

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE *Sympterygia bonapartii* (RAJIDAE)*

por

NATALIA M. HOZBOR¹ y ANA M. MASSA

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP),
Paseo Victoria Ocampo N° 1, Escollera Norte, B7602HSA - Mar del Plata, Argentina
¹correo electrónico: nhozbor@inidep.edu.ar

SUMMARY

Estimate of growth parameters of *Sympterygia bonapartii* (Rajidae). The aim of this study was to determine the growth parameters of *Sympterygia bonapartii* using the reading of growth rings on vertebrae of fish caught in the area comprised between 34° S and 41° S, from the coastline to 50 m depth. To estimate age and growth, vertebrae reading of 304 males 20-72.9 cm total length (TL) and 248 females 20-78 cm TL was used. The growth curves were fitted to length-at-age data using the traditional models of three von Bertalanffy and Gompertz parameters and their variants to the size of the specimen at birth (L_0). The estimated parameters were $L_\infty = 79.8$ cm TL, $k = 0.146$ year⁻¹ and $L_0 = 11.8$ cm TL for males and $L_\infty = 92.6$ cm TL, $k = 0.122$ year⁻¹ and $L_0 = 8.82$ cm for females. Longevity was calculated at 19 and 24 years for males and females, respectively, and the age at first maturity at about 9 years for both sexes. Said parameters, that contribute to a better understanding of the species biology, can be used in future assessments of the population abundance.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar los parámetros de crecimiento de *Sympterygia bonapartii* utilizando la lectura de anillos de crecimiento en vértebras de ejemplares capturados en el área comprendida entre los 34° S y 41° S, desde la costa hasta los 50 m de profundidad. Para estimar la edad y el crecimiento se utilizó la lectura de vértebras de 304 machos de 20-72,9 cm de longitud total (LT) y 248 hembras de 20-78 cm de LT. Las curvas de crecimiento se ajustaron a datos de longitud por edad utilizando los modelos tradicionales de tres parámetros de von Bertalanffy y Gompertz y sus variantes a la longitud del ejemplar al nacer (L_0). Los parámetros estimados fueron $L_\infty = 79,8$ cm de LT, $k = 0,146$ año⁻¹ y $L_0 = 11,8$ cm de LT para machos y $L_\infty = 92,6$ cm LT, $k = 0,122$ año⁻¹ y $L_0 = 8,82$ cm de LT para hembras. La longevidad se calculó en 19 y 24 años para machos y hembras, respectivamente, y la edad de primera madurez en aproximadamente 9 años para ambos sexos. Dichos parámetros, que contribuyen a un mejor conocimiento de la biología de la especie, pueden utilizarse en futuras evaluaciones de abundancia poblacional.

Key words: Chondrichthyans, elasmobranchs, age determination, growth curves, Southwest Atlantic.

Palabras clave: Condriictios, elasmobranquios, determinación de edad, curvas de crecimiento, Atlántico Sudoccidental.

INTRODUCCIÓN

En el Mar Argentino y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay se distribuyen 32 especies de la Familia Rajidae (Clase Chondrichthyes) conocidas comúnmente como “rayas” (Menni y Stehmann, 2000; Díaz de Astarloa y Mabragaña, 2004; Cousseau *et al.*, 2007; Menni y Lucifora, 2007). Son especies particularmente vulnerables a la pesca de arrastre de fondo, debido a su morfología y estilo de vida demersal-bentónico (Walker y Hislop, 1998; Ebert *et al.*, 2008 a, b).

Las rayas, al igual que el resto de los condricios (tiburones y quimeras), presentan estrategias de vida caracterizadas por un crecimiento lento, maduración tardía, extensos períodos de gestación y baja fecundidad (Hoenig y Gruber, 1990). Debido a esto presentan una relación más directa entre el tamaño del *stock* de hembras maduras y el reclutamiento que la mayoría de los peces óseos de interés comercial (Jennings *et al.*, 1999; Frisk *et al.*, 2002). Por lo tanto, el tiempo de recuperación poblacional de las rayas puede ser más lento que los de la mayoría de los peces óseos.

Históricamente, este grupo de especies era descartado por la flota comercial o destinado a la producción de harina de pescado, pero desde 1994 es objeto de una presión pesquera cada vez más importante (Massa *et al.*, 2004). En 2014 se desembarcaron más de 16.338 t de rayas en puertos argentinos (Minagri, 2015).

Sympterygia bonapartii es una de las especies de rayas más desembarcadas por la flota que opera sobre el conjunto de peces demersales costeras de la Provincia de Buenos Aires (Massa *et al.*, 2001; Hozbor y Massa, 2012). Por ello, es fundamental avanzar en los estudios sobre la dinámica poblacional de las rayas bajo explotación pesquera, para lo cual es necesario la determinación de la edad, que permita estimar el crecimiento individual, la mortalidad y otros parámetros importantes para la evaluación de recursos (Holden y Raitt, 1975). En

los últimos años se ha avanzado en la determinación de edad en las especies de rayas de mayor importancia comercial como *Zearaja chilensis* (Zavatteri, 2010), *Atlantoraja castelnaui* (Hozbor y Massa, 2013) y algunas especies del Género *Bathyraja* (Bücker, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue determinar los parámetros de crecimiento de *S. bonapartii* a partir de ejemplares capturados en el área comprendida entre los 34° S y 41° S y desde la costa hasta los 50 m de profundidad, empleando la lectura de anillos de crecimiento en centros vertebrales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *S. bonapartii* analizados fueron obtenidos entre 2002 y 2007, tanto de campañas de investigación realizadas por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) como de la flota comercial que operó en el área comprendida entre los 34° S y 41° S (Figura 1). De cada individuo se registró la longitud total (cm), el peso (g) y el sexo. Para determinar la edad se extrajo una sección de la región anterior de la columna vertebral conteniendo de 5 a 10 vértebras torácicas. Las muestras fueron conservadas congeladas hasta su procesamiento en el laboratorio.

