

Comparación de ensamblajes de moluscos en dos sustratos intermareales de la cuenca central del Estrecho de Magallanes

Comparing mollusk assemblages on two intertidal substrates of the central basin of the Strait of Magellan

Sebastián Rosenfeld^{*1,2}, Johanna Marambio¹ y Cristian Aldea^{3,4}

¹Laboratorio de Macroalgas Antárticas y Subantárticas, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

*Autor corresponsal, e-mail: srosenfe@umag.cl

²Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Santiago, Chile.

³Laboratorio de Ecología y Medio Ambiente, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Avenida Bulnes 01890, Punta Arenas, Chile.

⁴Programa Gaia-Antártica, Universidad de Magallanes.

Resumen

La Región de Magallanes, representativa de ambientes subantárticos, presenta una topografía compleja de fiordos y canales. El Estrecho de Magallanes corresponde a un complejo canal natural de conexión entre los océanos Pacífico y Atlántico. Por su difícil acceso y clima adverso, esta región presenta una carencia en el conocimiento de numerosos sitios intermareales. Los objetivos del presente trabajo son caracterizar el ensamblaje de macro-moluscos presentes en dos sitios ubicados en la cuenca central Estrecho de Magallanes e identificar posibles cambios espaciales de la riqueza, composición, abundancia y diversidad entre ambas localidades. El presente estudio se realizó en abril del año 2008 en Punta Santa (53°37'03"S - 70°55'19"O) y playa Chabunco (53°37'14"S - 70°55'31"O), donde se categorizaron tres niveles intermareales asociados a la altura del nivel de mareas. En cada nivel se tomaron 6 cuadrantes (625 cm²) al azar. Del total de los dos sitios analizados se identificaron un total de 19 especies de moluscos. La mayor diversidad de especies ($H' = 1,8$) fue registrada en el sitio de Punta Santa Ana, correspondiente a sustrato de terrazas marinas. A pesar de que entre los sitios no se observaron diferencias significativas en la riqueza y abundancia promedio ($p > 0,05$), sí se evidenciaron diferencias significativas en la composición de los dos ensamblajes ($p < 0,05$). Dichas diferencias espaciales en la composición de los ensamblajes podrían estar dadas principalmente por la heterogeneidad espacial que presentan los hábitats intermareales de la zona de canales y fiordos de Magallanes.

Palabras claves: subantártica, diversidad, heterogeneidad, terrazas marinas, Gastropoda, Bivalvia.

Abstract

The Magellan Region, representative of sub Antarctic environments, has a complex fjords and channels topography. The Strait of Magellan corresponds to a complex natural channel connecting the Atlantic and Pacific oceans. The difficult access and adverse weather of this region produce a gap in the knowledge of many intertidal sites. The aims of this study are to characterize the assembly of macromolluscs present in two sites located in the central basin of the Strait of Magellan and identify possible spatial changes in species richness, composition, abundance, and diversity between both sites. The present study was carried out in April 2008, in Punta Santa (53° 37'03 "S - 70° 55'19 "W) and Chabunco beach (53° 37'14 "S - 70° 55'31 "W), where three intertidal levels associated with the tide level were categorized. At each level six quadrant (625 cm²) were randomly taken. In both sites analyzed a total of 19 mollusc species were identified. The highest species diversity ($H' = 1.8$) was recorded at Punta Santa Ana, corresponding to rocky wave-cut platforms. Although no significant differences in average richness and abundance ($p > 0.05$) were observed between sites, significant differences were clear in the composition of the two assemblages ($p < 0.05$). These spatial differences

in assemblage composition may be given mainly by the spatial heterogeneity in intertidal habitats in the area of channels and fjords of Magellan.

Key words: sub Antarctic, diversity, heterogeneity, wave-cut platforms, Gastropoda, Bivalvia.

Introducción

En los ecosistemas bentónicos, los ensamblajes están controlados por factores como suministro alimenticio, temperatura y régimen sedimentario (*e.g.* Mühlenthaldt-Siegel, 1988, 1989; Brey & Clarke 1993; Sáiz-Salinas *et al.*, 1997; Piepenburg *et al.*, 2002; Skowronski & Corbisier, 2002; Lovell & Trego, 2003), entre otros. La temperatura y el alimento y sus oscilaciones estacionales influyen en el metabolismo y crecimiento de los invertebrados marinos de altas latitudes y entonces son importantes factores que estructuran los ensamblajes bentónicos (Clarke, 1988; Brey & Clarke, 1993; Brêthes *et al.*, 1994); además altas tasas de sedimentación podrían inhibir a los organismos suspensívoros (Lovell & Trego, 2003), pudiendo afectar a organismos intermareales en pozas de marea o a organismos sublitorales. No obstante, otras características como el tipo de sustrato, geomorfología de la costa y exposición al oleaje, son factores importantes que pueden modificar la estructura de los ensamblajes bentónicos, por lo que una de las principales razones de estos cambios se atribuye a la heterogeneidad ambiental (Foster, 1990; Ojeda, 2013).

Uno de los componentes importantes y característicos de la fauna bentónica en los ecosistemas marinos, son los moluscos, grupo marcadamente diversificado dentro del reino animal, con *ca.* 85.000 especies descritas (Chapman, 2009), de las cuales más de 52.000 corresponden a especies marinas (Bouchet, 2006). Históricamente los moluscos han sido foco de muchas investigaciones debido a su importancia ecosistémica (Moreira *et al.*, 2010) y socio-económica (Castilla & Defeo, 2001). Por lo tanto, han sido objeto de muchas investigaciones ecológicas, tales como estudios de dinámicas temporales (*e.g.* Moreira *et al.*, 2010), de sucesiones intermareales (*e.g.* Aguilera & Navarrete, 2007), efectos antropogénicos (*e.g.* Sharpe & Keough, 1998; Sánchez-Moyano *et al.*, 2000) y de asociaciones con macroalgas y pastos marinos (*e.g.* Rueda & Salas, 2003; Kelaher *et al.*, 2007; Ríos *et al.*, 2007; Rueda & Salas, 2008; Rosenfeld *et al.*, 2013).

