



# Universidad Austral de Chile

---

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología Marina

Profesor Patrocinante:

Dr. Eduardo Jaramillo L.

Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas

Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile

## ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LA MACROFAUNA EN PLAYAS CON DEFENSAS COSTERAS ARTIFICIALES

Tesis de Grado presentada como parte  
de los requisitos para optar al Título  
Profesional de *Biólogo Marino*.

Juan Pablo Echeverría Vidal

Valdivia – Chile

2014

# **Dedicatoria**

Quisiera dedicar este estudio a mi familia y a cada persona particular y profesional que contribuyó en la realización de esta Tesis.

# Agradecimientos

Las primeras personas a las que quisiera agradecer corresponden Carlos, Iris y Matias, mis padres y hermano, ya que han sido de enorme ayuda intelectual y emocional en momentos difíciles tanto académicos como personales. Siempre he podido contar con su apoyo, cariño y comprensión en cada momento y lugar de forma incondicional.

Un enorme agradecimiento al Dr. Eduardo Jaramillo, por su tiempo, paciencia y dedicación que ha tenido para conmigo en términos académicos y personales. Agradecer su entrega del conocimiento científico y confianza. Junto al Dr. Jaramillo, agradecer a personas del mismo Instituto que aún trabajan ahí: Marcia González por sus consejos y apoyo.

Agradecer a muchas personas que colaboraron de forma física y emocional la realización de esta Tesis, en especial a las señoras Rosario Ulbrich y Elisa Contreras.

# Índice General

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Summary.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivo general.....	7
1.2 Objetivo específico.....	7
<b>2. Materiales y métodos.....</b>	<b>8</b>
2.1 Área de estudio.....	8
2.2 Metodología de muestreo.....	8
2.3 Análisis de los datos.....	9
<b>3. Resultados.....</b>	<b>11</b>
3.1 Periodo 2011-2012.....	11
3.1.1 Ancho intermareal.....	11
3.1.2 Tamaño medio de la partícula de arena.....	11
3.1.3 Pendiente de la playa.....	12
3.1.4 <i>Orchestoidea tuberculata</i> .....	13
3.1.5 <i>Excirolana hirsuticauda</i> .....	14
3.1.6 <i>Emerita analoga</i> .....	15
3.2 Periodos 1992-1993 y 1997-1999.....	16
3.2.1 Ancho intermareal.....	16
3.2.2 Tamaño medio de la partícula de arena.....	17
3.2.3 Pendiente de la playa.....	17
3.2.4 <i>Excirolana hirsuticauda</i> .....	18
3.2.5 <i>Emerita analoga</i> .....	19
<b>4. Discusión.....</b>	<b>21</b>
<b>5. Conclusión.....</b>	<b>25</b>
<b>6. Literatura citada.....</b>	<b>26</b>

# Índice de Figuras

- Figura 1. Localización geográfica de la playa arenosa de Los Molinos, suroeste de Valdivia, centro sur de Chile. Los puntos rojos señalan la ubicación aproximada de los sitios muestreados. a) sector con muralla y b) sector sin muralla.....32
- Figura 2. Variabilidad temporal del a) ancho intermareal, b) tamaño medio de arena y c) pendiente durante el periodo 2011-2012 para los sectores con y sin muralla en la playa los Molinos. Valores promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .....33
- Figura 3. Variabilidad temporal del anfípodo *Orchestoidea tuberculata* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .....34
- Figura 4. Variabilidad temporal de la abundancia del isópodo *Excireolana hirsuticauda* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .....35

Figura 5. Variabilidad temporal de la abundancia del decápodo anomuro *Emerita analoga* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=p<0,05.....36

Figura 6. Variabilidad temporal del a) ancho intermareal, b) tamaño medio de arena y c) pendiente durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 para los sectores con y sin muralla en la playa los Molinos. Datos tomados de Jaramillo *et al.* (2002).....37

Figura 7. Variabilidad temporal de la abundancia del isópodo *Excirolana hirsuticauda* durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Datos tomados de Jaramillo *et al.* (2002).....38

Figura 8. Variabilidad temporal de la abundancia del decápodo anomuro *Emerita analoga* durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Datos tomados de Jaramillo *et al.* (2002).....39

# Índice de Tablas

Tabla 1. Valores de abundancia (individuos m<sup>-2</sup>) y resultados del análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) para los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos para el periodo 2011-2012. Los valores están expresados como promedios ( $\pm$  1 desviación estándar). Valores de “p” y H respectivo para cada especie.....40

Tabla 2. Valores promedios ( $\pm$  1 desviación estándar) de la pendiente, tamaño medio de la partícula de arena y ancho intermareal en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos durante el periodo 2011-2012. Valores de “p” y F de la ANDEVA para los factores pendiente y tamaño medio de arena. Valores de “p” y H resultan del análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para el ancho intermareal.....41

# Resumen

Desde hace muchos años las defensas costeras artificiales han sido la solución para minimizar la erosión costera como producto de frentes de mal tiempo y el retroceso de la línea costera. A pesar de los cambios que se han implementado en el borde costero nacional e internacional, no hay mucha información sobre los reales efectos que estas estructuras pueden provocar después de un tiempo de instalación. Entre 1997-1998 se implementó una muralla de concreto en el sector norte y centro de la playa Los Molinos, centro sur de Chile. Un estudio realizado durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 concluyó que dicha muralla no presentaba efectos significativos sobre las características biológicas y físicas de la playa. Debido a esto, en el periodo 2011-2012 se realizaron muestreos de macrofauna y características físicas para comprobar la hipótesis que el efecto de la muralla de concreto sobre la diversidad y la abundancia de la macrofauna de la playa arenosa de Los Molinos difiere acorde la edad de instalación de la muralla. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la muralla presenta efectos significativos sobre la abundancia de la macrofauna, y sobre parámetros físicos como el ancho del intermareal y el tamaño medio del grano de arena. Esta información puede ser utilizada para la planificación de estas estructuras a modo de mejorar los estudios previos a la instalación para evitar alterar la estructura comunitaria o algún parámetro físico de la playa.



## Summary

For many years the artificial coastal defenses has been the solution to minimize coastal erosion as a result of bad weather and retreat of the shoreline. Despite the changes that have been implemented at the national and international coastal border, little is known about the real impact that these structures can cause after some time the installation. Among 1997-1998 a wall of concrete on northern and central sector of Los Molinos beach (Central-Southern area of Chile) was built. A study conducted during the periods 1992-1993 and 1997-1999 concluded that the wall did not show significant effects on the biological and physical characteristics of the beach. Because of this, in the period 2011-2012 sampling macrofauna and physical characteristics were performed to test the hypothesis that the effect of the concrete wall on the diversity and abundance of the macrofauna of the sandy beach of Los Molinos differs according at the time of the installation of the wall. The results obtained in this study show that the wall presented a significant effect on the abundance of macrofauna, and physical parameters such as the width of the intertidal and the average grain size of sand. This information can be used to improve planning in installation of these structures and avoid altering the community structure or a physical parameter of the beach.

# 1. Introducción

Las playas de arenas oceánicas son ambientes costeros muy dinámicos (McLachlan and Brown, 2010). Las playas micromareales (rango mareal inferior a 2 m) (Bascom, 1980) pueden ser clasificadas en tres categorías: playas disipativas, reflectivas e intermedias (Short, 1979; Wright and Short, 1984, Wright *et al.*, 1985, Short, 1996). Esta clasificación está basada en la interacción entre el tamaño del grano de arena y las características de la ola, lo que se integra en el parámetro  $\Omega$  o parámetro de Dean (Short, 1996, 2006).

Las playas disipativas están caracterizadas por la presencia de granos de arena fina ( $<300 \mu\text{m}$ ) (Short, 1979; Short and Wright, 1983), olas de gran energía, largos periodos de ondas, amplia zona de rompiente y oleaje persistente donde la energía de la ola se disipa paulatinamente a medida que se aproxima a la cara de la playa. Estas playas presentan entre 2 a 5 barreras de arena tenues y paralelas que pueden extenderse por varios cientos de metros hacia el mar (Short, 1996). Las playas reflectivas tienen en general arena gruesa ( $>500 \mu\text{m}$ ) (Short, 1979; Wright & Short, 1984), baja energía en el oleaje y cortos periodos de ondas. La cara de la playa refleja toda la energía de la ola, donde el material grueso se acumula en la base de la zona de resaca en torno al nivel de la marea baja (Short, 1996). Las playas intermedias corresponden a una transición entre las playas disipativas y reflectivas (Short, 1979), presentan una variación de altura de ola que va desde moderado a alto (1-2,5 m), arena fina a media y periodos de onda intermedios (Short, 1996). La cara de estas playas se caracterizan por presentar variaciones entre valles y cúspides, en conjunto con barras y corrientes de resaca en la cara subacuática (Short, 1979, Short and Wright, 1983).

Los distintos tipos morfodinámicos de playas arenosas constituyen el hábitat para muchos organismos pertenecientes a la macrofauna (individuos retenidos en una malla de 1000  $\mu\text{m}$  de abertura de trama). Estudios previos han demostrado que la riqueza de especies aumenta linealmente desde playas reflectivas a disipativas, mientras que la abundancia y biomasa aumenta de forma exponencial a lo largo de este gradiente morfodinámico (McLachlan and Jaramillo, 1995; McLachlan and Dorvlo, 2005). Dentro de los organismos que mayormente se han adaptado a estos tipos de hábitat se destacan anfípodos talítridos, isópodos cirolánidos y decápodos anomuros, los cuales caracterizan los niveles superior, medio e inferior del intermareal de playas arenosas del centro-sur de Chile, respectivamente (Jaramillo *et al.*, 1993; Jaramillo, 1994; Jaramillo *et al.*, 1996).

