

Estructura de edades y parámetros biológicos de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial. Años 2021 y 2022

Natalia L Ruocco, Germán Lukaszewicz, Cecilia D Alvarez y Adrián Jové

Dirección: Pesquerías de Peces

Área: Pesquerías de Peces Demersales Australes y Subantárticos

Citar como:

Ruocco NL, Lukaszewicz G, Alvarez CD, Jové A. 2024. Estructura de edades y parámetros biológicos de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial. Años 2021 y 2022. Inf Investigación INIDEP N° 042/24, 15 pp.



Estructura de edades y parámetros biológicos de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial. Años 2021 y 2022

Natalia L Ruocco, Germán Lukaszewicz, Cecilia D Alvarez y Adrián Jové

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

Resumen

En este trabajo se presenta la estimación de algunos parámetros de la historia de vida de la polaca *Micromesistius australis* correspondientes a los años 2021 y 2022. Los datos básicos provinieron de la flota arrastrera argentina y fueron recabados por los Asistentes de Investigación Pesquera en cuatro mareas comerciales realizadas en el año 2021 y en tres mareas en el año 2022. El rango de longitud total (LT) de la polaca obtenido a partir de la submuestra, estuvo comprendido entre 28 y 64 cm en el año 2021 y entre 30 y 60 cm en el 2022 y presentó, en ambos años, dos modas: una pequeña en juveniles y una más conspicua en adultos. Un total de 1.657 otolitos de polaca obtenidos durante el año 2021 fueron procesados y leídos, de los cuales 832 correspondieron a ejemplares machos y 825 a hembras. Se procesaron y leyeron 1.251 otolitos del año 2022, de los cuales 712 correspondieron a machos y 539 a hembras. La edad mínima hallada fue de dos años en ambos sexos y períodos de estudio, mientras que las máximas fueron de 17 años en el 2021, y de 14 y 16 años en el 2022 correspondientes a machos y hembras, respectivamente. Las edades cinco y ocho años fueron las más frecuentes. Los parámetros de crecimiento estimados para sexos agrupados fueron $L_{\infty} = 59,98$ cm de LT, $K = 0,19$ y $t_0 = -1,77$ en el año 2021 y $L_{\infty} = 57,96$ cm de LT, $K = 0,18$ y $t_0 = -3,15$ en el año 2022. La relación media entre la longitud total y el peso fue $P = 0,007 * LT^{2,94}$ en el año 2021 y $P = 0,009 * LT^{2,87}$ en el año 2022. El valor de madurez sexual para el total de los individuos fue 40 cm de LT y cuatro años de edad, tanto en el año 2021 como en el 2022. A su vez, la tasa instantánea de mortalidad natural promedio correspondió a $M = 0,3$ años⁻¹ en ambos períodos. Las distribuciones de longitudes de la especie, ponderadas a la captura total correspondiente a cada año, evidenciaron dos modas, la principal estuvo integrada por individuos entre 44 y 47 cm LT y la de menor frecuencia entre 30 y 34 cm de LT. El rango de longitudes de los peces capturados por la flota comercial durante el año 2021 se halló entre 19 y 65 cm de LT, mientras que en el 2022 estuvo comprendido entre 19 y 60 cm de LT. Las estructuras de edades de los dos años analizados, estuvieron principalmente compuestas por el grupo de edad cinco (más del 25% del total).

Palabras Clave

Polaca, *Micromesistius australis*, edad y crecimiento, madurez, mortalidad natural.

Introducción

La polaca (*Micromesistius australis*) es una especie de comportamiento demersal-pelágico que posee un interés tanto biológico como económico en las aguas del cono sur de Sudamérica. La misma se distribuye en el Atlántico Sudoccidental entre los 37° y 55° S de latitud (Perrotta 1982; Cousseau y Perrotta 2000; Wöhler et al. 2004), si bien la flota comercial argentina la captura principalmente entre los 52° y 55° S (Gorini et al. 2021; Ruocco et al. 2023).

La abundancia y el potencial pesquero de dicho recurso se estiman anualmente en el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, mediante modelos de evaluación estructurados por edades (Giussi y Zattereri 2017, 2018; Zattereri et al. 2019; Zattereri y Giussi 2020, 2021, 2022 y 2023), los cuales requieren de cierta información biológica como datos de entrada, tales como: la estructura de edades, la proporción de individuos maduros por edad y la mortalidad natural, entre otros. En relación a ello, los parámetros previamente mencionados se determinan de forma regular en el programa de Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos (Cassia et al. 2011; Cassia y Padilla 2012; Ruocco et al. 2015; Ruocco et al. 2016; Ruocco y Zumpano 2016; Ruocco et al. 2017; Ruocco y Zumpano 2018 y 2019; Ruocco 2022 a y b).

En tal sentido, se estableció como objetivo la estimación de alguno de los parámetros biológicos de la polaca y el análisis de su estructura de longitudes y edades mediante datos obtenidos por los AIP



a bordo de la flota comercial durante los años 2021 y 2022, dado que comprender la dinámica poblacional de las especies es crucial para abordar una gestión sostenible de los recursos marinos.

Materiales y métodos

El presente trabajo fue realizado con datos colectados por los Asistentes de Investigación Pesquera del INIDEP (AIP) a bordo de los buques que capturaron polaca durante los años 2021 y 2022. Se realizaron cuatro mareas comerciales en el año 2021 y tres en el año 2022. Las submuestras obtenidas en los lances de pesca consistieron en registrar la longitud total (LT, en cm), el peso total (en g), el sexo y el estadio de madurez gonadal de cada ejemplar. Además, se le extrajeron los otolitos *sagittae* para la posterior determinación de la edad.

El procesamiento de los otolitos, se efectuó siguiendo la metodología de hidratación propuesta por Zumpano y Ruocco (2018). 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 realizada por un único observador. Sólo se consideraron aquellos otolitos en los que los anillos fueron legibles. A partir de los datos obtenidos de dichas lecturas se procedió a la asignación de la edad de los individuos dentro del grupo de edad y la clase anual correspondientes. Para ello, se acordó el 1° de agosto como fecha de cumpleaños (Cassia 2006).

Se elaboraron las claves de longitud-edad del total de los individuos y las discriminadas por sexo. Luego, se calcularon las longitudes medias, sus respectivas varianzas y el número de individuos por grupo de edad. Estos datos fueron empleados para la estimación de los parámetros de crecimiento en longitud, de la ecuación de von Bertalanffy (1938):

$$LT_t = L_\infty(1 - \exp(-K(t-t_0)))$$

donde LT_t corresponde a la longitud total del pez a la edad t ; L_∞ es la longitud asintótica teórica; K , llamado “coeficiente de crecimiento”, que mide la rapidez con que se alcanza L_∞ , y t_0 llamado “parámetro de condición inicial”, es la edad teórica del pez a la longitud cero.

