

Características de historia de vida del tiburón gatuzo, *Mustelus schmitti*, en el Golfo San Matías, Argentina

Life history traits of the Narrownose smooth-hound *Mustelus schmitti* in the San Matías Gulf, Argentina

Juan Federico Bernasconi^{1,2*}, Marina Coller¹, Matías Suarez^{1,3}, Raquel Perier^{1,3}
y Edgardo Di Giácomo^{1,3}

¹Grupo de Estudio de Peces Cartilaginosos (CONDROS), Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológicas en Recursos Marinos Almirante Storni (CIMAS), Güemes 1030, San Antonio Oeste, Argentina

²Dirección de Planificación y Gestión de Pesquerías, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina (DPyGP-SSPyA, MAGyP), Paseo Colón 982, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Güemes 1030, San Antonio Oeste, Argentina

*Autor correspondiente: jfbernasconi@yahoo.com.ar

Abstract. The life history traits of the Narrownose smoothhound were studied in the San Matías Gulf, northern of Patagonia, Argentina. The age, growth, longevity (E_{max}) and maturity ($TL_{50\%}$ and $E_{50\%}$) were estimated. The age and growth were studied using the vertebral centra reading and the fit to five growth models frequently used in chondrichthyan. The length of the analyzed specimens obtained from commercial fisheries landings ranged between 37 and 89 cm of the total length (TL) for males and between 39 and 106 cm TL for females. Estimated ages ranged between 1 and 15 years for males and between 1 and 21 years for females. Fitted growth models were similar for both sexes without significant differences between sexes. The von Bertalanffy two-phase growth model (two-phase VBGF) for both sexes together was selected as the most adequate considering the both biological and statistical criteria of fit with the following estimated parameters: $K = 0.12 \text{ year}^{-1}$; $L_{\infty} = 103.12 \text{ cm}$ and $t_0 = -3.56 \text{ year}$ (birth length $L_0 = 35.7 \text{ cm}$). Theoretical longevity estimated was 24.4 years. Not significant differences were found between sexes for length at maturity. Both males and females reach maturity at a size of 66.9 cm and at an age of 5.6 years. This study contributes to the knowledge about life history traits in the southern area of the SWA showing that the shark *M. schmitti* has a moderate growth and the species have high longevity and relatively early average age at maturity within *Mustelus*.

Key words: Age, growth, shark, Chondrichthyes, Triakidae

Resumen. En el presente trabajo se estudiaron las características de historia de vida en cuanto a edad, crecimiento, longevidad (E_{max}) y talla-edad de madurez ($LT_{50\%}$ y $E_{50\%}$) del tiburón gatuzo, *Mustelus schmitti*, en el Golfo San Matías, Argentina. La edad y crecimiento fueron calculadas a partir de la lectura de bandas en secciones vertebrales evaluando cinco modelos de crecimiento. El rango de tallas registrado en los muestreos de los desembarques comerciales fue de 37 y 89 cm de longitud total (LT) para machos y entre 39 y 106 cm para hembras. Las edades observadas fueron entre 1 a 15 años para machos y 1 a 21 años para hembras. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy de 2 fases (VBGF-2 fases) para ambos sexos en conjunto fue seleccionado como el más adecuado según el ajuste estadístico y el criterio biológico, estimándose los siguientes parámetros: edad a la talla cero $t_0 = -3.56$ años (talla de nacimiento $L_0 = 35.7 \text{ cm}$); talla asintótica $L_{\infty} = 103.12 \text{ cm}$; y coeficiente de crecimiento $K = 0.12 \text{ años}^{-1}$. La longevidad estimada fue de 21 años. Los machos y hembras maduran a una edad y talla media similar de 5,6 años y $LT_{50\%}$ de 66,9 cm. No se encontraron diferencias entre sexos en las curvas de crecimiento. Este estudio contribuye al conocimiento de las características de historia de vida de la especie en el sur del Atlántico sudoccidental (ASO) reportando que *M. schmitti* tiene un crecimiento moderado, es una de las especies más longevas dentro del género y tiene una edad media de madurez temprana que representa aproximadamente un cuarto de la longevidad estimada.

Palabras clave: Edad, crecimiento, elasmobranquios, condricios, Triakidae

INTRODUCCIÓN

El tiburón gatuzo, *Mustelus schmitti* Springer, 1939, pertenece a la familia Triakidae y es una especie relativamente pequeña dentro del orden Carcharhiniformes. De hábitos demersales, se encuentra en ambientes costeros hasta los 195 m (Menni 1985, Cousseau & Perrotta 2013,

Weigmann 2016). Es una especie endémica del océano Atlántico sudoccidental (ASO) que ha sido reportada desde Río de Janeiro, Brasil (22°54'S) hasta Puerto Deseado, Argentina (47°45'S) (Figueiredo 1977, Chiamonte & Pettovello 2000).



Esta especie es explotada por pesquerías comerciales y artesanales de Brasil (Miranda & Vooren 2003), Uruguay (Paesch & Domingo 2003) y Argentina, cuyas zonas de pesca incluyen áreas de crianza y reproducción (Chiaramonte 1998, Massa 1998, Massa & Hozbor 2003, Massa *et al.* 2004b, Colautti *et al.* 2010, Cortés *et al.* 2011). *M. schmitti* es la especie de tiburón más abundante y de mayor frecuencia de captura en el Mar Argentino (Massa 1998, Sanchez *et al.* 2011) presentando una tendencia decreciente en los desembarques declarados en Argentina durante los últimos 5 años analizados (2015-2019), con un promedio anual de 3.080 t y alcanzando las 2.800 t en 2019 (SSPyA 2020). La especie es capturada principalmente por buques fresqueros en la pesca de arrastre multiespecífica que opera en el ecosistema costero bonaerense (35°-41°S), donde se han reportado las mayores abundancias de la especie (Chiaramonte 1998, Massa 1998, Massa & Hozbor 2003, Massa *et al.* 2004a, Sánchez *et al.* 2011). A su vez, se han registrado capturas en pesquerías artesanales costeras que operan con redes de trasmallo (Colautti *et al.* 2010, Jaureguizar *et al.* 2015) y de manera incidental en la pesquería de langostino (Góngora *et al.* 2009, Ruibal-Núñez *et al.* 2016) y *Merluccius hubbsi* (Bovcon *et al.* 2013) en la región patagónica (41°-47°S).

El Golfo San Matías (GSM; 41-42°S, 64-65°O) es un ecosistema particular del Mar Argentino ubicado al norte de la Patagonia en la provincia de Río Negro. En esta región desde 1971 se desarrolla una pesquería de arrastre demersal que opera en el puerto de San Antonio Oeste (Di Giacomo & Perier 1992). Esta pesquería tiene como especie objetivo a la merluza argentina, *Merluccius hubbsi*, y un total aproximado de 18 especies de condriictios son capturadas de manera incidental (Perier *et al.* 2011), siendo *M. schmitti*, el tiburón más desembarcado como ocurre en todo el Mar Argentino.

Debido a que el gatuzo es uno de los tiburones costeros de mayor captura en la región, ha sido foco de diversas investigaciones y evaluaciones. En el marco de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo entre Argentina-Uruguay se realiza una evaluación de biomasa a partir de diferentes índices de abundancia para establecer capturas totales permisibles (CTMFM 2018). Por otro lado, en el marco de la lista de especies amenazadas de diversos organismos ha sido evaluada como “amenazada” (Endangered Species Act NOAA: Casselberry & Carlson 2015, ESA-NOAA 2017), “en peligro crítico” (Brasil: ICMBio 2014) e inicialmente como “vulnerable” y luego como “críticamente amenazada” (UICN: Massa *et al.* 2006 y Pollom *et al.* 2020, respectivamente), y en el marco de los planes de acción nacional de Argentina y Uruguay como especie “prioritaria” (CFP 2009, Domingo *et al.* 2015).

Las características biológicas de *M. schmitti* en cuanto a su reproducción, estructura poblacional y alimentación fueron descritas para diferentes zonas de su rango de distribución en el ASO. En cuanto a su biología reproductiva, *M. schmitti* ha sido descrita como una especie vivípara aplacentaria con nutrición por saco vitelino que presenta un ciclo reproductivo anual, un periodo de gestación de 11-12 meses y ovulación inmediata (Menni *et al.* 1986, Chiaramonte & Pettovello 2000, Cortés & Massa 2006). Diferentes estudios indican variaciones geográficas en las características de historia de vida de la especie, reportando un aumento en la talla media con la latitud en el área de la provincia de Buenos Aires (Cousseau 1986) y diferencias adicionales en la talla de madurez de acuerdo con las regiones del ASO (Chiaramonte & Pettovello 2000, Sidders *et al.* 2005, Cortés & Massa 2006, Segura & Millese 2009, Colautti *et al.* 2010). Sin embargo, no se ha presentado información que demuestre la existencia de diferentes stocks que podrían explicar dichas diferencias demográficas en las regiones del ASO. Un estudio de genética realizado con ADN mitocondrial en la región del Río de La Plata y su Frente Marítimo, indicó una sola unidad demográfica en la zona entre los paralelos 34°-37°S de latitud (Pereyra *et al.* 2010). Adicionalmente, en otros estudios realizados en la región bonaerense se observó una disminución en la talla media de madurez que podría deberse a la presión pesquera a lo largo de los años (Sidders *et al.* 2005, Cortés & Massa 2006). Por lo tanto, es interesante abordar el estudio del tiburón gatuzo en todo el rango de distribución para comprender y analizar su estructura demográfica considerando los parámetros de historia de vida estimados en las diferentes áreas donde se encuentra.

En Argentina, la edad y crecimiento del tiburón gatuzo ha sido estudiada a partir de la lectura de bandas vertebrales en ejemplares capturados en la provincia de Buenos Aires (34°-41°S) (Hozbor *et al.* 2010) y la zona de Bahía Anegada (39,96°-40,60°S) (Molina *et al.* 2017). El conocimiento de la estructura de edades y el crecimiento de los tiburones son fundamentales para la conservación y manejo de estas especies. La información que se genera a partir de estos estudios es utilizada para estimar la mortalidad, longevidad, productividad y es uno de los datos utilizados en los modelos de evaluación de stock pesqueros (Hilborn & Walters 1992, Cailliet & Goldman 2004, Cortés 2007).

Dado el amplio rango de distribución de *M. schmitti*, se propone conocer la estructura demográfica y las características de historia de vida de la especie en las diferentes regiones del ASO donde se captura. Por lo tanto, debido a la importancia de los estudios de edad y crecimiento para conocer la productividad de la especie y dado que no existen antecedentes sobre estos parámetros en la región patagónica, el objetivo principal de este estudio fue conocer las características de historia de vida en cuanto a edad, crecimiento, longevidad, estructura de tallas y madurez sexual de *M. schmitti* en el GSM, Patagonia norte, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE MUESTRAS Y PROCESAMIENTO DE VÉRTEBRAS

Para determinar el crecimiento se obtuvieron ejemplares provenientes de tres fuentes diferentes: campañas de investigación pesquera de primavera (octubre-diciembre) realizadas sobre una base anual entre los años 2004-2007, muestreos de desembarques comerciales en las plantas pesqueras y muestreos a bordo de la flota comercial durante los periodos de abril 2005-mayo 2009 y abril 2011-diciembre 2012. Las capturas comerciales del tiburón gatuzo en el GSM provinieron de la flota de arrastre de fondo compuesta por buques entre 16 y 29 m de eslora que operan en el Puerto de San Antonio Oeste y San Antonio Este. Esta flota, dirigida a *Merluccius hubbsi*, realiza la pesca dentro del GSM principalmente entre las isobatas de 50 y 130 m (Fig. 1).

De cada ejemplar capturado, se registró el sexo y la longitud total (LT) medido al centímetro inferior desde la punta del hocico hasta la punta de lóbulo superior de la aleta caudal. Se extrajeron aproximadamente 10 vértebras de la región torácica justo detrás de la primera aleta dorsal. Cada muestra fue rotulada y congelada para su procesamiento en laboratorio. Para extraer los restos de tejido conectivo, cada bloque se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio 5%

durante 5-30 min según el tamaño de la vértebra. Mediante el bisturí se removieron los restos de tejido muscular y se separaron dos vértebras que posteriormente fueron lavadas con agua corriente durante 5 min y secadas a temperatura ambiente durante 24 h. Cada vértebra fue incluida en resina de poliéster y se le realizó un corte sagital a través del *focus* con una máquina de corte Struers® Minitom 330CA, con disco diamantado (medidas: 127 x 0,4 x 12,7 mm). Cada sección se montó en un portaobjetos para luego pulirlas hasta obtener un corte sagital entre los 300 y 500 μm de grosor.

Para las lecturas de edades se obtuvieron vértebras de 404 ejemplares, con un rango de tallas de 40-98 cm LT para las hembras (n= 212); y de 42-94 cm LT para los machos (n= 192). Se analizaron 372 vértebras, ya que el resto se descartó porque no presentaron marcas legibles en la *intermedalia* o el *corpus calcareum* del centro vertebral.

