INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número	Páginas	Fecha de aprobación
46	13	02 AGO 2019

Dirección: DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES

Programa / Gabinete: Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos

Actividad: AUST 20 y 21

ESTRUCTURA DE EDADES Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) CAPTURADA POR LA FLOTA COMERCIAL - AÑO 2017-

En este trabajo se presentan las estimaciones de los parámetros de crecimiento, de primera madurez y mortalidad de la merluza negra, a partir de datos colectados en las capturas comerciales durante el año 2017. Los ejemplares analizados presentaron longitudes comprendidas entre 31 y 187 cm de LT y edades entre tres y 18 años. La edad cinco fue la más frecuente en la submuestra, la cual representó aproximadamente el 30% del total de los individuos. Los parámetros del modelo de crecimiento estimados fueron: Linf: 247,4; k: 0,05; t_0: -0,18 en sexos agrupados. Los valores de longitud y edad de primera madurez para el total de los individuos fueron 75,8 cm de LT y 7,4 años, respectivamente. La tasa instantánea de mortalidad natural estimada varió entre 0,1 y 0,15 año^{-1}. En la captura total anual, el rango de longitud de los individuos de merluza negra analizados estuvo comprendido entre 25 y 232 cm, y la edad nueve fue la más frecuente, representando un 21% del total de los individuos ponderados a la captura.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

SOLICITADO POR — Institución: — Cargo:

PREPARADO POR

Firma:
Nombre: RUOCCO, NATALIA

Firma:
Nombre: ZUMPANO, FRANCISCO

Firma:
Nombre: DI LEVA, LILIANA VERONICA

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Dra. ANALIA ROSA GIUSSI
DIRECCIÓN PESQUERIAS DEMERSALES
Director de área

Dra. CLAUDIA RAQUEL GARDOZZA
Dirección Nacional Investigación
INIDEP
Director Nacional de Investigación

CL (RE) HECTOR MARCELO LOBBOSCO
INTERVENTOR
INIDEP
Director del INIDEP

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

ESTRUCTURA DE EDADES Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) CAPTURADA POR LA FLOTA COMERCIAL - AÑO 2017

Ruocco, Natalia; Zumpano, Francisco y Di Leva, Ileana

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

INTRODUCCIÓN

La merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) pertenece a los peces de la familia Nototheniidae. Es una especie que posee una amplia distribución geográfica en el Hemisferio Sur, en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico y al norte de la Convergencia Antártica (Oyarzún *et al.*, 1988). Su distribución en el Atlántico se relaciona con la Corriente de Malvinas y se extiende entre los 37° y 48°S en la zona del talud, y entre los 48° y 56°S sobre talud y plataforma (Otero *et al.*, 1982). Las mayores concentraciones de la especie se ubican en el talud bonaerense, al sur de las Islas Malvinas y entre el Banco Burdwood e Isla de los Estados (Prenski & Almeyda, 2000).

Desde el punto de vista batimétrico, la merluza negra se distribuye en profundidades que fluctúan entre 80 y 2.500 m (Prenski & Almeyda 2000, Collins *et al.*, 2010). Se ha sugerido que la misma realiza cambios de hábitat, condicionados por las edades, generando distribuciones diferenciales entre adultos y juveniles (Horn, 2002; Collins *et al.*, 2010). Durante su ontogenia realiza migraciones verticales que consisten en un comportamiento pelágico en las fases tempranas de crecimiento y uno demersal de profundidad durante su desarrollo adulto (Arkhipkin *et al*., 2003).

Presenta características de historia de vida tales como crecimiento lento, baja fecundidad, madurez tardía y una longevidad, que la convierte en un recurso altamente vulnerable. Además, puede alcanzar longitudes de 200 cm o más, que sumado a la alta calidad de su carne, llevó al desarrollo de pesquerías desde mediados de la década de 1980 hasta la actualidad, en toda su área de distribución (Collins *et al.*, 2010).

En el Atlántico Sudoccidental, a comienzos de la década de 1990, la especie era capturada incidentalmente, hasta que, a partir del año 1993, con la incorporación de buques en la flota Argentina, se la comenzó a capturar de forma dirigida, como especie objetivo (Di Marco *et al*., 2017). En el INIDEP, a partir del año 2004, se iniciaron las estimaciones de la abundancia del efectivo de merluza negra, mediante un modelo de producción de biomasa estructurado por edades (Martinez *et al.*, 2011). Por lo tanto, la determinación de la edad es clave para obtener calidad en la estimación de los parámetros biológicos de la población y para lograr evaluaciones de la abundancia más precisas.

Con el fin de contribuir con el manejo sustentable de la pesquería, el objetivo de este trabajo fue determinar la edad en las capturas de merluza negra, así como también estimar los parámetros de crecimiento, madurez y la tasa instantánea de mortalidad natural durante el año 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó a partir de datos colectados por observadores del INIDEP en el marco del Programa “Observadores a Bordo de Buques comerciales”. Se obtuvieron 2.378 submuestras de las capturas de merluza negra, derivadas de 94 lances efectivos en 13 mareas realizadas durante el año 2017. De cada ejemplar, se registró longitud total (LT, en cm), peso (en g), sexo, estadio de madurez gonadal y se extrajeron los otolitos *sagittae*, para la posterior determinación de la edad. Además, se estimaron las distribuciones de longitudes de merluza negra.

En el Gabinete de Lecturas de Edades, se procesaron los otolitos de cada submuestra de merluza negra, siguiendo la metodología de inclusión, corte y lectura propuesta por Cassia (2006). La lectura de los mismos se llevó a cabo mediante la utilización de un microscopio estereoscópico de discusión con un aumento de 10X, y fue efectuada por dos observadores, en forma

independiente. Sólo se consideraron aquellos otolitos en los que existió coincidencia en las dos lecturas. Las discrepancias o la imposibilidad en la identificación de los anillos de crecimiento, motivaron su exclusión de los análisis posteriores.