Uno de los principales ecosistemas costeros de las costas del océano Pacífico Sur Oriental, es el sistema canales y fiordos del sur de Chile (entre

42°S a 56°S). Este sistema de canales y fiordos subantárticos o ecorregión subantártica de Magallanes presenta varias singularidades ecológicas que ponen en evidencia las probables diferencias de composición, riqueza y estructura de las comunidades costeras rocosas en comparación con el resto de las costas templadas de América. Por ejemplo, i) su geomorfología se originó por la erosión glacial del continente, debido al avance y retroceso de los hielos ocurridos durante el cuaternario (Silva & Calvete, 2002) y durante el Último Máximo Glacial (entre 23.000 y 19.000 años A.P) estuvo cubierto por hielo (Hulton *et al.*, 2002); ii) presenta gradientes oceanográficos, como circulación de corrientes, masas de agua, exposición al oleaje, temperatura y salinidad (ver ; Dayton, 1985; Silva & Calvete, 2002); iii) la biota marina está compuesta por especies que estructuran la denominada unidad biogeográfica Magallánica (Camus, 2001); iv) los canales y fiordos albergan la mayor riqueza de moluscos de la costa Sudeste del Pacífico sur de Sudamérica (Valdovinos, 2003). Dentro de las singularidades que presenta la Provincia Magallánica, una de las más importantes para explicar la biodiversidad existente, es la "heterogeneidad ambiental" a macro y micro escala, la cual juega un rol fundamental en la generación de cambios espaciales sobre la riqueza, abundancia y estructura del ensamblaje de diversos organismos (Ojeda, 2013). A macro-escala podemos mencionar la influencia de glaciares en ecosistemas costeros, el viento con dirección predominante de Oeste-Este principalmente durante el período de primavera austral y el gradiente de precipitaciones Oeste-Este influenciada por el Océano Pacífico (Aravena & Luckman, 2009). Para los factores a micro-escala con incidencia espacial local podemos mencionar al menos tres: los cuerpos de agua dulce, el tipo de sustrato (*e.g.* playas de bloques y cantos; Ríos & Mutschke 1999) y la geomorfología abrupta del sistema de fiordos y canales (Valdenegro & Silva, 2003).

Por lo tanto, esta heterogeneidad podría intensificar la diversidad de los ensamblajes bentónicos (Gutt *et al.*, 1999, 2001; Peck *et al.*, 1999). Teniendo en cuenta el amplio espectro trófico que presentan los moluscos, la caracterización

de la diversidad y análisis de sus ensamblajes bentónicos son pertinentes para contribuir a entender la estructura e interacciones dentro de ensamblajes más complejos en los cuales estos moluscos interactúan con otros organismos bentónicos.

Por consiguiente, los objetivos del presente trabajo son caracterizar el ensamblaje de macro-moluscos presentes en dos sitios ubicados en el Estrecho de Magallanes e identificar posibles cambios espaciales de la riqueza, composición, abundancia, y diversidad entre los dos sitios.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó durante el año 2008 en Punta Santa (53°37'03"S - 70°55'19"W) y playa Chabunco (53°37'14"S - 70°55'31"W), ubicadas en la micro-cuenca central del Estrecho de Magallanes

(Fig. 1). Esta zona se caracteriza por que recibe influencias de aguas subantárticas desde el Pacífico, que van ingresando hacia el interior del estrecho y se mezclan con aguas menos saladas, generando aguas subantárticas modificadas. Estas aguas subantárticas modificadas se llenan en la microcuenca occidental, desde el Océano Pacífico hasta la Isla Carlos III, y pasan a la microcuenca central, por lo que toda la columna de la microcuenca central está compuesta por agua estuarina salada y con valores promedio de salinidad de 30,8 psu y temperatura de 7°C (Valdenegro & Silva, 2003). Sin embargo, esta zona no recibe influencias de aguas provenientes del Atlántico, ya que el agua subantártica del Atlántico tiene una influencia restringida en el Estrecho de Magallanes, reduciéndose solo a su presencia en la microcuenca oriental (Valdenegro & Silva, 2003).

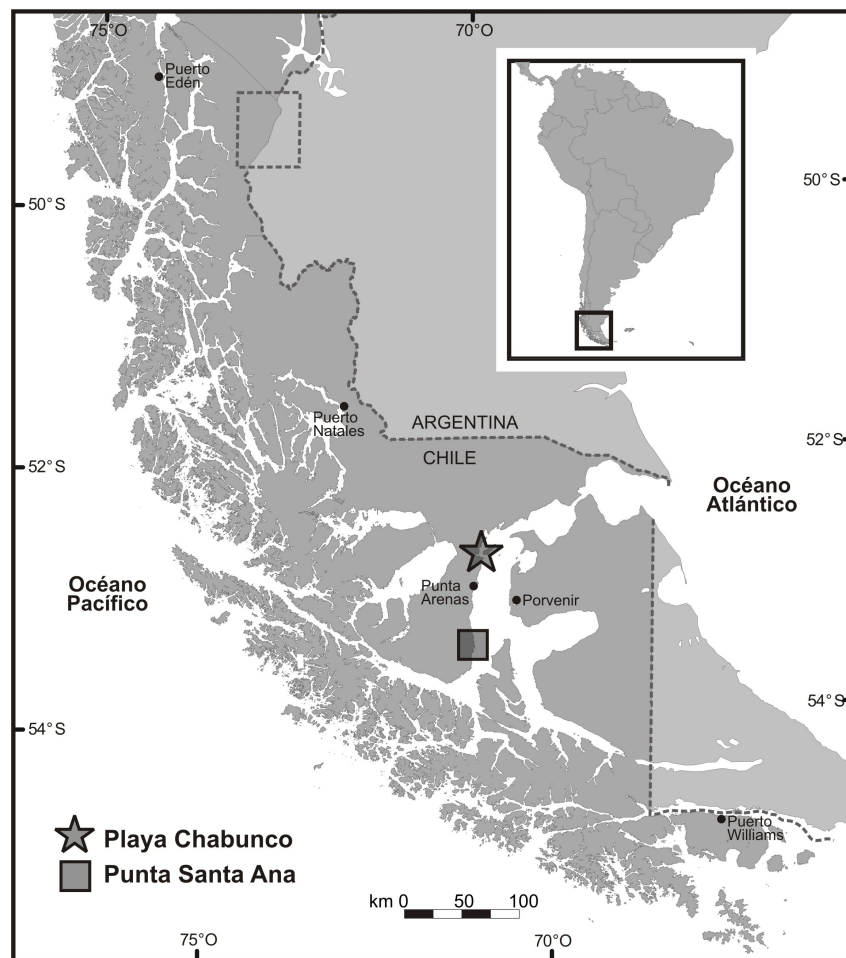


Figura 1. Localización de los sitios de estudio, ubicados en el Estrecho de Magallanes.