A fin de analizar si existieron diferencias en los parámetros de crecimiento entre sexos, en las funciones de crecimiento de von Bertalanffy, se plantearon ocho modelos diferentes siguiendo la metodología empleada por Ogle (2016). El modelo más complejo fue aquel en el cual los tres parámetros difieren entre grupos (sexos) y el más simple representó el caso en el que ninguno de ellos difiere. Entre estos dos extremos, se plantearon tres modelos en los que solo dos parámetros difieren entre grupos y tres modelos más en los que solo uno de los parámetros es diferente. Dichas diferencias entre los modelos no lineales fueron identificadas mediante el criterio de información de Akaike (AIC). Se comparó el delta de AIC (ΔAIC) y el peso de AIC (ω) de cada modelo. El modelo con el ΔAIC más bajo y el ω más alto, se consideró el mejor ajuste a los datos (Burnham y Anderson 2002).

Se determinó la relación media entre la longitud total (LT) y el peso (P) y se obtuvieron los parámetros de la regresión. Se realizó una comparación de los coeficientes (a y b) y, además, se analizó el crecimiento somático en la cual se consideró como hipótesis nula $b=3$, ya que en los peces se suele aproximar a dicho valor (Jové y Aubone 2023). Si b es igual a uno el crecimiento es isométrico, si es mayor que uno se denomina alometría positiva y si es menor que uno alometría negativa (Huxley and Teisser 1936). Todos estos análisis se efectuaron mediante la prueba estadística de *Chi* cuadrado, entre sexos y para cada uno de los años de estudio.

Dicho procedimiento fue efectuado mediante dos *script* (lpr.R y lp3r.R) realizados en el programa R por integrantes del Gabinete de Biomatemática del INIDEP, basándose en el manual de uso de los mismos para el estudio de las relaciones longitud-peso (Jové y Aubone 2023).

Se estimaron la longitud (LT_{50}) y la edad (E_{50}) a la cual el 50% de los individuos se hallaron maduros para cada sexo y año analizado, mediante el método de máxima verosimilitud, a partir de las proporciones de individuos maduros por clase de longitud y grupo de edad, respectivamente. Se Parámetros biológicos de la polaca. Año 2021 y 2022.



realizaron en cada uno de los años, dos pruebas estadísticas de *Chi* cuadrado para determinar diferencias entre sexos: la de coeficientes (*c*, comparación de pendientes) y la de longitudes de madurez (LT_{50}).

Se determinó la tasa instantánea de mortalidad natural (*M*) a partir de estimadores globales. Los métodos considerados fueron:

✓ 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 (9 °C), la cual se encuentra incluida como un factor que influye la mortalidad natural y los parámetros de crecimiento de L_{∞} y *K*.

✓ Hoenig (1983)

$$M = e^{1,46-1,01 \log_e(t_{max})}$$

donde t_{max} es la edad máxima del pez en el stock.

✓ Then et al. (2015)

cuando sea posible determinar t_{max}

$$M = 4,899 t_{max}^{-0,916}$$

si t_{max} no está disponible

$$M = 4,118 K^{0,73} L_{\infty}^{-0,33}$$

Para determinar la edad límite o longevidad de un pez: t_{max} , se utilizó la ecuación de Taylor (1958):

$$t_{max} = t_0/K$$

donde 0,95 es la edad límite teórica (t_{max}) o tiempo requerido para que el pez alcance el 95 % de su longitud máxima L_{∞} .

Estas ecuaciones de estimación de meta-análisis están incluidas y han sido codificadas en metaM () de FSA. Todos los análisis fueron efectuados con el programa R (versión 4.3.1) y se utilizó como guía la metodología empleada por Ogle (2016).

Además de los parámetros obtenidos de las submuestras, se elaboraron las distribuciones de longitudes de polaca ponderadas a la captura total para los años 2021 y 2022, para ambos sexos combinados y se determinó la composición por edades de los individuos capturados por la flota de arrastre, durante los años de estudio.

Resultados

En el año 2021 el rango de longitudes totales de los ejemplares analizados estuvo comprendido entre 28 y 62 cm de LT en machos y entre 29 y 64 cm de LT en hembras. En el año 2022 las longitudes mínimas fueron 30 y 32 cm de LT en machos y hembras respectivamente, mientras que la longitud máxima fue de 60 cm de LT en ambos sexos. Las distribuciones de frecuencias de longitudes presentaron dos modas en ambos sexos y en cada año. La principal se observó entre 43 y 49 cm de LT y la secundaria en los 30 cm de LT en el año 2021, y entre 33 y 35 cm de LT en el año 2022, ésta última formada principalmente por juveniles fue muy poco frecuente (Figura 1).

