

Research Article

Análisis demográfico de tres poblaciones de *Zidona dufresnei* localizadas en el Atlántico sudoccidental

Alonso I. Medina^{1,2,3}, M. Alejandra Romero^{1,2,3}, Claudio Bidau⁴ & Maite A. Narvarte^{1,2,3}

¹Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni (IBMPAS), Güemes 1030
8520 San Antonio Oeste, Río Negro, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Rivadavia 1917, 1033 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue
San Martín 247, 8520 San Antonio Oeste, Río Negro, Argentina

⁴Paraná y Los Claveles 3304, Garupá, Misiones, Argentina
Corresponding author: Alonso I. Medina (alonsoim@gmail.com)

RESUMEN. El estudio de los patrones demográficos en especies que soportan una presión pesquera es fundamental para la conservación y manejo de sus poblaciones. *Zidona dufresnei* es un caracol marino endémico del Atlántico sudoccidental, y es una de las principales especies capturadas por la pesca artesanal. Además se caracteriza por las marcadas diferencias entre sus poblaciones respecto a la talla máxima alcanzada. El objetivo de este estudio fue evaluar la estructura poblacional y los patrones morfogravimétricos intra- e interpoblacionales en tres localidades distribuidas a lo largo del Mar Argentino (Mar del Plata, Golfo San Matías, Bahía San Antonio). El rango de tallas varió entre 80 y 230 mm. Los ejemplares más pequeños correspondieron a la Bahía de San Antonio, mientras que los más grandes al Golfo San Matías. En todos los casos, las distribuciones de frecuencias de tallas y pesos siguieron una distribución unimodal. No se encontraron diferencias significativas en los pesos y tallas entre sexos. El ancho, largo y peso total de los ejemplares difirieron significativamente entre los tres sitios tanto en la prueba global como en las comparaciones *a posteriori*. La proporción de sexos no difirió de 1:1. Los resultados obtenidos en este estudio ampliaron el rango de distribución batimétrica de *Z. dufresnei*, estableciendo su variación entre 0 y 120 m. Además, se registró una nueva talla máxima de 230 mm para esta especie en el Mar Argentino. Las diferencias entre las tres poblaciones estudiadas se deberían a las presiones ambientales locales o a un flujo génico interrumpido o reducido.

Palabras clave: *Zidona dufresnei*, molusco, gastrópodo, demografía, Argentina, Atlántico sudoccidental.

Demographic analysis among three populations of *Zidona dufresnei* from the southwestern Atlantic

ABSTRACT. Study of demographic patterns in species that support a fishing pressure is essential for the conservation and management of their populations. *Zidona dufresnei* is an endemic marine snail from the southwestern Atlantic, and is one of the main species caught by artisanal fisheries. It is also characterized by marked differences between its populations in terms of the maximum length attained. The aim of this study was to assess the population structure and morphogravimetric variations (intra- and interpopulations) in three locations distributed along the Argentine Sea (Mar del Plata, San Matias Gulf, San Antonio Bay). The size ranges varied between 80 and 230 mm. The smallest specimens corresponded to San Antonio Bay, while the largest ones to San Matias Gulf. In all cases, the frequency distributions of length and weight followed a unimodal distribution. No differences in weight and size between sexes were found. The width, length, and total weight of the specimens differed significantly among the three sites in both overall test and posteriori comparisons. The sex ratio did not differ from 1:1. The results obtained in this study allowed expanding the depth distributional range of *Z. dufresnei* from 0 to 120 m. In addition, a new maximum size for the species of 230 mm was recorded for the Argentine Sea. The differences found among the three populations studied may be due to local environmental pressures or an interrupted or reduced gene flow.

Keywords: *Zidona dufresnei*, gastropod, mollusk, demography, Argentina, southwestern Atlantic.

INTRODUCCIÓN

En algunos gasterópodos marinos, las distintas poblaciones presentan diferencias morfológicas que se expresan a nivel de la concha; algunas se relacionan con la plasticidad fenotípica en respuesta a factores ambientales locales (Janson & Sundberg, 1983; Martel *et al.*, 1986; Yamada, 1987; Boulding & Hay, 1993; Martín-Mora *et al.*, 1995; Yeap *et al.*, 2001; Martín & Estebenet, 2002; Estebenet & Martín, 2003; Véliz *et al.*, 2003), mientras que otras responden a la variabilidad genética (Johannesson *et al.*, 1993; Chapman, 1995; Johannesson & Johannesson, 1996; Carballo *et al.*, 2001; Cruz *et al.*, 2001). Más allá del origen de esta variabilidad, esto da como resultado patrones morfo-gravimétricos característicos para cada una de las poblaciones, los cuales tienen importancia desde el punto de la conservación y el manejo de las poblaciones.

Zidona dufresnei Donovan, 1823 (Gastropoda: Volutidae) es un caracol marino endémico del suroeste del Océano Atlántico, que habita desde Río de Janeiro, Brasil (22°S), hasta aguas norpatagónicas, en el Golfo San Matías, Argentina (42°S) (Kaiser, 1977). La distribución batimétrica descrita para la especie varía desde aguas costeras someras (0-4 m) hasta aguas profundas (90 m) (Kaiser, 1977; Scarabino, 1977; Pereyra *et al.*, 2009). Es un caracol longevo que llega a vivir hasta 18 años, con una talla máxima de 250 mm reportada en ejemplares de la costa de Uruguay (Riestra & Fabiano, 2000; Giménez *et al.*, 2004). La fecundación es interna, el desarrollo directo y las ovicápsulas son fijadas a un sustrato selecto, principalmente cantos rodados de más de 45 cm³ (Clavijo *et al.*, 2005; Pereyra *et al.*, 2009). Estos rasgos particulares de la historia de vida de esta especie sólo sugieren una distribución en forma de parches.

En Argentina y Uruguay, *Z. dufresnei* es una de las principales especies capturadas por la pesca costera artesanal, con volúmenes máximos desembarcados de ~1.300 ton anuales en Argentina; mientras que en Uruguay, el desembarque anual no sobrepasa las 1.000 ton (Fabiano *et al.*, 2000; Giménez *et al.*, 2004; Clavijo *et al.*, 2005, Torroglosa & Giménez, 2010). No obstante en Argentina, en los últimos años se ha registrado una caída significativa en los desembarques, con volúmenes de ~100 ton (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/index.php). Esta caída en los desembarques estaría asociada a cambios generados a partir del impacto de la pesca dado que, como en la mayoría de los volutidos, las características biológicas de esta especie (longevidad mayor a 17 años, inicio de la maduración a los 8-9 años, baja tasa de crecimiento), la hacen vulnerable a

episodios de sobre-explotación (Giménez & Penchaszadeh, 2002, 2003; Penchaszadeh *et al.*, 2008; Roche *et al.*, 2013). Sumado a esto, la explotación comercial de esta especie se ha realizado históricamente sin un marco regulatorio específico.