Las vértebras fueron descongeladas y luego procesadas para la extracción de los restos de tejidos y arco neural. Se limpiaron con una solución al 1% de endopeptidasa serina alcalina y una vez secas fueron montadas en resina epoxi para cortarlas sagitalmente a través del focus con una cuchilla de baja velocidad con filo diamante (Buehler Isomet).

La edad de los ejemplares se determinó contando el número de bandas hialinas menos uno, considerando que la primera banda hialina corresponde a la marca de nacimiento, la cual es observable como un cambio de ángulo en el borde externo del *corpus calcareum* (Matta y Gunderson, 2007).

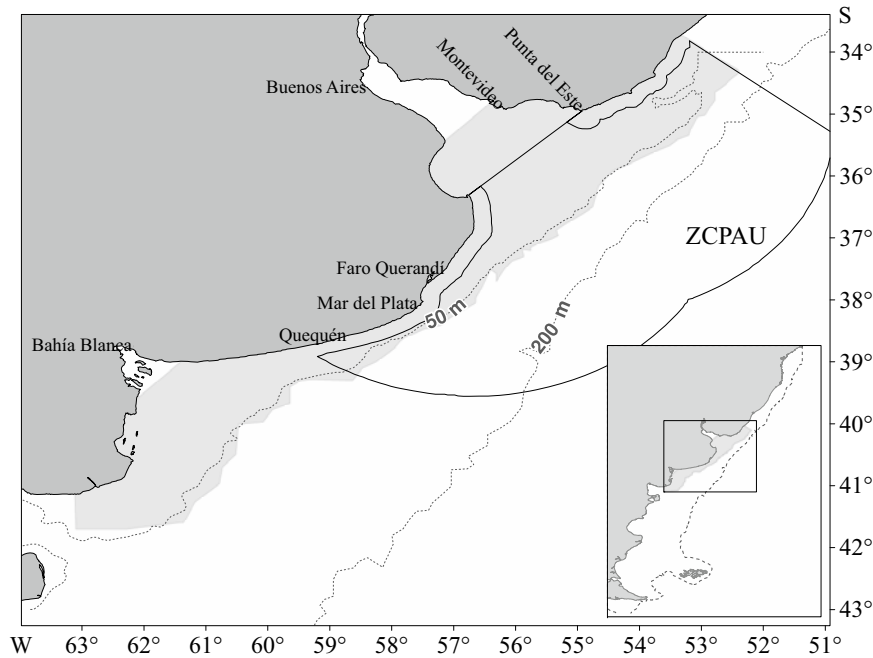


Figura 1. Plataforma continental bonaerense y uruguaya; en gris claro se indica el área de estudio. Se identifican las isobatas de 50 y 200 m y la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU).

Figure 1. Buenos Aires Province and Uruguayan continental shelf; the study area is indicated in light gray. The 50 and 200 m isobaths and the Argentine-Uruguayan Common Fishing Zone (ZCPAU) are identified.

Si bien existen varios modelos para describir el crecimiento en peces, las funciones de von Bertalanffy (MCVB) y de Gompertz (MCG) han sido las más aplicadas (Goldman, 2005). En el presente estudio se aplicaron dichos modelos con 3 y 2 parámetros, utilizando la parametrización con la longitud de nacimiento (L_0), como tercer parámetro (Fabens, 1965; Mollet *et al.*, 2002). La ventaja de utilizar esta parametrización en peces cartilaginosos es que la longitud de nacimiento generalmente es conocida y por lo tanto es fácil juzgar si el valor estimado del parámetro es un valor razonable (Cailliet *et al.*, 2006).

MCVB-3 parámetros:

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) * e^{-kt}$$

MCG-3 parámetros:

$$L_t = L_0 (e^{G(1-e^{-kt})}) \quad L_\infty = L_0 e^G$$

donde L_∞ , k y L_0 son los parámetros del modelo, y L_t es la longitud total a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica, L_0 es la longitud total al nacer, k (= g en Ricker, 1975) es el coeficiente de crecimiento y G es la tasa instantánea de crecimiento al tiempo t . Como valor fijo de L_0 se utilizó la longitud total media registrada en ejemplares nacidos en cautiverio (14 cm de LT) (Jañez y Sueiro 2007). Los parámetros de cada función fueron estimados utilizando el método de regresión no lineal por mínimos cuadrados en R (R Development Core Team, 2011).

La edad de madurez se estimó mediante la sustitución en la función de crecimiento, de la longitud media de madurez (LT50) estimada por Colonnello (2015). La longevidad (en años) se calculó como la edad teórica que alcanzarían los ejemplares con una longitud total igual al 95% de L_∞ (Natanson *et al.*, 2007). Se estimó despejando t en MCVB y MCG y sustituyendo L_t por $0,95 L_\infty$.

Los métodos utilizados como medida de bondad de ajuste de los modelos incluyeron el error medio cuadrado de los residuales (MSE), y el criterio de información de Akaike (AIC) (Carlson y Baremore, 2005; Cailliet *et al.*, 2006; Romine *et al.*, 2006; Matta y Gunderson, 2007).