A partir de los datos obtenidos de dichas lecturas, se procedió a la asignación de edad de los individuos, incluyéndose cada uno dentro del grupo de edad correspondiente. Para ello, se asignó, como fecha de cumpleaños, el 1° de agosto (Cassia, 2006).

Se elaboraron claves longitud/edad discriminadas por sexos y para el total de los individuos. Luego, se calcularon las longitudes medias, las varianzas y el número de individuos por grupo de edad.

La estimación de los parámetros de crecimiento se efectúo en ambos sexos agrupados. Los datos de longitud media por edad fueron ajustados al modelo de von Bertalanffy:

$$LT(t) = L_\infty \ (1\text{-}\exp^{(-K\,(t-t_0))})$$

donde LT(t) corresponde a la longitud total del pez a la edad *t*, L_∞ es la longitud asintótica teórica, *K* es la constante metabólica (coeficiente de crecimiento) que mide la rapidez con que se alcanza L_∞, *t* representa la edad de los peces, medida en años, y t_0 llamado parámetro de condición inicial, es la edad teórica del pez a la longitud cero. El ajuste de los mismos fue realizado mediante el método de mínimos cuadrados, se utilizó la técnica de remuestreo *bootstrap* (n=10.000) obteniéndose una distribución para cada parámetro. Dicho análisis fue efectuado con el programa R (versión 3.5.1), utilizando los paquetes “FSA” (Ogle *et al.,* 2018), “nlstools” (Baty *et al.,* 2015) y “dplyr” (Wickham *et al.,* 2018).

Se estimó la longitud y la edad de primera madurez (LT_{50}, E_{50}), mediante la utilización del método de máxima verosimilitud de las proporciones de individuos maduros por clases de longitudes y edades observadas. Las curvas, los parámetros de crecimiento y de madurez correspondientes a cada sexo se compararon mediante un test de razón de verosimilitudes (chi-cuadrado, χ^2).

Se determinó la tasa instantánea de mortalidad natural M a partir de dos estimadores globales y uno por edad. Para ello se empleó el programa *Mstat versión 1.3 270812* (Aubone, 2012), el cuál utiliza la matriz de covarianza obtenida de la estimación de los parámetros de crecimiento. Los métodos considerados fueron los siguientes:

- ✓ Pauly (1980):

$$M = 10^{(-0{,}0066 - 0{,}279\log_{10}(L_\infty) + 0{,}645\log_{10}(K) + 0{,}463\log_{10}(T))}$$

donde T es la temperatura media anual en la superficie del mar, medida en grados centígrados, la cual se encuentra incluida como un factor que influye en la mortalidad natural, L_∞ y K son los parámetros de crecimiento.

- ✓ Jensen (1996):

$$M = 1{,}5K$$

donde la relación entre M y K surge de relaciones ecológicas fundamentales entre los parámetros de historia de vida de una especie.

- ✓ Chen y Watanabe (1989):

$$a_0 = 1 - e^{-K(t_M - t_0)}$$

$$a_1 = K * e^{-K(t_M - t_0)}$$

$$a_2 = \frac{1}{2}K^2 * e^{-K(t_M - t_0)}$$

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

$$t_M = -\frac{1}{K}\ln\left[1 - e^{(-Kt_0)}\right] + t_0$$

$$M = \frac{K}{a_0 + a_2(t - t_M) + a_2(t - t_M)^2}\ ,t \geq t_M$$

$$M = \frac{K}{1 - e^{-K(t-t_0)}}\ ,t \leq t_M$$

donde t_0 representa el parámetro de condición inicial de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y t_M es la edad de intersección entre las fases de crecimiento estable y de senescencia. Mediante dicha ecuación M puede ser asumida como variable para cada edad estimada a partir de los parámetros de crecimiento de la especie.

Por último se elaboró la distribución de longitudes de merluza negra ponderada a la captura.

RESULTADOS

El rango de longitud total (LT) de los individuos analizados estuvo comprendido entre 31 y 187 cm de LT. La distribución fue bimodal, con una moda principal entre los 45 y 60 cm de LT y otra secundaria entre los 85 y 100 cm de LT (Figura 1).

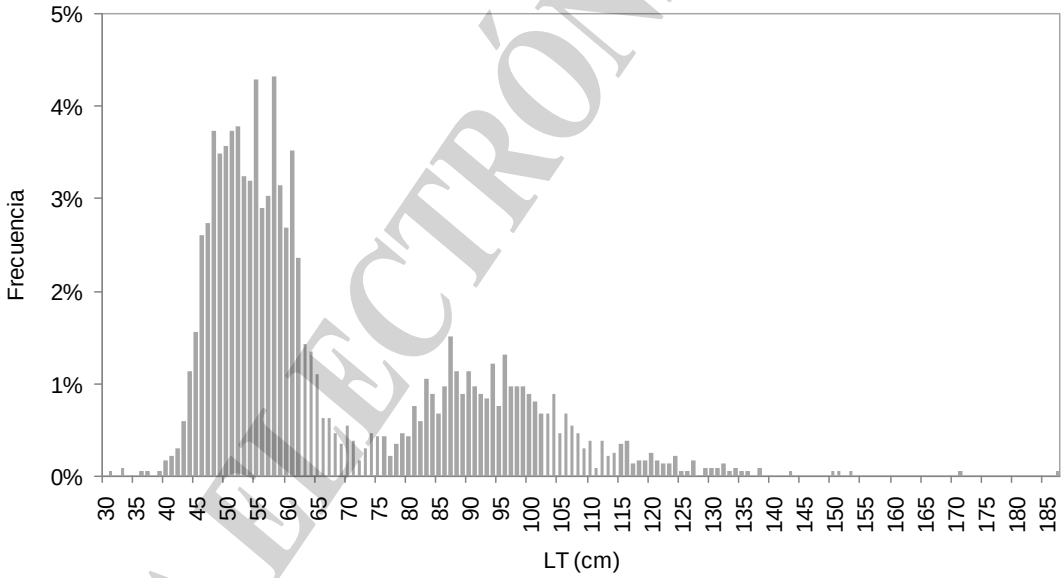

Figura 1. Distribución de frecuencia (%) de longitudes totales de la submuestra de *D. eleginoides*. Año 2017.

