

Estimación de la longitud total y el peso de *Helcogrammoides cunninghami* (Perciformes, Tripterygiidae) de Playa Santa Isabel (Chubut, Argentina) a partir de otolitos, huesos craneales y de la cintura escapular

Ximena NAVOA^{1,2*}, Cynthia IBARRA³, Kevin J. JACOBI^{1,2,4}, Alessandra T. PASTI^{1,2} & Nelson D. BOVCON^{1,4,5}

¹Instituto de Investigación de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (IIH-FCNyCS-UNPSJB). Gales 48, 9100 Trelew, Chubut, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, 1425FQB Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. ³Centro para el Estudio de Sistemas Marinos-CONICET. Boulevard Brown 2915, 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina. ⁴Cátedra Diversidad Animal II, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (FCNyCS-UNPSJB). 9 de Julio s/n, 9100 Trelew, Chubut, Argentina. ⁵Instituto Multidisciplinario para la Investigación y Desarrollo Productivo y Social de la cuenca del Golfo San Jorge (IIDEPyS, CONICET-UNPSJB). Ruta Provincial N°1 Km 4, 9005 Trelew, Chubut, Argentina.

xime_navoa@hotmail.com.

Resumen. En el presente trabajo, se generaron regresiones para estimar el peso húmedo a partir de la longitud total, y el peso húmedo y la longitud total a partir de medidas de otolitos, huesos craneales y de la cintura escapular de *Helcogrammoides cunninghami*. No se encontraron diferencias en la relación peso húmedo-longitud total entre machos y hembras, observándose un crecimiento isométrico entre el peso húmedo y la longitud total. Las medidas de los huesos explicaron mejor que los otolitos los cambios en el peso y la longitud total de los ejemplares de *H. cunninghami*. Las ecuaciones obtenidas son una herramienta para la investigación en ecología trófica a fin de evaluar el rol de *H. cunninghami* en la dieta de depredadores piscívoros.

Palabras claves. Relaciones morfométricas, depredadores piscívoros, reconstrucción de la dieta

Abstract. Estimation of length and weight of *Helcogrammoides cunninghami* (Perciformes, Tripterygiidae) from otoliths, cranial bones and shoulder girdle. In the present work, regression equations were generated to estimate wet weight from total length of the body, and wet weight and total length from *sagitta* otoliths, skull bones and shoulder girdle length of *Helcogrammoides cunninghami*. No differences were found in the wet weight-total length relationship between males and females, with an isometric growth observed between wet weight and total length. Bones measurements explained changes in weight and total length of *H. cunninghami* specimens better than otoliths. The equations obtained are a tool for research in trophic ecology, allowing a broader evaluation of the role of the *H. cunninghami* in the diet of piscivorous predators.

Key words. Morphometric relationships, piscivorous predators, diet reconstruction

INTRODUCCIÓN

Los índices individuales utilizados para reconstruir la dieta de los depredadores se basan en una sola variable relacionada con el consumo de una presa determinada, ya sea la ocurrencia, la cantidad o el peso/volumen. Estos proporcionan descripciones cualitativas y cuantitativas de la dieta (da Silveira *et al.*, 2020). Cabe señalar que la contribución relativa de las presas a la dieta puede diferir dependiendo del método de cuan-

tificación utilizado. Por ejemplo, la frecuencia de ocurrencia tiende a sobreestimar la importancia de las presas pequeñas (Ahlbeck *et al.*, 2012); la frecuencia numérica tiende a sobreestimar las categorías de alimentos pequeñas y abundantes que pueden tener una calidad nutricional deficiente en comparación con aquellas más grandes pero menos abundantes (Buckland *et al.*, 2017); mientras que las frecuencias gravimétricas y volumétricas permiten evaluar la importancia nutricional relativa de cada categoría de alimentos

consumidos y el flujo energético a través de las redes alimentarias (Tirasin & Jørgensen, 1999).

En el caso de los peces que son presas y se encuentran fragmentados y/o digeridos en los contenidos estomacales, heces o regurgitados de sus depredadores es necesario estimar la longitud y el peso a partir de regresiones basadas en la morfometría de los otolitos *sagitta* y huesos que son morfológicamente especie-específicos si se requiere reconstruir la contribución volumétrica (e.g., Bulgarella *et al.*, 2008; Romero *et al.*, 2011; Yorio *et al.*, 2017; Ibarra *et al.*, 2018). Las ecuaciones de regresiones basadas en las medidas de huesos y otolitos proporcionan resultados más precisos de la longitud y el peso de las presas consumidas en comparación con las mediciones simples y directas de las categorías de alimentos (Buckland *et al.*, 2017).

Los huesos craneales, de la cintura escapular y las vértebras son elementos útiles en la identificación y la estimación de las longitudes y pesos de los peces presentes en los contenidos estomacales de los depredadores (e.g., Granadeiro & Silva, 2000; Perez-Comesaña *et al.*, 2014; Riestra *et al.*, 2020; Fernández *et al.*, 2024), aunque, por lo general, es más frecuente la utilización de otolitos (e.g., Jansen *et al.*, 2010; Battaglia *et al.*, 2016; Marques *et al.*, 2018). Sin embargo, los otolitos pueden no ser el elemento más representativo en la muestra de contenido estomacal, regurgitado o heces recolectadas debido a que, otolitos pequeños y delgados pueden degradarse totalmente (Recchia & Read, 1989; Tarkan *et al.*, 2007). La mayoría de las especies tiene cambios ontogenéticos en las estructuras duras como huesos y otolitos. En el caso de los otolitos los cambios morfológicos son habituales (North *et al.*, 1984; Jobling & Breiby, 1986; Johnstone *et al.*, 1990; Vignon, 2012) y pueden depender, por ejemplo, de cambios ecológicos en la dieta y en el uso del hábitat entre las distintas etapas de vida de los organismos.