Para comprobar si existen diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento entre sexos para cada modelo, se utilizó el test T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) con formulación propuesta por Cerrato (1990) de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T^2 = \frac{N_1 * N_2}{N_1 + N_2} [P_1 - P_2]' * S_{[P_1 - P_2]}^{-1} * [P_1 - P_2]$$

donde N_1 y N_2 representan la cantidad de ejemplares en los dos grupos comparados y $[P_1 - P_2]$ es el vector diferencia de los parámetros de crecimiento, $[P_1 - P_2]'$ es el vector transpuesto de $[P_1 - P_2]$ y $S_{[P_1 - P_2]}^{-1}$ es la matriz inversa de varianza-covarianza del vector diferencia de los parámetros de crecimiento.

Considerando “ H_0 : Igualdad de vectores de los parámetros de crecimiento entre los sexos”, la hipótesis H_0 es rechazada si T^2 es mayor al valor crítico T_0^2 , obtenido mediante la siguiente expresión:

$$T_0^2 = 3 * \left(\frac{N_1 + N_2 - 6}{N_1 + N_2 - 8} \right) * F_{\alpha(3, N_1 + N_2 - 6)}$$

donde F corresponde al percentil de la distribución de Fisher con 3 y $N_1 + N_2 - 6$ grados de libertad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 552 ejemplares de *S. bonapartii*, 248 hembras y 304 machos. Los ejemplares fueron representativos del rango de tallas, entre 20 y 78 cm de LT en hembras y entre 20 y 72,9 cm de

LT en machos (Figura 2). El 50% de los ejemplares correspondieron a individuos entre 46 y 68 cm de LT en hembras y en machos entre 47 y 62 cm de LT. La longitud de nacimiento (L_0) observada en cautiverio de esta especie fue de 14 cm de LT (Jañez y Sueiro, 2007), valor más bajo a lo observado como valores mínimos en el presente estudio, en el Golfo San Matías (Estalles, 2012) y en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay (Oddone y Velasco, 2004).

La estimación de la edad se hizo a partir de 544 ejemplares, 246 hembras y 298 machos, ya que se descartaron 8 centros vertebrales que resultaron poco legibles. En la Tabla 1 se presentan las longitudes totales promedio por edad y por sexo. En machos las edades estimadas variaron entre 1 y 11 años, predominando los ejemplares entre 5 y 9 años (82 % del total de machos). En hembras las edades variaron entre 1 y 14 años, siendo los individuos entre 6 y 10 años los más abundantes (70 %) (Figura 3). Las LT promedio por edad en machos y en hembras fueron similares hasta aproximadamente los 51 cm de LT, donde alcanzaron aproximadamente los 6 años. A partir de dicha edad las LT promedio de las hembras fueron ligeramente mayores que las de los machos. La hembra más grande alcanzó 78 cm de LT (8 años) y la de mayor edad, 71 cm de LT. En machos, la longitud máxima registrada fue de 72,9 cm de LT (11 años). Este dimorfismo sexual en tamaño máximo fue señalado por otros autores (Mabragaña *et al.*, 2002; Oddone y Velasco, 2004; Estalles, 2012; Basallo y Oddone, 2014)

Las edades máximas observadas en el presente estudio se encuentran dentro del rango de variabilidad determinado en otras especies de rayas (Cailliet y Goldman, 2004). En general, las especies de la Familia Rajidae alcanzan edades máximas de 15 años, excepto las especies del género *Dipturus* (Francis *et al.*, 2001; Licandeo *et al.*, 2006; Zavatleri, 2010).

Los modelos de crecimiento de Gompertz (MCG) y von Bertalanffy (MCVB) proporcionaron ajustes altamente significativos ($p <$