Figure 1. Location of the study sites, situated in the Strait of Magellan.

Punta Santa Ana se caracteriza por presentar un sustrato de terrazas marinas, estos sectores rocosos o de terrazas son aquellas constituidas por grandes extensiones rocosas y presentan una gran pendiente y son regularmente cubiertas por pleamar (Pisano, 1980). Por otra parte, playa Chabunco presenta un sustrato correspondiente a bolones grandes y medios que están formados por componentes rocosos y normalmente van en diámetro decreciente y están redondeados por efectos del transporte glacial y abrasión, y en sus niveles superiores acumulan ripios finos y arenas gruesas, capaces de retener materia orgánica (Pisano, 1980).

Para cada sector se categorizaron tres niveles intermareales asociados a la altura vertical del intermareal, estos definidos mediante el protocolo descrito por Benedetti-Cecchi & Cinelli (1997). El muestreo se realizó en los dos extremos, que se refieren a niveles altos y bajos, y en distancias equidistantes, los niveles intermareales medios. En cada nivel intermareal se tomaron 6 cuadrantes al azar de 25 x 25 cm (área de 625cm²), para una recolección más completa de la malacofauna presente en ambos intermareales. En cada cuadrante extraído se removieron las piedras y las macroalgas. Los moluscos recolectados fueron inmediatamente puestos en bolsas plásticas rotuladas y conservados en alcohol al 96%. Posteriormente los ejemplares fueron llevados al laboratorio y separados por grupos, los moluscos considerados en este estudio son especies con un tamaño superior a 1 cm. Para la identificación de moluscos se realizaron observaciones macroscópicas utilizando estereomicroscopio Olympus SZ61, consultando bibliografía taxonómica malacológica (e.g. Reid & Osorio, 2000; Zelaya, 2004; Pastorino, 2005; Sirenko, 2006; Schwabe *et al.*, 2006). Para la identificación de algunos taxones específicos se utilizó literatura especializada para cada grupo: para Fissurellidae se utilizó el trabajo de Mclean, (1984) y para Nacellidae de utilizaron los trabajos de Valdovinos & Ruth (2005), Aranzamendi *et al.*, (2009) y Gonzalez-Wevar *et al.* (2011). Todo el material recolectado se encuentra depositado en el Laboratorio de Macroalgas Antárticas y Subantárticas de la Universidad de Magallanes (LmAS).

Análisis de datos

Los datos de cantidad de especímenes por especie, cuadrante y sitio de muestreo fueron organizados en matrices de bases de datos, contemplando además la posición geográfica de los sitios en el área de estudio.

Para determinar la composición faunística de los distintos sitios -y su comparación- se realizaron análisis de biodiversidad, calculando para cada sitio: (a) la diversidad ecológica utilizando el índice de diversidad específica de Shannon. Los valores fueron calculados en función del logaritmo natural o neperiano (\ln) y (b) el índice de equidad de Pielou, expresado como la relación entre la diversidad empírica observada real (H') y la diversidad teórica máxima que podría darse con S especies y N individuos totales. También se calculó por sitio como otra medida de diversidad la serie de Hill $N(1)$ que corresponde al antilogaritmo del índice de Shannon (H'), es decir, $N(1) = e^{H'}$ donde "e" es la base de los logaritmos naturales (2,718). Este índice tiene la propiedad de relacionarse directamente con la riqueza de especies cuando todas éstas se encuentran igualmente representadas (Rau, 2002). Todo esto se realizó utilizando programa computacional provisto en Krebs (1999). De manera complementaria se calculó el índice de equidad de Buzas & Gibson (Buzas & Gibson, 1969; Sheldon, 1969), que se expresa como la relación de $e^{H'}/S$ como una medida de equidad de especie, donde $e^{H'}$ es la exponencial del índice de Shannon y S es la riqueza total de la comunidad que se está evaluando, cuando las especies están perfectamente distribuidas por igual la relación =1. Expresa la equidad en unidades biológicas (especies).

Las diferencias entre las diversidades de los distintos sitios fueron evaluada mediante la adaptación de la prueba de t para dos muestras independientes propuesta por Hutcheson (Moreno, 2001), con la cual se determinaron diferencias pareadas entre los valores de diversidad obtenidos en los distintos sitios de muestreo. El propósito de esta prueba estadística es comparar dos índices de diversidad y sus varianzas tanto espacial o temporalmente (Zar, 1996).

Para probar la significación de los posibles cambios espaciales en la riqueza y abundancia promedio entre los dos sitios de estudio se realizó la prueba no-paramétrica de U de Mann-Whitney, utilizando el paquete estadístico STATISTICA 7.

El análisis de las diferencias espaciales en la estructura de los ensamblajes entre los dos sitios fue llevado a cabo a través de la prueba estadística de permutaciones PERMANOVA (Anderson, 2005). Este análisis robusto compara una prueba estadística observada (pseudof F), generada bajo la hipótesis nula mediante permutaciones y particiones de variación de los datos para un ensamble multivariante o datos univariantes (Anderson, 2001; Anderson, 2005). Se calculó la distancia de

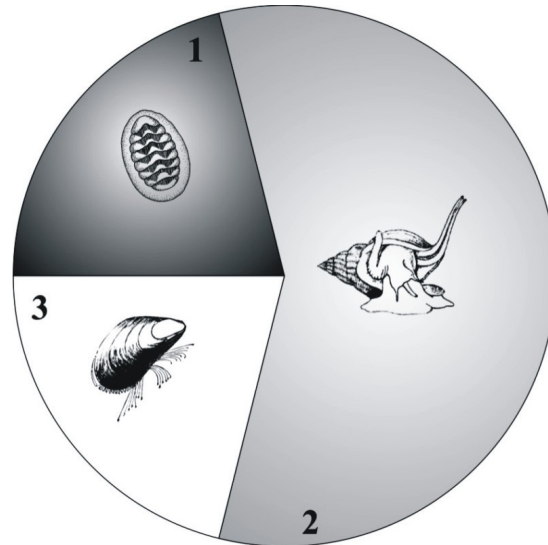
disimilitud entre pares de observaciones, los datos fueron transformados a raíz cuarta (para reducir la escala entre variables) y se usaron 9999 permutaciones sin restricciones de datos (Anderson, 2001; Willis & Anderson, 2003).