Estudios llevados a cabo en el litoral chileno (Brazeiros *et al.*, 1998, Jaramillo *et al.*, 1998, 2001) mostraron que en el nivel superior del intermareal predomina el anfípodo talítrido *Orchestoidea tuberculata* (Nicolet, 1849), en la zona media los isópodos *Excirolana braziliensis* (Richardson, 1912) y *Excirolana hirsuticauda* (Menzies, 1962) y en la zona inferior el decápodo anomura *Emerita analoga* (Stimpson, 1857).

El cambio climático mundial que desde hace muchos años ha estado presente en la conciencia del ser humano ha ido en aumento en los últimos años producto de las considerables consecuencias que pueden tener sobre el medio ambiente y en especial sobre la población que reside en el borde costero. El incremento del desarrollo urbano en el borde costero en conjunto a los cambios climáticos reflejados en el aumento promedio del nivel del mar a nivel mundial (a

una tasa de 1,8, (entre 1,3 y 2,3 mm anuales) entre 1961 y 2003, y de 3,1 (entre 2,4 y 3,8 mm anuales) entre 1993 y 2003.), (Pauchauri *et al.*, 2007), han potenciado el cuidado y preocupación por el resguardo y conservación de las zonas costeras, como playas arenosas y estuarios. Entre las diversas medidas que se han desarrollado para disminuir la erosión costera, destacan las defensas costeras artificiales como murallas de protección litoral fabricadas de hormigón con inclinaciones variables y revestimientos rocosos y de hormigón (Nordstrom, 2004; Charlier *et al.*, 2005). La instalación de dichas estructuras se extiende de forma paralela a la costa, protegiéndola de la acción directa del oleaje sobre el borde continental.

Si bien estas estructuras permiten disminuir la acción erosiva de las olas sobre el continente y contribuyen al desarrollo urbano cerca del borde costero, se han puesto en evidencia otros efectos negativos sobre el mismo. Esto debido a que las olas interactúan directamente con la base de la muralla, provocando así que la energía de las olas no se disipe de forma gradual como ocurriría en playas sin murallas o revestimientos rocosos. Esto último resulta en una pérdida constante de los granos de arena en la base de la defensa artificial, efecto que se intensifica con los frentes de mal tiempo, provocando que el ancho de la playa disminuya con el paso de los años, afectando principalmente el hábitat de los distintos macroorganismos que habitan en la costa (Hall and Pilkey, 1991; Fletcher *et al.*, 1997). A pesar del uso considerable de defensas costeras alrededor del mundo hay pocos estudios (Dugan *et al.*, 2012; Jaramillo, 2012; Jaramillo *et al.*, 2012) que analicen los efectos de estas estructuras sobre los organismos de intermareal, algunos de ellos, importantes agentes en la mantención de la playa libre de fuentes de materia orgánica como restos de grandes acumulaciones de algas varadas producto de las mareas.

La playa de Los Molinos es uno de los sitios con defensas costeras en la costa Valdiviana (ca. 40°S). A mediados de febrero de 1997 se comenzó a construir en esta playa una muralla de concreto de aproximadamente 580 m de longitud, la que actualmente se extiende por gran parte de la playa estando ausente en el extremo sur de la misma. Jaramillo *et al.*, (2002) estudiaron la respuesta de la playa y la macrofauna a la presencia de esa muralla en ambos costados de la playa, no encontrándose diferencias significativas entre los mismos, lo que permitió concluir que tal estructura no producía efecto sobre la playa, tanto en los aspectos físicos como biológicos (macrofauna). Sin embargo, observaciones de terreno realizadas con posterioridad al año 2000 sugirieron efectos negativos de la muralla sobre la presencia y abundancia de la macrofauna. En base a eso, es de esperar que la muralla de concreto de la playa de Los Molinos produce efectos negativos a escala decadal sobre la estructura comunitaria de la macrofauna y los parámetros físicos correspondientes.

## **1.1. Objetivo General**

Evaluar eventuales diferencias temporales en los efectos de una muralla de concreto sobre la estructura de la macrofauna de una playa arenosa del sur de Chile.

## **1.2. Objetivos específicos**

- I) Analizar datos de macrofauna bentónica en intermareal y sedimento en el sector con y sin muralla obtenidos durante los años 2011 y 2012.
- II) Comparar los resultados obtenidos durante el periodo 2011-2012 con los resultados obtenidos durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de Estudio

El presente estudio se realizó en la playa Los Molinos del centro sur de Chile ( $39^{\circ}26'S$ ,  $73^{\circ}13' W$ ) al suroeste de la ciudad de Valdivia, Región de los Ríos (Figura 1). Se seleccionaron dos sectores de la playa, el sector norte provisto con una defensa costera artificial (muralla de concreto) que interacciona directamente con las olas durante periodos de marea alta, y el sector sur, carente de muralla. El sector norte presenta características morfodinámicas de tipo disipativas, mientras que el sector sur es de tipo intermedio. Esta muralla está construida de hormigón armado y comenzó a construirse en febrero de 1997, finalizando en febrero de 1999. Su longitud aproximada es de 580 m con una altura máxima registrada de 2,7 m, durante mayo del 2011 (Jaramillo *et al.* 2002).

### 2.2. Metodología de Muestreo

Se realizaron muestreos estacionales de sedimento y macrofauna en ambas zonas seleccionadas de la playa (mayo-junio-septiembre del año 2011 y enero-mayo-agosto-noviembre del año 2012). Para cada sitio se utilizó el mismo método de muestreo, que consistió de tres transectos separados entre sí por 5 m y que se extienden a lo ancho del intermareal. Cada transecto fue dividido en 10 niveles separados por una distancia equidistante dependiendo del ancho de la zona muestreada. En cada nivel se obtuvo una muestra de arena por medio de un

testigo de fibra de vidrio de 20 cm de diámetro ( $0,03 \text{ m}^2$  de superficie) enterrado a 30 cm profundidad.

La muestra obtenida en cada nivel fue cernida en un tamiz con una abertura de malla de 1000 micrones para remover la totalidad o la mayor parte del sedimento y dejar únicamente los organismos de la macrofauna existentes. Dicha fauna fue conservada en bolsas plásticas con agua de mar- formalina al 10% para ser analizadas posteriormente en laboratorio.

Además de las muestras de macrofauna, se recolectaron muestras de sedimento en cada uno de los transectos por medio de un frasco plástico en el nivel inferior de la zona de saturación o marea baja. Estas muestras de sedimento se utilizaron para el análisis granulométrico por el método de velocidad de decantación de partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson and Hails, 1973) para calcular los estadígrafos tamaños medios de la partícula.

### **2.3. Análisis de datos**

Los datos obtenidos sobre la macrofauna existente fueron transformados a metros cuadrados para su posterior análisis. A fin de evaluar si existía diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los sitios de estudio en los parámetros físicos (ancho intermareal, pendiente y tamaño medio de arena) y biológicos (abundancia), se utilizó un análisis de varianza a una vía o ANOVA (cuando los datos presentaban una distribución normal) y un análisis no paramétrico o test de Kruskal-Wallis (cuando se trató de múltiples grupos independientes) cuando los datos no presentaron una distribución normal (a pesar de ser transformados a  $\ln$  y  $\log_{10}$ ). Los paquetes



estadísticos utilizados fueron SIGMAPLOT 11.0 y el STATISTIC 8.0. Metodología para datos obtenidos durante los años 2011 y 2012.

## **3. Resultados**

### **3.1. Periodo 2011-2012**

#### **3.1.1. Ancho intermareal**

El sector con muralla presentó una mínima longitud de intermareal de 36 m durante septiembre del año 2011, mientras que las máximas longitudes en éste sector se registraron durante los meses de mayo y agosto del año 2012, ambos con 50 m. Durante el periodo 2011-2012 se obtuvieron las mayores longitudes de intermareal en el sector sin muralla (Figura 2a), siendo mayo del año 2011 donde se midió la mayor distancia (74 m), seguido de mayo y agosto del año 2012, ambos con 60 m de ancho de intermareal. Por su parte, las menores distancias obtenidas para el mismo sector se encontraron durante los meses de enero y noviembre del año 2012 (ambos con 50 m). La comparación entre ambos sectores de la playa, para cada mes del periodo 2011-2012, demostró diferencias significativas para uno de los meses ( $p < 0,05$ ) (Figura 2a). Al analizar la totalidad de datos para ambos sitios por medio de un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) se evidenció diferencia significativa ( $p < 0,001$ ) entre ambos sectores para el ancho de intermareal durante el periodo 2011-2012 (Tabla 2).

#### **3.1.2. Tamaño medio de la partícula de arena**

El sector con presencia de muralla presentó, a lo largo de los meses muestreados, menores valores de tamaño medio de arena en comparación con el sector sin muralla. El mayor y menor tamaño de grano, para este sector, se registró en los meses de mayo y noviembre de 2012 (337 y

205  $\mu\text{m}$ , respectivamente) (Figura 2b). Durante el periodo de muestreo 2011-2012 el sector sin muralla presentó los mayores tamaños medios de arena, siendo el mayor y menor tamaño 475 y 328  $\mu\text{m}$  en los meses de noviembre y agosto del año 2012, respectivamente. De la totalidad de meses muestreados durante el periodo 2011-2012 (7 meses) cuatro meses presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ambos sectores, mayo y junio del año 2011 y enero y noviembre del año 2012 (Figura 2b). Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) de la totalidad de datos obtenidos durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla se evidenció diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) para este parámetro (Tabla 2).

