

Morfometría comparada de las mandíbulas del calamar *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835) del norte de Perú e islas Malvinas

Marco A. Vega

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás, Av. Héroes de la Concepción 2885. E-mail: mvegap@santotomas.cl

Resumen

Doryteuthis gahi es una especie estudiada en el área de las islas Malvinas, habiendo menos información sobre ella y sus poblaciones en el área del Pacífico sudeste. Se analizó un total de 252 mandíbulas: 141 pertenecientes a *D. gahi* del norte del Perú (72 mandíbulas superiores y 69 inferiores) correspondientes a 30 machos y 42 hembras, y 111 de las islas Malvinas (56 mandíbulas superiores y 55 inferiores) correspondientes a 33 machos y 23 hembras. Para la mandíbula superior (MS) y la mandíbula inferior (MI), se midió la longitud del rostro (LR), longitud del capuchón (LCa), longitud de la cresta (LCr) y distancia entre ángulos de mandíbula (DAM), determinándose en cada ejemplar la longitud dorsal del manto (LM) y sexo. Las medidas se transformaron como cocientes de LM, comparándose mediante análisis discriminante. Se observaron diferencias significativas en la mandíbula, entre machos y hembras para el norte de Perú. También se hallaron diferencias significativas para individuos del mismo sexo entre ambas áreas. La evidencia existente sobre diferenciación entre estas dos áreas sugiere que la variación morfológica podría tener un origen genético.

Palabras claves: calamar patagónico, mandíbulas, análisis discriminante, Pacífico, Atlántico.

Introducción

El calamar patagónico, *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835), se captura en las costas de los océanos Pacífico y Atlántico desde el Perú hasta Argentina, representando una importante pesquería internacional en la plataforma de la Patagonia (FIGFD, 2006) y una pesquería artesanal menor en la costa peruana (Villegas, 2001; FAO, 2006). Es una especie bastante estudiada en el área de las islas Falkland/Malvinas (e.g. Patterson, 1988; Hatfield y Des Clers, 1998; Shaw *et al.*, 2004; Arkhipkin *et al.*, 2006), habiendo menos información sobre ella y las poblaciones que la componen en el área del Pacífico sudeste.

El estudio de estructuras duras como las mandíbulas, ubicadas en el bulbo bucal, representa una alternativa válida para la delimitación de poblaciones en los cefalópodos, ya que las medidas corporales son complicadas por su flexibilidad (Pineda *et al.*, 1996; Vega *et al.*, 2002).

A través, de la comparación de la morfometría de los ejemplares, o de alguna de sus estructuras más estables, controlando posibles diferencias por tratamientos de fijación o conservación, estación de muestreo, medición, tamaños, madurez o sexo, y mediante métodos multivariados se pueden reconocer patrones espaciales que permiten delimitar unidades poblacionales (Ihssen *et al.*, 1981; George-Nascimento y Arancibia, 1992; Pineda 2002). Y también, cierto dimorfismo sexual en cefalópodos de varias regiones del mundo (e.g. Hatfield, 1991; Arkhipkin, 1995; Mangold *et al.*, 1993; Rocha y Guerra, 1999; Crespi-Abril *et al.*, 2010).

En el presente trabajo se entregan resultados acerca de la morfometría de las mandíbulas de *Doryteuthis gahi* del norte de Perú e islas Falkland/Malvinas, y se utilizan para describir posibles variaciones geográficas entre ejemplares del mismo o distinto sexo.

Materiales y métodos

Se analizaron 252 mandíbulas: 141 pertenecientes a *D. gahi* del norte del Perú (72 mandíbulas superiores y 69 inferiores) correspondientes a 30 machos y 42 hembras, y 111 de las islas Falkland/Malvinas (56 mandíbulas superiores y 55 inferiores) correspondientes a 33 machos y 23 hembras. Las muestras de las islas Falkland/Malvinas fueron obtenidas en abril de 1997 de las capturas desembarcadas en Punta Arenas por Pesca Chile S.A., mientras que los ejemplares del norte del Perú se obtuvieron en octubre de 1997 a través de BCA Comercial Ltda. (Santiago), y corresponden, a muestras más completas en cantidad de mandíbulas y en mediciones realizadas, de aquellas analizadas en Vega *et al.* (2002). Los ejemplares fueron conservados a -20°C. Una vez descongelados a temperatura ambiente, a cada ejemplar se le determinó la longitud dorsal del manto (LM), mediante un pie de metro de 0,01 mm de precisión y, el sexo.