Para determinar la edad, se utilizaron 2.378 otolitos, de los cuales se descartó el 11% por presentar zonas ilegibles o debido a que las dos lecturas realizadas no coincidieron. En el análisis de la edad se utilizaron 2.105 muestras, 1.200 hembras y 905 machos.

En ambos sexos, la edad mínima registrada fue de tres años y la máxima de 18 (Tabla 1, Figura 2). Dado el bajo número de individuos longevos en ambos sexos, solo se estimaron los parámetros de crecimiento para el total de los individuos.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 1. Longitud media, varianza y número de ejemplares estimados por grupo de edad en machos, hembras y ambos sexos agrupados de merluza negra. Año 2017.

	Machos			Hembras			Sexos agrupados		
EDAD	LT (cm)	Var	n	LT (cm)	Var	n	LT (cm)	Var	n
3	42,5	13,9	6	33,5	6,3	4	38,9	31,4	10
4	46,8	5,9	159	47,7	6,5	167	47,3	6,4	326
5	53,6	11,0	291	54,4	12,7	399	54,1	12,1	690
6	60,6	12,6	98	61,2	13,3	254	61,0	13,1	352
7	74,3	31,4	30	71,4	28,9	53	72,4	31,4	83
8	83,8	18,5	88	86,6	41,4	68	85,1	30,2	156
9	90,4	22,6	104	93,7	31,7	95	92,0	29,7	199
10	96,9	43,8	43	100,5	36,2	75	99,2	41,6	118
11	101,1	23,2	38	105,4	30,3	26	102,8	30,4	64
12	107,3	39,7	15	113,1	72,4	20	110,6	65,0	35
13	110,8	93,3	13	119,1	79,1	14	115,1	100,4	27
14	120,5	45,7	8	123,3	32,0	11	122,1	37,5	19
15	123,8	73,6	8	135,6	367,6	7	129,3	231,6	15
16	138,5	264,5	2	129,5	40,5	2	134,0	128,7	4
17	-	-	-	138,5	169,7	4	138,5	169,7	4
18	126,5	84,5	2	187,0	-	1	146,7	1262,3	3

Los parámetros de crecimiento estimados a partir de la técnica de *bootstrap* y sus respectivos intervalos de confianza se encontraron dentro de los valores esperados para la especie (Tabla 2). Se utilizó la mediana para devolver la tendencia central, ya que la distribución numérica tiene valores atípicos en los extremos. La distribución de los parámetros estimados por dicho método presentó una buena aproximación a una distribución normal (Figura 3).

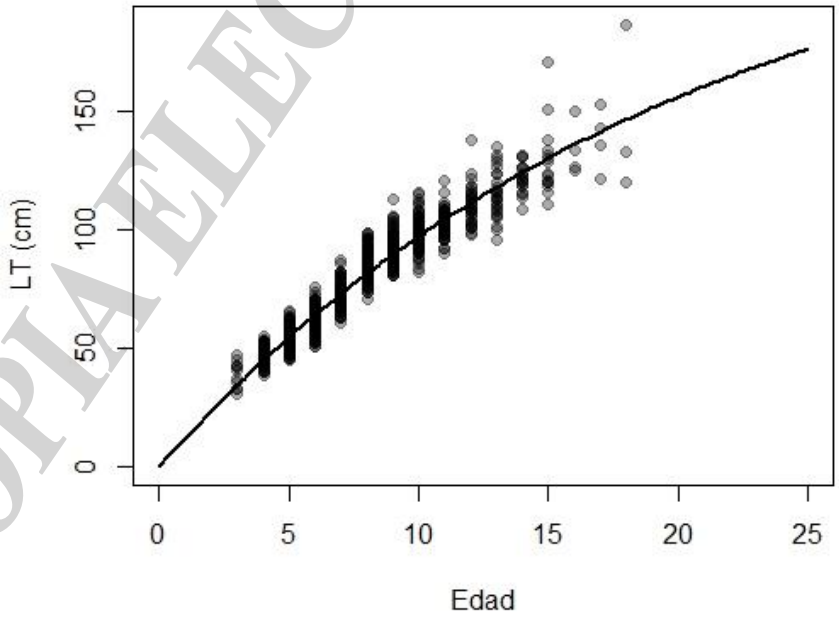

Figura 2. Curva de crecimiento estimada de merluza negra para individuos totales.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 2. Mediana de los parámetros de crecimiento en longitud, del modelo de von Bertalanffy estimados a partir de *bootstrap* e intervalos de confianza percentiles de merluza negra.

Parámetro	Mediana	2,5%	97,5%
L_∞	247,36	227,54	274,12
K	0,05	0,04	0,06
t_0	-0,18	-0,20	0,15