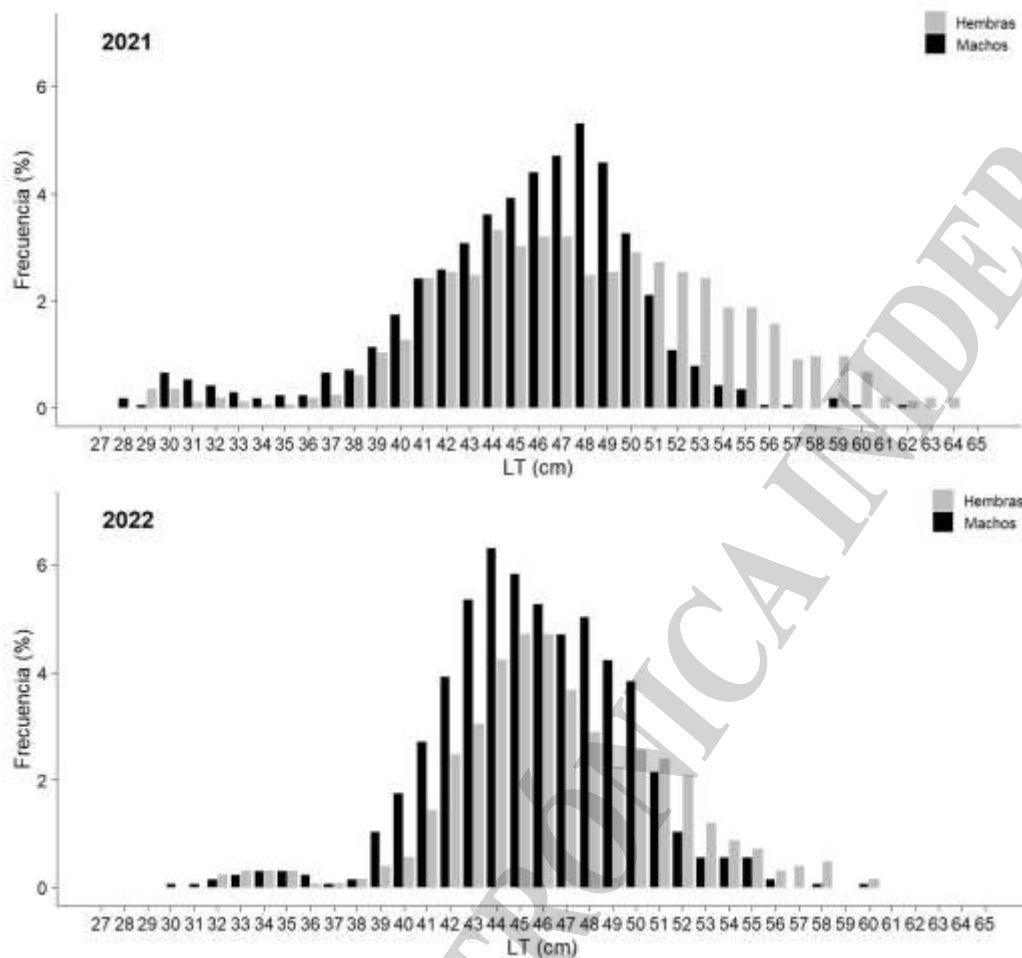


Figura 1. Distribución de frecuencia de longitudes totales (LT) de machos y hembras de polaca integrantes de la submuestra. Años 2021 y 2022.

Se colectaron 1.657 otolitos de polaca del año 2021 (832 machos y 825 hembras), aunque tres debieron ser descartados por ser ilegibles, mientras que, del año 2022 fueron 1.251 (712 machos y 539 hembras).

La edad mínima registrada correspondió a dos años en ambos sexos y períodos, mientras que las edades máximas fueron: 17 años en ambos sexos en el 2021 y 14 y 16 años en el 2022, en machos y hembras, respectivamente. El número de individuos longevos fue escaso en relación con el resto de las edades (Tabla 1, Figura 2).

Las distribuciones de edades fueron similares entre sexos, con respecto al rango de edades halladas. Los grupos de edad más frecuentes fueron el cuatro, el cinco y el ocho en ambos años. Sin embargo, la edad más abundante fue cinco al considerar ambos sexos en conjunto, en los dos años analizados (11% en 2021 y entre 13,5 y 16,5% en 2022). Las edades inferiores a cuatro años y las superiores a nueve estuvieron escasamente representadas en ambos períodos (Figura 2).



Tabla 1. Longitud media (LT, en cm), varianza (Var) y número de ejemplares (N) estimados por grupo de edad en machos, hembras y ambos sexos combinados (Total) de polaca. Año 2021 y 2022.

Edad	2021									2022								
	Machos			Hembras			Total			Machos			Hembras			Total		
	LT	Var	N	LT	Var	N	LT	Var	N	LT	Var	N	LT	Var	N	LT	Var	N
2	30,29	1,90	7	29,50	0,50	2	30,11	1,61	9	32,70	2,23	10	33,55	1,47	11	33,14	1,93	21
3	33,69	10,94	54	34,49	18,32	35	34,00	13,82	89	36,86	3,82	14	38,43	16,88	14	37,64	10,61	28
4	40,53	2,57	120	41,27	3,29	139	40,93	3,08	259	41,61	2,91	115	42,79	3,06	80	42,09	3,29	195
5	43,97	2,44	191	44,90	2,85	182	44,42	2,85	373	44,08	2,45	207	44,82	3,08	169	44,41	2,86	376
6	46,17	1,92	83	47,13	2,43	101	46,70	2,42	184	45,39	2,13	92	46,80	4,69	104	46,14	3,97	196
7	47,51	2,56	99	50,13	5,01	48	48,36	4,85	147	47,87	4,35	61	49,76	4,06	34	48,55	5,04	95
8	48,87	2,24	188	51,71	3,45	136	50,06	4,71	324	48,90	2,27	132	51,22	3,64	65	49,66	3,90	197
9	50,67	5,82	46	53,32	5,25	81	52,36	7,04	127	49,85	2,00	47	52,03	3,92	37	50,81	3,99	84
10	51,67	5,33	12	55,28	3,76	32	54,30	6,72	44	51,47	4,12	15	52,50	10,00	8	51,83	6,06	23
11	51,69	4,23	13	55,94	2,33	16	54,03	7,68	29	53,50	1,90	6	55,50	12,50	2	54,00	4,00	8
12	52,50	0,33	4	58,67	3,10	15	57,37	9,13	19	53,71	2,24	7	57,50	0,50	2	54,56	4,53	9
13	54,50	2,57	8	59,05	5,72	19	57,70	9,14	27	55,60	7,30	5	56,33	3,47	6	56,00	4,80	11
14	56,33	10,33	3	58,91	3,09	11	58,36	5,17	14	56,00	-	1	58,20	3,20	5	57,83	3,37	6
15	-	-	-	60,50	7,00	4	60,50	7,00	4	-	-	-	58,00	-	1	58,00	-	1
16	59,00	-	1	63,50	0,50	2	62,00	7,00	3	-	-	-	57,00	-	1	57,00	-	1
17	62,00	-	1	64,00	-	1	63,00	2,00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