Las mandíbulas, se retiraron con pinzas o por simple presión del bulbo bucal. Enseguida, cada una fue almacenada en frascos etiquetados y conservadas en alcohol 70% o alcohol isopropílico 40% para evitar deshidratación, hasta su análisis. Posteriormente, a partir de medidas y términos utilizados por Clarke (1986), Iverson y Pinkas (1971), Kubodera (2005) y Xavier y Cherel (2009), cada

mandíbula inferior y superior fue medida separadamente, tomando en consideración cuatro caracteres. Todas las medidas se realizaron en milímetros, con un microscopio binocular estereoscópico de ocular micrométrico, un pie de metro de 0,01 mm de precisión y un compás regulable. Las medidas realizadas para las mandíbulas superiores e inferiores, fueron las siguientes: longitud del rostro (LR), longitud del capuchón (LCa), longitud de la cresta (LCr) y distancia entre ángulos de mandíbula (LAM) (Fig. 1).

Para la detección de cualquier dato incoherente y probar el supuesto de normalidad de los datos se realizó un análisis de los residuos de la regresión de cada carácter morfométrico frente a la longitud dorsal del manto (Canavos, 1996). Todas las variables medidas se expresaron como fracción de la LM para evitar superposición de tamaños entre grupos (Pineda *et al.*, 1996), utilizándose estos cocientes para las comparaciones realizadas entre ambas áreas.

Con objeto de comprobar si existían o no diferencias significativas, se compararon las mandíbulas superior e inferior de cada sexo para una misma localidad o área y entre localidades para cada sexo, utilizándose un Análisis Discriminante (Cuadra, 1989). Todos los análisis se realizaron con el programa STATISTICA, v.5.0.

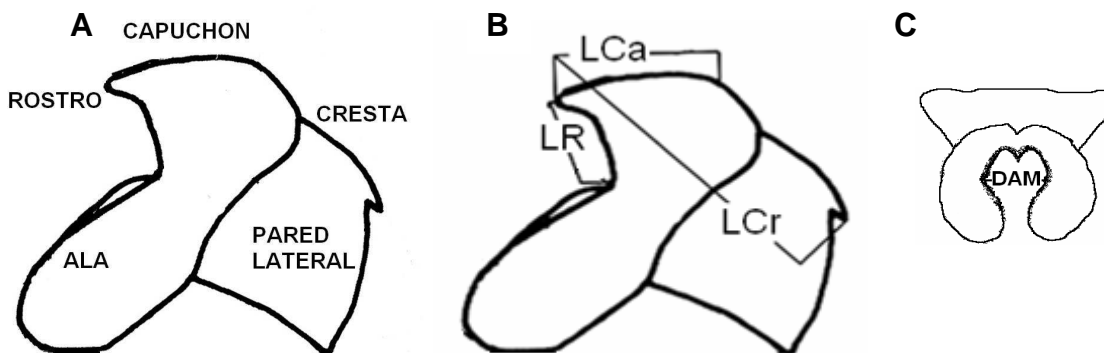


Figura 1. Mandíbula inferior de *Doryteuthis gahi*. A. Vista perfil, partes principales. B y C. Vista de perfil y superior. Mediciones realizadas: longitud de rostro (LR), longitud del capuchón (LCa) y longitud de la cresta (LCr) y distancia entre ángulos de mandíbula (DAM).

Figure 1. *Doryteuthis gahi* lower beak. A. Perfil view showing the main structures. B and C. Perfil and superior view showing the main morfometric measurements: rostral length (LR), hood length (LCa), crest length (LCr) and distance between the jaw angles (DAM).

Resultados

El análisis discriminante, entre sexos para cada área y entre áreas para el mismo sexo muestra diferencias significativas entre machos y hembras, para cada área (Tabla 1). Asimismo, se observan diferencias significativas entre machos del norte del Perú e islas Falkland/Malvinas y entre las hembras de ambas áreas. El peso de las variables utilizadas para cada una de las comparaciones, y la

función discriminante, para ambas áreas es, además, señalado (Tabla 2).

El porcentaje correcto de ejemplares clasificados fue de 88% para el norte de Perú y de 92% para las islas Falkland/Malvinas en los machos y de 91% para el norte de Perú y 79% para las islas Falkland/Malvinas en las hembras.

Tabla 1. Resultados del análisis discriminante de las medidas de la mandíbulas de *Doryteuthis gahi*, por sexo y área.

Table 1. Results of the discriminant analysis of the *Doryteuthis gahi* beak measures, by sex and area.

Población	Grupo	Variables	Lambda Wilks	Valor F	GI	p
A. Entre sexo para el norte de Perú y para las islas Falkland/Malvinas						
Norte de Perú	Machos vs. Hembras	4	0,83	6,87*	4,136	0,0000
Falkland/Malvinas	Machos vs. Hembras	4	0,93	1,85**	4,102	0,1200
B. Entre áreas para machos y para hembras						
Machos	Perú vs. Falkland/Malvinas	4	0,38	47,88*	4,118	0,0000
Hembras	Perú vs. Falkland/Malvinas	4	0,42	39,87*	4,120	0,0000

* Diferencias significativas ($p < 0,00001$)

** Diferencias significativas ($p < 0,15$)

Tabla 2. Coeficientes y función de clasificación de las variables canónicas del análisis discriminante entre áreas para un mismo sexo.

Table 2. Coefficients and classification functions of the canonical variables of the discriminant analysis between areas for the same sex.

Variable	Macho			Hembra		
	Coeficientes	Función clasificación		Coeficientes	Función clasificación	
	Variable canónica	Perú	Falkland/Malvinas	Variable canónica	Perú	Falkland/Malvinas
LR	-490,149	4092,92	5331,96	-667,506	5736,86	7335,24
LCr	-64,507	1742,00	1905,07	-78,817	1887,74	2076,47
LCa	44,496	-1130,68	-1243,17	65,534	-1301,81	-1458,74
DAM	-370,982	4516,56	5454,36	-264,836	5270,59	5904,76
Valor propio	1,623			1,329		
R canónico	0,787			0,755		
Constante		-83,38	-116,51		-103,17	-138,85

Discusión

Las muestras comparadas corresponden a ejemplares de estaciones diferentes pero con un rango de tamaño y estados de madurez semejantes, medidos por una misma persona, a fin de disminuir error (Pierce *et al.*, 1994). Algunas mandíbulas fueron descartadas del análisis debido a que no fue posible tomar todas las medidas, en especial la longitud del

ala, debido a la imposibilidad de definir con precisión sus límites.

Las medidas que muestran mayor poder a la hora de discriminar, son LR, LCa y DAM, semejantes a las indicadas por Pineda *et al.* (1996) para *D. gahi* del Atlántico sudoccidental.

Los resultados del análisis discriminante reflejan diferencias significativas entre las mandíbulas de machos y hembras, principalmente del Perú. Es posible que la menor diferencia en las islas Falkland/Malvinas, se deba a la muestra, ya que el dimorfismo sexual, tanto en las partes blandas como en las estructuras duras, entre machos y hembras, ya había sido descrito anteriormente para cefalópodos por distintos autores (e.g. Hatfield, 1991; Arkhipkin, 1995; Mangold *et al.*, 1993; Rocha y Guerra, 1999; Crespi-Abril *et al.*, 2010).

Por otra parte, los resultados también muestran diferencias significativas entre las poblaciones del norte del Perú y las de islas Falkland/Malvinas. Estos resultados sugieren un bajo flujo genético entre las poblaciones de ambas áreas, considerando la gran distancia y las diferentes condiciones oceanográficas entre ambas áreas geográficas (Vega *et al.*, 2001; Fedúlov *et al.*, 1990). La evidencia existente sobre diferenciación entre estas dos zonas (Shaw *et al.*, 2004) sugiere que la variación morfológica podría tener un origen genético.

Referencias bibliográficas

- Arkhipkin, A.I. 1995. Age, growth and maturation of the European squid *Loligo vulgaris* (Myopsida, Loliginidae) on the West Saharan shelf. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 75: 593-604.
- Arkhipkin, A.I., V.V. Laptikhovskiy, A.M. Sirota y R. Grzebielec. 2006. The role of the Falkland Current in the dispersal of the squid *Loligo gahi* along the Patagonian Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67(1-2): 198-204.
- Canavos, G.C. 1996. Probabilidad y estadística - aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill Interamericana de Mexico, S.A. 651 pp.
- Clarke, M.R. 1986. A handbook for the identification of Cephalopod beaks. Clarendon press, Oxford. 273 pp.
- Crespi-Abril, A.C., E.M. Morsan y P.J. Barón. 2010. Analysis of the ontogenetic variation in body and beak shape of the *Illex argentinus* inner shelf spawning groups by geometric morphometrics. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 82: 269-278.
- Cuadra, C.M. 1989. Método de análisis multivariado. Editorial Universitaria de Barcelona, España. 642 pp.
- FAO. 2006. Estadísticas de pesca. (www.fao.org/fi/statist/fisoft/asfis/asfiss.asp).
- Fedúlov, P.P., A.V. Remesló, S.N. Burykin y J.A. Pulishchuck. 1990. Variabilidad de la corriente de Malvinas. *Frente Marít.* 6(A): 121-127.
- FIGFD (Falkland Islands Government Fisheries Department). 2006. Fisheries Department Fisheries Statistics, Port Stanley, 10, pp. 1-70.
- George-Nascimento, M. y H. Arancibia. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 453-470.
- Hatfield, E.M.C. 1991. Post-recruit growth of the Patagonian squid *Loligo gahi* (D'Orbigny). *Bulletin of Marine Science* 49(1-2): 349-361.
- Hatfield, E.M.C. y S. Des Clers. 1998. Fisheries management and research for *Loligo gahi* in the Falkland Islands. *CALCOFI Rep.*, 39: 81-91.
- Ihssen, P.E., H.E. Booke, J.M. Casselman, J.M. McGlade, N.R. Payne y F.M. Utter. 1981. Stock identification: Materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 1838-1855.
- Iverson, I.L.K. y L. Pinkas. 1971. A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific. Cephalopods. *Food Habits. Fish Bulletin* 152: 83-105.
- Kubodera, T. 2005. Manual for the identification of cephalopod beaks in the Northwest Pacific. <http://research.kahaku.go.jp/zoology/Beak-E/index.htm>.
- Mangold, K.M., R.E. Young y M. Nixon. 1993. Growth *versus* maturation in cephalopods. En: Okutani, T., R.K. O'Dor y T. Kubodera (eds.) *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology.* Tokai University Press, Tokyo. pp. 697-703.
- Patterson, K.R. 1988. Life history of Patagonian squid *Loligo gahi* and growth parameter estimates using least-squares fits to linear and von Bertalanffy models. *Marine Ecology Progress Series* 47: 65-74.
- Pierce, G.J., L.C. Hastie, A. Guerra, R.S. Thorpe, F.G. Howard y P.R. Boyle. 1994. Morphometric variation in *Loligo forbesi* and *Loligo vulgaris*: regional, seasonal, sex, maturity and worker differences. *Fisheries Research* 21: 127-148.

- Pineda, S.E., A. Aubone y N.E. Brunetti. 1996. Identificación y morfometría comparada de las mandíbulas de *Loligo gahi* y *Loligo sanpaulensis* (Cephalopoda Loliginidae) del Atlántico Sudoccidental. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 10: 85-99.
- Pineda, S.E., D.R. Hernández, N.E. Brunetti y B. Jeréz. 2002. Morphological identification of two southwest atlantic loliginid squids: *Loligo gahi* and *Loligo sanpaulensis*. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 15: 67-84.
- Rocha, F. y A. Guerra. 1999. Age and growth of two sympatric squid *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi*, in Galician waters (NW Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 79: 697-707.
- Shaw, P.W., A.I. Arkhipkin, G.J. Adcock, W.J. Burnett, G.R. Carvalho, J.N.Scherbich y P.A. Villegas. 2004. DNA markers indicate that distinct spawning cohorts and aggregations of Patagonian squid, *Loligo gahi*, do not represent genetically discrete subpopulations. *Marine Biology* 144: 961-970.
- Vega, M.A., F. Rocha y C. Osorio. 2001. Morfometría comparada de los estatolitos del calamar *Loligo gahi* d'Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Loliginidae) del norte de Perú e Islas Falkland. *Investigaciones Marinas* 29(1): 3-9.
- Vega, M.A., F. Rocha, A. Guerra y C. Osorio. 2002. Morphological differences between the Patagonian squid *Loligo gahi* populations from the Pacific and Atlantic oceans. *Bulletin of Marine Science* 1(2): 903-913.
- Villegas, P. 2001. Growth, life cycle and fishery biology of *Loligo gahi* (d'Orbigny, 1835) off the Peruvian coast. *Fisheries Research* 54: 123-131.
- Xavier, J. y Y. Cherel. 2009. Cephalopod beak guide for the southern ocean. *British Antarctic Survey*. 126 pp.