



**ESTUDIO SOBRE LA EDAD Y CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES
LONGEVAS SOMETIDAS A REMOCIÓN POR PESCA EN EL GOLFO
SAN MATÍAS**



Autor: Mariano Rosset

Directora: Dra. María Alejandra Romero

Co-director: Dr. Raúl A. González

Carrera: Licenciatura en Biología Marina

Universidad Nacional del Comahue

Escuela Superior de Ciencias Marinas

2022

**ESTUDIO SOBRE LA EDAD Y CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES LONGEVAS
SOMETIDAS A REMOCIÓN POR PESCA EN EL GOLFO SAN MATÍAS**

Trabajo de tesis para optar al título de
Licenciado en Biología Marina

Mariano Rosset
Estudiante

Dra. María Alejandra Romero
Directora

Dr. Raúl A. González
Co-director

Tribunal:

Dra. Marina Coller

Firma:

Dr. Matías Ocampo Reinaldo

Firma:

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero mencionar a mi mamá por estar siempre presente en mi vida y acompañarme, estando para mí en todo momento, gracias a ella por siempre confiar en mí y ayudarme en todo. También, a mis dos hermanos mayores, Mati y Gon, que vienen acompañándome en cada una de mis etapas con el mejor amor de hermanos que se puede tener, poniéndose felices por cada uno de mis logros, como así ayudarme y brindándome apoyo para que los pueda conseguir.

Obviamente a mis amigos de Tandil, los que están siempre, los que no tanto y los que ya no están por alguna u otra razón, formaron parte de mi desarrollo como persona. A los de siempre agradecer con un especial énfasis por estar ahí en los momentos que volvía de visita disfrutando con muchas risas y dándome su apoyo incondicional.

Agradecido también por las nuevas amistades que construí estos últimos años en San Antonio, todos tan distintos pero semejantes en lo excelentes personas que son, regalándome momentos muy lindos también.

Otras personas como sobrinos, amigos de familia o distintas relaciones personales que también son importantes e influyen en lo que es uno y lo que puede lograr.

Darle un lugar en estos agradecimientos también a la ESCIMAR en general por fomentar el desarrollo tanto académico como personal en estos años transcurridos que fueron muy importantes para mí. A mis directores por ayudar y acompañar en todos los aspectos que ésta presente tesis requirió.

Por último, pero no menos importante sentirme orgulloso y agradecerme a mí mismo en no darme por vencido, confiando en que nada es imposible y disfrutar lo vivido en mi etapa universitaria que deja muchas cosas buenas para continuar con las que siguen.

¡ETERNAMENTE AGRADECIDO CON USTEDES!

RESUMEN

En la actualidad, casi un 66% de los stocks pesqueros a nivel mundial están siendo explotados dentro de niveles biológicamente sostenibles, en tanto un 34% se encuentra en situación de sobreexplotación. Para revertir esta tendencia mundial es menester implementar planes de manejo pesquero en cuyo contexto se desarrollen programas sistemáticos de obtención de datos biológico-pesqueros de las poblaciones bajo explotación, los cuales se puedan aplicar a obtener diagnósticos actualizados del estado de conservación de las mismas. El principal objetivo de esta tesina fue generar y actualizar las claves edad-talla de dos especies longevas, el mero *Acanthistius patachonicus* y el salmón de mar *Pseudoperca semifasciata* en el Golfo San Matías. Estas especies tienen una larga trayectoria de explotación, y se cuenta con escasa información actual sobre los parámetros de crecimiento. Sumado al objetivo principal, se realizó una estimación de los modelos de crecimiento individual para ambas especies en base a los datos actuales y la comparación con los datos ya generados en la década del '90. Las muestras de mero y salmón de mar fueron obtenidas de las capturas pesqueras de la flota comercial que opera en el Golfo San Matías. Las claves edad-talla fueron generadas a partir de los datos de talla y edad de los individuos muestreados y ajustadas según un modelo de regresión multinomial; mientras que los modelos de crecimiento fueron ajustados según el modelo especial de von Bertalanffy. Los resultados indican que hubo diferencias estadísticamente significativas en la distribución de tallas, edades, clave edad-talla y modelos de crecimiento entre la década del '90 y la actualidad tanto para el mero como para el salmón de mar. Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos en este estudio están limitados por la cobertura espacio-temporal de las muestras, a futuro se espera ampliar el set de datos para explorar posibles vínculos con factores tales como la presión pesquera y el ambiente que permitan explicar cambios a nivel poblacional.

Palabras clave: Pesquerías, claves edad-talla, crecimiento individual, Golfo San Matías.

ABSTRACT

Currently, almost 66% of the world's fish stocks are being exploited within biologically sustainable levels, while 34% are overexploited. To reverse this global trend, it is necessary to implement fisheries management plans which include systematic programs to obtain biological-fishery data on the populations under exploitation to generate updated diagnoses of their conservation status. The main objective of this study was to generate and update the age-length keys of two long-lived species, the grouper *Acanthistius patachonicus* and the Argentinian sandperch *Pseudoperca semifasciata* in the San Matías Gulf. These species have been under exploitation for a long period, and there is little current information on their growth parameters. In addition to the main objective, individual growth models for both species were estimated based on current data and then were compared with data already generated in the 1990s. The samples of grouper and Argentinian sandperch were obtained from the fishing catches of the commercial fleet that operates in the San Matías Gulf. The age-length keys were generated from the size and the estimated age of the sampled individuals and adjusted according to a multinomial regression model; while the growth models were adjusted following the special von Bertalanffy model. The results indicate that there were statistically significant differences in the distribution of sizes, ages, age-length keys, and growth parameters between the 1990s and the present for both grouper and Argentinian sandperch. Considering that the results obtained in this study are limited by the spatio-temporal coverage of the samples, in the future it is expected to expand the data set to explore possible links with factors such as fishing pressure and the environment that allow explaining changes to population level.

Key words: Fisheries, age-length keys, individual growth, San Matías Gulf

INDICE

1. INTRODUCCION.	1
1.1 Importancia de los estudios pesqueros.	1
1.2 Claves edad-talla.	3
1.3 Estudios de crecimiento individual.	4
1.4 Caso de estudio.	4
1.5 Objetivos e hipótesis.	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	8
2.1 Área de estudio.	8
2.2 Origen de las muestras.	10
2.3 Procesamiento de los ejemplares.	11
2.4 Sección de los otolitos.	11
2.5 Lectura de los otolitos.	12
2.6 Validación de las edades de los otolitos.	13
2.7 Claves edad-talla.	13
2.8 Modelos de crecimiento individual.	14
3. RESULTADOS.	15
3.1 Composición de las muestras.	15
3.2 Claves edad-talla.	18
3.3 Modelos de crecimiento individual.	29
4. DISCUSIÓN.	33
5. BIBLIOGRAFÍA	39

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de los estudios pesqueros

La pesca es una importante actividad antrópica que nos acompaña desde los orígenes de la humanidad, generando el desarrollo económico, el incremento del bienestar social y la diversificación del empleo (Agardy et al. 2017). Se estima que la producción mundial de la pesca alcanzó alrededor de 179 millones de toneladas en 2018, con un valor estimado total en la primera venta en torno a los USD 400 mil millones, de las cuales 82 millones de toneladas, valoradas en USD 250 mil millones, provienen de la producción acuícola (FAO 2020).

La actividad pesquera genera un impacto en los ecosistemas dentro de los que actúa. Las redes de arrastre de fondo, que es el arte de pesca más utilizado, generan modificaciones ecosistémicas directas (e.g., alteraciones en la estructura del hábitat) y/o indirectas (e.g., modificaciones de las relaciones predador-presa, captura incidental y/o *bycatch*) (Kaiser y Spencer 1995, Freese et al. 1999, Davies 2009). Específicamente en las poblaciones sometidas a explotación, las diferentes artes y métodos de captura generan cambios en la estructura demográfica de las mismas a partir de la remoción selectiva de individuos de determinados grupos de talla, modificando la estructura etaria y afectando de esta manera la productividad de los stocks (Law 2000, Armstrong y Falk-Petersen 2008, Allendorf y Hard 2009, Steneck y Pauly 2019). Además, algunas de estas consecuencias solo pueden ser detectadas luego de años de iniciada la actividad pesquera y en varios casos dando lugar a un cambio irreversible en el estado original del ecosistema (Steneck y Pauly 2019). Durante las últimas décadas hubo varios registros de colapsos pesqueros importantes en distintas regiones del mundo (Pauly et al. 2002, Pauly 2019). También, se han reportado evidencias de la declinación de algunas poblaciones de

predadores tope de importancia comercial (Myers y Worm 2003), con la consiguiente tendencia hacia la captura de especies de menor nivel trófico (Pauly et al. 1998).

En la actualidad, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), cerca de un 66% de los stocks pesqueros a nivel mundial están siendo explotados dentro de niveles biológicamente sostenibles, en tanto un 34% se encuentra en situación de sobreexplotación (FAO 2020). Por otro lado, aunque nuestra comprensión del estado de la pesca mundial ha mejorado en la última década, la mayoría de las poblaciones de peces del mundo, que representan aproximadamente el 50% de los desembarques marinos, carecen de evaluaciones de sus poblaciones debido a falta de datos biológicos (FAO 2020, Hilborn et al. 2020). Para revertir la tendencia mundial en la reducción de peces e invertebrados es necesario implementar planes de manejo pesquero en cuyo contexto se desarrollen programas sistemáticos de obtención de datos biológico-pesqueros de las poblaciones bajo explotación, los cuales se puedan aplicar a obtener diagnósticos actualizados del estado de conservación de las mismas.

La capacidad para lograr un manejo adecuado y sostenible de los recursos pesqueros depende de disponer de información sobre el estado de los recursos. Uno de los insumos principales proviene de las evaluaciones de stocks, las cuales a su vez dependen de alcanzar un conocimiento detallado de las principales características biológicas de las poblaciones (Coggins Jr. et al. 2013). Entre estas características se encuentran conocer la estructura etaria y de tallas de las poblaciones, el crecimiento individual, el reclutamiento, los parámetros reproductivos, la dieta, sumado a las variables pesqueras como la selectividad de los artes, los desembarcos, las tasas de descarte, la mortalidad por pesca, entre otras (Methot y Wetzel 2013).

1.2 Claves edad-talla

La mayoría de los modelos contemporáneos de evaluación de stocks se basan en la recopilación de datos precisos sobre la composición por edades de la población (Campana 2001). La información sobre la edad de los individuos es esencial para hacer inferencias sobre las tasas de mortalidad y crecimiento, la selectividad de las artes de pesca, y otros procesos demográficos útiles para el manejo pesquero (Beverton y Holt 1957, Campana 2001, Methot y Wetzel 2013). Sin embargo, la información sobre la estructura de edades de un stock suele ser muy costosa de generar lo que limita la cantidad de muestras que pueden ser procesadas. Es por este motivo que se utilizan claves edad-talla (ALK –Age-length keys-, Ketchen 1950) para hacer inferencias sobre la composición por edades de la población o de la captura (Isermann y Knight 2005).

Las claves edad-talla se construyen a partir de una muestra de varios peces, los cuales son medidos y cuyas edades son estimadas mediante alguna técnica de lectura de edades, generalmente mediante el examen de los anillos anuales de crecimiento en los otolitos u otras estructuras óseas calcificadas. Los datos se ordenan por grupo de tallas y edades. Estas proporciones se utilizan luego para asignar las edades a todos los peces a partir de mediciones de talla que se obtienen periódicamente como parte de las actividades regulares de monitoreo de las características biológicas de las capturas y los stocks. A partir de la utilización de una ALK se puede estimar el crecimiento (e.g., modelo de von Bertalanffy; von Bertalanffy 1938), y al extrapolar la información de una ALK para obtener la distribución de edades de la muestra total, ésta puede ser empleada para obtener los parámetros de mortalidad (e.g., mediante el método de curva de captura; Ricker 1975), y el rendimiento pesquero (e.g., modelos de rendimiento por recluta; Beverton y Holt 1966), insumos esenciales de los modelos pesqueros de evaluación de stocks.

1.3 Estudios de crecimiento individual

Los modelos de crecimiento constan de una ecuación matemática la que permite relacionar la longitud total (tamaño) con la edad del organismo, valiéndose de ciertos parámetros o constantes que dan forma a la función. Diversos autores han desarrollado y propuesto una importante variedad de modelos de crecimiento para las especies ícticas. El más antiguo y conocido es el llamado modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938), y en la actualidad es el más utilizado para describir el crecimiento de una gran variedad de especies de invertebrados (López-Rocha et al. 2018, Ford et al. 2020, Prato et al. 2020) y peces (Ogle y Isermann 2017, Du Pontavice et al. 2018, Harris et al. 2018, Vahabnezhad et al. 2020, Wang et al. 2021). Sin embargo, a partir de la década del 60' diversos autores presentaron revisiones de este modelo (Ricker 1975, Knigh 1980), proponiendo algunos de ellos incluso su total abandono (Roff 1980). Otros autores dieron a conocer posteriormente nuevos trabajos con argumentos a favor del modelo de von Bertalanffy y propusieron a su vez una generalización de la ecuación (Taylor 1962, Pauly 1981). Es así, que este mismo modelo tiene distintas versiones en las que se agregan parámetros para que se pueda adecuar a la población en estudio, y representar mejor cada caso particular.

1.4 Caso de estudio

En el ecosistema del Golfo San Matías (GSM, 41°-42° S / 64°-65° W) opera desde la década de 1970 una pesquería dirigida a la captura de especies demersales. Esta pesquería utiliza redes de arrastre de fondo y palangre artesanal y más allá de que está dirigida principalmente a la merluza común *Merluccius hubbsi* genera la captura de más de 40 especies (Romero 2011). Entre las principales especies acompañantes con valor comercial se encuentran dos especies del variado costero, el mero *Acanthistius patachonicus* y el salmón de mar *Pseudoperca*

semifasciata. Ambas son especies longevas, presentan lento crecimiento, extensa época de reproducción con desoves múltiples y lenta recuperación del agotamiento somático (Elías y Rajoy 1992, González 1998, Rubinich 2000). A continuación, se presenta una síntesis de las principales características biológicas y ecológicas para ambas especies (González et al. 2010):

Acanthistius patachonicus (Jenyns, 1840) (Serranidae): Se distribuye desde los 38° S al sur de Brasil hasta los 48° S en Argentina (Fig. 1). Entre los meses de octubre y diciembre desova en múltiples ocasiones. El régimen alimentario es eurífago con tendencia a la carcinofagia. Es una especie longeva y de crecimiento lento, llegando a registrar en el GSM los 45 años de edad en hembras y 40 en machos, con tallas máximas cercanas a los 55 cm (Rubinich 2000).