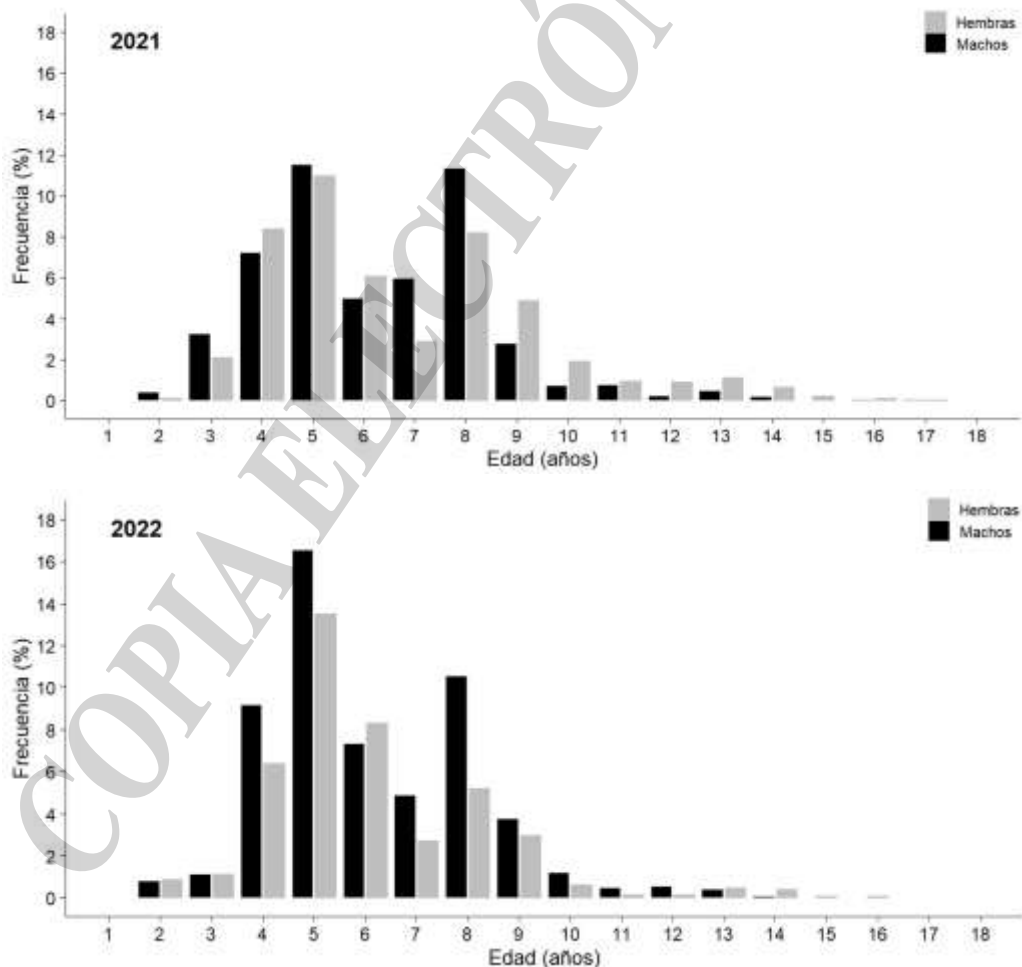


Figura 2. Distribuciones de frecuencia relativa por edad de machos y hembras de polaca. Años 2021 y 2022.



Con respecto a los parámetros de crecimiento, en ambos años se observaron longitudes asintóticas mayores en las hembras respecto a los machos. Los valores de L_{∞} , K y t_0 fueron superiores en el año 2021 con respecto al año 2022, excepto la longitud asintótica de machos (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de crecimiento en longitud de polaca, estimados a partir del modelo de von Bertalanffy para machos, hembras y sexos agrupados (Total). Intervalos de confianza del 95% (IC). Años 2021 y 2022.

Parámetros	2021			2022		
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
L_{∞}	53,28	62,41	59,98	55,64	60,38	57,96
Límite inf. IC	52,57	61,11	58,88	54,30	58,43	56,61
Límite sup. IC	54,10	63,94	61,25	57,43	62,95	59,65
K	0,31	0,19	0,19	0,20	0,17	0,18
Límite inf. IC	0,28	0,17	0,17	0,17	0,14	0,15
Límite sup. IC	0,34	0,21	0,21	0,23	0,20	0,20
t_0	-0,51	-1,73	-1,77	-2,76	-3,16	-3,15
Límite inf. IC	-0,83	-2,19	-2,16	-3,57	-4,04	-3,82
Límite sup. IC	-0,23	-1,32	-1,42	-2,11	-2,45	-2,58

La comparación estadística de los parámetros de crecimiento entre sexos evidenció diferencias significativas únicamente en la longitud asintótica en ambos años ($p < 0,05$). El mejor modelo que explicó la variación del crecimiento en el año 2021 fue el modelo más complejo, es decir, en el que los tres parámetros de crecimiento difirieron entre grupos, mientras que, en el caso del año 2022 fue el que presentó sólo dos de los parámetros, la longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento. Los valores de peso relativo (ω) fueron 0,99 y 0,52 para el año 2021 y 2022, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Modelos de von Bertalanffy que explican la variación en el crecimiento entre sexos (machos y hembras) para cada año (2021 y 2022). Abreviaturas: L_{∞} , K , t_0 : parámetros de crecimiento, Ω : ningún parámetro difiere entre grupos. Delta de AIC (ΔAIC) y peso relativo (ω). Mejor modelo (en negrita).

Abreviatura	Modelo	2021		2022	
		ΔAIC	ω_i	ΔAIC	ω_i
L_{∞}, K, t_0	$LT_{(t)} = L_{\infty}[\text{sexo}](1 - e^{-K[\text{sexo}](t-t_0[\text{sexo}]})$	0,0	0,999	1,5	0,251
$L_{\infty}, K,$	$LT_{(t)} = L_{\infty}[\text{sexo}](1 - e^{-K[\text{sexo}](t-t_0)})$	19,0	<0,001	0,0	0,521
L_{∞}, t_0	$LT_{(t)} = L_{\infty}[\text{sexo}](1 - e^{-K(t-t_0[\text{sexo}])})$	42,5	<0,001	1,7	0,224
K, t_0	$LT_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-K[\text{sexo}](t-t_0[\text{sexo}])})$	108,9	<0,001	10,6	0,003
L_{∞}	$LT_{(t)} = L_{\infty}[\text{sexo}](1 - e^{-K(t-t_0)})$	101,4	<0,001	11,1	0,002
K	$LT_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-K[\text{sexo}](t-t_0)})$	203,7	<0,001	37,2	<0,001
t_0	$LT_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0[\text{sexo}])})$	279,7	<0,001	63,3	<0,001
Ω	$LT_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})$	449,1	<0,001	169,5	<0,001

El peso máximo registrado en el año 2021 fue de 1.760 g y correspondió a una hembra de 63 cm de LT y 13 años, mientras que en el año 2022 fue una hembra de 1.310 g, 58 cm de LT y 15 años de edad. El peso mínimo fue de 100 g y perteneció a una hembra de 28 cm de LT y de tres años en el año 2021, y en el 2022 un macho de 140 g, 31 cm de LT y dos años de edad (Figura 3).