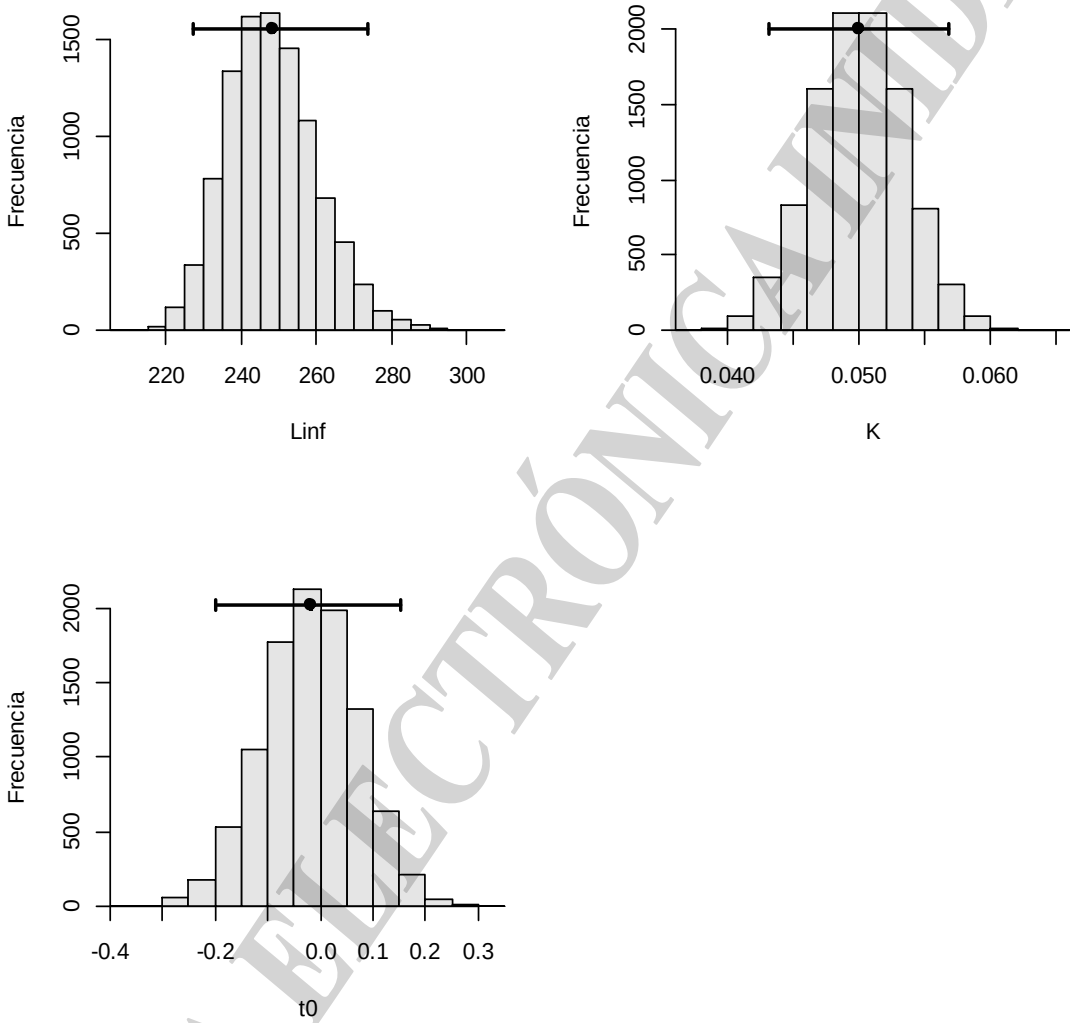

Figura 3. Distribución de los parámetros estimados a partir la técnica de remuestreo *bootstrap*. El punto negro indica la mediana y las líneas los intervalos de confianza percentiles (2,5% y 97,5%).

La edad cinco fue la más frecuente en ambos sexos, la cual representó aproximadamente el 30%. Las edades extremas de la distribución estuvieron escasamente representadas (Figura 4).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

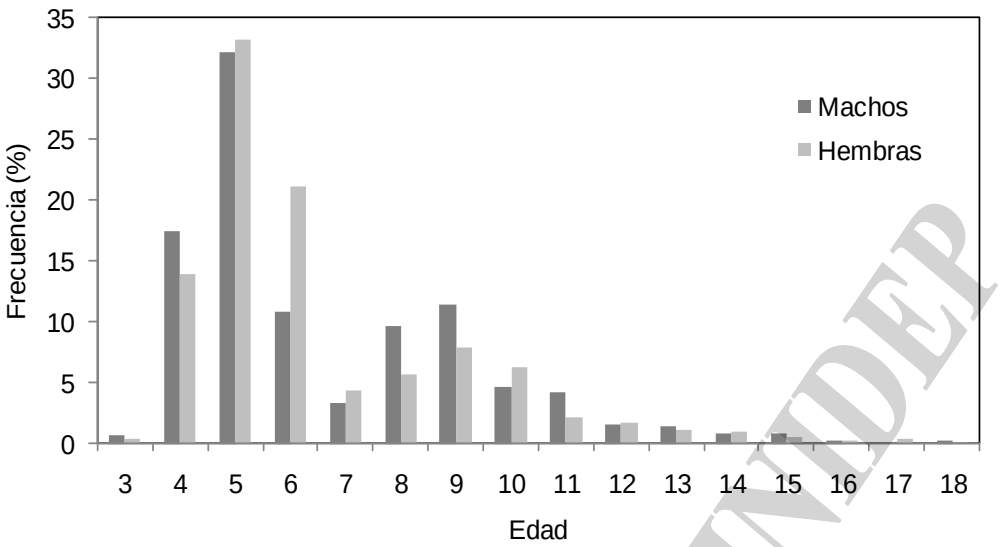

Figura 4. Distribuciones de frecuencia (%) por edad de machos y hembras de merluza negra. Año 2017.

El peso máximo registrado en las muestras de merluza negra fue de 70.810 g y correspondió a una hembra de 187 cm de LT y de 18 años de edad, mientras que el valor mínimo fue de 235 g, y perteneció a una hembra de 31 cm de LT y de tres años de edad.

La LT_{50} en hembras fue de 75 cm de LT y la correspondiente a machos fue de 76,4 cm de LT, dichos valores no fueron significativamente diferentes (χ^2=0,59; gl=1; P=0,44). La longitud de primera madurez para ambos sexos combinados fue de 75,8 cm de LT (Figura 5A). La estimación de la E_{50} fue similar entre sexos (χ^2=4,9E-10; gl=1; P=0,99), 7,2 años en hembras y 7,5 años en machos. El valor de la edad de primera madurez correspondientes a ambos sexos fue 7,4 años (Figura 5B).