Resultados

Del total de los dos sitios analizados se identificaron un total de 19 especies de moluscos. En términos de riqueza por Clase, Polyplacophora y Bivalvia estuvieron representadas por 4 especies respectivamente (21% cada una) y Gastropoda por 11 especies, representando el 58% de la malacofauna identificada (Fig. 2).

La composición taxonómica de los moluscos intermareales se estructuró en 10 familias, representadas por 19 especies (Tabla. 1). Las familias Chitonidae, Nacellidae, Fissurellidae y Mytilidae presentaron la mayor riqueza de especies (S=3), seguida por la familia Muricidae (S=2) (Tabla 1). El sitio que presentó la mayor riqueza de especies corresponde a Punta Santa Ana (S= 15), mientras que playa Chabunco presento la mayor abundancia total (N= 975 individuos).

Las especies más abundantes correspondieron al bivalvo sésil *Mytilus edulis platensis*, presentando una abundancia total de 959 individuos, mientras que de los moluscos móviles la mayor abundancia la tuvo el gasterópodo *Pareuthria plumbea* (N= 36 individuos).



CLASES
1 Polyplacophora (n=4; 21%)
2 Gastropoda (n=11; 58%)
3 Bivalvia (n=4; 21%)

Figura 2. Riqueza de especies de las diferentes clases de moluscos representadas en Chabunco y Punta Santa Ana, Estrecho de Magallanes.

Figure 2. Species richness of the different classes of mollusks represented in Chabunco and Santa Ana Point, Strait of Magellan.

Tabla. 1. Especies de moluscos presentes en ambos sitios de estudio.

Table 1. Mollusk species present in both study sites.

Clase a Familia	Especie	Chabunco	Punta Santa Ana
POLYPLACOPHORA			
Orden ~ Chitonia			
Chitonidae	<i>Tonicia lebruni</i> de Rochebrune, 1884	+	+
	<i>Tonicia chilensis</i> (Fremby, 1827)		+
	<i>Tonicia atrata</i> (Sowerby, 1840)		+
Mopaliidae	<i>Plaxiphora aurata</i> (Spalowsky, 1795)	+	+
GASTROPODA			
Orden ~ Patellogastropoda			
Nacellidae	<i>Nacella deaurata</i> (Gmelin, 1791)	+	+
	<i>Nacella flammea</i> (Gmelin, 1791)	+	+
	<i>Nacella magellanica</i> (Gmelin, 1791)		+

Tabla 1. (Continuación).

Clase a Familia	Especie	Chabunco	Punta Santa Ana
Orden ~ Vetigastropoda			
Fissurellidae	<i>Fissurella picta</i> (Gmelin, 1791)		+
	<i>Fissurella oriens</i> Sowerby, 1835	+	+
	<i>Fissurella radiosa</i> Lesson, 1831	+	+
Orden ~ Littorinimorpha			
Calyptraeidae	<i>Trochita pileus</i> (Lamarck, 1822)	+	
Orden ~ Neogastropoda			
Buccinidae	<i>Pareuthria plumbea</i> (Philippi, 1844)	+	
Muricidae	<i>Trophon geversianus</i> (Pallas, 1774)	+	
	<i>Acanthina monodon</i> (Pallas, 1774)		+
Orden ~ Cladobranchia			
Siphonariidae	<i>Siphonaria lessonii</i> Blainville, 1827	+	+
BIVALVIA			
Orden ~ Heterodonta			
Hiatellidae	<i>Hiatella solida</i> (Sowerby, 1834)	+	
Orden ~ Pteriomorpha			
Mytilidae	<i>Aulacomya atra</i> (Molina, 1782)	+	+
	<i>Mytilus edulis platensis</i> d'Orbigny 1842	+	+
	<i>Perumytilus purpuratus</i> (Lamarck, 1819)		+

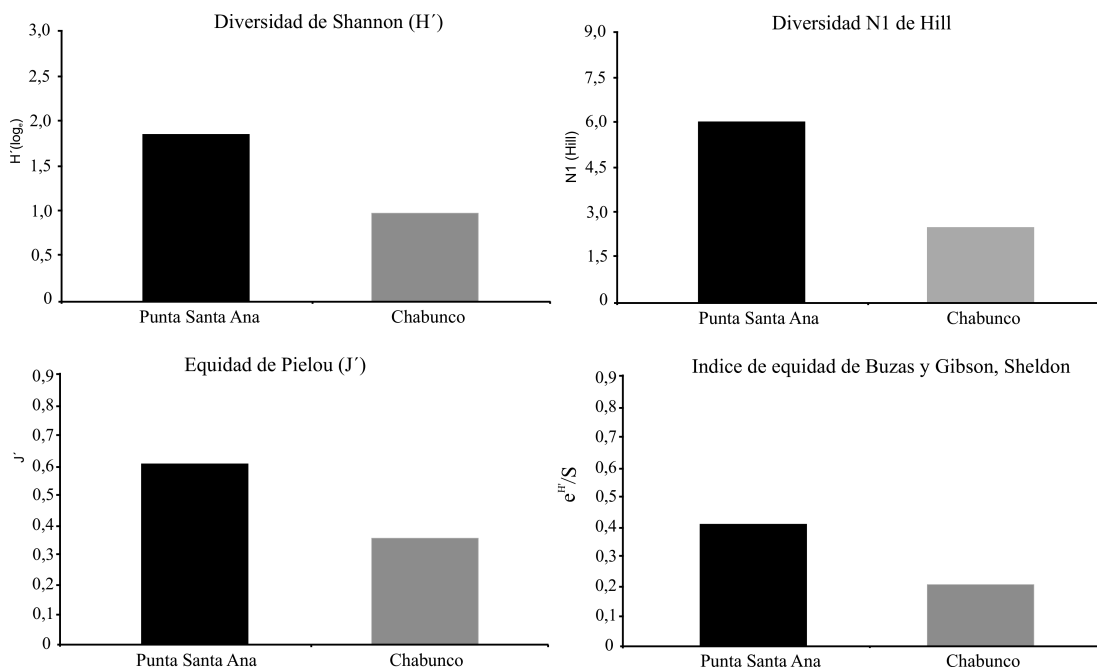


Figura 3. Índices de diversidad registradas en Chabunco y Punta Santa Ana, Estrecho de Magallanes.

Figure 3. Diversity indices registered in Chabunco and Santa Ana Point, Strait of Magellan.

Los valores de diversidad de Shannon (H') variaron entre 1,1 (Chabunco) y 1,8 (Punta Santa Ana). El índice de N1 para Punta Santa Ana arrojó que 6 especies presentaron abundancias equitativas (*M. edulis platensis*, *P. purpuratus*, *A. atra*, *N. deaurata*, *F. picta*, *P. aurata*), contribuyendo de manera efectiva a la diversidad de moluscos para ese sitio, mientras que para playa Chabunco solamente 3 especies son equitativamente abundantes (*M. edulis platensis*, *N. deaurata*, *P. plumbea*; Fig. 3). En relación al índice de equidad de Pielou, Punta Santa Ana presentó un valor de ($J'=0,6$), indicando que el ensamble presenta abundancias equitativas, mientras que Chabunco presentó un valor más bajo ($J'=0,3$). Contrariamente, el índice de equidad de Buzas y Gibson-Sheldon (1969), arrojó que ambos sitios presentan un valor bajo de equidad menor a 0,5 (Figura 3). La prueba de Hutcheson arrojó que el índice de diversidad obtenido con el índice de Shannon presente en Punta Santa Ana fue significativamente mayor al de Chabunco ($p < 0,05$).

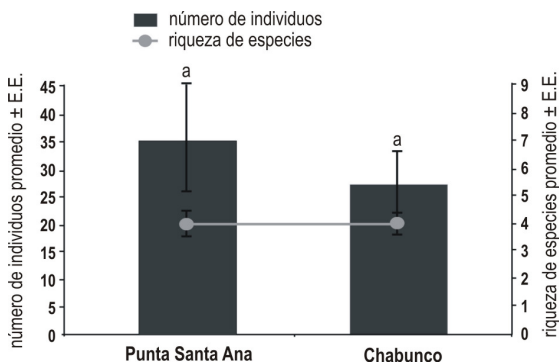


Figura 4. Riqueza y abundancia promedio en ambos sitios de estudio. La letra "a" indica la ausencia de diferencias significativas entre los sitios, de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney.

Figure 4. Average richness and abundance in both study sites. The letter "a" indicates no significant differences between sites, according to the Mann-Whitney U test.

Los parámetros de abundancia y riqueza promedio no mostraron diferencias significativas entre los sitios evaluados ($p > 0,05$) (Fig. 4). Sin embargo, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en la abundancia y riqueza promedio entre Punta Santa Ana y Chabunco, el análisis de PERMANOVA, arrojó diferencias

significativas en la composición faunística entre el ensamble de Punta Santa y Chabunco ($F=8,2949$; $p=0,0001$; Tabla. 2).

Tabla. 2. Análisis PERMANOVA comparando los ensambles de moluscos entre ambos sitios.

Table 2. PERMANOVA analysis comparing molluscan assemblages between the two sites.

	Grados de libertad	F	P(perm)
Gr	1	8,2949	0,0001
Residual	58		
Total	59		

Discusión

La cantidad de especies de moluscos registrados en este trabajo representa un valor por debajo del promedio de aquellas reportadas en otros trabajos realizados en los últimos 23 años en ambientes intermareales de la Región de Magallanes (Tabla 3). Al respecto, el trabajo que presenta el mayor número de especies (Ojeda, 2013), registró un total de 34 especies de moluscos, en donde se presenta una caracterización detallada de un ensamble de macro y micro-moluscos en un intermareal rocoso de bahía Róballo en el canal Beagle, siendo el primer estudio que evaluó estacionalmente un ensamble de moluscos intermareales en la zona de canales Subantárticos del sur de Chile.

El presente estudio se aproxima más en cantidad de especies al trabajo realizado por (Rios & Mutschke, 1999), estudio que caracterizó una comunidad intermareal de bloques y cantos en el Canal Whiteside. Siguiendo en el Estrecho de Magallanes, Mutschke *et al.*, (1998) reportaron 26 especies de moluscos en un intermareal de bloques y cantos en bahía Laredo, sitio que se encuentra muy próximo a playa Chabunco. Sin embargo, cabe destacar que en los últimos 23 años el número de trabajos sobre caracterización de ensambles de moluscos intermareales sigue siendo escaso, encontrando solamente dos trabajos para el estrecho de Magallanes, un trabajo en Canal Whiteside y un trabajo en Isla Navarino. Por lo tanto, este trabajo contribuye a la primera descripción más detallada y cuantitativa sobre la malacofauna intermareal de playa Chabunco y Punta Santa Ana.

Tabla 3. Moluscos registrados en trabajos desde el año 1990 en la Región de Magallanes, tomando en cuenta estudios donde fueron recolectadas solo muestras intermareales. El asterisco indica el estudio que consideró tanto macro como micro-moluscos.

Table 3. Mollusks recorded in papers since 1990 in the Region of Magallanes, taking into account studies that were collected only intertidal samples. The asterisk indicates that the study considered both macro and micro-mollusks.

Fuente	Latitud y profundidad	Sitio	Especies
Mutschke <i>et al.</i> (1998)	52°30'S 70°51'O; 0m	Bahía Laredo	26
Ríos & Mutschke (1999)	53°52'S 70°08'O; 0m	Canal Whiteside	17
Aldea & Rosenfeld (2011)	52°28'S 69°33'O; 0m	Buque Quemado	12
Ojeda (2013)*	54°55'S 67°39'O; 0m	Bahía Róbal, Isla Navarino	34
Promedio ± D.E.			22±8
Este estudio			19

La especie que obtuvo la mayor abundancia en los dos sitios de estudio fue el bivalvo *Mytilus edulis platensis*. Este resultado ya había sido descrito anteriormente por Langley *et al.* (1980) para la zona costera del Estrecho de Magallanes, ya que este autor menciona que la Región de Magallanes y la zona de fiordos y canales, presenta una gran variedad de ambientes costeros y, en general las playas se caracterizan geomorfológicamente por la presencia de una cara anterior y una amplia terraza de bajamar, en las que esta especie ocupa prácticamente todo el rango de extensión de bajamar. De las especies de moluscos encontrados en los diferentes sitios, la clase que presentó la mayor riqueza de especies fue Gastropoda, donde se encontraron 11 especies distintas. Linse (1999) reportó un total de 250 especies de gasterópodos para Magallanes, considerando tanto especies presentes en ambientes intermareales como de aguas profundas, siendo esta región subantártica una región con una alta diversidad de gasterópodos. De las 11 especies de gasterópodos encontrados, tres pertenecen al género *Nacella* Schumacher, 1817. En Magallanes, especies del género *Nacella* representan uno de los grupos dominantes de macro-invertebrados marinos bentónicos, especialmente en playas de bolones y terrazas marinas a lo largo del Estrecho de Magallanes, canales y fiordos subantárticos (Guzmán, 1978; Ríos *et al.*, 2003; Bazterrica *et al.*, 2007).

Diversidad de moluscos

La diversidad de especies podría estar directamente relacionada con la heterogeneidad de hábitats presentes en la Región de Magallanes (*e.g.* Gray, 2001). Bajo condiciones constantes se espera

que la diversidad específica aumente en zonas con heterogeneidad de hábitats. Condiciones ambientales particulares, tales como la geomorfología de la zona con sus distintos sustratos, paredes, depresiones, morrenas y aporte de agua dulce desde glaciares, pueden originar claras diferencias estructurales en las comunidades, incluso a cortas distancias (Benedetti-Cecchi & Cinelli 1997; Gutt *et al.*, 1999, Gutt *et al.*, 2003). En el presente estudio, los valores obtenidos de diversidad (entre 1,1 y 1,8) son comparables a los valores obtenidos por Mutschke *et al.* (1999; entre 0,8 y 1,6) en la zona intermareal del Canal Whiteside en el Estrecho de Magallanes. Dicha investigación, al igual que este estudio, presentó un valor de diversidad similar en una playa con características similares en el tipo de sustrato. Sin embargo, en el sitio de Punta Santa Ana la diversidad de moluscos se diferenció significativamente de la diversidad de playa Chabunco ($p < 0,05$) y esta playa se caracterizó por presentar un intermareal de terrazas marinas. Este resultado es contrastante con los resultados obtenidos por Ojeda (2013), ya que este autor registró la mayor diversidad de moluscos en un sector que presentaba un sustrato de bolones grandes y medios; este tipo de sustrato se caracteriza por ser de naturaleza móvil y tridimensional, provocando perturbaciones. En este sentido, la diversidad debería ser mayor cuando los niveles de disturbio en el espacio y el tiempo son intermedios en intensidad (Connell & Keough, 1985). No obstante, hay que considerar que el presente estudio, a diferencia del de Ojeda (2013), no presenta un factor temporal y solamente considera macro-moluscos. Por lo tanto, la diferencia de riqueza entre los dos sitios podría estar dada principalmente por el tipo de “escala”

que se utilizó, porque hay que considerar que los hábitats de bolones también se caracterizan por la presencia de micro-moluscos, y que estos pueden aumentar su abundancia bajo los bolones rocosos, que sobre la cobertura de estos (Waller, 2008; Rosenfeld & Aldea 2011; Ojeda, 2013).

A pesar de que entre los sitios no se observaron diferencias significativas en la riqueza y abundancia promedio ($p > 0,05$), sí se evidenciaron diferencias significativas en la composición de los dos ensambles ($p < 0,05$). Dichas diferencias espaciales en la composición de los ensambles podrían estar dada principalmente por la heterogeneidad espacial que presentan los hábitats intermareales de la zona de canales y fiordos de Magallanes. Probablemente esta heterogeneidad de hábitats a micro-escala (e.g., tipos de sustrato, cuerpos de agua dulce, geomorfología) estaría cumpliendo un papel fundamental en la generación de cambios espaciales sobre la estructura de ensambles de moluscos intermareales (Ojeda, 2013).

Los índices de uniformidad no presentaron los mismos resultados, ya que el índice de Pielou arrojó que Punta Santa presentaba una alta uniformidad ($J' = 0,6$), mientras que el índice de Buzas & Gibson-Sheldon mostró que la uniformidad era baja (0,4). Esta diferencia puede estar dada principalmente porque el índice de Pielou (J') es una subestimación del número de categorías en la población de la que la muestra proviene, ya que algunas categorías (especialmente las más raras) probablemente se pierdan; por lo tanto, la uniformidad de la muestra es típicamente un sobreestimación de la uniformidad de la población (Zar, 1996). En este contexto, para este estudio, en donde los ensambles de moluscos evaluados presentaron un $S > 12$ especies, la interpretación de la uniformidad entregada por el índice de Pielou puede no ser la más correcta.

Finalmente, se debe continuar el esfuerzo en profundizar los estudios taxonómicos y descriptivos de estas localidades y de estudios sobre la ecología de los moluscos marinos Magallánicos, con el fin de poder ir evaluando e identificando los cambios en estas comunidades, ya sea por efectos de cambios globales o por efectos antrópicos (e.g. salmonicultura, extracción minera o actividades urbanas).

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Andrés Mansilla (Laboratorio de Macroalgas Antárticas y Subantárticas de la

Universidad de Magallanes e Instituto de Ecología y Biodiversidad) y al MSc Jaime Ojeda (Laboratorio de Macroalgas Antárticas y Subantárticas de la Universidad de Magallanes) por sus valiosos comentarios en la realización del manuscrito. Asimismo, se agradece a los revisores anónimos del trabajo por sus sugerencias y correcciones. S. Rosenfeld agradece al Programa de Magister en Ciencias con Mención en Manejo y Conservación de Recursos Subantárticos de la Universidad de Magallanes y a la beca de Magister del Proyecto ICM, código P05-002 otorgada por el Instituto de Ecología y Biodiversidad.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, M.A. & S.A. Navarrete. 2007. Effects of *Chiton granosus* (Frembly, 1827) and other molluscan grazers on algal succession in wave exposed mid-intertidal rocky shores of central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 349: 84-98.
- Aldea, C. & S. Rosenfeld. 2011. Moluscos intermareales de la Playa Buque Quemado (Estrecho de Magallanes, Chile). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46(2): 115-124.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32-46.
- Anderson, M.J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. 24 pp. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Aranzamendi, M.C., C.N. Gardenal, J. P. Martin & R. Bastida. 2009. Limpets of the genus *Nacella* (Patellogastropoda) from the Southwestern Atlantic: species identification based on molecular data. *Journal of Molluscan Studies* 75: 241-251.
- Aravena, J.C. & B.H. Luckman. 2009. Spatio-temporal rainfall patterns in Southern South America. *International Journal of Climatology* 29: 2106-2120.
- Bazterrica, M.C., B.R. Silliman, F.J. Hidalgo, C.M. Crain & M.D. Bertness. 2007. Limpet grazing on a physically stressful Patagonian rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 353:22-34.
- Benedetti-Cecchi, L. & F. Cinelli. 1997. Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of

- Magellan: are patterns general? *Polar Biology* 18: 337-343.
- Bouchet, P. (2006). The Magnitude of Marine Biodiversity. Chapter 2. En Duarte, C.M. (ed.). *The Exploration of Marine Biodiversity: scientific and technological challenges*. Bilbao: Fundación BBVA. (<http://www.marinebarcoding.org/userfiles/File/bouchetmagnitude.pdf>)
- Brêthes, J.C., G. Ferreyra & S. de la Vega. 1994. Distribution, growth and reproduction of the limpet *Nacella (Patinigera) concinna* (strebel 1908) in relation to potential food availability in Esperanza Bay (Antarctic Peninsula). *Polar Biology* 14: 161-170.
- Brey, T. & A. Clarke. 1993. Population dynamics of marine benthic invertebrates in antarctic and subantarctic environments: are there unique adaptations?. *Antarctic Science* 5(3): 253-266.
- Buzas, M. & T. Gibson. 1969. Species Diversity: Benthonic Foraminifera in Western North Atlantic. *Science* 163: 72-75.
- Camus, P.A. 2001. Biogeografía marina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74: 587-617.
- Castilla, J.C. & O. Defeo. 2001. Latin American benthic shellfisheries: emphasis on co-management and experimental practices. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 11: 1-30.
- Chapman, A.D. 2009. Numbers of Living Species in Australia and the World. 2nd edition. Report for the Australian Biological Resources Study. Australian Government. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. 80 pp.
- Clarke, A. 1988. Seasonality in the Antarctic marine environment. *Comparative Biochemistry and Physiology* 90b: 461-473.
- Connell, J.H. & M.J. Keough. 1985. Disturbance and patch dynamics of subtidal marine animals on hard substrata. En: Pickett STA & PS White (eds) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*, pp. 125-151. Academic Press, San Diego.
- Dayton, P.K. 1985. The structure and regulation of some south American Kelp Communities. *Ecological monographs* 55: 447-468.
- Foster, M.S. 1990. Organization of macroalgal assemblages in the Northeast Pacific: the assumption of homogeneity and the illusion of generality. *Hydrobiologia* 192: 21-33.
- González-Wevar, C., T. Nakano, J. I. Cañete and E. Poulin. 2011. Concerted genetic, morphological and ecological diversification in *Nacella* limpets in the Magellanic Province. *Molecular Ecology* 20: 1936-1951.
- Gray, J.S. 2001. Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined. *Scientia Marina* 65: 41-56.
- Gutt, J.E., W. Arntz., E. Balguerías., A. Brandt., D. Gerdes., M. Gorny & B. Sirenko. 2003. Diverse approaches to questions of biodiversity: German contributions to studies of marine benthos around South America and Antarctica. *Gayana* 67(2): 177-189.
- Gutt, J. 2001. On the direct impact of ice on benthic communities: a review. *Polar Biology* 24: 553-564.
- Gutt, J.E., W. Helsen, W. Arntz & A. Buschmann. 1999. Biodiversity and community structure of the mega-epibenthos in the Magellan region (South America). *Scientia Marina* 63(1): 155-170.
- Guzmán, L. 1978. Patrón de distribución espacial y densidad de *Nacella magellanica* (Gmelin, 1971) en el intermareal del sector oriental del Estrecho de Magallanes (Mollusca, Gastropoda). *Anales Instituto de la Patagonia* 9:205-219.
- Hulton, N.R.J., R.S. Purves, R.D. Mcculloch, D.E. Sugden & M.J. Bentley. 2002. The Last Glacial Maximum and deglaciation in southern South America. *Quaternary Science Reviews* 21: 233-241.
- Kelaker, B.P., J.C. Castilla, L. Prado, P. York, E. Schwindt & A. Bortolus. 2007. Spatial variation in molluscan assemblages from coralline turfs of Argentinean Patagonia. *Journal of Molluscan Studies* 73: 139-146.
- Langley, S., L. Guzmán & C. Ríos. 1980. Aspectos dinámicos de *Mytilus chilensis* (Hupe, 1840) en el Estrecho de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia Serie Ciencias Naturales* 11: 319-332.
- Linse, K. 1999. Mollusca of the Magellan region. A checklist of the species and their distribution. *Scientia Marina* 63(1): 399-407.
- Lovell, L.L & K.D. Trego. 2003. The epibenthic megafaunal and benthic infaunal invertebrates of port foster, Deception Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Deep-Sea Research* ii 50: 1799-1819.
- McLean, J. H. 1984. Systematics of *Fissurella* in the Peruvian and Magellanic faunal provinces (Gastropoda: Prosobranchia). *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County* 354: 1-70.

- Moreira, J., A. Laurido & J.S. Troncoso. 2010. Temporal dynamics of the benthic assemblage in the muddy sediments of the Harbour of Baiona (Galicia, NW Iberian Peninsula). *Thalassas* 26(2): 9-22.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol 1: 1-84. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Mühlenhardt-Siegel, U. 1988. Some results on quantitative investigations on macrozoobenthos in the Scotia Arc (Antarctica). *Polar Biology* 8: 241-248.
- Mühlenhardt-Siegel, U. 1989. Quantitative investigations of Antarctic zoobenthos communities in winter (may/june) 1986 with special reference to the sediment structure. *Archiv Für Fischereiwissenschaft* 39: 123-141.
- Mutschke, E., C. Ríos & A. Montiel. 1998. Situación actual de la macrofauna presente en el intermareal de bloques y cantos de Bahía Laredo, Estrecho de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 26: 5-29.
- Ojeda, J. 2013. Dinámica estacional de macroalgas y moluscos intermareales y su relación con el conocimiento tradicional ecológico yagán, en canales subantárticos del Cabo de Hornos: una aproximación biocultural desde la filosofía ambiental de campo. Tesis de post-grado, Facultad de Ciencias, programa de Magister en ciencias Universidad de Magallanes Departamento de Ciencias y Recursos Naturales, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile, 145pp.
- Pastorino, G. 2005. A revision of the genus *Trophon* Monfort, 1810 (Gastropoda: Muricidae) from southern South America. *The Nautilus* 119(2):55-82.
- Peck, L.S., S. Brockington, S. Vanhove & M. Beghyn. 1999. Community recovery following catastrophic iceberg impacts in a soft-sediment shallow-water site at Signy Island, Antarctica. *Marine Ecology Progress Series* 186: 1-8.
- Piepenburg, D., M.K. Schmid & D. Gerdes. 2002. The benthos off King George Island (South Shetland Islands, Antarctica): further evidence for a lack of latitudinal biomass cline in the Southern Ocean. *Polar Biology* 25: 146-158.
- Pisano, E.V. 1980. Distribución y características de la vegetación del archipiélago del Cabo de Hornos. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* vol.11: 192-220
- Rau, J.R. 2002. Biodiversidad y su cuantificación (Book Review). *Conservation Biology* 16:1666-1668.
- Reid, D.G & C. Osorio. 2000. The shallow-water marine Mollusca of the Estero Elefantes and Laguna San Rafael, southern Chile. *Bulletin of the Natural History Museum of London Zoology* 66(2): 109-146.
- Ríos, C & E. Mutschke. 1999. Community structure of intertidal boulder-cobble fields in the Straits of Magellan, Chile. *Scientia Marina* 63(Supl. 1): 193-201.
- Ríos, C., E. Mutschke & E. Morrison. 2003. Biodiversidad bentónica sublitoral en el estrecho de Magallanes, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 38(1): 1-12.
- Ríos, C., W.E. Arntz, D. Gerdes, E. Mutschke & A. Montiel. 2007. Spatial and temporal variability of the benthic assemblages associated to the holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* in the Straits of Magellan, Chile. *Polar Biology* 31: 89-100.
- Rosenfeld, S & C. Aldea. 2011. An unknown Opisthobranch (Mollusca: Gastropoda) in the Magellan region (*Toledonia parelata* Dell, 1990): New records and similar species. *Anales del Instituto de la Patagonia Serie Ciencias Naturales* 39: 133-136.
- Rosenfeld, S., C. Aldea, J. Marambio, J. Ojeda, M. Ávila & A. Mansilla. 2013. Moluscos. En: Mansilla, A. (ed.) Catálogo de macroalgas y moluscos asociados a praderas de *Gigartina skottsbergii* de la región de Magallanes. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile 44 pp.
- Rueda, J.L & C. Salas. 2003. Seasonal variation of a molluscan assemblage living in a *Caulerpa prolifera* meadow within the inner Bay of Cádiz (SW Spain). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 57: 909-918.
- Rueda, J.L & C. Salas. 2008. Molluscs associated with a subtidal *Zostera marina* L. bed in southern Spain: linking seasonal changes of fauna and environmental variables. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 79: 157-167.
- Sáiz-Salinas, J.I., A. Ramos, J.F. García, J.S. Troncoso, G. San Martín & C. Palacin. 1997. Quantitative analyses of macrobenthic soft-bottom assemblages in South Shetland waters (Antarctica). *Polar Biology* 17: 393-400.
- Sánchez-Moyano, J.E., F.J. Estacio, E.M. García-Adiego & J.C. García-Gómez. 2000. The molluscan epifauna of the alga *Halopteris*

- scoparia* in southern Spain as a bioindicator of coastal environmental conditions. *Journal of Molluscan Studies* 66: 431-448.
- Schwabe, E., G. Försterra, V. Häusserman, R. R. Melzer & M. Schrödl. 2006. Chitons (Mollusca: Polyplacophora) from the southern Chilean Comau Fjord, with reinstatement of *Tonicia calbucensis* Plate, 1897. *Zootaxa* 1341: 1-27.
- Sharpe, A.K. & M.J. Keough. 1998. An investigation of the indirect effects of intertidal collection. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 223(1): 19-38.
- Sheldon, A. 1969. Equitability Indices: Dependence on the Species Count. *Ecology* 50(3): 466-467.
- Silva, N. & C. Calvete. 2002. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre el golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes (Crucero CIMAR-FIORDOS 2). *Ciencia y tecnología del mar*. 25: 23-88.
- Sirenko, B. 2006. Report on the present state of our knowledge with regard to the chitons (Mollusca: Polyplacophora) of the Magellan Strait and Falkland Islands. *Venus* 65(1-2): 81-89.
- Skowronski, R.S.P. & T.N. Corbisier. 2002. Meiofauna distribution in Martel Inlet, King George Island (Antarctica): sediment features versus food availability. *Polar Biology* 25(2): 126-134.
- Valdenegro, C. & N. Silva. 2003. Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos (cimar 3 fiordos). *Ciencia y Tecnología del Mar* 26(2): 19-60.
- Valdovinos, C., S. A. Navarrete & P.A. Marquet. 2003. Mollusk species diversity in the Southeastern Pacific: why are there more species towards the pole? *Ecography* 26: 139-144.
- Waller, C. L. 2008. Variability in intertidal communities along a latitudinal gradient in the Southern Ocean. *Polar Biology*: DOI 10.1007/s00300-008-0419-y.
- Willis, T.J. & M.J. Anderson. 2003. Structure of cryptic reef fish assemblages: relationships with habitat characteristics and predator density. *Marine Ecology Progress Series* 257: 209-221.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Tercera edición. Prentice Hall. New Jersey. 988pp.
- Zelaya, D. 2004. The genus *Margarella* Thiele, 1893 (Gastropoda: Trochidae) in the southwestern Atlantic ocean. *The Nautilus* 118(3): 112-120.

Recibido: 6 de enero de 2014.
Aceptado: 1 de marzo de 2014.