Pseudopercis semifasciata (Cuvier, 1829) (Pinguipedidae): Habita desde el estado de San Pablo (23° S) en Brasil, hasta los 48° S en Argentina (Fig. 1). Es una especie de sexos separados, con desoves múltiples entre julio y diciembre. Durante su etapa juvenil se alimenta de crustáceos, luego conforme su crecimiento se vuelve eurifágica e ictiófaga. También es una especie longeva, determinándose edades máximas de 28 y 26 años para hembras y machos, respectivamente. Los machos alcanzan mayor tamaño, midiendo hasta 140 cm contra una talla máxima de 125 cm registrada en hembras (González 2006).

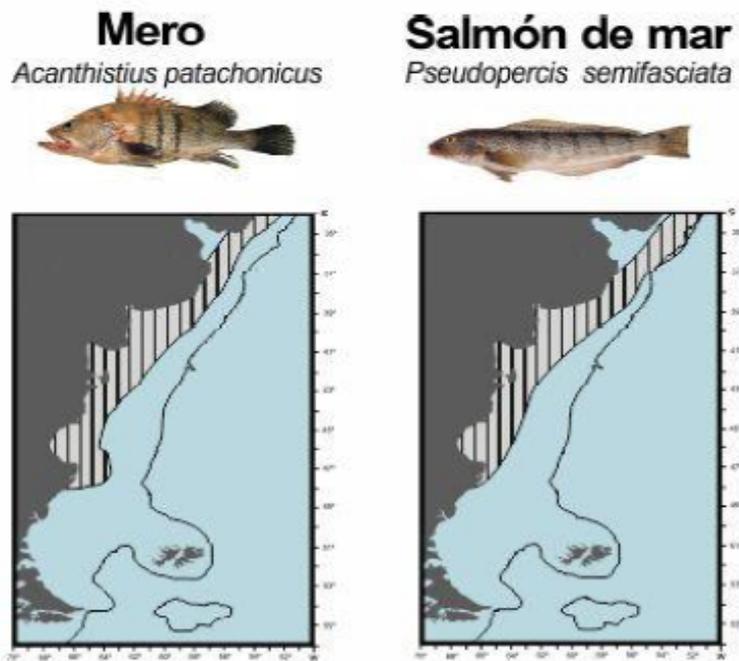


Figura 1: Distribución geográfica de *A. patachonicus* y *P. semifasciata*. Imagen extraída de Ruiz (2017).

Recientemente el mero fue categorizado como una especie “*data deficient*” según los criterios de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (Buratti et al. 2020) y más allá de que el salmón de mar no fue incluido en esta categorización también se cuenta con escasa información para el Mar Argentino (López et al. 2020). Para el GSM se dispone de información sobre la estructura de edades de ambas especies, pero estos datos corresponden a la década del '90 (González 1998, Rubinich 2000), en tanto no se cuenta con información disponible sobre la distribución de tallas ni edades de las capturas para las últimas dos décadas. La falta de información es limitante para el manejo de sus poblaciones dado que en el golfo el salmón de mar y el mero han estado sometidas a remoción por pesca comercial

desde el inicio de la actividad, sumado al impacto de la pesca recreativa y la pesca submarina (Jeres et al. 2018).

Las especies longevas (de más de 20 años de edad) de peces representan un desafío para la evaluación y el seguimiento de sus poblaciones, ya que las respuestas a nivel poblacional pueden tardar años en manifestarse, además muchas presentan signos de sobreexplotación producto de décadas de estar sometidas a remoción por pesca (Pauly et al. 2002, Hutchings y Reynolds 2004), mostrando adaptaciones en su historia de vida (Winemiller 2005). Los patrones de reclutamiento de estas especies limitan la capacidad para aumentar rápidamente su tamaño poblacional, lo cual las hace particularmente susceptibles a la disminución de la abundancia debido al impacto antrópico, por ejemplo, el incremento en la mortalidad por pesca (Sadovy y Cheung 2003). De esta forma, describir de manera precisa la estructura de edades y los patrones de crecimiento y mortalidad de estas especies es fundamental tanto para la conservación como para el mantenimiento de poblacionales saludables.

1.5 Objetivos e hipótesis

La determinación de la estructura de edades ha sido, y seguirá siendo, un componente integral para la evaluación de los recursos pesqueros, las cuales son esenciales para predecir la viabilidad de las poblaciones y las respuestas a las acciones de manejo (Steffensen et al. 2012). El objetivo general de esta tesis es generar claves edad-talla actualizadas para el mero y salmón de mar en el GSM, las cuales constituyen insumos de información esenciales para los estudios de evaluación de stocks. Adicionalmente a este objetivo principal, este estudio incluye una estimación de los modelos de crecimiento individual para ambas especies en base a los datos actuales y la comparación con los datos ya generados en la década del '90. Del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Describir la estructura de tallas y edades de la muestra de cada una de las especies.
- Construir y modelar las claves edad-talla del salmón y el mero.
- Ajustar modelos de crecimiento individual para ambas especies.
- Comparar los resultados con los datos ya generados en la década del '90 por González (1998) y Rubinich (2000).

El estudio se aborda bajo la hipótesis que el impacto de una prolongada remoción por pesca produce una reducción del tamaño corporal, así como cambios en la estructura de edades y en los parámetros de crecimiento individual de las poblaciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de estudio es el Golfo San Matías (GSM) (Fig. 2). El golfo cuenta con una superficie aproximada de 19.700 km², siendo el segundo más grande de la Argentina. Constituye una cuenca marina semicerrada, con profundidades máximas de hasta 220 m en su parte central y un zócalo de profundidades relativamente menores (50 – 80 m) en su boca, la cual está delimitada al norte por Punta Bermeja y al sur por Punta Norte, en Península Valdés (Piola y Scasso 1988, Williams et al. 2021).

La circulación en el GSM se caracteriza por el ingreso de una masa de agua fría por la zona sur de la boca del golfo, proveniente de la Corriente Costera Patagónica (Gagliardini y Rivas 2004). En el sector norte, la circulación está caracterizada por una celda cerrada en sentido ciclónico de 70 km de diámetro. Luego de un período de permanencia de 300 días dentro del golfo, el agua sale por el sector norte de la boca y se dirige en sentido nor-noreste, hasta alcanzar la costa este del sistema estuarial de El Rincón (Rivas y Beier 1990, Lucas et al. 2005, Tonini

et al. 2007). Otra característica que se observa en el golfo es la formación de un frente termohalino a partir de septiembre que separa dos masas de agua con propiedades diferentes. Este frente térmico se intensifica durante el verano y comienza a desaparecer en abril (Gagliardini y Rivas 2004, Williams 2011, 2021).

El GSM posee tres puertos pesqueros (San Antonio Oeste, San Antonio Este y Punta Colorada) y otros apostaderos menores para las lanchas artesanales palangreras y marisqueras. El puerto de San Antonio Oeste es el puerto de mayor antigüedad y desde el cual opera la mayor parte de la flota de arrastre.

Desde el punto de vista biológico, el ecosistema del Golfo San Matías se encuentra latitudinalmente ubicado en el deslinde de dos regiones biogeográficas del Mar Argentino: la Provincia Argentina (al norte) y la Provincia Magallánica (al sur) (Balech y Ehrlich 2008). Esto determina que muchas especies propias de cada una de estas regiones compartan este ecosistema. Además, se ha demostrado que algunas especies desarrollan la totalidad de su ciclo vital dentro de la cuenca del golfo, constituyendo subpoblaciones independientes de las presentes en la plataforma continental (ZEE), como es el caso de la merluza común *Merluccius hubbsi* (Rojo y Silvosa 1969,1970, Di Giácomo et al. 1993; Sardella y Timi 2004, Osovnikar y Ocampo Reinaldo 2005, González et al. 2006, Ocampo Reinaldo 2010). Los recursos pesqueros del golfo, tanto peces (e.g.: merluza común, mero, salmón de mar, pez gallo *Callorhynchus callorhynchus*) como invertebrados bentónicos (e.g: vieira *Aequipecten tehuelchus*, mejillón *Mytilus edulis*, almeja *Eucallista purpurata*, pulpito *Octopus tehuelchus*) constituyen unidades de manejo independientes, siendo administradas en forma autónoma por la Provincia de Río Negro.

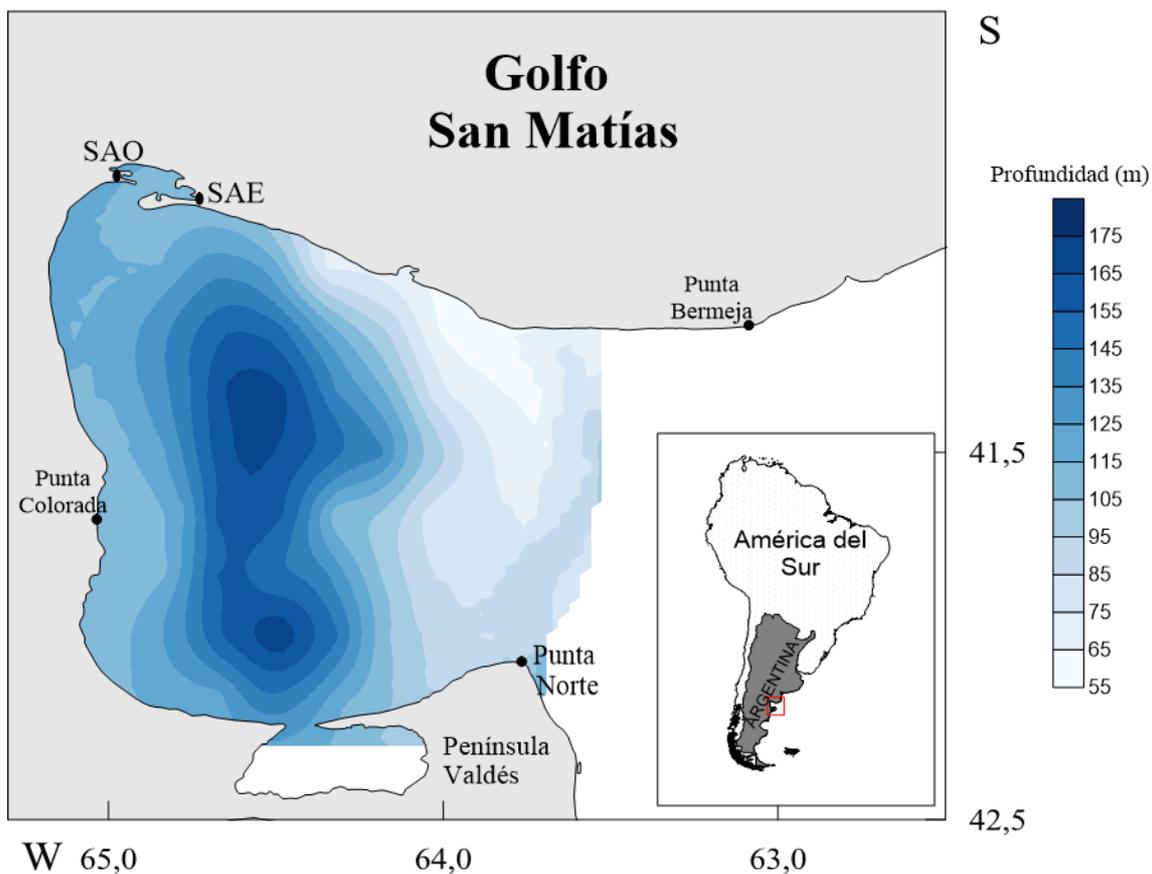


Figura 2: Área de estudio con isoclinas de profundidad. SAO: San Antonio Oeste; SAE: San Antonio Este

2.2 Origen de las muestras

Las muestras de mero y salmón de mar fueron obtenidas de dos fuentes:

- A) Muestras obtenidas a bordo de buques pesqueros comerciales en el marco del Programa de Observadores Pesqueros de la provincia de Río Negro en el mes de noviembre de 2020 y los meses de febrero, marzo y julio de 2021. Estas muestras fueron tomadas a bordo de barcos pesqueros fresqueros de mediano porte (18 a 35 m de eslora) que operan en el GSM, dentro de la jurisdicción de Río Negro. Estos barcos fueron BP “Norman”, BP “Marina Z”, BP Sumatra” y BP “El Santo”, los cuales utilizan un arte de pesca que consta de una red de arrastre de fondo tipo merlucera (de entre 90 y 120 pies de relinga).

B) Muestreo en dos plantas pesqueras, La Perla del Este y Cooperativa 16 de Abril, ubicadas en Puerto de San Antonio Este y San Antonio Oeste, respectivamente. Estos muestreos fueron realizados en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022.

2.3 Procesamiento de los ejemplares

De cada ejemplar se tomó la siguiente información: largo total (medida aproximando al centímetro inferior), peso total (kilogramos) y sexo. En el caso del salmón, si bien se ha descrito la existencia de patrones de coloración relacionados con el sexo (González 1998, 2006), los mismos no pudieron ser registrados en este estudio dado que para ciertas muestras no se dispuso de los ejemplares completos.

Además, se extrajeron los otolitos para luego realizar la determinación de la edad de los individuos en el laboratorio. Para esto, se realizó un corte transversal en el cráneo de los peces ligeramente por detrás y por encima de los ojos, que permitió identificar la cámara ótica y retirar los otolitos. Posteriormente se lavaron y guardaron en un sobre rotulado para su posterior lectura. Para la comparación entre sexos con relación a la talla y la edad media estimada se realizaron test de t . Para ello primero se chequearon los supuestos de normalidad y homocedasticidad por medio del análisis de un gráfico Q-Q y Test de Levene.