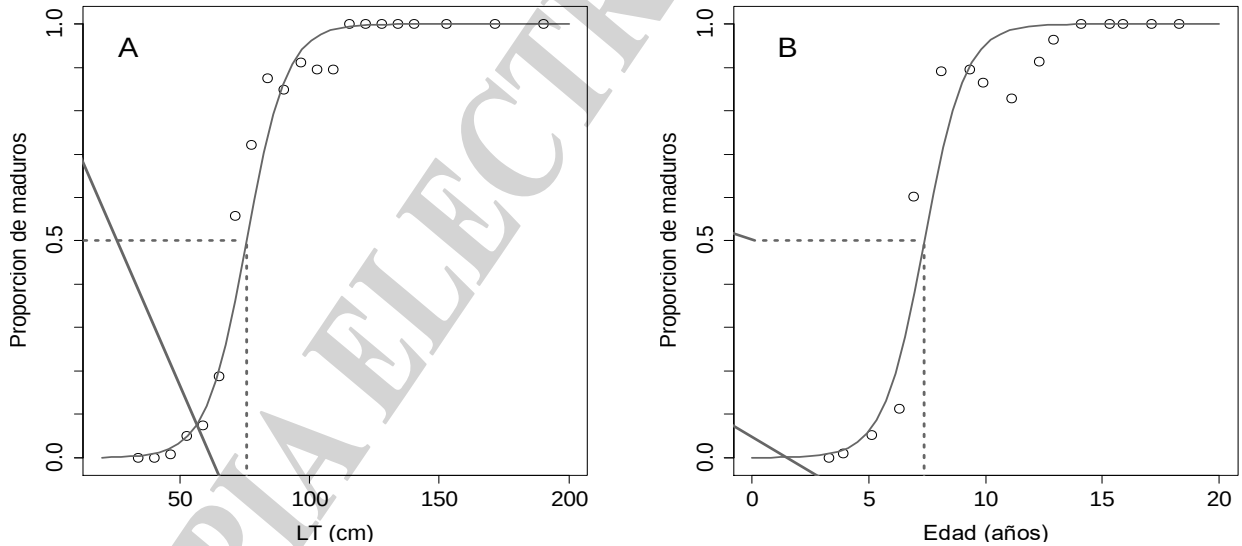

Figura 5. Longitud (A) y edad (B) de primera madurez de merluza negra estimada para ambos sexos combinados. Año 2017.

Los valores de M obtenidos a partir de los métodos globales de Pauly y de Jensen fueron similares entre sí y cercanos a 0,1. Mediante el método de Chen y Watanabe, se observaron valores elevados de mortalidad en las etapas tempranas de vida, los cuales fueron disminuyendo paulatinamente hasta la edad 10. A partir de los 11 años se mantuvo cercana a valores de M=0,1 (Tabla 3, Figura 6). La mortalidad promedio total de ambos estimadores combinados correspondió a M=0,10 $año^{-1}$.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 3. Valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) de merluza negra, obtenidos a partir de estimadores globales y por edad. Año 2017.

Métodos		Edad (años)	Mortalidad (año^{-1})	
			valor medio por edad	valor medio total
Globales	Pauly	agrupada	-	0,08
	Jensen	agrupada	-	0,07
Por edad	Chen y Watanabe	3	0,34	0,15
		4	0,27	
		5	0,22	
		6	0,19	
		7	0,17	
		8	0,15	
		9	0,14	
		10	0,13	
		11	0,12	
		12	0,11	
		13	0,10	
		14	0,10	
		15	0,09	
		16	0,09	
		17	0,09	
		18	0,09	

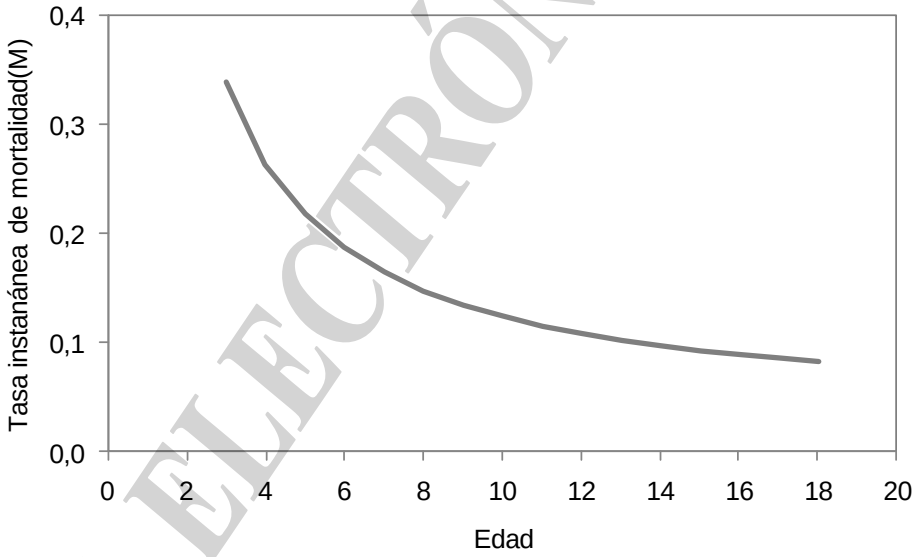

Figura 6. Tasa instantánea de mortalidad por clases de edad para merluza negra, utilizando el método de Chen & Watanabe (1989). La línea representa el valor promedio por edad.