La estructura de tallas se analizó a partir de las muestras obtenidas en los desembarques comerciales entre septiembre 2011 y noviembre 2012. Se utilizó un test de ji-cuadrado (χ^2) para evaluar si la proporción de sexos difiere de la relación 1:1, considerando diferencias significativas con un $P < 0,05$. Para analizar diferencias potenciales en la talla media entre sexos se realizó el t-test de Welch aplicando el logaritmo al LT y evaluando la hipótesis nula de igualdad entre medias (Crawley 2007).

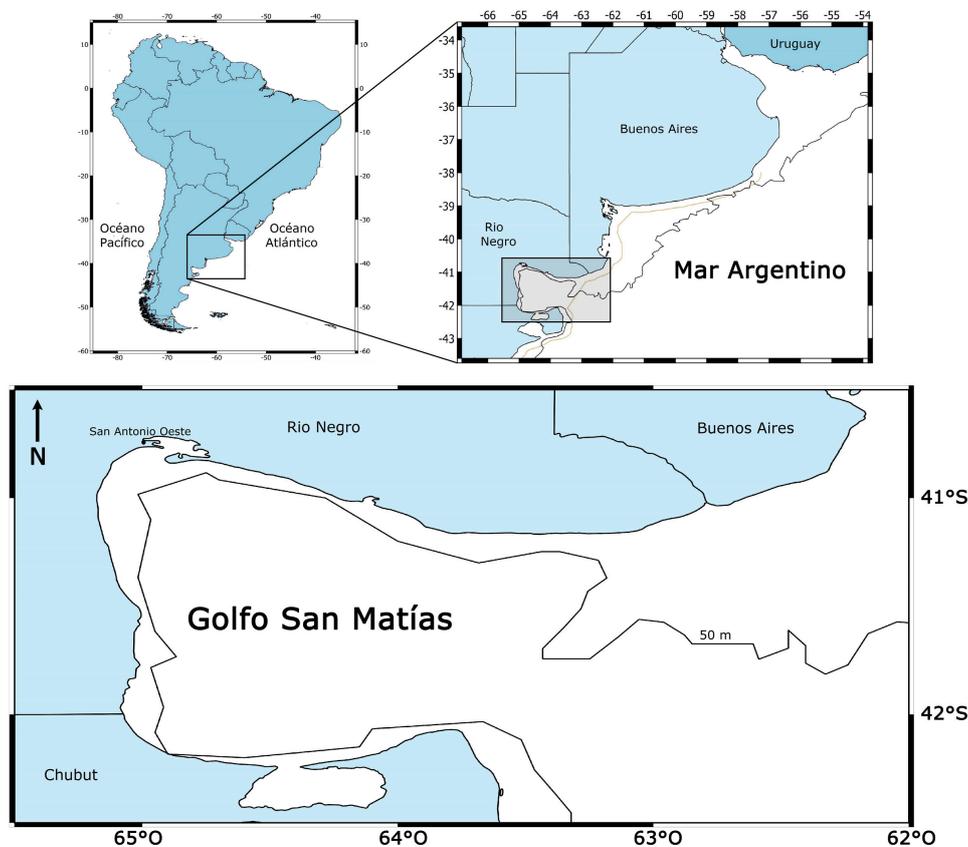


Figura 1. Ubicación geográfica del Golfo San Matías (41°-42°S, 63-65°O), Patagonia Norte, Argentina / Geographical localization of San Matías Gulf, Northern Patagonia, Argentina

INTERPRETACIÓN DEL RADIO VERTEBRAL

El radio de cada sección vertebral (RV) se midió al milímetro inferior desde el *focus* hasta el margen distal del *corpus calcareum* (Fig. 2) con micrómetro adosado al ocular del microscopio estereoscópico. Se graficó y estimó la función de regresión lineal entre el LT y RV para determinar si existe relación entre el crecimiento de la vértebra y el crecimiento somático. Se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) para evaluar diferencias entre sexos en las relaciones.

LECTURAS DE EDADES Y MODELOS DE CRECIMIENTO

Los cortes se observaron en un microscopio estereoscópico (Wild M5A, Heerbrugg, Suiza) con luz transmitida y aumento de 25X. Un anillo de crecimiento anual consistió en el par de una banda translúcida y una banda opaca que se observaron en el *intermedalia* y el *corpus calcareum* de acuerdo a lo descrito en diferentes especies del género *Mustelus* (Cailliet *et al.* 1990, Goosen & Smale 1997, Conrath *et al.* 2002, Cailliet & Goldman 2004, Farrell *et al.* 2010, Hozbor *et al.* 2010, Goldman *et al.* 2012). Para la asignación de edades se contaron las bandas translúcidas presentes en el *corpus calcareum* y/o *intermedalia*. Se consideró como marca de nacimiento (edad cero) el cambio de ángulo del *corpus calcareum* observado entre el *focus* y el primer par de bandas (Figs. 2 y 3), descrito en otras especies del género *Mustelus* y otros elasmobranquios (Goosen & Smale 1997, Conrath *et al.* 2002, Cailliet & Goldman 2004, Farrell *et al.* 2010, Hozbor *et al.* 2010, Goldman *et al.* 2012).

Los datos de LT-Edad obtenidos fueron ajustados a cinco modelos de crecimiento utilizados frecuentemente en condriktios (Cailliet *et al.* 2006, Braccini *et al.* 2007). El primero fue el modelo original de von Bertalanffy (von Bertalanffy 1938) modificado con la talla de nacimiento L_0 (3VBGF) en vez de la edad a la talla cero (t_0), siguiendo la recomendación de Cailliet *et al.* (2006):

$$LT(t) = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0)e^{-Kt}$$

donde $LT(t)$ es el largo total en función del tiempo t (años), L_{∞} es la talla asintótica teórica (cm), L_0 es la talla al nacimiento (cm) y K es la constante de crecimiento (años^{-1}). El segundo modelo fue una variación del modelo de von Bertalanffy donde solo los parámetros K y L_{∞} son estimados, fijando la talla de nacimiento L_0 en 28 cm que es el máximo valor observado en el GSM para un embrión a término (R Perier, obs. pers.)¹.

¹Dra. Perier Maria Raquel, CONDROS, CIMAS, Argentina. raquelperier@gmail.com

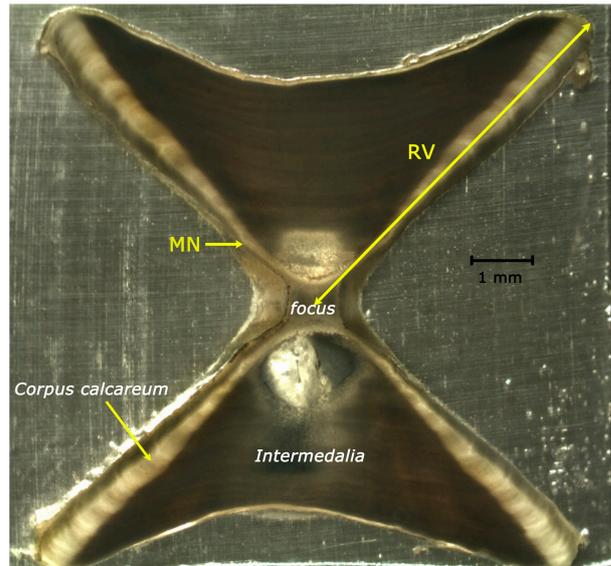


Figura 2. *M. schmitti*. Sección transversal de la vértebra de una hembra de 87 cm LT. RV: radio vertebral, MN: marca de nacimiento. Microscopio estereoscópico 10X / *M. schmitti*. Vertebral cross section of female specimen of 87 cm TL. RV: vertebral radius, MN: birthmark. Stereoscopic microscope 10X

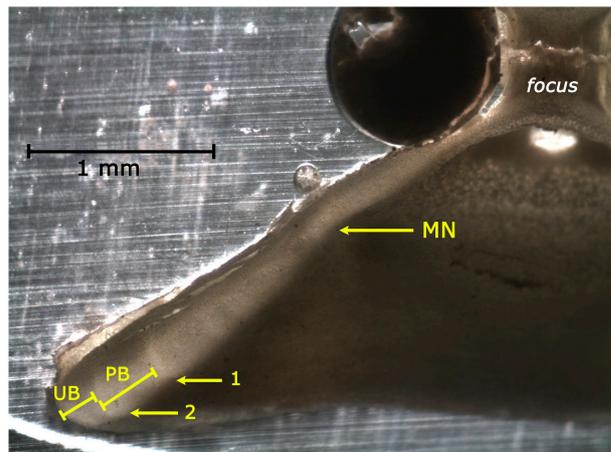


Figura 3. Verstebra de una hembra de *M. schmitti* de 49 cm LT con 2 bandas de crecimiento completas (anillo oscuro y fino). UB: última banda incompleta, PB: penúltima banda completa, MN: marca de nacimiento. Microscopio estereoscópico 40X / Verstebra of *M. schmitti* female specimen of 49 cm TL with 2 growth band (opaque and traslucen rings). UB: incomplete last growth band, PB: complete penultimate band, MN: birthmark. Stereoscopic microscope 40X

El tercer modelo fue la función de crecimiento de Gompertz (3GGF) (Ricker 1975), modificada con la talla de nacimiento L_0 (Romine *et al.* 2006):

$$LT(t) = L_0 \left(e^{G(1-e^{-Kt})} \right)$$

donde $G = \ln(L_\infty/L_0)$. El cuarto modelo fue el de Gompertz modificado con dos parámetros (2GGF), fijando la talla nacimiento L_0 en 28 cm. Por último, el quinto modelo evaluado fue el de von Bertalanffy con 2 fases de crecimiento (VBGF-2 fases) (Soriano *et al.* 1992, Araya & Cubillos 2006):

$$LT(t) = L_\infty \left(1 - e^{-K A_i (t-t_0)} \right)$$

donde A_i es el factor que modifica K cuando la edad aumenta y está definido como:

$$A_i = 1 - \frac{h}{(t-th)^2 + 1}$$

donde th es la edad a la cual ocurre la transición entre las dos fases de crecimiento y h determina la magnitud entre la máxima diferencia en la talla a la edad entre los modelos de VBGF y VBGF-2 fases en el punto th . La importancia de usar este modelo es que predice la disminución en la tasa de crecimiento a partir de determinada edad (Araya & Cubillos 2006). Los parámetros de cada modelo fueron estimados por cuadrados mínimos no lineales (*nls*) con el algoritmo Gauss-Newton del software R v.2.15.1 (Crawley 2007, R Core Team 2012).

La selección del mejor modelo se evaluó según el ajuste estadístico considerando el criterio de información de Akaike (AIC) (Akaike 1974, Burnham & Anderson 2002) y según el criterio biológico basado en que los parámetros estimados sean biológicamente posibles (Cailliet *et al.* 2006). El valor de Akaike se estimó como $AIC = n \log(\sigma^2) + 2k$, donde $\sigma^2 = SCR/n$, SCR es la suma de cuadrados residual, n el número de observaciones y k es el total de parámetros estimados en el modelo incluyendo σ^2 . El modelo de mejor ajuste fue el que tiene el menor valor de AIC (AIC_{\min}). Las diferencias en el valor de AIC fueron calculadas como $\Delta_i = AIC_i - AIC_{\min}$, donde AIC_i es el valor de Akaike del modelo i th. Los valores de Δ_i fueron usados para realizar un ranking de cada modelo en relación al modelo de mejor ajuste. Modelos con Δ_i de 0-2 tienen un buen sustento de los datos ajustados, mientras que modelos con Δ_i entre 4-7 tienen considerablemente menor sustento. Modelos con $\Delta_i > 10$ prácticamente no tienen ningún apoyo. Los pesos de Akaike (w_i) fueron calculados para determinar qué modelo es el de mejor ajuste entre todos los modelos candidatos (Burnham & Anderson 2002).

Las curvas de crecimiento para cada modelo fueron comparadas entre machos y hembras con el test χ^2 de razón de verosimilitudes (Kimura 1980, Cerrato 1990). El mismo permite evaluar estadísticamente la hipótesis de igualdad de los tres parámetros de los modelos de crecimiento (Cerrato 1990).

ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN Y SESGO DE LAS LECTURAS: VERIFICACIÓN

La verificación consistió en analizar la repetición de las lecturas para lograr una buena precisión en las edades observadas (Goldman 2004, Cailliet 2015). Por lo tanto, las vértebras fueron examinadas por dos lectores (lector 1= J.F.B. primer autor y lector 2= M.C. segundo autor) sin tener conocimiento de la talla, el sexo y de las lecturas previas. El lector 1 realizó dos lecturas de edades no consecutivas del total de las secciones vertebrales ($n=404$). El lector 2 realizó una lectura de edades de una submuestra de 267 vértebras. Se realizó un gráfico de sesgos por edad para evaluar sesgos entre lectores (Campana 2001). La precisión entre las lecturas fue evaluada por el Índice del Error Porcentual Promedio (IEPP o IAPE, en inglés Index of Average Percentage Error), fórmula descrita por Beamish & Fournier (1981) y el Coeficiente de Variación (CV) descrito en Chang (1982) y Campana (2001).

