas para recuperar la nitidez de los anillos de crecimiento. Las lecturas se realizaron mediante un estéreo-microscopio con aumento de 10X e iluminación reflejada, colocando los otolitos sobre un fondo oscuro, inmersos en aceite. Esta estructura muestra un patrón de alternancia entre las zonas translúcidas y opacas visibles sobre la parte posterior de su lado cóncavo. El núcleo se cuenta como la primera zona opaca y el foco se usa como el origen del eje a lo largo del cual se mide el radio de cada anillo empleando un micrómetro ocular. Debido al engrosamiento que presentan estos otolitos en el sector central, para hacer aparente el foco o punto de origen fue necesario pulir ligeramente esta área mediante una pulidora eléctrica manual.

Se consideró la formación de los anillos de crecimiento anual basado en los criterios y la validación, mediante el análisis de la periodicidad de formación del anillo translúcido en el borde de los otolitos, realizada por Mendo (1987).

El otolito sagital es más bien plano, con un leve engrosamiento en la cara externa que es la que se analiza, sus bordes son regulares con pequeñas escotaduras en los márgenes (Fig. 2)

### **3.1.4 Precisión en las determinaciones de edad**

Para comparar la precisión y/o el grado de concordancia entre las determinaciones de edad, ya sea entre un mismo lector (en diferentes tiempos), entre lectores o entre lecturas de edad sobre muestras preparadas por distintas técnicas, se han desarrollado diferentes métodos. Uno de los más comunes es comparar el porcentaje de determinaciones de edad que concuerdan, ya sea totalmente o aceptando una variabilidad dada, lo que se resumiría en contabilizar el número de muestras en que la diferencia de las edades determinadas por los lectores sobre una misma muestra es



cero;  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ , etc. Este es un procedimiento simple, pero útil en una primera comparación de la información.

En este estudio se empleó el índice APE de Beamish y Fournier (1981), que calcula el porcentaje de error promedio para una serie de repeticiones de determinación de la edad, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[ \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

donde,

N : Número de peces a los que se les asignó edad.

R : Número de veces que fue leída la muestra.

$X_{ij}$ : I-ésima determinación de edad del j-ésimo pez.

$X_j$  : Edad promedio calculada para el j-ésimo pez.

Además, se utilizó un índice propuesto por Chang (1982), el cual emplea un coeficiente de variación (C.V.) como prueba de reproductibilidad en la determinación de la edad entrelectores, es decir cuando dos personas leen una muestra y llegan a determinar la misma edad, o intralectores, cuando un mismo lector en distintos tiempos puede asignar la misma edad al leer la misma muestra. Este último índice ha demostrado ser una medida de precisión más robusta, que los anteriores, en este tipo de estudios (Campana et al, 1995).

$$CV_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

donde los símbolos tienen el mismo significado que en la fórmula anterior.

Para el estudio de estimación de parámetros de crecimiento, se contó con una muestra estratificada de otolitos que cubría todo el rango de distribución de longitudes, en forma separada para machos y hembras.

### **3.2 Estimar los parámetros de crecimiento de *Cynoscion analis*, utilizando el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, aplicando la talla actual y el retrocálculo**

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

##### **3.2.1.1 Edad – talla actual**

Para la estimación del crecimiento, la información básica que se usó fue la totalidad de las observaciones de talla-edad actual. Este procedimiento consiste en contar los anillos, obteniendo la edad al momento de la captura, denominada edad actual. La medición se realiza con una reglilla micrométrica adosada al ocular del microscopio.

Esta técnica se usa especialmente, en los casos en que la lectura no permite medir los anillos de crecimiento con exactitud, como por ejemplo en cortes, debido a que en este caso muchas veces no pasa por el origen, no siendo comparables las mediciones.

##### **3.2.1.2 Retrocálculo de longitudes de peces**

El retrocálculo o también llamado “reconstrucción del crecimiento” (Chugunova, 1962), es una técnica basada en las medidas de los anillos o bandas de crecimiento anual en las estructuras duras del pez (escamas, otolitos, vértebras, etc) y la longitud total del pez al momento de la captura.

La relación entre estas dos medidas permite estimar la longitud del pez en el tiempo en que dicha marca (anillo o banda) se formó. Este cálculo se utiliza principalmente para estimar la longitud de los peces a edades tempranas, cuando no se tienen ejemplares

jóvenes en la muestra con el fin de ajustar la curva de crecimiento (Araya y Cubillos, 2002).

La relación que ajusta el radio del otolito ( $R_o$ ) con la longitud del pez ( $L$ ) puede ser calculada a través de una ecuación lineal o no lineal (exponencial u otra). En este caso, se ajustó el radio del otolito ( $R_o$ ) con la longitud ( $L_c$ ) del pez a través de una ecuación no lineal, a este ajuste se le aplica el criterio proporcional descrito por Francis (1990), que tiene la ventaja de incorporar la longitud del pez al momento de la captura y así lograr para las edades menores, longitudes más bajas que las del pez correspondiente, situación que no ocurre frecuentemente al utilizar directamente el método de regresión (Carlander, 1981). Para el ajuste obtenido se utilizó la siguiente ecuación:

- i. Si los parámetros de la función son estimados en forma no-lineal, se utilizará el siguiente procedimiento (Bagenal & Tesch, 1978 fide Francis, op cit):

$$L = \left( \frac{R_1}{R_o} \right)^b L_c$$

donde,

$L$  : es la longitud alcanzada por el pez a las distintas edades.

$R_1$  : radio menor del otolito medido desde el núcleo a cada anillo anual.

$b$  : es el exponente de la regresión que ajusta la longitud total del pez con el radio del otolito de la forma  $L=a*R_o^b$ .

$R_o$  : radio mayor del otolito, medido hacia el extremo caudal, desde el núcleo al borde del otolito.

$L_c$  : longitud del pez al momento de la captura.

### 3.2.2 Estimación de la función de crecimiento

La estimación de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para machos, hembras y ambos, se obtuvo empleando la rutina no lineal del paquete estadístico SPSS o similar, entregando los valores de  $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$  con sus respectivos intervalos de confianza (95 %), las matrices de correlación y los errores estándares. La formulación del modelo de crecimiento de von Bertalanffy es la siguiente:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Donde,

$L_{\infty}$  : longitud asintótica, es la longitud máxima promedio que alcanzarían los peces si crecieran indefinidamente.

$K$  : coeficiente de crecimiento ( $\text{edad}^{-1}$ ).