Composición demográfica de las capturas de merluza negra

El rango de longitudes de los peces capturados por la flota comercial, durante el año 2017, se halló entre 25 y 232 cm de LT. Se identificó una moda principal, integrada primordialmente por individuos de 85 a 100 cm de LT, y una secundaria con ejemplares entre 45 y 60 cm de LT. Las longitudes extremas estuvieron poco representadas (Figura 7).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

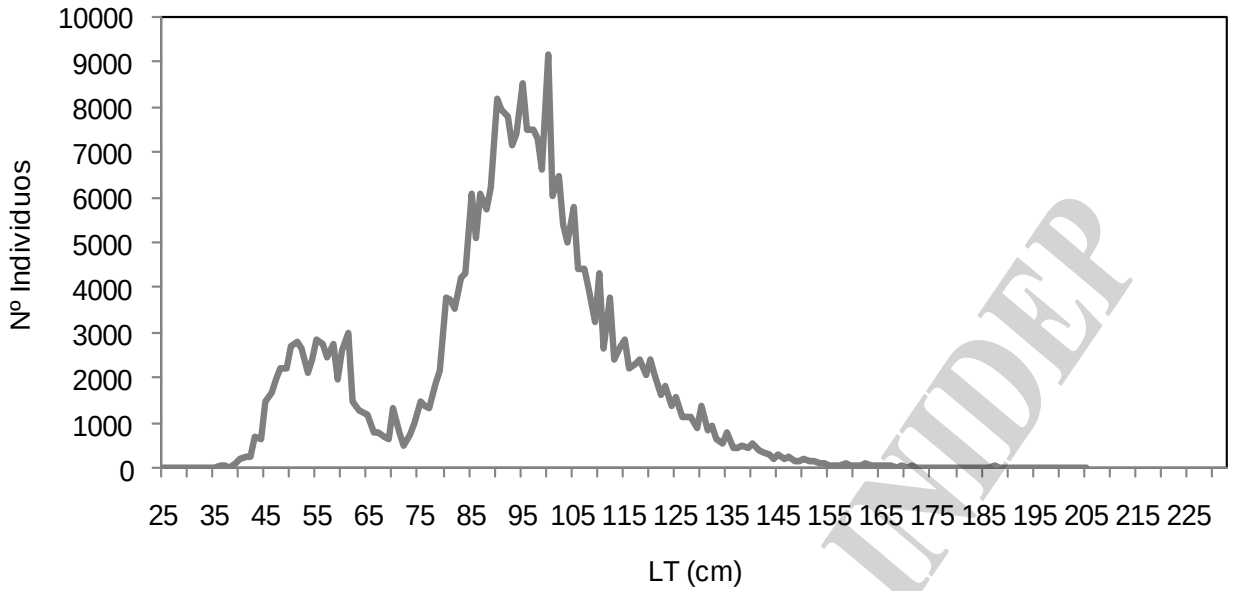

Figura 7. Número de individuos de merluza negra por clase de longitud ponderado a la captura total anual. Período 2017.

La estructura de edad correspondiente al número de individuos ponderados a la captura presentó dos modas. La principal estuvo representada primordialmente por las edades ocho, nueve y diez, las cuales comprendieron al 51% del total de los individuos, mientras que la secundaria, presentó a las edades cuatro, cinco y seis como más frecuentes y representaron al 17% del total (Figura 8). Las longitudes inferiores a 25 cm de LT y las superiores a 187 cm de LT fueron agrupadas en los grupos *plus* 3+ y 18+ respectivamente.

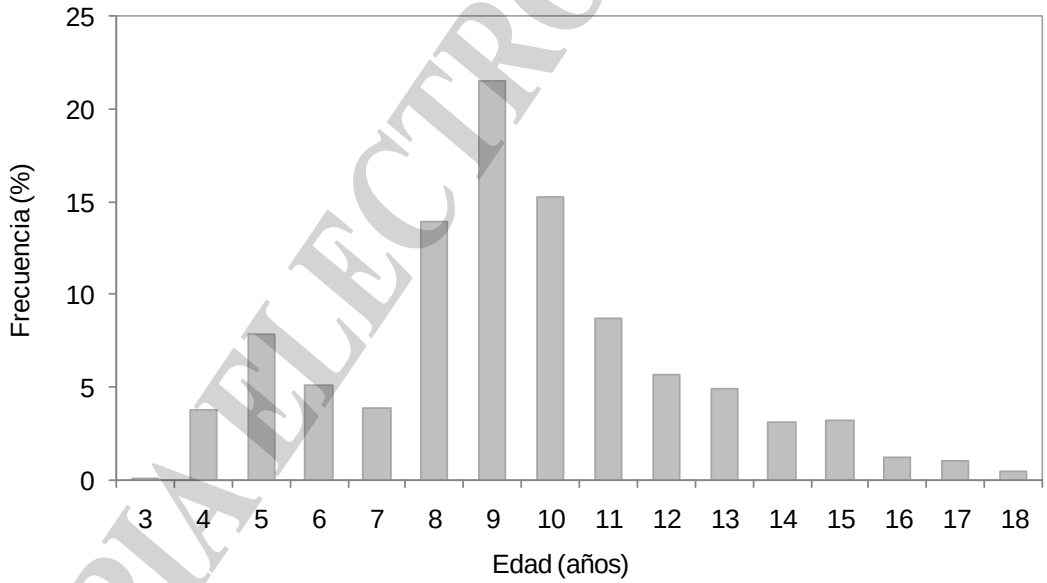

Figura 8. Distribución de frecuencias (%) por edad de merluza negra ponderada a la captura total anual. Año 2017.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de este estudio, la submuestra de merluza negra durante el año 2017, no fue representativa de la captura efectuada por la flota comercial. Si bien ambas distribuciones de longitudes presentaron las mismas modas, los porcentajes de ocurrencia fueron opuestos, la moda principal de la submuestra estuvo comprendida entre los 45 y 60 cm de LT

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

mientras que las longitudes más frecuentes en la captura estuvieron comprendidas entre los 85 y 100 cm de LT. Esta diferencia se adjudicó principalmente a la falta de ejemplares grandes, lo que evidencia un sesgo en la muestra hacia los individuos de menores longitudes. Este sesgo podría producirse debido a la dificultad en la toma de muestras en los ejemplares de gran porte, ya sea por la complejidad de manipulación a bordo para un solo observador, así como también por un impedimento por parte de los patrones de pesca, ya que la apertura de los ejemplares grandes trae aparejado una pérdida de valor comercial de la carne.