### 3.1.3. Pendiente

El sector con muralla presentó durante gran parte de los meses muestreados, las mayores pendientes de la playa (*i.e.*,  $1/X$  menores), siendo el mayor valor de pendiente para este sector,  $1/28$  durante junio del año 2011, mientras que el menor valor se registro en los meses de septiembre del año 2011, enero y noviembre del año 2012, ambos con  $1/17$ . Durante los meses mayo, junio y septiembre de 2011, el sector sin de muralla presentó una menor inclinación o pendiente (*i.e.*,  $1/X$  mayores, 49, 52 y 41, respectivamente) en comparación con en el sitio con muralla donde la inclinación fue más prominente (Figura 2c). Durante del año 2012 las pendientes presentaron pequeñas fluctuaciones, manteniéndose en un rango de  $1/15$ - $1/19$  para el sitio sin muralla y  $1/17$ - $1/19$  para el sitio con muralla. Cuatro de los siete meses muestreados durante el periodo 2011-2012 presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos sectores (Figura 2c). Aun así, no se obtuvo diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre ambos sitios al

realizar un análisis de varianza (ANOVA) de la totalidad de datos obtenidos durante dicho periodo (Tabla 2).

#### **3.1.4. *Orchestoidea tuberculata***

La variación temporal de la abundancia (individuos  $m^{-2}$ ) del anfípodo *Orchestoidea tuberculata* muestra que en el sitio con muralla la abundancia fue considerablemente inferior al sitio sin muralla, siendo la abundancia máxima registrada de 47,77 individuos  $m^{-2}$  durante el mes de agosto del año 2012. Por su parte, los valores más altos de abundancia se registraron en el sitio sin muralla, siendo en septiembre del año 2011 la máxima abundancia (536 individuos  $m^{-2}$ ) (Figura 3), por el contrario las abundancias más bajas en este sitio se registraron durante mayo y agosto del año 2012 (233,5 y 245,9 individuos  $m^{-2}$ , respectivamente). Los resultados del análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) evidenciaron diferencias significativas entre ambos sectores para los meses de mayo, junio y septiembre del año 2011, mayo y agosto del año 2012 ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). El promedio general de individuos por metro cuadrado de cada sitio (con y sin muralla) muestra las diferencias de abundancia existentes entre ambos 7,08 (22.86 d.e) y 225,9 (271,94 d.e) individuos  $m^{-2}$ , respectivamente (Tabla 1).

Al realizar un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) con los datos promedios de este anfípodo se observa una abundancia significativamente mayor ( $p < 0,001$ ) el periodo 2011-2012 (Tabla 1).

Únicamente se presentan los resultados obtenidos para ésta especie en el periodo 2011-2012, puesto que, durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 no se registraron ejemplares de dicho anfípodo.

### **3.1.5. *Excirolana hirsuticauda***

La variación temporal de la abundancia (individuos  $m^{-2}$ ) del isópodo *Excirolana hirsuticauda* muestra menor abundancia en el sitio con muralla, donde se registraron el mayor y menor valor de abundancia durante los meses de mayo del año 2012 y junio del año 2011 (870,5 y 176,9 individuos  $m^{-2}$ , respectivamente) (Figura 4). El sitio sin muralla presentó mayores valores de abundancia (excepto mayo 2012). La mayor abundancia registrada para esta especie en el sector sin muralla fue durante enero del año 2012 (805 individuos  $m^{-2}$ ) mientras que el menor valor para el mismo sitio fue durante junio del año 2011 (188,9 individuos  $m^{-2}$ ). El análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) realizado para ambos sitios durante los respectivos meses de muestreados arrojó diferencia significativa en los meses mayo y septiembre de 2011, agosto y noviembre de 2012 ( $p < 0,05$ ) (Figura 4). La abundancia promedio para los sitios con y sin muralla fue 159,45 (436,52 d.e) y 357,83 (553,8 d.e), respectivamente (Tabla 1).

Al realizar el análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) del promedio general para el sitio con muralla se evidencia que la abundancia del isópodo *Excirolana hirsuticauda* es significativamente menor ( $p < 0,001$ ) que el promedio del sitios sin muralla durante el periodo 2011-2012 (Tabla 1).

### 3.1.6. *Emerita analoga*

El decápodo anomuro *Emerita analoga* presentó fluctuaciones a lo largo del periodo de muestreo 2011-2012 y no se evidencia una clara dominancia entre ambos sectores (Figura 5). En el sitio con presencia de muralla, los meses con mayores abundancias fueron en noviembre y enero del año 2012 (189,3 y 134,4 individuos  $m^{-2}$ , respectivamente). A su vez, los meses con menores abundancias fueron en mayo del año 2011 y mayo del año 2012 (10,6 y 70,7 individuos  $m^{-2}$ , respectivamente). Durante junio del año 2011 y agosto del año 2012, en el sector con muralla, no se obtuvo ejemplares de esta especie. Mientras, en el sitio sin muralla, los meses con mayores abundancias corresponden a noviembre del año 2012 y mayo del año 2011 (419,3 y 143,3 individuos  $m^{-2}$ , respectivamente). Los menores valores para el mismo sector fueron registrados durante los meses de junio del año 2011 y agosto del año 2012 (10,6 individuos  $m^{-2}$ , para ambos meses). Únicamente en mayo del año 2012 se evidenció diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ambos sectores, siendo la abundancia mayor en el sector sin muralla. El resto de meses muestreados no se encontró diferencias significativas entre ambos sitios ( $p > 0,05$ ) (Figura 5).

Al realizar el análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) del promedio general para el sitio con muralla se evidencia que la abundancia del decápodo anomuro *Emerita analoga* (39,56 individuos  $m^{-2}$ ) es significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que el promedio del sitios sin muralla (83,96 individuos  $m^{-2}$ ) durante el periodo 2011-2012 (Tabla 1).

## 3.2. Periodos 1992-1993 y 1997-1999

### 3.2.1. Ancho intermareal

Un estudio realizado en la misma localidad, durante los periodos 1992-1993 (previa instalación de la muralla) y 1997-1999 (post instalación de la muralla) (Figura 6a) se apreció una disminución en la longitud del ancho intermareal a medida que pasó el tiempo. La máxima longitud en el sector norte (actual sector con muralla) se observó durante julio del año 1992 (~48 m), mientras que la mínima longitud de intermareal fue aproximadamente 26 m durante agosto del año 1992 y enero del año 1993. Previa instalación de la muralla, el sector sur (actual sector sin muralla) presentó las mayores longitudes de intermareal, registrándose las máximas longitudes durante los meses de agosto del año 1992 (~65 m) y marzo de 1993 (~57 m), mientras que la mínima longitud se registró durante el mes de noviembre del año 1992 (~21 m). A partir del año 1997 en adelante, el ancho intermareal sufrió constantes fluctuaciones, siendo el sector sin muralla quien presentó las mayores longitudes. La máxima longitud durante este periodo fue de ~45 m en agosto del año 1998 en el sector sur, mientras que la mínima fue de ~20 m en el sector norte, durante el mes de noviembre del año 1997 (Figura 6a). A pesar de la disminución en la longitud de intermareal desde el periodo previo a post instalación, el análisis de varianza (ANOVA) determinó que dicha disminución no fue significativa ( $p > 0,05$ ) (Jaramillo *et al.*, 2002).

### 3.2.2. Tamaño medio de la partícula de arena

Durante el periodo 1992-1993 (previa instalación de la muralla), el sector norte (actual sector con muralla) se observó un menor tamaño medio de la partícula de arena a lo largo de los meses muestreados, siendo los meses con el mayor tamaño, diciembre del año 1992 y enero del año 1993, ambos con  $\sim 300 \mu\text{m}$ . Mientras que el menor tamaño se registró durante febrero del año 1993 ( $\sim 187 \mu\text{m}$ ). El sector sur (actual sector sin muralla), presentó los mayores tamaños de arena durante todos los meses correspondientes a dicho periodo, siendo el mayor y menor tamaño registrados  $\sim 900$  y  $\sim 312 \mu\text{m}$  durante los meses de junio y marzo del año 1993, respectivamente (Figura 6b) (Jaramillo *et al.*, 2002).

A medida que pasaba el tiempo (periodo post instalación, 1997-1999) se observó un dominio por parte del sector sin muralla. Se apreció fluctuaciones entre ambos sitios, siendo el sector sin muralla quien presentó el mayor tamaño medio de arena, siendo  $\sim 500 \mu\text{m}$  durante el mes de noviembre del año 1997, mientras que el mínimo tamaño en este periodo se registró durante octubre del año 1998,  $\sim 187 \mu\text{m}$ . Jaramillo *et al.*, (2002) concluyó, a través, de un análisis de varianza (ANOVA) que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre ambos sectores durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999.