Existen antecedentes de estudios sobre la estructura demográfica de las poblaciones de *Z. dufresnei* en el Mar Argentino, aunque ninguno de ellos lo hizo de manera comparativa entre distintos ambientes. Pereyra *et al.* (2009) y Roche (2013) estudiaron la población de la Bahía San Antonio, observando una talla promedio de 93,96 ± 6,07 mm en machos y 94,17 ± 7,06 mm en hembras. La talla máxima registrada por estos autores fue de 120,5 mm, mientras que en Mar del Plata se reportaron tallas máximas de 210 mm (Giménez *et al.*, 2004, 2005). Por otro lado, Scarabino (1977) estudió la población de profundidad del Golfo San Matías, encontrando tallas más grandes que las reportadas para las áreas más costeras. La talla de primera madurez en las hembras de la población de la Bahía San Antonio se estimó en 90 mm (Roche *et al.*, 2013). En el caso de Mar del Plata, la talla de primera madurez se estimó en 150-160 mm (Giménez, 2003; Giménez & Penchaszadeh, 2003; Giménez *et al.*, 2004), aunque posteriormente se observó una disminución en la talla, registrando 131 mm en hembras y 128 mm en machos (Torroglosa & Giménez, 2010). Con respecto a la proporción de sexos, en todas las poblaciones analizadas se encontró una proporción equilibrada de machos y hembras (Giménez & Penchaszadeh, 2002; Pereyra *et al.*, 2009).

Las diferencias en el ciclo reproductivo y la morfología entre la población de la Bahía San Antonio (talla máxima de 120,5 mm, Pereyra *et al.*, 2009) y Mar del Plata (talla máxima de 210 mm, Giménez *et al.*, 2004), llevó a postular la existencia de dos morfotipos: un morfotipo normal (Mar del Plata) y un morfotipo enano (Bahía San Antonio) (Lahille, 1895; Forcelli, 2000). Incluso, Lahille (1895) hace referencia a un volutido pequeño identificado como *Voluta angulata affinis*, que se trataría de un ejemplar de la población de *Z. dufresnei* proveniente de la costa de la provincia de Río Negro. Posteriormente, Clench & Turner (1964) unificaron la variedad *V. angulata affinis* junto con *Z. dufresnei*, generando inconsistencias taxonómicas.

Z. dufresnei es un modelo ideal para analizar variaciones espaciales en los patrones morfológicos, puesto que ciertas características de su historia de vida (fecundación interna, desarrollo directo, oviposición en sustratos de preferencia) y el restringido rango de dispersión espacial, provocarían una reducción del flujo génico entre diferentes poblaciones, lo que conduciría a adaptaciones locales particulares. Esto se expresaría a nivel de tamaño como peso de los individuos. En este

contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la estructura poblacional y los patrones morfométricos intra- e interpoblacionales en tres localidades distribuidas a lo largo del Mar Argentino. Este objetivo aportará a dilucidar el estatus taxonómico de las poblaciones en estudio y aportará información esencial para avanzar hacia el desarrollo de una estrategia de manejo de sus poblaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se extiende desde la provincia de Buenos Aires (38°20'S, 57°37'W) hasta el Golfo San Matías (40°50'-42°15'S, 63°05'-65°10'W) a lo largo de la plataforma continental Argentina. En esta área se relevaron tres poblaciones: en el extremo norte la población de Mar del Plata (MDQ), y dentro del golfo San Matías, la población de la Bahía San Antonio (BSA) y la población de aguas profundas (GSM) (Fig. 1).

El sitio de muestreo correspondiente a MDQ se halla sobre fondos arenosos, con un rango de temperatura media superficial entre 9 y 17°C y una salinidad promedio de 35 (Guerrero *et al.*, 1997). El GSM es el más extenso de los golfos norpatagónicos, con 19.700 km² de superficie, es una cuenca caracterizada por profundidades máximas de 160 a 200 m en el sector central y profundidades en su boca de 45 a 65 m (Mazio & Vara, 1983). El fondo marino en su mayoría es de arena y limo. La salinidad varía entre 33,5 y 34,1 y la temperatura media superficial de 11,3-13,5°C (Williams *et al.*, 2006). El GSM es una zona de alta productividad, relacionada principalmente con ciertos procesos oceanográficos inherentes que aceleran la productividad primaria y, en consecuencia, también la productividad secundaria (Williams, 2004).

Asimismo, representa la zona de transición entre las dos provincias biogeográficas del Mar Argentino: Argentina y Magallánica (Menni & Stehmann, 2000; Balech & Ehrlich, 2008). Por último, la BSA, ubicada en el extremo noroeste del GSM, es un ambiente macromareal poco profundo, con mareas semidiurnas y un sistema de canales expuestos a fuertes corrientes de marea. Presenta una superficie total ~80 km² (Daleo *et al.*, 2006) y se comunica con las aguas del Golfo San Matías mediante una boca de ~5 km de ancho. El rango anual de temperatura es de 6-28°C. La circulación del agua se caracteriza por una baja tasa de renovación. La escasez de lluvias, ausencia de aportes de agua dulce y elevada tasa de evaporación determinan mayores salinidades que en zonas aledañas (34 a 39) (Piola & Scasso, 1988). El tipo de fondo dominante es arena y canto rodado (Escofet *et al.*, 1977).

Recolección de las muestras

El periodo de estudio se extendió de 2007 a 2011, con muestras obtenidas a lo largo del año sin una periodicidad específica. En BSA, las muestras fueron obtenidas a partir de la captura diaria de un pescador artesanal experimentado que opera frecuentemente en el sector intermareal (0-1 m de profundidad). La modalidad extractiva consiste en la utilización de un gancho de hierro (30-40 cm de longitud). En la zona profunda del Golfo San Matías, los ejemplares fueron obtenidos desde las capturas comerciales de barcos arrastreros dirigidos a la captura de *Merluccius hubbsi*. El tipo de barco utilizado al interior del golfo es el arrastrero de tamaño mediano (18 a 25 m de eslora). El arte de pesca consiste en una red de arrastre de fondo con un tamaño de malla de 120 mm. La profundidad típica a partir de la cual se obtuvieron ejemplares de *Z. dufresnei* promedió 100 m de profundidad. En MDQ, los ejemplares fueron obtenidos de la pesca de arrastre comercial dirigida a la captura de *Z. dufresnei*. Las embarcaciones que operan desde el puerto de Mar del Plata tienen una eslora promedio de 20-26 m y el arte de pesca empleado consiste en una red de arrastre de fondo con un tamaño de malla de 42 mm. La profundidad de arrastre varió entre 40 y 60 m.