A su vez, se ha observado en experimentos *in vitro* e *in vivo* una mayor persistencia de los huesos en relación con los otolitos en la digestión ácida (Pierce *et al.*, 1993; Carss & Elston, 1996). De este modo, la presencia de ciertas especies en la dieta puede ser subestimada o ignorada, lo que conduce a estimaciones sesgadas del tamaño original de las presas y de la cantidad de presas consumidas (Jobling & Breiby, 1986).

El diablillo, *Helcogrammoides cunninghami* (Smitt, 1898), se distribuye en el Atlántico Sudoccidental desde el sur de Brasil hasta el sur de Argentina e islas Malvinas (Irigoyen, 2010;

Williams, 2014) y en el Pacífico desde Lima en Perú hasta el sur en Chile (Williams & Springer, 2001). En la Patagonia es muy abundante y fácil de observar en el intermareal, en las praderas de algas y en arrecifes de poca profundidad (Irigoyen, 2010; Reyes & Hüne, 2012). En el Mar Argentino, *H. cunninghami* presentó frecuencias de ocurrencia porcentuales (FO%) entre 15 y 62,8% en la dieta de aves marinas como el cormorán imperial *Leucocarbo atriceps* (King, 1828) (Gosztonyi & Kuba, 1998; Bulgarella *et al.*, 2008; Ibarra *et al.*, 2018; Ibarra *et al.*, 2022) y el cormorán cuello negro *L. magellanicus* (Gmelin, 1789) (Bulgarella *et al.*, 2008; Sapoznikow *et al.*, 2009), y es además presa ocasional del pingüino de Magallanes *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) (Gosztonyi, 1984). También se lo encuentra en la dieta de peces como el escrófalo *Sebastes oculatus* (Valenciennes, 1833) (Moreno *et al.*, 1979) y la vieja *Calliclinus geniguttatus* (Valenciennes, 1836) con una FO% del 6% (Moreno & Zamorano, 1980) en el litoral marítimo chileno.

Como se señaló, en los contenidos estomacales de los depredadores mencionados se encuentran ejemplares parcialmente digeridos y estructuras duras de *H. cunninghami*. La relación peso-longitud total de la especie se ha estimado para ejemplares del centro y norte de Chile en el Pacífico Sudoriental (18°–33°S) (Pérez-Matus *et al.*, 2014) y de los golfos Nuevo y San José (42°–43° S), Chubut, Argentina (Ríos *et al.*, 2017). Sin embargo, se carece de regresiones que permitan estimar el peso y/o la longitud total a partir de los otolitos, huesos craneales o de la cintura escapular. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar las relaciones entre: a) el peso de *H. cunninghami* y la longitud total, b) el peso y las medidas de los otolitos *sagitta*, huesos craneales y de la cintura escapular y c) la longitud total y las medidas de los otolitos *sagitta*, huesos craneales y de la cintura escapular. De esta forma, se brinda una herramienta que permitirá evaluar la importancia del diablillo *H. cunninghami* en la ecología trófica de distintos depredadores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recolectaron 124 ejemplares de *H. cunninghami* capturados a mano debajo de rocas en la zona del intermareal de Playa Santa Isabel (43° 25' 22,8" S y 65° 04' 54" O), provincia del Chubut, entre los meses de julio y agosto de 2015. En el laboratorio se registró la longitud total (Lt) de los individuos con un ictiómetro (± 1 mm), el peso con una balanza electrónica ($\pm 0,01$

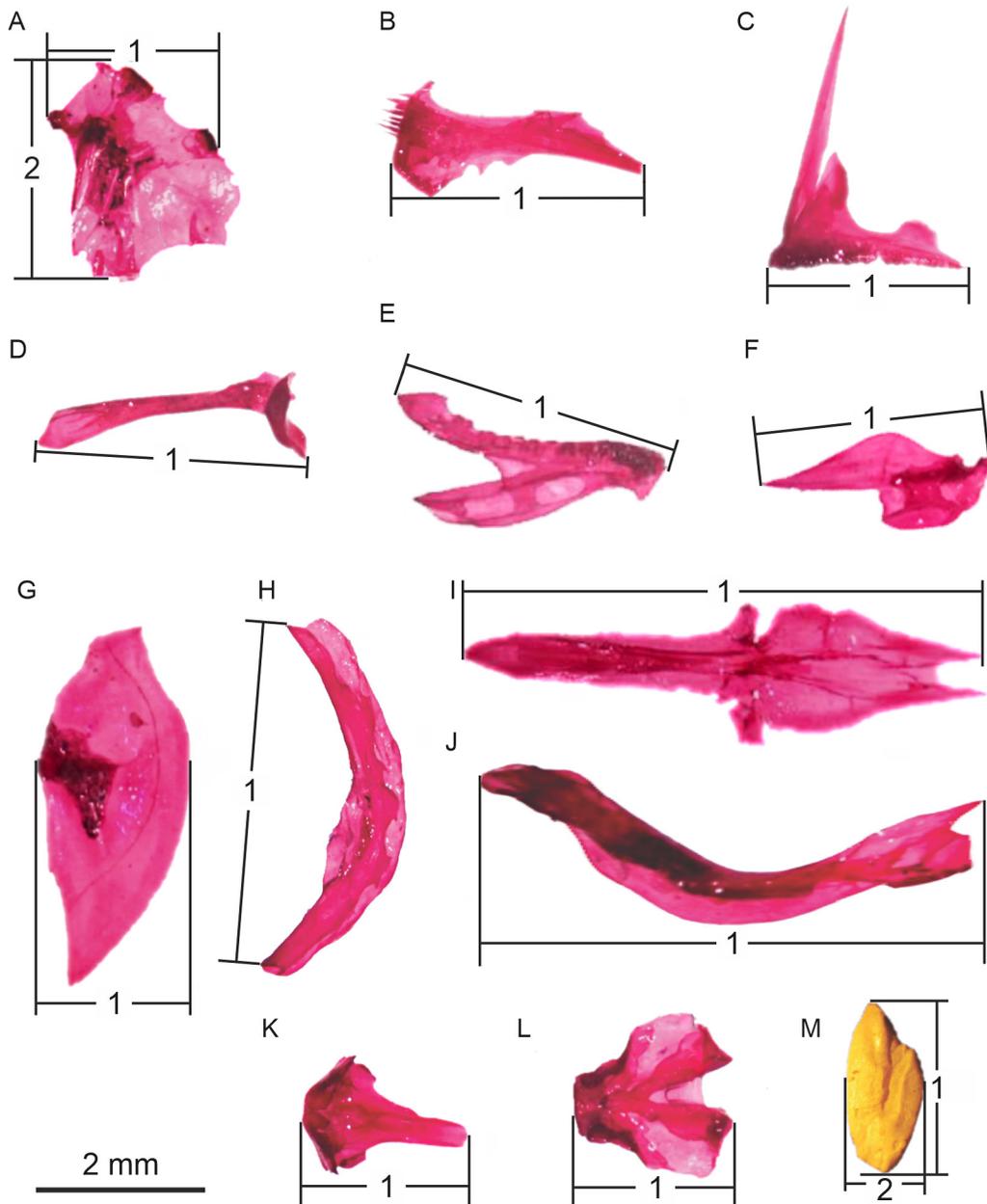


Figura 1. Esquema de mediciones realizadas en huesos del cráneo, huesos de la cintura escapular y otolitos de *Helcogrammoides cunninghami*. Tinción con rojo de alizarina. (A) hiomandibular, (B) ceratohial, (C) premaxilar, (D) maxilar, (E) dentario, (F) angular, (G) opercular, (H) preopercular, (I) paraesfenoides, (J) cleitro, (K) vómer, (L) basioccipital, (M) otolito *sagitta*.

g) y se determinó el sexo mediante observación macroscópica.

De los 124 ejemplares se consideró una submuestra de 87 que contuviera ejemplares distribuidos homogéneamente a lo largo del rango

de longitud de la especie para obtener los otolitos *sagitta*, huesos del esplanocráneo (hiomandibular y ceratohial), del dermatocráneo (premaxilar, maxilar, dentario, angular, paraesfenoides, vómer, preopercular y opercular), del neurocráneo

Elemento diagnóstico	Medida	n	\bar{x} (rango)	r^2	a	IC 95% a	b	IC 95% b
A–Hiomandibular	1	170	3,21 (2,40–4,00)	0,87	0,09	0,08–0,11	2,35	2,21–2,50
	2	170	2,65 (1,90–3,40)	0,89	0,18	0,16–0,20	2,13	2,01–2,24
B–Ceratohial	1	174	3,73 (2,80–4,50)	0,90	0,05	0,04–0,06	2,51	2,38–2,64
C–Premaxilar	1 D	87	3,04 (2,00–3,80)	0,86	0,27	0,23–0,31	1,51	1,38–1,65
	1 I	86	3,14 (2,20–3,80)	0,85	0,25	0,21–0,30	1,53	1,38–1,68
D–Maxilar	1	174	3,98 (3,00–4,70)	0,83	0,09	0,08–0,11	1,99	1,85–2,13
E–Dentario	1 D	87	4,11 (3,10–4,80)	0,82	0,06	0,04–0,09	2,22	1,94–2,49
	1 I	86	3,69 (2,90–4,40)	0,83	0,07	0,05–0,09	2,35	2,12–2,59
F–Angular	1	164	3,22 (2,60–3,90)	0,76	0,09	0,07–0,11	2,40	2,19–2,60
G–Opercular	1	170	1,83 (1,40–2,30)	0,77	0,48	0,44–0,53	1,79	1,63–1,95
H–Preopercular	1	174	5,05 (4,00–6,20)	0,84	0,03	0,02–0,04	2,38	2,23–2,55
I–Paraesfenoides	1	87	6,83 (5,60–7,80)	0,80	0,004	0,002–0,008	3,04	2,67–3,40
J–Cleitro	1	170	8,62 (7,10–10,00)	0,89	0,002	0,001–0,003	3,01	2,84–3,18
K–Vómer	1	87	2,57 (2,00–3,40)	0,76	0,19	0,14–0,25	2,17	1,86–2,48
L–Basioccipital	1	87	2,30 (1,90–2,80)	0,78	0,14	0,10–0,18	2,81	2,46–3,16
M–Otolito	1	170	1,75 (1,46–2,09)	0,64	0,30	0,25–0,36	2,71	2,40–3,03
	2	170	0,86 (0,78–1,02)	0,49	2,07	1,94–2,22	2,61	2,21–3,01

Tabla 1. Ecuaciones de las relaciones peso–medidas de los elementos diagnósticos. Los números 1 y 2 son las medidas realizadas; n, tamaño de la muestra; (rango), media y rango en mm; I y D, izquierdo y derecho; r^2 , coeficiente de determinación; a y b, parámetros de la regresión; IC 95%, intervalo de confianza.

Elemento diagnóstico	Medida	r ²	a	IC 95% a	b	IC 95% b
A–Hiomandibular	1	0,88	19,38	18,42–20,39	0,77	0,72–0,81
	2	0,91	24,11	23,33–24,92	0,70	0,66–0,73
B–Ceratohial	1	0,88	16,40	15,46–17,40	0,81	0,76–0,85
C–Premaxilar	1D	0,87	27,61	26,29–29,00	0,49	0,45–0,53
	1I	0,85	27,04	25,60–28,56	0,49	0,44–0,54
E–Dentario	1D	0,89	16,55	15,02–18,24	0,75	0,68–0,81
	1I	0,87	17,09	15,40–18,96	0,72	0,64–0,79
F–Angular	1	0,80	18,83	17,53–20,23	0,79	0,73–0,85
G–Opercular	1	0,79	33,13	32,14–34,15	0,60	0,55–0,65
H–Preopercular	1	0,79	13,95	12,67–15,35	0,75	0,70–0,81
I–Paraesfenoides	1	0,82	7,30	5,95–8,97	0,97	0,87–1,08
J–Cleitro	1	0,88	5,97	5,31–6,72	0,96	0,91–1,02
K–Vómer	1	0,77	24,92	22,74–27,30	0,69	0,59–0,78
L–Basioccipital	1	0,79	22,39	20,42–24,54	0,90	0,79–1,01
M–Otolito	1	0,67	28,42	26,92–30,01	0,90	0,80–1,00

Tabla 2, Ecuaciones de las relaciones longitud total–medidas de los elementos diagnósticos. Los números 1 y 2 son las medidas realizadas; I y D, izquierdo y derecho; r², coeficiente de determinación; a y b, parámetros de la regresión; IC 95%, intervalo de confianza.

(basioccipital) y de la cintura escapular (cleitro), elementos que posibilitan la identificación taxonómica de la especie y presentan una mayor persistencia en los contenidos estomacales (Gosztonyi & Kuba, 1996). Los huesos se extrajeron mediante digestión con jabón enzimático y para facilitar su identificación se tiñeron con una solución de rojo de alizarina preparada según Hollister (1934). Posteriormente fueron medidos utilizando una lupa binocular Carl Zeiss 5–20X con una grátula en una de sus lentes (Fig. 1). En el caso de los otolitos *sagitta* y los huesos pares se realizó la medición de los elementos derechos e izquierdos.

Análisis estadístico

La relación peso-longitud se examinó utilizando la ecuación $(P) = (a) * (Lt)^{(b)}$, donde (P) representa el peso húmedo, (Lt) es la longitud total, (a) es el coeficiente de forma del cuerpo y (b) es el coeficiente que equilibra las dimensiones de la ecuación (Froese, 2006). Para establecer la relación, se linealizó el modelo exponencial aplicando una transformación logarítmica a los datos. A su vez, se estimó un intervalo de confianza para el parámetro b de la regresión para estudiar la alometría en esta relación.

Debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la longitud, si un individuo mantiene su forma al crecer, el crecimiento es isométrico y el intervalo del parámetro b contiene $b = 3$. Cuando $b > 3$, los individuos de mayor longitud han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando $b < 3$, los individuos incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso (Froese, 2006). A través de un Análisis de la Covarianza (ANCOVA) se evaluó el efecto del sexo en la relación peso-longitud total.

Se realizaron regresiones lineales entre el logaritmo natural de las longitudes de los otolitos *sagitta*, los huesos craneales y de la cintura escapular y el logaritmo del peso y la longitud total del cuerpo. Se realizó un ANCOVA para determinar el efecto de la lateralidad (derecho, izquierdo) en las relaciones entre las variables ya que es posible que no proporcionen las mismas estimaciones del peso y la longitud del pez (e.g., Raczynski & Szuba, 1997; Copp & Kováč, 2003; Martínez-Polanco et al., 2022). Cuando no se encontraron diferencias se consideraron ambos para una sola estimación del peso y la longitud total.

Los análisis estadísticos se realizaron en el

software R versión 4.1.3 (R Core Team 2022), utilizando el paquete STATS (R Core Team 2022). Para cada regresión se verificaron gráficamente los supuestos.

RESULTADOS

La longitud total (Lt) del total de los ejemplares de *H. cunninghami* muestreados varió entre 38 y 55 mm y el peso entre 0,75 y 2,28 g. Se registraron 45 hembras y 78 machos. Las hembras presentaron una longitud entre 38 y 48 mm Lt ($\bar{x} = 43,78 \pm DE = 2,31$ mm) y un peso entre 0,75 y 1,51 g ($\bar{x} = 1,13 \pm DE = 0,19$ g). Los machos presentaron una longitud entre 42 y 55 mm Lt ($\bar{x} = 49,54 \pm DE = 2,70$ mm) y un peso entre 0,95 y 2,28 g ($\bar{x} = 1,65 \pm DE = 0,30$ g).

La relación peso-longitud total para el total de los ejemplares fue: $P = 0,00001 * Lt^{3,05}$ ($n = 124$; $r^2 = 0,94$; $P < 0,0001$). El valor estimado de b fue 3,05 (DE = 0,07; IC 95% = 2,90-3,19), lo que indica un crecimiento isométrico. A su vez, no se encontraron diferencias significativas en las regresiones peso-longitud total entre machos y hembras (ANCOVA $F = 0,81$, g.l. = 1, $P = 0,37$).

Las relaciones peso - medida de los huesos y la longitud total- medida de los huesos presentaron probabilidades asociadas (P) menores a 0,0001 y coeficientes de determinación ajustados (r^2) entre 0,49 y 0,91 (Tab. 1–2). Los menores valores de r^2 se obtuvieron para las medidas del otolito y los mayores para el hiomandibular, ceratohial, cleitro y dentario. Se encontraron diferencias en los interceptos de las curvas peso – largo del premaxilar derecho e izquierdo ($F = 11,20$, $P = 0,001$) y de los dentarios derechos e izquierdos ($F = 119,00$, $P = < 0,0001$); como así también en las curvas de longitud total-largo del premaxilar y largo del dentario. Por lo tanto, se incluyeron las ecuaciones para ambos lados. Debido a que el supuesto de homocedasticidad no se cumplió para las relaciones longitud total-largo del maxilar y longitud total-ancho del otolito, las ecuaciones fueron excluidas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las longitudes y pesos de los ejemplares del diablito *H. cunninghami* recolectados en Playa Santa Isabel para este estudio se encuentran dentro del rango reportado para la especie en los golfos Nuevo y San José, Argentina (Ríos *et al.*, 2017) y en Chile (Pérez-Matus *et al.*, 2014). En cuanto a la forma de crecimiento de la especie, el parámetro (b) obtenido en este estudio indi-

có un crecimiento isométrico, mientras que en el trabajo de Ríos *et al.* (2017) se observó una tendencia hacia el crecimiento alométrico negativo (incrementan su peso en menor proporción que su longitud). En el caso de Chile, se registra un crecimiento alométrico positivo para la población estudiada (incrementan su peso en mayor proporción que su longitud) (Pérez-Matus *et al.*, 2014). Las diferencias en los valores de (b) se pueden atribuir al tamaño de la muestra, el rango de longitud cubierto, el tipo de hábitat, el desarrollo ontogenético, la población, la madurez de las gónadas, la dieta, la salud, las enfermedades y los parásitos (Froese, 2006; Roul *et al.*, 2020). Varios factores podrían estar contribuyendo a las diferencias observadas entre los sitios estudiados para *H. cunninghami*. Entre ellos, el tamaño muestral de 124 ejemplares en este estudio supera los utilizados por Pérez-Matus *et al.* (2014) con 72 y Ríos *et al.* (2017) con 56. Además, el rango de longitud cubierto en este estudio es menor, los estudios previos incluyeron ejemplares más pequeños, Pérez-Matus *et al.* (2014) desde 28 mm y Ríos *et al.* (2017) a partir de 30 mm. La obtención de estos ejemplares más pequeños podría estar relacionada con las artes de pesca que utilizaron y el ambiente submareal donde realizaron la captura. La dieta también podría ser un factor determinante. Winkler *et al.* (2017) describieron variaciones en la dieta de *H. cunninghami* entre diferentes sitios del centro y norte de Chile, en el Pacífico Sudoriental. Finalmente, es posible que se trate de poblaciones diferentes. Los estudios previos se enfocaron en el Pacífico Sudoriental (Pérez-Matus *et al.*, 2014), en los golfos Nuevo y San José en Chubut, Argentina (Ríos *et al.*, 2017) y este estudio en un ambiente de mar abierto, al sur de los golfos, en la costa de Chubut.

De los elementos diagnósticos evaluados, los resultados muestran la conveniencia del uso de huesos del cráneo y de la cintura escapular sobre los otolitos para el análisis de muestras de dieta. Los huesos craneales y de la cintura escapular presentaron mayores coeficientes de regresión que los otolitos, por lo que la medición de huesos es más útil para reconstruir longitudes y pesos de ejemplares de *H. cunninghami* encontrados en muestras de dieta de diferentes depredadores. El cleitro junto al dentario pueden ser en general los huesos más persistentes en el contenido estomacal de los depredadores, y por sus características son los mejores para identificar presas (Hansel *et al.*, 1988). El cleitro, en especial, al ser uno de los huesos de mayor tamaño y además uno de los primeros en desarrollarse, es muy útil para

identificar peces de poca edad (Hansel et al., 1988).

A partir de este estudio se detectaron diferencias entre las curvas de elementos derechos e izquierdos sólo en las relaciones peso-largo del premaxilar y del dentario y longitud total-largo del premaxilar y del dentario. Diferencias entre premaxilares izquierdos y derechos se han encontrado en *Pseudorasbora parva* (Temminck y Schlegel 1846) (Beyer et al., 2006) y *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) (Copp y Kováč, 2003) y, entre dentarios, en *P. parva* (Beyer et al., 2006). Estos huesos forman parte de la boca de los peces y en la especie se ha observado una estrecha relación entre la selección de hábitat/dieta y la abertura bucal (Winkler et al., 2017). Estos autores observaron que aberturas bucales amplias se asociaban a dietas menos generalistas, enfocadas en bivalvos, decápodos y cirrípodos y, aberturas bucales más pequeñas con dietas generalistas que incluían, además de los mencionados anteriormente, cumáceos, anfípodos, tanaidáceos y copépodos. Ríos (2023) en los golfos Nuevo y San José, en Chubut, Argentina, encontró que *H. cunninghami* presenta una dieta diversa con predominancia de anfípodos, cumáceos, tanaidáceos y ostrácodos indeterminados. En la zona de estudio, en la dieta de *H. cunninghami* se ha observado una diversidad similar de presas (com. pers. Navoa). Por lo tanto, la asimetría observada en estos huesos podría relacionarse con una abertura bucal pequeña y quizás con una direccionalidad de esta durante la alimentación.

Con este estudio es posible reconstruir el peso húmedo de los peces presa a través de las medidas de los huesos y otolitos. No obstante, las estimaciones también se pueden realizar indirectamente mediante la estimación de la longitud total (a partir de huesos u otolitos) y del peso (a partir de la Lt estimada) (Casteel, 1976; Tarkan et al., 2007). Sin embargo, el uso de dos regresiones aumentará el error de la estimación (Casteel, 1976; Pierce & Boyle, 1991; Granadeiro & Silva, 2000). A su vez, se recomienda utilizar las ecuaciones propuestas en este trabajo, sólo en el rango de Lt de este estudio como sugieren otros autores (e.g., Xue et al., 2011), para evitar generar sesgos en las estimaciones.

La falta de regresiones que permitan estimar las longitudes y pesos de las presas en los contenidos estomacales de los depredadores dificulta una evaluación minuciosa de la dieta limitando los estudios al cálculo de la frecuencia de ocurrencia y frecuencia numérica de las presas. Por lo tanto, las ecuaciones obtenidas en este trabajo podrían ser una herramienta complementaria para el

análisis cuantitativo de los contenidos estomacales de depredadores piscívoros que tienen a *H. cunninghami* como presa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Pablo Yorio (CESIMAR-CCT CONICET-CENPAT) y Norberto Garín (Sala de Óptica-CCT CONICET-CENPAT). También al equipo editorial de la revista y a los revisores, Sergio Bogan (Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”) y dos revisores anónimos por sus contribuciones que nos ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

REFERENCIAS

- Ahlbeck, I., S. Hansson & O. Hjerne. 2012. Evaluating fish diet analysis methods by individual-based modelling. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69(7): 1184–1201. <https://doi.org/10.1139/f2012-051>
- Battaglia, P., F. Andaloro, V. Esposito, A. Granata, L. Guglielmo, R. Guglielmo & G. Zagami. 2016. Diet and trophic ecology of the lanternfish *Electrona risso* (Cocco, 1829) in the Strait of Messina (central Mediterranean Sea) and potential resource utilization from the Deep Scattering Layer (DSL). *Journal of Marine Systems* 159: 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.03.011>
- Beyer, K., R. Miranda, G.H. Copp & R.E. Gozlan. 2006. Biometric data and bone identification of topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* and sunbleak *Leuciscus delineatus*. *Folia Zoologica* 55(3): 287–292.
- Buckland, A., R. Baker, N. Loneragan & M. Sheaves. 2017. Standardising fish stomach content analysis: the importance of prey condition. *Fisheries Research* 196:126–140. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.08.003>
- Bulgarella, M., L. Cella Pizarro, F. Quintana, A. Sapoznikow, A. Gosztonyi & L. Kuba. 2008. Diet of Imperial Cormorants (*Phalacrocorax atriceps*) and Rock Shags (*P. magellanicus*) Breeding Sympatrically in Patagonia, Argentina. *Ornitología Neotropical* 19(4): 553–563.
- Carss, D. & D. Elston. 1996. Errors associated with otter *Lutra lutra* faecal analysis. II. Estimating prey size distribution from bones recovered in spraints. *Journal of Zoology* 238(2): 319–332. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1996.tb05397.x>
- Casteel, R.W. 1976. *Fish remains in archaeology and paleo-environmental studies*. Academic Press, London, 180 pp.
- Copp, G.H. & V. Kováč. 2003. Biometric relationships between body size and bone lengths in fish prey of the Eurasian otter *Lutra lutra*: chub *Leuciscus cephalus* and perch *Perca fluviatilis*. *Folia Zoologica* 52(1): 109–112.
- Cuvier, G. & A. Valenciennes. 1833. *Histoire naturelle*

- des poissons. Tome neuvième. Suite du livre neuvième. Des Scombroïdes. v. 9: i-xxix + 3 pp. + 1-512, Pls. 246-279.
- Cuvier, G. & A. Valenciennes. 1836. Histoire naturelle des poissons. Tome onzième. Livre treizième. De la famille des Mugiloïdes. Livre quatorzième. De la famille des Gobioïdes. v. 11: i-xx + 1-506 + 2 pp., Pls. 307-343.
- da Silveira, E.L., N. Semmar, J.E. Cartes, V.βM. Tuset, A. Lombarte, E.L.C. Ballester & A.M. Vaz-dos-Santos. 2020. Methods for trophic ecology assessment in fishes: a critical review of stomach analyses. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 28(1): 71–106. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1678013>
- Fernández, S.J., C. Ibarra, X. Navoa & J.E. Ciancio. 2024. Using head, pectoral girdle bones and otoliths to estimate length and weight of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*), a key species in Patagonian marine ecosystem. *Marine & Fishery Sciences* (MAFIS) 37(1): 241–252.
- Forster, J.R. 1781. Commentationes Societatis Regiae Scientiarum Gottingensis (1780). Volume 3: 134–143.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4): 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Gmelin J.F. 1789. Aves Anseres. Tome I. Pars II. En: Gmelin J.F. (Ed.) *Caroli a Linnaei Systema Naturae per Regna Tria Naturae* 1(2): 501–1032.
- Gosztonyi, A.E. 1984. La alimentación del pingüino Magallánico (*Spheniscus magellanicus*) en las adyacencias de Punta Tombo, Chubut, Argentina. *Contribución Centro Nacional Patagónico* 95:1–19.
- Gosztonyi, A.E. & L. Kuba. 1996. Atlas de huesos craneales y de la cintura escapular de peces costeros patagónicos. *Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica* 4: 1–29.
- Gosztonyi, A.E. & L. Kuba. 1998. Fishes in the diet of the Imperial Cormorant *Phalacrocorax atriceps* at Punta Lobería, Chubut, Argentina. *Marine Ornithology* 26: 59–61.
- Granadeiro, J.P. & M.A. Silva. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies. *Cybiurn* 24(4): 383–393.
- Hansel, H.C., S.D. Duke, P.T. Lofy & G.A. Gray. 1988. Use of diagnostic bones to identify and estimate original lengths of ingested prey fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 117(1): 55–62. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1988\)117<0055:UODBTI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1988)117<0055:UODBTI>2.3.CO;2)
- Hollister, G. 1934. Clearing and dyeing fish for study. *Zoológica* 12: 89–101.
- Ibarra, C., C. Marinao, N. Suárez & P. Yorío. 2018. Differences between colonies and chick-rearing stages in Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) diet composition: implications for trophic studies and monitoring. *The Wilson Journal of Ornithology* 130(1): 224–234. <https://doi.org/10.1676/16-184.1>
- Ibarra, C., C. Marinao, S. Suárez, T. Kasinsky & P. Yorío. 2022. Patterns of sexual segregation in the use of trophic resources in breeding Imperial Cormorants. *Marine Biology* 169(12): 154. <https://doi.org/10.1007/s00227-022-04143-7>
- Irigoyen, A. 2010. *Peces de Arrecife Argentinos*. Proyecto arrecife, Buenos Aires, 104 pp.
- Jansen, O., M. Leopold, E. Meesters & C. Smeenk. 2010. Are white-beaked dolphins *Lagenorhynchus albirostris* food specialists? Their diet in the southern North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90(8): 1501–1508. <https://doi.org/10.1017/S0025315410001190>
- Jobling, M. & A. Breiby. 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia* 71(3-4): 265–274. <https://doi.org/10.1080/00364827.1986.10419696>
- Johnstone, I.G., M.P. Harris, S. Wanless & J.A. Graves. 1990. The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study* 37(1): 5–11. <https://doi.org/10.1080/00063659009477030>
- King, P.P. 1828. Extracts from a letter addressed by Capt. Philippe Parker King, R.N., F.R.S. and L.S. to N.A. Vigors, Esq., on the animals of the Straits of Magellan. *The Zoological Journal* 4 (13-16): 91–104.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordinis, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio decima, reformata. Impensis Direct. Laurentii Salvii, Holmiae. 824 pp.
- Marques, F. P., L.G. Cardoso, M. Haimovici & L. Bugoni. 2018. Trophic ecology of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) during the non-breeding period. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 210: 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.06.001>
- Martínez-Polanco, M.F., P. Bearez, M. Jimenez Acosta & R.G. Cooke. 2022. Allometry of Mexican hogfish (*Bodianus diploaenia*) for predicting the body length of individuals from two pre-Columbian sites in the Pearl Island archipelago (Panama). *International Journal of Osteoarchaeology* 32(3): 669–681. <https://doi.org/10.1002/oa.3094>
- Moreno, C.A., W.E. Duarte & J.H. Zamorano. 1979. Variación latitudinal del número de especies de peces en el sublitoral rocoso: una explicación ecológica. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales* 12: 169–178.
- Moreno, C.A. & J.H. Zamorano. 1980. Selectividad del alimento en dos peces bentófagos (*Mugiloides chilensis* y *Calliclinus geniguttatus*). *Boletim do Instituto Oceanográfico* 29: 245–249. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241980000200051>
- North, A.W., M. S. Burchett, C.J. Gilbert & M.G. White. 1984. Identification of fish from the Southern Ocean by means of otoliths. *Bulletin of the British Antarctic Survey* 62: 83–94.
- Perez-Comesaña, J.E., P. Clavin, K. Arias & C. Ries-

- tra. 2014. Total length estimation of the Brazilian flathead *Percophis brasiliensis*, using morphometric relationships of skull, pectoral girdle bones, otoliths and specific body measures, in Argentine waters. *Journal of Applied Ichthyology* 30(2): 377–380. <https://doi.org/10.1111/jai.12244>
- Pérez-Matus, A., S.A. Carrasco & A. Ospina-Alvarez. 2014. Length-weight relationships for 25 kelp forest-associated fishes of northern and central Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 49(1): 141–145. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000100016>
- Pierce, G.J. & P.R. Boyle. 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 29: 409–486.
- Pierce, G.J., P.R. Boyle, J. Watt & M. Grisley. 1993. Recent advances in diet analysis of marine mammals. *Symposia of the Zoological Society of London* 66: 214–261.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>.
- Raczynski, M. & Z. Szuba. 1997. Description of the inferior pharyngeal bones, ossa pharynges inferiora, in the common bream *Abramis brama* (L.) from the Szczecin lagoon with special regard to bilateral asymmetry. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 27: 59–67.
- Recchia, C.A. & A.J. Read. 1989. Stomach contents of harbour porpoises, *Phocoena phocoena*, from the Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology* 67(9): 2140–2146. <https://doi.org/10.1139/z89-304>
- Reyes, P. & M. Hüne. 2012. *Peces del Sur de Chile*. Ocho Libros, Santiago de Chile, 502 pp.
- Riestra, C., J.E. Perez-Comesaña, K.A. Arias, L.L. Tamini & G.E. Chiamonte. 2020. Back-calculation of total length of Argentine seabass *Acanthistius patachonicus* using morphometric relationships of bones and measurements of the body. *Marine and Fishery Sciences* 33(1): 69–75. <https://doi.org/10.47193/mafis.3312020061804>
- Ríos, M.F. 2023. *Ensamble de peces pequeños de los submareales rocosos norpatagónicos: composición, relaciones tróficas y efecto del ambiente sobre su estructura*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Comahue, 138 pp.
- Ríos, M.F., A.J. Irigoyen, D.E. Galván & S.M. Delpiani. 2017. Length-weight relationships for three small reef-fishes from the Argentine coast: *Helcogrammoides cunninghami* (Smitt, 1898), *Ribeiroclinus eigenmanni* (Jordan, 1888), and *Hyppleurochilus fissicornis* (Quoy and Gaimard, 1824). *Journal of Applied Ichthyology* 33(3):633–634. <https://doi.org/10.1111/jai.13327>
- Romero, M.A., S. Dans, R. González, G. Svendsen, N. García, & E. Crespo. 2011. Trophic overlap between the South American sea lion *Otaria flavescens* and the demersal trawl fishery in San Matias Gulf, Patagonia, Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39(2): 344–358. <https://doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-16>
- Roul, S.K., A.R. Akhil, T.B. Retheesh, K.M. Rajesh, U. Ganga, E.M. Abdussamad & P. Rohit. 2020. Length-weight relationships of fifty fish species from Indian waters. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences* 36: 309–314. <https://doi.org/10.1007/s41208-020-00223-x>
- Sapoznikow, A., F. Quintana & L. Kuba. 2009. Low seasonal variation in the diet of Rock Shags (*Phalacrocorax magellanicus*) at a Patagonian colony in Argentina. *Emu- Austral Ornithology* 109(1): 35–39. <https://doi.org/10.1071/MU07061>
- Smitt, F.A. 1898. Poissons de L'expédition scientifique a la Terre de Feu. Svenska vetenskaps-akademiens handlingar, Stockholm, 24(5): 1-80.
- Tarkan, A.S., Ç. Gürsoy Gaygusuz, Ö. Gaygusuz & H. Acipinar. 2007. Use of bone and otolith measures for size-estimation of fish in predator-prey studies. *Folia Zoologica* 56(3): 328–336.
- Temminck, C.J. & H. Schlegel. 1846. Piscis. En: Siebold, P.F. de (ed.): Fauna Japonica, sive descriptio animalium, quae in itinere per Japoniam... suscepto annis 1823-1830 collegit, notis, observeibus et adumbrationibus illustravit Ph. P. de Siebold. Lugduni Batavorum [Leiden] (A. Arnz et soc.). Partes 10-14: 173-269.
- Tirasin, M.E. & T. Jørgensen. 1999. An evaluation of the precision of diet description. *Marine Ecology Progress Series* 182: 243–252. <https://doi.org/10.3354/meps182243>.
- Vignon, M. 2012. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 420: 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.021>
- Williams, J. 2014. *Helcogrammoides cunninghami*. The IUCN Red List of Threatened Species. e.T178996A1557179. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20143.RLTS.T178996A1557179.en>
- Williams, J.T. & V.G. Springer. 2001. Review of the South American-Antarctic Triplefin Fish Genus *Helcogrammoides* (Perciformes: Tripterygiidae). *Revista de Biología Tropical* 49(1): 117–123.
- Winkler, N.S., M. Paz-Goicoechea, R.W. Lamb & A. Pérez-Matus. 2017. Diet reveals links between morphology and foraging in a cryptic temperate reef fish. *Ecology and Evolution* 7(24): 11124–11134. <https://doi.org/10.1002/ece3.3604>
- Xue, Y., Y. Ren, B. Xu, C. Mei, X. Chen & X. Zan. 2011. Length-weight relationships of fish species caught by bottom trawl in Jiaozhou Bay, China. *Journal of Applied Ichthyology* 27(3): 949–954. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01607.x>
- Yorio, P., C. Ibarra & C. Marinao. 2017. Induced regurgitation versus stomach sampling: assessing their value for the characterization of imperial cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) diet. *Waterbirds* 40(2): 162–167.

Doi: 10.22179/REVMACN.26.851

Recibido: 3/04/2024
Aceptado: 13/08/2024