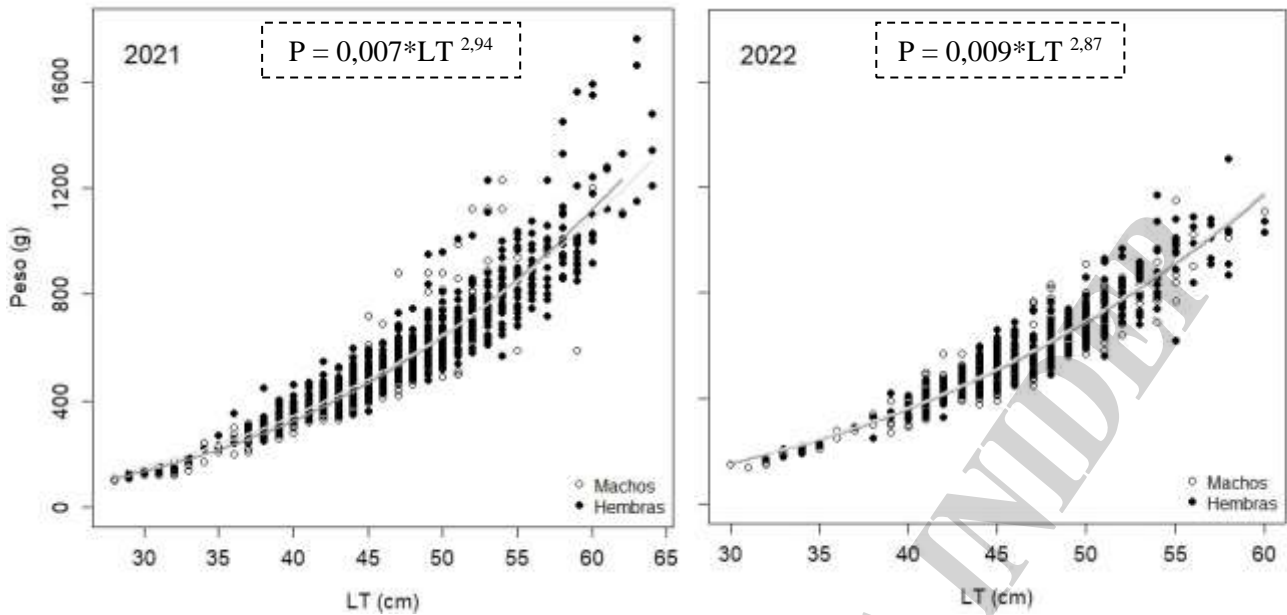


Figura 3. Relación media entre la longitud total (LT) y el peso total para machos y hembras de polaca. Años 2021 y 2022. Las líneas corresponden al ajuste de la relación potencial.

Los coeficientes de correlación estimados indicaron un buen ajuste a la relación potencial en ambos sexos y años ($r^2 > 0,88$; Tabla 4). Los coeficientes de las relaciones potenciales fueron significativamente diferentes entre sexos en ambos años ($p < 0,05$), por ende, deberían emplearse por separado. A su vez, la prueba estadística de $b = 3$ fue aceptada solamente en los machos de ambos años, indicando en los mismos una alometría positiva (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros de la relación entre la longitud total y el peso total para la polaca, machos, hembras y ambos sexos combinados (Total). a y b coeficientes de la relación potencial, r^2 es el coeficiente de correlación, N número total de individuos. Años 2021 y 2022.

Parámetros	2021			2022		
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
a	0,005	0,010	0,007	0,006	0,008	0,009
b	3,00	2,83	2,94	3,00	2,90	2,87
r^2	0,93	0,92	0,92	0,88	0,90	0,89
N	759	758	1.571	680	516	1.196

Los valores de la estimación de los parámetros de longitud de madurez, LT_{50} (Tabla 5) fueron significativamente diferentes entre sexos, $p < 0,05$ en el año 2021 (Figura 4), mientras que, en el año 2022, no se registraron dichas diferencias. Por su parte, la prueba de igualdad de coeficientes no presentó diferencias entre sexos en ninguno de los dos años. El valor estimado de la edad a la cual el 50% de los individuos estuvieron maduros (E_{50}) fue cercana a cuatro años en todos los casos (Figura 5, Tabla 5). A los efectos de los estudios pesqueros, los valores de longitud y edad de madurez, correspondientes a ambos sexos agrupados, fueron estimados en 40 cm de LT y cuatro años de edad para ambos períodos.

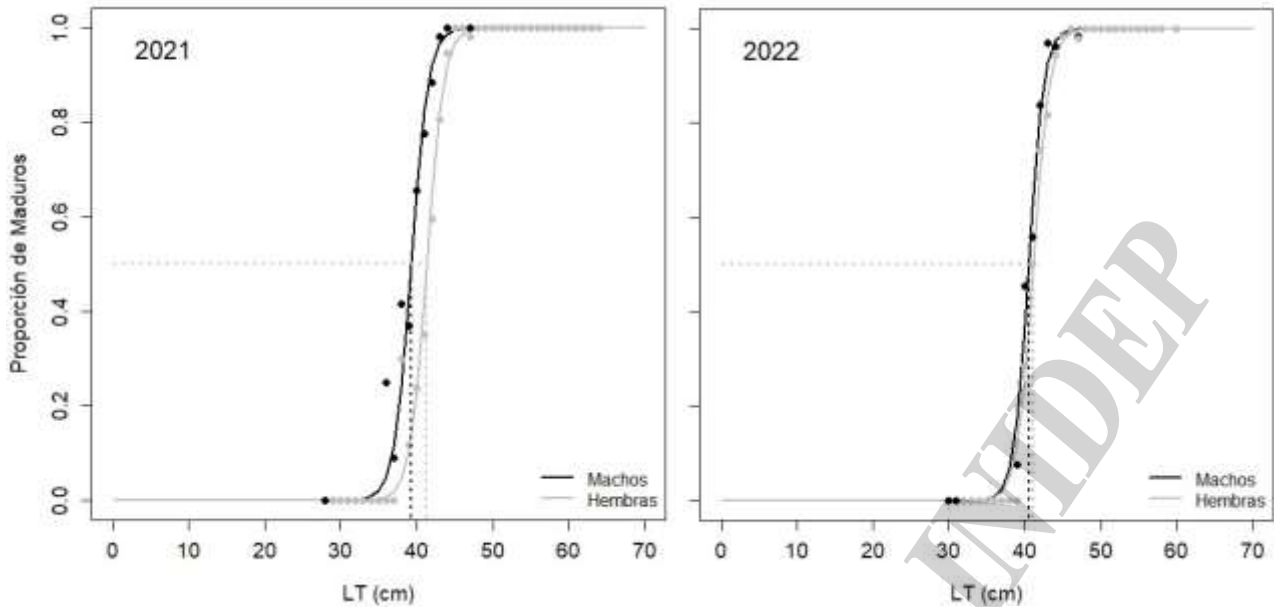


Figura 4. Longitud de madurez de la polaca estimada para machos y hembras, correspondientes a los años 2021 y 2022.

Tabla 5. Longitud (LT_{50}) y edad (E_{50}) de madurez sexual para machos y hembras y para ambos sexos combinados (Total). c : coeficiente (función logística). Años 2021 y 2022.