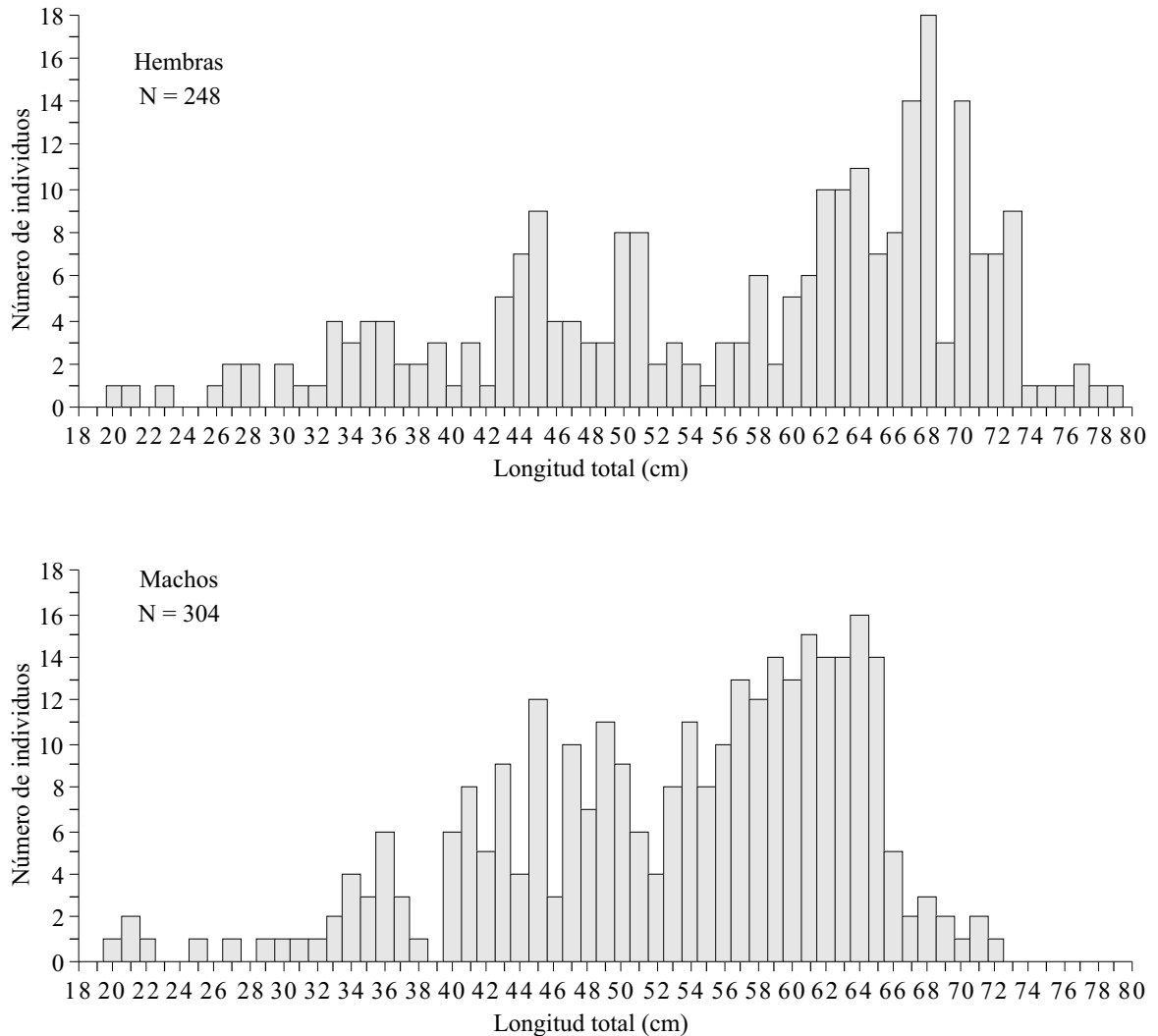


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas de *Sympterygia bonapartii* por sexo en el área comprendida entre los 34° S y 41° S.
Figure 2. Size frequency distribution of *Sympterygia bonapartii* per sex in the area comprised between 34° S and 41° S.

0,0001) y razonables a los datos observados de longitud por edad de *S. bonapartii* (Tabla 2).

Las longitudes asíntóticas (L_{∞}) estimadas a partir del MCVB-3 parámetros y con L_0 fijo (2 parámetros) fueron superiores a la longitud máxima observada tanto en machos (72,9 cm de LT) como en hembras (78 cm de LT) en este estudio (Figura 2). Sin embargo, en el área de estudio se han sido registrados hembras con longitudes máximas de 80,8 cm de LT y de 74,6 cm de LT en

machos (Mabragaña *et al.*, 2002). Longitudes máximas similares fueron observadas en la zona norte de estudio, 79 cm de LT en hembras y de 78 cm de LT en machos (Oddone y Velasco, 2004). En cambio los MCG-3 parámetros y con L_0 fijo (2 parámetros) proporcionaron valores de L_{∞} ligeramente inferiores a los observados en machos y próximos a las longitudes máximas observadas en el presente estudio en el caso de las hembras (Tabla 2).

Tabla 1. Longitud total promedio (cm) (Media), desvío estándar (DS), longitud mínima-máxima (Mín.-Máx.) y número de individuos (N°) de *Sympterygia bonapartii* por edad y sexo

Table 1. Average total length (cm) (Media), standard deviation (DS), minimum-maximum length (Mín.-Máx.) and number of individuals (N°) of *Sympterygia bonapartii* per age and sex.

Edad	Machos				Hembras			
	Media	DS	Mín.-Máx.	N°	Media	DS	Mín.-Máx.	N°
1	22,10	1,96	20-25,2	5	23,58	3,05	20-27,1	5
2	33,75	2,62	31,9-35,6	2	28,65	2,33	27-30,3	2
3	35,97	5,64	27,3-45,7	12	39,61	12,39	28,6-45,6	8
4	40,29	8,53	34,4-57,7	16	37,26	6,10	28,4-56,5	20
5	44,96	6,71	30,4-63,1	34	45,68	7,52	33,6-64	17
6	51,23	7,48	34,4-65,4	51	50,09	6,90	36,3-65,7	33
7	56,52	6,29	42,6-68	67	59,54	8,40	39,7-72	39
8	58,90	6,19	41,9-69,5	59	62,14	8,50	41-78	42
9	61,46	5,47	52,3-71,5	37	66,33	6,49	49,6-73	31
10	61,66	4,65	54,5-71,5	14	69,01	3,18	63,5-75	28
11	58,14	17,76	55,4-72,9	7	67,58	5,77	57-76,5	16
12					71,45	7,08	64,5-77,6	4
13					70,00	3,00	67-73	3
14					71,20			1

Los valores del coeficiente de crecimiento (k) determinados en este estudio están dentro de los esperados para las especies de la Familia Rajidae, los cuales varían de 0,019 a 0,5 años⁻¹, con valores medios de 0,14 años⁻¹ (DS = 0,1) en machos y de 0,12 años⁻¹ (DS = 0,07) en hembras (Frisk *et al.*, 2010). Serra-Pereira *et al.* (2005) estimaron los valores de k en *Raja clavata* entre 0,10 y 0,11 año⁻¹, Kadri *et al.* (2014) entre 0,11 y 0,14 año⁻¹ y en otras especies como *Malacoraja senta* los valores de k se estimaron en 0,12 año⁻¹ (Natanson *et al.*, 2007; Sulikowski *et al.*, 2007) y en *Leucoraja erinacea* un k = 0,19 año⁻¹ (Frisk y Miller, 2006).