### 3.2.3. Pendiente

Durante el periodo 1992-1993 existieron constantes cambios en la inclinación de la playa, no observó un claro dominio entre ambos sectores. El sector norte presentó su mayor inclinación durante el mes de agosto del año 1992 ( $\sim 1/12$ ), mientras la menor inclinación se obtuvo durante



el mes de junio del mismo año (~1/36). El sector sur, presentó en general la menor inclinación (Figura 6c). Durante el periodo previa instalación de la muralla este sector presentó su mayor inclinación durante los meses de abril, mayo y noviembre del año 1992 (~1/14), mientras que su menor inclinación se registró en agosto del año 1992 (~1/31) (Jaramillo *et al.*, 2002).

Durante el periodo post instalación, ambos sectores presentaron igual cantidad de meses con menor inclinación de la playa. La menor inclinación se registró durante el mes de diciembre del año 1998 (~1/27) en el sector con muralla. En contraste, la máxima inclinación durante todo el periodo 1997-1999 se registró en julio del año 1998, ~1/12, en el sector sin muralla (Figura 6c). Nuevamente, el resultado del análisis de varianza (ANOVA) entre ambos sectores, no se evidencia diferencia significativa ( $p>0,05$ ) durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 (Jaramillo *et al.*, 2002).

#### **3.2.4. *Excirolana hirsuticauda***

Durante el periodo 1992-1993 se registró grandes fluctuaciones de abundancia poblacional (individuos  $m^{-1}$ ) entre ambos sitios de muestreo. El sector norte presentó su máxima abundancia durante los meses de junio y agosto del año 1992 (~17.000 y ~8.900, respectivamente) y junio del 1993 (~10.000). Mientras que las menores abundancias, durante el mismo periodo se registraron durante los meses de febrero y enero del año 1993 (~2.500 y ~2.600, respectivamente). El sector sur fue donde se registró mayores abundancias de este isópodo, presentando 3 grandes amplitudes, junio y agosto del año 1992 y marzo del año 1993, ~22.500, ~12.000 y ~22.000 individuos  $m^{-1}$ , respectivamente (Figura 7) (Jaramillo *et al.*, 2002).

Posteriormente a la instalación de la muralla (periodo 1997-1999) la abundancia en general disminuyó abruptamente en comparación al periodo previo, siendo la máxima abundancia registrada  $\sim 6.500$  individuos  $m^{-1}$  en el sitio con muralla durante abril del año 1999, seguido de  $\sim 6.000$  individuos  $m^{-1}$  en el sitio sin muralla en febrero de 1999 (Figura 7) (Jaramillo *et al.*, 2002). El resto de meses muestreados durante el periodo 1997-1999 presentó fluctuaciones mínimas entre ambos sitios. Aún cuando la abundancia disminuyó desde el periodo previo a post instalación de la muralla, el análisis de varianza (ANOVA) no arrojó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos sitios durante los periodos mencionados (Jaramillo *et al.*, 2002).

### **3.2.5. *Emerita analoga***

Ésta especie, durante la transición entre los periodos 1992-1993 y 1997-1999, presentó alzas en su abundancia poblacional. Previa instalación de la muralla, el sector norte presentó su mayor abundancia en mayo del año 1992 ( $\sim 9.300$  individuos  $m^{-1}$ ), mientras que durante varios meses no se obtuvo ejemplares. Durante el mismo periodo, el sector sur presentó la máxima abundancia,  $\sim 18700$  individuos  $m^{-2}$  en mayo del año 1992, mientras que la mínima abundancia registrada fue aproximadamente  $2700$  individuos  $m^{-2}$  durante marzo del año 1993 (Figura 8) (Jaramillo *et al.*, 2002). Durante el periodo post instalación de la muralla, se observó claramente un aumento en la abundancia poblacional de ésta especie, siendo la abundancia máxima registrada para el sector con muralla  $\sim 15.000$  individuos  $m^{-2}$  durante el mes de marzo del año 1999, mientras que la mínima abundancia registrada fue  $\sim 2.800$  individuos  $m^{-2}$  durante octubre del año 1998 y abril del año 1999. En el sector sin muralla, la mayor abundancia registrada fue de  $\sim 67.500$  individuos  $m^{-2}$  durante octubre del año 1998, mientras que la mínima abundancia

registrada fue  $\sim 2.800$  individuos  $m^{-2}$  durante los meses marzo, julio y septiembre del año 1998 (Jaramillo *et al.*, 2002).

A pesar del aumento en la abundancia poblacional, Jaramillo *et al.*, (2002), a través de un análisis de varianza (ANOVA) concluyó que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre ambos sectores de la playa durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999.

## 4. Discusión

Los resultados de este estudio muestran que la zona con presencia de una defensa costera artificial en la playa de Los Molinos presenta efectos negativos significativos sobre las abundancias poblacionales de *Orchestoidea tuberculata*, *Excirolana hirsuticauda* y *Emerita analoga*, especies características de los niveles superiores, medios e inferiores del intermareal arenoso del centro sur de Chile (Jaramillo *et al.*, 1998; 2012), respectivamente. *Orchestoidea tuberculata* y *Excirolana hirsuticauda* fueron las especies que presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ambos sectores. La primera especie fue quien presentó la mayor diferencia entre ambos sectores, ya que el sitio con muralla excluyó completamente a ésta especie durante el periodo 2011-2012, no así el sitio sin muralla donde existió gran abundancia de individuos por metro cuadrado (exceptuando el mes de noviembre del año 2012 donde no se obtuvo ejemplares en ambos sitios).

Se espera que si se observan cambios en las características físicas de la playa, la estructura comunitaria también presente cambios, puesto que como se ha descrito por diversos autores (McLachlan, 1990; Jaramillo and McLachlan, 1993; Defeo *et al.*, 1992; Jaramillo *et al.*, 1998) existe una estrecha relación entre la estructura comunitaria y las características físicas de la playa. Esto permite determinar que a medida que transcurre el tiempo, la muralla presentará efectos aditivos sobre la presencia y abundancia poblacional de la macrofauna y características físicas de la misma.

Estos resultados permite confirmar la hipótesis que el efecto de la muralla de concreto sobre la diversidad y abundancia de la macrofauna de la playa arenosa de Los Molinos difiere

acorde la edad de instalación de la muralla, esto ya que en un estudio previo a la instalación de la muralla durante los periodos 1992-1993, y 1997-1999 (20 meses después de la instalación) se concluyó que "...la construcción de la muralla en la playa de Los Molinos no ha afectado las características físicas, así como aquellas de la macroinfauna intermareal" (Jaramillo *et al.*, 2002).

Los resultados obtenidos en un estudio realizado el año 2011 (Jaramillo, 2011) en playas expuestas de la Región del Bio-Bio y Maule, se presentaron distintas playas donde se muestra que la presencia de murallas interactuando con el oleaje durante periodo de marea alta, y en las cuales se observó efectos significativos sobre la abundancia poblacional de especies características de cada lugar, siendo el anfípodo talítrido *Orchestoidea tuberculata* la especie que presentó la diferencia más drástica respecto del resto de especies (Jaramillo, 2011).

En otra investigación llevada a cabo en California, Estados Unidos (Stamski *et al.*, 2005) mostró resultados concluyentes del efecto de las murallas en el tiempo sobre las características físicas y biológicas (abundancia poblacional de la macrofauna local) de las playas estudiadas. Dugan *et al.*, (2008) mostraron que la abundancia poblacional de la macrofauna en sectores de la playa con murallas (que interactuaban con el oleaje durante marea alta) y sin muralla, que lleva más de 60 años de funcionamiento, presentó grandes diferencias entre sí durante el periodo 2005-2006. Los resultados obtenidos en aquel estudio mostraron que el efecto no solo se observó en los invertebrados del intermareal de cada sector, sino que también en la fauna de niveles tróficos superiores como aves costeras. Al igual que los invertebrados, las aves costeras presentaron efectos significativos entre sectores con y sin muralla a lo largo del periodo 2005-2006 (Dugan *et al.*, 2008). Tanto los invertebrados de la macrofauna como las aves costeras se ven afectadas por la muralla debido a que ésta fue instalada en las zonas superiores secas del intermareal, sufriendo

una significativa reducción y pérdida del hábitat de diversas especies de anfípodos talítridos, principales reductores de materia orgánica de la playa (Dugan *et al.*, 2003), además de la pérdida del ambiente donde gran variedad de aves que anidan, alimentan y posan para descansar. Los estudios mencionados fueron realizados en playas expuestas, pero Sobocinski (2003) realizó un estudio comparativo entre sectores con y sin muralla en playas protegidas (Puget Sound, Washington, Estados Unidos). Los resultados obtenidos mostraron que los anfípodos talítridos e insectos de la zona superior del intermareal presentaron mayor abundancia en sectores naturales (sin murallas) a diferencia de las playas con muralla.

Se ha demostrado que las defensas costeras como murallas de concreto presentaron efectos negativos sobre las características físicas de la playa y sobre la estructura y abundancia poblacional de la macrofauna. Los estudios presentados mostraron importantes efectos ecológicos que las murallas tienen sobre los ecosistemas en playas arenosas, ya que se debe considerar los factores adicionales como la edad de la muralla y la posición de la misma en el perfil de la playa (Dugan *et al.*, 2008). El factor de la edad es uno de los factores que puede estar relacionado a los efectos de la muralla, motivo por el cual Jaramillo *et al.*, (2002) concluyeron que la muralla no presentó efectos sobre las características físicas y biológicas de la playa, esto ya que el estudio se realizó 20 meses después de la instalación de la muralla, en comparación a los resultados obtenidos por Dugan *et al.*, (2008) donde las murallas llevaban funcionando más de 60 años. La reducción y eliminación de la zona superior seca del intermareal en sectores con muralla está asociado con grandes cambios físicos y biológicos. Los efectos sobre los invertebrados de la zona superior (anfípodos talítridos) pueden estar asociados al impacto en la acumulación de algas y su retención en el intermareal después de periodos de marea alta, ya que estos invertebrados presentan gran respuesta a la disponibilidad de algas (Dugan *et al.*, 2003).

Es claro que durante la planificación de la instalación de una defensa costera como una muralla de concreto, se debe tener en consideración el ancho del intermareal, para así determinar la distancia de la zona superior del intermareal, ubicando la muralla en áreas donde la interacción con el oleaje sea menor, disminuyendo así la erosión del sustrato.

Además de la determinación del área con la menor interacción posible con el oleaje, se debe considerar una interacción adicional frente a eventos naturales extremos, por ejemplo terremotos y tsunamis. Dichos eventos son de gran importancia a considerar, puesto que un terremoto puede provocar un levantamiento o hundimiento de terreno costero continental, alterando de forma considerable el ambiente natural de la macrofauna existente, ya sea eliminando o generando un determinado hábitat.

## 5. Conclusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la defensa costera artificial (muralla de concreto), ubicada en el sector norte y centro de la playa Los Molinos presenta efectos negativos significativos sobre la abundancia poblacional de las especies *Orchestoidea tuberculata*, *Excirolana hirsuticauda* y *Emerita analoga*, especies características de las zonas superiores, medias e inferiores del intermareal de playas arenosas del sur de Chile, respectivamente (Jaramillo *et al.*, 1998; 2012). Dicho de otro modo, la instalación de esa defensa costera ha excluido a *Orchestoidea tuberculata* y disminuido las abundancias poblacionales de *Excirolana hirsuticauda* y *Emerita analoga* durante los últimos años. Esto no había sido observado a través de estudios previos llevados a cabo durante los años 1992-1993 y 1997-1999 (Jaramillo *et al.*, 2002).

Para los parámetros físicos, la instalación de la muralla también ha presentado efectos a lo largo del tiempo. La presencia de la muralla ha disminuido considerablemente el ancho intermareal y el tamaño medio de la partícula de arena durante el periodo 2011-2012, siendo la inclinación de la playa, el único parámetro que no presentó cambios. Estos cambios no fueron observados en estudios previos realizados durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999.

Los resultados obtenidos en este y en estudios similares en playas del centro sur de Chile deben ser considerados en la planificación de la instalación de defensas costeras (murallas de concreto) para evitar alterar el hábitat del anfípodo *Orchestoidea tuberculata* (zona superior del intermareal).



## 6. Literatura citada

**Bascom, W. (1980).** Waves and beaches, pp. 366. Anchor Press.

**Bertasi, F., Colangelo, M., Abbiati, M. and Ceccherelli, V. (2007).** Effects of an artificial protection structure on the sandy shore macrofaunal community: the special case of Lido di Dante (Northern Adriatic Sea). *Hydrobiología*, 586(1): 277-290.

**Brazeiro, A., Rozbaczylo, N. and Fariña, J.M. (1998).** Distribución espacial de la macrofauna en una playa expuesta de Chile central: efecto de la morfodinámica intermareal. *Investigaciones Marinas*, 26: 119-126.

**Brown, A. C. and McLachlan, A. (1990).** *The Ecology of sandy shores*. (2a ed., pp. 269-291). California, EE.UU.: Academic Press.

**Charlier, R., Chaineux, M.C. and Morcos, S. (2005).** Panorama of the history of coastal protection. *Journal of Coastal Research*, 21: 79-111.

**Duarte, C., Jaramillo, E. and Contreras, H. (2008).** Macroalgas varadas sobre la superficie de una playa arenosa del sur de Chile: preferencias alimentarias y de hábitat de juveniles y adultos de *Orchestoidea tuberculata* (Nicolet), (Amphipoda, Talitridae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 81: 69-81.

**Duarte, C., Jaramillo, E., Contreras, H., Acuña, K. and Navarro, J.M. (2009).** Importancia del subsidio de macroalgas sobre la abundancia y biología poblacional del anfípodo *Orchestoidea tuberculata* (Nicolet) en playas arenosas del centro sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(3) 691-702.

- Dugan, J., Hubbard, D., McCrary, M. and Pierson, M. (2003).** The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 25-40.
- Dugan, J., Hubbard, D., Rodil, I., Revell, D., and Schroeter (2008).** Ecological effects of coastal armoring on sandy beaches. *Marine Ecology* 29 (s1): 160-170.
- Emery, K.O. (1938).** Rapid method of mechanical analysis of sand. *Journal of Sedimentary Research*, 8: 105-111.
- Emery, K.O. (1961).** A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6: 695-710.
- Fletcher, C., Mullane, R. and Richmond, B. (1997).** Beach loss along armored shorelines on Oahu, Hawaiian Islands. *Journal of Coastal Research*, 13: 209-215.
- Griffiths, C. and Stenton-Dozey, J. (1981).** The fauna and rate of degradation of stranded kelp. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 12(6): 645-653.
- Griffiths, C., Stenton-Dozey, J. and Koop, K. (1983).** Kelp wrack and the flow of energy through a sandy beach ecosystem. *In Sandy beaches as ecosystem* (pp. 547-556). Netherlands: Springer.
- Griggs, D., Noguera, M. (2002).** Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Weather* 57(8): 267-269.
- Hall, M. and Pilkey, O. (1991).** Effects of hard stabilization on dry beach widths for New Jersey. *Journal of Coastal Research*, 7(3): 771-785.

- Jaramillo, E. (1994).** Patterns of species richness in sandy beaches of South America. *Journal of Zoology*, 29(3): 227-234.
- Jaramillo, E., McLachlan, A. and Coetzee, P. (1993).** Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 101: 105-118.
- Jaramillo, E., Contreras, H. and Quijon, P. (1996).** Macroinfauna and human disturbance in a sandy beach of south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 655-663.
- Jaramillo, E., Carrasco, F., Quijon, P., Pino, M. and Contreras, H. (1998).** Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica de la costa del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71: 459-478.
- Jaramillo, E., Contreras, H., Duarte, C. and Quijón, P. (2001).** Relationships between community structure of the intertidal macroinfauna and sandy beach characteristics along the Chilean coast. *Marine Ecology*, 22(4): 323-342.
- Jaramillo, E., Contreras, H. and Bollinger, A. (2002).** Beach and faunal response to the construction of a seawall in a sandy beach of south central Chile. *Journal of Coastal Research*, 18(3): 523-529.
- Jaramillo, E., De la Huz, R., Duarte, C. and Contreras, H. (2006).** Algal wrack deposits and macroinfaunal arthropods on sandy beaches of the Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79(3): 337-351.

- Jaramillo, E. (2011).** Defensas costeras en playas arenosas de la Región del Bio bío y Maule: qué podemos aprender de su interacción con el terremoto del 27 de febrero de 2010. *Arquitecturas del Sur*, 38: 66-79.
- Jaramillo, E. (2012).** Large natural disturbances and interactions with artificial coastal landscape. *Journal of Geography and Natural Disasters*, 2(105): 2167-0587.
- Jaramillo, E., Dugan, J., Hubbard, D., Melnick, D., Manzano, M., Duarte, C., Campos, C. and Sanchez, R. (2012).** Ecological Implications of Extreme Events: Footprints of the 2010 Earthquake along the Chilean Coast. *PLoS one*, 7(5): e35348.
- Jaramillo, E., Manzano, M., Morales, G., Velásquez, C. (2012).** Interacción entre defensas costeras artificiales en playas arenosas y perturbaciones naturales de gran escala: el terremoto del 27F de 2010 en la costa del centro-sur de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53: 75-84.
- Kraus, N. and McDougal, W. (1996).** The effects of seawalls on the beach: Part I, an updated literature review. *Journal of Coastal Research*, 12: 691-701.
- McCarthy, J. (Ed.) (2001).** Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2011.
- McLachlan, A. and Dorvlo, A. (2005).** Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *Journal of Coastal Research*, 674-687.

- McLachlan, A. and Jaramillo, E. (1995).** Zonation on sandy shores. *Oceanography and Marine Biology*, 33: 305-335.
- McLachlan, A., Wooldridge, T. and Dye, A. (1981).** The ecology of sandy beaches in southern Africa. *South African Journal of Zoology*, 16(4): 219-231.
- Nordstrom, K. (2004).** Beaches and dunes on developed coast. Cambridge University Press, Cambridge, 338 p.
- Osorio, C., Bahamonde, N. and López, M. (1967).** El limache *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. *Museo Nacional de Historia Natural*, 29(6): 61-116.
- Pauchauri, R., and Reisinger, A. (2007).** Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: Cambridge University Press, UK.
- Pennings, S., Carefoot, T., Zimmer, M., Danko, J. and Ziegler, A. (2000).** Feeding preferences of supralittoral isopods and amphipods. *Canadian Journal of Zoology*, 78(11): 1918-1929.
- Seward-Thompson, B. and Hails, J. (1973).** An appraisal on the computation of statistical parameters in grain size analysis. *Sedimentology*, 20(1): 161-169.
- Shorth, A. (1979).** Three dimensional beach-stage model. *The Journal of Geology*, 87: 553-571.
- Shorth, A. (1996).** The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69(4): 589-604.
- Short, A. (2006).** Australian beach systems-nature and distribution. *Journal of Coastal Research*, 22: 11-27.

- Shorth, A. and Wright, L. (1983).** Physical variability of sandy beaches. In sandy beaches as ecosystems, 19: 133-144. Netherlands: Springer.
- Sobicinski, K. (2003).** The impact of Shoreline a moring on supratidal beach fauna of central Puget Sound. Doctoral dissertation, University of Washington.
- Stamski, R. (2005).** The impacts of coastal protection structures in California's Monterey Bay National Marine Sanctuary.
- Wright, L. and Shorth, A. (1984).** Morphodynamic variability of surf zone and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56(1): 93-118.
- Wright, L., Shorth, A. and Green, M. (1985).** Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zone: an empirical predictive model. *Marine Geology*, 62(3): 339-364.

# FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la playa arenosa de Los Molinos, suroeste de Valdivia, centro sur de Chile. Los puntos rojos señalan la ubicación aproximada de los sitios muestreados. a) sector con muralla y b) sector sin muralla.

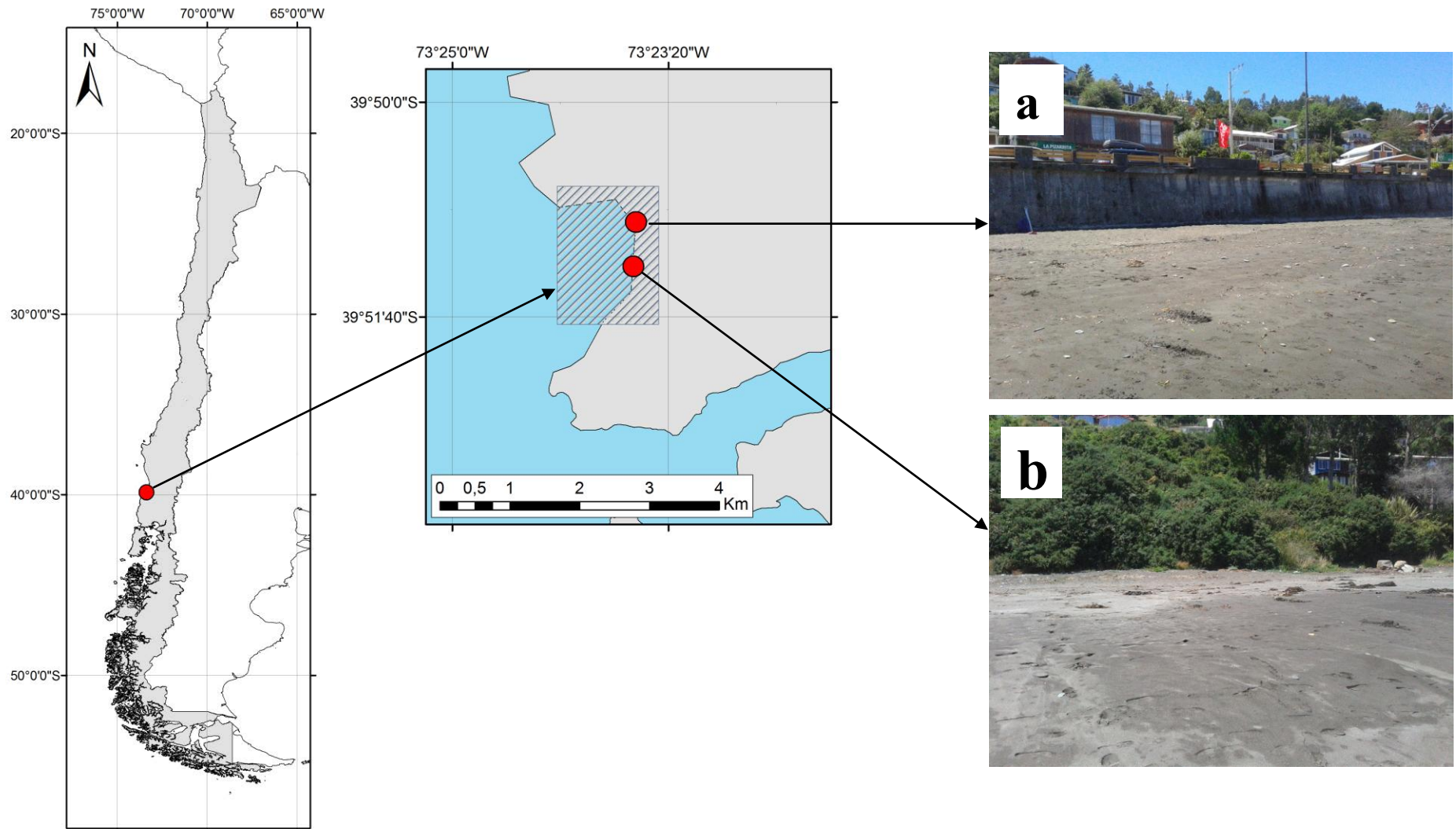


Figura 2. Variabilidad temporal del a) ancho intermareal, b) tamaño medio de arena y c) pendiente durante el periodo 2011-2012 para los sectores con y sin muralla en la playa los Molinos. Valores promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .

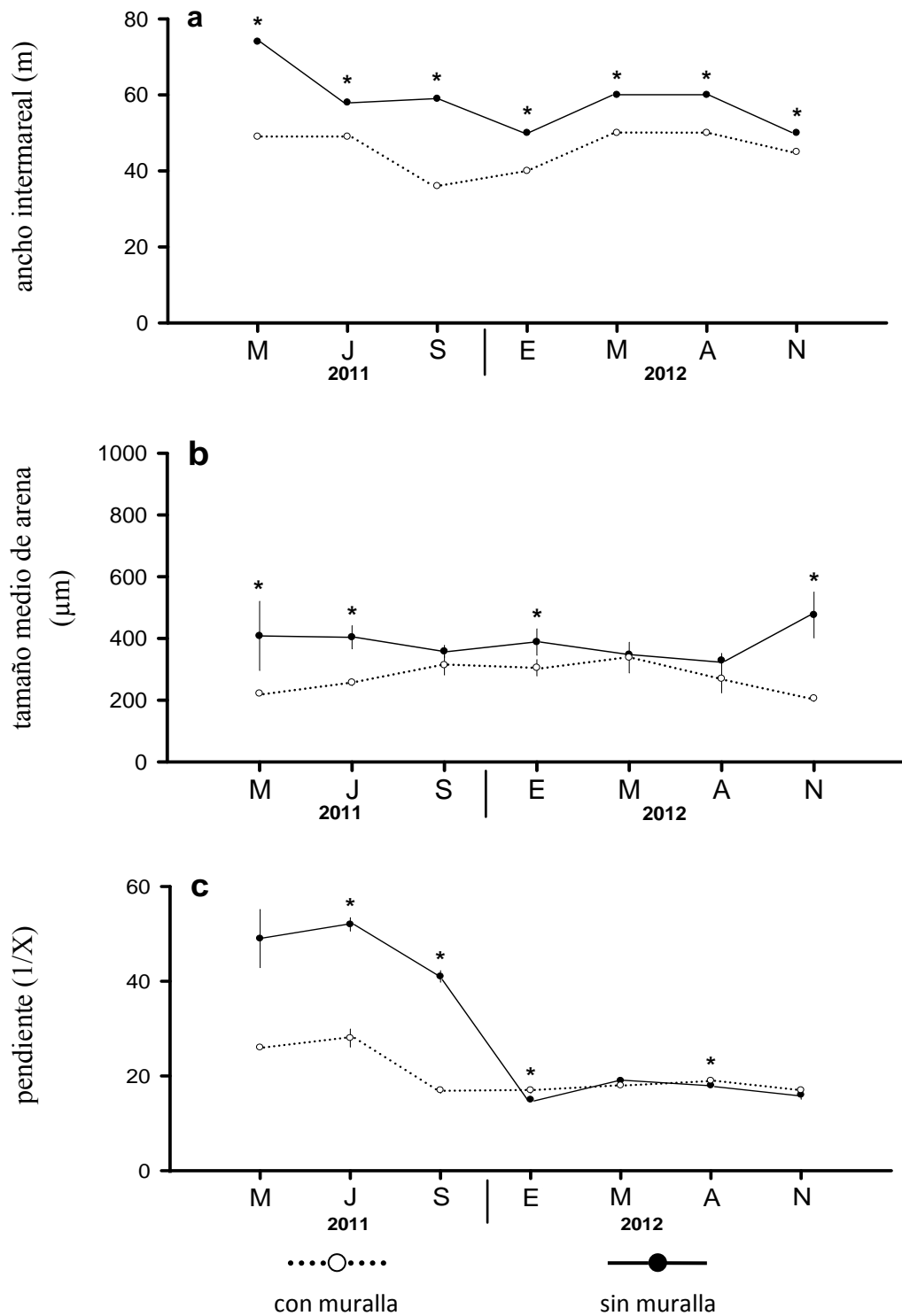




Figura 3. Variabilidad temporal del anfípodo *Orchestoidea tuberculata* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .

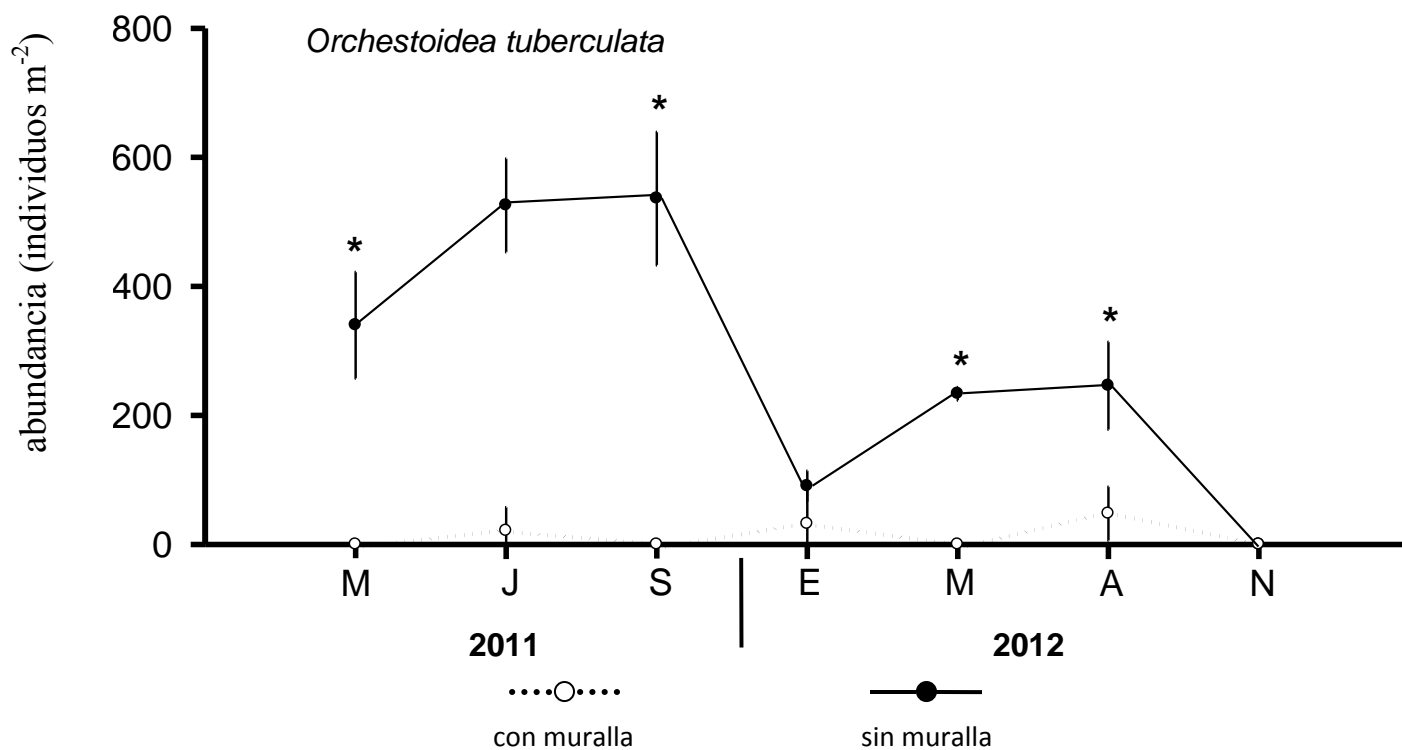


Figura 4. Variabilidad temporal de la abundancia del isópodo *Excirolana hirsuticauda* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .

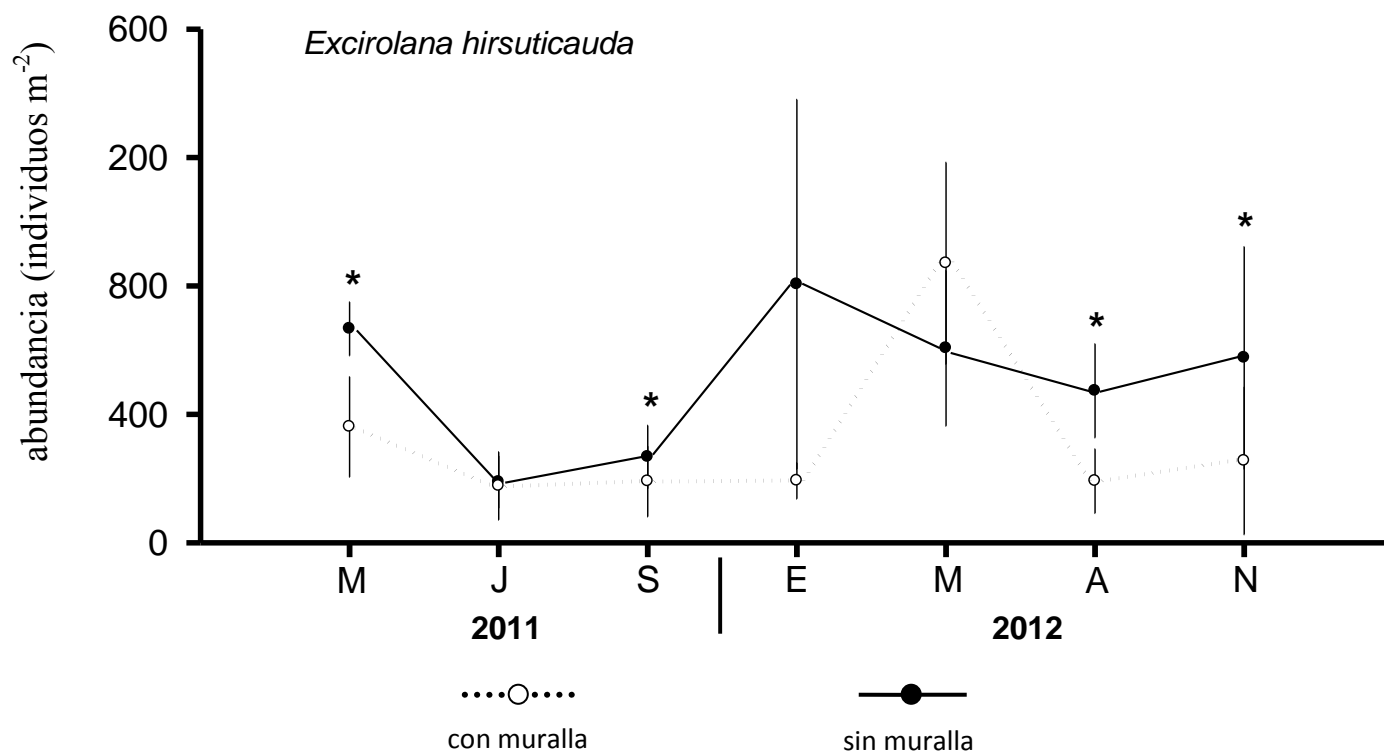


Figura 5. Variabilidad temporal de la abundancia del decápodo anomuro *Emerita analoga* durante el periodo 2011-2012 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Los valores son promedios  $\pm$  1 desviación estándar. \*=  $p < 0,05$ .

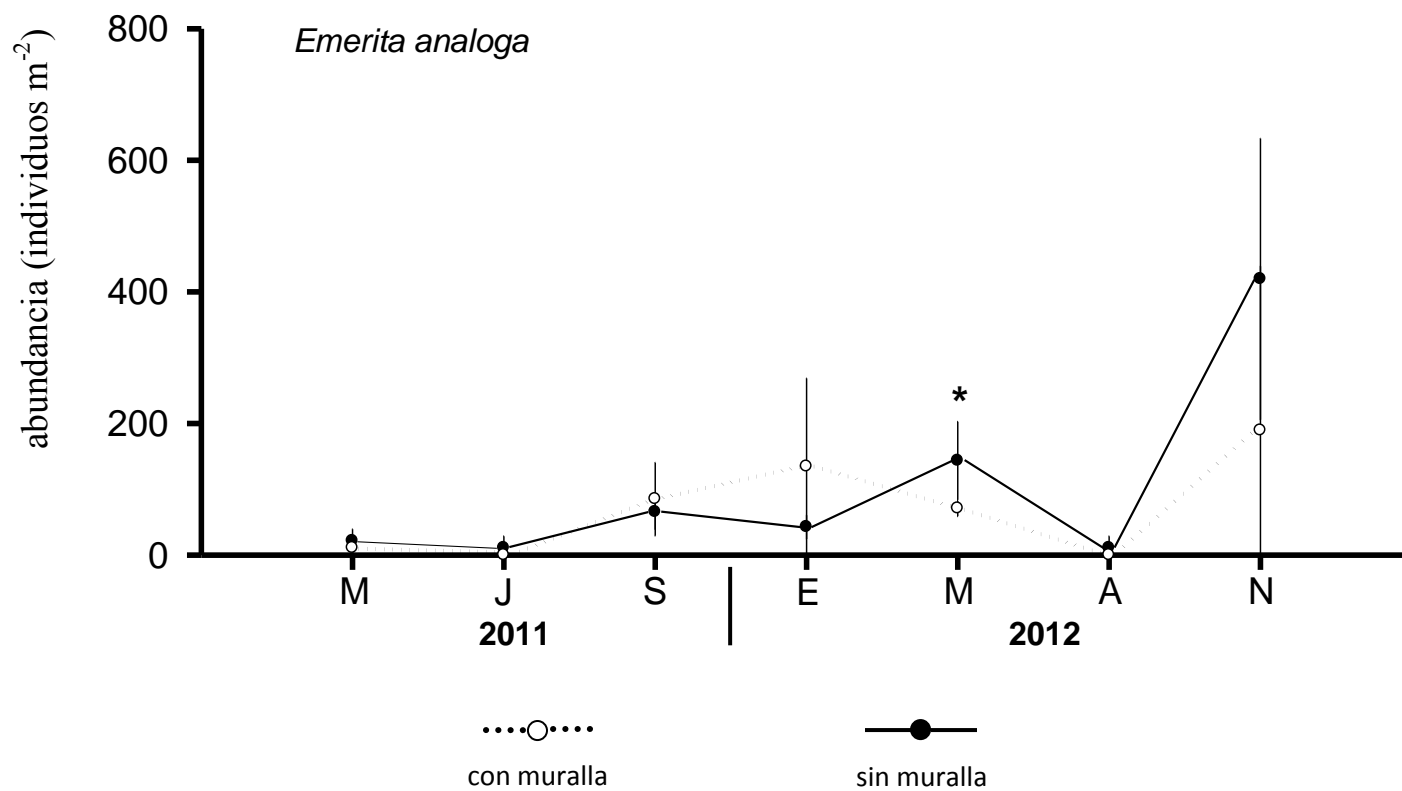




Figura 7. Variabilidad temporal de la abundancia del isópodo *Excirolana hirsuticauda* durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Datos tomados de Jaramillo *et al.* (2002).

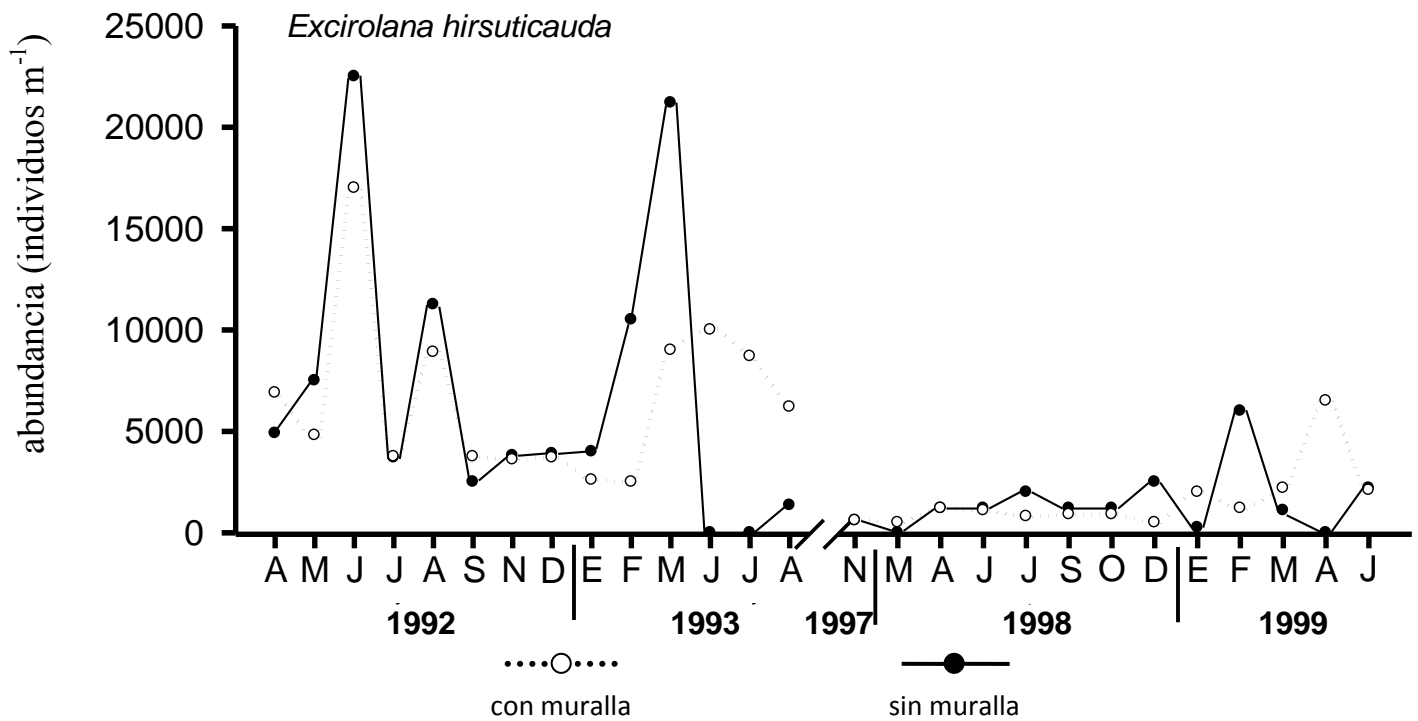
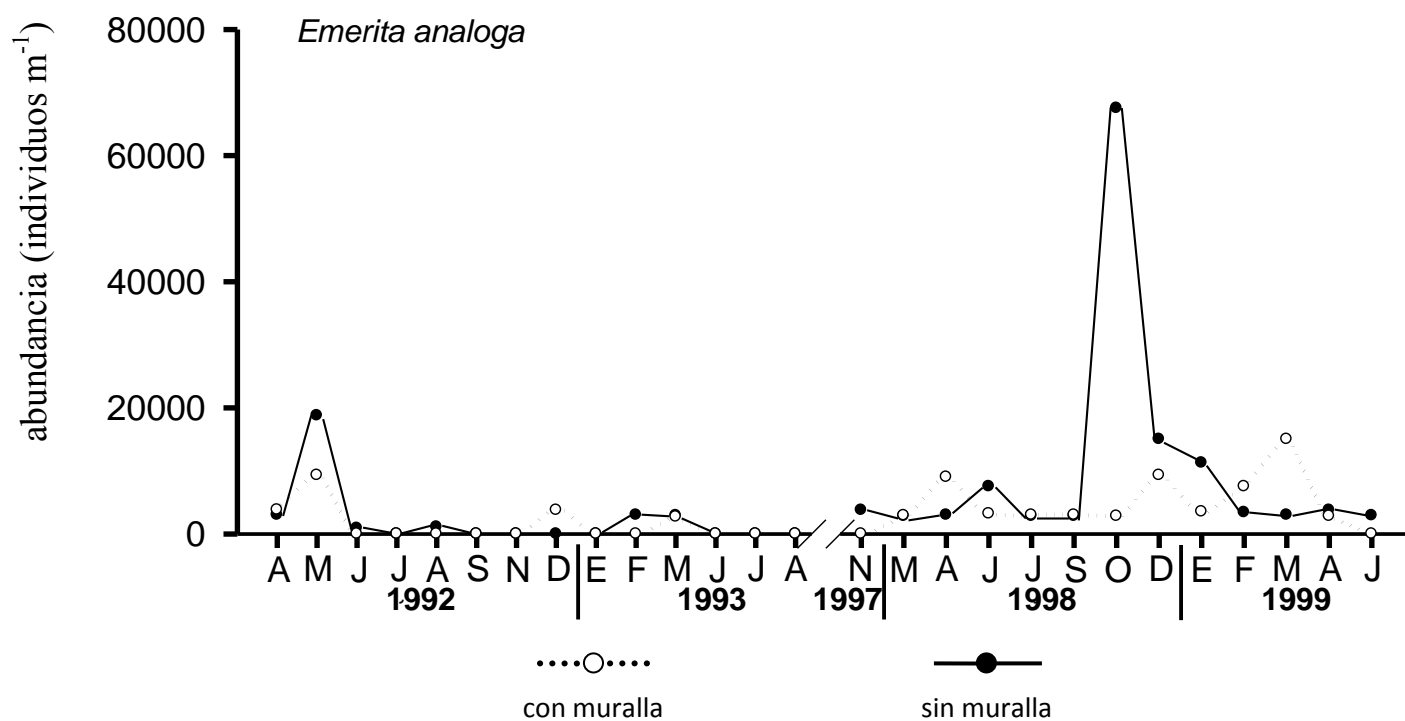


Figura 8. Variabilidad temporal de la abundancia del decápodo anomuro *Emerita analoga* durante los periodos 1992-1993 y 1997-1999 en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos. Datos tomados de Jaramillo *et al.* (2002).



## TABLAS

**Tabla 1. Valores de abundancia (individuos m<sup>-2</sup>) y resultados del análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) para los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos para el periodo 2011-2012. Los valores promedios ( $\pm$  1 desviación estándar). Valores de “p” y H respectivo para cada especie.**

	con muralla	sin muralla	Kruskal-Wallis	
			p	H
<i>Orchestoidea tuberculata</i>	7,08 (22,86)	225,9 (271,94)	<0,001	38,1
<i>Excirolana hirsuticauda</i>	159,45 (436,52)	357,83 (553,8)	<0,001	12,41
<i>Emerita analoga</i>	39,56 (94,64)	83,96 (193,08)	0,044	4,03

**Tabla 2. Valores promedios ( $\pm 1$  desviación estándar) del ancho intermareal, tamaño medio de la partícula de arena y la pendiente en los sectores con y sin muralla de la playa Los Molinos durante el periodo 2011-2012. Valores de “p” y F de la ANDEVA para los factores pendiente y tamaño medio de arena. Valores de “p” y H resultan del análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para el ancho intermareal.**

	con muralla	sin muralla	ANDEVA		Kruskal-Wallis	
			p	F	p	H
Ancho intermareal (m)	45,57 (5,27)	58,71 (7,64)			<0,001	26,77
Tamaño medio de la arena ( $\mu\text{m}$ )	272,77 (52,98)	387,15 (66,36)	<0,001	42,4		
Pendiente (1/X)	38,57 (26,71)	38 (18,98)	0,89	0,01		