2.4 Sección de los otolitos

Para la determinación de la edad de los peces, los otolitos fueron colocados en agua de mar en tubos individuales durante por lo menos 24 horas. Un otolito de cada par fue quebrado a mano a la altura del núcleo. Luego se procedió al pulido al agua de las secciones quebradas, para lo cual se utilizaron discos de pulido (lijas al agua) de grano 500 y eventualmente otras de pulido más fino (con lijas de 1000 y 4000 de tamaño de grano), cuidando siempre de mantener

el otolito en forma perpendicular al disco de pulido para lograr uniformidad en la sección del mismo. Posteriormente, los otolitos cortados y pulidos fueron quemados levemente al calor de un mechero para producir el contraste de color entre los diferentes anillos de crecimiento (Fig. 3, 4). Luego se procedió a la lectura de edades bajo microscopio estereoscópico.

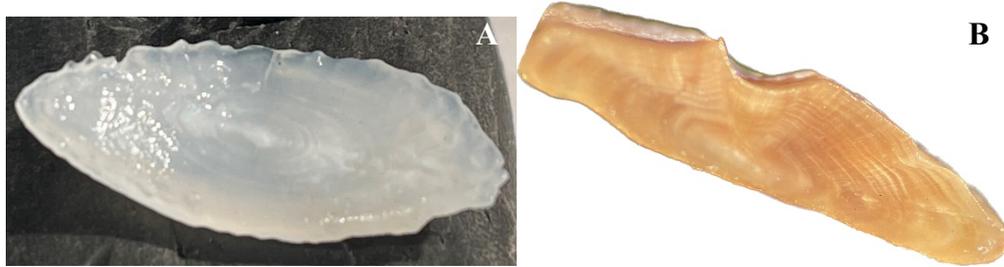


Figura 3: Otolitos entero (A) y procesado (B) de *A. Patachonicus*.

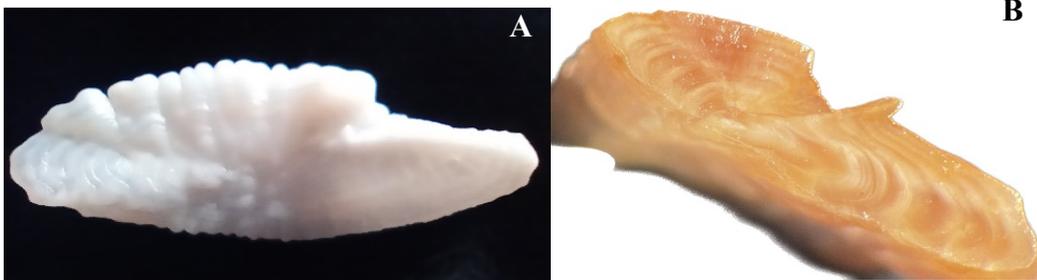


Figura 4: Otolitos entero (A) y procesado (B) de *P. semifasciata*.

2.5 Lectura de los otolitos

Se realizó la lectura de la edad de los otolitos por un único observador bajo un microscopio estereoscópico Leica S6 D (20X-50X) con luz reflejada y se utilizó xileno para mejorar la refracción de la luz sobre la superficie pulida. Se contaron las zonas hialinas y opacas de cada corte y siguiendo un criterio para la identificación de los anillos, se asignó una edad a cada ejemplar. Los anillos fueron contados especialmente sobre la zona del ala dorsal del otolito, área en la que frecuentemente se distinguen con mayor nitidez los anillos en las especies longevas (González 1998).

2.6 Validación de la edad de los otolitos

La validación de la periodicidad con que se depositan los anillos de crecimiento de un otolito constituye un procedimiento estándar que permite confirmar si el depósito de los anillos sigue un ritmo de frecuencia anual. De esta manera se tiene la certeza de que cada par de anillo opaco – anillo hialino se fue formando durante un período de tiempo de aproximadamente un año. Una vez verificado esto, se puede asumir el carácter anual de la marcación de los anillos y asignar el valor de un año a cada par.

Existen varias metodologías utilizadas para este propósito, específicamente dentro del presente trabajo se optó por asumir una periodicidad anual en la deposición del par de anillos hialino-opaco. Esta decisión se basa en los antecedentes existentes para estas especies (San Román, 1980; González 1998; Rubinich 2000), como así también para otras especies de ciclo de vida medio y largo que cohabitan dentro del Mar Argentino con el mero y salmón, como por ejemplo la merluza común, la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, la corvina rubia *Micropogonias furnieri*, la caballa *Scomber japonicus*, el barrilete *Katsuwonus pelamis* y el papamoscas *Cheilodactylus bergi* (Otero 1977, Cotrina y Lasta 1986, Forciniti y Perrotta 1988, Vilela y Castello 1991, Norbis 1992, Giussi 1996, González 1998).

2.7 Claves edad-talla

Las claves edad-talla de ambas especies fueron construidas a través de la muestra de individuos obtenida en este estudio, a los que se les midió la talla y se estimó la edad, creando una matriz de frecuencias acumuladas, agrupando los individuos de cada clase de talla de 1 cm por grupos de edad determinada (Kimura 1977). Las claves edad-talla para la muestra de los años 90 fueron construidas siguiendo el mismo procedimiento, a partir de los datos originales (González 1998, Rubinich 2000). De esta forma, las proporciones (θ) de la ALK fueron

calculadas mediante la siguiente fórmula: $\theta_{l,a} = s_{a,l}/S_l$ donde $s_{a,l}$ es el número de individuos de talla l a los cuales se les estimó la edad a y S_l es el número total de peces muestreados de talla l . Estas proporciones también pueden ser interpretadas como las probabilidades estimadas de pertenencia a cada clase de edad condicionadas al intervalo de talla. Luego con el objetivo de disminuir el sesgo debido a un número bajo o no igualmente representado de peces en cada intervalo de talla, las ALK fueron estimadas a partir de valores de probabilidad condicional (p_{ji}) predichos por un modelo de regresión multinomial ajustando al intervalo de tallas observado y los datos de edad (Gerritsen et al. 2006). Este modelo permitió comparar entre periodos (década del '90 vs datos actuales) siguiendo la forma:

$$A \sim L + P$$

donde A es la distribución de edad prevista en el intervalo de tallas L dentro del periodo P .

Las pruebas de cociente de verosimilitud (Likelihood-ratio test) se realizaron utilizando el paquete FSA (Ogle 2016a, b) en el software R para determinar si las distribuciones de tallas específicas por edad difieren significativamente entre los periodos. Se realizaron pruebas de χ^2 para determinar si las distribuciones de edad y talla difirieron entre periodos, y se utilizó un ANOVA bidireccional para comparar la edad media y la talla entre periodos. Posteriormente, se realizaron con el mismo paquete dentro de R, gráficos que expresan visualmente las ALKs, con el fin de complementar la visualización de los resultados.

2.8 Modelos de crecimiento individual

Para caracterizar el crecimiento en longitud (L_t) en función de la edad (t) se aplicó el modelo especial de von Bertalanffy, expresado según la siguiente ecuación:

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

dónde:

L_{∞} = largo infinito o talla asintótica.

k = constante de crecimiento o constante catabólica, que denota cuán rápido se alcanza la asíntota.

t_0 = edad a la cual la longitud es nula (carece de sentido biológico, solo es un parámetro de ajuste) (Sparre y Venema 1997).

Los parámetros anteriormente mencionados fueron estimados mediante el método de máxima verosimilitud, realizando el ajuste por el método de mínimos cuadrados generalizados (Kimura 1980). En el caso del salmón de mar se separó por sexos debido a que para esta especie se conoce que el crecimiento varía según el sexo (González 1998), a diferencia de lo observado para el mero (Rubinich 2000). En este caso, la comparación de las curvas de crecimiento entre periodos se realizó mediante el análisis de las hipótesis de igualdad de los parámetros de las curvas de crecimiento, utilizando para ello el cociente de verosimilitud y la distribución de X^2 (Cerrato 1990, Aubone y Wöhler 2000).

3. RESULTADOS

3.1 Composición de las muestras

Se muestrearon 116 individuos de *A. patachonicus* de los cuales 56 (48,3%) fueron hembras y 60 (51,7%) machos, encontrándose una talla mínima de 13 cm y una máxima de 54 cm (talla media: $32,69 \pm 7,54$ cm) (Fig. 5A, Tabla 1). El peso de los individuos osciló entre 0,044 kg y 2,753 kg y se estimaron edades entre 2 años y 32 años (Fig. 5B). Los resultados de la comparación de medias no mostraron diferencias significativas entre machos y hembras con respecto a la talla y la edad media (test t , $p_{\text{talla}} = 0,17$; $p_{\text{edad}} = 0,32$).

En el caso de *P. semifasciata* se muestrearon 211 individuos, de los cuales 112 (53,1%) fueron hembras y 99 machos (46,9%), encontrándose una talla mínima de 20 cm y una máxima de 120 cm (talla media: $54,90 \pm 20,53$ cm) (Fig. 6a, Tabla 1). El menor peso individual registrado fue de 0,104 kg y el mayor de 16 kg. Las edades oscilaron entre 1 año y 17 años (Fig. 6b). La comparación de tallas y edades medias no mostró diferencias significativas entre machos y hembras (test *t*, $p_{\text{talla}} = 0,40$; $p_{\text{edad}} = 0,84$).

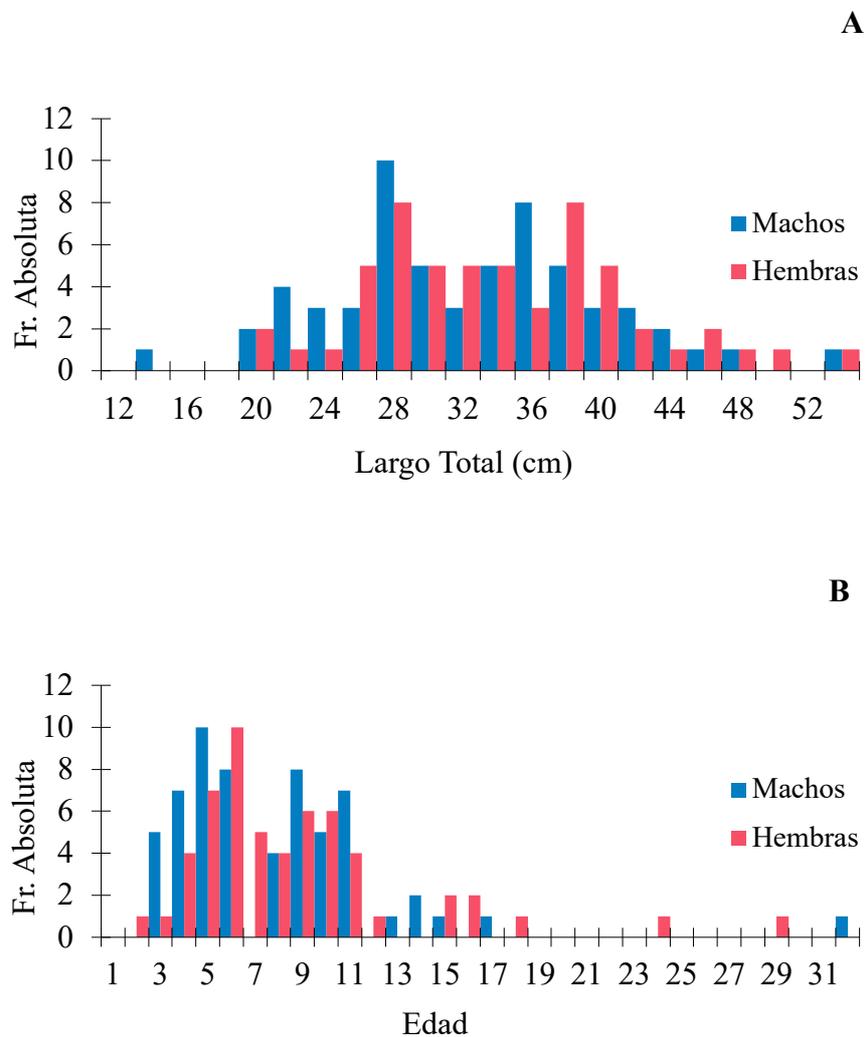


Figura 5: Distribución de frecuencias por clases de talla (A) y edad (B) para *A. patachonicus*.

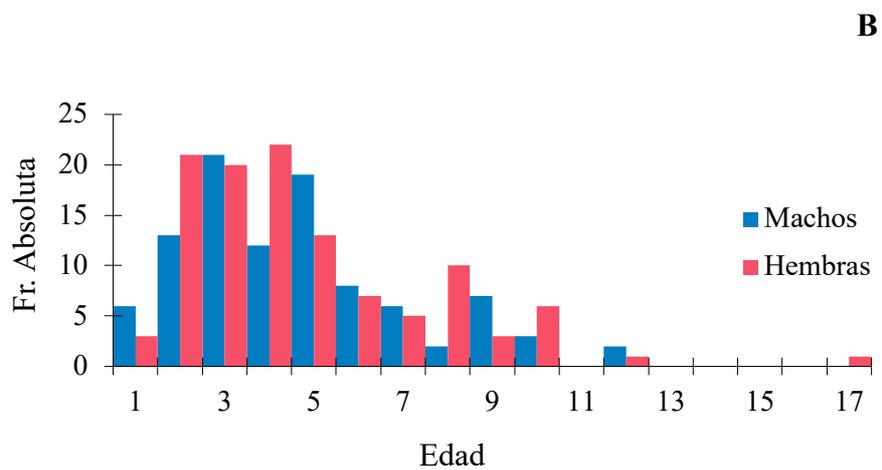
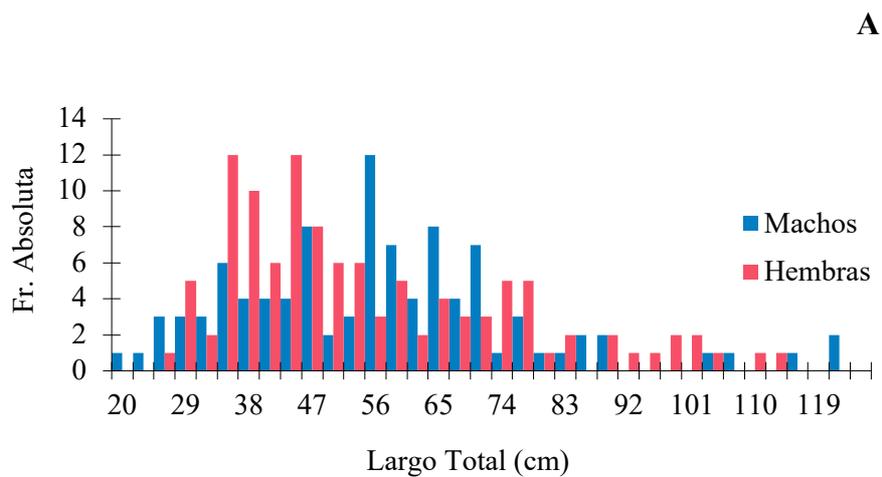


Figura 6: Distribución de frecuencias por clases de talla (A) y edad (B) para *P. semifasciata*.

Tabla 1: Resumen de medidas para ambas especies por sexo.

Especie	Sexo	Talla media \pm Desv. Estand.	Talla	Talla	N
			mínima	máxima	
<i>A. patachonicus</i>	H	33,46 \pm 7,49	19	53	56
	M	31,98 \pm 7,68	13	53	60
<i>P. semifasciata</i>	H	53,94 \pm 20,41	24	112	112
	M	56,00 \pm 20,73	20	120	99

3.2 Claves edad-talla

Debido al relativamente bajo número de ejemplares obtenidos por sexo para cada especie y teniendo en cuenta que son animales con amplio rango de edades, se decidió construir las ALKs agrupando el total de los individuos muestreados, sin discriminar por sexo. En la Figura 7 se presenta la talla media, mediana y dispersión de los cuartiles de tallas por cada grupo de edad para el mero. De igual manera en la Figura 8 se presenta para el salmón de mar.

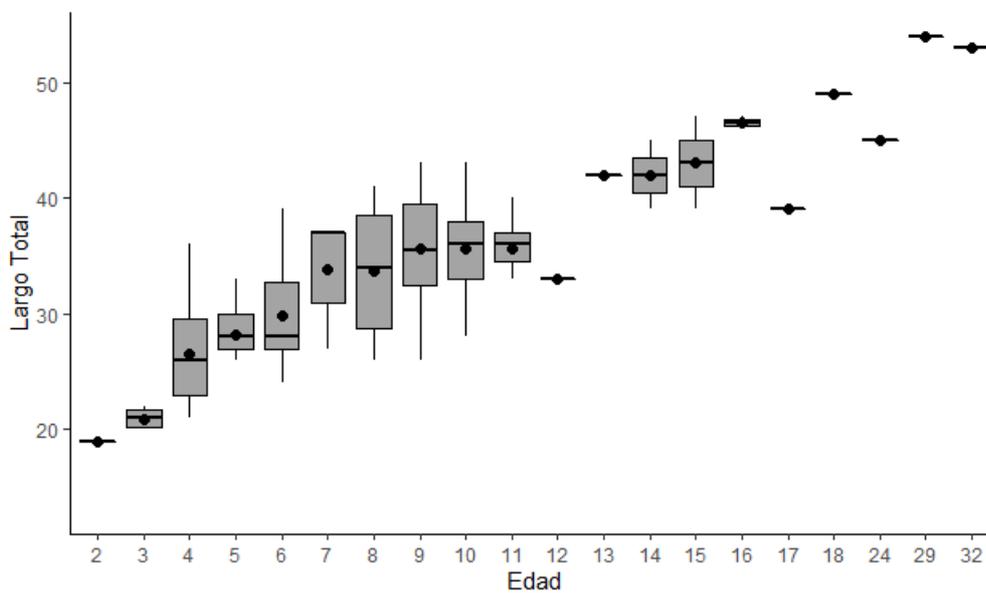


Figura 7: Box-plot Edad vs. Largo Total para *A. patachonicus*.

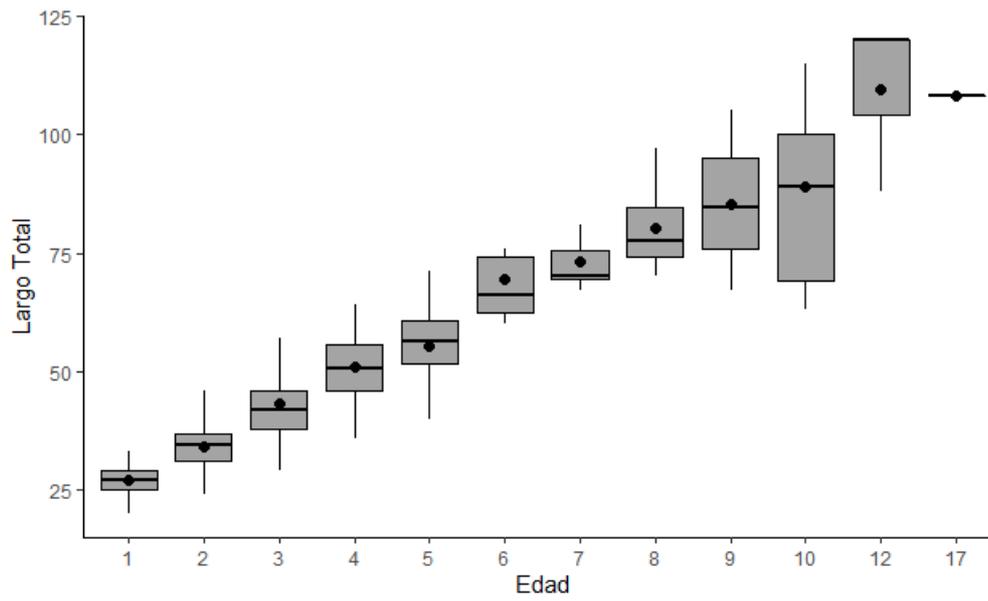


Figura 8: Box-plot Edad vs. Largo Total para *P. semifasciata*.

Las clave edad-talla observadas y modeladas para los individuos muestreados de ambas especies se presentan en las Tablas 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

Tabla 2: Clave edad-talla observada de *A. patachonicus*.

TALLA	EDAD																				Total	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	24	29	32		
13		1																				1
19	1																					1
20		1		2																		3
21		2	1																			3
22		1	1																			2
23			3																			3
24					1																	1
25					2					1												3
26			1	1	1		1	1														5
27				4	2	1																7
28		1	1	3	4		1		1													11
29			1	2			1	1														5
30			1	1	2			1														5
31			1	1		1			1													4
32					1		1	1	1													4
33				2	1					1	1											5
34					2				1	1	1											5
35									2	1	1											4
36			1	1				1	1	1	2											7
37						3		1	1	1	3											8
38					1		1	1	2													5
39					1								1	1		1						4
40								1	1	1	1											4
41							1	1														2
42								1		1		1										3
43								1	1					1								3
45													1					1				2
46															1							1
47														1	1							2
49																	1					1
53																					1	1
54																				1		1
Total	1	6	11	17	18	5	8	14	11	11	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	116

Tabla 3: Clave edad-talla ajustada de *A. patachonicus*.

TALLA	EDAD																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	24	29	32
13	0.275	0.690	0.022	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.230	0.710	0.036	0.017	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.188	0.713	0.056	0.029	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.148	0.690	0.086	0.049	0.024	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.111	0.637	0.125	0.080	0.042	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.078	0.551	0.171	0.121	0.069	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.051	0.440	0.216	0.170	0.104	0.004	0.006	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.030	0.324	0.250	0.219	0.143	0.006	0.010	0.005	0.005	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.017	0.219	0.267	0.260	0.183	0.009	0.016	0.009	0.009	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.009	0.139	0.266	0.289	0.217	0.013	0.022	0.014	0.013	0.010	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.004	0.083	0.251	0.303	0.245	0.018	0.031	0.022	0.020	0.016	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.002	0.047	0.227	0.304	0.264	0.024	0.040	0.031	0.028	0.023	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.001	0.026	0.198	0.295	0.275	0.030	0.050	0.043	0.038	0.031	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.000	0.014	0.167	0.278	0.278	0.037	0.062	0.057	0.050	0.042	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.000	0.007	0.138	0.254	0.272	0.045	0.073	0.075	0.064	0.055	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.000	0.004	0.110	0.226	0.260	0.052	0.084	0.094	0.080	0.071	0.013	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.002	0.085	0.195	0.241	0.058	0.095	0.116	0.097	0.088	0.014	0.000	0.001	0.001	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.001	0.064	0.164	0.217	0.064	0.104	0.139	0.115	0.106	0.014	0.001	0.001	0.002	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.047	0.134	0.191	0.069	0.110	0.162	0.132	0.124	0.014	0.001	0.002	0.003	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.000	0.000	0.034	0.107	0.163	0.071	0.114	0.184	0.148	0.142	0.013	0.002	0.004	0.006	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.024	0.083	0.136	0.073	0.116	0.204	0.162	0.159	0.012	0.003	0.006	0.009	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.000	0.000	0.016	0.063	0.111	0.072	0.114	0.221	0.173	0.173	0.011	0.005	0.010	0.014	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.011	0.047	0.089	0.070	0.111	0.234	0.181	0.185	0.010	0.007	0.015	0.022	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	0.007	0.034	0.070	0.067	0.105	0.243	0.185	0.194	0.009	0.011	0.022	0.033	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.005	0.025	0.053	0.063	0.097	0.247	0.186	0.199	0.008	0.016	0.033	0.049	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.003	0.017	0.040	0.057	0.088	0.245	0.182	0.199	0.006	0.023	0.047	0.070	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.002	0.012	0.029	0.051	0.078	0.237	0.174	0.194	0.005	0.033	0.066	0.099	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.001	0.008	0.021	0.043	0.067	0.223	0.161	0.183	0.004	0.045	0.090	0.134	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.000	0.000	0.001	0.005	0.014	0.036	0.055	0.202	0.143	0.167	0.003	0.059	0.118	0.177	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.029	0.044	0.176	0.123	0.147	0.002	0.074	0.149	0.223	0.001	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.022	0.033	0.145	0.100	0.122	0.002	0.089	0.178	0.267	0.011	0.016	0.004	0.003	0.000	0.000
44	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.014	0.021	0.100	0.068	0.085	0.001	0.089	0.178	0.267	0.091	0.012	0.036	0.034	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.006	0.031	0.021	0.026	0.000	0.040	0.080	0.120	0.333	0.004	0.166	0.166	0.000	0.000
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.003	0.000	0.006	0.012	0.018	0.407	0.000	0.258	0.274	0.007	0.007
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.303	0.000	0.244	0.275	0.088	0.086
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.000	0.081	0.097	0.374	0.368
49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.008	0.011	0.489	0.485
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.499	0.499
51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.498	0.502
52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.496	0.504
53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.494	0.506
54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.492	0.508

Tabla 4: Clave edad-talla observada de *P. semifasciata*.

TALLA	EDAD											Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12		17
20	1												1
22	1												1
24		1											1
25	1												1
26	1	1											2
27	1	1											2
28	1												1
29	1	3	1										5
30		2											2
31		2			1								3
33	2	5	2										9
34		2	1										3
35		4	2										6
36		2		1									3
37		3	2										5
38		3	3										6
39		1											1
40		2	4		1								7
41			2										2
42		1	5	1	1								8
43			2	3	1								6
44				2									2
45			4	1	1								6
46		1	3	3									7
47				3									3
48			2										2
49			1	3									4
50					2								2
51			1		1								2
52				2	1								3
53			1	2	1								4
54			2	1	2								5
55				3	1								4
56			2	1	3								6
57			1	2	4								7
58				2	1								3
59					2								2
60					1	3							4
62				1		1							2
63				1	3	1				1			6
64				2		2							4
65					2								2
66					1	1							2
67					1		1		1				3
68							1			1			2
69							1			1			2
70						1	3	1	1				6
71					1		1						2
72						1		1					2
73						1							1
74							1	2					3
75						1							1
76						2		2	2				6
77							1						1
79								2					2
81								1					1
83								1	1				2
86									1	1			2
88							1				1		2
89									1	1			2
90								1					1
94								1					1
97								1	1				2
99										1			1
100										1			1
102									1				1
103						1							1
105									1				1
108												1	1
112										1			1
115										1			1
120											2		2
Total	9	34	41	34	32	15	11	12	10	9	3	1	211

Tabla 5: Clave edad-talla ajustada de *P. semifasciata*.

TALLA	EDAD											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	17
10	0.987	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.983	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.977	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.968	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.957	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.942	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.923	0.077	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.897	0.102	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.865	0.134	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.823	0.173	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.773	0.222	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.712	0.279	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.643	0.344	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.566	0.413	0.020	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.486	0.483	0.030	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.405	0.550	0.043	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.328	0.608	0.060	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.258	0.653	0.082	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.198	0.682	0.109	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.148	0.695	0.142	0.014	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.108	0.691	0.179	0.020	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.077	0.670	0.221	0.028	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.053	0.635	0.266	0.039	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.036	0.589	0.314	0.052	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.024	0.533	0.361	0.069	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.016	0.471	0.406	0.089	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.010	0.407	0.446	0.112	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.006	0.343	0.479	0.137	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.004	0.283	0.502	0.165	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.002	0.229	0.516	0.194	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.001	0.181	0.520	0.224	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.001	0.141	0.513	0.253	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.000	0.107	0.498	0.281	0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.000	0.081	0.476	0.308	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.000	0.060	0.449	0.332	0.159	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.044	0.417	0.353	0.186	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.000	0.032	0.382	0.371	0.214	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.022	0.347	0.385	0.244	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.000	0.016	0.311	0.395	0.275	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.000	0.011	0.276	0.402	0.306	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.008	0.243	0.404	0.338	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.000	0.005	0.211	0.403	0.370	0.008	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
52	0.000	0.004	0.182	0.397	0.400	0.012	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.000	0.002	0.155	0.388	0.428	0.017	0.006	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
54	0.000	0.002	0.131	0.375	0.454	0.025	0.009	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000
55	0.000	0.001	0.109	0.357	0.475	0.036	0.013	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000
56	0.000	0.001	0.090	0.336	0.490	0.051	0.020	0.008	0.003	0.002	0.000	0.000
57	0.000	0.000	0.072	0.311	0.497	0.071	0.029	0.012	0.005	0.003	0.000	0.000
58	0.000	0.000	0.057	0.281	0.493	0.097	0.041	0.018	0.007	0.005	0.000	0.000
59	0.000	0.000	0.044	0.248	0.477	0.129	0.057	0.026	0.011	0.007	0.000	0.000
60	0.000	0.000	0.033	0.212	0.448	0.166	0.077	0.037	0.016	0.010	0.000	0.000
61	0.000	0.000	0.024	0.175	0.405	0.205	0.101	0.051	0.023	0.015	0.000	0.000
62	0.000	0.000	0.016	0.139	0.353	0.245	0.126	0.067	0.032	0.021	0.000	0.000
63	0.000	0.000	0.011	0.106	0.295	0.281	0.151	0.086	0.042	0.028	0.000	0.000
64	0.000	0.000	0.007	0.078	0.237	0.309	0.175	0.105	0.053	0.035	0.000	0.000
65	0.000	0.000	0.004	0.055	0.184	0.329	0.195	0.124	0.064	0.044	0.000	0.000
66	0.000	0.000	0.003	0.038	0.139	0.339	0.210	0.142	0.076	0.052	0.000	0.000
67	0.000	0.000	0.002	0.025	0.102	0.341	0.222	0.159	0.087	0.061	0.001	0.001
68	0.000	0.000	0.001	0.017	0.073	0.336	0.229	0.174	0.098	0.070	0.001	0.001
69	0.000	0.000	0.000	0.011	0.052	0.326	0.233	0.187	0.109	0.079	0.001	0.001

70	0.000	0.000	0.000	0.007	0.036	0.313	0.234	0.199	0.120	0.088	0.001	0.001
71	0.000	0.000	0.000	0.004	0.025	0.297	0.233	0.210	0.131	0.097	0.002	0.001
72	0.000	0.000	0.000	0.003	0.017	0.280	0.230	0.220	0.141	0.106	0.002	0.002
73	0.000	0.000	0.000	0.002	0.012	0.262	0.226	0.229	0.151	0.115	0.002	0.002
74	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.244	0.221	0.236	0.161	0.124	0.003	0.002
75	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.226	0.214	0.243	0.171	0.134	0.003	0.003
76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.208	0.207	0.249	0.180	0.143	0.004	0.003
77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.192	0.200	0.255	0.190	0.153	0.005	0.004
78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.176	0.192	0.259	0.199	0.163	0.006	0.004
79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.160	0.184	0.263	0.208	0.173	0.007	0.005
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.146	0.175	0.265	0.217	0.182	0.008	0.005
81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.132	0.167	0.268	0.226	0.192	0.009	0.006
82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	0.158	0.269	0.234	0.202	0.011	0.007
83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	0.149	0.269	0.241	0.211	0.012	0.008
84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.141	0.269	0.249	0.221	0.015	0.009
85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.087	0.133	0.268	0.255	0.230	0.017	0.010
86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.078	0.124	0.266	0.262	0.239	0.019	0.012
87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.116	0.264	0.267	0.247	0.023	0.013
88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.109	0.261	0.272	0.256	0.026	0.015
89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.101	0.257	0.277	0.264	0.030	0.016
90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.094	0.253	0.281	0.271	0.034	0.018
91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.087	0.248	0.284	0.278	0.039	0.020
92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.080	0.243	0.287	0.285	0.044	0.022
93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.074	0.238	0.289	0.291	0.050	0.025
94	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.068	0.232	0.290	0.296	0.057	0.027
95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.225	0.291	0.301	0.065	0.030
96	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.057	0.218	0.291	0.305	0.073	0.033
97	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.052	0.211	0.290	0.308	0.082	0.036
98	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.048	0.204	0.289	0.311	0.093	0.040
99	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043	0.196	0.286	0.313	0.104	0.043
100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.039	0.188	0.283	0.314	0.116	0.047
101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.035	0.180	0.279	0.314	0.129	0.051
102	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.032	0.172	0.275	0.313	0.143	0.055
103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.029	0.163	0.270	0.312	0.159	0.060
104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.026	0.155	0.264	0.309	0.176	0.064
105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.023	0.147	0.257	0.305	0.193	0.069
106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.020	0.138	0.250	0.301	0.212	0.074
107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018	0.130	0.242	0.296	0.232	0.079
108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.016	0.122	0.234	0.289	0.253	0.083
109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.014	0.113	0.225	0.282	0.275	0.088
110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.012	0.105	0.215	0.274	0.297	0.093
111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.098	0.206	0.266	0.321	0.098
112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.009	0.090	0.196	0.256	0.345	0.102
113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.083	0.186	0.246	0.369	0.107
114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.076	0.175	0.236	0.394	0.111
115	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.069	0.165	0.225	0.419	0.115
116	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.063	0.155	0.214	0.444	0.118
117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.057	0.145	0.203	0.468	0.122
118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.052	0.135	0.192	0.493	0.125
119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.047	0.125	0.181	0.517	0.127
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.042	0.116	0.170	0.540	0.129
121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.037	0.107	0.159	0.563	0.131
122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.033	0.098	0.148	0.585	0.133
123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.030	0.090	0.138	0.606	0.134
124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.026	0.083	0.128	0.627	0.135
125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.023	0.076	0.118	0.646	0.136
126	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.021	0.069	0.109	0.664	0.136
127	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.063	0.101	0.682	0.136
128	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.057	0.093	0.699	0.135
129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.014	0.051	0.085	0.714	0.135
130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.046	0.078	0.729	0.134

Con el fin de obtener comparaciones en las ALKs entre periodos, se estimó la distribución de tallas acumulada empírica para mero y salmón muestreados en la década del '90 y en la actualidad. En las Figuras 9 y 10 se puede observar que el rango de tallas para ambas especies fue relativamente similar en ambos periodos. No obstante, se encontraron diferencias significativas en la distribución de tallas, en base a la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para ambas especies entre periodos (test K-S, $p < 0,01$) para ambas especies.

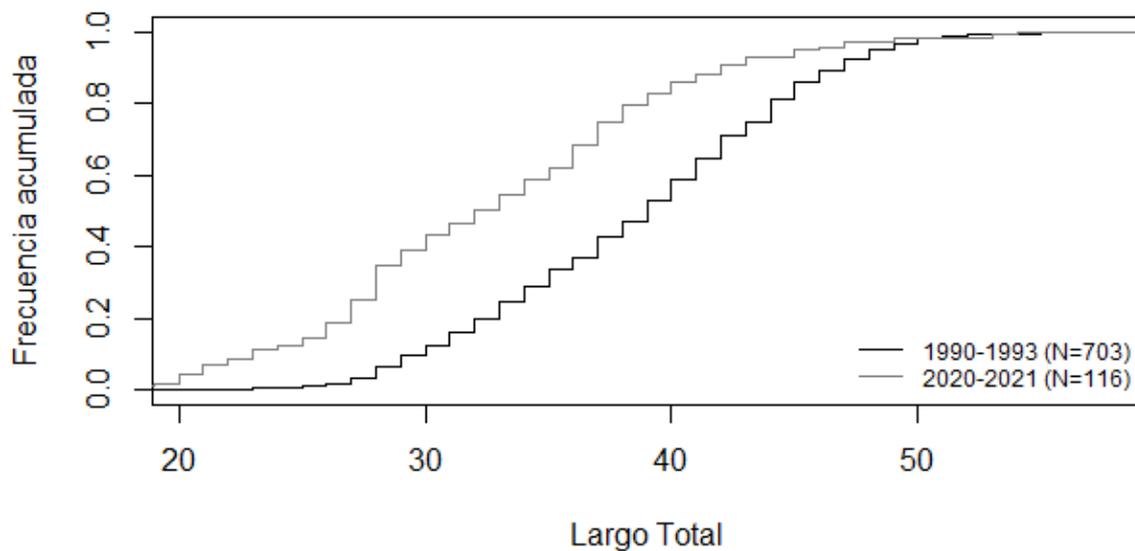


Figura 9: Frecuencia acumulada para el largo total en ambos periodos de *A. patachonicus*.

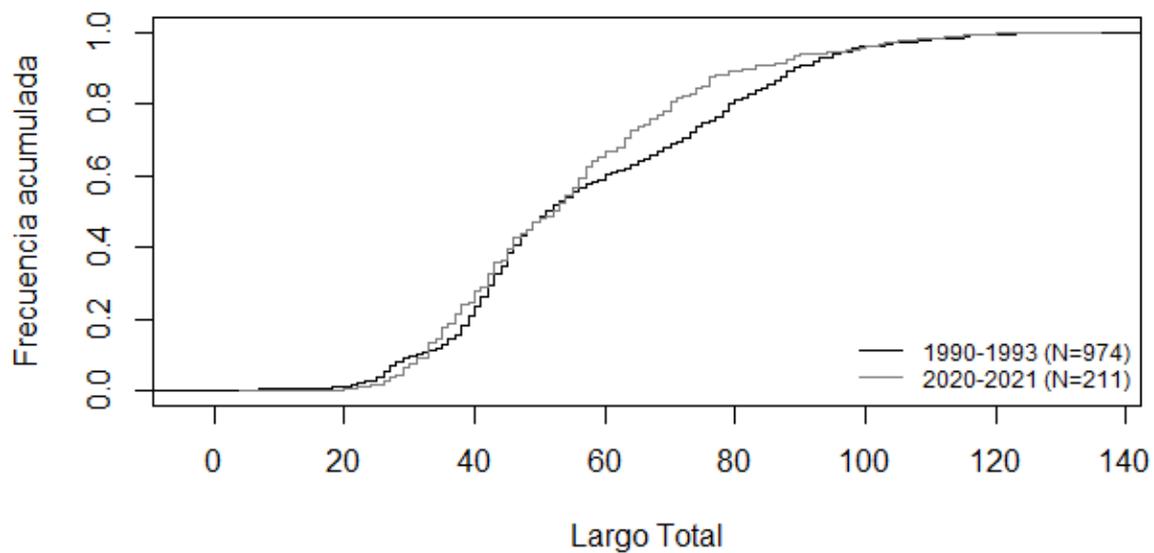


Figura 10: Frecuencia acumulada para el largo total en ambos periodos de *P. semifasciata*.

En la Figura 11 (A y B) se presentan las ALKs modeladas en formato gráfico, mostrando la proporción de edades por clase de talla para la población de la década del '90 y la actual para el mero. De igual manera se presentan para el salmón de mar en la Figura 12 (A y B).

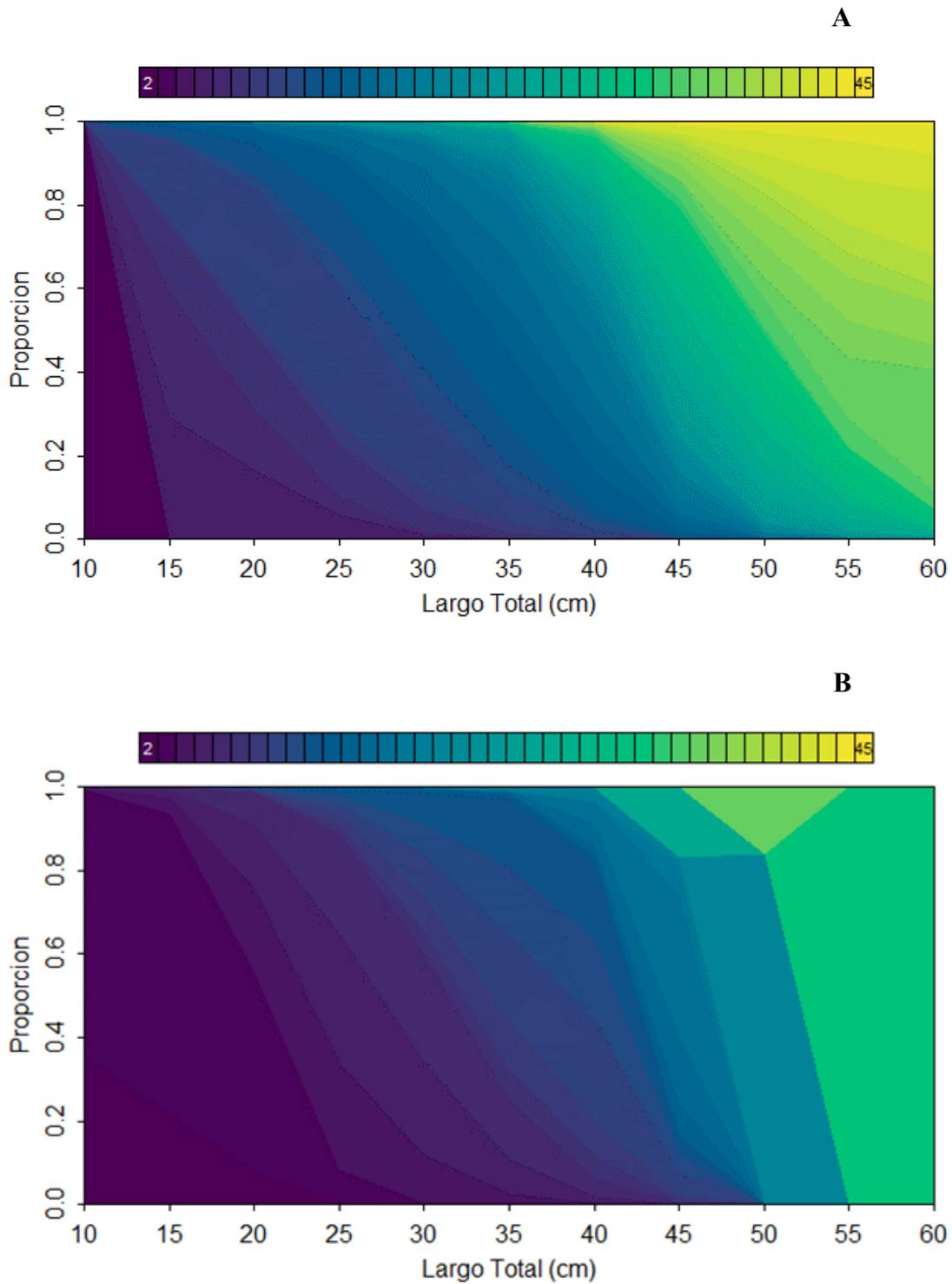


Figura 11: Proporciones de edad por talla de *A. patachonicus* para A) Muestra de los '90 y B). Muestra de este trabajo.