Los valores estimados de la talla de nacimiento (L_0) fluctuaron entre 8,8 y 15,7 cm de LT, siendo el valor mínimo, levemente inferior a los valores registrados en cautiverio por (Jañez y Sueiro, 2007) (Tabla 2). Según Natanson *et al.* (2007), las

razones más frecuentes por la que las curvas de crecimiento no representan adecuadamente la L_0 son la variabilidad y la escasa representación de los ejemplares juveniles.

A partir de las longitudes medias de madurez determinadas por Colonello (2015) (62,3 cm de LT en machos y 63,4 cm de LT en hembras), se estimó la edad de madurez en *S. bonapartii* (Tabla 2). Estos valores coinciden con lo señalado por otros autores que determinaron que las especies de la Familia Rajidae tardarían entre 4 y 13 años en alcanzar la madurez sexual (Cailliet y Goldman, 2004; Frisk *et al.*, 2010). Sin embargo, en cautiverio y bajo la influencia de condiciones artificiales se ha documentado la aceleración de la tasa de crecimiento en varias especies de tiburones (Smith *et al.*, 2004) y en hembras de *S. bonapartii* en cautiverio alcanzaron la madurez en menos de 2 años de edad (Hozbor y Jañez, 2008).

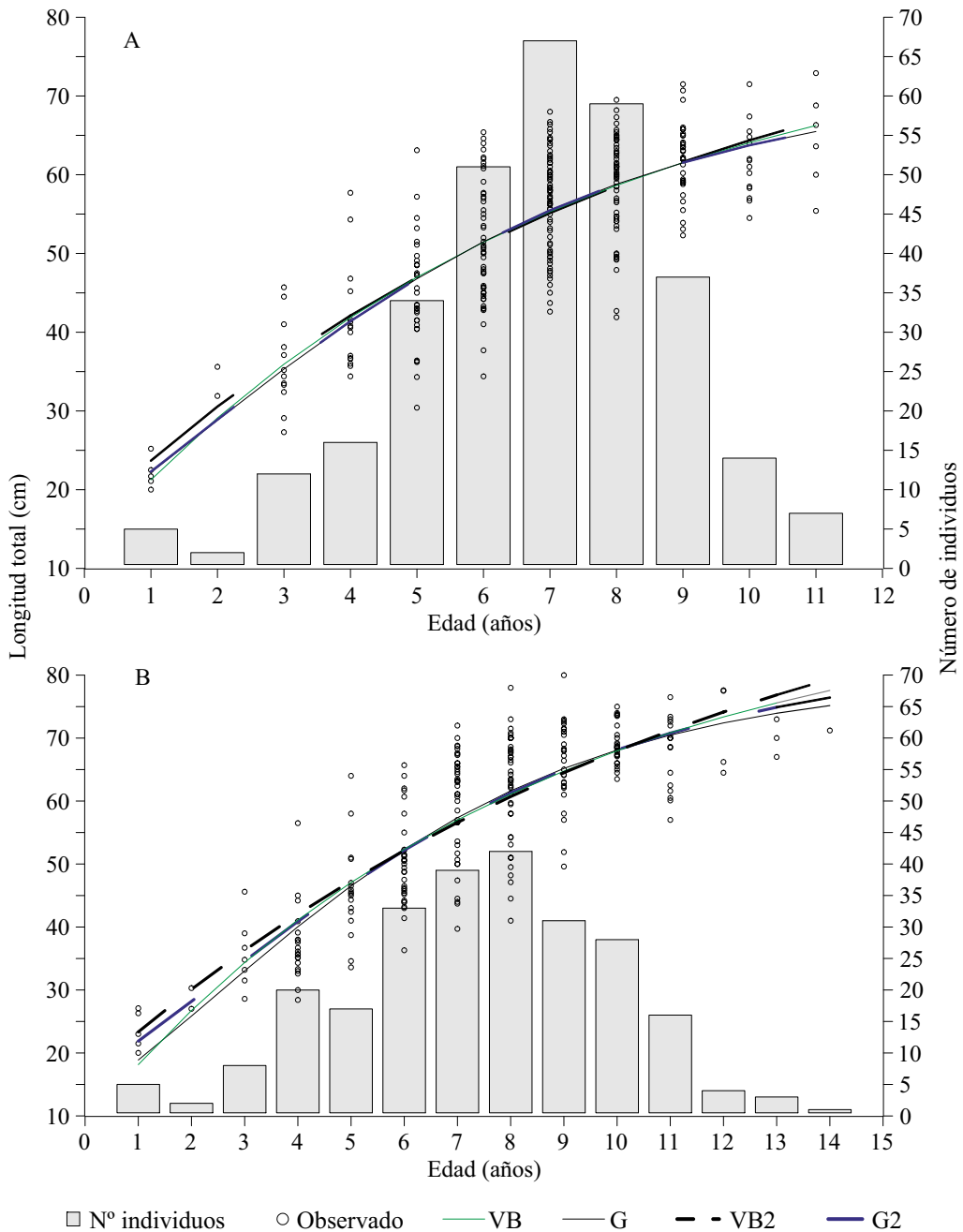


Figura 3. Curvas de crecimiento calculadas con los datos de talla-edad observados y distribución de individuos por edad estimada (años) de machos (A) y hembras (B) de *Sympterygia bonapartii*. Observado: datos observados; VB: von Bertalanffy con 3 parámetros; VB2: von Bertalanffy con 2 parámetros; G: Gompertz con 3 parámetros y G2: Gompertz con 2 parámetros.