Para el ajuste a los modelos de crecimiento se utilizaron las edades de la segunda lectura del primer lector (J.F.B.), y cuando existieron diferencias con la primera lectura del mismo lector, se utilizó el valor coincidente con la del segundo lector (M.C.). En los casos en que ninguna de las tres lecturas coincidió, se reexaminaron por ambos lectores y en el caso de persistir la diferencia la vértebra fue descartada siguiendo las recomendaciones de Cailliet & Goldman (2004).

VALIDACIÓN

La periodicidad en la formación de bandas fue analizada por métodos indirectos frecuentemente utilizados para elasmobranchios: el análisis del incremento marginal del radio (IMR) y el tipo de borde (TB) del centro vertebral (Cailliet *et al.* 2006, Cailliet 2015). El IMR fue calculado como la razón entre: tamaño de la última banda (UB) en formación en el borde del *corpus calcareum* y la penúltima banda totalmente formada (PB) (Conrath *et al.* 2002), siendo medidos con el micrómetro incluido en el ocular del microscopio (Fig. 3). El promedio mensual del IMR fue graficado para observar la tendencia anual de la formación de bandas y se usó el test de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en el incremento marginal entre meses (Sulikowski *et al.* 2003).

Para el análisis del TB, la última banda formada en el *corpus calcareum* del centro vertebral fue clasificada usando el siguiente criterio: banda translúcida fina (tf), banda opaca fina (of) y banda opaca gruesa (og). Los porcentajes de cada TB fueron comparados mensualmente.

LONGEVIDAD

Las máximas lecturas de edades proveen una estimación inicial de la longevidad. Sin embargo, estos valores pueden subestimarla si la población ha estado bajo explotación comercial (Natanson *et al.* 2006). La longevidad teórica (E_{max}) fue estimada como la edad en el cual los ejemplares alcanzan el 95% de la talla asintótica L_{∞} (Taylor 1958, Natanson *et al.* 2006).

MADUREZ: TALLA MEDIA Y EDAD MEDIA DE MADUREZ SEXUAL

En total se analizaron 202 hembras y 516 machos provenientes de los muestreos de desembarques comerciales durante abril 2011 y diciembre 2012. En cada ejemplar se registró la LT, sexo y estado de madurez sexual considerando tres estadios reproductivos: inmaduros, en maduración y maduros según la escala de maduración macroscópica propuesta para condriictios por Stehmann (2002) y específica para el tiburón gatuzo por Cortés & Massa (2006). La talla media de madurez ($LT_{50\%}$) se estimó como el largo total al cual un ejemplar seleccionado al azar tiene el 50% de probabilidad de ser sexualmente maduro. La condición inicial de madurez fue modificada a datos binomiales (inmaduros y en maduración= 0 y maduros= 1) y las ojivas de madurez para cada sexo fueron ajustadas usando el LT en el siguiente modelo logístico:

$$Y = [1 + \exp\{-(a + bX)\}]^{-1}$$

donde, Y es el estado de madurez de cada individuo, X es LT (cm) y a , b son los parámetros. Se usó un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con distribución binomial y función de enlace *logit* para estimar los parámetros y el $LT_{50\%}$ calculado como $-a/b$ (Roa *et al.* 1999). El intervalo de confianza al 95% (IC) para el $LT_{50\%}$ fue estimado con el teorema de Fieller's siguiendo Roa *et al.* (1999). El ajuste estadístico se realizó con el software R (R 2.15.1: R CoreTeam 2012) y el paquete MASS (Venables & Ripley 2002) (Crawley 2007). La edad media de madurez sexual ($E_{50\%}$) se calculó transformando la talla media de madurez $LT_{50\%}$ estimada para cada sexo con los modelos de crecimiento evaluados.

RESULTADOS

MUESTRAS OBTENIDAS Y ESTRUCTURA DE TALLAS

Las tallas observadas en los muestreos de desembarques comerciales variaron entre 39-106 cm LT ($n= 612$) en hembras; y entre 37-89 cm LT en machos ($n= 624$) (Fig. 4). La proporción sexual no difirió significativamente de la relación 1:1 esperada ($\chi^2_{(0,05; 1)} = 0,1165$, $P = 0,7329$). Existieron diferencias significativas entre la talla media de machos y hembras ($t_{(0,05; 1220)} = -7,7128$, $P < 0,0001$), donde la talla media de los machos ($LT_{media} = 67,89$ cm, $DE \pm 9,2$) fue inferior a la talla de las hembras ($LT_{media} = 72,66$ cm, $DE \pm 10,7$).

En la Figura 5, se muestran los periodos en los que fueron obtenidos los ejemplares analizados, tanto para la extracción de vertebras (Fig. 5B) como para las estimaciones de talla media de madurez y análisis de la estructura de tallas (Fig. 5A). Se destaca que principalmente durante los meses de invierno (julio-agosto) se obtuvo el mayor número de ejemplares, con excepción de octubre 2011 (Fig. 5A) y octubre 2007 (Fig. 5B).

INTERPRETACIÓN DEL RADIO VERTEBRAL

La relación entre RV-LT fue significativa para el tipo lineal ($P < 0,001$) y difirió entre sexos. La pendiente no difirió significativamente entre sexos (ANCOVA $F= 3$, $g.l.= 1$, $P = 0,084$), mientras que en el intercepto existieron diferencias significativas (ANCOVA $F= 100,54$, $g.l.= 1$, $P < 0,001$) (Fig. 6). Las relaciones lineales fueron:

$$RV = 0,0747 LT - 0,7208 \quad (r^2 = 0,9224, n = 398) \text{ ambos sexos}$$

$$RV = 0,0779 LT - 0,9022 \quad (r^2 = 0,9316, n = 207) \text{ en hembras}$$

$$RV = 0,0702 LT - 0,4598 \quad (r^2 = 0,9144, n = 191) \text{ en machos}$$

PRECISIÓN Y SESGO DE LAS LECTURAS

No se observó sesgo cuando se compararon las lecturas obtenidas entre los diferentes lectores (Fig. 7). El IAPE y el CV para las dos lecturas de edades del primer lector (J.F.B.) fue 4,5 y 6,46% ($n= 372$) respectivamente; mientras que el IAPE y CV entre lectores evaluando las tres lecturas (dos lecturas del primer lector J.F.B. y una del segundo lector M.C.) fue de 8,9 y 11,9% ($n= 267$), respectivamente. En ausencia de un sesgo sistemático, el nivel de precisión entre lecturas fue considerado aceptable.

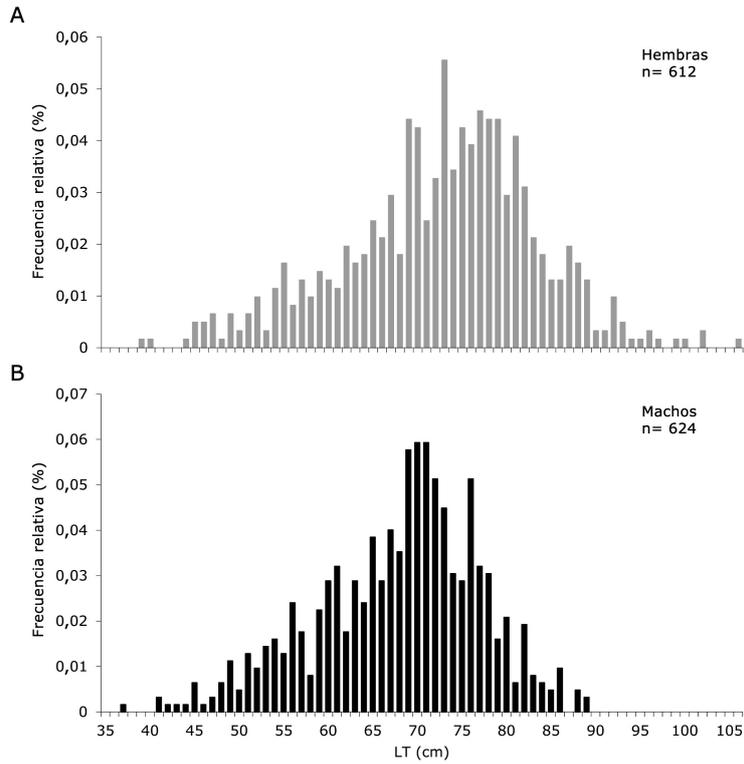


Figura 4. Estructura de tallas por sexo del gatuzo, *M. schmitti* en el Golfo San Matías. Muestras de los desembarques comerciales entre octubre 2011 y septiembre 2012. A) Hembras (n= 612), B) Machos (n= 624) / Length frequency data of *M. schmitti* in the San Matías Gulf. Commercial landings samples between October 2011 and September 2012. A) Females (n= 612), B) Males (n= 624)

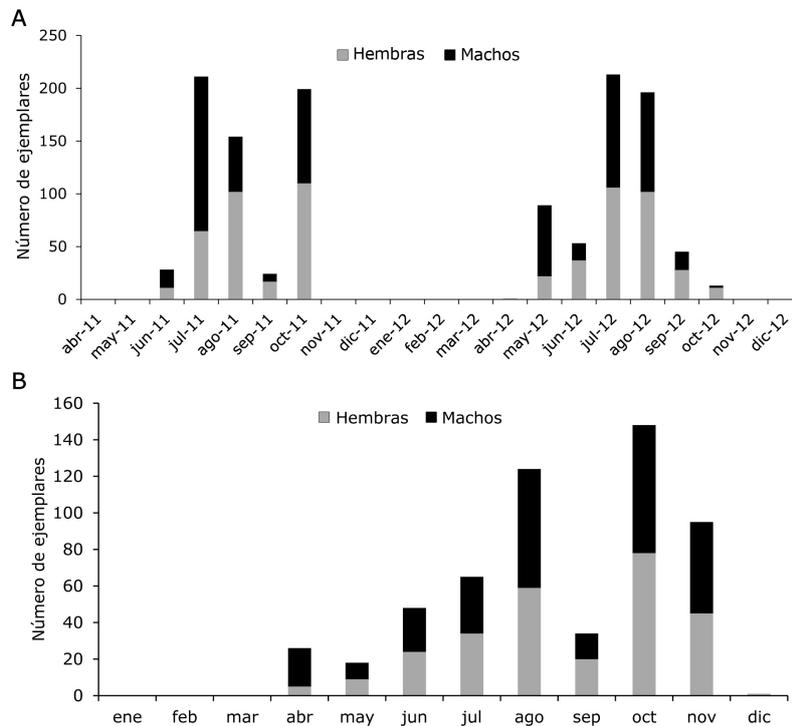


Figura 5. Golfo San Matías. A) Número de ejemplares de *M. schmitti* obtenidos por mes en los muestreos de desembarques 2011-2012 (n= 1.236) y B) muestreos de desembarques, a bordo de buques comerciales (2005-2009) y campañas de investigación de primavera (REDE 2004-2007) unificados (n= 559) / San Matías Gulf. A) Number of samples of *M. schmitti* obtained per month from landings samplings 2011-2012 (n= 1,236) and, B) landings samplings, on-board (2005-2009) and research cruises of spring (REDE 2004-2007) (n= 559)

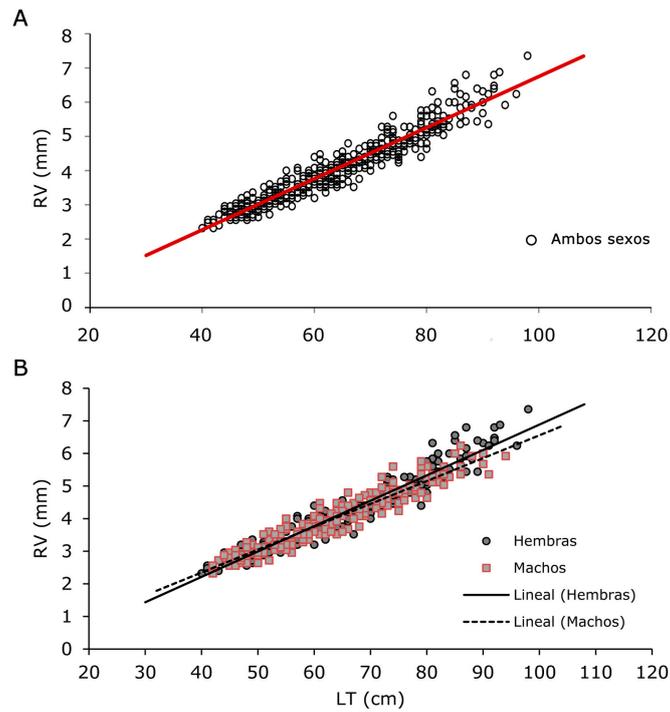


Figura 6. Relación entre la longitud total-radio vertebral de *M. schmitti* para A) ambos sexos en conjunto, B) machos y hembras / *M. schmitti* total length-vertebral radius relationship for A) both sexes together, B) males and females

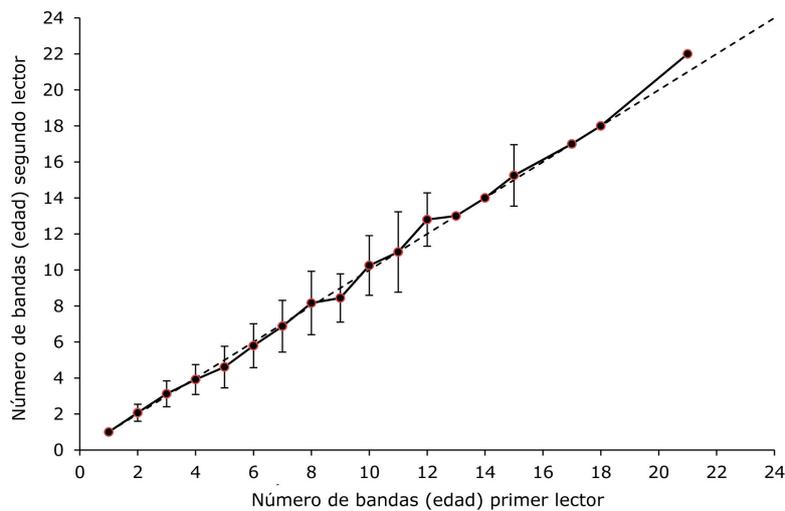


Figura 7. Gráfico de sesgos entre la segunda lectura de bandas del primer lector (J.F.B.) y la lectura de bandas del segundo lector (M.C.). Cada barra de error representa \pm la desviación estándar de la media de las edades asignadas por el segundo lector en relación a las edades asignadas por el primer lector. La línea punteada representa la igualdad entre edades asignadas / Graph of biases between the second reading of bands of the first reader (J.F.B.) and the reading of bands of the second reader (M.C.). Each error bar represents \pm the standard deviation of the means of ages assigned by the second reader vs. age read by the first reader. The dotted line represents the equality between assigned ages

VALIDACIÓN

Para la validación de la formación anual de anillos de crecimiento se utilizaron 90 vértebras de las 372 vértebras leídas, debido a que tenían el borde bien definido para categorizar y medir. El borde vertebral de los tiburones más longevos fue difícil de medir debido a la cercanía entre bandas en el *corpus calcareum* y en los tiburones más jóvenes debido a que en algunos casos la parte distal estaba dañada o difusa a causa del procesamiento de la vértebra. A su vez, ambos análisis fueron incompletos debido a la ausencia de ejemplares durante los meses de verano (Figs. 5 y 8). El análisis tipo de borde (TB) no presentó un patrón definido, predominando los bordes opacos en todos los meses en que se obtuvieron muestras (Fig. 8). Por otro lado, el análisis de IMR tampoco mostró un patrón claro a lo largo del año, ya que no se observaron diferencias significativas en el IMR entre meses (Kruskal-Wallis test: $\chi^2=9,16$, $P=0,2414$). Sin embargo, los menores valores de IMR se observaron en abril (0,44) y mayo (0,32), indicando que a partir de estos meses o con anterioridad se podrían comenzar a formar las bandas de crecimiento (Fig. 8).

Tabla 1. Talla media (LT) y número de ejemplares (n) por cada grupo de edad asignado para machos, hembras y ambos sexos en conjunto de *M. schmitti* / Mean total length (LT) and individuals number (n) for each age group of males, females and both sexes together of *M. schmitti*

Edad (años)	Hembras		Machos		Ambos sexos	
	LT media (cm)	n	LT media (cm)	n	LT media (cm)	n
1	43,6	13	45,1	9	44,2	22
2	48,3	15	46,8	20	47,4	35
3	52,9	26	53,3	20	53,0	46
4	56,4	21	57,7	23	57,1	44
5	62,1	20	62,4	20	62,2	40
6	67,1	22	67,5	25	67,3	47
7	71,9	18	71,6	25	71,7	43
8	76,7	17	77,2	12	76,9	29
9	80,4	18	77,5	8	79,5	26
10	88,9	7	82,6	8	85,5	15
11	84,6	5	87,3	3	85,6	8
12	83,5	2	79,0	2	81,3	4
13	86,3	3	-	-	86,3	3
14	87,0	2	90,0	1	88,0	3
15	86,0	1	87,3	3	87,0	4
17	93,0	1	-	-	93,0	1
18	92,0	1	-	-	92,0	1
21	98,0	1	-	-	98,0	1
Total		193		179		372

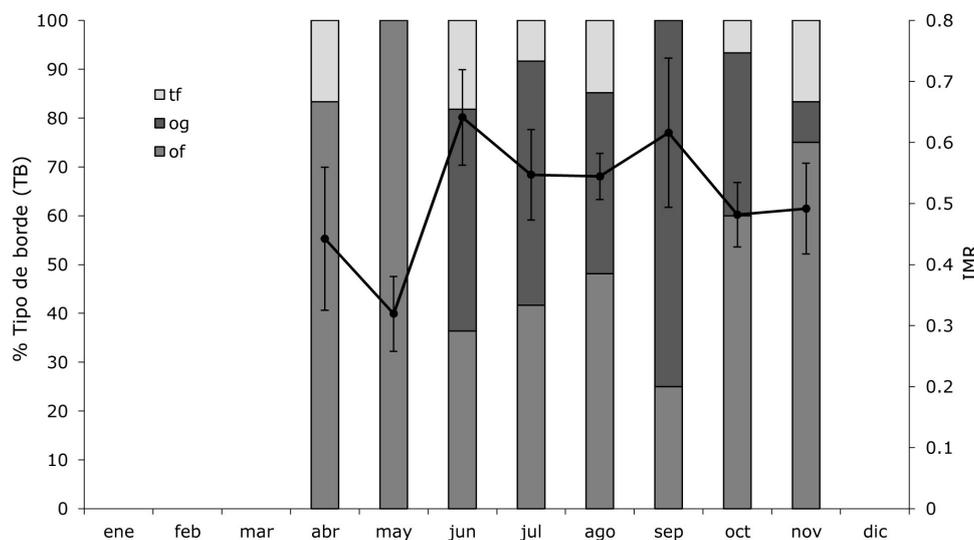


Figura 8. Tipos de borde (TB) y análisis del incremento marginal del radio (IMR) en *M. schmitti*. Las barras muestran la proporción de TB para cada mes: bordes opacos finos (of), opacos gruesos (og) y traslucidos finos (tf). La línea y los puntos indican el IMR, con la medida mensual del incremento marginal \pm e.e. / Edge type (TB) and analysis of marginal increase in radius (IMR) in *M. schmitti*. The bars show the TB proportions of each month: thin opaque edge (of), thick opaque (og) and thin translucent (tf). The line and dots shows the IMR with the month mean \pm s.e.

LECTURAS DE EDADES Y MODELOS DE CRECIMIENTO

El rango de edades observado en hembras varió entre 1 a 21 años, correspondiendo a los ejemplares de menor talla (40 cm) y al de mayor talla (98 cm), respectivamente. En el caso de los machos, el rango de edades observadas fue entre 1 a 15 años, correspondiendo también al ejemplar de menor talla (42 cm) y al de mayor talla (94 cm), respectivamente (Fig. 9 y Tabla 1).

Los valores estimados del parámetro K estuvieron entre 0,1-0,23 años⁻¹ y 0,1-0,26 años⁻¹ para hembras y machos respectivamente. En ambos sexos, el modelo 2GGF estimó el mayor valor de K (0,26 años⁻¹ para machos y 0,23 años⁻¹

para hembras) y presentó el menor soporte estadístico ($\Delta_i > 10$; $w_i = 0,001$), mientras que el modelo de 3VBGF, estimó el menor valor del parámetro K (0,1 años⁻¹ para ambos sexos) (Tabla 2). El modelo de VBGF-2 fases fue el mejor ajuste estadístico para las hembras ($w_i = 0,83$), estimando un valor K de 0,12 años⁻¹ y el L_∞ de 102,88 cm. En cambio, el modelo 3GGF fue el de mejor ajuste estadístico en los machos ($w_i = 0,77$), estimando un valor K de 0,16 años⁻¹ y el L_∞ de 99,24 cm (Tabla 2, Fig. 10). La talla de nacimiento L_0 estimada por los modelos de 3 parámetros de VBGF y GGF para hembras y machos presento valores entre 34-36 cm.

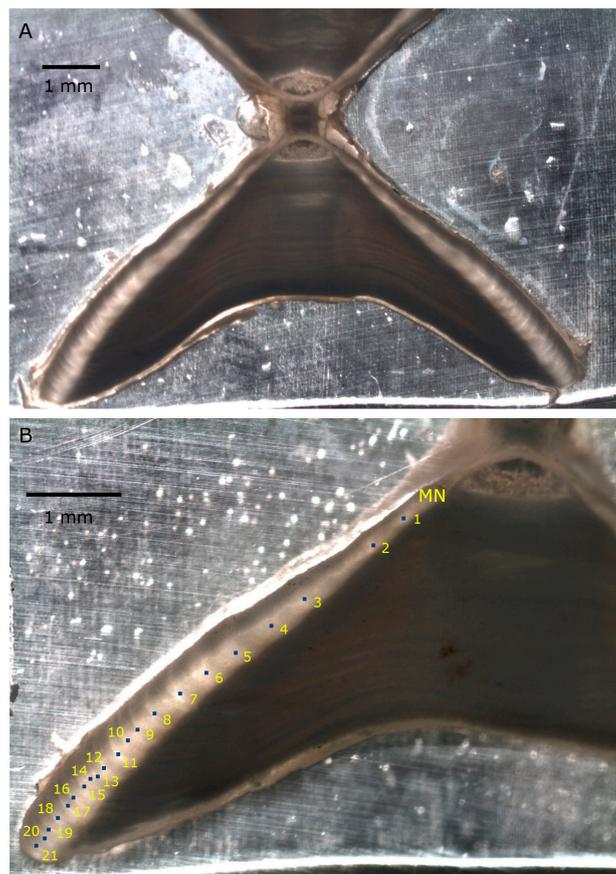


Figura 9. *M. schmitti*. A) corte sagital del centro vertebral de un ejemplar hembra de 98 cm de LT. Microscopio estereoscópico 10X. B) Mayor detalle del mismo ejemplar en 20X de aumento con las 21 bandas de crecimiento del ejemplar más longevo observado (escala 1 mm). MN: marca de nacimiento / *M. schmitti*. A) Sagittal section of the vertebral center of a 98 cm TL female specimen. Stereoscopic microscope 10X. B) Greater detail of the same specimen in 20X magnification with the 21 growth bands of the oldest specimen observed (1 mm scale). MN: birthmark

Tabla 2. Parámetros de los modelos de crecimiento estimados para *M. schmitti* en el Golfo San Matías. Resaltado en negrita el modelo seleccionado
 / Estimated parameters of each growth model for *M. schmitti* in the San Matías Gulf. Highlighted in bold the selected model

Sexo	Modelo	K (e.e.)	L_{∞} (e.e.)	L_0 (e.e.)	SCR	AIC	Δ_i	w_i	E_{max}
Hembras (n= 193)	3VBGF	0,10 (0,01)	110,86 (5,85)	34,19 (1,49)	4988,4	635,7	10,40	0,01	26,3
	2VBGF	0,14 (9,07)	100,27 (2,75)	28	5431,1	650,1	24,81	0,00	19,1
	3GGF	0,16 (0,01)	102,25 (3,54)	35,85 (1,21)	4805,4	628,5	3,19	0,17	18,9
	2GGF	0,23 (0,01)	92,42 (1,74)	28	5864,3	664,9	39,62	0,00	13,7
	VBGF- 2fases	0,12 (0,02)	102,88 (4,57)	$t_0 = -3,48(0,47)$ $t_h = 4,36(0,21)$ $h = 0,14(0,04)$	4629,7	625,3	0,00	0,83	21,5
Machos (n= 179)	3VBGF	0,10 (0,01)	109,07 (8,27)	34,85 (1,72)	4621,8	589,9	3,45	0,14	26,1
	2VBGF	0,15 (0,01)	95,07 (2,97)	28	5011,6	602,5	15,94	0,00	17,6
	3GGF	0,16 (0,02)	99,24 (4,69)	36,23 (1,41)	4533,6	586,5	0,00	0,77	18,6
	2GGF	0,26 (0,01)	87,68 (1,85)	28	5374,9	614,9	28,47	0,00	11,9
	VBGF- 2fases	0,12 (0,02)	102,14 (7,17)	$t_0 = -3,59(0,65)$ $t_h = 4,44(0,41)$ $h = 0,07(0,04)$	4539	590,7	4,21	0,09	21,5
Ambos Sexos (n= 372)	3VBGF	0,10 (0,01)	110,64 (4,83)	34,54 (1,11)	9633	1218,5	11,21	0,00	26,2
	2VBGF	0,14 (0,01)	98,32 (2,04)	28	10501	1248,6	41,31	0,00	19,0
	3GGF	0,16 (0,01)	101,43 (2,86)	36,10 (0,91)	9371	1208,3	0,96	0,38	18,8
	2GGF	0,24 (0,01)	90,53 (1,28)	28	11344	1277,3	70,03	0,00	13,0
	VBGF- 2fases	0,12 (0,01)	103,12 (3,96)	$t_0 = -3,56(0,38)$ $t_h = 4,40(0,20)$ $h = 0,11(0,03)$	9247	1207,3	0,00	0,62	21,4

L_{∞} : talla asintótica (cm); L_0 : talla de nacimiento (cm); K : constante de crecimiento (años⁻¹); SCR: suma de cuadrados residual; AIC: valor de Akaike; Δ_i : diferencia del valor AIC entre el modelo i y el modelo de AIC_{min}; w_i : peso de Akaike y E_{max} : longevidad teórica máxima (años). e.e: error estándar

No existieron diferencias significativas entre sexos en los parámetros evaluados en cada modelo de crecimiento ($P < 0,05$); por lo tanto, también se estimaron para los dos sexos juntos. En este caso el modelo de VBGF-2 fases fue el que presentó mejor ajuste estadístico ($w_i = 0,62$) (Tabla 2, Fig. 10). Se estimó un parámetro K de 0,12 años⁻¹ y L_{∞} de 103,12 cm. El parámetro t_0 de -3,56 años estimado se corresponde con una talla de nacimiento L_0 de 35,7 cm y el parámetro th estimado fue 4,4 años el cual indicaría la edad en que se produce un cambio en la tasa de crecimiento.

El L_{∞} de 103,1 cm subestimó levemente la talla máxima registrada en el GSM (106 cm, este estudio) y el L_0 de 35,7 cm fue mayor a las tallas de nacimiento reportadas para la especie en Argentina (17-32 cm). Sin embargo, a pesar de la diferencia, los valores registrados en el GSM se encuentran dentro del intervalo de confianza calculado para los parámetros estimados $L_{\infty} = 103,1$ cm (IC: 99,7-111,9) y $L_0 = 35,7$ cm (IC: 29,4-41,1) y los valores estimados son biológicamente razonables.

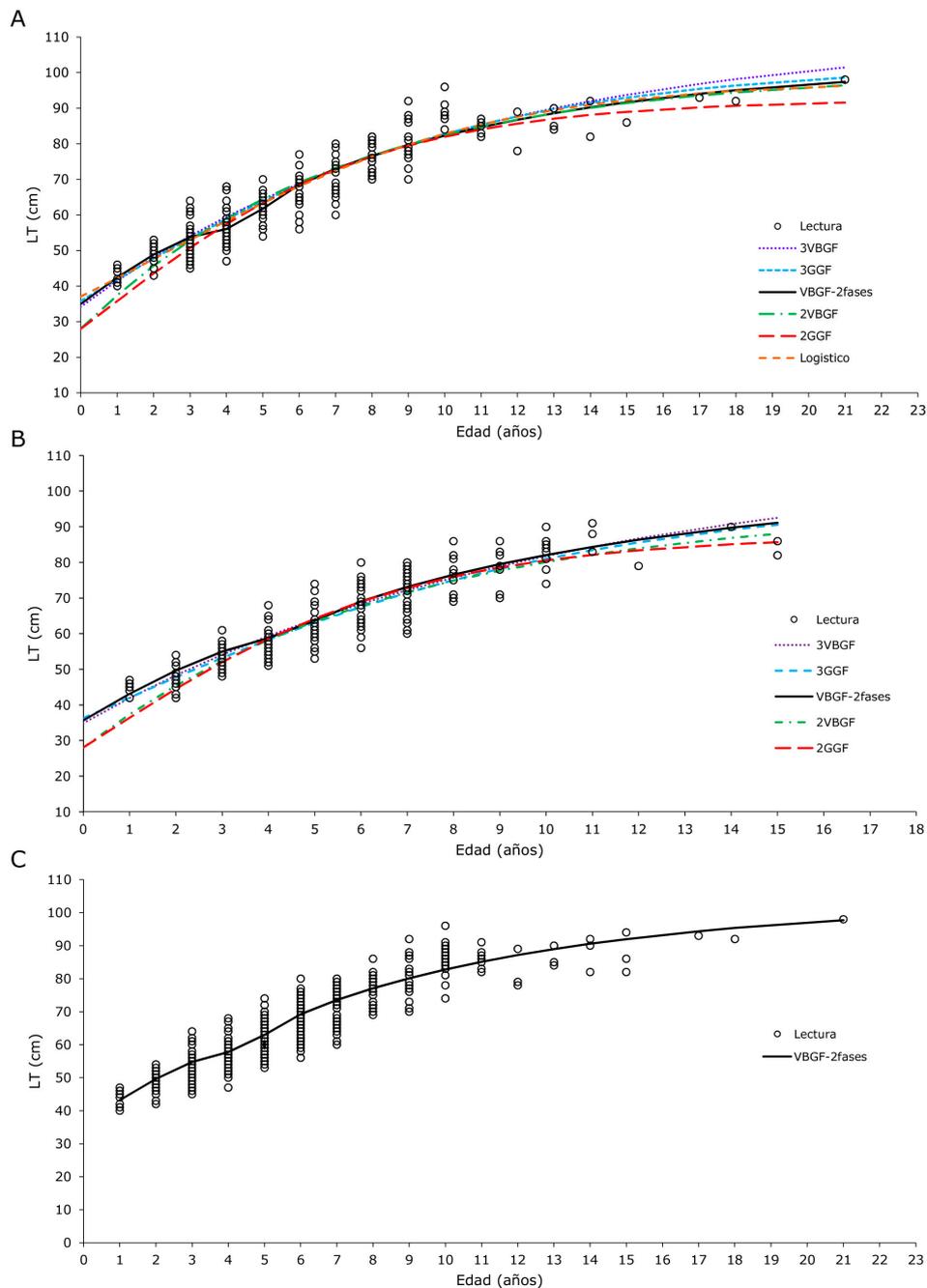


Figura 10. Lecturas de edades vs. talla (LT, cm) y ajuste de las curvas de crecimiento en *M. schmitti*. A) Hembras, B) Machos y C) Ambos sexos en conjunto con el modelo VBGF-2 fases seleccionado como el más adecuado / Age readings vs. total length (TL, cm) and growth model fits of *M. schmitti*. A) Females, B) Males and C) Both sexes together with the two-phase VBGF model selected as the more adequate

LONGEVIDAD

Los valores de E_{max} estimados para los sexos agrupados variaron entre 13,04 y 26,21 años según el modelo y los parámetros utilizados (Tabla 2). La E_{max} estimada con el modelo VBGF-2 fases fue de 21,42 años, similar a la edad máxima observada en la lectura de edades que resultó de 21 años para una hembra de 98 cm.

TALLA MEDIA Y EDAD MEDIA DE MADUREZ SEXUAL

La talla media de madurez sexual ($LT_{50\%}$) calculada para las hembras fue de 66,89 cm (IC: 64,85-68,95) (n= 202) (Fig. 11B). Los parámetros del MGL estimados fueron $a = -18,00643$ (e.e.: 3,01) y $b = 0,26917$ (e.e.: 0,04274), con un 82% de la devianza explicada por el modelo. El $LT_{50\%}$ estimado para las hembras representó un 63,1% de la talla máxima observada en el GSM ($LT_{max} = 106$ cm). La talla máxima registrada para una hembra juvenil fue de 79 cm y la talla mínima de una hembra madura fue de 62 cm.

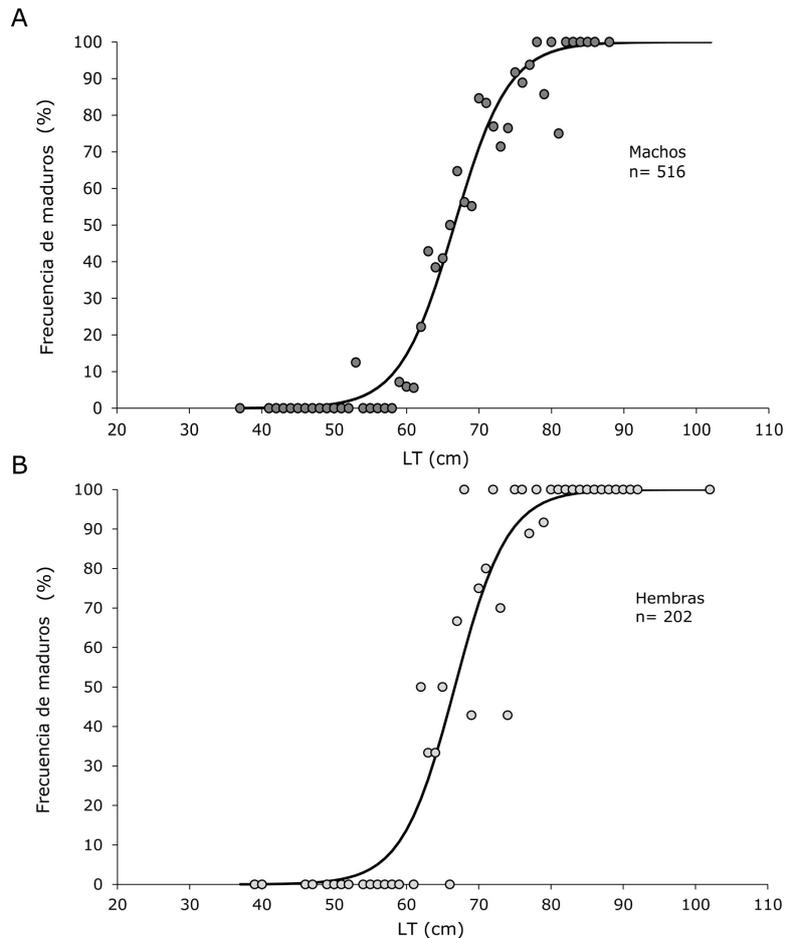


Figura 11. Curvas de ajuste logístico para estimar la talla media de madurez ($LT_{50\%}$) de *M. schmitti*. A) Machos, B) Hembras. Los puntos indican la proporción de ejemplares maduros para cada talla (LT) / Logistic fit curves to estimate maturity mean length ($TL_{50\%}$) of *M. schmitti*. A) Males, B) Females. The dots show the mature individuals proportion for each length (TL)

Para los machos la talla media de madurez sexual ($LT_{50\%}$) calculada fue de 66,99 cm (IC: 66,07-67,90) (n= 516) (Fig. 11A) que representó un 71,3% de la talla máxima observada en el GSM ($LT_{max} = 94$ cm). Los parámetros del MGL estimados fueron $a = -18,01446$ (e.e.: 1,59462) y $b = 0,26893$ (e.e.: 0,02338), con un 91% de la devianza explicada por el modelo. La talla máxima registrada para un macho juvenil fue de 81 cm y la talla mínima de un macho maduro fue de 53 cm.

Finalmente, la edad media de madurez $E_{50\%}$ estimada a partir del $LT_{50\%}$ con el modelo de VBGF-2 fases fue de 5,58 y 5,60 años, para hembras y machos respectivamente.

DISCUSIÓN

MUESTRAS OBTENIDAS Y ESTRUCTURA DE TALLAS

A partir de los muestreos de desembarques se registró la mayor talla máxima hasta el momento para *M. schmitti* en el GSM, correspondiendo a una hembra de 106 cm de LT, la cual, es cercana a la talla máxima (108,5 cm) reportada para la especie en otras regiones (Menni 1985). Para machos, la talla máxima

registrada fue menor que para las hembras, correspondiendo a un ejemplar de 89 cm de LT. Lo mismo ocurrió con la talla promedio de los machos que fue significativamente menor que la de las hembras, lo que concuerda con lo observado para la especie en otras regiones del ASO (Menni *et al.* 1986, Cousseau *et al.* 1998, Massa 1998, Chiaramonte & Pettovello 2000, Sidders *et al.* 2005, Oddone *et al.* 2007, Pereyra *et al.* 2008, Colautti *et al.* 2010) y lo observado para tiburones Carcharhiniformes (Hoening & Gruber 1990).

Los ejemplares analizados a partir de los muestreos de desembarques no mostraron segregación por sexos en las capturas comerciales del GSM, ya que no se encontraron diferencias significativas entre la relación macho:hembra 1:1. La mayoría de los trabajos en otras regiones reportaron segregación sexual (Cousseau 1986, Cousseau *et al.* 1998, Massa 1998, Pereyra *et al.* 2008). La única excepción es lo reportado por Oddone *et al.* (2005), donde no existieron diferencias significativas en la relación de sexos 1:1. Justamente en ese trabajo, las muestras provenían de los lances de una campaña realizada a profundidades mayores a la isobata de 50 m en la Zona Común de Pesca Argentino-

Uruguay (ZCPAU, 34°-39,5°S), por lo tanto, esto podría estar relacionado con las similares profundidades de procedencia de las muestras en los ejemplares analizados en el GSM y en el reporte anteriormente mencionado, indicando que a profundidades mayores a 50 m no se observaría segregación de sexos.

Por otro lado, en el GSM se observó un sesgo en cuanto a tallas y estadios de madurez, esto es razonable si las muestras provienen de los desembarques comerciales en los cuales la estructura de tallas es sesgada hacia los ejemplares de tallas mayores y principalmente adultos (LT >66 cm), con un 77% en el caso de las hembras y un 65% de machos, y menor proporción juveniles (LT <66 cm) (con un 23% de hembras y 35% de machos), no registrándose neonatos. Esto se podría deber a la selección de solo tallas de interés comercial a bordo del buque. Sumado a esto la flota dirigida a *Merluccius hubbsi* en el GSM, durante el periodo evaluado, operó principalmente a profundidades mayores a 50 m, área en la cual no es frecuente la concentración de los juveniles y neonatos, ya que las áreas de cría descritas para esta especie se encuentran en zonas costeras menores a 25 m de profundidad (Chiaramonte & Pettovello 2000, van der Molen & Caille 2001, Colautti *et al.* 2010, Cortés 2012, Elisio *et al.* 2016). Además, los resultados obtenidos en el GSM coinciden con lo observado en otras regiones como por ejemplo El Rincón (39°-41°S; 59,5°-62,5°O), donde los ejemplares de mayor tamaño se presentan próximos a la isobata de 50 m (Cousseau *et al.* 1998), o en la ZCPAU donde no se reportaron neonatos y la presencia de juveniles fue escasa a profundidades mayores a los 50 m (Oddone *et al.* 2005), a su vez en las costas uruguayas predominaron ejemplares mayores a 60 cm de LT en las muestras de las capturas de la flota de arrastre de fondo (Pereyra *et al.* 2008). Por lo tanto, hay evidencias que, tanto en el GSM como en otras regiones del ASO, las flotas que operan a profundidades mayores a 50 m impactan principalmente sobre la fracción adulta de la población de *M. schmitti*.

VALIDACIÓN

En este estudio, la formación anual completa de las bandas de crecimiento no pudo ser validada mediante el uso de las dos técnicas utilizadas, debido al pequeño tamaño de la muestra, esto a razón de la dificultad de obtener muestras durante todo el año, uno de los principales factores de sesgo descritos (Lessa *et al.* 2006). De hecho, no se obtuvieron muestras de diciembre a marzo, dado que en el GSM la especie no fue capturada por la flota comercial en ese periodo. Sumado a esto, las muestras obtenidas no fueron en un número suficientemente representativo, considerando la dificultad de obtener bordes definidos para el TB y IMR.

Sin embargo, varios estudios han validado o asumido que la edad en el género *Mustelus* puede ser determinada enumerando los pares de bandas de crecimiento en los

centros vertebrales (Tanaka & Mizue 1979, Yudin & Cailliet 1990, Moulton *et al.* 1992, Yamaguchi *et al.* 1996, Goosen & Smale 1997, Officer *et al.* 1997, Francis & Maolagáin 2000, Conrath *et al.* 2002). Por ejemplo, para *Mustelus mustelus* en Sudáfrica, mediante el análisis de tipo de borde se determinó que ocurre una formación anual de bandas, con el crecimiento de una banda opaca durante el fin del invierno o principios de primavera, seguido por el desarrollo de una banda translúcida en otoño (Goosen & Smale 1997). Lo mismo ocurrió para la población del Atlántico noroeste de *M. canis*, una especie demersal que habita aguas costeras de plataforma donde los análisis de incremento marginal y el patrón de crecimiento estacional observado apoyaron la hipótesis del depósito anual de bandas (Conrath *et al.* 2002). Por lo tanto, basado en estos precedentes, se asumió que cada banda de crecimiento (compuesta por un anillo opaco y un anillo translucido) representa un año de edad. Sin embargo, es importante confirmar este supuesto mediante futuros estudios de validación directos o indirectos para la especie *M. schmitti*.

LECTURA DE EDADES Y MODELOS DE CRECIMIENTO

La relación lineal entre el RV y la LT demostró que el centro vertebral crece proporcionalmente con el largo de cada individuo, indicando que es una estructura adecuada para la interpretación del crecimiento. El mismo patrón se encontró en los centros vertebrales de *M. schmitti* en la región bonaerense (Hozbor *et al.* 2010) y otras especies como *M. henlei* en el Golfo de California de México (Méndez-Loeza 2008) y *M. walkeri* en Queensland, Australia (Rigby *et al.* 2016).

El rango de edades obtenido en este estudio fue mayor al reportado para *M. schmitti* en la región bonaerense, dado que en el GSM las edades máximas fueron de 15 años y 21 años, mientras que la región bonaerense Hozbor *et al.* (2010) obtuvieron edades de 14 y 16 años para machos y hembras respectivamente, mientras que Molina *et al.* (2017) registraron una edad máxima de 11 años en Bahía Anegada en el sur de la región bonaerense. A su vez en Brasil (Rio Grande do Sul) la edad máxima reportada fue de 14 años (Batista 1988). Estos resultados podrían indicar que la longevidad se incrementa con la latitud como ha sido descrito para otras características de historia de vida en varios estudios de elasmobranchios (Frisk 2010). Por otro lado, las diferencias observadas en distintas regiones también podrían ser resultado de cambios inducidos por la diferente presión de pesca a través de la recolección selectiva (Frisk 2010) de los ejemplares más longevos y de mayores tallas. Sin embargo, esto se debería evaluar, ya que también simplemente se podría deber a que en los muestreos del GSM se encontraron ejemplares de mayor talla y más longevos que los analizados en los estudios previos de edades en *M. schmitti* (Hozbor *et al.* 2010, Molina *et al.* 2017), lo que se podría explicar por las diferencias en la realización de los muestreos (épocas, profundidades, artes, etc.).

En cuanto a la talla de nacimiento L_0 , que fue estimada entre 34-36 cm con los modelos de tres parámetros, se observa que sobrestimó los valores reportados para la especie. En el GSM el embrión de mayor tamaño registrado fue de 28 cm (R Perier, obs. pers.)¹ mientras que las tallas de neonatos registradas en distintas localidades del Mar Argentino se encuentran entre los 17-32 cm (Chiaromonte & Pettovello 2000, van der Molen & Caille 2001, Cortés & Massa 2006, Colautti *et al.* 2010). Estas diferencias en las estimaciones del parámetro L_0 son frecuentes en los estudios de edad y crecimiento en condriictios por la dificultad de obtener un número representativo de muestras de los ejemplares de menor talla, lo cual puede generar sesgos en las estimaciones de los parámetros.

Al evaluar los diferentes modelos entre sexos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en las curvas de crecimiento de ningún modelo. Sin embargo, no se puede afirmar que no existan diferencias entre sexos en la tasa de crecimiento, dado que cada sexo por separado presentó mejor ajuste estadístico en diferentes modelos de crecimiento. Hozbor *et al.* (2010) encontraron diferencias entre sexos en el crecimiento de *M. schmitti* en la región bonaerense, en donde las hembras alcanzan mayores tallas medias luego de los 10 años y estimando un valor de coeficiente de crecimiento K menor al de los machos. Las únicas investigaciones sobre especies del género *Mustelus* donde no se reportaron diferencias entre sexos en las curvas de crecimiento fueron para *M. lenticulatus* en Nueva Zelanda (Francis & Maolagáin 2000) y para *M. schmitti* en Bahía Anegada (Molina *et al.* 2017). En este último caso, los autores indicaron que, si bien no existen diferencias estadísticas significativas, se observó que los machos crecen más rápido en los primeros años (Molina

et al. 2017). En este trabajo, en GSM se observó que a partir de la edad de 9 años las tallas medias de las hembras son mayores a las de los machos, aunque sin diferencias significativas en la estimación de los parámetros de crecimiento de cada sexo.

Para ambos sexos en conjunto, el modelo de VBGF-2 fases fue el de mejor ajuste estadístico. La selección de este modelo coincide con lo observado por Araya & Cubillos (2006) quienes reportaron que el modelo de dos fases es el más adecuado para describir el crecimiento en diferentes especies de elasmobranchios, dado que la tasa de crecimiento tiende a disminuir cerca de la edad media de madurez, aproximadamente entre edades de cuatro a siete años. En este estudio, el parámetro t_0 del modelo VBGF-2 fases estimado fue de 4,4 años indicando la edad en que se produce un cambio en la tasa de crecimiento. Por otro lado, Araya & Cubillos (2006) observaron que el modelo VBGF tiende a estimar mayores valores de L_∞ que el modelo de VBGF-2 fases, mientras que el parámetro K tiende a subestimarlos, lo que coincide con lo observado en este estudio (Tabla 2).

El parámetro K del modelo de VBGF-2 fases, para los dos sexos juntos, fue de 0,12 años⁻¹, siendo similar a los valores reportados por Hozbor *et al.* (2010) para la especie en la costa bonaerense. En esa región los autores utilizaron la misma técnica de lectura de edades y consideraron como modelo más adecuado el de VBGF de 2 parámetros (Hozbor *et al.* 2010) (Tabla 3). En el género *Mustelus* se ha postulado una gran variabilidad en el crecimiento, estimándose en otras especies un amplio rango de valores para el parámetro K que van desde 0,1 a 0,44 años⁻¹ para machos y desde 0,05 a 0,42 años⁻¹ para hembras (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de crecimiento estimados para las especies del género *Mustelus*. En negrita los resultados de este estudio / Growth parameters estimated for the *Mustelus* genus. In bold the results of this study

Especie	Sexo	K (año ⁻¹)	L_∞ (cm)	t_0	Método	Estudio
<i>M. manazo</i>	H	0,07 / 0,20	176,5 / 999	-3,29 / -2,88	Lectura	Cailliet <i>et al.</i> 1990
	M	0,10 / 0,22	133,4 / 846	-3,42 / 3,69		
<i>M. henlei</i>	M+H	0,244	97,7	-1,296	Lectura	Yudin & Cailliet 1990
<i>M. californicus</i>	M+H	0,168	154,4	-1,271	Lectura	Yudin & Cailliet 1990
<i>M. lenticulatus</i>	H	0,4 / 0,42	87,0 / 90,7	-0,68 / -0,77	Tallas	Francis & Francis 1992
	M	0,11 / 0,16	161,1 / 118,7	-1,91 / -2,02		
<i>M. antarcticus</i>	H	0,094	233,6	-2,05	Lectura	Moulton <i>et al.</i> 1992
	M	0,16	155,9	-1,94		
<i>M. manazo</i>	H	0,11	134,1	-2,55	Lectura	Yamaguchi <i>et al.</i> 1996
	M	0,12	124,1	-2,59		
<i>M. mustelus</i>	H	0,06	204,96	-3,55	Lectura	Goosen & Smale 1997
	M	0,12	145,1	-2,14		
<i>M. lenticulatus</i>	M+H	0,119	147,2	-2,35	Lectura	Francis & Maolagáin 2000
<i>M. canis</i>	H	0,292	123,57	-1,94	Lectura	Conrath <i>et al.</i> 2002
	M	0,440	105,17	-1,52		
<i>M. henlei</i>	H	0,12	94,7	-3,73	Lectura	Méndez-Loeza 2008
	M	0,25	73,8	-1,90		
<i>M. asterias</i>	H	0,146	123,5	34,9 (L_0)	Lectura	Farrell <i>et al.</i> 2010
	M	0,195	103,7	38,1 (L_0)		
<i>M. walkeri</i>	M+H	0,033	224,5	27,3 (L_0)	Lectura	Rigby <i>et al.</i> 2016
<i>M. schmitti</i>	M+H	0,262 / 0,287	87	-1,56 / -1,32	Tallas	Massa 1998
<i>M. schmitti</i>	H	0,109	104,1	-	Lectura	Hozbor <i>et al.</i> 2010
	M	0,128	96,4	-		
<i>M. schmitti</i>	H	0,06	89,4	36,9 (L_0)	Lectura	Molina <i>et al.</i> 2017
	M	0,15	76,3	33,5 (L_0)		
<i>M. schmitti</i>	M+H	0,12	103,12	3,56	Lectura	Este estudio

LONGEVIDAD

El modelo de mejor ajuste estadístico VBGF-2 fases estimó un valor de E_{max} de 21,42 años similar a la máxima lectura de edad en una hembra de 98 cm. Por lo tanto, dado que la máxima talla reportada para la especie fue de 106 cm se esperaba que la longevidad real fuese similar o levemente superior a la estimada por este modelo. A su vez Hozbor *et al.* (2010) en la región bonaerense estimaron para la especie una longevidad de 20,8 y 24,7 años para machos y hembras respectivamente, valores cercanos al obtenido en este estudio.

Para el género *Mustelus* la máxima edad observada a través de lectura de vertebras fue en *M. mustelus* de Sudáfrica, siendo de 24 años para una hembra de 164 cm (Goosen & Smale 1997). En otras especies han sido reportadas edades máximas de 20 años para *M. lenticulatus* (Francis & Maolagáin 2000), 18 años para *M. asterias* (Farrel *et al.* 2010), 16 años para *M. antarcticus* (Moulton *et al.* 1992), *M. canis* (Conrath *et al.* 2002) y *M. walkeri* (Rigby *et al.* 2016), 13 años para *M. henlei* (Yudin & Cailliet 1990) y 9 años para *M. californicus* (Yudin & Cailliet 1990) y *M. manazo* (Tanaka & Mizue 1979, Cailliet *et al.* 1990). Por lo tanto *M. schmitti* estaría entre las especies más longevas del género.

TALLA Y EDAD DE MADUREZ SEXUAL

La talla de madurez sexual estimada en este estudio fue similar entre sexos, con un $LT_{50\%}$ de 66,89 y 66,99 cm para hembras y machos, respectivamente. Los valores estimados en este trabajo son mayores a los reportados para la especie en otras regiones de menor latitud del ASO (Tabla 4). Sin embargo, a latitudes mayores que el GSM, Chiaramonte & Pettovello (2000) reportaron para la zona de Puerto Deseado (47°45'S, provincia de Santa Cruz), al extremo sur de la distribución de

M. schmitti, una talla de madurez mínima de 79,5 y 70,9 cm para hembras y machos, respectivamente (Tabla 4). A pesar que estos autores no brindan información de una talla $LT_{50\%}$ se esperaba que fuese mayor a la estimada en este estudio, lo cual, podría estar relacionado con un patrón latitudinal dado por diferencias oceanográficas entre regiones o diferencias en la presión pesquera que generan una respuesta densodependiente en las características de historia de vida como por ejemplo una disminución en la talla media de madurez (Díaz de Astarloa *et al.* 1997, Chiaramonte & Pettovello 2000, Sidders *et al.* 2005). Respecto a la existencia de un patrón latitudinal donde la talla de madurez aumente hacia el sur, una hipótesis similar fue reportada en el océano Pacífico noroeste para *Mustelus manazo* en la región de Japón y Taiwán (entre los 25°-45°N y 120°-140°E) (Yamaguchi *et al.* 2000).

Como se describió anteriormente, también las diferencias observadas entre la región bonaerense y el GSM en los parámetros pueden ser el resultado de cambios inducidos por la pesca a través de procesos compensatorios que podrían implicar una reducción en la talla y edad media de madurez (Holden 1973, Cassoff *et al.* 2007) o la extracción selectiva (Frisk 2010) de ejemplares de mayor talla y más longevos. Finalmente en el caso del *M. schmitti*, al considerar estas variaciones geográficas en los parámetros reproductivos también se debe tener en cuenta que se podrían deber a sesgos en los muestreos dado que en cada estudio las muestras provinieron de capturas con diferentes artes de pesca, diferentes profundidades y diferentes periodos y años (Tabla 4). Como ejemplo, en Australia fue descrito para *M. antarcticus* un aparente cambio en la talla de madurez entre diferentes periodos lo que se explicaría por modificaciones en la selectividad del arte de pesca (Walker 2007).

Tabla 4. Estimaciones de la talla media madurez para *M. schmitti* en diferentes regiones del Atlántico sudoccidental y periodos. En negrita los resultados de este estudio / Average maturity length estimations for *M. schmitti* in different Southwest Atlantic areas and periods. In bold the results of this study

Región	Años	$LT_{50\%}$ (cm)		Muestras		Estudio
		H	M	Procedencia	Prof. (m)	
Punta del Diablo (Uruguay) (34°30'S)	2005-2006	59,7	56,6	CC, red de enmalle	< 30	Segura & Milessi 2009
ZCPAU (34°-39°S)	1994-1995	72,0	59,0	CI, red de arrastre	>50	Oddone <i>et al.</i> 2005
ZCPAU y El Rincón (31°-41°30'S)	1994	59,9	57,6	CI	-	Cousseau <i>et al.</i> 1998
Mar del Plata (38°00'S)	1978	62,63	60,01	CC	-	Menni <i>et al.</i> 1986
Mar del Plata (38°00'S)	2004	58,84	58,16	CC	-	Cortés & Massa 2006
Necochea (38°37'S)	2003-2004	59,8	56,7	CC, red de arrastre y espinel	-	Sidders <i>et al.</i> 2005
El Rincón (B. Anegada) (39,96°-40,60°S)	2007-2009	56,3	54,6	CI, red de enmalle	3-12	Colautti <i>et al.</i> 2010
GSM (40°-41°S)	2011-2012	66,89	66,99	CC, red de arrastre	50-150	Este estudio
Puerto Deseado (47°45'S)	1994-1998	79,5*	70,8*	CI, líneas y red playera	Ría Deseado	Chiaramonte & Pettovello 2000*

H: Hembras, M: machos, CC: capturas comerciales, CI: campañas de investigación
*Autores que reportaron la talla mínima de madurez

Es interesante destacar, que para el género *Mustelus* la mayoría de los trabajos muestran diferencias en la talla de madurez entre sexos, siendo las hembras las que maduran a mayor talla. Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias significativas en la talla de madurez, lo que coincide con lo reportado por Cortés & Massa (2006) (Tabla 4). A su vez, estos autores observaron tallas grandes de juveniles (talla máxima de 76 y 80 cm en machos y hembras juveniles, respectivamente), en el área de pesca ubicada a la misma latitud que el GSM, por lo que proponen diferencias latitudinales en los parámetros reproductivos. Esa hipótesis coincide con lo observado en el GSM donde el $LT_{50\%}$ estimado fue mayor que a latitudes menores y las tallas máximas registradas de juveniles fueron de 81 cm en machos y 79 cm en hembras.

La edad de madurez $E_{50\%}$ estimada en este trabajo fue de 5,6 años siendo superior a los valores reportados para la especie en la costa bonaerense, donde la edad de madurez se estimó en aproximadamente 4 años (Hozbor *et al.* 2010). Esta diferencia estaría relacionada con la diferencia de valores en el $LT_{50\%}$ estimado, ya que los parámetros de crecimiento calculados fueron similares entre regiones. Considerando una longevidad de 21 años, la $E_{50\%}$ estimada representa el 27% de toda su vida ($E_{50\%}:E_{max}$), lo que indica que aproximadamente tres cuartas partes de su vida la especie se encuentra reproductivamente activa, siendo menor a la proporción entre el $LT_{50\%}:LT_{max}$ (63% para machos y 71% para hembras).

Finalmente, las estimaciones de las características de historia de vida obtenidas en este estudio, en el GSM indicarían que *M. schmitti* tiene un crecimiento moderado (rango K entre 0,1-0,2 año⁻¹), es una de las especies más longevas dentro del género *Mustelus* (21 años) y tiene una edad de madurez de 5,6 años. Por lo tanto, dado que esta especie tiene una amplia distribución, es capturada en todo su rango de distribución y actualmente es una especie prioritaria en los planes de acción y las evaluaciones regionales sobre su estado, este estudio aporta información en cuanto al conocimiento de la estructura de tallas y los parámetros de historia de vida de *M. schmitti* en la región sur del ASO.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es dedicado a la memoria del Dr. Julio Lamilla y el Dr. Edgardo Di Giacomo quienes dedicaron su vida profesional al estudio de los condriictios de Latinoamérica. Nuestro agradecimiento especial a Edgardo, quien como director del grupo CONDROS dedicó su carrera al estudio de la biología pesquera y los condriictios del Golfo San Matías, compartiendo su pasión y conocimientos con el resto de los autores del presente trabajo. A su vez a los integrantes del grupo CONDROS; Téc. Gimena Mora, Dra. Verónica Jausoro y Dra. Marilú Estalles por la ayuda brindada en los muestreos biológicos. También agradecer a la planta pesquera *Calme-Río Salado* y a la tripulación del buque *Viernes Santo* por

proveer el material biológico y permitimos trabajar en sus instalaciones. Al Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICET) por la beca de postgrado tipo I que permitió a uno de los autores realizar el estudio.

LITERATURA CITADA

- Akaike H. 1974.** New look at statistical-model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716-723.
- Araya M & LA Cubillos. 2006.** Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. *Environmental Biology of Fishes* 77: 293-300.
- Batista VS. 1988.** Determinação de idade e análise do crescimento do cação *Mustelus schmitti* Springer 1939 (Elasmobranchii, Triakidae) da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Tesis de Master, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 99 pp.
- Beamish RJ & DA Fournier. 1981.** A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 982-983.
- Bovcon ND, ME Góngora, C Marinao & D González-Zevallos. 2013.** Composición de las capturas y descartes generados en la pesca de merluza común *Merluccius hubbsi* y langostino patagónico *Pleoticus muelleri*: un caso de estudio en la flota frequera de altura el Golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48: 303-319.
- Braccini JM, BM Gillanders, TI Walker & J Tovar-Avila. 2007.** Comparison of deterministic growth models fitted to length at-age data of the piked spurdog (*Squalus megalops*) in south-eastern Australia. *Marine and Freshwater Research* 58: 24-33.
- Burnham KP & DR Anderson. 2002.** Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 488 pp. Springer, New York.
- Cailliet GM. 2015.** Perspectives on elasmobranch life-history studies: a focus on age validation and relevance to fishery management. *Journal of Fish Biology* 87(6): 1271-1292.
- Cailliet GM & KJ Goldman 2004.** Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In: Carrier JF, JA Musick & MR Heithaus (eds). *The biology of sharks and their relatives*, pp. 339-447. CRC Press, Boca Raton.
- Cailliet GM, K Yudin, S Tanaka & T Taniuchi. 1990.** Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan Based upon cross-readings of vertebral bands. In: Pratt HL, SH Gruber & T Taniuchi (eds). *Elasmobranchs as living resources: Advances in the Biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. NOAA Technical Report NMFS 90: 167-176.
- Cailliet GM, WD Smith, HF Mollet & KJ Goldman. 2006.** Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes* 77: 211-228.
- 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.
- Casselberry GA & JK Carlson. 2015.** Endangered species act status review of the Narrownose Smoothhound (*Mustelus schmitti*). Report to the National Marine Fisheries Service, Office of Protected Resources, SFD Contribution PCB-15-07: 1-27.

- Cassoff RM, SE Campana & S Myklevoll. 2007.** Changes in baseline growth and maturation parameters of Northwest Atlantic porbeagle, *Lamna nasus*, following heavy exploitation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64: 19-29.
- Cerrato RM. 1990.** Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 1416-1426.
- CFP. 2009.** PAN-Tiburón. Plan de Acción Nacional para la Conservación y el Manejo de Condrictios (tiburones, rayas y quimera) en la República Argentina, 64 pp. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires. <https://cfp.gob.ar/wp-content/uploads/2017/09/PAN_Tiburones.pdf>
- Chang WYB. 1982.** A statistical-method for evaluating the reproducibility of age-determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 1208-1210.
- Chiaramonte GE. 1998.** Shark fisheries in Argentina. *Marine and Freshwater Research* 49: 601-609.
- Chiaramonte GE & AD Pettovello. 2000.** The biology of *Mustelus schmitti* in southern Patagonia, Argentina. *Journal of Fish Biology* 57: 930-942.
- Colautti D, C Baigun, A López Cazorla, F Llopart, JM Molina, P Suquele & S Calvo. 2010.** Population biology and fishery characteristics of the smooth-hound *Mustelus schmitti* in Anegada Bay, Argentina. *Fisheries Research* 106: 351-357.
- Conrath CL, J Gelsichter & JA Musick. 2002.** Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the Northwest Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 100: 674-682.
- Cortés E. 2007.** Chondrichthyan demographic modelling: an essay on its use, abuse and future. *Marine and Freshwater Research* 58: 4-6.
- Cortés F. 2012.** Hábitats esenciales de condrictios (Chondrichthyes) costeros, y su relación con los procesos oceanográficos. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 203 pp.
- Cortés F & A Massa. 2006.** Aspectos reproductivos del gatuzo (*Mustelus schmitti*). Informe Técnico Interno INIDEP 81-06: 1-10.
- Cortés F, AJ Jaureguizar, RC Menni & RA Guerrero. 2011.** Ontogenetic habitat preferences of the narrownose smooth-hound shark, *Mustelus schmitti*, in two Southwestern Atlantic coastal areas. *Hydrobiologia* 661: 445-456.
- Cousseau MB. 1986.** Estudios biológicos sobre peces costeros con datos de dos campañas de investigación realizadas en 1981. V. El gatuzo (*Mustelus schmitti*). Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo 1: 60-66.
- Cousseau MB & RG Perrotta. 2013.** Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca, 193 pp. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- Cousseau MB, CR Carozza & GJ Macchi. 1998.** Abundancia, reproducción y distribución de tallas del gatuzo (*Mustelus schmitti*) en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguayo y en el Rincón. Noviembre, 1994. En: Lasta CA (ed). Resultados de una campaña de evaluación de recursos demersales costeros de la provincia de Buenos Aires y del litoral uruguayo. Noviembre 1994, Informe Técnico, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata 21: 103-115.
- Crawley MJ. 2007.** The R book, 942 pp. Wiley, West Sussex.
- CTMFM. 2018.** Plan de Acción Regional para la conservación y pesca sustentable de los condrictios del área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (CTMFM), Publicación Ocasiona, 144 pp. <<http://ctmfm.org/upload/biblioteca/201807/par-condrictios-153071123790.pdf>>
- Díaz de Astarloa JM, CR Carozza, RA Guerrero, AG Baldoni & MB Cousseau. 1997.** Algunas características biológicas de peces capturados en una campaña costera invernal en 1993, en el área comprendida entre 34° y 42° S (Atlántico Sudoccidental) y su relación con las condiciones ambientales. INIDEP Informe Técnico 14: 1-35.
- Domingo A, R Forselledo & S Jiménez. 2015.** Revisión de Planes de Acción Nacional para la Conservación de Aves Marinas y Condrictios en las pesquerías uruguayas, 196 pp. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA), Montevideo.
- Elisio ME, JH Colonello, F Cortés, A Jaureguizar, GM Somoza & GJ Macchi. 2016.** Aggregations and reproductive events of the narrownose smooth-hound shark (*Mustelus schmitti*) in relation to temperature and depth in coastal waters of the southwestern Atlantic Ocean (38-42°S). *Marine and Freshwater Research* 68(4): 732-742.
- ESA-NOAA. 2017.** Narrownose Smoothhound Shark. Endangered Species Act (ESA). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Marine Fisheries Service (NMFS). <<https://www.fisheries.noaa.gov/species/narrownose-smoothhound-shark>>
- Farrell ED, S Mariani & MW Clark. 2010.** Age and growth estimates for the starry smoothhound (*Mustelus asterias*) in the Northeast Atlantic Ocean. *ICES Journal of Marine Science* 67: 931-939.
- Figueiredo JL. 1977.** Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. Introdução, Cações, raias e quimeras, 104 pp. Edições Museu de Zoologia, Universidade de Sao Paulo, São Paulo.
- Francis MP & RIC Francis. 1992.** Growth rate estimates for New Zealand rig (*Mustelus lenticulatus*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 1157-1176.
- Francis MP & CÓ Maolagáin. 2000.** Age, growth and maturity of a New Zealand endemic shark (*Mustelus lenticulatus*) estimated from vertebral bands. *Marine and Freshwater Research* 51: 35-42.
- Frisk MG. 2010.** Life history strategies of batoids. In: Carrier JC, JA Musick & MR Heithaus (eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology, and conservation*, pp. 283-316. CRC Press, London.
- Goldman KJ. 2004.** Age and growth of elasmobranch fishes. In: Musick JA & R Bonfil (eds). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 474: 92-137.
- Goldman KJ, GM Cailliet, AH Andrews & LJ Natanson. 2012.** Assessing the age and growth of Chondrichthyan fishes. In: Carrier JC, JA Musick & MR Heithaus (eds). *Biology of sharks and their relatives*, pp. 423-451. CRC Press, Boca Raton.
- Góngora ME, N Bovcon & P Cochia. 2009.** Ictiofauna capturada incidentalmente en la pesquería de langostino patagónico *Pleoticus muelleri* Bate, 1888 (Solenoceridae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44: 583-593.

- Goosen AJ & MJ Smale. 1997.** A preliminary study of age and growth of the smooth-hound shark *Mustelus mustelus* (Triakidae). *South African Journal of Marine Science* 18: 85-91.
- Hilborn R & CJ Walters. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty, 570 pp. Chapman and Hall, New York.
- Hoening JM & SH Gruber. 1990.** Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: Pratt HL Jr, SH Gruber & T Taniuchi (eds). *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries*. NOAA Technical Report NMFS 90: 1-16.
- Holden MJ. 1973.** Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible? *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 164: 360-367.
- Hozbor N, M Saez & AM Massa. 2010.** Edad y crecimiento de *Mustelus schmitti* (gatuzo), en la región costera bonaerense y uruguaya. *Informe Técnico, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata* 49: 1-15.
- Jaureguizar AJ, F Cortés, AC Milessi, E Cozzolino & L Allega. 2015.** A trans-ecosystem fishery: Environmental effects on the small-scale gillnet fishery along the Río de la Plata boundary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 166(A): 92-104.
- Kimura DK. 1980.** Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin* 77: 765-776.
- Lessa R, FM Santana & P Duarte-Neto. 2006.** A critical appraisal of marginal increment analysis for assessing temporal periodicity in band formation among tropical sharks. *Environmental Biology of Fishes* 77: 309-315.
- Massa AM. 1998.** Estructura poblacional del gatuzo (*Mustelus schmitti*) en la costa bonaerense y uruguaya asociado a condiciones ambientales. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 58 pp.
- Massa AM & HN Hozbor. 2003.** Peces cartilaginosos de la plataforma argentina, explotación, situación y necesidades para un manejo adecuado. *Revista Frente Marítimo* 19(B): 199-206.
- Massa AM, LO Lucifora & NM Hozbor. 2004a.** Condrictios de la región costera bonaerense y uruguaya. En: Sanchez R & S Bezzi (eds). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros Tomo 4: Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación*, pp. 85-99. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- Massa AM, CA Lasta & CR Carozza. 2004b.** Estado actual y explotación del gatuzo *Mustelus schmitti*. En: Sanchez R & S Bezzi (eds). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 4: Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación*, pp. 67-83. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- Massa A, N Hozbor, GE Chiaramonte, AD Balestra & CM Vooren. 2006.** *Mustelus schmitti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T60203A12318268. <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60203A12318268.en>>
- Méndez-Loeza I. 2008.** Edad y crecimiento del cazón pardo, *Mustelus henlei* (Gill, 1863) en la región norte del Golfo de California. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, 56 pp.
- Menni RC. 1985.** Distribución y biología de *Squalus acanthias*, *Mustelus schmitti* y *Galeorhinus vitaminicus* en el Mar Argentino en agosto-setiembre de 1978 (Chondrichthyes). *Revista del Museo de La Plata, Sección Zoología* 13(138): 151-182.
- Menni RC, MB Cousseau & AR Gosztanyi. 1986.** Sobre la biología de los tiburones costeros de la Provincia de Buenos Aires. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 213: 3-27.
- Miranda LW & CM Vooren. 2003.** Captura e esforço da pesca de elasmobrânquios demersais no sul do Brasil nos anos de 1975 a 1997. *Revista Frente Marítimo* 19: 217-232.
- Molina JM, GE Blasina & A Lopez-Cazorla. 2017.** Age and growth of the highly exploited narrownose smooth-hound (*Mustelus schmitti*) (Pisces: Elasmobranchii). *Fishery Bulletin* 115: 365-379.
- Moulton PL, TI Walker & SR Saddler. 1992.** Age and Growth Studies of Gummy Shark, *Mustelus antarcticus* Günther, and School Shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from Southern Australian Waters. *Marine and Freshwater Research* 43: 1241-1267.
- Natanson LJ, NE Kohler, D Ardizzone, GM Cailliet, SP Wintner & HF Mollet. 2006.** Validated age and growth estimates for the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the North Atlantic Ocean. *Environmental Biology of Fishes* 77: 367-383.
- Oddone MC, L Paesch & W Norbis. 2005.** Reproductive biology and seasonal distribution of *Mustelus schmitti* (Elasmobranchii: Triakidae) in the Rio de la Plata oceanic front, south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 1193-1198.
- Oddone MC, L Paesch, W Norbis & G Velasco. 2007.** Population structure, distribution and abundance patterns of the patagonian smoothhound *Mustelus schmitti* Springer, 1939 (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Triakidae) in the Rio de la Plata and inner continental shelf, SW Atlantic Ocean (34°30'-39°30'S). *Brazilian Journal of Oceanography* 55(3): 167-177.
- Officer RA, RW Day, JG Clement & LP Brown. 1997.** Captive gummy sharks, *Mustelus antarcticus*, form hypermineralised bands in their vertebrae during winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2677-2683.
- Paesch L & A Domingo. 2003.** La pesca de condrictios en el Uruguay. *Frente Marítimo* 19: 207-216.
- Pereyra I, L Orlando, W Norbis & L Paesch. 2008.** Variación espacial y temporal de la composición por tallas y sexos del gatuzo *Mustelus schmitti* (Springer, 1939) capturado por la pesca de arrastre en la costa oceánica uruguaya durante 2004. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(1): 159-166.
- Pereyra S, G García, P Miller, S Oviedo & A Domingo. 2010.** Low genetic diversity and population structure of the narrownose shark (*Mustelus schmitti*). *Fisheries Research* 106: 468-473.
- Pollon R, R Barreto, P Charvet, GE Chiaramonte, JM Cuevas, K Herman, S Montealegre-Quijano, F Motta, L Paesch & G Rincon. 2020.** *Mustelus schmitti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T60203A3092243 <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T60203A3092243.en>>

- R Core Team. 2012.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <<http://www.R-project.org/>>
- Ricker WE. 1975.** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 191: 1-382.
- Rigby CL, WT White, JJ Smart & CA Simpfendorfer. 2016.** Life histories of two deep-water Australian endemic elasmobranchs: Argus skate *Dipturus polyommata* and eastern spotted gummy shark *Mustelus walkeri*. Journal of Fish Biology 8: 1149-1174.
- Roa R, B Ernst & F Tapia. 1999.** Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin 97: 570-580.
- Romine JG, RD Grubbs & JA Musick. 2006.** Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in Hawaiian waters through vertebral analysis. Environmental Biology of Fishes 77: 229-239.
- Ruibal-Núñez J, ND Bovcon, PD Cochia & ME Góngora. 2016.** Bycatch of chondrichthyans in a coastal trawl fishery on Chubut Province coast and adjacent waters, Argentina. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 98(3): 605-616.
- Sanchez RP, G Navarro, E Calvo & F Del Castillo. 2011.** La pesca y comercialización de Condrictios en la Argentina. En: Wöhler OC, P Cedrola & MB Cosseau (eds). Contribuciones sobre la biología, pesca y comercialización de tiburones en Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional, pp. 151-184. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires.
- Segura AM & AC Milessi. 2009.** Biological and reproductive characteristics of the Patagonian smoothhound *Mustelus schmitti* (Chondrichthyes, Triakidae) as documented from an artisanal fishery in Uruguay. Journal of Applied Ichthyology 25(1): 78-82.
- Sidders MA, LL Tamini, JE Pérez & GE Chiaramonte. 2005.** Biología reproductiva del gatuzo *Mustelus schmitti* Springer, 1939 (Chondrichthyes Triakidae) en el área de Puerto Quequén, Provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 7: 89-101.
- Soriano M, J Moreau, JM Hoenig & D Pauly. 1992.** New functions for the analysis of two-phase growth of juvenile and adult fishes, with application to Nile perch. Transactions of the American Fisheries Society 121: 486-493.
- SSPyA. 2020.** Subsecretaría de Pesca y Acuicultura: Base de datos de la Estadística Pesquera, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina, Buenos Aires. <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/>.
- Stehmann MF. 2002.** Proposal of a maturity stages scale of oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Chondrichthyes). Archive of Fishery and Marine Research 50(1): 23-48.
- Sulikowski JA, MD Morin, SH Suk & WH Howell. 2003.** Age and growth of the winter skate, *Leucoraja ocellata*, in the Gulf of Maine. Fishery Bulletin 101: 405-413.
- Tanaka S & K Mizue. 1979.** Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* Bleeker in the East China Sea. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 45(1): 43-50.
- Taylor CC. 1958.** Cod growth and temperature. ICES Journal of Marine Science 23: 366-370.
- Van der Molen S & G Caille. 2001.** Bahía Engaño: a North Patagonian nursery area for the smoothhound *Mustelus schmitti* (Carcharhiniformes Triakidae). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 81: 851-855.
- Venables WN & BD Ripley. 2002.** Modern applied statistics with S, 498 pp. Springer, New York.
- Von Bertalanffy L. 1938.** A quantitative theory of organic growth. Human Biology 10: 181-213.
- Walker TI. 2007.** Spatial and temporal variation in the reproductive biology of gummy shark *Mustelus antarcticus* (Chondrichthyes: Triakidae) harvested off southern Australia. Marine and Freshwater Research 58: 67-97.
- Weigmann S. 2016.** Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. Journal of Fish Biology 88: 837-1037.
- Yamaguchi A, T Taniuchi & M Shimizu. 1996.** Age and growth of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from Tokyo Bay, Japan. Fisheries Science 62: 919-922.
- Yamaguchi A, T Taniuchi & M Shimizu. 2000.** Geographic variations in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from five localities in Japan and in Taiwan. Environmental Biology of Fishes 57: 221-233.
- Yudin KG & GM Cailliet. 1990.** Age and growth of the Gray Smoothhound, *Mustelus californicus*, and the brown Smoothhound, *M. henlei*, sharks from central California. Copeia 1990(1): 191-204.

Editor: Francisco Concha
 Recibido el 23 de septiembre 2020
 Aceptado el 15 de junio 2021