Procesamiento de las muestras y análisis de los datos

Se analizó la proporción de sexos y la variación en las medidas morfométricas de un conjunto de datos compuesto por 267 especímenes provenientes de las tres poblaciones estudiadas (BSA: 79 individuos, GSM: 81 individuos, MDQ: 107 individuos). No obstante, para la comparación de las tallas y pesos medios, el tamaño de la muestra fue ligeramente inferior debido a que algunos ejemplares presentaban roturas o estaban incompletos (Tabla 2).

De cada ejemplar capturado se registró: sexo, longitud total de la concha (LT, mm), ancho total (AT, mm) y peso total (PT, g). Para caracterizar la estructura demográfica en cada sitio se construyeron distribuciones de frecuencias de tallas (DFT) y pesos (DFP). Estas distribuciones se compararon entre sexos y sitios mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes. Los valores medios de longitud y ancho de la concha y peso total de los individuos se compararon entre sitios mediante un ANOVA de una vía. Se realizaron comparaciones *a posteriori* (LSD Fisher) para identificar las diferencias entre los sitios. También se efectuaron comparaciones para las medias de longitud, ancho y peso total de los individuos entre sexos mediante la prueba *t* en cada una de las poblaciones. La hipótesis nula de ausencia de diferencia en la proporción de sexos ($P_{hembras} = P_{machos} = 0,5$) en cada uno de los enclaves poblacionales se puso

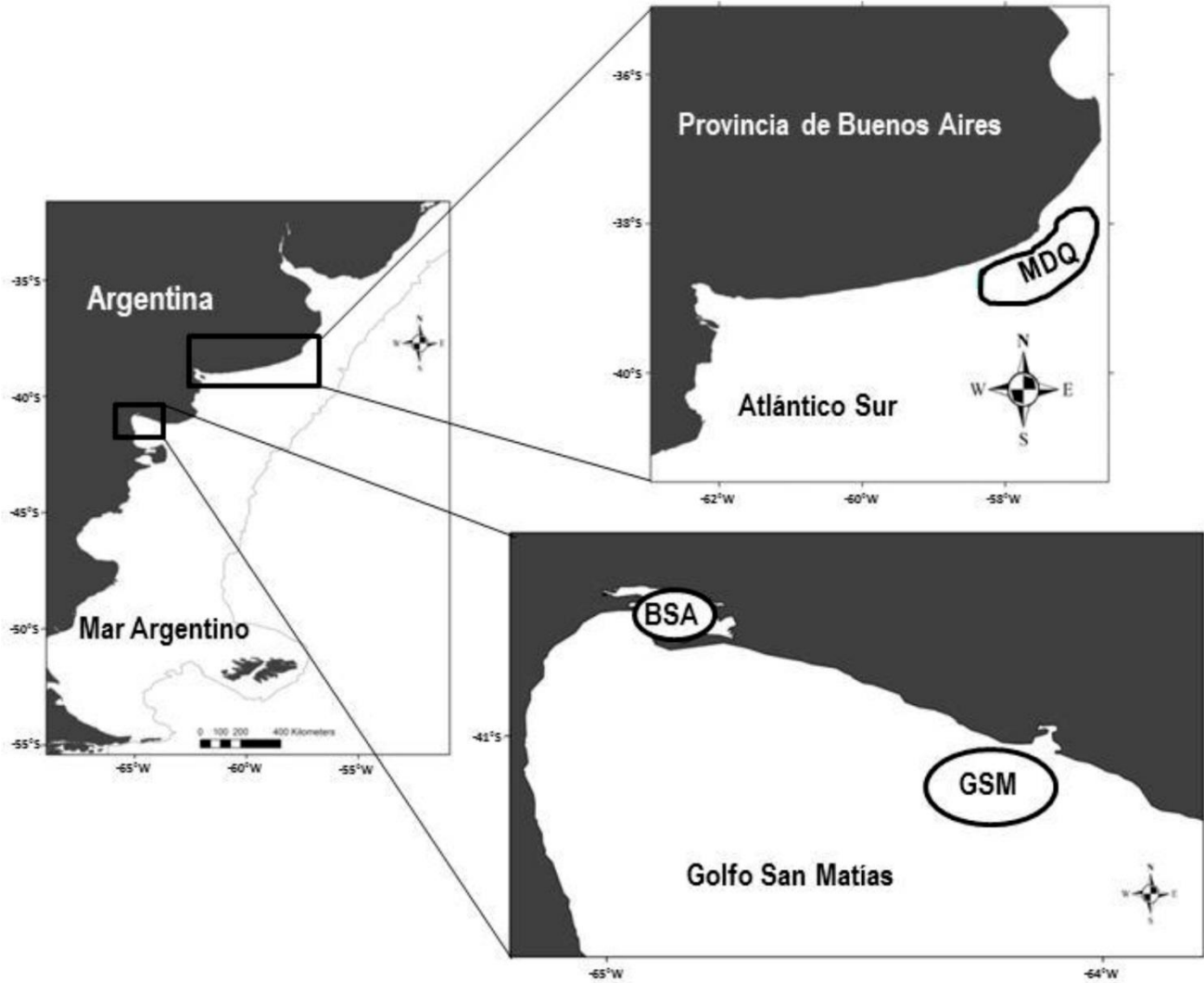


Figura 1. Sitios de muestreo. MDQ: Mar del Plata, BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías.

a prueba mediante el test no paramétrico de Chi-cuadrado (χ^2). Las relaciones morfogravimétricas LT - AT y $\log(\text{LT}) - \log(\text{PT})$ se evaluaron por sexo y por sitio mediante un análisis global (ANCOVA de dos vías).

RESULTADOS

El rango de tallas varió entre 80,8 y 119,8 mm en la BSA, 145 y 230 mm en GSM y, 105 y 186 mm en los individuos provenientes de MDQ (Tabla 1). El rango de pesos entre 44,4 y 113,0 g en BSA, 387,6 y 831 g en GSM y, 61,2 y 491,3 g en MDQ. En todos los casos, las DFT y DFP se aproximaron a una distribución unimodal (Figs. 2, 3). La comparación de las distribuciones no mostró diferencias significativas entre sexos, pero sí se hallaron diferencias altamente

significativas cuando se comparó entre sitios (Kolmogorov-Smirnov) (Tabla 1).