A pesar de lo previamente mencionado, los datos obtenidos por los observadores a bordo, permitieron estimar, en forma satisfactoria, algunos de los parámetros de la historia de vida de la especie.

Los parámetros de crecimiento en longitud estimados para el conjunto de datos analizados fueron superiores a los reportados por otros estudios (Aguayo, 1992; Young *et al*., 1992; Cassia *et al.*, 2010, 2011; Kalish & Timmiss, 1998; Ashford *et al.*, 2001; Horn, 2002; Ashford *et al*., 2005). Una posible explicación consistiría en el método de muestreo, ya que el rango de longitudes de las muestras de edad puede influir en los parámetros calculados. Algunos autores sugieren que los malos ajustes del modelo de von Bertalanffy son, en parte, el resultado de las artes de pesca y de la selectividad, lo que lleva a un muestreo carente de los individuos más jóvenes y más viejos de la población (Horn, 2002; Candy *et al*., 2007). En este trabajo, la ausencia de los ejemplares de mayores longitudes traería aparejado que la curva de crecimiento sea lineal y no alcance los valores de su asíntota, por lo que el L_∞ podría estar sobreestimado.

La longevidad de la merluza negra varió entre regiones, en este trabajo la edad máxima alcanzada fue de 18 años, algo inferior a lo hallado en estudios previos en la misma zona (Cassia *et al*., 2010, 2011; Ruocco *et al*., 2017) en otras áreas las edades reportadas superaron los 33 años, tales como sectores externos de la plataforma patagónica (Laptikhovsky *et al*., 2006), la Isla de Kerguelen (Ashford *et al*., 2005) islas Georgias del sur (Belchier, 2004), isla Macquarie y norte del Mar de Ross (Horn, 2002). Esto podría deberse a la difícil interpretación de los anillos de crecimiento en los otolitos, principalmente debido a la frecuente aparición de bandas múltiples, lo cual ha sido mencionado por varios autores (Cassia, 1998; Horn, 2002). También podría corresponderse a un sesgo en el muestreo, ya que las pesquerías comerciales podrían no estar capturando a los ejemplares más longevos, o que los mismos hayan sido removidos de la pesquería.

La proporción de individuos sexualmente maduros, en función de la longitud y la edad, en la misma zona de estudio, ha evidenciado poca variabilidad (Prenski & Almeyda, 2000; Gorini *et al*., 2003; Cassia, 2006; Pájaro *et al*., 2009; Cassia *et al*., 2010, 2011). Sin embargo, en otras áreas tales como el extremo sur de Chile (Arana, 2009), las Islas Malvinas (Laptikhovsky *et al*., 2006) y las Islas Georgias del Sur (Agnew *et al*., 1999) las longitudes de primera madurez han sido levemente superiores, lo cual podría deberse a diferencias en la temperatura del agua, ya que la actividad metabólica se ralentiza a bajas temperaturas.

Los valores medios de mortalidad oscilaron entre 0,1 y 0,15 año^{-1}, datos similares fueron hallados en Chile y Georgias del Sur (Cubillos & Araya, 2007). Varios autores recomiendan utilizar en modelos de evaluación del recurso valores de M que fluctúen entre 0,1 y 0,2 año^{-1} (Shust *et al.*, 1990; Moreno & Rubilar, 1992; Zuleta & Moreno, 1992; Arana *et al.*, 1994; Des Clers *et al.*, 1996; Cubillos & Araya, 2007), por lo que nuestros resultados estarían acordes a los esperados para la especie.

Se recomienda en futuros trabajos la incorporación de ejemplares de mayor longitud para evitar sesgos en la estimación de los parámetros poblacionales de la merluza negra.

CONCLUSIONES

- El análisis de los datos obtenidos por los observadores a bordo de buques comerciales permitió estimar, en forma satisfactoria, algunos de los parámetros de la historia de vida de la merluza negra capturada durante el año 2017.
- El rango de longitud de los individuos analizados estuvo comprendido entre 31 y 187 cm de LT en la submuestra y entre 25 y 232 cm en la captura total anual.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

- En ambos sexos, la edad mínima registrada fue tres años y la máxima 18.
- La edad cinco fue la más frecuente en la submuestra y representó aproximadamente el 30% del total de los individuos, mientras que la edad nueve fue la más frecuente y representó un 21% del total de los individuos ponderados a la captura.
- Los valores de longitud y edad de primera madurez correspondientes a ambos sexos agrupados fueron de 75,8 cm de LT y 7,4 años, respectivamente.
- La tasa instantánea de mortalidad natural estimada osciló entre 0,1 y 0,15 $año^{-1}$.

BIBLIOGRAFÍA

Agnew, D. J., Heaps, L., Jones, C., Watson, A., Berkieta, K. & Pearce, J.1999. Depth distribution and spawning pattern of *Dissostichus eleginoides* at South Georgia. CCAMLR Science 6: 19-36.

Aguayo, M. 1992. Preliminary analysis of the growth of *Dissostichus eleginoides* from the austral zone of Chile and South Georgia. CCAMLR WG-FSA: 92-30.

Arana, P. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) off southern Chile. Latin American Journal of Aquatic Research 37(3): 381-394.

Arana, P., Arredondo, M. & Venturini, V. 1994. Pesca del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*), efectuada por la flota chilena en torno a la isla Georgia del Sur (1991/1992). Investigaciones marinas, 22: 67-84.

Arkhipkin, A., Brickle, P. & Laptikhovsky, V. 2003. Variation in the diet of the Patagonian toothfish with size, depth and season around the Falkland Islands. Journal of Fish Biology, 63(2): 428-441.

Ashford, J. R., Wischniowski, S., Jones, C., Bobko, S. & Everson, I. 2001. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. CCAMLR Science, 8: 75-92.

Ashford, J., Duhamel, G., Jones, C. & Bobko, S. 2005. Age, growth and mortality of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) caught off Kerguelen. CCAMLR Science 12: 29-41.

Aubone, A. 2012. Programa Mstat v1.3 040812. Programa para simulación de valores de M calculados por métodos indirectos que utilizan los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy. E-mail: aaubone@inidep.edu.ar, Gabinete de Biomatemática. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Paseo Victoria Ocampo N° 1, 7600 Mar del Plata, Argentina.

Baty, F., Ritz, C., Charles, S., Brutsche, M., Flandrois, J. P. & Delignette-Muller, M. L. 2015. A Toolbox for Nonlinear Regression in R: The Package nlstools. Journal of Statistical Software, 66(5): 1-21.

Belchier, M. 2004. The age structure and growth rate of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) at South Georgia. CCAMLR WG-FSA: 04-86.

Candy, S. G., Constable, A. J., Lamb, T. & Williams, R. 2007. A von Bertalanffy growth model for toothfish at Heard Island fitted to length-at-age data and compared to observed growth from mark–recapture studies. CCAMLR Science, 14: 43-66.

Cassia, M. C. 1998. Comparison of age readings from scales and otoliths of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) from South Georgia. CCAMLR Science, 5(1): 191-203.

Cassia, M. C. 2006. Estimación de parámetros poblacionales de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) de la ZEE Argentina. Informe Técnico INIDEP Nº 99, 10pp.

Cassia, M. C., Padilla, A. & Malaspina, A. 2010. Estimación de parámetros poblacionales de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Año 2007. Informe de Investigación INIDEP Nº 33, 7pp.

Cassia, M. C., Padilla, A. & Malaspina, A. 2011. Estimación de parámetros poblacionales de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Año 2008. Informe de Investigación INIDEP Nº 44, 6pp.

Chen, S. & Watanabe, S. 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. Nippon Suisan Gakkaishi 55(2): 205-208.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Collins, M. A., Brickle, P., Brown, J. & Belchier, M. 2010. The Patagonian toothfish: biology, ecology and fishery. Advances in marine biology, 58: 227-300.

Cubillos, L. & Araya, M. 2007. Estimaciones empíricas de mortalidad natural en el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898). Revista de Biología Marina y Oceanografía 42(3): 287-297.

Des Clers, S., Nolan, C. P., Baranowski, R. & Pompert, J. 1996. Preliminary stock assessment of the Patagonian toothfish longline fishery around the Falkland Islands. Journal of Fish Biology, 49: 145-156.

Di Marco, E. J., Martinez, P.A. & Wöhler O.C. 2017. Abundancia y Estado de Explotación de la Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable Año 2018. Informe Técnico Oficial-INIDEP Nº 40
, 30 pp.

Gorini, F. L., Martínez, P. A., Pájaro, M. & Wöhler, O. C. 2003. Estimación de la longitud de primera madurez de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en la Zona Económica Exclusiva de Argentina y sectores adyascentes. Documento Técnico INIDEP Nº 46, 8pp.

Horn, P. L. 2002. Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand subantarctic to the Ross Sea. Antarctica Fisheries Research 56: 275–287.

Jensen, A. L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53: 820-822.

Kalish, J. M. & Timmiss, T. A. 1998. Determination of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* age, growth and population characteristics based on otoliths. CCAMLR WGFSA, 98: 1-40.

Laptikhovsky, V., Arkhipkin, A. & Brickle, P. 2006. Distribution and reproduction of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* Smitt around the Falkland Islands. Journal of Fish Biology 68: 849–861..

Martínez, P. A., Hernandez, D. & Wöhler, O. C. 2011. Análisis de los índices de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivados de la información de los observadores y de la estadística oficial. Informe de Investigación INIDEP Nº42, 12 pp.

Moreno, C. A. & Rubilar, P. S. 1992. Remarks on natural mortality of *Dissostichus eleginoides* in Subarea 48.3. Selected Scieiztfic Papers, CAMLR SC -SSPI9: 21-30.

Ogle, D.H., Wheeler, P. & Dinno, A. 2018. FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.22,https://github.com/droglenc/FSA.

Otero, H. O., Bezzi, S. I., Renzi, M. A. & Verazay, G. A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Serie Contribuciones Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Contribución Nº 423, 248pp.

Oyarzun, C., Campos P. W. & Valeria H. R. 1988. Adaptaciones para la flotabilidad en *Dissostichus eleginoides* Smith, 1898 (Pisces, Perciformes, Nototheniidae). Investigación Pesquera Barcelona 52: 455-466.

Pájaro, M., Macchi, G. J., Martínez P. & Wöhler, O. C. 2009. Características reproductivas de dos agregaciones de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe de Investigación INIDEP Nº 49, 16pp.

Pauly, D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. Journal du conseil international pour l'Exploration de la Mer, 39(2): 175-192.

Prenski, L. B. & Almeyda, S. M. 2000. Some biological aspect relevant to Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) exploitation in the Argentine exclusive economic zone and adjacent ocean sector. Frente Marítimo, 18(A): 103-124.

Ruocco, N., Zumpano, F., Giussi A. y Di Leva, I. 2017. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) capturada por la flota comercial - año 2011 -. Informe de investigación INIDEP Nº 108, 13 pp.

Shust, K. V., Gasiukov, P. S., Dorovkikh, R. S. & Kenzhin, B. A. 1990. The state of *Dissostichus eleginoides* stock and TAC for 1990/91 in Subarea 48.3 (South Georgia). CCAMLR WG-FSA: 90-34.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Wickham, H., François, R., Henry, L. & Müller, K. 2018. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.7.8. https://CRAN.R-project.org/package=dplyr

Young, Z., Zuleta, A., Robotham, H., Aguayo, M. & Cid, L. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47º y 57º S. Informe Técnico IFOP-SUBPESCA, 63pp.

Zuleta, A. & Moreno, C. A. 1992. Catch at age analysis applied to new fisheries: the case of *Dissostichus eleginoides*. Selected Scientific Papers CAMLR SC-SSP9: 3-9.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP