

Diferenciación morfológica de las especies simpátricas del género *Helcogrammoides* en Chile

Morphological differentiation of sympatric species of the genus *Helcogrammoides* in Chile

Claudio F. Cornejo^{1*} y Christian M. Ibáñez¹

¹Departamento de Ecología y Biodiversidad, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andres Bello, República 440, Santiago, Chile. *claudio.cornejo@uandresbello.edu

Abstract.- Castillo & Pequeño (1998) dealt with the morphological differences between the species of *Helcogrammoides* genus, however, the distribution of the characters may obscure the quality of the diagnosis; therefore, to evaluate the morphological characters (morphometric and meristic) through multivariate and univariate statistical analysis can help in the description and morphological identification of the species. Here, we performed morphological analyses to improve the characterization of *Helcogrammoides chilensis* and *H. cunninghami* based on museum specimens and fresh material. Allometric correction allows a better discrimination between both *Helcogrammoides* species. Our results suggest new measures both morphometric and meristic for the diagnosis of *Helcogrammoides*.

Key words: *Helcogrammoides*, fishes, phenotype, morphometry

INTRODUCCIÓN

Recientemente, Cornejo *et al.* (2018) propusieron la monofilia del género *Helcogrammoides*, siendo el largo de la aleta pectoral, la ausencia de espinas en la aleta anal y las aletas pélvicas, una línea lateral constituida solo por poros sensoriales y la presencia de cirros nasales ramificados, las sinapomorfías que definen a las especies de este grupo. Sin embargo, las autopomorfías que permitirían diferenciar ambas especies en la costa de Chile, *Helcogrammoides cunninghami* (Smitt, 1898) y *H. chilensis* (Cancino, 1960), no fueron identificadas en dicho estudio. Las diferencias morfológicas entre los peces *H. cunninghami* y *H. chilensis* fueron tratadas en profundidad por Castillo & Pequeño (1998). De estas, varias medidas morfométricas presentan una relación alométrica (Castillo & Pequeño 1998, López *et al.* 2008), por lo tanto, para comparar la morfología de ambas especies se deben corregir las medidas por el tamaño corporal.

Castillo & Pequeño (1998) proponen la espina más prolongada de la primera aleta dorsal como un carácter diagnóstico entre ambas especies, presentando *H. chilensis* la segunda espina más prolongada mientras que *H. cunninghami* la primera espina (Castillo & Pequeño 1998). Sin embargo, este es un carácter sexual secundario que cambia durante la ontogenia y dificulta su uso en la determinación de ejemplares juveniles que presenten esta

espina poco desarrollada. Los caracteres morfométricos propuestos como diagnóstico entre ambas especies corresponden a la longitud de la aleta pélvica, la altura máxima del cuerpo, la altura mínima del pedúnculo caudal y la distancia preanal, mientras que los caracteres merísticos que propuestos como diagnósticos, están referidos al número de escamas, presentando tanto estos como los caracteres morfométricos, una distribución similar entre ambas especies, pudiendo opacar la calidad del diagnóstico. Por tanto, la evaluación de los caracteres morfológicos entre las especies de *Helcogrammoides*, mediante análisis multivariado y corrección alométrica puede ser útil en la descripción e identificación y a la vez, comprender las variaciones morfológicas entre ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis morfológico en base a 18 medidas morfométricas (Tabla 1) y 10 merísticas de 42 ejemplares de *H. chilensis* y 21 de *H. cunninghami* recolectados entre Punta de Choros (29°15'S, 71°28'W) y El Tabo (33°27'S, 71°40'W), depositados en el Museo Nacional de Historia Natural (MNHCL), Santiago de Chile (Tabla S1). Las mediciones fueron obtenidas a partir de ejemplares previamente fijados en una mezcla de alcohol-formol 10%. Para evitar el sesgo del tamaño corporal ya reportado en los datos morfométricos de ambas especies

producidos por la alometría (Castillo & Pequeño 1998, López *et al.* 2008) se utilizaron dos métodos de estandarización diferentes.

El primero es la estandarización mediante la Longitud Estándar (LE), expresada como la división de cada medida morfométrica por la LE de cada ejemplar previa transformación de las medidas a Log_{10} . El segundo método consistió en un ajuste logarítmico, siguiendo la ecuación propuesta por Thorpe (1975) y corregida por Schaefer (1991) (Ec. 1). Esta consiste en realizar un ajuste alométrico para el carácter, en base al Log_{10} de cada carácter en cada individuo (Y_i), a la pendiente entre la longitud del carácter y la longitud total (β), el Log_{10} del promedio de la longitud total de los ejemplares (\bar{X}) y el Log_{10} de la longitud total del ejemplar (X_i):

$$Y'_i = \text{Log}_{10} Y_i - \beta (\text{Log}_{10} X_i - \text{log}_{10} \bar{X}) \quad \text{Ec. (1)}$$

Para evaluar las diferencias morfométricas se realizó un Análisis Discriminante (AD) seguido de un Análisis Multivariante de Varianza (MANOVA) para cada método de estandarización. Adicionalmente, en base a una matriz de varianza-covarianza de los datos morfométricos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y en base a los componentes principales que mostraron una mayor puntuación se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) previa corroboración de los supuestos. Por su parte, las medidas merísticas evaluadas corresponden al número de espinas en la segunda aleta dorsal, el número de radios en la aleta anal, radios totales en la aleta caudal, radios en la aleta pectoral, el número de escamas en la línea lateral, el número de espinas en la primera aleta dorsal, el número de radios en la tercera aleta dorsal y el número de radios en la aleta pélvica. Todos estos caracteres merísticos fueron comparados entre especies mediante el test no paramétrico U de Mann-Whitney (Canavos 1996). Todos los análisis se realizaron en el programa PAST v3.20 (Hammer *et al.* 2001).

Tabla 1. Media y desviación estándar de las medidas morfométricas para las especies de *Helcogrammoides*. X= promedio de las medidas sin estandarizar, D.E.= Desviación estándar. LE= Longitud estándar. Medidas en milímetros (mm) / Mean and standard deviation of morphometric measurements for *Helcogrammoides* species. X= Mean of the measures without standardizing, D.E.= Standard deviation. LE= Standard length. Measurements are in millimeters (mm)

Medida	<i>H. chilensis</i>			<i>H. cunninghami</i>		
	X	D.E.	% LE	X	D.E.	% LE
Longitud total	57,85	14,63		42,50	9,02	
Longitud estándar	49,89	12,68	100,00	36,49	7,78	100,00
Longitud cefálica	13,66	3,68	27,40	9,41	2,13	22,10
Longitud preanal	22,93	6,45	45,60	16,00	4,25	37,20
Longitud predorsal	11,66	3,02	23,40	7,69	1,67	18,10
Altura máxima del cuerpo	9,19	2,48	18,40	7,68	1,69	18,00
Altura del pedúnculo caudal	3,14	0,83	6,30	2,58	0,46	6,20
Longitud labio superior	5,31	1,53	10,60	4,12	1,00	9,60
Longitud labio inferior	4,50	1,40	8,90	3,30	0,89	7,70
Diámetro ocular	4,12	0,99	8,30	3,29	0,68	7,80
Distancia interocular	1,22	0,36	2,40	1,17	0,38	2,70
Base de la primera dorsal	3,37	0,99	6,70	3,41	1,01	7,90
Base de la segunda dorsal	16,79	4,32	33,70	12,63	3,12	29,50
Base de la tercera dorsal	9,18	2,68	18,30	6,81	1,70	16,00
Base de la aleta pectoral	5,01	1,39	10,00	3,71	0,81	8,70
Largo de la aleta pectoral	15,62	4,07	31,30	11,39	2,88	26,60
Base de la aleta pélvica	1,01	0,27	2,00	0,78	0,19	1,80
Largo de la aleta pélvica	8,23	1,98	16,60	7,43	1,83	17,50
Base de la aleta anal	21,39	5,40	43,00	16,93	3,79	39,90

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud total (LT) de los ejemplares de *H. chilensis* medidos varió entre 27,07 y 85,62 mm mientras que la LT para los ejemplares de *H. cunninghami* varió entre 24,99 y 56,75 mm. El promedio de las medidas morfométricas fue mayor para *H. chilensis*, sin embargo, al proporcionar éstas en la LE, la distancia interocular, la base de la primera aleta dorsal y la longitud de la aleta pélvica representaron un mayor % de LE en *H. cunninghami*, mientras que la longitud cefálica, la longitud predorsal, la longitud preanal, la longitud de la aleta pectoral y la base de la aleta anal representan un mayor % de LE en *H. chilensis* (Tabla 1).

El análisis discriminante resultó en un 100% de los ejemplares correctamente identificados para ambos métodos de estandarización. El MANOVA corroboró los resultados del análisis de discriminante para la estandarización de Schaefer (λ Wilks = 0,052; $F_{17,45} = 47,5$; $P < 0,001$) y estandarización de LE (λ Wilks = 0,107; $F_{17,45} = 21,9$; $P < 0,001$).

Los resultados del ACP revelan que para ambos métodos de estandarización que el Componente Principal 1 (CP1) (95,3% de la varianza método Schaefer y 97,8% método LE), y el Componente Principal 2 (CP2) (4,84% método Schaefer y 0,80% método LE) acumularon un alto porcentaje (> 95%) de la varianza. Los resultados de ANDEVA para los dos principales componentes (CP1 y CP2) para ambos métodos de estandarización, presentaron diferencias significativas entre ambas especies (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del Análisis de Varianza (ANDEVA) para los dos primeros componentes principales (CP) / Results of Analysis of Variance (ANOVA) for the main principal components (CP)

Estandarización		ANDEVA		
		G.L.	F	P
Schaefer	CP1	1	12,92	<0,001*
	CP2	1	145	<0,001*
LE	CP1	1	6,665	0,0123*
	CP2	1	125,9	<0,001*

*Diferencias significativas

El ACP permitió detectar dos grupos completamente aislados, utilizando la estandarización alométrica (Fig. 1A). En el caso del ACP para la estandarización mediante la LE se observó sobreposición de las elipses de 95% de intervalo de confianza (Fig. 1B). Los componentes de cargas de ambos métodos de estandarización mantuvieron correspondencia con las especies. La base de la primera dorsal, la longitud de la aleta pélvica y la distancia interocular se distribuyeron en los valores extremos negativos de CP2, asociándose a *H. cunninghami*, mientras que la longitud predorsal, longitud preanal y longitud cefálica se distribuyeron hacia los valores extremos positivos del CP2, asociándose a *H. chilensis*.

Las medidas merísticas resultaron en diferencias significativas entre ambas especies para el recuento de espinas en la segunda aleta dorsal ($U = 430,5$; $P < 0,001$), el número de radios en la aleta anal ($U = 257$; $P = 0,002$), radios totales en la aleta caudal ($U = 273$, $P < 0,001$), radios en la aleta pectoral ($U = 72$, $P < 0,001$) y el número de escamas en la línea lateral ($U = 200$, $P < 0,001$), mientras que el número de espinas en la primera aleta dorsal, el número de radios en la tercera aleta dorsal y el número de radios en la aleta pélvica, no presentaron diferencias significativas ($U = 430$, $P = 0,500$; $U = 346,5$, $P = 0,100$ y $U = 0$, $P = 1,000$, respectivamente).

La revisión morfológica de los ejemplares determinó que las medidas morfométricas utilizadas en este estudio permiten una correcta clasificación de los ejemplares en cada especie. Los resultados del ACP indican que el CP1 estuvo relacionado con el tamaño de los ejemplares mientras que el CP2 se relacionó con la forma de los ejemplares (MacLeod 2005). Basándose en las elipses de intervalo de confianza de 95%, el método de corrección alométrica de Schaefer (1991) permitió discriminar con mayor precisión las diferencias morfológicas de las especies de *Helcogrammoides*. Los resultados morfológicos muestran congruencia con Castillo & Pequeño (1998), pero se sugiere incluir la base de la primera aleta dorsal, la distancia interocular, la longitud cefálica y la longitud predorsal como medidas morfométricas que también dan cuenta de la diferenciación de estas especies. Estas últimas medidas en conjunto con la longitud de la aleta pélvica y la longitud preanal son caracteres morfométricos diagnósticos para ambas especies y deberían incluirse en la diagnosis de cada especie.

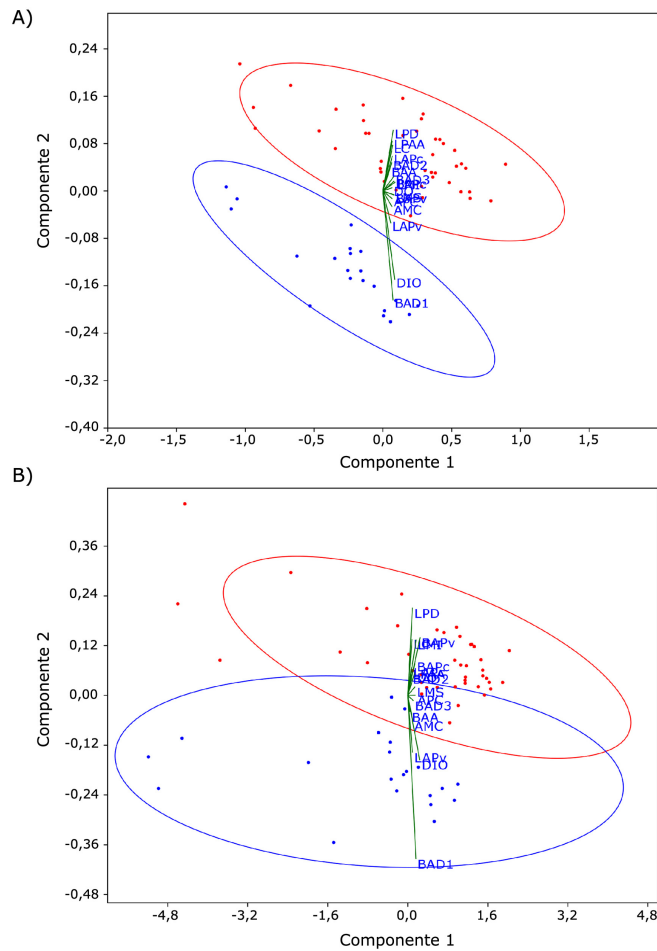


Figura 1. Análisis de Componentes Principales (ACP). Se presenta en el eje X el CP1 mientras que en el eje Y presentan el CP2. **A)** Estandarización mediante la regresión alométrica de Schaefer (1991). **B)** Estandarización en Base a Longitud Estándar (LE). Cada punto azul representa un ejemplar de *H. cunninghami* mientras que los puntos rojos representan a los ejemplares de *H. chilensis* / Principal Component Analysis (PCA). The CP1 is presented on the X axis and CP2 on the Y axis. **A)** Standardization by allometric regression (Schaefer 1991) and **B)** Standardization based on standard length (LE). Blue dot represents *H. cunninghami* specimens while red dot represents *H. chilensis* specimens

El análisis de los caracteres merísticos muestra congruencia con los resultados obtenidos por Castillo & Pequeño (1998) en el número de escamas en la línea lateral como un carácter merístico que da cuenta de la diferencia entre las especies. Sin embargo, este análisis también indicó que el número de espinas en la segunda aleta dorsal, el número de radios en la aleta anal, el número de radios totales en la aleta caudal y los radios en la aleta pectoral son caracteres merísticos diagnósticos que también dan cuenta de la diferencia entre estas especies y por tanto estas como las medidas morfométricas diagnósticas son potenciales autopomorfías de estas especies.

Finalmente, se sugiere que es imprescindible realizar una corrección alométrica cuando se comparan peces de distinto tamaño corporal, para evitar conclusiones erróneas en la variación morfológica entre especies.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al señor Augusto Cornejo del Museo Nacional de Historia Natural (Santiago, Chile) por facilitar el acceso a los ejemplares examinados.

LITERATURA CITADA

- Canavos G. 1996.** Probabilidad y estadística- Aplicaciones y métodos, 651 pp. Editorial McGraw-Hill Interamericana, México.
- Castillo R & G Pequeño. 1998.** Sinopsis de Tripterygiidae de Chile (Osteichthyes: Perciformes). *Gayana Zoología* 62: 109-133.
- Cornejo CF, CM Ibáñez & CE Hernández. 2018.** Evaluación sistemática del género *Helcogrammoides* (Blenniiformes: Tripterygiidae): Pequeños peces con grandes problemas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53(S1): 15-24
- Hammer Ø, D Harper & P Ryan. 2001.** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4: 1-9.
- López S, P Muñoz & A Cornejo. 2008.** Relaciones morfométricas de algunos peces intermareales aplicadas en estudios de alimentación. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 57: 147-151.
- MacLeod N. 2005.** Principal Components Analysis (Eigenanalysis & Regression 5). *Palaentological Association Newsletter* 59: 42-54.
- Schaefer K. 1991.** Geographic variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin *Thunnus albacares* from the Pacific Ocean U.S. *Fishery Bulletin* 89(2): 289-297.
- Thorpe R. 1975.** Quantitative handling of characters useful in snake systematics with particular reference to intraspecific variation in the ringed snake *Natrix natrix* (L.). *Biological Journal of the Linnean Society* 7: 27-34.

Recibido el 24 de noviembre de 2017 y aceptado el 28 de junio de 2018

Editor: Mauricio Landaeta D.

Tabla S1. Código y localidad de los ejemplares examinados en este estudio / Code and locality of the specimens examined in this study

Especie	Código o Lote	Localidad	Número de ejemplares
<i>Helcogrammoides chilensis</i>	MNHNCL 7421	Los Molles	12
	MNHNCL 5559 ²	Quintero	3
	MNHNCL 6873	El Tabo	1
	MNHNCL 7415	Los Molles	1
	MNHNCL 6874	El Tabo	1
	MNHNCL 6888 ²	Maitencillo	2
	MNHNCL 7422	Los Molles	1
	MNHNCL 6879 ¹	Maitencillo	1
	MNHNCL 6878	El Tabo	2
	MNHNCL 6875	El Tabo	3
	MNHNCL 6876	Algarrobo	2
	MNHNCL 6880	Los Molles	5
	MNHNCL 7592	Las Salinas	1
	MNHNCL 7595	El Quisco	4
	MNHNCL 7596	Punta de Choros	3
<i>Helcogrammoides cunninghami</i>	MNHNCL 7598	Las Salinas	6
	MNHNCL 7600	El Quisco	6
	MNHNCL 7597	Punta de Choros	3
	MNHNCL 6889	El Tabo	1
	MNHNCL 6882	Algarrobo	1
	MNHNCL 6885	Quintero	2
	MNHNCL 6881	La Herradura	2

1= Lectotipo, 2= Paralectotipo