Parámetros	2021			2022		
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
LT_{50}	39,28	41,32	40,24	40,51	41,11	40,70
c	0,89	0,91	0,80	1,03	0,96	0,96
E_{50}	3,74	4,05	3,90	3,69	3,51	3,62

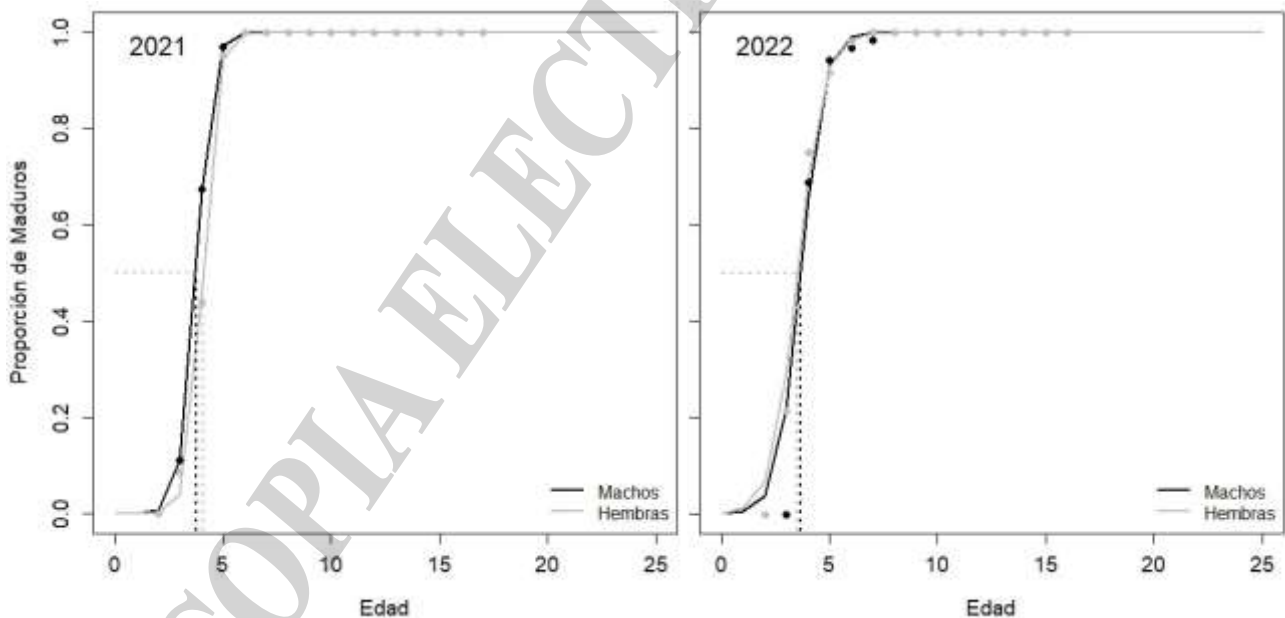


Figura 5. Edad de madurez de la polaca estimada para machos y hembras, correspondientes a los años 2021 y 2022.

Los valores de la tasa instantánea de mortalidad natural obtenidos para polaca a partir de los métodos analizados para ambos períodos, fueron cercanos a $0,3 \text{ años}^{-1}$ (Tabla 6). La única excepción



fue la mortalidad estimada por el método de Then et al. (2015), con la incorporación del t_{max} , en cuyo caso arrojó una mortalidad superior, más cercana a 0,4. La inclusión de dicho parámetro podría estar interpretando mejor la longevidad de la especie, probablemente la polaca tiene una edad máxima significativamente mayor de lo que se asume sin la incorporación del mismo, lo cual podría implicar una tasa de mortalidad más alta, ya que las poblaciones más longevas pueden experimentar una mayor mortalidad natural. El promedio total de los cuatro estimadores combinados correspondió a $M = 0,3$ años⁻¹.

Tabla 6. Valores de la tasa instantánea de mortalidad natural de la polaca, obtenidos a partir de estimadores globales. ¹Con la determinación e incorporación de t_{max} en la fórmula, ² sin el valor de t_{max} . Años 2021 y 2022.

Método utilizado	2021	2022
Pauly (1980)	0,29	0,28
Hoenig (1983)	0,30	0,30
¹ Then et al. 2015	0,37	0,37
² Then et al. 2015	0,31	0,30

Composiciones por longitud y edad ponderadas a la captura, años 2021 y 2022

El rango de longitudes de los peces capturados por la flota comercial durante el año 2021 se halló entre 19 y 65 cm de LT, mientras que en el 2022 estuvo comprendido entre 19 y 60 cm de LT. En la composición de longitudes se identificaron dos modas principales, la conspicua integrada por individuos de entre 44 y 47 cm LT y la de menor frecuencia entre 30 y 34 cm de LT. Los valores extremos estuvieron poco representados en los dos años analizados (Figura 6).

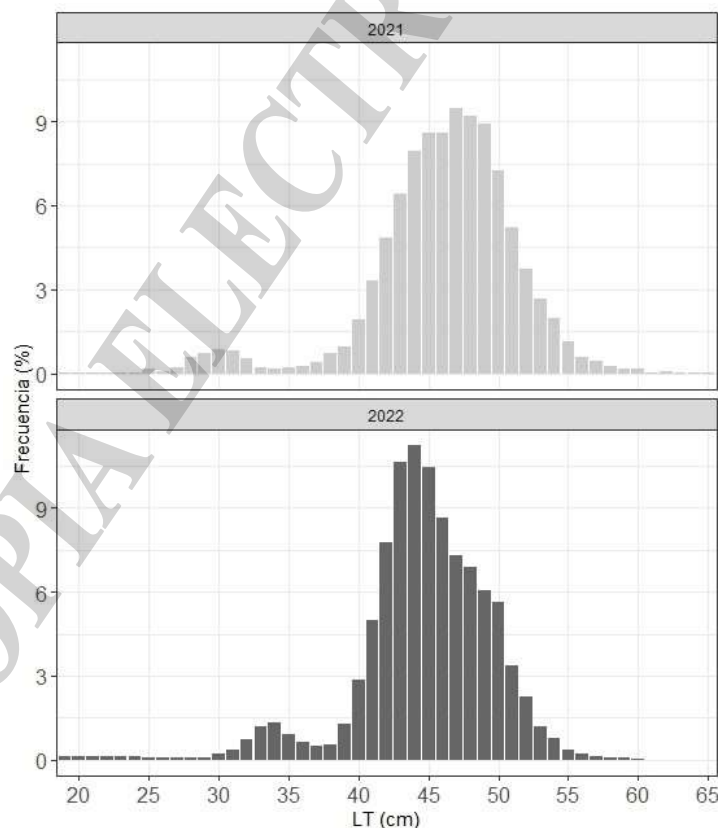


Figura 6. Distribución de frecuencias (%) de longitudes totales (LT) de la polaca ponderada a la captura total anual. Años 2021 y 2022.