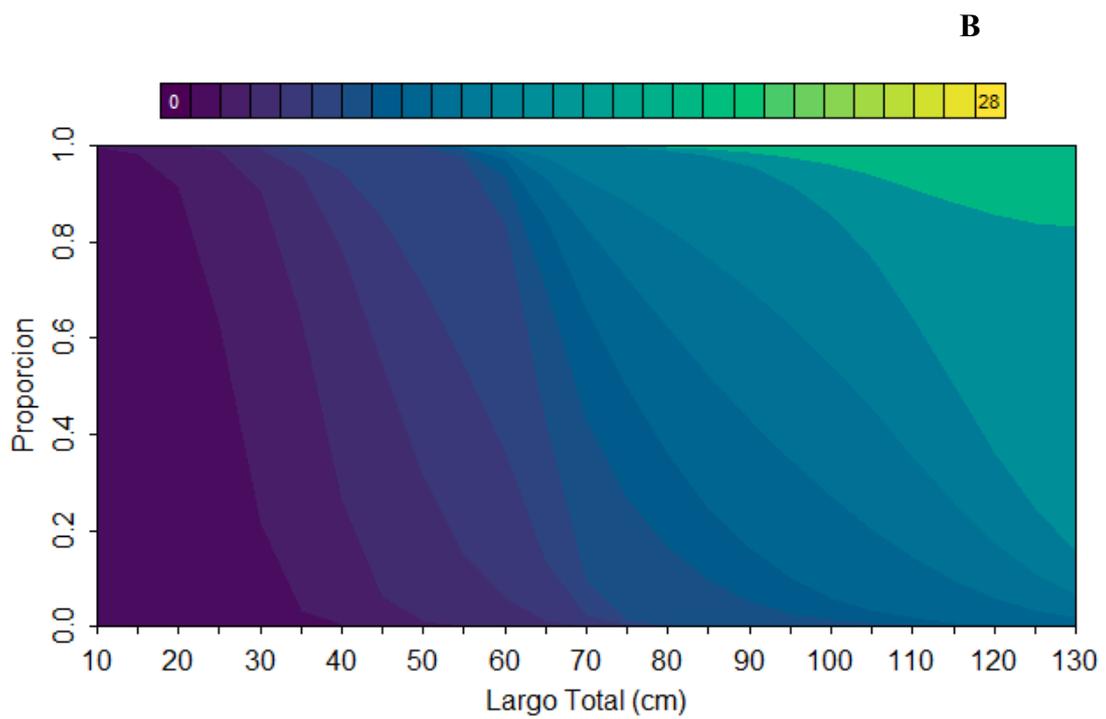
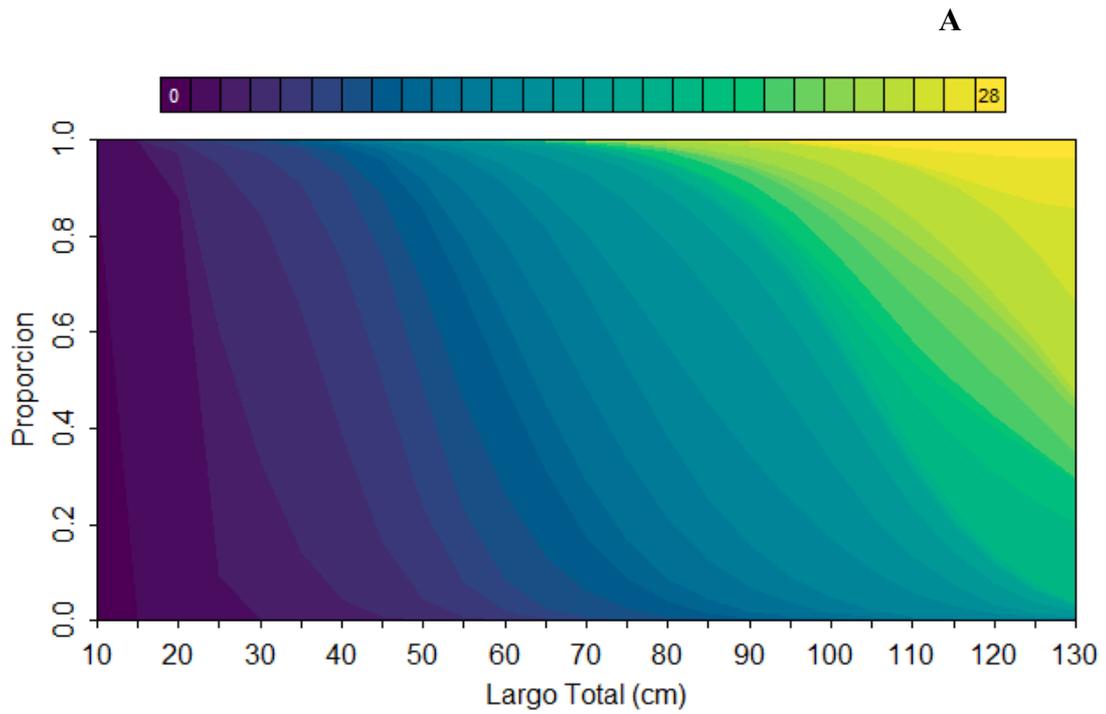


Figura 12: Proporciones de edad por talla de *P. semifasciata* para A) Muestra de los '90 y B) Muestra de este trabajo.

La comparación de las claves edad-talla obtenidas para diferentes periodos mostró la existencia de diferencias significativas tanto para mero (Tabla 6) como para salmón de mar (Tabla 7).

Tabla 6: Resultados del modelo multinomial comparando las claves edad-talla de ambos periodos para *A. patachonicus*.

Modelo	Df Residual	Dev Residual	Test	Df	LR stat.	Pr(chi)
LT	31863	4657164				
LT*Fecha	31785	4370406	1 vs 2	78	2867575	0

Tabla 7: Resultados del modelo multinomial comparando las claves edad-talla de ambos periodos para *P. semifasciata*.

Modelo	Df Residual	Dev Residual	Test	Df	LR stat.	Pr(chi)
LT	31941	4461706				
LT*Fecha	31887	4088975	1 vs 2	54	3727307	0

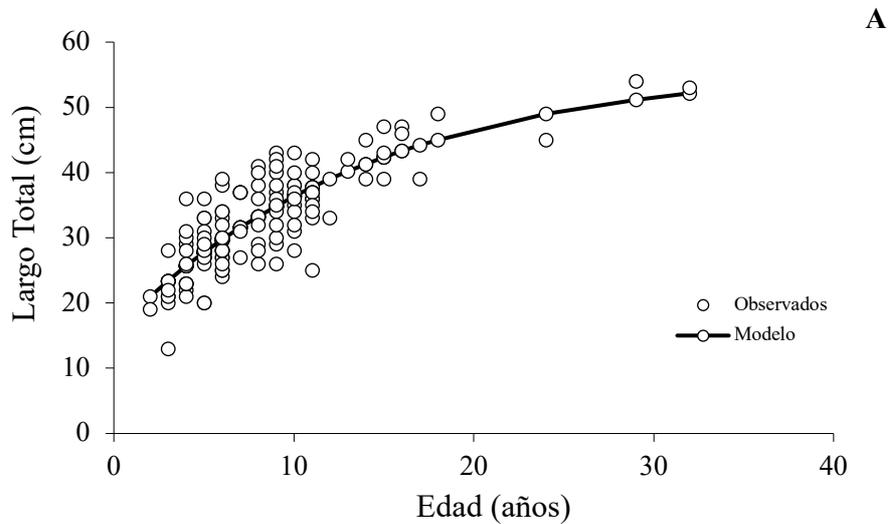
3.3 Modelos de crecimiento individual

Los parámetros estimados de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy según el modelo especial se presentan en la tabla 8 para ambas especies. En el caso del salmón de mar, dado que tienen diferencias en cuanto al crecimiento entre sexos (González et al. 2006), el modelo se ajustó por sexo, pero solo se presenta el modelo de las hembras, debido a que el modelo de crecimiento para machos no logró ajustar adecuadamente, entregando parámetros carentes de sentido biológico ($L_{\infty}=676\text{cm}$; $k=0,01$).

Tabla 8: Parámetros de crecimiento del Modelo Especial de von Bertalanffy estimados para *A. patachonicus* y *P. semifasciata*. Entre paréntesis se indica el error estándar.

Especie	Parámetros			
	L_{∞}	k	t_0	n
<i>A. patachonicus</i>	56,35(5,72)	0,071(0,020)	-4,54(1,52)	116
<i>P. semifasciata</i> (♀)	153,68(28,17)	0,077(0,19)	-1,46(0,40)	112

En la Figura 13 (A y B) se muestran los datos de edad y largo total (LT) observados y sus curvas de crecimiento ajustadas para mero (machos y hembras) y salmón de mar (hembras), respectivamente.



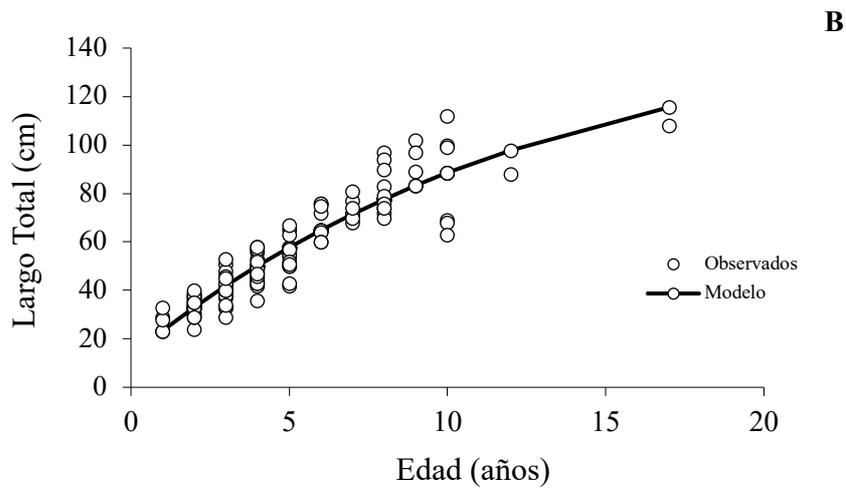
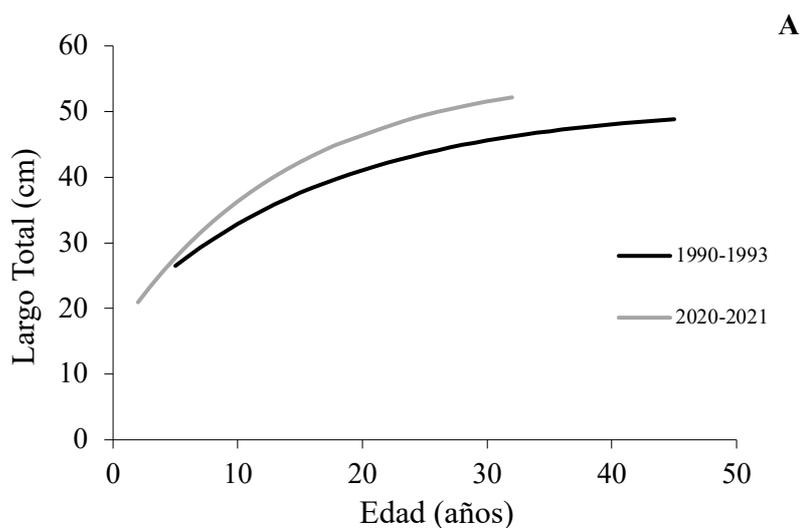


Figura 13: Datos del largo y edad observados y curva de crecimiento ajustada para A) *A. patachonicus* (machos y hembras) y B) *P. semifasciata* (hembras).

Con el fin de poder realizar comparaciones de los parámetros de crecimiento entre ambos periodos, se ajustaron curvas de crecimiento tanto para los datos actuales como para los datos tomados en la década del '90. En la Figura 14 (A y B) se muestran las curvas de crecimiento ajustadas por periodo para mero y salmón de mar, respectivamente.



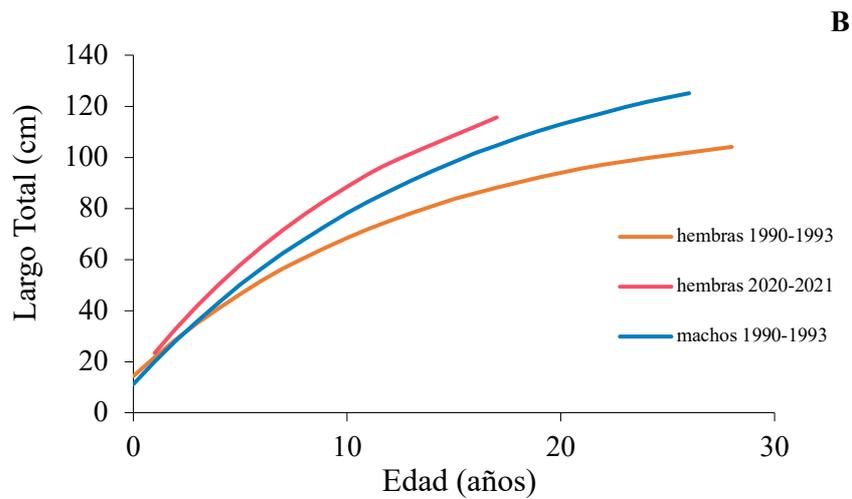


Figura 14: Curvas de crecimiento ajustadas de los dos periodos para A) *A. patachonicus* y B) *P. semifasciata*.

En la Tabla 9 se resumen los resultados para las distintas pruebas de hipótesis con sus correspondientes cocientes de verosimilitudes mostrando diferencias significativas en las hipótesis Ho4, Ho5 y Ho6 para el mero. En el caso del salmón de mar se optó por no realizar comparaciones estadísticas debido a que en el caso de las hembras no se contó con una muestra suficientemente grande.

Tabla 9: Resultados de las pruebas de hipótesis de igualdad de los parámetros de crecimiento entre periodos para *A. patachonicus*. Los recuadros sombreados denotan las pruebas de hipótesis de cada caso.

90-93 versus 20-21							
TEST	H1	Ho1	Ho2	Ho3	Ho4	Ho5	Ho6
Parámetros	-	L_{∞}	k	to	L_{∞} , k, to	L_{∞} , k	L_{∞} , to
L_{∞} 20-21	56,3464	51,63	59,17	61,42	51,51	50,07	49,70
L infinito 90-93	51,0292	51,63	50,74	50,20	51,51	50,07	49,70
k 20-21	0,0712	0,0910	0,0620	0,0549	0,0564	0,0688	0,0855
k 90-93	0,0603	0,0572	0,0620	0,0659	0,0564	0,0688	0,0716
to 20-21	-4,54	-3,48	-5,24	-6,08	-8,45	-7,40	-4,93
to 90-93	-7,15	-7,72	-6,83	-6,08	-8,45	-5,40	-4,93
SSq	14441,7	14461,07	14446,38	14464,27	15217,50	14799,87	14604,10
2 Ln (V)	-2349,6	-2350,6	-2349,8	-2350,8	-2384,7	-2367,0	-2358,0
X = -2 ln (L)		1,00	0,24	1,20	35,08	17,39	8,42
gl		1	1	1	3	2	2
Chi cuadr. (0,05; gl)		3,84	3,84	3,84	7,81	5,99	5,99
Probabilidad		0,3171659	0,6229619	0,2732456	0,0000001	0,0001678	0,0148139

4. DISCUSION

En el presente estudio se analizaron la estructura de tallas y edades de capturas comerciales de mero *A. patachonicus* y salmón de mar *P. semifasciata* en el Golfo San Matías. El rango de tallas observado para mero y salmón fue similar a los obtenidos en estudios previos (González 1998, Rubinich 2000). Sin embargo, las distribuciones de tallas analizadas para ambas especies estuvieron representadas mayoritariamente por individuos de longitudes menores, con valores medios de 32,7 cm para el mero y 54,9 cm para el salmón.

Se determinó la edad de ambas especies a partir de la lectura de los anillos del otolito *sagitta* debido a que este posee una serie de ventajas respecto a otras estructuras, tales como la

fácil extracción ya sea por su tamaño y localización, sencilla manipulación y posterior lectura. Las edades máximas registradas en este estudio fueron de 32 años para el mero y 17 para el salmón de mar, notoriamente inferiores que las registradas en la década de los '90 (González 1998, Rubinich 2000), siendo estas de 45 y de 28 para ambas especies, respectivamente.

En contraste con lo reportado por San Román (1980) y Rubinich (2000) para el mero, se registró una alta representatividad de individuos menores a los 9 años correspondiendo al 56% del total de los ejemplares muestreados. La moda observada por Rubinich (2000) para el Golfo San Matías osciló entre 12 y 15 años, mientras que la moda para el presente periodo osciló entre los 5 y 7 años. De igual manera para el salmón de mar, dada la frecuencia de edades mucho menores en las muestras actuales que las procesadas en la década del '90, se observó una representatividad del 56% de individuos menores a 5 años, mientras que en la década del '90 para alcanzar una representatividad del 58% se deberían incluir los individuos menores a 8 años. La moda observada por González (1998) osciló entre 3 a 5 años, mientras que en el presente trabajo varió entre 2 y 4 años.

Los resultados obtenidos en este estudio respecto de la estructura demográfica de las capturas mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con los datos obtenidos aproximadamente 30 años atrás. No obstante, estos resultados deben ser interpretados teniendo en cuenta algunos factores que podrían estar causando esas diferencias, los cuales se relacionan con el alcance del presente estudio en términos de la extensión del periodo de muestreo y su cobertura espacial. Esto se debió en gran medida al contexto en la cual se realizaron los muestreos, afectados por las restricciones impuestas durante la pandemia por COVID-19.

Con respecto a esto, se debe considerar que las muestras de las capturas analizadas en el presente estudio podrían estar sesgadas respecto de la base de comparación de los años 90,

sesgo que podría estar causado por la numerosidad de las muestras y el origen (distribución espacial) de las mismas. En este sentido se debe considerar que, a principios de los años 90, la flota arrastrera operaba en un dominio espacial del caladero de arrastre del GSM mucho más amplio que el utilizado en los últimos años (González 1998, 2006, Flórez et al. 2022), por lo cual las muestras obtenidas en esos años (1990-1993) incluyeron una representación más amplia en términos de grupos de edad y áreas de distribución del stock. Cabe destacar además que ambas especies presentan procesos reproductivos caracterizados por una marcada estacionalidad y comportamientos de agregación (González 1998, Venerus et al. 2005, 2013) lo cual sin duda debe afectar la composición etaria de las capturas de los buques arrastreros y por ende la representatividad de las muestras, siempre que las mismas no incorporen esa variabilidad espaciotemporal. Esto implica un cambio en la asignación espacial del esfuerzo de pesca, el cual, para estas dos especies cuya distribución espacial se asocia a fondos rocosos, podría haber afectado la representatividad de las muestras.

Teniendo en cuenta los sesgos asociados con la distribución de edades y tallas de la muestra, se construyeron claves edad-talla para cada una de las especies. Las mismas presentaron diferencias significativas tanto para el mero como para el salmón de mar, en comparación con las construidas para la década del 90. Esto significa que la distribución de tallas para cada clase de edad es estadísticamente diferente entre periodos, observándose que las tallas medias para cada grupo de edad resultaron mayores que las reportadas en la década del 90 (González 1998, Rubinich 2000). Este resultado resulta a primera vista contradictorio con la hipótesis de trabajo planteada, ya que para una clave de edad-talla derivada de muestras de un stock de peces afectado por la presión pesquera, lo esperable sería observar una reducción en la talla media para cada grupo de edad (Sparre y Venema 1997). Sin embargo, una explicación es que este resultado se debería también a un tipo particular de sesgo, en este caso

derivado de una subestimación de la edad en la lectura de los otolitos. Debido a que el modelo de crecimiento individual para machos del salmón no pudo estimarse correctamente, ya que el L_{∞} obtenido al realizar el ajuste resultó ser mucho mayor al largo total que puede alcanzar la especie naturalmente, se optó por realizar solo el de hembras y no realizar comparaciones estadísticas con la población de los 90. Este resultado debe atribuirse a que no se obtuvieron suficientes individuos cercanos a la talla máxima que genere una asíntota en la curva de crecimiento, característica de las especies ícticas. El modelo para hembras entregó parámetros esperados, con largo infinito por encima de lo observado para la especie previamente (González 1998). No obstante, las diferencias en ese parámetro son esperables en función de que en este estudio no se contó con una adecuada representatividad de las clases de edad mayores.

Con respecto al modelo de crecimiento individual del mero, éste entregó parámetros con valores dentro de lo esperado para esta especie y fueron significativamente diferentes a los obtenidos en la década del '90, mostrando un mayor valor del largo infinito y de la constante catabólica. En resumen, las diferencias observadas en los parámetros de crecimiento para ambas especies, como así también las diferencias en las clave edad-talla, podrían deberse a un artefacto de los modelos derivado de la naturaleza de los datos y, en este caso particular, a una posible subestimación en la asignación de la edad.

Más allá de las limitaciones en el número de muestras en el presente estudio y de las consideraciones expuestas respecto de la representatividad espaciotemporal de las muestras, corresponde comentar que, a nivel global, se han observado cambios en los parámetros de crecimiento en algunas poblaciones de peces sometidos a explotación pesquera, como por ejemplo, en el lucio americano *Esox americanus* (Matsumura et al. 2011) o en el salmón Chinook de América del Norte *Oncorhynchus tshawytscha* (Ohlberger et al. 2018). Esta variación en el crecimiento fue atribuida, en ciertos casos, a un crecimiento más rápido, donde

los individuos pueden madurar antes y así tener una mayor probabilidad de reproducirse antes de ser capturados (Andersen y Brander 2009, Dunlop et al. 2009, Eikeset et al. 2016). La presión pesquera puede generar además cambios en la historia de vida, morfología, fisiología y comportamiento de los peces (Conover y Munch 2002, Uusi-Heikkilä et al. 2008).

Sumado a la pesca, hay otros factores que pueden generar cambios evolutivos en los parámetros poblacionales a lo largo del tiempo, sobre todo en el crecimiento individual (Hilborn y Minto-Vera 2008), tales como factores ambientales o ecológicos. El principal factor ambiental que tiene la capacidad de modificar el crecimiento individual es la temperatura, ya sea directamente, por cambios en el metabolismo, aptitud individual, duración de la temporada de crecimiento o indirectamente por la disponibilidad de alimentos (Brander 1995; Neuheimer y Grønkjær 2012). Los factores ecológicos suelen estar relacionados con modificaciones en las tramas tróficas a partir de cambios en la abundancia de ciertas presas o predadores que pueden tener consecuencias sobre la tasa de crecimiento de la población (Denechaud et al. 2020). Todo lo anteriormente mencionado debe pensarse, a su vez, en un contexto de cambio climático global al cual están sometidos los organismos marinos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio y considerando que los mismos podrían estar sesgados por las limitaciones antes discutidas con relación a las muestras y la asignación de las edades, a futuro se espera ampliar el número de muestras para lograr una cobertura espacio-temporal adecuada y así explorar posibles vínculos con factores tales como la presión pesquera y el ambiente que permitan detectar posibles cambios. Finalmente, es importante destacar que para lograr una efectiva implementación de un enfoque ecosistémico en la investigación pesquera, resulta necesario incorporar aspectos relacionados con la vulnerabilidad de las poblaciones a la variabilidad ambiental y sus efectos sobre los parámetros de la historia de vida y dinámica poblacional. (Brander 2007, Perry et al. 2010, Audzijonyte et

al. 2013, Newman et al. 2016). Estas cuestiones suelen ser ignoradas en gran medida en los enfoques tradicionales de la gestión de las pesquerías en el mundo, que asume tácitamente que las poblaciones explotadas siempre mantienen sus tasas inherentes de productividad y tienden a volver a sus niveles de abundancia (Berkeley et al. 2004). Una adecuada gestión de los recursos pesqueros debería tender a recuperar a las poblaciones explotadas a su equilibrio natural promoviendo la resiliencia y estabilidad de las mismas.

5. BIBLIOGRAFÍA

Agardy T, Vignati F, Gómez-García R (2017) Beneficios de los océanos: Biocomercio azul y los servicios ecosistémicos latinoamericanos. *Revista de Biocomercio*

Allendorf FW, Hard JJ (2009) Human-induced evolution caused by unnatural selection through harvest of wild animals. *Proceedings of the National Academic of Science USA* 106:9987–9994

Andersen KH, Brander K (2009) Expected rate of fisheries-induced evolution is slow. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (28):11657-11660

Armstrong CW, Falk-Petersen J (2008) Habitat–fisheries interactions: a missing link?. *ICES Journal of Marine Science/Journal du Conseil* 65 (6): 817-821

Aubone A, Wöhler OC (2000) Aplicación del método de máxima verosimilitud a la estimación de parámetros y comparación de curvas de crecimiento de von Bertalanffy. *INIDEP Informe Técnico* 37 21 pp

Audzijonyte A, Kuparinen A, Gorton R, Fulton EA (2013) Ecological consequences of body size decline in harvested fish species: positive feedback loops in trophic interactions amplify human impact. *Biology letters* 9 (2):20121103

Balech E, Ehrlich MD (2008) Esquema biogeográfico del Mar Argentino. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 19. p. 45-75

Berkeley SA, Hixon MA, Larson RJ, Love MS (2004) Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. *Fisheries* 29 (8):23-32

Beverton RJH, Holt SJ (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Chapman and Hall, London

Beverton RJH, Holt SJ (1966) On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations, London, Series 2 (19)533 p.

Brander KM (1995) The effect of temperature on growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). ICES Journal of Marine Science 52 (1):1–10

Brander KM (2007) Global fish production and climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 104:19709–19714

Buratti C, Díaz de Astarloa JM, Falabella V, Hüne M, Irigoyen A, Landaeta M, Linardich C, Riestra C, Vieira J, Campagna C (2020) Informe del Taller Regional de Evaluación del Estado de Conservación de Especies para el Mar Patagónico según criterios de la Lista Roja de UICN: Peces óseos. Foro para la Conservación del Mar Patagónico y áreas de influencia. 117 pp.

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

Cerrato RM (1990) Interpretable statistical test of growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47 (7):1416-1426

Coggins Jr LG, Gwinn DC, Allen MS (2013) Evaluation of age–length key sample sizes required to estimate fish total mortality and growth. Transactions of the American Fisheries Society 142:832-840

Conover DO, Munch SB (2002) Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. *Science* 297:94–96

Cotrina CP, Lasta CA (1986) Estudio preliminar de la determinación de edad en corvina (*Micropogonias furnieri*). Publicación Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo 1 (2):311-318 pp

Davies RWD, Cripps SJ, Nickson A, Porter G (2009) Defining and estimating global marine fisheries bycatch. *Marine Policy* 33 (4):661-672

Di Giacomo EE, Calvo J, Perier MR, Morriconi E (1993) Spawning aggregations of *Merluccius hubbsi*, in Patagonian waters: evidence for a single stock? *Fisheries Research* 16 (1): 9-16

Denechaud C, Smoliński S, Geffen AJ, Godiksen JA, Campana SE (2020) A century of fish growth in relation to climate change, population dynamics and exploitation. *Global Change Biology* 26 (10):5661-5678

Du Pontavice H, Randon M, Lehuta S, Vermard Y, Savina-Rolland M (2018) Investigating spatial heterogeneity of von Bertalanffy growth parameters to inform the stock structuration of common sole, *Solea solea*, in the Eastern English Channel. *Fisheries Research* 207:28-36

Dunlop ES, Heino M, Dieckmann U (2009) Eco-genetic modeling of contemporary lifehistory evolution. *Ecological Application* 19 (7):1815–1834

Eikeset AM, Dunlop ES, Heino M, Storvik G, Stenseth NC, Dieckmann U (2016) Roles of density-dependent growth and life history evolution in accounting for fisheries-induced trait changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (52):15030-15035

Elías I, Rajoy C (1992) Hábitos alimenticios del salmón de mar *Pseudoperca semifasciata* (Cuvier, 1829): Pinguipedidae, en aguas norpatagónicas argentinas. *Revista de Biología Marina* 27:133-146

FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome

Forciniti L, Perrotta RG (1988) Sobre la edad y el crecimiento de la caballa (*Scomber japonicus*) del área marplatense. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* (8):19-32 pp

Florez L, Romero MA, Ocampo Reinaldo M, Svendsen G (2022) Análisis de patrones temporales y espaciales de la actividad pesquera industrial del Golfo San Matías. Informes científico-técnicos del Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos “Almirante Storni” N° 20 (UNCo-CONICET-PRN INIDEP) 11 pp

Freese L, Auster PJ, Heifetz J, Wing BL (1999) Effects of trawling on seafloor habitat and associated invertebrate taxa in the Gulf of Alaska. *Marine Ecology Progress Series* 182:119-126

Ford DF, Plants-Paris ED, Ford NB (2020) Comparison of louisiana pigtoe (*Pleurobema riddellii*, Mollusca, Unionidae) growth at three different locations in the Neches River Basin of East Texas. *Hydrobiologia* 847 (9):2021-2033

Gagliardini DA, Rivas AL (2004) Environmental characteristics of San Matías Gulf obtained from LANDSAT-TM and ETM+ data. *Gayana (Concepción)* 68 (2):186-193

Gerritsen HD, McGrath D, Lordan C (2006) A simple method for comparing age-length keys reveals significant regional differences within a single stock of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *ICES Journal of Marine Science* 63 (6):1096-1100

Giussi AR (1996) Descripción del otolito de la Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Pisces: Merlucciidae) y su utilización en la determinación de la edad. Mar del Plata, Revista Argentina, INIDEP 1-13 pp

González R (1998) Biología y explotación pesquera del salmón de mar *Pseudoperca semifasciata* (Cuvier, 1829) (Pinguipedidae) en el Golfo San Matías, Patagonia. Tesis Doctoral. Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. 135 pp.

González R (2006) Age and growth of the Argentine Sandperch *Pseudoperca semifasciata* (Cuvier 1829) in the San Matías Gulf (Patagonia Argentina). Fisheries Research 79:120-128

González R, Osovnikar P, Ocampo Reinaldo M, Gagliardini D, Williams G, Narvarte M, Cúrtolo L (2006) Caracterización biológica del stock reproductivo de merluza común *Merluccius hubbsi* del Golfo San Matías y condiciones ambientales en la zona de desove en octubre de 2005. VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar y XIV Coloquio de Oceanografía. Puerto Madryn. Argentina

González RA, Narvarte MA, Verona C (2010) Principios, lineamientos generales y procedimientos para la elaboración, adopción, implementación, evaluación y revisión de los Planes de Manejo Ecosistémico para la pesca marítima de captura en el Golfo San Matías. ECOPEs (Iniciativa para un Ecosistema Pesquero Sustentable) Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni. Universidad Nacional del Comahue 170 p

Harris JE, Newlon C, Howell PJ, Koch RC, Haeseker SL (2018) Modelling individual variability in growth of bull trout in the Walla Walla River Basin using a hierarchical von Bertalanffy growth model. Ecology of Freshwater Fish 27 (1):103-115

Hilborn R, Minto-Vera CV (2008) Fisheries-induced changes in growth rates in marine fisheries: are they significant? Bulletin of Marine Science 83 (1):95-105

Hilborn R, Amoroso RO, Anderson CM, Baum JK, Branch TA, et al. (2020) Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (4):2218-2224

Hutchings JA, Reynolds JD (2004) Marine fish population collapses: consequences for recovery and extinction risk. *BioScience* 54:297–309

Isermann DA, Knight CT (2005) A computer program for age–length keys incorporating age assignment to individual fish. *North American Journal of Fisheries Management* 25 (3):1153-1160

Jeres P, Romero MA, González R (2018) Evaluación de la estructura del ensamble de peces de un arrecife costero norpatagónico sometido a diversos impactos antrópicos. *Ecología Austral* 28:325-338

Kaiser MJ, Spencer BE (1995) Survival of by-catch from a beam trawl. *Marine Ecology Progress Series* 126:31-38

Ketchen KS (1950) Stratified subsampling for determining age distributions. *Transactions of the American Fisheries Society* 79:205–212

Kimura DK (1977) Statistical assessment of the age–length key. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34:317–324

Kimura DK (1980) Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery bulletin* 77 (4):765-776

Knigth W (1980) Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 25 (6):1303-1307

Law R (2000) Fishing, selection, and phenotypic evolution. *ICES Journal of Marine Science* 57:659–668

López S, Macchi GJ, Militelli MI (2020) Spawning and reproductive potential of *Pseudoperca semifasciata* (Cuvier, 1829) (Osteichthyes: Pinguipedidae) in coastal waters off Buenos Aires Province (Argentina). *Journal of Marine Systems* 205:103315

López-Rocha JA, Melo FJFR, Gastélum-Nava E, Larios-Castro E, Romo-Piñera A (2018) Morphometric relationship, growth parameters, and natural mortality as estimated primary inputs for fishery management in newfishing areas for bivalve molluscs (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Shellfish Research* 37 (3):591-600

Lucas AJ, Guerrero RA, Mianzan HW, Acha EM, Lasta CA (2005). Coastal oceanographic regimes of the northern Argentine continental shelf (34–43S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65 (3):405-420

Matsumura S, Arlinghaus R, Dieckmann U (2011) Assessing evolutionary consequences of size-selective recreational fishing on multiple life-history traits, with an application to northern pike (*Esox lucius*). *Evolutionary Ecology* 25 (3)711-735

Myers RA, Worm B (2003) Rapid world-wide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423:280-283

Methot Jr RD, Wetzel CR (2013) Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research* 142:86-99

Norbis W (1992) Crecimiento y mortalidad del papamoscas (*Cheilodactylus bergi*) en la zona común de pesca argentino-uruguaya. *Frente Marítimo* 12 (Sec. A):57-70 pp

Neuheimer AB, Grønkjær P (2012) Climate effects on size-at-age: Growth in warming waters compensates for earlier maturity in an exploited marine fish. *Global Change Biology* 18 (6):1812–1822

Newman SJ, Willams AJ, Wakefield CB, Nicol SJ, Taylor BM, O'Malley JM (2016) Review of the life history characteristics, ecology and fisheries for deep-water tropical demersal fish in the indo- Pacific region. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 26:537–562

Ocampo Reinaldo M (2010) Evaluación pesquera integral de la merluza común (*Merluccius hubbsi* Marini, 1933) del Golfo San Matías y efectos de la explotación de esta especie sobre otros componentes de la trama trófica. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. 156 pp

Ogle DH (2016)a Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.10

Ogle DH (2016)b Introductory fisheries analyses with R. CRC Press, Boca Raton, Florida

Ogle DH, Isermann DA (2017) Estimating age at a specified length from the von Bertalanffy growth function. *North American Journal of Fisheries Management* 37 (5):1176-1180

Ohlberger J, Ward EJ, Schindler DE, Lewis B (2018) Demographic changes in Chinook salmon across the Northeast Pacific Ocean. *Fish and Fisheries* 19 (3):533-546

Osovník P, Ocampo Reinaldo M (2005) Campaña de Prospección de la Zona de Veda ubicada al norte del paralelo 41° 30' S del Golfo San Matías - Octubre de 2005 – Resultados de los muestreos realizados por el Programa de Observadores Pesqueros. Informe Técnico IBMP “Almirante Storni” 25/05. 16 pp

Otero HO (1977) Edad y crecimiento de la merluza (*Merluccius hubbsi*). *Physis* 36 (92):41-58 pp

Pauly D (1981) The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of the von Bertalanffy's growth theory of growth. *Meeresforsch* 28 (4):251-282 pp

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F (1998) Fishing down marine foodwebs. *Science* 279:860–863

Pauly D, Christensen V, Guénette S, Pitcher TJ, Sumaila RU, Walters CJ, Watson R, Zeller D (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418:689–695

Pauly D (2019) Vanishing fish: shifting baselines and the future of global fisheries. Greystone Books Ltd

Perry RI, Cury P, Brander K, Jennings S, Möllmann C, Planque B (2010) Sensitivity of marine systems to climate and fishing: concepts, issues and management responses. *Journal of Marine Systems* 79 (3-4):427-435

Piola AR, Scasso LM (1988) Circulación en el golfo San Matías. *Geoacta* 15 (1):33-51

Prato E, Biandolino F, Parlapiano I, Papa L, Denti G, Fanelli G (2020) Estimation of growth parameters of the black scallop *Mimachlamys varia* in the gulf of Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Water (Switzerland)* 12 (12):3342

Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 191: 382 pp

Rivas AL, Beier EJ (1990) Temperature and salinity fields in the north Patagonian gulfs. *Oceanologica Acta* 13 (1):15-20

Roff DA (1980) A motion for the retirement of the von Bertalanffy function. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37 (1):127-129

Rojo AL, Silvosa JM (1969) Estudio biológico de la merluza (*Merluccius hubbsi*) del sector patagónico. In: Campaña exploratoria SUR-I. Patagonia. Sección 152 Biológica. Serie Informes Técnicos. Publicación 18. Proyecto de Desarrollo Pesquero. FAO

Romero MA (2011) Rol de los mamíferos marinos en el contexto de la trama trófica del ecosistema del Golfo San Matías e interacciones con las pesquerías de especies demersales. Tesis Doctoral. Bariloche, Universidad Nacional del Comahue. 210 pp.

Rojo AL, Silvosa JM (1970) La merluza de los golfos San Matías. In: Nuevo y de la plataforma adyacente. Campaña merluza 70-I. Serie Informes Técnicos. Publicación 24. Proyecto de Desarrollo Pesquero. FAO

Rubinich JP (2000) Edad y crecimiento del mero *Acanthistius brasiliensis* en el Golfo San Matías. Tesis de Licenciatura. Puerto Madryn, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. 44 pp.

Ruiz NS (2017) Estudio morfométrico del otolito *Sagitta* de cuatro especies demersales del golfo San Matías. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue

Sadovy Y, Cheung WL (2003) Near extinction of a highly fecund fish: trouble among the croakers. Fish and Fisheries 4:86–99

San Román NA (1980) Biología, distribución y crecimiento de *Acanthistius brasiliensis* (Valenciennes, 1826) Jordan and Eigenman 1896. Seminario de Licenciatura, Facultad. Biología, Universidad Hamburgo

Sardella N, Timi J (2004) Parasites of Argentine hake in the Argentine Sea: population and infra community structure as evidence for host stock discrimination. *Journal of Fish Biology* 65:1472–1488

Sparre P, Venema SC (1997) Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper. N° 306/1, Rev. 2. Rome, 459 p.

Steffensen KD, Powell LA, Pegg MA (2012) Population size of hatchery- reared and wild pallid sturgeon in the lower Missouri River. *North American Journal of Fisheries Management* 32:159–166

Steneck RS, Pauly D (2019) Fishing through the Anthropocene. *Current Biology*, 29 (19):R987-R992

Taylor CC (1962) Growth equation whit metabolic parameters. *ICES Journal of Marine Science* 27(3):270-286

Tonini M, Palma E, Rivas A (2007) Simulación numérica de la circulación y frentes térmicos en los golfos norpatagónicos. *Mecánica Computacional* 26:3757–3768

Uusi-Heikkilä S, Wolter C, Klefoth T, Arlinghaus R (2008) A behavioral perspective on fishing-induced evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 23 (8):419-421

Vahabnezhad A, Taghavimotlagh SA, Salarpouri A (2020) Estimation of growth parameters and mortality rate of *Upeneus sulphureus* (Cuvier, 1829) in the Persian Gulf ecosystem. *Survey in Fisheries Sciences* 7 (1):69-81

Venerus LA, Machinandiarena L, Ehrlich MD, Parma AM (2005) Early life history of the Argentine sandperch *Pseudoperca semifasciata* (Pinguipedidae) off northern Patagonia. *Fishery Bulletin* 103:195-206

Venerus LA, Irigoyen AJ, Galván DE, Parma AM (2013) Spatial dynamics of the Argentine sandperch, *Pseudoperca semifasciata* (Pinguipedidae), in temperate rocky reefs from northern Patagonia, Argentina. *Marine and Freshwater Research* 65 (1)39-49

Vilela MJA, Castello JP (1991) Estudio de la edad y del crecimiento del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) en la región sur y sudeste de Brasil. *Frente Marítimo* 9 (Sec. A):29-35 pp

Von Bertalanffy L (1938) A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10:181–213

Wang K, Zhang C, Sun M, Xu B, Ji Y, et al. (2021) Fishing pressure and lifespan affect the estimation of growth parameters using ELEFAN. *Fisheries Research* 238:105903

Williams GN (2011) Caracterización ambiental del golfo San Matías mediante sensores remotos y parámetros oceanográficos: relación con la distribución y abundancia de los recursos biológicos de interés pesqueros. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Comahue. 272 p

Williams GN, Pisoni JP, Solís ME, Romero MA, Ocampo-Reinaldo M, et al. (2021) Variability of phytoplankton biomass and environmental drivers in a semi-enclosed coastal ecosystem (San Matías Gulf, Patagonian Continental Shelf, Argentina) using ocean color remote sensing (MODIS) and oceanographic field data: Implications for fishery resources. *Journal of Marine Systems* 224:103615

Winemiller KO (2005) Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:872–885