No se encontraron diferencias significativas en los pesos y tallas de los ejemplares cuando se los comparó a nivel poblacional entre sexos (prueba t , $BSA_{LT} t_{74} = 0,45$, $BSA_{PT} t_{75} = 1,03$, $GSM_{LT} t_{74} = 0,15$, $GSM_{PT} t_{78} = 1,49$, $MDQ_{LT} t_{84} = 1,31$, $MDQ_{PT} t_{86} = 0,69$; $P > 0,05$). De manera diferente, el ancho total de la concha sí mostró diferencias entre sexos en las poblaciones de MDQ (prueba t , $MDQ t_{84} = -3,10$; $P < 0,001$), no así en la población de BSA y GSM (prueba t , $BSA_{AT} t_{74} = 1,96$, $GSM_{AT} t_{74} = 0,82$; $P > 0,05$). Las variables morfogravimétricas AT, PT y LT difirieron significativamente entre los tres sitios tanto en la prueba global como en las comparaciones *a posteriori* (ANOVA, $F_{PT} = 845,66$, $F_{LT} = 1058,04$, $F_{AT} = 348,73$; $P < 0,001$).

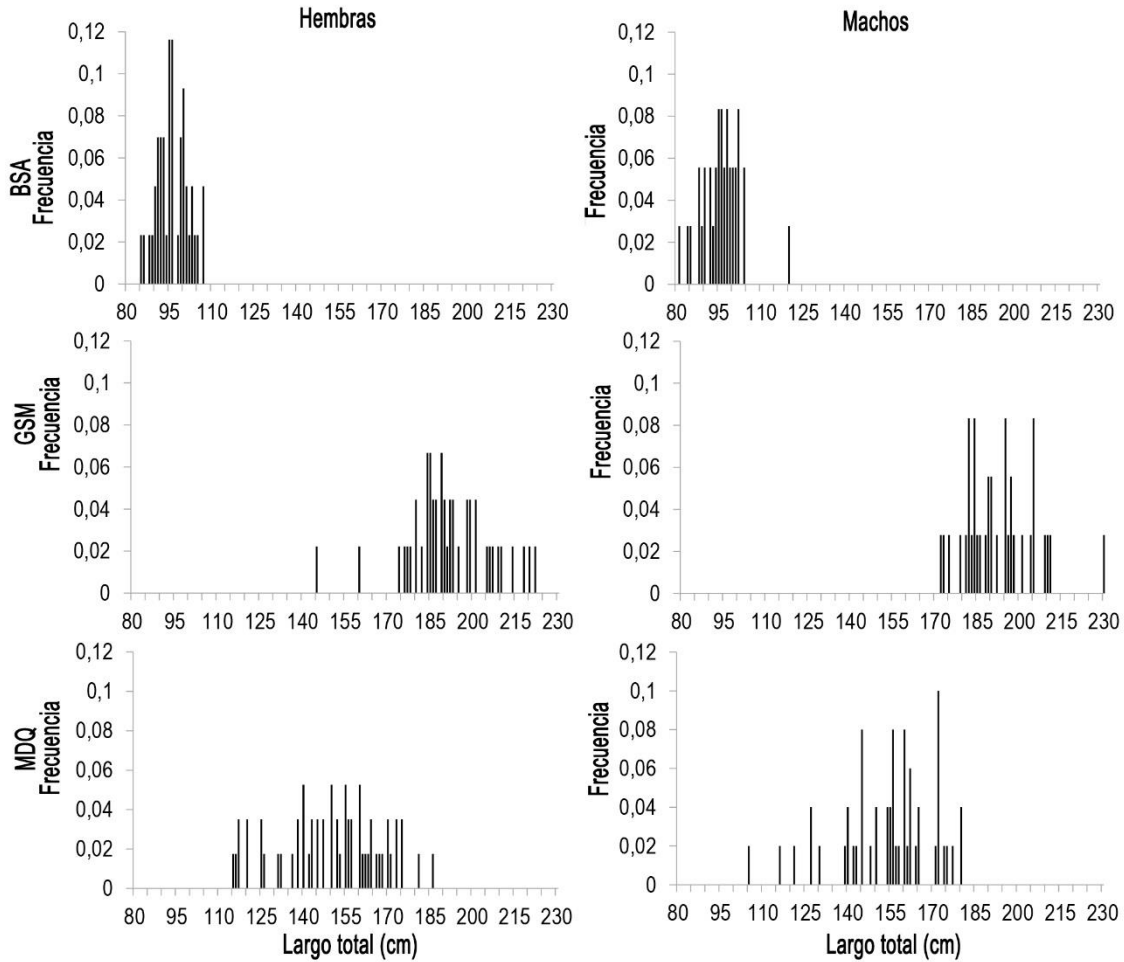


Figura 2. Distribución de frecuencias relativas de tallas, discriminadas por sexo, en las tres poblaciones de *Zidona dufresnei* (BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías, MDQ: Mar del Plata).

Los caracoles más grandes se encontraron en el GSM (talla media: 191,8 mm), los más pequeños en la BSA (talla media: 95,6 mm) y rangos intermedios (talla media: 152,2 mm) en MDQ (Tabla 2). No se registraron diferencias significativas en las proporciones de sexos en ninguna de las tres poblaciones ($\chi^2_{BSA} = 0,62$, $P = 0,43$; $\chi^2_{GSM} = 1,00$, $P = 0,32$; $\chi^2_{MDQ} = 0,60$, $P = 0,44$).

El análisis global para evaluar las relaciones morfogravimétricas entre AT (mm) - LT (mm) y Log(PT) - Log(LT) considerando todas las interacciones (*full model*) entre la covariable (LT) y los factores (sexo y sitio), no mostró diferencias significativas entre sexos (ANCOVA de dos vías, $P > 0,05$, Tabla 3). No obstante, para MDQ, la diferencia detectada respecto de la media del ancho total entre machos y hembras se tradujo en un nivel de significancia $< 0,05$ del término de interacción sexo x sitio (Tabla 3). Más allá de este resultado particular, los siguientes análisis fueron realizados combinando los datos de machos y hembras dado que el sexo no tuvo,

generalmente, un efecto significativo sobre las variables respuestas. La comparación de las rectas para la relación AT-LT y log(PT)-log(LT) entre las poblaciones de BSA y GSM y entre las poblaciones de GSM y MDQ indicó diferencias en sus pendientes por lo que no se prosiguió con el análisis ($\beta_{BSA} \neq \beta_{GSM}$, $P < 0,05$; $\beta_{GSM} \neq \beta_{MDQ}$, $P < 0,05$). Las rectas estimadas para las poblaciones de BSA y MDQ fueron paralelas y no coincidentes tanto para la relación AT-LT como para log(PT) - log(LT), indicando que las diferencias en el AT y PT entre sitios permanecen a pesar de incluir LT en el análisis (ANCOVA, $P < 0,0001$) (Figs. 4, 5).

DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se amplió el rango de distribución batimétrica de *Zidona dufresnei*, estableciendo su variación entre 0 m (individuos expuestos durante la bajamar, Bahía San Antonio)

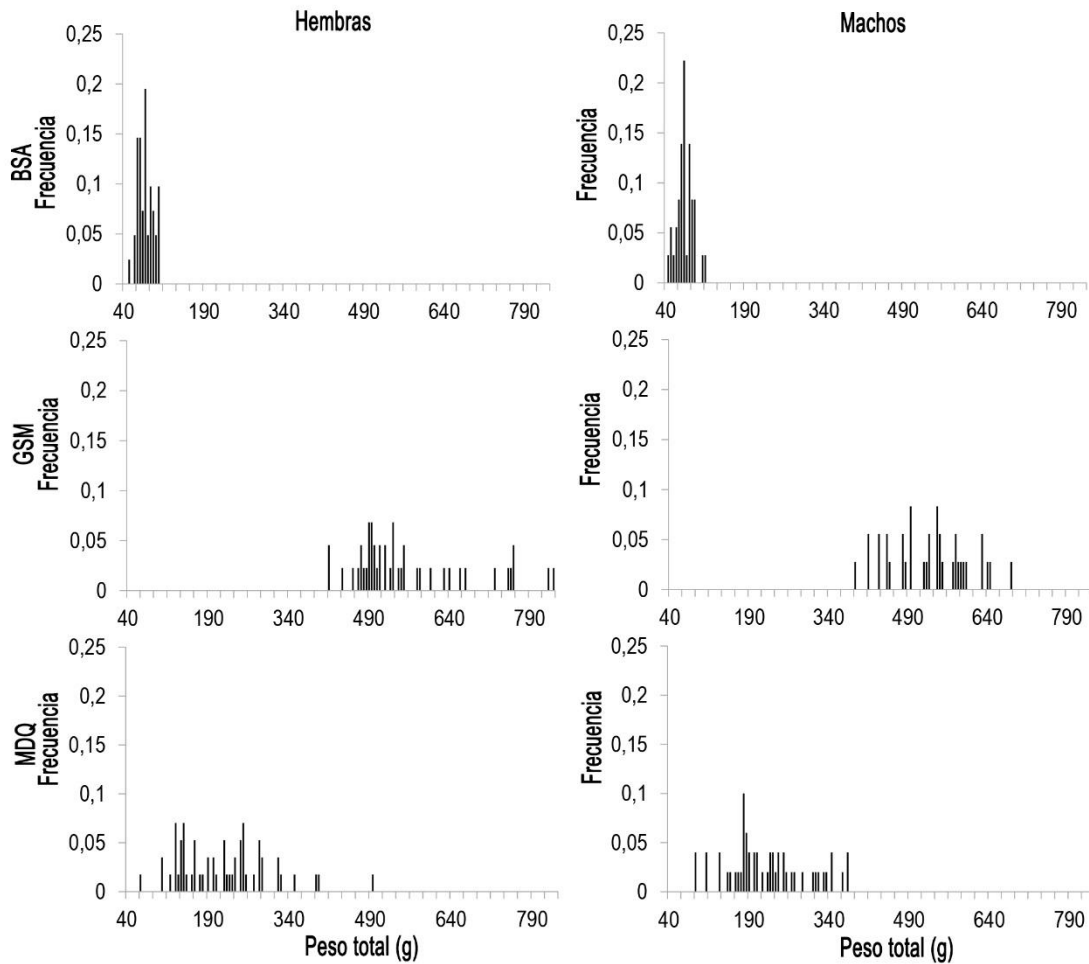


Figura 3. Distribución de frecuencias relativas de pesos, discriminadas por sexo, en las tres poblaciones estudiadas de *Zidona dufresnei* (BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías, MDQ: Mar del Plata).

Tabla 1. Resultados de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para las distribuciones de frecuencia de tallas y pesos, entre sexos y sitios de estudio ($\alpha = 0,05$). D máx: distancia máxima; Z: pruebas de Kolmogorov-Smirnov. ** $P < 0,001$, * $P < 0,05$, ns: $P > 0,05$.

Comparación	D máx	Z	Significación
Distribución de frecuencia de tallas (DFT)			
Macho-hembra (BSA)	0,106	0,469	ns
Macho-hembra (GSM)	0,111	0,497	ns
Macho-hembra (MDQ)	0,166	0,858	ns
BSA-GSM	1,000	6,324	**
BSA-MDQ	0,978	6,593	**
GSM-MDQ	0,879	5,97	**
Distribución de frecuencia de pesos (DFP)			
Macho-hembra (BSA)	0,172	0,753	ns
Macho-hembra (GSM)	0,177	0,787	ns
Macho-hembra (MDQ)	0,188	0,972	ns
BSA-GSM	1,000	6,264	**
BSA-MDQ	0,940	6,292	**
GSM-MDQ	0,978	6,618	**

Tabla 2. Medidas de resumen para las variables morfogravimétricas: peso total (PT, g), longitud total (LT, mm) y ancho total (AT, mm) de *Zidona dufresnei* por sexo y sitio de muestreo (BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías, MDQ: Mar del Plata). H: hembras, M: machos, T: total, DE: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo. Entre paréntesis se indica el tamaño de la muestra (n).

		Peso total	Largo total	Ancho total
BSA - H	Media ± DE	77,5 ± 14,2 (41)	95,7 ± 5,4 (43)	44,4 ± 7,5 (43)
	Min - Max	48,6 - 104,3	84,3 - 106,6	35,5 - 75,5
BSA - M	Media ± DE	74,0 ± 15,3 (36)	95,4 ± 7,0 (36)	41,6 ± 3,7 (36)
	Min - Max	44,4 - 113,0	80,8 - 119,8	33,9 - 50,9
BSA - T	Media ± DE	75,9 ± 14,7 (77)	95,6 ± 6,1 (79)	43,1 ± 6,2 (79)
	Min - Max	44,4 - 113,0	80,8 - 119,8	33,9 - 75,5
GSM - H	Media ± DE	560,5 ± 109,2 (44)	191,4 ± 14,7 (45)	64,8 ± 6,1 (45)
	Min - Max	413,1 - 831,0	145,0 - 222,0	43,4 - 75,0
GSM - M	Media ± DE	528,6 ± 73,3 (36)	192,2 ± 12,3 (36)	62,7 ± 6,9 (36)
	Min - Max	387,6 - 684,3	172,0 - 230,0	38,0 - 76,38
GSM - T	Media ± DE	547,0 ± 95,8 (80)	191,8 ± 13,7 (81)	63,7 ± 6,4 (81)
	Min - Max	387,6 - 831,0	145,0 - 230,0	38,0 - 76,8
MDQ - H	Media ± DE	212,0 ± 83,8 (58)	149,3 ± 18,7 (58)	51,6 ± 8,7 (58)
	Min - Max	61,2 - 491,3	105,0 - 186,0	25,4 - 85,0
MDQ - M	Media ± DE	225,4 ± 72,7 (49)	155,3 ± 15,2 (49)	53,4 ± 6,5 (49)
	Min - Max	87,9 - 373,3	116,0 - 180,0	38,0 - 65,0
MDQ - T	Media ± DE	219,1 ± 78,8 (107)	152,2 ± 17,4 (107)	52,6 ± 7,7 (107)
	Min - Max	61,2 - 491,3	105,0 - 186,0	25,4 - 85,0

hasta 120 m en las profundidades del Golfo San Matías. Hasta la actualidad, las profundidades máximas reportadas señalaban 90 m de profundidad (Scarabino, 1977).

Los resultados del análisis de la estructura poblacional y los patrones morfogravimétricos de *Z. dufresnei* mostraron diferencias entre los tres sitios estudiados, Bahía San Antonio, Golfo San Matías y Mar del Plata. Cada una de las poblaciones presentó distribuciones y rangos de tallas, pesos y relaciones morfométricas particulares.

Los ejemplares más pequeños respecto de todas las variables evaluadas fueron los de la población de la BSA, mientras que los individuos más grandes dentro de la muestra fueron aquellos colectados en las zonas profundas del GSM, siendo significativamente más largos, anchos y pesados que los de las otras dos localidades. Si bien los métodos de captura pudieron subestimar las tallas menores, las comparaciones de las tallas máximas son válidas. Esto permitió identificar dos morfotipos: un morfotipo pequeño o enano de zonas costeras como es el caso de la Bahía San Antonio y un morfotipo grande de zonas profundas del Golfo San Matías y Mar del Plata.

La talla máxima registrada en este estudio fue de 230 mm para ejemplares provenientes de GSM. Este valor está por encima del máximo reportado para esta especie por Giménez *et al.* (2004) en el Mar Argentino,

quienes ubicaron al extremo superior en 210 mm trabajando con individuos de MDQ. Sin embargo, comparando específicamente las muestras de esta población, la talla máxima observada en este estudio para MDQ fue un 20% menor a la registrada por esos autores. En el caso de la BSA, donde los ejemplares fueron significativamente más pequeños que los de las otras dos poblaciones, la talla máxima encontrada fue aún menor que la talla mínima observada para el GSM (las distribuciones de frecuencias de tallas de ambas poblaciones no se solaparon en absoluto). Pereyra *et al.* (2009) analizaron la población de BSA y, aunque el rango de tallas considerado fue ligeramente más amplio, la talla máxima reportada fue similar a la observada en este estudio (Pereyra *et al.*, 2009: 120,5 mm; este estudio: 119,3 mm).

Respecto de la talla media, los valores obtenidos fueron coincidentes con los valores ya publicados para sendas poblaciones. En BSA, Pereyra *et al.* (2009) indicaron una media de 94,3 mm y, en MDQ, Giménez *et al.* (2004) observaron un promedio de 159,8 mm; mientras que en este estudio las medias fueron de 95,6 mm y 152,2 mm, respectivamente. Para la población del GSM, no se dispone de información previa, por lo tanto este estudio representaría la primera descripción de esta población en términos demográficos. Scarabino (1977) sólo había reportado que en las zonas profundas del GSM las tallas eran superiores a las encontradas en

Tabla 3. ANCOVA de dos vías para evaluar el efecto del sexo y sitio (factores) sobre el ancho total (AT, mm) y el peso total (PT, g), incluyendo la longitud total (LT, mm) como covariable. En el caso del peso total, tanto la covariable como la variable respuesta fueron transformadas con log10.

AT = LT * Sexo * Sitio			
Fuente de variación	df	MS	F
LT	1	22637,4	1969,5 **
Sexo	1	5,4	0,5 ns
Sitio	2	437,1	38,0 **
LT x sexo	2	9,9	0,9 ns
LT x sitio	2	108,8	9,5 **
Sexo x sitio	2	259,6	22,6 **
LT x sexo x sitio	2	2,3	0,3 ns
Error	226	11,5	
log(PT) = log(LT) * Sexo * Sitio			
log(LT)	1	28,870	5373,1 **
Sexo	1	0,0035	0,652 ns
Sitio	2	0,6981	129,9 **
log(LT) x sexo	2	0,0001	0,002 ns
log(LT) x sitio	2	0,0311	5,782 *
Sexo x sitio	2	0,0068	1,264 ns
log(LT) x sexo x sitio	2	0,0006	0,108 ns
Error	223	0,0054	

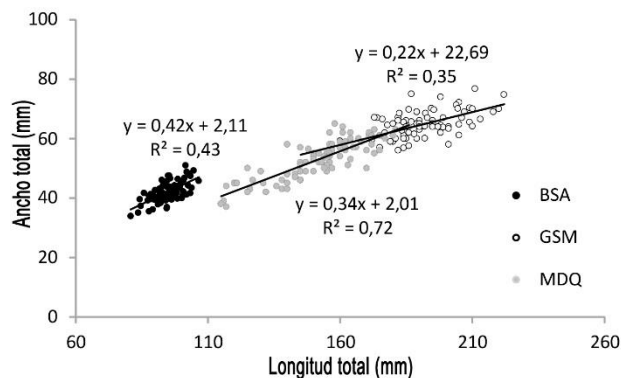


Figura 4. Relación entre el ancho total de la concha y el longitud total para cada una de las poblaciones de *Zidona dufresnei* (BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías, MDQ: Mar del Plata). Se presentan las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas para cada sitio.

las zonas costeras, pero no aportó información cuantitativa al respecto.

Las distribuciones de frecuencias de tallas y pesos se aproximaron a una distribución unimodal en los tres sitios de estudio, con modas cercanas a las observadas con anterioridad (BSA: 95 mm, Pereyra *et al.*, 2009; MDQ: 170 mm, Giménez *et al.*, 2004). Estas distribuciones estuvieron acotadas a las tallas accesibles al arte de pesca, por esa razón no se incluyeron individuos

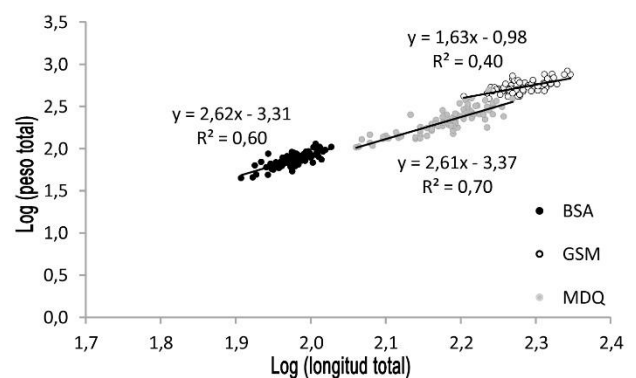


Figura 5. Relación entre el log (peso total) y el log (longitud total) para cada una de las poblaciones de *Zidona dufresnei* (BSA: Bahía San Antonio, GSM: Golfo San Matías, MDQ: Mar del Plata). Se presentan las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas para cada sitio.

juveniles en la muestra. Esta limitación también fue reportada en los estudios de Giménez *et al.* (2004) y Pereyra *et al.* (2009), los cuales se basaron en los mismos métodos de captura que los empleados en este estudio en cada una de las poblaciones.

A nivel intrapoblacional, no se encontraron diferencias significativas entre sexos ni en las tallas y pesos medios, ni en las distribuciones de frecuencias de ambas variables en las tres poblaciones estudiadas de *Z.*

dufresnei. Sin embargo, respecto del ancho total, sí se detectaron diferencias en las muestras provenientes de MDQ. Los machos fueron significativamente más anchos que las hembras, contrario a lo reportado por Pereyra *et al.* (2009) para BSA. Por otro lado, se demostró que la proporción de sexos no difirió de 1:1 en ninguna de las poblaciones estudiadas. Estos resultados son coincidentes a lo publicado previamente. Pereyra *et al.* (2009) estudiando la población de BSA y Giménez *et al.* (2004), analizando ejemplares de MDQ, no encontraron un desplazamiento de la relación 1:1 en la proporción de sexos y tampoco señalaron diferencias en las distribuciones de frecuencias de tallas entre machos y hembras.

El análisis de las relaciones morfogravimétricas entre el ancho, peso y largo total son un indicador de la forma en que crecen los individuos. En *Z. dufresnei* por cada incremento en el largo se registró un aumento de la misma magnitud en el ancho. En el caso de las variables peso y largo total, la relación fue una función de tipo potencial, indicando alometría negativa (<3) (IC β BSA: 2,12-2,98, IC β GSM: 1,16-2,10; IC β MDQ 2,24-2,98). Las diferencias entre las poblaciones respecto de las variables estudiadas se mantuvieron a pesar de incorporar al largo total como una covariable en el análisis morfométrico; lo que sugiere que además de la variación atribuida al tamaño estarían actuando otros factores como podría ser un cambio en la forma. Cuando se consideró al sexo como factor en el análisis global, los resultados fueron coherentes con lo encontrado a partir de la comparación de las medias.

Las diferencias en tamaño entre poblaciones de gasterópodos de una misma especie que habitan dentro y fuera de la Bahía San Antonio ya fueron reportadas con anterioridad. Narvarte *et al.* (2008) y Avaca (2010), estudiando tres poblaciones del caracol globoso *Buccinanops globulosum* (Bahía San Antonio, Playa Villarino ubicada al este de la BSA y Bahía Nueva en el Golfo Nuevo), encontraron que los ejemplares residentes de la BSA fueron significativamente más pequeños que en las otras dos poblaciones localizadas fuera de la bahía. Dichas autoras indicaron que las variaciones observadas serían de base eco-fenotípica, determinadas por las condiciones ambientales características de cada sitio.

En el caso de *Z. dufresnei*, las diferencias halladas entre las tres poblaciones analizadas se podrían deber a presiones ambientales locales (plasticidad fenotípica) o a un flujo génico interrumpido o reducido. Las poblaciones de organismos que habitan las zonas intermareales (BSA) están sometidas a condiciones ambientales variables (rangos amplios de temperatura, exposición al oleaje), comparadas con las de un ambiente mucho más homogéneo característico de

aguas relativamente más profundas (GSM y MDQ), lo cual podría explicar parcialmente las grandes diferencias encontradas en términos demográficos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a Andrés Milessi (INIDEP), Alejandra Goya y Horacio Sancho (SENASA) por su colaboración en la obtención y procesamiento de los ejemplares. Este estudio fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina (PID2003-N°371; PICT2006 Start-Up N°1575 and PICT CONAE-CONICET N°4, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica). Alonso Medina también agradece al Consejo Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (CONICET) por las becas doctoral y posdoctoral obtenidas.

REFERENCIAS

- Avaca, M.S. 2010. Estudios comparativos de las características biológicas y de la estructura demográfica del caracol *Buccinanops globulosus* en los golfos norpatagónicos. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 198 pp.
- Balech, E. & M.D. Ehrlich. 2008. Esquema biogeográfico del mar argentino. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 19: 45-75.
- Boulding, E.G. & T.K. Hay. 1993. Quantitative genetics of shell form of an intertidal snail: constraints on short-term response to selection. *Evolution*, 47: 576-592.
- Carballo, M., C. García & E. Rolán-Alvarez. 2001. Heritability of shell traits in wild *Littorina saxatilis* populations: results across a breeding zone. *J. Shellfish Res.*, 20: 415-422.
- Chapman, M.G. 1995. Spatial patterns of shell shape of three species of co-existing littorinid snails in New South Wales, Australia. *J. Moll. Stud.*, 61: 141-162.
- Clavijo, C., F. Scarabino, A. Rojas & S. Martínez. 2005. Lista sistemática de los moluscos marinos y de estuarios del Cuaternario de Uruguay. Montevideo-Uruguay. *Com. Soc. Malacol.*, 9: 381-411.
- Clench, W.J. & R.D. Turner. 1964. The subfamilies Volutinae, Zidoninae, Odontocymbolinae and Calliotectinae in the western Atlantic. *Johnsonia*, 4: 129-180.
- Cruz, R., E. Rolán-Alvarez & C. García. 2001. Sexual selection on phenotypic traits in a hybrid zone of *Littorina saxatilis* (Olivi). *J. Evol. Biol.*, 14: 773-785.
- Daleo, P., M. Escapa, J. Alberti & O. Iribarne. 2006. Negative effects of an autogenic ecosystem engineer: interactions between coralline turf and an ephemeral green alga. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 315: 67-73.

- Escofet, A.M., J.M. Orensanz, S. Olivier & V. Scarabino. 1977. Biocenología bentónica del golfo San Matías (Río Negro, Argentina): metodología, experiencias y resultados del estudio ecológico de un gran espacio geográfico en América Latina. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., 5: 59-82.
- Estebenet, A. & P. Martín. 2003. Shell interpopulation variation and its origin in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) from southwestern Buenos Aires Province, Argentina. J. Moll. Stud., 69: 301-310.
- Fabiano, G., G. Riestra, O. Sanana, E. Delfino & R. Foti. 2000. Consideraciones sobre la pesquería del caracol fino *Zidona dufresnei* (Mollusca, Gastropoda) en el Uruguay. Periodo 1996-1998. In: M. Rey (ed.). Recursos pesqueros no tradicionales: moluscos bentónicos marinos. Proyecto INAPE-PNUD URU/92/003. ISBN, 9974-563-13-5, pp. 114-142.
- Forcelli, D.O. 2000. Moluscos magallánicos. Guía de moluscos de Patagonia y sur de Chile. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires, 200 pp.
- Giménez, J. 2003. Biología reproductiva y crecimiento del caracol *Zidona dufresnei* (Donovan, 1823) Caenogastropoda, Volutidae de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis Doctoral Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 156 pp.
- Giménez, J. & P.E. Penchaszadeh. 2002. Reproductive cycle of *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: Volutidae) from the Southwestern Atlantic Ocean. Mar. Biol., 140: 755-761.
- Giménez, J. & P.E. Penchaszadeh. 2003. Size at first sexual maturity in *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: Volutidae) of the Southwestern Atlantic Ocean (Mar del Plata, Argentina). J. Mar. Biol. Ass. UK, 83: 293-296.
- Giménez, J., T. Brey, A. Mackensen & P.E. Penchaszadeh. 2004. Age, growth, and mortality of the prosobranch *Zidona dufresnei* (Donovan, 1823) in the Mar del Plata area, Southwestern Atlantic Ocean. Mar. Biol., 145: 707-712.
- Giménez, J., M. Lasta, G. Bigatti & P.E. Penchaszadeh. 2005. Exploitation of the volute snail *Zidona dufresnei* in Argentine waters, Southwestern Atlantic Ocean. J. Shellfish Res., 24: 1135-1140.
- Guerrero, R.A., C.A. Lasta, E.M. Acha, H.W. Mianzan & M.B. Framiñan. 1997. Atlas hidrográfico del Río de la Plata. Comisión Administradora del Río de la Plata-Instituto Nacional de Desarrollo Pesquero. Buenos Aires, Montevideo, 109 pp.
- Janson, K. & P. Sundberg. 1983. Multivariate morphometric analysis of two varieties of *Littorina saxatilis* from the Swedish west coast. Mar. Biol., 74: 49-53.
- Johannesson, B. & K. Johannesson. 1996. Population differences in behavior and morphology in the snail *Littorina saxatilis*: phenotypic plasticity or genetic differentiation. J. Zool., 240: 475-493.
- Johannesson, K., B. Johannesson & E. Rolán-Alvarez. 1993. Morphological differentiation and genetic cohesiveness over a microenvironmental gradient in the marine snail *Littorina saxatilis*. Evolution, 47: 1770-1787.
- Kaiser, P. 1977. Beitrage zur Kenntis der Voluten (Mollusca) in argentinisch-brasianischen Gewassern (mit der Beschreibung zweier neuer Arten) Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst. Brad., 74: 11-26.
- Lahille, F. 1895. Contribución al estudio de las Volutas Argentinas. Rev. Mus. Plata, 6: 293-332.
- Martel, A., D.H. Larrivé, K.R. Klein & J.H. Himmelman. 1986. Reproductive cycle and seasonal feeding activity of the neogastropod *Buccinum undatum*. Mar. Biol., 92: 211-221.
- Martín-Mora, E., F.C. James & A.W. Stoner. 1995. Developmental plasticity in the shell of the Queen conch *Strombus gigas*. Ecology, 76: 981-994.
- Martín, P. & A. Estebenet. 2002. Spread of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* in Southern Pampas and Northern Patagonia, Argentina. J. Freshwater Ecol., 17: 331-333.
- Mazio, C.A. & C.D. Vara. 1983. Las mareas del golfo San Matías., Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, Buenos Aires, Inf. N°13: 32 pp.
- Menni, R.C. & M.F.W. Stehmann. 2000. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay, and Brasil. A review. Rev. Museo Argent. Cienc. Nat., 2: 69-109.
- Narvarte, M.A., V. Willers, M.S. Avaca & M.E. Echave. 2008. Population structure of the snail *Buccinanops globulosum* (Prosobranchia, Nasariidae) in San Matías Gulf, Patagonia Argentina: isolated enclaves? J. Sea Res., 60: 144-150.
- Penchaszadeh, P.E., G. Pastorino & M.I. Brogger. 2008. Moluscos gasterópodos y bivalvos. In: D. Boltovskoy (ed.). Atlas de sensibilidad ambiental del mar y de la costa. [www.atlas.ambiente.gov.ar].
- Pereyra, P., M. Narvarte & P.R. Martín. 2009. Notes on oviposition and demography of a shallow water population of the edible snail *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: Volutidae) living in San Antonio Bay (northern Patagonia, Argentina). J. Mar. Biol. Ass. UK, 86: 1209-1214.
- Piola, A.R. & L.N. Scasso. 1988. Circulación en el golfo San Matías. Geoacta, 15: 33-51.
- Riestra, G. & G. Fabiano. 2000. Moluscos gasterópodos de interés socio-económico para el Uruguay. Recursos

- pesqueros no tradicionales: moluscos bentónicos marinos. Proyecto URU/92/003, pp. 75-141.
- Roche, A. 2013. Historia de vida de *Zidona dufresnei* Donovan, 1823 (Mollusca: Gastropoda) en la bahía San Antonio, una especie de creciente interés comercial. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, 179 pp.
- Roche, A., M. Maggioni, A. Rumi & M. Narvarte. 2013. Duration of intracapsular development of *Zidona dufresnei* in its southern distributional limit. *Am. Malacol. Bull.*, 31: 85-89.
- Scarabino, V. 1977. Moluscos del golfo San Matías (Provincia de Río Negro, República Argentina). Inventario y claves para su identificación. *Com. Soc. Malacol.*, Montevideo, 4: 177-297.
- Torroglosa, E.M. & J. Giménez. 2010. Temporal variation in size at maturity of the snail *Zidona dufresnei* from the southwestern Atlantic Ocean after ten years of fishery exploitation. *Aquat. Biol.*, 11: 163-167.
- Véliz, D., F.M. Winkler & C. Guisado. 2003. Developmental and genetic evidence for the existence of three morphologically cryptic species of *Crepidula* in northern Chile. *Mar. Biol.*, 143: 131-142.
- Williams, G. 2004. ¿Cuáles son las fuentes para mantener la productividad del golfo San Matías? Seminario Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco", Puerto Madryn, 100 pp.
- Williams, G., D. Gagliardini, A. Rivas, M. Sapoznik, M. Narvarte & R. González. 2006. Caracterización ambiental del golfo San Matías (Argentina) mediante información AVHRR y Sea WiFs. Resumen en las VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Argentina, 55 pp.
- Yamada, S.B. 1987. Geographic variation in the growth rates of *Littorina littorea* and *L. saxatilis*. *Mar. Biol.*, 96: 529-534.
- Yeap, L., R. Black & M.S. Johnson. 2001. The complexity of phenotypic plasticity in the intertidal snail *Nodilittorina australis*. *Biol. J. Linn. Soc.*, 72: 63-76.

Received: 5 August 2014; Accepted: 10 December 2014