La comparación de las distribuciones de longitudes de polaca evidenció un leve corrimiento de la moda inferior, perteneciente a los individuos juveniles desde el año 2021 hasta el 2022, permitiendo en alguna medida el seguimiento de las cohortes. Sin embargo, ese desplazamiento no fue visible en los adultos (modas más frecuentes), evidenciado por la similitud de las modas halladas. Dicha semejanza podría deberse al menor número de ejemplares obtenidos en las submuestras del año 2022 (1.200, contra 1.600) y a la falta de hembras, principalmente en las mareas analizadas de ese año, que son las que poseen mayores longitudes.

La estructura de edades, correspondiente al número de individuos ponderados a la captura total, estuvo representada, principalmente, por individuos de edad cinco, la cual comprendió, aproximadamente, el 26 y el 31% del total del número de individuos de los años 2021 y 2022, respectivamente (Tabla 7, Figura 6). Sin embargo, las edades cuatro, seis y ocho se encontraron también muy bien representadas.

Tabla 7. Número de individuos por grupo de edad de la polaca, ponderado a la captura total anual. En negrita: edad mayormente representada. Años 2021 y 2022.

Edad	Número de individuos	
	2021	2022
1	70.514	185.962
2	228.916	924.679
3	1.168.222	803.077
4	3.016.513	4.183.466
5	6.387.066	7.196.000
6	3.316.439	3.399.950
7	2.560.733	1.496.708
8	5.410.295	2.977.496
9	1.722.055	1.190.119
10	448.443	291.554
11	309.121	80.762
12	121.494	77.106
13	155.954	83.377
14	64.038	36.908
15	11.526	6.857
16	7.951	9.448
17	8.076	-

Discusión

Los datos recopilados durante los años 2021 y 2022 permitieron realizar una buena estimación de los parámetros de historia de vida de la polaca.

Las distribuciones de longitudes de las submuestras, obtenidas para los dos años de estudio, evidenciaron una estructura típica para la especie, con valores extremos entre 28 y 64 cm de LT, similares a los hallados en trabajos previos (Barrera-Oro y Tomo 1988; Cassia 2000; Cassia 2004; Cassia et al. 2006; Cassia y Padilla 2012; Ruocco y Zumpano 2016; Ruocco et al. 2017; Ruocco y Zumpano 2018 y 2019; Ruocco 2022 a y b).

La mayor edad registrada para la especie entre los años 1988 y 2018, según la literatura científica, fue de 23 años (Barrera-Oro y Tomo 1988; Cassia 2000; Cassia 2004; Cassia et al. 2006; Cassia y Padilla 2012; Ruocco y Zumpano 2016; Ruocco et al. 2017; Ruocco y Zumpano 2018). Sin



embargo, el presente estudio encontró que la edad máxima fue de 17 años, coincidiendo con investigaciones más recientes que también han observado edades máximas menores (Ruocco 2022 a y b).

Las estimaciones de los parámetros de crecimiento resultaron ser consistentes con investigaciones anteriores (Ruocco et al. 2016; Ruocco y Zumpano 2016; Ruocco et al. 2017; Ruocco 2022 a y b) y semejantes a los valores típicos señalados para la especie (Barrera-Oro y Tomo 1988; Cassia 2000; Wöhler et al. 2004; Cassia et al. 2006). En este estudio se observó que las hembras alcanzan una longitud asintótica mayor que los machos, sugiriendo una posible disparidad en el crecimiento entre sexos después de alcanzar la madurez, como también ha sido mencionado en trabajos previos de la plataforma argentina (Cassia 2000; Cassia 2004; Ruocco et al. 2016; Ruocco y Zumpano 2016, 2018, 2019; Ruocco et al. 2017) y de Chile (Aguayo 2010; Contrera-Reyes et al. 2014).

Los parámetros relacionados con la longitud total y el peso total, así como la edad y longitud de madurez sexual y la mortalidad natural, se han mantenido estables a lo largo del período de estudio realizado en el INIDEP desde el año 2000 hasta el presente, sin mostrar cambios significativos y dentro de los rangos esperados para la especie (Barrera-Oro y Tomo 1988; Cassia 2000; Wöhler et al. 2004; Cassia et al. 2006; Ruocco y Zumpano 2016; Ruocco et al. 2017; Ruocco y Zumpano 2018, 2019; Ruocco 2022 a y b).

Las distribuciones de longitudes y edades de las submuestras mostraron similitudes esperables respecto de los datos ponderados a la captura total. La comparación de las distribuciones ponderadas de polaca, de los años 2021 y 2022, no evidenciaron un corrimiento anual de la moda principal, ya que las mismas fueron muy similares. Esta semejanza podría deberse al reducido número de mareas realizadas en los últimos años (Ruocco 2022b). En ese sentido, sería importante contar con una mayor cantidad de datos a ser analizados en futuras investigaciones, ya que dicho enfoque permitiría lograr una mayor precisión en la descripción de las distribuciones, producto de una mayor presencia de valores extremos y variabilidad de los datos de longitud por edad.

Conclusiones

- La composición de longitudes de polaca, en la flota total arrastrera durante el año 2021 se halló entre 19 y 65 cm de LT, mientras que, en el 2022 estuvo comprendido entre 19 y 60 cm. La distribución de longitud presentó, en ambos años dos modas, una en juveniles y otra en adultos.
- La edad mínima observada fue de dos años en ambos sexos y en los dos años de estudio, mientras que las edades máximas fueron 17 años en machos y hembras en 2021 y 14 y 16 años en machos y hembras, respectivamente, en 2022.
- La edad cinco fue las más frecuentes en ambos sexos y años analizados.
- Los parámetros de crecimiento estimados para ambos sexos combinados fueron $L_{\infty} = 59,98$ cm de LT, $K = 0,19$ y $t_0 = -1,77$ para el año 2021 y $L_{\infty} = 57,96$ cm de LT, $K = 0,18$ y $t_0 = -3,15$ para el año 2022. Existieron diferencias entre sexos, las cuales fueron debidas a la L_{∞} .
- La relación entre la longitud total y el peso total fue $P = 0,007 * LT^{2,94}$ en el año 2021 y $P = 0,009 * LT^{2,87}$ y en el año 2022, para ambos sexos combinados.
- Los valores de longitud y edad de madurez sexual, fueron 40 cm de LT y cuatro años de edad, para ambos sexos combinados en los dos años analizados.
- El valor de tasa instantánea de mortalidad natural promedio obtenido en ambos años correspondió a $M = 0,3$ años⁻¹.
- El análisis de las submuestras evidenció dos modas respecto de la longitud de polaca manifestando similitud con la distribución de longitudes ponderada a la captura total.