Figure 3. Growth curves calculated with the data of size-age observed and distribution of individuals per age estimated (years) of males (A) and females (B) of *Sympterygia bonapartii*. Observed: data observed; VB: von Bertalanffy with 3 parameters; VB2: von Bertalanffy with 2 parameters; G: Gompertz with 3 parameters and G2: Gompertz with 2 parameters.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento estimados y medidas de bondad de ajuste de los modelos ajustados a datos de talla-edad de machos y hembras de *Sympterygia bonapartii*. AIC: criterio de información de Akaike, MSE: error medio cuadrático.

Table 2. Growth parameters estimated and fit goodness measures of the models fitted to length-at-age data of *Sympterygia bonapartii* males and females. AIC: Akaike information criterion, MSE: mean squared error.

Modelo	L_{∞} (cm)	k	L_0 (cm)	G	Longevidad (años)	Edad de madurez (años)	AIC	MSE
Machos N = 298								
Von Bertalanffy 3 parámetros	79,8***	0,146***	11,8***		19,4	9,2	1943	38,7
Von Bertalanffy con L_0 fijo ¹	82,7***	0,131***			21,3	9,2	1941	38,7
Gompertz 3 parámetros	71,7***	0,255***	15,7***	1,521	13,3	9,3	1941	38,4
Gompertz con L_0 fijo ¹	70,3***	0,277***		1,613	12,4	9,3	1939	38,4
Hembras N = 246								
Von Bertalanffy 3 parámetros	92,6***	0,122***	8,82***		23,7	8,6	1670	50,3
Von Bertalanffy con L_0 fijo ¹	101,8***	0,095***			29,9	8,7	1670	50,7
Gompertz 3 parámetros	79,7***	0,243***	13***	1,814	14,6	8,5	1662	48,7
Gompertz con L_0 fijo ¹	80,7***	0,232***		1,752	14,6	8,5	1660	48,7

¹ L_0 fijo = 14,0 cm de LT.

***Valor de $P < 0,001$.

La longevidad estimada mediante MCVB-3 fue de 19 años en machos y 23 años en hembras, mientras que con el MCG se obtuvieron estimaciones similares a las edades máximas observadas (Tabla 2). Si bien las edades máximas observadas podrían ser un indicador de la longevidad de la especie, por lo general este valor se encuentra subestimado debido a la dificultad de tener acceso a los individuos de mayores longitudes de una población (Natanson *et al.*, 2007).

La estimación de los parámetros de crecimiento basados en el uso de diferentes modelos incluye la estimación de los indicadores de robustez del ajuste (MSE, AIC), cuyos valores más bajos, se consideran como el mejor modelo que describe el crecimiento de la especie (Katsanevakis, 2006; Thorson y Simpfendorfer, 2009). En el presente estudio, si bien el MCG presentó el mayor sustento estadístico, biológicamente subestimó el valor de L_{∞} en el caso de los machos y estimó las lon-

gevidades teóricas similares a las edades máximas observadas en ambos sexos. Por lo tanto, y según lo señalan varios autores, la elección del mejor modelo de crecimiento debería basarse en la decisión del investigador, fundada en el conocimiento de la especie para interpretar la viabilidad de los parámetros estimados y bondad de ajuste (Wang y Milton, 2000; Katsanevakis y Maravelias, 2008). Para este estudio, se consideró al MCVB-3 como el mejor modelo que describe el crecimiento de *S. bonapartii* (Tabla 2). Dicho modelo también ha sido elegido en otras especies de rayas como *Bathyrāja trachura* (Davis *et al.*, 2007), *Malacoraja senta* (Natanson *et al.*, 2007) y *Raja stellulata* (James *et al.*, 2013).

Finalmente, al comparar los parámetros de crecimiento del mejor modelo (MCVB con 3) entre sexos, se observó que el estadístico T^2 (7,66) es menor que el valor crítico T_0^2 (7,89) por lo que se acepta la hipótesis nula. Esto es, el conjunto de

parámetros de crecimiento de machos y hembras no son significativamente diferentes, lo que concuerda con la falta de dimorfismo sexual en la talla de madurez, observada previamente (Mabragaña *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

El presente estudio proporciona la primera estimación de parámetros de crecimiento de *S. bonapartii*, a partir de la lectura de anillos de crecimiento en vértebras. Estos parámetros serán la base para aplicar modelos demográficos y de dinámica población tendientes a conocer el potencial de explotación de este recurso. Las características de historia de vida de *S. bonapartii* que incluyen un crecimiento moderado (0,122 y 0,146 año⁻¹ en hembras y machos), madurez tardía (aproximadamente 9 años) y longevidad moderada, comparada con otras especies de la Familia Rajidae, refuerzan la necesidad de aplicar medidas de manejo conservativas para esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- BASALLO, A. & ODDONE, M.C. 2014. Reproductive biology of the skates *Sympterygia acuta* Garman, 1877 and *S. bonapartii* Müller & Henle, 1841 (Chondrichthyes: Rajoidei) in south Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 12 (4): 771-712.
- BERNARD, D.R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 233-236.
- BÜCKER, A. 2006. Age and growth of skates of the genus *Bathyraja* in Argentina. M.Sc. Thesis, Faculty for Biology and Chemistry, University of Bremen, 56 pp.
- CAILLIET, G.M. & GOLDMAN, K.J. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: CARRIER, J.C., MUSICK, J.A. & HEITHAUS, M.R. (Eds.). *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton: 399-447.
- CAILLIET, G.M., SMITH, W.D., MOLLET, H.F. & GOLDMAN, K.J. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ. Biol. Fish.*, 77 (3): 211-228.
- CARLSON, J.K. & BAREMORE, I.E. 2005. Growth dynamics of the spinner shark (*Carcharhinus brevipinna*) off the United States southeast and Gulf of Mexico coasts: a comparison of methods. *Fish. Bull.*, 103: 280-291.
- CERRATO, R.M. 1990. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1416-1426.
- COLONELLO, J.C. 2015. Longitud de madurez sexual y ciclo reproductivo de la raya marmolada *Sympterygia bonapartii*. Inf. Invest. INIDEP N° 22/2015, 12 pp.
- COUSSEAU, M.B., FIGUEROA, D.E., DIAZ DE ASTARLOA, J., MABRAGANA, E. & LUCIFORA, L.O. 2007. Rayas, chuchos y otros batoideos del Atlántico Sudoccidental (34° S-55° S). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, 102 pp.
- DAVIS, C.D., CAILLIET, G.M. & EBERT, D.A. 2007. Age and growth of the roughtail skate *Bathyraja trachura* (Gilbert 1892) from the eastern North Pacific. *Environ. Biol. Fish.*, 80: 325-336.
- DÍAZ DE ASTARLOA, J. & MABRAGANA, E. 2004. *Bathyrajaousseauae* sp.n.: a new softnose skate from the Southwestern Atlantic (Rajiformes, Rajidae). *Copeia*, 2004 (2): 326-335.
- EBERT, D.A., COMPAGNO, L.J.V. & COWLEY, P.D. 2008 a. Aspects of the reproductive biology of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei) from southern Africa. *ICES J. Mar. Sci.*, 65: 81-102.

- EBERT, D.A., SMITH, W.D. & CAILLIET, G.M. 2008 b. Reproductive biology of two commercially exploited skates, *Raja binoculata* and *R. rhina*, in the western Gulf of Alaska. *Fish. Res.*, 94: 48-57.
- ESTALLES, M.L. 2012. Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 168 pp.
- FABENS, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth (Lake-land)*, 29: 265-289.
- FRANCIS, M.P., MAOLAGÁIN, C.Ó. & STEVENS, D. 2001. Age, growth, and sexual maturity of two New Zealand endemic skates, *Dipturus nasutus* and *D. innominatus*. *N. Z. J. Mar. Freshwat. Res.*, 35: 831-842.
- FRISK, M.G. & MILLER, T.J. 2006. Age, growth, and latitudinal patterns of two Rajidae species in the northwestern Atlantic: little skate (*Leucoraja erinacea*) and winter skate (*Leucoraja ocellata*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 63: 1078-1091.
- FRISK, M., MILLER, T., & FOGARTY, M. 2002. The population dynamics of little skate *Leucoraja erinacea*, winter skate *Leucoraja ocellata*, and barndoor skate *Dipturus laevis*: predicting exploitation limits using matrix analyses. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 576-586.
- FRISK, M.G., CARRIER, J.F., MUSIK, J.A. & HEITHAUS, M. 2010. Life history strategies of batoids. *Sharks and their Relatives. II. Biodiversity, adaptive physiology, and conservation*. CRC Press, Boca Raton, 283-318.
- GOLDMAN, K.J. 2005. Age and growth of elasmobranch fishes. En: *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fish. Tech. Pap., 474: 76-103.
- HOENIG, J.M., & GRUBER, S. H. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 90: 1-16.
- HOLDEN, M., & RAITT, D. 1975. *Manual de Ciencia Pesquera. Parte II. Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. FAO Doc. Téc. Pesca (115), Rev. 1, 211 pp.
- HOZBOR, N.M. & MASSA, A.M. 2012. Explotación del conjunto de especies de la Familia Rajidae por parte de la flota argentina. Período 1992-2011. *Inf. Invest. INIDEP N° 55/2012*, 16 pp.
- HOZBOR, N.M. & MASSA, A.M. 2013. Edad y crecimiento de *Atlantoraja castelnaui* (Chondrichthyes, Rajidae), en el Atlántico Sudoccidental. *Inf. Invest. INIDEP N° 21/2013*, 16 pp.
- HOZBOR, N. & YAÑES, J. 2008. Age and growth estimates for the smallnose fanskate, *Sympterygia bonapartii* in the South-west Atlantic and derived from captive born. En: *24th Annual Meeting of the American Elasmobranch Society, Montreal, Canadá, Resúmenes: 223*.
- JAMES, K.C., EBERT, D.A., NATANSON, L.J. & CAILLIET, G.M. 2013. Age and growth characteristics of the Starry Skate, *Raja stellulata*, with a description of life history and habitat trends of the central California, U.S.A., skate assemblage. *Environ. Biol. Fish.*, 97: 435-448.
- JAÑEZ, J. & SUEIRO, M. 2007. Size at hatching and incubation period of *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae) bred in captivity at the Temaikén Aquarium. *J. Fish Biol.*, 70: 648-650.
- JENNINGS, S., GREENSTREET, S.P.R. & REYNOLDS, J.D. 1999. Structural change in an exploited fish community: a consequence of differential fishing effects on species with contrasting life histories. *J. Anim. Ecol.*, 68: 617-627.
- KADRI, H., MAROUANI, S., SAÏDI, B., BRADAI, M.N., BOUAÏN, A. & MORIZE, E. 2014. Age, growth, sexual maturity and reproduction of the thornback ray, *Raja clavata* (L.), of the Gulf of Gabès (south-central Mediterranean Sea). *Mar. Biol. Res.*, 10: 416-425.
- KATSANEVAKIS, S. 2006. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and

- model selection uncertainty. *Fish. Res.*, 81: 229-235.
- KATSANEVAKIS, S. & MARAVELIAS, C.D. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish Fish.*, 9: 178-187.
- LICANDEO, R., LAMILLA, J., RUBILAR, P. & VEGA, R. 2006. Age, growth, and sexual maturity of the yellownose skate *Dipturus chilensis* in the south-eastern Pacific. *J. Fish Biol.*, 68: 488-506.
- MABRAGAÑA, E., LUCIFORA, L. & MASSA, A. 2002. The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the south-west Atlantic. *J. Fish Biol.*, 60: 951-967.
- MASSA, A., HOZBOR, N. & COLONELLO, J. 2004. Situación actual y avances en el estudio de los peces cartilaginosos. *Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 57/2004*, 18 pp.
- MASSA, A.M., HOZBOR, N.M. & LASTA, C. 2001. Explotación de rayas en la plataforma Argentina. *INIDEP Inf. Téc.*, 53, 7 pp.
- MATTA, M. E. & GUNDERSON, D.R. 2007. Age, growth, maturity, and mortality of the Alaska skate, *Bathyrhaja parmifera*, in the eastern Bering Sea. *Environ. Biol. Fish.*, 80: 309-323.
- MENNI, R.C. & LUCIFORA, L.O. 2007. Condrictios de la Argentina y Uruguay: lista de trabajo.
- MENNI, R.C. & STEHMANN, M.F.W. 2000. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review. *Rev. Mus. La Plata (Nueva Ser.) (Secc. Zool.)* 2: 69-109.
- MOLLET, H., EZCURRA, J. & O'SULLIVAN, J. 2002. Captive biology of the pelagic stingray, *Dasyatis violacea* (Bonaparte, 1832). *Mar. Freshwat. Res.*, 53: 531-541.
- MINAGRI (MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA). 2015. [web en línea]. Desembarques de capturas marítimas totales. <http://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/lectura.php?imp=1&tabla=especie_puerto_2014>. [Consulta: 29 abril 2015].
- NATANSON, L.J., SULIKOWSKI, J.A., KNEEBONE, J.R. & TSANG, P.C. 2007. Age and growth estimates for the smooth skate, *Malacoraja senta*, in the Gulf of Maine. *Environ. Biol. Fish.*, 80: 293-308.
- ODDONE, M.C. & VELASCO, G. 2004. Size at maturity of the smallnose fanskate *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Pisces, Elasmobranchii, Rajidae) in the SW Atlantic. *ICES J. Mar. Sci.*, 61: 293-296.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing. Available online at <http://www.R-project.org/>.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *B. Fish. Res. Board Can.*, 191, 382 pp.
- ROMINE, J.G., GRUBBS, R.D. & MUSICK, J.A. 2006. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in Hawaiian waters through vertebral analysis. *Environ. Biol. Fish.*, 77 (3): 229-239.
- SERRA-PEREIRA, B., FIGUEIREDO, I., BORDALO-MACHADO, P., FARIAS, I., MOURA, T. & GORDO, L.S. 2005. Age and growth of *Raja clavata* Linnaeus, 1758 - evaluation of ageing precision using different types of caudal denticles. *ICES CM Documents*, 17: 1-10.
- SMITH, M., WARMOLTS, D., THONEY, D. & HUEFTER, R. 2004. The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives. Ohio Biological Survey, Columbus, 589 pp.
- SULIKOWSKI, J.A., IRVINE, S.B., DE VALERIO, K.C. & CARLSON, J.K. 2007. Age, growth and maturity of the roundel skate, *Raja texana*, from the Gulf of Mexico, USA. *Mar. Freshwat. Res.*, 58: 41-53.
- THORSON, J.T. & SIMPFENDORFER, C.A. 2009. Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. *Fish. Res.*, 98: 75-84.
- WALKER, P. & HISLOP, J. 1998. Sensitive skates or resilient rays? Spatial and temporal shifts in ray species composition in the central and

- north-western North Sea between 1930 and the present day. ICES J. Mar. Sci., 55: 392-402.
- WANG, Y.G. & MILTON, D.A. 2000. On comparison of growth curves: How do we test whether growth rates differ? Fish. Bull., 98: 874-880.
- ZAVATTERI, A. 2010. Estudio de edad y crecimiento de la raya hocicuda *Dipturus chilensis* (Guichenot, 1848) en el Atlántico Sudoccidental (34°-55° LS y 52°-69° LW). Seminario de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, 63 pp.
- Recibido: 29-06-2015*
Aceptado: 29-12-2015