$t_0$  : edad hipotética del pez cuando su longitud es cero.

### 3.2.3 Comparación de las curvas de crecimiento

Para comparar las curvas de crecimiento resultantes de machos y hembras, se empleó la prueba de  $T^2$  de Hotelling como lo propuso Bernard (1981), pero con una formulación similar a la propuesta por Cerrato (1990), así:

$$T^2 = (P_1 - P_2)' S_{P_1 - P_2}^{-1} (P_1 - P_2)$$

donde  $(P_1 - P_2)'$  es el vector transpuesto (vector fila) de  $(P_1 - P_2)$ , siendo este último el vector diferencia de los parámetros de crecimiento (vector columna). Además,  $S_{(P_1 - P_2)}^{-1}$  representa la matriz de varianza-covarianza del vector diferencia de estimaciones.

## 4. RESULTADOS

A través del análisis de los otolitos sagitales de *Cynoscion analis* se identificó el patrón de formación de anillos que presenta esta especie en dichas estructuras, en aguas de la costa de Arica.

Los resultados de los ajustes de parámetros se compararon con aquellos realizados para esta misma especie por autores extranjeros, principalmente peruanos, además se verificó la existencia de diferencias significativas entre el crecimiento de machos y hembras en el área de estudio, como también, se compararon los parámetros de crecimiento obtenidos a través de los dos métodos empleados.

### 4.1 Estructura de tallas y edades en la muestra

Para la estimación de la edad de ayanque, se contó con un total de 382 otolitos de los cuales resultaron legibles 359, de éstos 160 provenían de machos y 199 de hembras. En los machos, los tamaños corporales fluctuaron entre 23 y 39cm de longitud total, en tanto que las hembras se distribuyeron entre 23,5 y 48,5cm.

La distribución de tamaños por clase de tallas de 2cm, para machos, hembras y ambos sexos se presenta en la Fig. 4, en donde se observa claramente una diferenciación en la estructura de tamaños, los machos presentaron una moda en la clase 30-31cm, mientras que las hembras fueron más grandes, con una moda en 34-35cm y alcanzando tallas mayores (talla máxima: 48,5cm). En ambos sexos se observó la ausencia de ejemplares juveniles bajo los 23cm, salvo la presencia de dos ejemplares de la clase 12-13cm, de sexo indeterminado.

De la lectura de los anillos de crecimiento en otolitos enteros de ayanque, se obtuvo la relación entre la edad y el tamaño de los ejemplares para cada sexo. En la Tabla 1 se presenta la relación edad-talla promedio observada para machos y hembras, obtenidas mediante el análisis de edad-talla actual, con sus respectivas amplitudes mínimas y máximas, además del número de individuos para cada edad. Ambos sexos presentan

tallas similares para las primeras edades hasta los 6 años, para edades mayores se verifica que las hembras presentan mayores tamaños que los machos. Por otra parte, la edad máxima observada correspondió a 13 y 14 años para machos y hembras respectivamente lo que evidencia un comportamiento característico de muchas especies, en las cuales las hembras presentan una mayor longevidad.

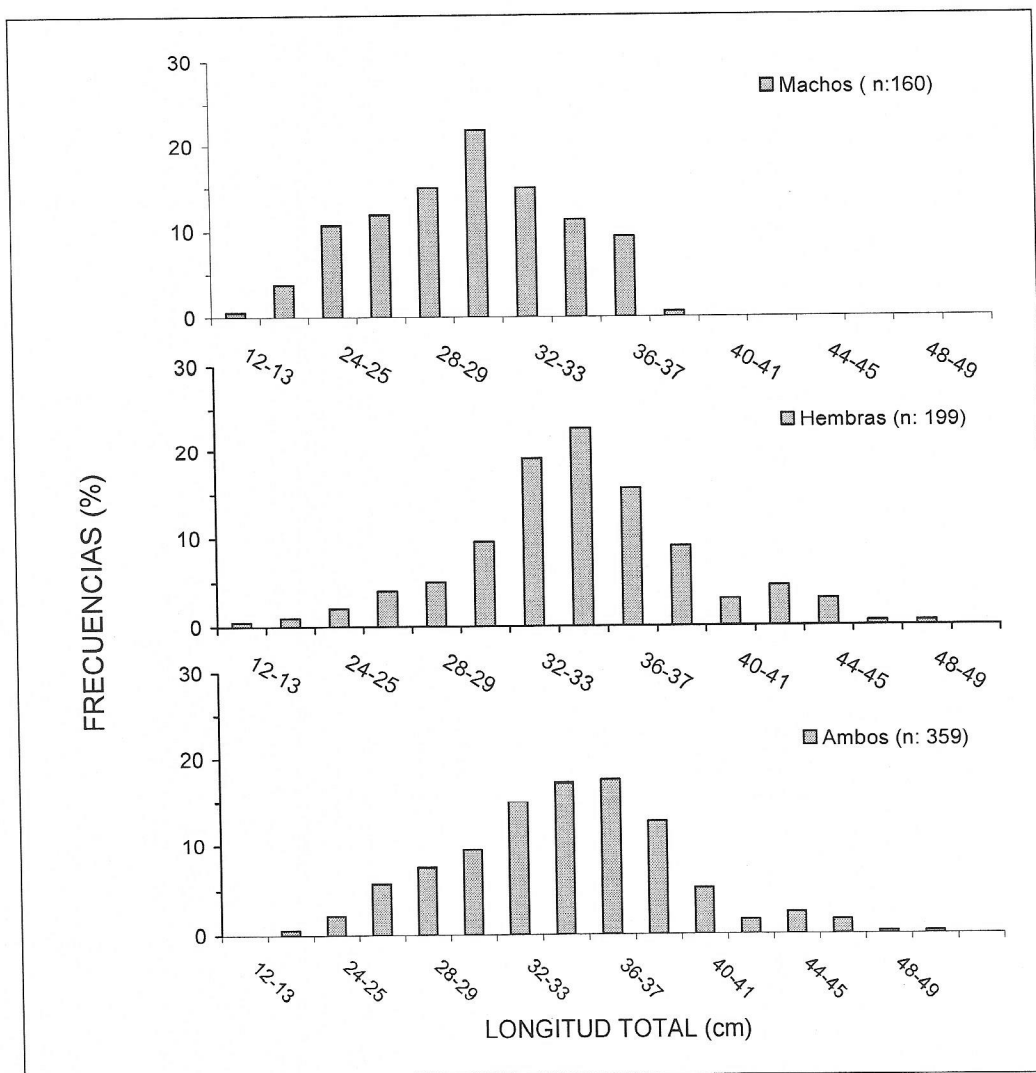


Fig. 4. Estructura de tallas de los ejemplares en la muestra de otolitos para determinar la edad del **ayanque** en la costa de Arica

Tabla 1: Longitudes promedio (cm), mínimas y máximas observadas por edad para machos y hembras de **ayanque**, mediante edad actual en la Zona de Arica. Período 2002-2003.

EDAD	MACHOS				HEMBRAS			
	PROMEDIO	MIN	MAX	N°	PROMEDIO	MIN	MAX	N°
1	13,5	13,5	13,5	1	12,5	12,5	12,5	1
2								
3	24,2	23	25,5	7				
4	25,5	23,5	28	18	25,2	23,5	26,5	9
5	26,8	23	30,5	15	27,9	26,5	31	9
6	29,3	25,5	32	26	30,6	28	33	16
7	30,8	27	36	29	33,6	29	38	22
8	32,9	29	36,5	29	34,4	29,5	39,5	35
9	33,8	29	37	16	35,8	31,5	43	47
10	33,6	30	37,5	14	36,4	32,5	44,5	39
11	34,5	32,5	37,5	3	39,1	34,5	45,5	14
12	39,0	39	39	1	43,3	39,5	47	5
13	37,0	37	37	1				
14					47,0	45,5	48,5	2

#### 4.2 Estimación de parámetros de crecimiento en longitud.

Para la estimación de los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy se utilizó en primer lugar, la información de la edad actual y longitud del pez generada en este estudio. Para el caso del retrocálculo, se utilizó un total de 2.628 observaciones, que corresponden a 1.046 y 1.581 observaciones para machos y hembras, respectivamente. Las ecuaciones de crecimiento en longitud estimadas por sexo para ayanque a través del uso del método edad-talla actual, fueron:

$$\begin{aligned} \text{Machos} & : Lt = 39,62 \text{ cm} * [1 - e^{-(0,167t + 2,153)}] \\ \text{Hembras} & : Lt = 53,02 \text{ cm} * [1 - e^{-(0,097t + 2,685)}] \\ \text{Ambos} & : Lt = 55,50 \text{ cm} * [1 - e^{-(0,080t + 3,634)}] \end{aligned}$$

Los límites inferior y superior para la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) en machos oscilaron entre los 39,8 y 44,0cm, en hembras entre los 39,8 y 66,3cm, en tanto que para ambos sexos en conjunto, fluctuaron entre los 41,5 y los 69,5cm (Tabla 2). La relación edad-talla estimada mediante las ecuaciones de crecimiento para machos, hembras y ambos sexos se detalla en la Tabla 3. Se presume que podrían existir diferencias en el crecimiento entre machos y hembras, lo que fue comprobado con los análisis respectivos cuyos resultados se detallan más adelante. Las curvas de crecimiento con la dispersión de los datos observados se presentan en la Fig. 5.

Tabla 2: Parámetros de crecimiento en longitud total del modelo de von Bertalanffy para **ayanque** (*Cynoscion analis*) por sexo, para edad-talla actual. Zona Arica (Periodo 2002-2003).

SEXO	PARÁMETRO	VALOR	ERROR EST.	LÍMITES		R <sup>2</sup>	N	EADADES
				INF.	SUP.			
MACHOS	$L_{\infty}$ (cm)	39,62	2,216	35,24	44,00	0,995	160	1-13
	K	0,167	0,037	0,093	0,240			
	to	-2,153	0,825	-3,782	-0,523			
HEMBRAS	$L_{\infty}$ (cm)	53,02	6,721	39,77	66,28	0,994	199	1-14
	K	0,097	0,033	0,033	0,162			
	to	-2,685	1,213	-5,078	-0,293			
AMBOS	$L_{\infty}$ (cm)	55,5	7,125	41,48	69,51	0,993	359	1-14
	K	0,080	0,024	0,033	0,127			
	to	-3,634	1,032	-5,663	-1,606			



Tabla 3: Longitudes total promedio (cm) por edad calculadas para el ayanque mediante las ecuaciones de crecimiento ajustadas para machos, hembras y ambos sexos, para edad-talla actual.

EDAD (Años)	LONGITUD TOTAL (cm)		
	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
1	16,2	15,9	17,2
2	19,8	19,4	20,1
3	22,9	22,5	22,9
4	25,4	25,3	25,4
5	27,6	27,9	27,7
6	29,5	30,2	29,8
7	31,0	32,3	31,8
8	32,3	34,2	33,6
9	33,5	36,0	35,3
10	34,4	37,5	36,9
11	35,2	39,0	38,3
12	35,9	40,3	39,6
13	36,5	41,4	40,8
14	36,9	42,5	42,0
15	37,4	43,5	43,0
16	37,7	44,4	44,0
17	38,0	45,2	44,8
18	38,3	45,9	45,7
19	38,5	46,6	46,4
20	38,6	47,2	47,1

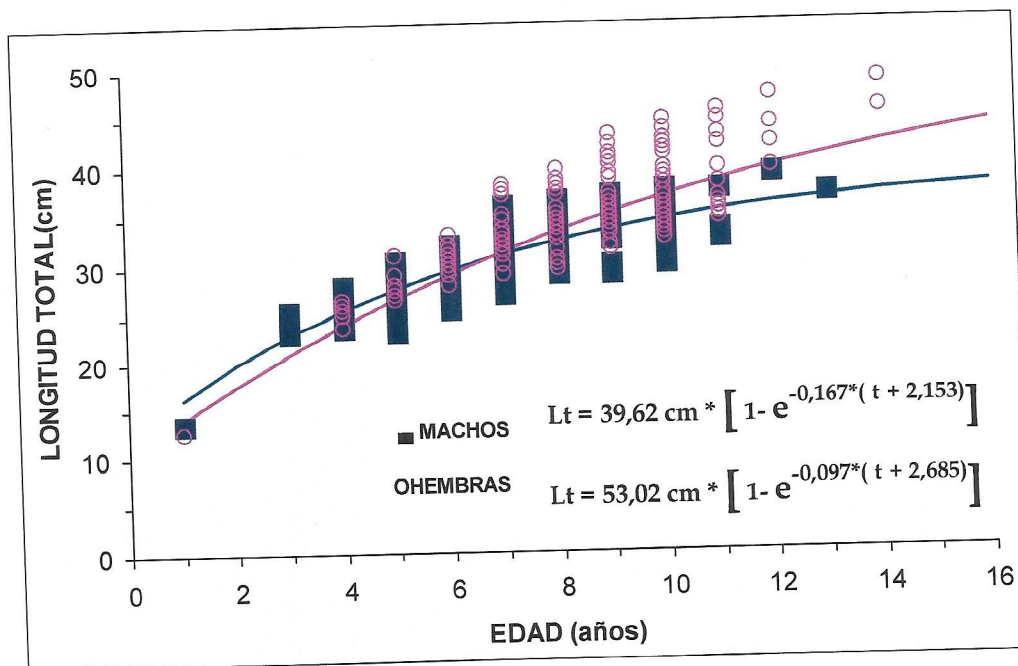


Fig. 5. Curvas de crecimiento en longitud para machos y hembras de ayanque en la costa Arica, a través de la técnica de edad-talla actual Chile. Período 2002-2003.

Las ecuaciones de crecimiento en longitud estimadas por sexo para ayanque, mediante el uso del retrocálculo, fueron:

Machos	:	$L_t = 38.75 \text{ cm} * [1 - e^{-(0.167t + 1.904)}]$
Hembras	:	$L_t = 53.48 \text{ cm} * [1 - e^{-(0.095t + 2.436)}]$
Ambos	:	$L_t = 49.23 \text{ cm} * [1 - e^{-(0.107t + 2.399)}]$

Los límites inferior y superior para la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) en machos variaron entre los 36,92 y 40,57cm, en hembras entre los 49,86 y 57,11cm, en tanto que para ambos sexos, fluctuaron entre los 46,81 y los 51,65cm (Tabla 4).

La relación edad-talla estimada mediante las ecuaciones de crecimiento para machos, hembras y ambos sexos (Tabla 5), presumen la existencia de diferencias en el crecimiento entre machos y hembras. Las curvas de crecimiento con la dispersión de los datos observados se indican en la Fig. 6.

Tabla 4: Parámetros de crecimiento en longitud total del modelo de von Bertalanffy para *ayanque* (*Cynoscion analis*) por sexo, a través de retrocálculo. Zona Arica (Periodo 2002-2003)

SEXO	PARÁMETRO			LÍMITES		R <sup>2</sup>	N	EIDADES
		VALOR	ERROR EST.	INF.	SUP.			
MACHOS	L <sub>∞</sub> (cm)	38,75	0,931	36,92	40,57	0,999	160	1-13
	K	0,167	0,011	0,146	0,189			
	to	-1,905	0,134	-2,168	-1,641			
HEMBRAS	L <sub>∞</sub> (cm)	53,50	1,848	49,86	57,11	0,992	199	1-14
	K	0,095	0,007	0,082	0,108			
	to	-2,436	0,127	-2,685	-2,187			
AMBOS	L <sub>∞</sub> (cm)	49,2	1,236	46,81	51,65	0,992	359	1-14
	K	0,107	0,006	0,095	0,118			
	to	-2,398	0,101	-2,598	-2,199			

Tabla 5: Longitudes totales promedios(cm) por edad calculadas para ayanque mediante las ecuaciones de crecimiento ajustadas para machos, hembras y ambos sexos, a través del retrocálculo.

EDAD (Años)	LONGITUD TOTAL (cm)		
	MACHOS	HEMBRAS	AMBOS
1	14,9	14,9	15,0
2	18,6	18,4	18,4
3	21,7	21,6	21,5
4	24,3	24,5	24,3
5	26,5	27,1	26,8
6	28,4	29,5	29,1
7	30,0	31,7	31,1
8	31,3	33,6	33,0
9	32,5	35,4	34,6
10	33,4	37,1	36,1
11	34,3	38,6	37,4
12	34,9	39,9	38,6
13	35,5	41,1	39,7
14	36,0	42,3	40,6
15	36,4	43,3	41,5
16	36,8	44,2	42,3
17	37,1	45,0	43,0
18	37,4	45,8	43,6
19	37,6	46,5	44,2
20	37,7	47,1	44,7

### 4.3 Comparación de las estimaciones de parámetros de crecimiento

#### 4.3.1 Comparación entre los sexos

Con el objeto de establecer, estadísticamente, la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras, se compararon los valores obtenidos mediante la prueba del  $T^2$  de Hotelling. Para un nivel de significancia del 95% se demostró la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras; obteniéndose un valor observado de  $T^2$  de 28,8 en tanto que el valor crítico

fue de 11,7, con los datos obtenidos a través de la edad-talla actual. En la comparación de las curvas de crecimiento obtenida a través de los datos retrocalculados, se obtuvo un  $T^2$  de 189.9, mientras que el valor crítico fue de 11.56, rechazándose para ambos métodos la hipótesis de igualdad en el crecimiento de los dos sexos (Tabla 6 y 7).

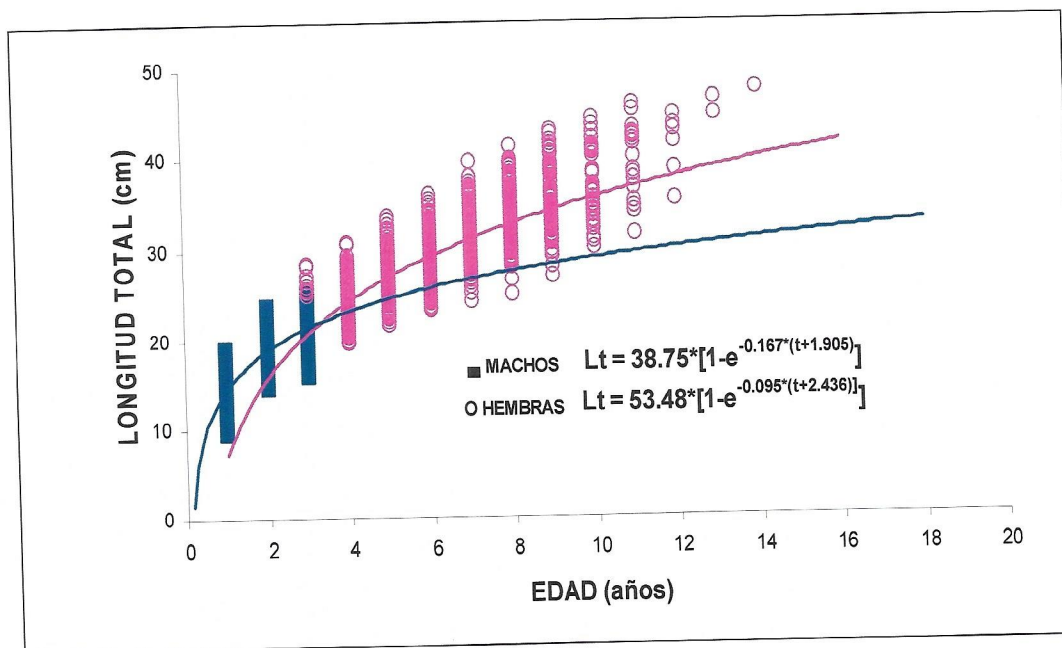


Fig. 6. Curvas de crecimiento en longitud para machos y hembras de **ayanque** utilizando retrocálculo, Zona Arica, Chile. Período 2002-2003.

Para corroborar esta afirmación se utilizó la prueba propuesta por Chen et al., (1992) que emplea la suma de los cuadrados residuales. Este segundo análisis se realizó solamente para el ajuste obtenido a través de la talla edad actual, debido a que en la prueba de Hotelling los valores del T calculado y el crítico tuvieron valores muy próximos. Al igual que en la prueba anterior, se rechaza la hipótesis de igualdad para el conjunto de valores, confirmando la existencia de diferencias significativas en el crecimiento entre sexos (Tabla 8).

Tabla 6: Valores de prueba de  $T^2$  de Hotelling aplicado para verificar la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras de **ayanque**, mediante edad-talla actual. Metodología de Bernard (1981), modificada por Cerrato, 1990.

COMPARACION PARAMETROS DE CRECIMIENTO ENTRE SEXOS						
ESPECIE :	AYANQUE			ZONA :	ARICA	
PARAMETROS	MACHOS			HEMBRAS		
$L_{\infty}$ (cm)	39,619			53,023		
$K$	0,167			0,097		
$t_0$	-2,153			-2,685		
ERROR ST						
$L_{\infty}$ (cm)	2,216			6,721		
$K$	0,037			0,033		
$t_0$	0,825			1,213		
$N$	160			199		
				F = 3,89		
MATRIZ DE VAR-COVARIANZA						
	1	-0,974	-0,878	1	-0,989	-0,908
	-0,974	1	0,96	-0,989	1	0,958
	-0,878	0,96	1	-0,908	0,958	1
RESULTADO						
			$T^2$ Observado.	VAL CRITICO		
			28,87456	11,736496		
SI VALOR $T^2$ Observado < VALOR CRIT : DIFERENCIAS NO SON SIGNIFICATIVAS						
DECISION						
<b>DIFERENCIAS SON SIGNIFICATIVAS</b>						

Tabla 7: Valores del test  $T^2$  de Hotelling aplicado para verificar la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras de **ayanque**, mediante retrocálculo.

TEST DE HOTELLING		Metodología de Bernard ( 1981), modificada por Cerrato, 1990			
COMPARACION PARAMETROS DE CRECIMIENTO					
ESPECIE :	Ayanque			ZONA :	Arica
PARAMETROS	MACHOS			HEMBRAS	
$L_{\infty}$	39,740			53,480	
$K$	0,167			0,0948	
$t_0$	-1,90460			-2,43600	
ERROR ST					
$L_{\infty}$	0,93123			1,8479	
$K$	0,01106			0,00651	
$t_0$	0,1341			0,1268	
$N$	1046			1582	
F = 3,85					
MATRIZ DE VAR-COVARIANZA					
	1	-0,97715	-0,857245	1	-0,991466
	-0,97715	1	0,939778	-0,991466	1
	-0,857245	0,939778	1	-0,89151	0,93826
					1
RESULTADO					
Obs. $T^2$	189,9636				
VAL CRITICO	11,558817				
SI VALOR OBS $T^2$ < VALOR CRIT = DIFERENCIAS NO SON SIGNIFICATIVAS					
DECISION					
DIFERENCIAS SON SIGNIFICATIVAS					

Tabla 8: Comparación entre el crecimiento de machos y hembras de ayanque mediante el Análisis de suma de cuadrados residuales. Basado en Chen *et al* ( 1992).

ESPECIE :	AYANQUE	VAR1 :	MACHOS
ZONA :	ARICA	VAR2 :	HEMBRAS
PERIODO :	2002-2003	Nº VAR:	2
MÉTODO de LECTURA :	OTOLITOS		
	SS	N	DF
RSSp :	2611,065	359	356
RSS1 :	719,368	160	157
RSS2 :	1545,271	199	196
RSSs :	2264,639		353
DF(p-(1+2)):	3		
K(nºvar):	2		
F(calc.)	=	18,0	
F(Tab.3,353)	=	2,63	
DECISIÓN	Si $F(\text{calc.}) > F(\text{Tab.}) = \text{VAR1}$ distinta de $\text{VAR2}$		
	RECHAZA HIPOTESIS DE IGUALDAD		



## 5. Discusión.

El análisis realizado con los otolitos de ayanque, indicó la conveniencia de efectuar las estimaciones de la edad y las mediciones del radio de los anillos desde el punto de origen o core hasta el extremo posterior del otolito. Esta decisión se fundamentó en que en este sector se facilita la identificación de los anillos anuales, en tanto que hacia el sector anterior, los anillos verdaderos y los numerosos falsos se confunden, dificultando la discriminación de los anillos, a diferencia de las lecturas realizadas por autores peruanos en que analizan sobre el sector anterior.

Estudios de edad y crecimiento sobre ayanque (*C. analis*) han sido realizados en Perú por Samamé y Okada (1973) y por Mendo (1987), quienes estimaron los parámetros del modelo de von Bertalanffy (Tabla 9) y mediante la técnica de retrocálculo. En el primer caso el valor de la longitud asintótica fue de 61,8cm, lo que según Mendo (1987) fue muy alto, pudiendo haberse producido un error en la identificación de especies del género *Cynoscion* (*C. altipinnis*).

Las estimaciones entregadas por Mendo (1987) para dos series de muestras (1964-1965 y 1972-1973) para ambos sexos con valores de  $L_{\infty}$  muy próximos: 43,1 y 44cm, los que difieren con los estimados en el presente estudio con un valor de 55,5cm y con valores diferenciados para machos y hembras (39,6 y 53,0 respectivamente).

La edad máxima observada en este estudio alcanzó a 14 años, lo cual difiere de las observaciones de Mendo (1987) que llegó sólo a 7 años al igual que Samamé y Okada (1973). De acuerdo con las observaciones realizadas en el presente estudio, es probable que dichos autores hubiesen descartado anillos considerándolos como falsos o de carácter secundario, subestimando en consecuencia la edad de esta especie.

En el presente estudio, se detectó la presencia de diferencias significativas en el crecimiento entre machos y hembras, empleando dos métodos sobre la relación talla-edad, indicando ambos la existencia de diferencias significativas, cabe hacer notar que las lecturas se realizaron sin conocer el tamaño de los ejemplares ni el sexo, con el fin

de evitar la influencia que pudiera afectar al lector al disponer de los datos al momento de la lectura de los otolitos. Los autores peruanos, en tanto, se basaron en la relación longitud pez -radio de los otolitos entre sexos y en la comparación de las pendientes de la relación longitud-peso para decidir la existencia de diferencias significativas. Ambos métodos indicaron la existencia de diferencias mínimas por lo cual analizaron los datos en conjunto. Debido a que los métodos empleados por los autores citados en la actualidad han demostrado ser poco confiables, en este estudio se optó por analizar en forma independiente cada sexo y utilizar técnicas estadísticas ampliamente probadas.

Por otra parte, otro antecedente que contribuye a confirmar esta apreciación es la total ausencia de machos en tallas superiores a los 40cm, sobre esta talla sólo se observaron hembras. Situación característica de especies demersales que generalmente presentan una mayor longevidad por parte de las hembras.

Una comparación entre las curvas de crecimiento de los distintos autores, se presenta en la fig. 7, en la que se observan las diferencias entre éstos. En el caso de las estimaciones del presente estudio mediante el análisis de edad-talla actual, la curva demuestra una mayor longevidad, pero también un valor muy negativo de  $t_0$ , lo que se debe, con toda seguridad, a la falta de ejemplares de edades menores (1-3) y sobretodo, del extremo de menor tamaño de la distribución de cada una de estas edades, efecto muy común que se produce por la selectividad del arte de pesca empleado, reclutándose en primer lugar los ejemplares de mayor tasa de crecimiento de la cohorte, evidenciándose en una elevación del extremo izquierdo de la curva de crecimiento haciéndose muy negativo el valor de  $t_0$ .

Tabla 9. Ajustes de parámetros de crecimiento realizado por diversos autores.

AUTOR	ZONA	SEXO	$L_{\infty}$	K	$t_0$	TÉCNICA DE AJUSTE	n	L MAX (cm)	EDAD MAX (años)
Samamé y Okada ( 1973)	Perú	Ambos	61,8	0,117	-0,54	Retrocálculo	394	68,0	7
Mendo (1987)	Perú	Ambos	43,1	0,267	-0,547	Retrocálculo	1111	38,5	7
Mendo (1987)	Perú	Ambos	44,0	0,254	-0,596	Retrocálculo	980	39,5	7
Presente estudio	Arica	Machos	39,6	0,167	-2,153	Edad actual	160	39,0	13
Presente estudio	Arica	Hembras	53,0	0,097	-2,685	Edad actual	199	48,5	14
Presente estudio	Arica	Ambos	55,5	0,08	-3,634	Edad actual	359	48,5	14
Presente estudio	Arica	Machos	38,8	0,167	-1,905	Retrocálculo	1,046	39,9	13
Presente estudio	Arica	Hembras	53,5	0,095	-2,436	Retrocálculo	1,582	49,9	14
Presente estudio	Arica	Ambos	49,2	0,107	-2,398	Retrocálculo	2,628	46,8	14

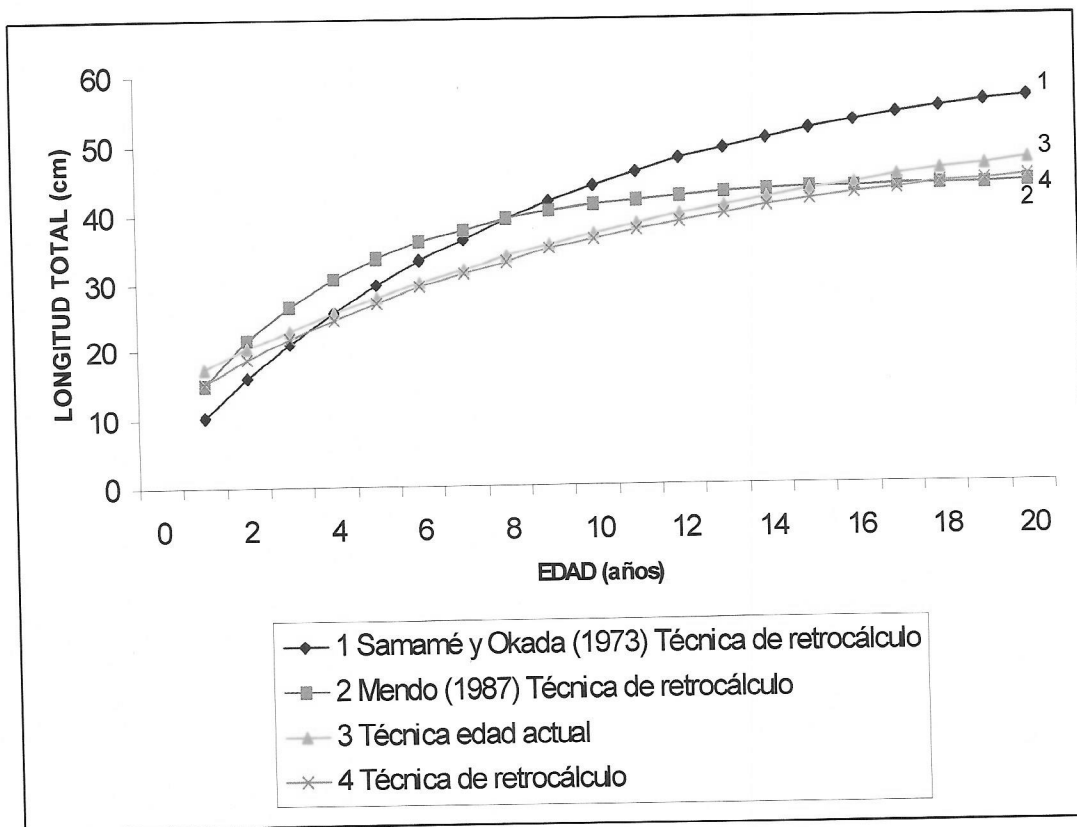


Fig. 7. Curvas de crecimiento ajustadas para ayanque por distintos autores para las zonas de pesca de Perú y Chile.

Debido a la ausencia completa en las muestras de tallas menores, sobretodo los ejemplares que fluctúan entre los 1 a 3 años, fue necesario emplear la técnica del retrocálculo para obtener la mayor cantidad de información de todos los grupos de tallas, esta situación se debería principalmente a la selectividad del arte de pesca empleada. Cabe mencionar que el hecho de esta ausencia de ejemplares provocó la obtención de un  $T_0$  muy negativo mediante el análisis de edad-talla actual lo cual fue mejorado notoriamente al utilizar el método del retrocálculo.

Los parámetros obtenidos a través de ambos métodos son bastante similares en cuanto a  $L_{\infty}$  siendo 39.62 y 38.75 para machos y de 53.02 y 53.49 para hembras, a través de edad actual y retrocálculo, respectivamente; y también muy próximos para  $K$  con 0.167 para machos con el uso ambos métodos y para hembras de 0.097 con edad actual y de 0.009 por medio de retrocálculo, sin embargo, al comparar los resultados de  $T_0$  se observa un cambio notable, haciéndose menos negativo al aplicar el método de retrocálculo. Al observar el  $R^2$ , se puede apreciar que el ajuste de los parámetros de crecimiento fue bastante aceptable a través del uso de ambos métodos, siendo muy cercanos del orden de 0,99. Tanto para el caso de machos como de hembras, el  $R^2$  fue mejorado notablemente a través del uso de retrocálculo.(Tabla 8).

La comparación entre las curvas de crecimiento entre sexos indicó la existencia de diferencias significativas entre ellos. Esta situación nos confirma que el uso de ambos métodos es confiable ya que se basan en una misma interpretación de las zonas de crecimiento (Mendo, 1987), además de constatar nuevamente con los estudios sobre edad y crecimiento para ayanque realizado por autores extranjeros.

Los parámetros observados mediante el uso de edad-talla actual indicaron la tendencia de las hembras a presentar una mayor longevidad,  $L_{\infty}=53.0$ , a diferencia de los machos con  $L_{\infty}=39.6$ , situación también observada a través del retrocálculo con  $L_{\infty}=53.5$  y 38.8, respectivamente.

Al comparar las longitudes medias obtenidas luego de los ajustes de parámetros, también confirman que después de los 9 años aproximadamente, las diferencias en tamaño se van incrementando con el tiempo haciéndose además notables a simple vista. Por otro lado, se constató la diferencia en el crecimiento entre sexos al utilizarse la prueba de  $T^2$  de Hotelling, el cual comparó las curvas de crecimiento de machos y hembras, la prueba se usó en ambos métodos y en forma independiente rechazó la igualdad en cuanto a las formas de crecimiento, por lo cual, se mantiene la decisión de tratar a ambos sexos por separado en cualquier estudio biológico por presentar características diferentes de crecimiento durante su ciclo de vida.

Al comparar las curvas de crecimiento de machos y hembras, a través de los dos métodos, se observa en la curva de crecimiento que los machos crecen más rápido que las hembras hasta los 6 años, aproximadamente, edad a partir de la cual las hembras adquieren un mayor crecimiento. (Fig.5). La curva de crecimiento de machos y hembras ajustada por medio del retrocálculo muestra el mismo patrón de crecimiento., pero la edad en que se produce el cambio es a los 4 años, (Fig. 6). Esta situación sería atribuible a la cantidad de información que aporta el método de retrocálculo, el cual ayuda a complementar datos que están ausentes siendo más confiable al momento de realizar algún tipo de comparación en estos casos en particular.

## 6. CONCLUSIONES

El tratamiento previo de los otolitos, de hidratación y luego de inmersión en aceite para su lectura, fue suficiente para obtener una nitidez óptima para su análisis. De esta forma, se observaron los anillos sin mayor dificultad y se discutieron aquellos con algún grado de complejidad. Los análisis de comparación de lecturas de ayaunque entre lectores, indicaron un incremento gradual de la concordancia a través del tiempo y tuvo un buen nivel de ajuste para la longevidad que presenta el recurso.

La distribución de tallas mostró una moda entre los 30-31cm de longitud total para los machos y de 34-35cm para las hembras, cabe mencionar que no se registraron ejemplares juveniles para ningún sexo. Esta situación de sesgo en la muestra puede ser producto del arte de pesca empleado, en donde por selectividad vulnera preferentemente los ejemplares de mayor tamaño, o bien, los juveniles se distribuyen en una zona distinta y tal vez estén asociados hacia el fondo o hacia el borde costero.

En esta especie, los métodos de edad-talla actual y retrocálculo, utilizados en la estimación de los parámetros de crecimiento presentaron valores similares. En ambos métodos los valores tanto de  $K$  como de  $L_{\infty}$  fueron muy cercanos. Para el caso de  $T_0$ , la negatividad presentada por el método de edad actual fue corregido por el método del

retrocálculo, de forma que le otorgó una mayor curvatura a la línea que representa el crecimiento de la población para aproximarse a la región asintótica de la misma. Esto mejoró el ajuste de los valores que representan los ejemplares pequeños.

Al comparar los valores de K entre los machos y las hembras, se observó que los machos presentan una velocidad de crecimiento más rápida que las hembras. Por otra parte, las hembras alcanzan tallas y edades mayores que los machos. Esta situación puede atribuirse a que la estrategia de vida de la especie condiciona que los machos se desarrollan ya que invierten mayor energía hacia la reproducción.

La curva de crecimiento obtenida través del método de edad-talla actual obtenida mostró que hasta los 6 años los machos crecen más rápido que las hembras, luego a partir de esta edad son las hembras quienes adquieren un mayor crecimiento. Sin embargo, a través del método de retrocálculo, esta diferencia se aprecia a partir de los 4 años. Esta diferencia que se aprecia en ambos métodos, debe ser observada con cuidado puesto que, puede ser artefacto de la sensibilidad estadística del mismo método.

Con los datos ya mencionados, se confirma que la estructura de tallas en este estudio, está constituida por ejemplares adultos, presentando una moda para los machos entre los 30-31cm y de 34-35cm para las hembras.

La estructura etárea fue comprendida entre los 4-14 años; en donde los ejemplares adultos se encuentran en un amplio rango de tallas y edades, lo cual nos muestra que el ayanque presenta una buena adaptación a su hábitat que le permite alcanzar edades mayores, ser una especie longeva, y que el esfuerzo de pesca tal vez no es tan intenso puesto que no se observa juvenilización del recurso y no se detectan efectos negativos sobre la sustentabilidad de la actividad pesquera.

Por otra parte, de acuerdo a la información bibliográfica recopilada, no existe regulación sobre este recurso y se encuentra en desarrollo incipiente. Además, desde el punto de vista social, representa una importante fuente de trabajo para un grupo de

pescadores artesanales. Dicho grupo de personas realiza su captura sin disponer con estudios de manejo de la pesquería que permitan hacer sustentable la actividad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARAYA, M. y CUBILLOS, L. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana*, 66 (2) : 161-179.
- BAHAMONDE, N. y PEQUEÑO, G. 1975. Peces de Chile. Lista sistemática. Publicación ocasional n° 21. Museo nacional de historia natural. Santiago-Chile.
- BARNES, R. S. K and MANN, K. H. 1991. *Fundamentals of aquatic ecology*.
- BERNARD, D. R. 1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.
- CAMPANA, S. E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths?. *Canadian journal Fishery and Aquatic Science* 47: 2219-2227.
- CARLANDER, K. D. 1981. Caution on the use of the regresión method of backcalculating lengths from scales measurements. *Fisheries* 6 (1): 2-4.
- CERRATO, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Can J. Fish Aquat. Sci.*, 47 : 1416-1426.
- CORDIVIOLA de YUAN, E. 1974. La edad en los peces: su determinación en especies del Paraná medio. *Rev. Asoc. Nat. Lit.*, n° 5, p: 53-69.
- CHANG, W. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39 : 1208-1210.
- CHEN, S. and S. Watanabe 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 55 (2), 205-208.

CUBILLOS, L. 2005. Biología pesquera & Evaluación de stock. Laboratorio de Poblaciones Marinas y análisis de Pesquerías, Departamento de Oceanografía, UDEC, Concepción, 198 p.

CUSHING, D.H. 1970. Fisheries biology. A study in population dynamics. University of Wisconsin. Second edition.

FALABELLA, F; MELENDEZ, R. y VARGAS, M. 1995. Claves osteológicas para peces de Chile Central. Un enfoque arqueológico.

FRANCIS, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish. Biol. 36: 883-902.

GULLAND, J. A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. FAO.

HOLDEN, M. & D. Raitt. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Tec. Pesca. (115). Rev. 1:211.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP). 2003. Diagnóstico de la pesquería del Ayanque y Rococó en la Provincia de Arica. Informe Final.

KONG, I. y VALDES, J. 1990. Sciaénidos de Chile: análisis taxonómico y morfológico. Estad. Oceanol. 9: 13-56.

LAGLER, K. F. 1977. Ichthyology

MENDO, J. y VELEZ, . 1986. Contribución a la identificación de dos especies de cachema, *Cynoscion analis* y *Cynoscion altipinnis* (Pisces: Scianidae) de la costa norte del Perú. Instituto del mar del Perú. Boletín . Volúmen 10. Callao-Perú

MENDO, J. 1987. Edad y crecimiento de una especie de cachema (*Cynoscion analis*) de la zona frente a Paita. Instituto del mar del Perú. Boletín . Volúmen 11. Callao-Perú.

MENDO, J. *et al.* 1988. Análisis biológico-pesquero y poblacional de la cachema (*Cynoscion analis*) del área de Paita, Perú. Instituto del mar del Perú. Boletín . Volúmen 12. Callao-Perú.

MORALES-NIN, B.Y.O. 1991 Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO, Documento técnico de Pesca N° 322. Roma, FAO. 58p.

MOYLE, P.B & CECH, J.J.Jr. 1996. Fishes an Introduction to ichthyology. Chapter 10. Sensory Perception. Third edition.

OLIVARES, J. 1992. Determinación de la edad y el crecimiento del pejerrey marino *Austromenidia laticlavia Valenciennes 1835*, del Golfo de Arauco, Región del Bío-Bío. Tesis (Licenciatura en Ciencias Biológicas) Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano.

PANELLA, G. 1976. Fish otoliths: dayly growth layers and periodical patterns. Science, vol. 173. pág. 1124.

PEQUEÑO, R. G. 1989. Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. 24 (2) : 1-132.

RICKER, W.E. 1968. Methods for assesment of fish production in fresh waters. Chapter 5. Age and growth. First edition.

Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the environment fisheries and marine service. Ottawa.

RONSENFELL, G. A. and EVERHART, W. H. 1960. Ciencias de las pesquerías, sus métodos y aplicaciones.

SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAPESCA) 1992-2002. Anuario estadístico de pesca. Ministerio de economía, fomento y Reconstrucción. Chile.

SOTO BENAVIDES, D. 1978. Edad, crecimiento y ciclo reproductivo de *Basilichthys australis*. Eigenman 1927 en el embalse Rapel, Chile (Pisces, Atherinidae). Tesis de prueba para optar al grado de licenciado en Ciencias con mención en biología, Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Santiago-Chile.

SPARRE, P. 1985. Introduction to tropical fish stock assesment. Parte 1- Manual. Fao. Documento Técnico de Pesca. 306/1.418 pp.

TAUCHER, E. 1997. Bioestadística.

WEATHERLY, A.H and GILL, H.S. 1987. The biology of fish growth. Academy Press London. Chapter 1 and 7.

YOUNG, J.Z. 1985. La vida de los vertebrados. Capítulo 7. El dominio de los peces óseos. Cuarta edición. Barcelona-España.

## Referencias Electrónicas

<http://www.fao.org>

FISHBASE.: Food and Agriculture Organization of the United Nations.  
Lectura de edades en otolitos de peces teleóteos

<http://www.estrellaarica.cl>

Estudio mejorará pesca del ayanque y rococó

<http://www.imarpe.gob.pe>

BOLETÍN VOL. 11(1), 1987. Edad y crecimiento de una especie de cachema  
Cynoscion analis de la zona frente a Paita. J. MENDO  
Análisis del régimen alimenticio de la cachema  
Estimación de la talla de primera madurez sexual de la cachema durante el período de  
máxima actividad reproductiva.

<http://www.ciencias.uma.es>

Otolitos: una introducción a su potencial uso para el estudio de la biología de los peces.

<http://www.life.bio.sunyb.edu>

otoliths: morphology, hearing and growth