Bibliografía

- Aguayo M, Chong J, Paya, I. 2010. Age, growth and natural mortality of southern blue whiting, *Micromesistius australis* in the southeast Pacific Ocean. Rev biol mar oceanogr. Valparaíso, 45, 1. 723-735. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572010000400015>
- Barrera-Oro ER, Tomo AP. 1988. New information on age and growth in length of *Micromesistius australis*, Norman 1937 (Pisces, Gadidae), in the South-West Atlantic. Polar Biol 8: 341-351. <https://doi.org/10.1007/BF00442025>
- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York.
- Cassia MC. 2000. Age and growth of the southern blue whiting *Micromesistius australis* in the SW Atlantic. Sci Mar 64 (3): 269-274.
- Cassia MC. 2004. Estimación de parámetros poblacionales de polaca (*Micromesistius australis*) y captura por talla y edad efectuada por la flota comercial Argentina durante el año 2002. Inf Téc Int INIDEP N° 75/2004, 6p.
- Cassia MC. 2006. Distribución y estructura poblacional de tres especies de peces pertenecientes al área austral: Estimación de parámetros poblacionales de polaca *Micromesistius australis*, *Salilota australis* y *Dissostichus eleginoides*. Tesis Doctoral. Mar del Plata: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. 170 p.
- Cassia MC, Malaspina A, Padilla A. 2006. Captura de polaca (*Micromesistius australis*) por talla y edad efectuada por la flota comercial Argentina durante el año 2005 y estimación de parámetros poblacionales. Inf Téc INIDEP N° 97/2006, 8p.
- Cassia MC, Padilla A, Malaspina A. 2011. Captura de polaca (*Micromesistius australis*) por longitud y edad efectuada por la flota comercial Argentina durante el año 2010 y estimación de los parámetros poblacionales. Inf Invest INIDEP N° 36/2011, 9 p.
- Cassia, MC, Padilla A. 2012. Captura de polaca (*Micromesistius australis*) por edad efectuada por la flota comercial Argentina durante el año 2011 y estimación de los parámetros poblacionales. Inf Invest INIDEP N° 83/2012, 8 p.
- Contreras-Reyes JE, Arellano-Valle RB, Canales TM. 2014. Comparing growth curves with asymmetric heavy-tailed errors: application to the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). Fish Res, 159: 88-94.
- Cousseau MB, Perrotta RG. 2000. Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca. 4a. ed. Mar del Plata: INIDEP 193 p.
- Giussi AR, Zavatteri A. 2017. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2016. Inf Téc Of INIDEP N° 37/2017. 21 p.
- Giussi AR, Zavatteri A. 2018. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2017. Inf Téc Of INIDEP N° 43/2018. 22 p.
- Gorini FL, Lukaszewicz G, Giussi AR. 2021. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2008-2020). Inf Téc INIDEP N° 27/2021. 64 p.
- Hoening, JM, Lawing, WD, Hoening NA. 1983. Using mean age, mean length and median length data to estimate the total mortality rate. C.M. Document D:23, ICES, Copenhagen, Denmark.
- Huxley J, Teissier G. 1936. Terminology of Relative Growth. 781p.
- Jové A, Aubone A. 2023. Manual de uso del script lpr.R v1.0 para el estudio de relaciones Longitud-Peso en RStudio. Inf Ases INIDEP N° 87/2023, 6 p.
- Ogle DH. 2016. Introductory Fisheries Analyses with R (1st ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315371986>



- Pauly D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J Cons Int Explor Mer.* 39 (2) : 175-192.
- Perrotta RG. 1982. Distribución y estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). *Rev Invest Desarr Pesq.* 3: 35-50. <http://hdl.handle.net/1834/2049>
- Ruocco NL, Aguilar E, Lukaszewicz G. 2023. Distribuciones de frecuencias de longitudes de algunas especies de peces demersales australes capturadas por la flota comercial. Año 2022. *Inf Invest INIDEP N° 96/2023.* 11 p.
- Ruocco NL, Padilla A, Zumpano F, Di Leva I. 2015. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial- año 2013-. *Inf Invest INIDEP N° 30/2015.* 9 p.
- Ruocco NL, Zumpano F, Padilla A. 2016. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial- año 2014-. *Inf Invest INIDEP N° 002/2016.* 10 p.
- Ruocco NL, Zumpano F, Troccoli G. 2017. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial - año 2016-. *Inf Invest INIDEP N° 113/2017.* 10 p.
- Ruocco NL, Zumpano F. 2016. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial - año 2015-. *Inf Invest INIDEP N° 66/2016.* 11 p.
- Ruocco NL, Zumpano F. 2018. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial - año 2017-. *Inf Invest INIDEP N°102/2018.* 14 p.
- Ruocco NL, Zumpano F. 2019. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial- año 2018. *Inf Invest INIDEP N° 27/2019* 14 p.
- Ruocco NL. 2022a. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial. Año 2019. *Inf Invest INIDEP N° 60/2022.* 16 p.
- Ruocco NL. 2022b. Estructura de edades y parámetros poblacionales de la polaca (*Micromesistius australis*) capturada por la flota comercial. Año 2020. *Inf Invest INIDEP N° 77/2022.* 14 p.
- Taylor CC. 1958. Cod growth and temperature. *J Cons Int Explor Mer* 23, 366-370.
- Then AY, Hoenig JM, Hall NG, Hewitt DA. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J Mar Sci* 72:82-92.
- von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum Biol.* 10: 181-213.
- Wöhler OC, Cassia MC, Hansen JE. 2004. Caracterización Biológica y evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*). En: Sanchez R. y Bezzi S. (eds). *El mar argentino y sus Recursos pesqueros 4. Caracterización Biológica y evaluación del estado de explotación.* Contr INIDEP N° 1288, 283-305.
- Zavatteri A, Giussi AR. 2020. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2019. *Inf Téc INIDEP N° 35/2020.* 22 p.
- Zavatteri A, Giussi AR, Zumpano F, Di Marco EJ. 2019. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2018. *Inf Téc Of INIDEP N° 40/2020.* 22 p.
- Zavatteri A, Giussi AR. 2021. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2020. Recomendación de la CBA para el año 2022. *Inf Téc Of INIDEP N° 37/2021.* 24 p.



- Zavatteri A, Giussi AR. 2022. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2021. Recomendación de la CBA para el año 2023. Inf Téc Of INIDEP N° 56/2022. 25 p.
- Zavatteri A, Giussi AR. 2023. Evaluación de la abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2022. Recomendación de la CBA para el año 2024. Inf Téc Of INIDEP N° 32/2023. 24 p.
- Zumpano F, Ruocco NL. 2018. Comparación de Metodologías de Procesamiento en Otolitos de Polaca (*Micromesistius australis*). Inf Invest INIDEP N° 59/2018. 8 p.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP